



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

RAPORTEJA
RAPPORTER
REPORTS
2016:5

SALAMAHAVAINNOT 2015 LIGHTNING OBSERVATIONS IN FINLAND, 2015

**ANTTI MÄKELÄ
TERHI K. LAURILA
JUSSI HAAPALAINEN**



RAPORTTEJA
RAPPORTER
REPORTS

No. 2016:5

551.506.1 (480)
551.594.221

SALAMAHAVAINNOT 2015

LIGHTNING OBSERVATIONS IN FINLAND, 2015

Antti Mäkelä
Terhi K. Laurila
Jussi Haapalainen

Ilmatieteen laitos
Meteorologiska institutet
Finnish Meteorological Institute

Helsinki 2016

ISBN 978-951-697-890-4
ISSN 0782-6079 (Raportteja – Rapportier – Reports)
ISSN 1235-1466 (Salamahavainnot –
Lightning Observations in Finland)

Julkaisija Ilmatieteen laitos <i>Erik Palménin aukio 1</i> PL 503 00101 Helsinki	Julkaisusarjan nimi ja numero Raportteja 2016:5	
Tekijä(t) Mäkelä, Antti Laurila, Terhi K. Haapalainen, Jussi	Julkaisuaika Elokuu 2016	
Nimeke Salamahavainnot 2015	Projektin nimi Toimeksiantaja	
Tiivistelmä <i>Ilmatieteen laitos on koonnut ja julkaissut salamanlaskijoiden havainnot vuosilta 1960–1997. Vuodesta 1998 lähtien kaikki järjestelmälliset maasalamahavainnot perustuvat salamanpaikantimeen, jonka nykyinen malli aloitti toimintansa elokuussa 1997. Se käsitti 2015 kahdeksan anturia, pohjoisin Lokassa. Vuodesta 2002 mukana ovat olleet lisäksi Norjan ja Ruotsin anturit, joiden ansiosta koko Lappi on katettu ja suorituskyky on parantunut myös muualla Suomessa, sekä yksi anturi Virossa (mukaan vuonna 2005) ja kolme anturia Liettuassa (mukaan 2014). Laitteisto paikantaa maasalamoista erikseen jokaisen osaiskun ja ryhmittelee ne kokonaisiksi salamoiksi. Paikannettu salama voi sisältää 1-15 iskua; keskiarvo Suomessa on vajaa kaksi iskua/salama. Tilastoinnin pohjana käytetään salama- eikä isumääriä, koska salama on ilmastollisesti edustavampi suure. Kesän 2015 aikana paikannettiin Suomen alueella ennätyksellisen vähän maasalamoita, noin 30 000, joka on vain viidennes keskimääräisestä (139 000). Suomen kesää pitkään hallinnut viileä säätyyppi ei suosinut rajuja ukkosia, ja elokuun lämmin ilmamassa estyi tuottamasta ukkospilviä korkeapainevoittoisen sään vuoksi. Kuukausista ainoastaan syyskuu ylsi hieman yli keskimääräisen.</i>		
Julkaisijayksikkö Tutkimus ja kehitys / Ilmastokeskus		
Luokitus 551.506.1 : 551.594.221 (480)	Avainsanat salama, salamanpaikannin, ukkonen	
ISSN ja avainnimeke ISSN 0782-6079 Raportteja, ISSN 1235-1466 Salamahavainnot		
Kieli suomi – englanti	ISBN ISBN 978-951-697-890-4	
Myynti <i>Ilmatieteen laitos</i> PL 503 00101 Helsinki e-mail: kirjasto@fmi.fi	Sivumäärä 47	Hinta
Yhteydet p. 029 539 4166, f. –3146 e-mail: antti.makela@fmi.fi		

Published by Finnish Meteorological Institute P.O. Box 503 FIN-00101 Helsinki Finland	Series title and number Reports 2016:5	
Author(s) Mäkelä, Antti Laurila, Terhi K. Haapalainen, Jussi	Date August 2016	
	Name of project	
	Commissioned by	
Title Lightning Observations in Finland, 2015		
Abstract <p><i>The Finnish Meteorological Institute has collected and published lightning flash counter results in 1960-1997. Since 1998, all systematic cloud-to-ground lightning observations are based on the location system, the present model of which started its operation in August 1997. In 2015 it had eight ground-lightning sensors, which cover the country. Since 2002, the Norwegian and Swedish sensors were also connected, completing the coverage up to the north and also improving the performance in other parts of Finland. Also, one sensor in Estonia was connected in 2005 as well as three sensors in Lithuania in 2014. The system locates separately every stroke and groups them into whole flashes. A located flash may contain 1-15 strokes; the mean in Finland is about two strokes per flash. The statistics are based on flashes rather than strokes because the flash is a more appropriate climatic quantity. In summer 2015, a total of about 30,000 ground flashes were located within Finland's borders, which is only one fifth of the average (139,000). The remarkably low number of flashes was due to the cool weather type over Finland in June and July and the high pressure dominant weather during the warm period in August. The monthly flash number was above the average only in September.</i></p>		
Publishing unit Research and Development / Climate Service Centre		
Classification (UDC) 551.506.1 : 551.594.221 (480)	Keywords lightning, lightning location system, thunder	
ISSN and key name ISSN 0782-6079 Reports ISSN 1235-1466 Lightning Observations in Finland		
Language Finnish – English	ISBN ISBN 978-951-697-890-4	
Sold by <i>Finnish Meteorological Institute</i> P.O. Box 503 FIN-00101 Helsinki, Finland e-mail: kirjasto@fmi.fi	Pages 47	Price
	Contact p. 029 539 4166, f. –3146 e-mail: antti.makela@fmi.fi	

Sisällys**Contents**

	p.		
1	Johdanto	7	1 Introduction
2	Salamahavaintojen yhteenveto 2015	8	2 Summary of lightning observations in 2015
3	Kesän 2015 tärkeimmät ukkosjaksot	23	3 Main thunderstorm periods in summer 2015
4	Salamoiden kerrannaisuudet ja voimakkuudet	31	4 Flash multiplicities and peak currents
5	Salama- ja iskutiheydet vuosina 1960 – 2015	33	5 Flash and stroke densities in 1960 – 2015
	Lähdeviitteet	35	References
	Liite 1: Salamanpaikannin	38	Appendix 1: Lightning location system
	Liite 2: Ukkosten pitkän jakson tilastot	40	Appendix 2: Long-period time series of thunderstorms
	Liite 3: Salamatiheys	41	Appendix 3: Flash density

1 Johdanto

Salamamäärien rekisteröinti Suomessa aloitettiin vuonna 1959 salamanlaskijoilla, joiden tulokset julkaistiin vuodesta 1960 alkaen. Laskijoita oli vuoteen 1988 toiminnassa 50-60 kpl kesäisin (touko-syyskuu); vuosina 1989-97 laskijatuloksia kerättiin vain Lapista. Salamanlaskijan rakenne on kuvattu ja vuotta 1984 edeltävät salamanlaskijaselosteet lueteltu ensimmäisessä Salamahavainnot-julkaisussa. Salamahavainnot ennen vuotta 2006 ovat ilmestyneet sarjassa Geofysikaalisia julkaisuja; luettelo on tämän kirjan lopussa ennen Raportteja-luetteloa.

Vuonna 1984 hankittiin Ilmatieteen laitokselle automaattinen maasalamanpaikannin (ks. Salamahavainnot 1997), joka korvattiin vuonna 1997 samalta valmistajalta hankitulla uudella paikantimella. Salamanpaikannuksesta kerrotaan tarkemmin Liitteessä 1.

Salamahavaintojen yhteenveto vuodelta 2015 on luvussa 2. Luvussa 3 kuvataan paikannustulosten perusteella kesän ukkosjaksoja. Muita paikantimen antamia tuloksia (salamoiden huippuvirta, napaisuus ja kerrannaisuus) esitetään luvussa 4.

Luvussa 5 tehdään yhteenveto kaikista salamamittauksista 1960-2015 korjattuna salamatiheyksiksi. Lisäksi esitetään keskiarvot maasalamoiden alueellisesta ja päivittäisestä jakautumisesta jaksolta 1998-2015. Samoin tehdään selkoa viime vuosien voimakkaimmista ukkosista.

Salamahavainnot-vuosikirjoissa ei tilastoida pilvisalamoita, vaikka salamanpaikannin havaitsee niitäkin.

Salamanpaikannustuloksia on myös Ilmatieteen laitoksen verkkosivuilla (<http://ilmatieteenlaitos.fi/ukkonen-ja->

1 Introduction

Lightning flash counters were used in Finland since 1959 and the results were published since 1960. Until 1988 the number of counters was 50-60, and in 1989-97, only the northern Finland was covered by a counter network. The normal season was from May to September. A description of the counters and a list of publications before 1984 are given in the first issue of *Lightning Observations*. All issues before 2006 have appeared in the series *Geophysical Publications*, listed at the end of this issue before the Reports list.

In 1984, the Finnish Meteorological Institute (FMI) set up an automatic ground lightning location system (see *Lightning Observations* 1997), which in 1997 was replaced by a new system supplied by the same manufacturer. Lightning location in general is discussed in Appendix 1 in more detail.

The lightning observations in 2015 are summarized in Chapter 2. In Chapter 3, the thunderstorm periods are described in terms of the location results. Other results (the peak current, polarity and multiplicity of flashes) are given in Chapter 4.

Chapter 5 summarizes all lightning detection data, as corrected flash densities, for 1960-2015. Also, the average spatial and daily distributions of the ground flashes are presented for 1998-2015, as well as the occurrence of extremely violent thunderstorms in recent years.

Statistics on cloud flashes are not presented here, although they are detected to some extent.

Lightning location results are also given (in Finnish) on the web pages of FMI (<http://en.ilmatieteenlaitos.fi/thundersto>

salamat). Ukkosista on ilmestynyt suomenkielinen yleisteos (Tuomi & Mäkelä 2009).

2 Salamahavaintojen yhteenveto 2015

Salamanpaikantimen tulokset voidaan esittää karttoina, joihin jokainen paikannettu osaisku tai salama on merkitty erikseen (kuvat 1-4). Karttojen salamamäärät riippuvat tietysti käytetystä kartta-alueesta, ja muiden pohjoismaisten anturien mukaantulo on lisännyt Suomen ulkopuolisia paikannuksia. Tästä syystä tekstissä mainitaan vain Suomen alueen (paitsi avomerien) paikannetut maasalalamäärät, ellei toisin mainita.

Tilastoitaessa alueellista jakautumista kannattaa paikannetut pisteet jakaa sopivalle karttaruudukolle. Peruskarttaruudukko (ruutukoko $10 \times 10 \text{ km}^2$) on vuosikirjatason esityksessä tarpeettoman tarkka ja ruutujen lukumäärä on suuri. Yleismaastokartat (mittakaava 1:50 000) perustuvat yleislehtiäön mukaisiin noin $30 \text{ km} \times 40 \text{ km}$ lehtiin, joille tässä käytetään nimitystä *paikalliskarttaruutu*. Yleislehtiäosta poiketen kaikkien ruutujen leveys tässä on 0,75 pituusastetta (42-29 km) ja ala vastaavasti noin $1260\text{-}860 \text{ km}^2$, mutta niille käytetään samaa nelinumeroista numerointia. Ainakaan toistaiseksi ei käytetä uutta ETRS-TM35FIN -järjestelmää (Julkisen hallinnon suositus JHS 154), jonka ruudukko koostuu $3 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ yksiköistä; perusneliön sivu olisi joko 24 tai 48 km, eli jako olisi selvästi hienompi tai karkeampi kuin nyt käytetty.

Taulukossa 1 on paikannetut maasalamat ja vastaavat ukkospäiväluvut jaettu paikalliskarttaruudukolle ilman havaintotehokkuuskorjauksia. Kullekin riville on merkitty vastaava karttanumero, kuvaava paikannimi ja pinta-ala. (Nu-

rms-in-finland). A popular-level book on lightning has appeared in Finnish (Tuomi & Mäkelä 2009).

2 Summary of lightning observations in 2015

The strokes or flashes detected by the lightning location system can be presented as separate dots on a map (Figs. 1-4). The numbers of flashes on a map depend, of course, on the displayed area, and the contribution from other Nordic sensors has increased the locations outside Finland. For this reason, in the text the numbers of ground flashes refer only to those located within contiguous Finland, unless reported otherwise.

For a statistical evaluation of spatial variations, located points should be distributed on a grid of suitably sized areas. The basic map-square grid (square size $10 \times 10 \text{ km}^2$) is unnecessarily accurate for a yearbook level and the number of squares is large. General topographic maps (scale 1:50,000) are based on sheets of about $30 \text{ km} \times 40 \text{ km}$ size, which are called here *local map squares*. Unlike the squares used in the map sheet system, here the width of all squares is 0.75 degrees of longitude (42-29 km) and the areas are respectively about $1260\text{-}860 \text{ km}^2$, but the same four-digit numbering will be used. So far, the new map system ETRS-TM35FIN will not be used; the maps are built from units of $3 \text{ km} \times 3 \text{ km}$, and a basic square needed here would have its side either 24 or 48 km, i.e. the grid would be clearly finer or coarser than that presently used.

In Table 1, located ground flashes and corresponding thunder-day numbers have been distributed on local map squares without detection-efficiency corrections. Each row includes the map number, a descriptive name and the

merot ja nimet näkyvät kartoilla kahdella ylimääräisellä sivulla tämän kirjasen lopussa.) Ala on isompi kuin sellainen alue, jolta aistihavainnot (näkö- ja kuulohavainnot) saadaan, joten taulukon 1 ukkospäiväluvut ovat liian suuria. Ukkospäiväkorjausta on käsitelty aikaisemmassa vuosikirjassa (Salamahavainnot 2001); taulukon 1 luvut esitetään korjattuina kuvassa 5.

Taulukko 1 kattaa nimellisesti vain touko-syyskuun, vaikka merkittävää, tosin vähäistä salamointia esiintyy usein huhti- ja lokakuussa.

Taulukossa 2 on esitettynä vuoden 2015 ja jakson 2002-2015 salamatiheydet maakunnittain. On tärkeä muistaa, että vertailtaessa eri taulukoita ja niiden salamatiheysarvoja keskenään, arvoihin vaikuttaa keskeisesti laskennassa käytetyn alueen pinta-ala, kuten edellä on kuvattu.

Päivittäiset paikannetut koko maan salamamäärät näkyvät kuvassa 6. Taulukosta 1 lasketut koko kauden salamatiheydet (100 km² kohti) esitetään kuvassa 7. Kuvissa 32 ja 33 on kuvaa 7 vastaavat, mutta hienojakoisemmat, tiheyskartat värikuvina.

Hyvän herkkyuden ja suuren anturimäärän takia laitteisto paikantaa joskus olemattomia salamoita. Ne ovat yleensä vain kahden tai kolmen anturin havaitsemia. Useampi paikannettu salama samalla alueella merkitsee todellista ukkosta, jollaisesta ei mahdollisia harhoja voi yleensä erotella. Vain yksittäisiä paikannettuja salamoita, varsinkin epätodennäköisessä säätilanteessa, on tarkistettu tutkatiedon avulla. Harhoiksi todetutkin on kuitenkin säilytetty tiedostoissa, koska vaikutus ainakin salamatiheyteen on vähäinen.

Vuoden 2015 ensimmäinen kunnan ukkospäivä koettiin 8.5., kun Suomessa

area. (The numbers and names are shown on maps on two extra pages at the end of this issue.) The area is larger than that of human (visual and aural) observations, so the thunder-day numbers of Table 1 are too high. The thunder-day correction has been discussed in a previous yearbook (Lightning Observations 2001); Fig. 5 shows the numbers from Table 1 corrected.

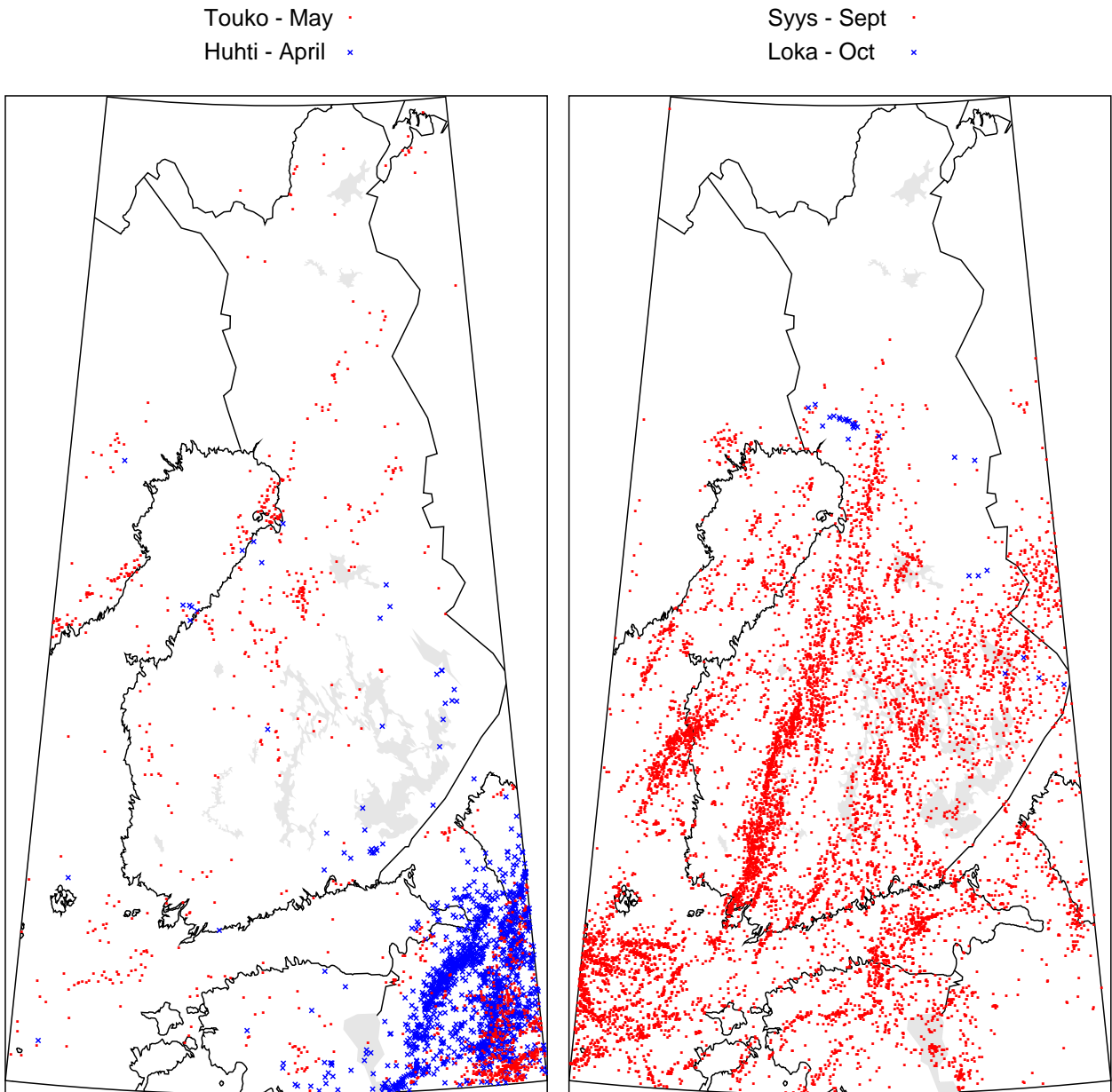
Table 1 nominally covers only the period May-September, although there is often significant (but sparse) lightning in April and October.

Table 2 shows the regional flash density values for 2015 and the average of 2002-2015. It is important to note, that when comparing the different tables and their flash density values, the values highly depend on the surface area used in the calculations as explained before.

The daily numbers of located flashes in the whole country are seen in Fig. 6, and the flash densities (per 100 km²) for the whole season, calculated from Table 1, are shown in Fig. 7. Appendix 3 shows a colour map with higher resolution corresponding to Fig. 7.

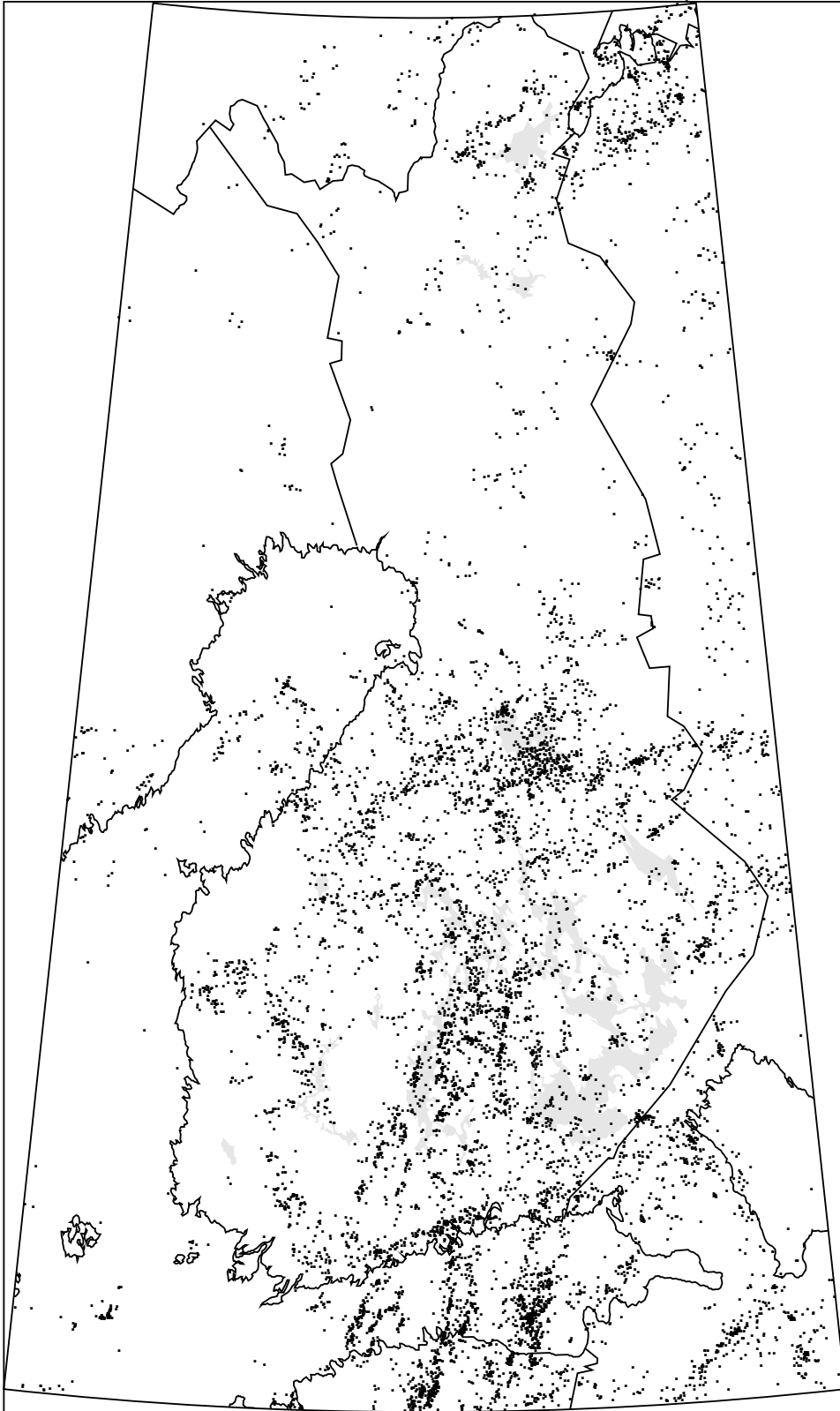
Because of the high sensitivity and large number of sensors, the system sometimes locates false lightning, generally detected by two or three sensors only. Several flashes in the same area mean a true thunderstorm, from which possible false flashes cannot usually be distinguished. Only single located flashes, especially in an improbable weather, have been checked against radar data. The found false flashes have, however, been retained in the files because their effect on at least the flash density is negligible.

The first decent thunder day of the year 2015 occurred on May 8th when about

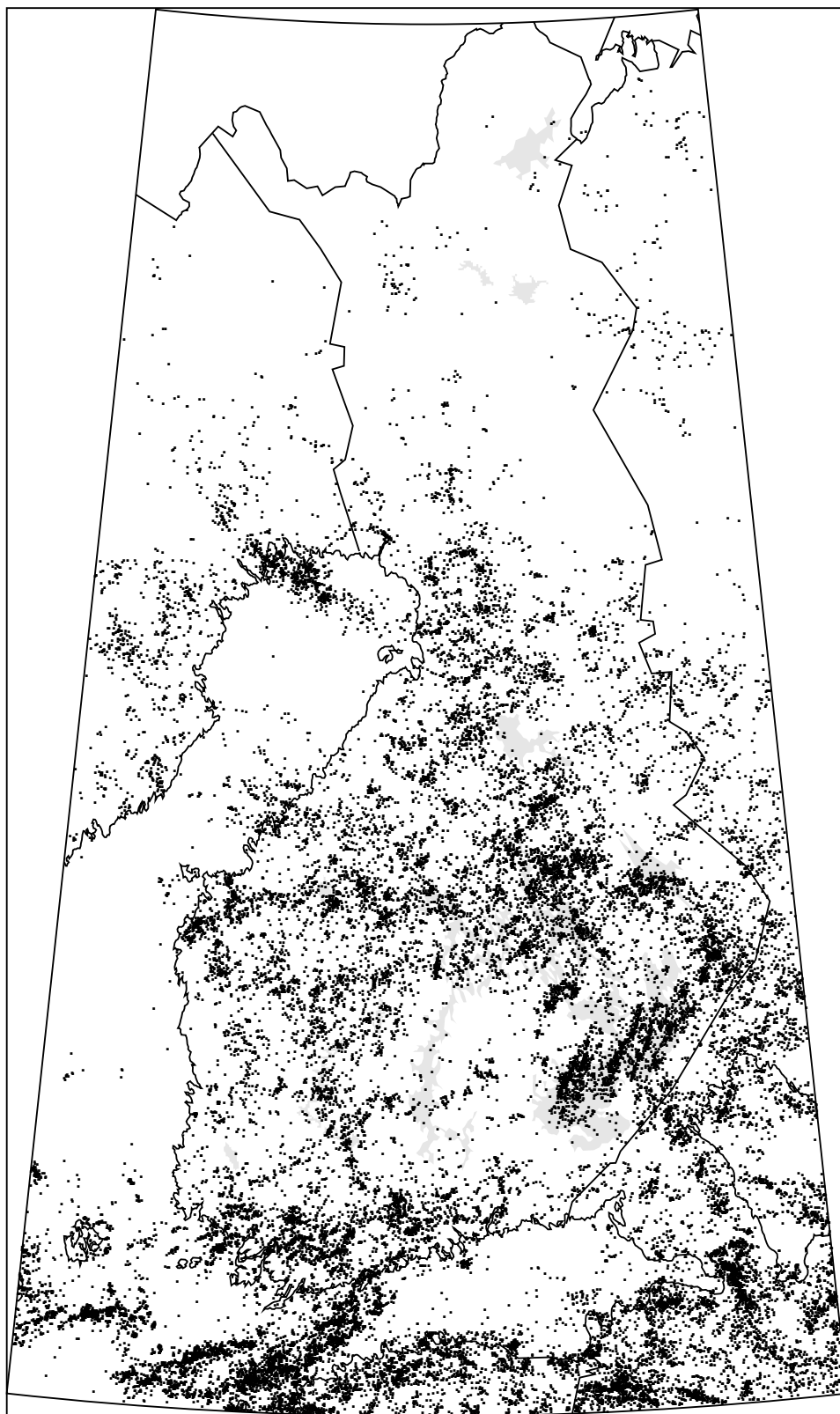


Kuva 1. Vasen: Huhti- (x) ja toukokuun (.) 2015 paikannetut salammat, yhteensä 1510 ja 1265 kpl. Oikea: Syys- (.) ja lokakuun (x) 2015 paikannetut salammat, yhteensä 8878 ja 27 kpl.

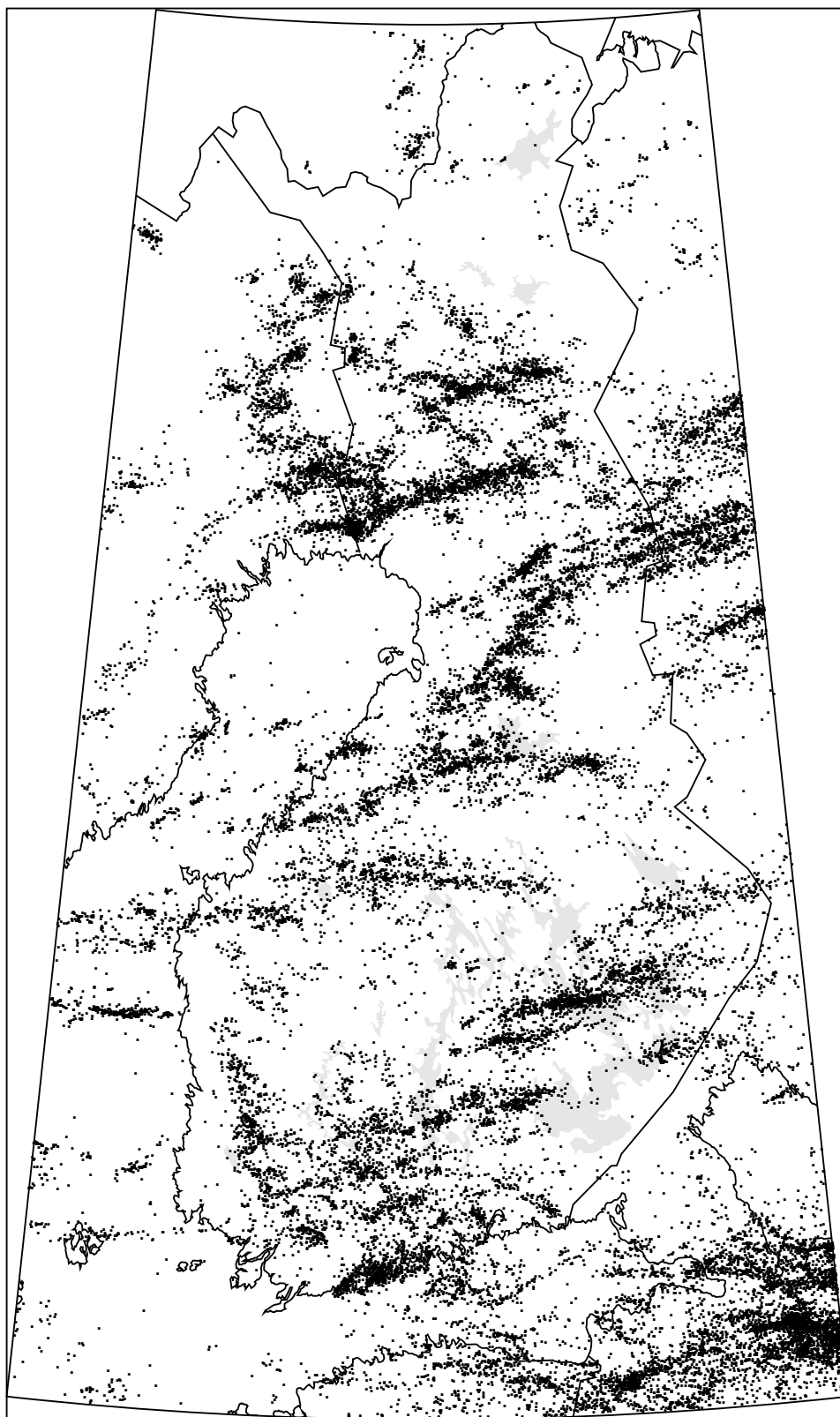
Fig. 1. Left: Located flashes in April (x) and May (.) 2015. Totals are 1510 and 1265. Right: Located flashes in September (.) and October (x) 2015. Totals are 8878 and 27.



Kuva 2. Kesäkuun 2015 paikannetut maasalamat, yhteensä 8882 kpl.
Fig. 2. Located ground flashes in June 2015. Total number is 8882.



Kuva 3. Heinäkuun 2015 paikannetut maasalamat, yhteensä 35 016 kpl.
Fig. 3. Located ground flashes in July 2015. Total number is 35,016.



Kuva 4. Elokuun 2015 paikannetut maasalamat, yhteensä 31 546 kpl.

Fig. 4. Located ground flashes in August 2015. Total number is 31,546.

Taulukko 1. Paikannetut salamet ja ukkospäivät 4-numeroisilla karttaruuduilla 2015.

Table 1. Numbers of located flashes and thunder days on 4-digit map squares in 2015.

No	km ²	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Total	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Tot	
2011	Hanko	1257	1	0	24	0	11	36	1	0	3	0	3	7
2013	Jussarö	1257	0	13	72	0	46	131	0	3	5	0	3	11
1012	Mariehamn	1247	0	0	19	0	17	36	0	0	4	0	2	6
1014	Föglö	1247	1	0	22	0	0	25	1	0	5	0	0	7
1032	Korppoo	1247	4	0	8	2	4	18	1	0	2	2	1	6
1034	Nauvo	1247	1	0	23	1	18	43	1	0	4	1	2	8
2012	Kemiö	1247	3	0	45	2	20	70	1	0	6	1	2	10
2014	Tammisaari	1247	0	22	68	6	25	122	0	2	5	4	3	15
2032	Espoo	1247	0	13	121	191	30	355	0	4	5	4	3	16
2034	Helsinki	1247	0	18	26	114	20	179	0	4	3	2	3	13
1021	Geta	1237	0	0	33	20	25	78	0	0	3	1	4	8
1023	Kumlinge	1237	0	1	32	19	4	57	0	1	2	1	3	8
1041	Iniö	1237	3	2	22	6	4	37	1	1	3	1	1	7
1043	Turku	1237	0	4	149	18	13	184	0	1	6	3	3	13
2021	Salo	1237	3	1	109	34	122	269	1	1	4	3	3	12
2023	Suomusj.	1237	1	23	206	89	34	354	1	3	5	3	3	16
2041	Lohja	1237	0	26	101	35	69	231	0	3	7	3	4	17
2043	Kerava	1237	2	40	115	102	27	286	2	3	3	5	3	16
3021	Porvoo	1237	1	46	39	57	21	165	1	3	3	3	3	14
3023	Kotka	1237	0	11	16	21	13	61	0	2	1	4	3	10
1042	Vehmaa	1226	0	1	10	2	5	18	0	1	4	2	2	9
1044	Mynämäki	1226	1	1	78	7	5	92	1	1	4	4	2	12
2022	Marttila	1226	2	17	70	51	108	248	1	1	3	5	2	12
2024	Somero	1226	3	21	81	62	37	204	1	1	4	2	2	10
2042	Karkkila	1226	0	10	52	66	21	149	0	3	5	3	2	13
2044	Hyvinkää	1226	0	13	156	118	28	315	0	3	3	4	2	12
3022	Lapinjärvi	1226	0	41	91	82	37	252	0	4	4	4	2	15
3024	Anj.koski	1226	3	39	47	61	13	164	1	3	3	4	3	15
3042	Hamina	1226	2	42	11	70	23	150	1	3	3	3	4	16
1131	Uusikaup.	1216	0	0	5	0	7	12	0	0	2	0	1	3
1133	Yläne	1216	0	1	33	9	6	49	0	1	6	4	2	13
2111	Loimaa	1216	0	10	36	81	104	231	0	2	5	3	1	11
2113	Forssa	1216	0	2	38	60	50	150	0	1	4	4	1	10
2131	Hämeenl.	1216	1	12	55	119	3	190	1	2	1	4	1	9
2133	Kärkölä	1216	0	20	21	75	31	147	0	3	3	4	2	12
3111	Lahti	1216	0	27	19	42	32	120	0	3	4	3	2	12
3113	Kouvola	1216	1	20	55	49	9	135	1	3	6	3	2	16
3131	Luumäki	1216	0	25	15	19	35	99	0	4	4	4	2	15
3133	Ylämaa	1216	0	23	30	6	5	70	0	3	4	2	2	14
1132	Rauma	1206	0	0	2	4	27	33	0	0	2	1	2	5
1134	Kokemäki	1206	0	0	18	33	2	53	0	0	5	4	2	11
2112	Huittinen	1206	0	4	10	102	106	222	0	3	3	4	2	12
2114	Toijala	1206	0	1	33	45	60	139	0	1	4	5	1	11
2132	Hauho	1206	0	10	47	95	8	160	0	3	3	4	1	11
2134	Lammi	1206	0	34	6	80	16	136	0	2	1	4	2	9
3112	Heinola	1206	0	13	8	30	45	96	0	3	3	4	2	12
3114	Jaala	1206	0	17	6	24	11	59	0	2	3	2	2	10
3132	Savitaip.	1206	0	30	4	10	7	53	0	3	2	2	2	11
3134	Lappeenr.	1206	0	24	10	0	4	38	0	3	3	0	2	8
4112	Imatra	1206	2	37	29	0	0	68	1	2	2	0	0	5
1141	Luvia	1195	0	0	6	1	4	11	0	0	1	1	2	4
1143	Pori	1195	1	4	48	47	8	108	1	1	5	4	1	12
2121	Vammala	1195	1	8	28	39	35	111	1	3	4	2	1	11
2123	Tampere	1195	0	19	76	31	77	203	0	3	5	1	2	11

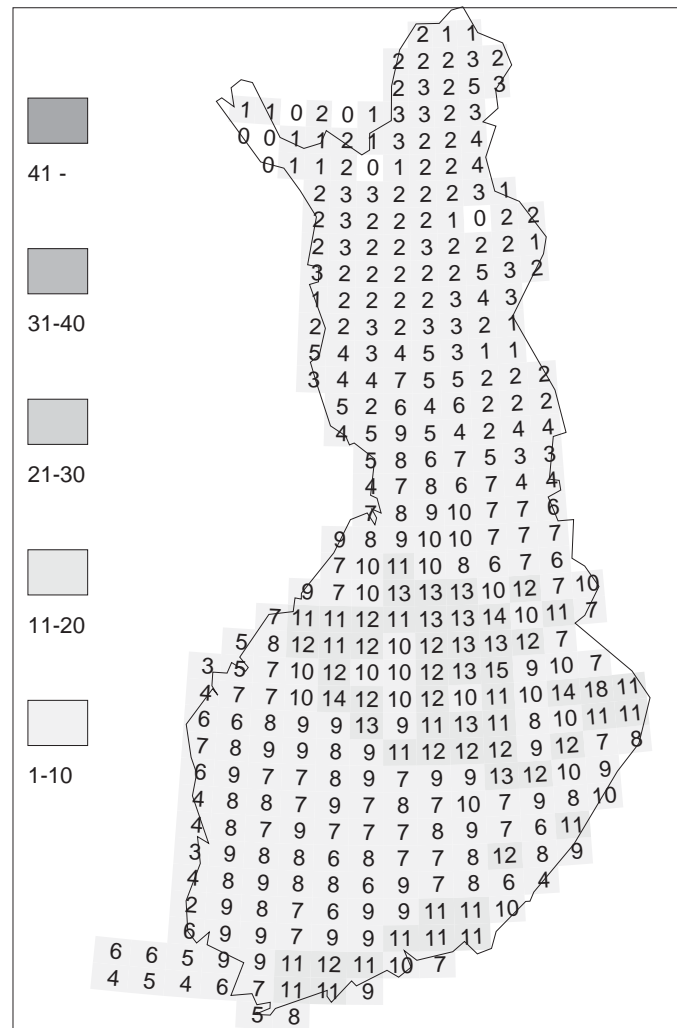
2141	Kangasala	1195	0	0	50	50	5	105	0	0	4	2	2	8
2143	Padasjoki	1195	0	20	42	54	5	121	0	2	3	4	2	11
3121	Sysmä	1195	0	37	25	80	36	178	0	3	2	3	2	10
3123	Mäntyharju	1195	0	38	6	103	18	165	0	3	3	2	2	10
3141	Ristiina	1195	0	21	35	74	15	146	0	3	3	2	2	11
3143	Puumala	1195	0	11	97	8	16	135	0	3	5	4	2	17
4121	Ruokolahti	1195	0	12	56	1	1	71	0	3	5	1	1	11
4123	Parikkala	1195	0	4	94	1	9	110	0	2	6	1	1	12
1142	Ahlainen	1185	0	1	2	1	9	13	0	1	2	1	2	6
1144	Pomarkku	1185	3	2	18	57	4	84	1	2	4	2	2	11
2122	Ikaalinen	1185	1	4	30	13	16	64	1	3	4	1	1	10
2124	Teisko	1185	1	19	46	7	88	161	1	2	5	2	3	13
2142	Orivesi	1185	0	0	18	26	15	59	0	0	6	3	1	10
2144	Kuhmoinen	1185	0	24	9	21	3	57	0	2	3	3	2	10
3122	Joutsa	1185	0	35	7	19	43	104	0	3	3	2	2	10
3124	Hirvens.	1185	0	43	29	25	38	135	0	4	3	2	2	11
3142	Mikkeli	1185	0	26	22	21	15	84	0	3	5	2	2	12
3144	Sulkava	1185	0	20	176	4	5	205	0	3	4	2	1	10
4122	Pihl.vesi	1185	0	3	126	15	7	154	0	1	4	1	1	9
4124	Punkaharju	1185	0	7	56	46	1	113	0	2	7	2	1	15
1231	Merikarvia	1175	0	1	1	5	42	49	0	1	1	1	3	6
1233	Honkajoki	1175	4	3	45	25	3	80	1	1	4	3	2	11
2211	Parkano	1175	0	32	23	12	8	75	0	3	4	3	1	11
2213	Kuru	1175	1	23	77	6	105	212	1	1	6	1	1	10
2231	Mänttä	1175	0	2	57	12	17	88	0	2	6	3	1	12
2233	Jämsä	1175	4	11	12	3	7	37	1	4	2	1	2	10
3211	Korpilahti	1175	0	51	4	19	50	124	0	4	2	3	2	11
3213	Kangasn.	1175	0	55	2	91	46	194	0	3	2	3	2	10
3231	Haukivuori	1175	0	23	12	74	13	122	0	6	5	1	2	14
3233	Juva	1175	0	8	39	25	10	83	0	3	3	2	1	10
4211	Savonlinna	1175	0	22	85	12	17	137	0	2	3	4	2	12
4213	Kerimäki	1175	0	4	127	32	4	169	0	2	5	1	1	11
4231	Kitee	1175	0	4	49	29	2	84	0	1	7	5	1	14
1232	Kristiina	1164	1	11	7	1	108	128	1	1	2	1	3	8
1234	Isojoki	1164	4	26	28	13	5	76	2	1	4	2	2	12
2212	Karvia	1164	0	18	51	34	6	109	0	2	4	2	2	10
2214	Virrat	1164	0	6	75	1	112	194	0	1	6	1	1	9
2232	Keuruu	1164	0	2	53	1	40	96	0	2	7	1	1	11
2234	Petäjävesi	1164	6	7	35	5	8	61	1	3	5	3	1	13
3212	Jyväskylä	1164	0	28	3	3	6	40	0	4	3	1	2	10
3214	Hankasalmi	1164	1	73	8	36	21	139	1	5	3	2	2	13
3232	Pieksämäki	1164	1	13	67	116	45	242	1	4	3	3	2	13
3234	Varkaus	1164	0	11	62	219	24	320	0	4	5	3	2	18
4212	Savonranta	1164	0	6	41	72	19	140	0	3	5	4	2	16
4214	Rääkkylä	1164	0	2	71	42	12	131	0	1	4	3	2	14
4232	Tohmajärvi	1164	0	3	93	17	8	121	0	2	5	4	2	13
1241	Kaskinen	1154	1	2	12	1	65	81	1	1	3	1	3	10
1243	Kauhajoki	1154	1	19	66	18	26	130	1	3	4	2	1	11
2221	Jalasjärvi	1154	0	10	62	12	7	91	0	3	4	3	2	12
2223	Alavus	1154	0	8	40	13	78	139	0	1	4	5	2	12
2241	Ähtäri	1154	1	7	69	9	101	187	1	1	6	1	2	11
2243	Multia	1154	4	18	59	7	23	112	1	2	6	1	2	13
3221	Äänekoski	1154	2	16	83	18	17	136	1	5	5	1	3	15
3223	Rautalampi	1154	2	37	48	14	29	130	1	5	5	4	2	17
3241	Suonenjoki	1154	1	37	40	21	43	142	1	6	4	3	3	17
3243	Leppävirta	1154	0	13	49	33	15	112	0	4	6	3	1	16
4221	Heinävesi	1154	0	11	40	99	17	167	0	3	5	4	1	13
4223	Joensuu	1154	0	12	22	70	14	122	0	3	4	3	2	16
4241	Kiiht.v.	1154	0	34	157	26	16	233	0	2	4	3	1	10
4243	Petkelj.	1154	0	7	77	16	10	110	0	3	4	3	1	11

1242	Korsnäs	1143	1	0	109	33	15	158	1	0	3	1	2	8
1244	Jurva	1143	1	0	57	24	24	106	1	0	4	2	1	8
2222	Seinäjäki	1143	0	3	31	38	6	78	0	2	4	3	2	11
2224	Kuortane	1143	1	13	26	11	15	66	1	1	5	5	1	13
2242	Soini	1143	1	11	51	7	74	144	1	1	6	3	2	13
2244	Saarijärvi	1143	1	13	47	13	33	107	1	5	7	2	3	18
3222	Keitele	1143	0	32	34	7	6	79	0	6	4	1	2	13
3224	Karttula	1143	0	31	66	3	30	130	0	4	7	1	3	15
3242	Kuopio	1143	3	15	125	1	30	174	2	6	6	1	3	18
3244	Vehmers.	1143	0	10	115	22	22	171	0	4	5	3	1	15
4222	Outokumpu	1143	0	16	32	32	19	99	0	3	5	1	2	11
4224	Kontiol.	1143	0	18	40	29	26	116	0	2	6	2	2	14
4242	Eno	1143	0	23	100	25	11	161	0	3	8	2	1	15
4244	Ilomantsi	1143	0	8	55	8	13	85	0	3	7	3	1	15
1331	Vaasa	1133	0	0	15	5	1	21	0	0	4	1	1	6
1333	Laihia	1133	0	0	93	35	15	143	0	0	4	4	1	9
2311	Kauhava	1133	0	0	66	48	16	130	0	0	2	3	4	10
2313	Alajärvi	1133	0	16	102	26	13	157	0	1	7	4	2	14
2331	Kyyjärvi	1133	1	27	103	44	56	231	1	4	7	4	3	19
2333	Kivijärvi	1133	5	26	90	18	32	171	1	3	6	3	3	16
3311	Viitas.	1133	0	24	100	10	17	151	0	2	7	2	3	14
3313	Vesanto	1133	1	17	76	9	41	144	1	5	7	1	3	17
3331	Siilinj.	1133	0	13	120	19	11	163	0	5	5	2	2	14
3333	Juankoski	1133	3	7	87	2	19	119	1	4	7	1	1	15
4311	Sivakkav.	1133	0	6	88	12	23	129	0	3	6	3	1	13
4313	Koli	1133	0	5	135	42	38	226	0	2	7	4	3	19
4331	Koitere	1133	0	15	54	55	16	142	0	5	10	4	3	24
4333	Naarva	1133	0	24	39	55	3	121	0	3	8	2	2	15
1332	Raippal.	1122	2	0	2	0	13	17	1	0	2	0	1	4
1334	Oravainen	1122	0	0	11	2	1	14	0	0	4	2	1	7
2312	Alahärmä	1122	0	1	12	21	8	42	0	1	4	3	2	10
2314	Evijärvi	1122	0	18	46	57	8	129	0	2	4	3	4	13
2332	Perho	1122	3	18	61	86	44	212	1	2	7	4	2	16
2334	Kinnula	1122	8	15	62	91	36	212	1	3	6	2	2	14
3312	Pihtipudas	1122	0	16	35	59	25	135	0	3	5	2	4	14
3314	Pielavesi	1122	0	11	54	31	25	121	0	6	7	1	3	17
3332	Lapinlahti	1122	0	25	135	23	20	203	0	5	9	2	2	18
3334	Nilsjä	1122	0	25	184	2	30	242	0	6	8	2	3	20
4312	Yläluosta	1122	0	15	44	1	26	86	0	3	6	1	2	12
4314	Juuka	1122	0	6	29	8	25	68	0	1	7	4	2	14
4332	Liekksa	1122	0	4	6	3	34	48	0	3	4	1	1	10
1343	Vexala	1112	0	0	22	16	1	39	0	0	4	2	1	7
2321	Pietars.	1112	2	4	58	36	0	100	1	2	6	2	0	11
2323	Kaustinen	1112	7	15	41	61	4	128	1	4	6	3	2	16
2341	Lestijärvi	1112	8	41	69	21	22	161	1	4	5	2	3	15
2343	Reisjärvi	1112	7	10	38	16	27	98	1	3	6	3	3	16
3321	Pyhäjärvi	1112	1	8	16	8	42	75	1	3	5	2	3	14
3323	Kiuruvesi	1112	1	29	51	1	12	94	1	6	5	1	3	16
3341	Iisalmi	1112	0	22	66	1	18	108	0	5	9	1	2	18
3343	Rautavaara	1112	0	11	56	3	8	78	0	7	7	2	1	17
4321	Nurmes	1112	0	22	26	9	21	78	0	5	8	2	1	16
4323	Savijärvi	1112	0	18	16	7	23	64	0	1	4	4	1	10
2322	Kokkola	1101	4	15	42	31	2	99	1	2	2	2	1	9
2324	Kannus	1101	2	18	20	31	9	80	2	2	6	3	2	15
2342	Sievi	1101	3	19	44	68	21	155	1	4	5	3	2	15
2344	Nivala	1101	2	30	17	27	19	95	1	4	6	3	2	16
3322	Kärsämäki	1101	15	21	44	11	47	139	1	3	6	1	3	15
3324	Lapinsalo	1101	1	38	27	25	12	103	1	5	7	1	3	17
3342	Vieremä	1101	0	37	88	12	3	140	0	7	8	1	2	18
3344	Pirttimäki	1101	0	29	59	3	6	100	0	6	7	2	1	19

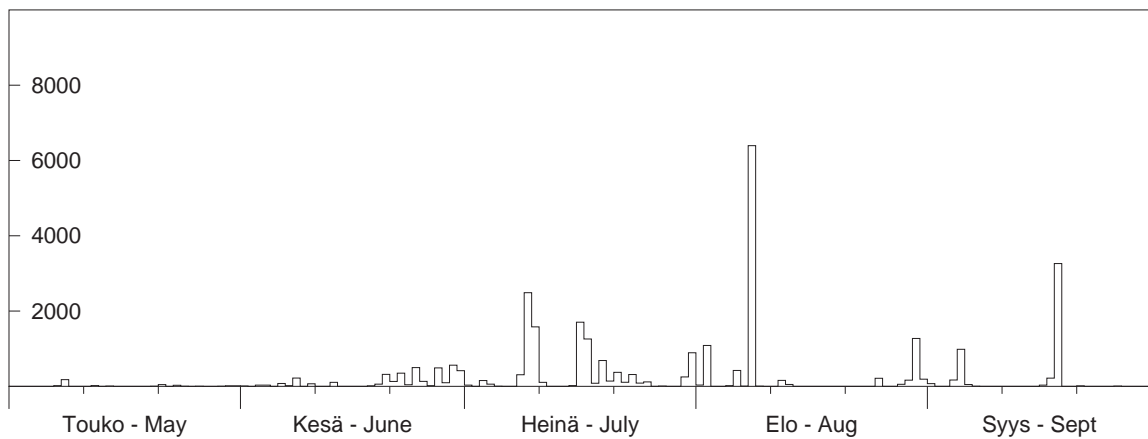
4322	Hiidenp.	1101	0	34	15	16	7	72	0	5	5	3	1	14
4324	Mujejärvi	1101	0	11	24	13	10	58	0	6	4	4	1	15
4342	Ulvinsalo	1101	1	11	24	3	14	53	1	3	3	1	1	9
2413	Kalajoki	1091	0	21	14	29	26	90	0	1	5	2	4	12
2431	Ylivieska	1091	1	5	9	23	6	44	1	3	3	1	2	10
2433	Haapavesi	1091	3	13	46	54	35	151	2	4	4	3	1	14
3411	Piippola	1091	27	42	45	102	26	242	2	4	7	2	2	17
3413	Pyhäntä	1091	4	27	40	79	19	169	3	4	7	2	2	18
3431	Kajaani	1091	0	90	39	57	7	193	0	8	6	1	2	17
3433	Sotkamo	1091	0	56	49	71	0	178	0	5	6	1	0	14
4411	Katerma	1091	0	24	17	38	2	83	0	5	6	3	1	16
4413	Kuhmo	1091	1	39	11	4	1	56	1	3	3	2	1	10
4431	Kotajärvi	1091	0	18	32	4	16	70	0	3	7	2	1	13
2432	Pyhäjoki	1080	2	2	7	38	4	53	1	2	3	1	3	10
2434	Vihanti	1080	0	19	47	19	21	107	0	4	4	3	1	13
3412	Rantsila	1080	5	20	49	32	26	132	2	3	6	2	2	15
3414	Kestilä	1080	3	30	77	62	18	191	1	3	5	2	2	14
3432	Oulujärvi	1080	3	39	5	14	33	94	1	4	3	1	2	11
3434	Ristijärvi	1080	0	36	18	4	0	58	0	4	3	1	0	8
4412	Hirsijärvi	1080	0	7	30	1	0	38	0	5	4	1	0	10
4414	Lentiira	1080	1	0	16	8	0	26	1	0	4	2	0	8
2441	Raahe	1069	7	5	4	2	5	25	1	3	2	2	3	12
2443	Ruukki	1069	3	15	17	5	11	51	1	3	4	2	1	11
3421	Tyrnävä	1069	1	16	37	78	20	152	1	4	4	2	1	12
3423	Utajärvi	1069	0	7	45	73	5	132	0	4	4	1	2	13
3441	Puokiov.	1069	2	11	41	87	9	150	1	5	5	1	2	14
3443	Paljakka	1069	0	20	13	5	0	38	0	6	3	1	0	10
4421	Hyrnsalmi	1069	0	5	14	1	0	20	0	4	5	1	0	10
4423	Alavuokki	1069	1	0	47	8	3	59	1	0	6	1	2	10
2444	Oulu	1059	22	4	7	1	6	41	1	3	2	1	1	9
3422	Ylikiim.	1059	0	3	46	12	36	97	0	2	6	2	1	11
3424	Sanginkylä	1059	2	8	56	87	2	155	2	2	6	1	1	12
3442	Puolanka	1059	3	5	61	66	6	141	2	3	7	1	1	14
3444	Joukokylä	1059	7	16	24	3	0	50	2	3	4	1	0	10
4422	Suomuss.	1059	0	7	21	0	0	28	0	4	6	0	0	10
4424	Kianta	1059	0	3	20	5	0	28	0	1	6	1	0	8
2533	Haukipudas	1048	16	0	19	2	4	41	1	0	2	1	2	6
3511	Kiiminki	1048	0	3	62	5	35	105	0	1	5	2	1	9
3513	Kipinä	1048	1	2	39	21	12	75	1	2	6	1	1	11
3531	Jonku	1048	2	0	27	142	2	173	2	0	4	1	1	8
3533	Siikavaara	1048	2	18	30	19	0	69	1	4	4	1	0	10
4511	Piispaj.	1048	0	3	34	2	1	40	0	1	2	1	1	5
4513	Anttila	1048	0	4	13	2	0	19	0	2	3	1	0	6
2534	Kuivaniemi	1037	8	8	9	0	1	26	2	1	3	0	1	7
3512	Yli-Ii	1037	4	1	47	27	20	99	2	1	5	1	1	10
3514	Pudasjärvi	1037	0	1	55	29	25	110	0	1	5	1	1	8
3532	Iinattij.	1037	0	3	14	80	3	101	0	2	4	1	1	9
3534	Taivalk.	1037	0	5	7	100	0	112	0	3	2	1	0	6
4512	Jokijärvi	1037	10	1	4	24	0	39	1	1	1	1	0	4
4514	Hossa	1037	0	9	15	34	1	59	0	1	1	1	1	4
2541	Kemi	1027	0	0	3	3	6	12	0	0	2	1	2	5
2543	Simo	1027	1	1	11	0	0	13	1	1	4	0	0	6
3521	Oijärvi	1027	2	5	53	1	7	69	1	2	6	1	1	12
3523	Haarahilt.	1027	0	1	44	6	15	66	0	1	4	1	1	7
3541	Rytinki	1027	0	1	9	87	0	97	0	1	3	1	0	5
3543	Loukusa	1027	0	0	3	64	0	67	0	0	2	1	0	3
4521	Kuolio	1027	1	0	7	60	0	69	1	0	2	1	0	5
4523	Poussu	1027	0	5	9	117	0	132	0	1	2	1	0	5
2542	Karunki	1016	0	0	27	152	6	186	0	0	3	1	1	6
2544	Runkaus	1016	0	0	7	12	0	19	0	0	1	1	0	2

3522	Rov.aho	1016	1	1	8	23	4	43	1	1	3	1	1	8
3524	Ranua	1016	0	0	15	4	13	33	0	0	2	1	1	5
3542	Simojärvi	1016	1	1	5	7	1	15	1	1	3	2	1	8
3544	Posio	1016	0	0	0	11	0	11	0	0	0	2	0	2
4522	Vasaraperä	1016	2	0	0	22	0	24	1	0	0	1	0	2
4524	Kuusamo	1016	0	1	3	90	0	94	0	1	1	1	0	3
2613	Ylitornio	1005	0	0	4	104	0	108	0	0	2	2	0	4
2631	Törmäsij.	1005	0	0	13	144	5	164	0	0	2	1	1	5
2633	Muurola	1005	0	0	3	103	1	114	0	0	2	1	1	5
3611	Inginkiv.	1005	1	0	32	121	2	157	1	0	4	2	1	9
3613	Vanttausk.	1005	5	7	6	108	3	129	1	2	1	2	1	7
3631	Pirttik.	1005	0	6	2	52	3	63	0	2	1	2	1	6
3633	Perä-Posio	1005	0	0	1	22	2	25	0	0	1	1	1	3
4611	Kitka	1005	0	2	0	46	0	48	0	1	0	1	0	2
4613	Ruka	1005	0	2	0	31	0	33	0	1	0	1	0	2
2614	Turtola	994	0	0	7	97	0	104	0	0	4	3	0	7
2632	Meltosij.	994	0	0	2	74	1	77	0	0	1	3	1	5
2634	Sinettä	994	0	0	4	13	1	18	0	0	2	1	1	4
3612	Rovaniemi	994	0	0	19	25	1	45	0	0	3	1	1	5
3614	Misi	994	0	0	3	58	1	62	0	0	2	4	1	7
3632	Luusua	994	3	3	4	91	0	101	1	1	1	1	0	4
3634	Karhujärvi	994	0	0	0	41	0	41	0	0	0	1	0	1
4612	Aholanv.	994	0	0	0	20	0	20	0	0	0	1	0	1
2623	(Pello)	983	0	0	0	10	0	10	0	0	0	2	0	2
2641	Pello	983	0	2	1	5	0	8	0	1	1	1	0	3
2643	Meltaus	983	0	0	5	25	0	30	0	0	2	2	0	4
3621	Perunkaj.	983	0	0	1	50	0	51	0	0	1	1	0	2
3623	Nampa	983	0	0	2	28	4	34	0	0	1	2	1	4
3641	Kemijärvi	983	5	7	0	11	0	23	1	2	0	1	0	4
3643	Kursu	983	0	4	0	32	0	36	0	1	0	2	0	3
4621	Salla	983	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	0	1
2624	Sieppij.	973	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
2642	Pasmajärvi	973	0	0	0	10	0	10	0	0	0	2	0	2
2644	Lohiniva	973	0	0	3	53	0	56	0	0	1	1	0	2
3622	Unari	973	0	0	8	109	0	117	0	0	2	1	0	3
3624	Luosto	973	0	0	1	125	1	127	0	0	1	1	1	3
3642	Pelkosenn.	973	1	1	0	94	0	96	1	1	0	2	0	4
3644	Ahvenselkä	973	2	2	0	61	0	65	2	1	0	2	0	5
4622	Saija	973	1	0	2	6	0	9	1	0	2	1	0	4
2713	Kolari	962	0	1	1	38	0	40	0	1	1	2	0	4
2731	Kurtakko	962	0	0	0	34	0	34	0	0	0	3	0	3
2733	Kaukonen	962	0	1	0	9	0	10	0	1	0	2	0	3
3711	Syväjärvi	962	0	0	0	15	0	15	0	0	0	2	0	2
3713	Sodankylä	962	0	1	0	21	0	22	0	1	0	2	0	3
3731	Kelujärvi	962	0	0	0	66	0	66	0	0	0	2	0	2
3733	Savukoski	962	1	2	1	33	0	38	1	1	1	2	0	6
4711	Maltiot.	962	3	4	3	5	0	15	1	1	1	1	0	4
4713	Sorsat.	962	0	8	10	0	0	18	0	1	2	0	0	3
2714	Kihlanki	951	0	0	1	14	0	15	0	0	1	2	0	3
2732	Ylläs	951	0	0	2	2	0	5	0	0	1	2	0	4
2734	Kittilä	951	0	4	1	10	0	15	0	1	1	1	0	3
3712	Tepsa	951	0	2	0	27	0	30	0	1	0	1	0	3
3714	Petkula	951	0	2	1	39	0	42	0	2	1	1	0	4
3732	Tanhua	951	0	4	0	12	0	16	0	1	0	2	0	3
3734	Seitajärvi	951	1	0	0	2	0	3	1	0	0	1	0	2
4712	Ruuvaoja	951	0	1	3	0	0	4	0	1	1	0	0	2
4714	Värriöt.	951	0	0	11	0	0	11	0	0	1	0	0	1
2723	Muonio	940	0	0	1	49	0	50	0	0	1	1	0	2
2741	Keimiöt.	940	0	2	6	4	0	12	0	2	1	1	0	4
2743	Kiistala	940	0	0	11	13	0	24	0	0	1	2	0	3

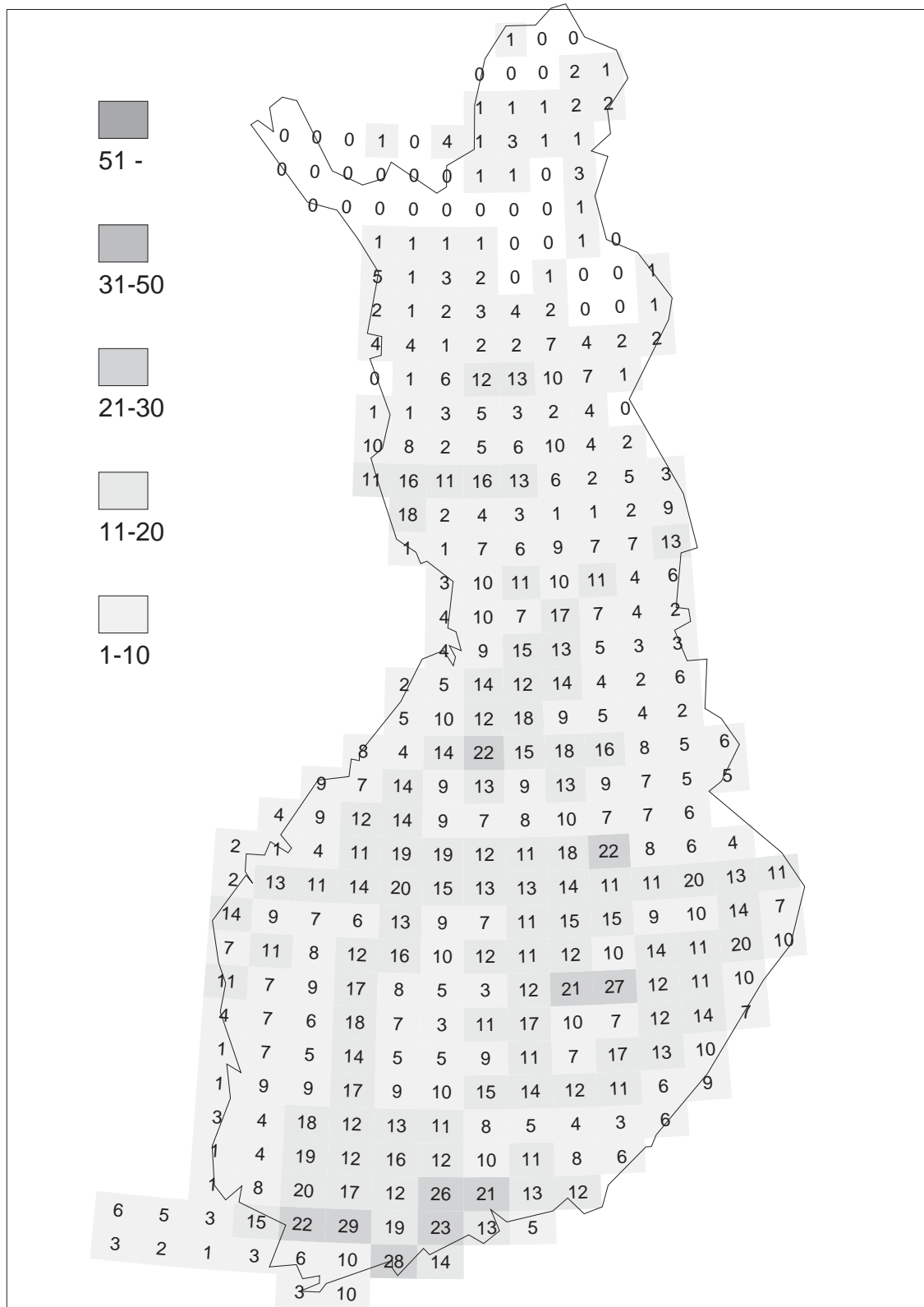
3721 Pomokaira	940	0	8	0	9	0	17	0	2	0	1	0	3
3723 Pomovaara	940	0	1	1	1	0	3	0	1	1	1	0	3
3741 Lokka	940	0	6	0	0	0	6	0	1	0	0	0	1
3743 Alaponku	940	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4721 Naltiot.	940	0	2	2	0	0	4	0	1	1	0	0	2
4723 Nuorttit.	940	0	3	3	0	0	6	0	1	2	0	0	3
2724 Ounast.	929	0	4	0	4	0	9	0	1	0	1	0	3
2742 Raattama	929	1	0	2	4	0	7	1	0	1	2	0	4
2744 Pulju	929	1	0	5	6	0	12	1	0	1	2	0	4
3722 Pokka	929	0	3	2	0	0	5	0	2	1	0	0	3
3724 Porttip.	929	0	2	1	1	0	4	0	1	1	1	0	3
3742 Vuotso	929	0	4	0	0	0	4	0	2	0	0	0	2
3744 Sokosti	929	0	4	0	5	0	9	0	2	0	2	0	4
4722 Talkkunap.	929	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
1833 (Karesuv.)	918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1811 Kaaresuv.	918	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1
2813 Enontekiö	918	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1
2831 Peltovuoma	918	0	0	3	1	0	4	0	0	1	1	0	2
2833 Korsat.	918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3811 Jänispää	918	0	0	3	0	0	3	0	0	1	0	0	1
3813 Kuttura	918	0	3	1	0	0	4	0	1	1	0	0	2
3831 Saariselkä	918	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2
3833 Raja-Joos.	918	0	11	0	2	0	13	0	4	0	1	0	5
1832 Ropi	907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1834 Tarju	907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2812 Urtivaara	907	0	0	0	3	0	3	0	0	0	1	0	1
2814 Jierstiv.	907	0	3	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1
2832 Porrast.	907	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2
2834 Kietsimä	907	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	0	1
3812 Lemmenjoki	907	1	2	0	5	0	8	1	2	0	1	0	4
3814 Menesjärvi	907	0	7	0	3	0	10	0	1	0	1	0	2
3832 Ivalo	907	1	3	0	0	0	4	1	1	0	0	0	2
3834 Sarmijärvi	907	0	22	4	1	0	27	0	3	1	1	0	5
1841 Kilpisj.	896	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1843 Tsaibma	896	0	3	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1
2821 Kautokeino	896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2823 Lavvuoarvi	896	1	6	0	0	0	8	1	1	0	0	0	3
2841	896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2843 Galmat	896	0	0	0	38	0	38	0	0	0	1	0	1
3821 Kaisavarri	896	2	4	0	7	0	13	1	2	0	1	0	4
3823 Palloarvi	896	0	23	0	3	0	26	0	3	0	1	0	4
3841 Inari	896	0	6	0	1	0	7	0	2	0	1	0	3
3843 Nellimä	896	0	3	1	1	0	5	0	2	1	1	0	4
3822 Muotka	885	3	1	0	2	0	6	1	1	0	1	0	3
3824 Peltot.	885	2	4	1	1	0	8	1	1	1	1	0	4
3842 Paksumaa	885	0	11	0	0	0	11	0	2	0	0	0	2
3844 Partakko	885	0	12	1	2	0	15	0	3	1	2	0	6
4822 Surnujärvi	885	1	17	0	1	0	19	1	2	0	1	0	4
3911 Outakoski	874	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2
3913 Kuivi	874	0	1	0	2	0	3	0	1	0	1	0	2
3931 Mieras	874	1	0	0	3	0	4	1	0	0	1	0	2
3933 Iijärvi	874	0	12	0	7	0	19	0	3	0	1	0	4
4911 Sevettij.	874	0	2	0	6	0	8	0	2	0	1	0	3
3914 Kevo	863	0	6	0	1	0	7	0	1	0	1	0	2
3932 Utsjoki	863	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
3934 Kalddoarvi	863	0	3	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1
Koko maa	347	3685	10767	10069	4812	29809							



Kuva 5. Taulukosta 1 korjatut ukkospäiväluvut 2015.
 Fig. 5. Thunder day numbers corrected from Table 1 in 2015.



Kuva 6. Vuorokautiset paikannettujen salamoiden määrät Suomessa (kuvan 5 kartalla) 2015.
 Fig. 6. Daily numbers of located flashes in Finland (the area shown in Fig. 5) in 2015.



Kuva 7. Paikannetut salamat/100 km² v. 2015. Kartan alueella paikannettiin 29 809 salamaa.

Fig. 7. Located flashes per 100 km² in 2015. The total number of located flashes on the map is 29,809.

havaittiin noin 180 maasalamaa. Tämä jäi myös toukokuun merkittävämmäksi ukkospäiväksi. Koko toukokuun salamamäärä (350) on 2000-luvun alhaisin lukema; määrä on vain 4 % kuun keskimääräisestä (8 500). Kesäkuussa salamointi oli myös vähäistä; noin 3 700 maasalamaa on tilastojen kolmanneksi alhaisin kesäkuun lukema.

Heinäkuun puolivälin paikkeilla havaittiin muutamia yli tuhannen maasalaman ukkospäiviä, mutta kuukauden salamamäärä (10 800) on lähes ennätysellisen alhainen. Keskimäärin heinäkuu on salamoinniltaan vuoden runsain kuukausi (60 200). Elokuussa saatiin vuoden selvästi runsain ukkospäivä, kun 8.8. paikannettiin 6 400 maasalamaa. Elokuun kokonaissalamamäärä (10 000) jäi kuitenkin vain kolmannekseen keskimääräisestä (30 000).

Syyskuun salamamäärä (4 800) oli kuukausista ainoa, joka ylsi hieman keskimääräisen (4 500) yläpuolelle. Kuun runsain päivä oli 18.9. (3 200 maasalamaa). Vuoden kokonaissalamamäärä, noin 30 000, on selvästi alle edellisen minimin (39 000 vuonna 1996). Suomessa pitkään vallinnut viileä säätyyppi ei ollut suotuisa rajuille ukkosille, minkä takia salamamäärät jäivät huomattavan pieniksi. Elokuun alun lämmin ilmassa ei myöskään päässyt synnyttämään ukkosia korkeapainevoittoisan sään estäessä ukkospilvien kehittymisen. Vuoden ukkospäiväluvun keskiarvo (6,3) oli myös alhainen, mutta ei kuitenkaan ennätysellinen. Ukkosia siis esiintyi, mutta ne tuottivat hyvin vähän salamoita.

3 Kesän 2015 tärkeimmät ukkosjaksot

Edellisissä vuosikirjoissa on kesän ukkosjaksot esitelty pääosin tekstimuo-

180 ground flashes were observed. This was also the most noticeable thunder day of May. The overall number of flashes in May (350) is the lowest number in the 21st century; that is only 4 % of the average (8,500).

In June as well, the activity was low; about 3,700 ground flashes is statistically the 3rd lowest total number of flashes in June.

Around midway of July there occurred a few thunder days with over 1,000 flashes but the total number of flashes in July (10,800) was almost record-breaking low. On average, July is the most flash abundant month of the year (60,200). Clearly the most flash abundant day of the year was on the 8th of August with 6,400 ground flashes. The total number of flashes in August (10,000) was however only the third of the average (30,000).

September, with the monthly total of 4,800 flashes, was the only month of the year that went slightly over the average (4,500). The most abundant day of the month was on the 18th (3,200 flashes). The yearly sum of flashes, about 30,000, is clearly below the previous minimum (39,000 in 1996). The sum was remarkably low due to the cool weather type that dominated over Finland. The warm air mass in the beginning of August was blocked to produce lightning by the high pressure dominant weather. The thunder day number of the year (6,3) was also low but not record-breaking. Thus, lightning occurred but they produced only few flashes.

3 Main thunderstorm periods in summer 2015

In the previous yearbooks the thunderstorm episodes were described mainly

Taulukko 2. Maakuntien maasalamaatiheydet (/100 km²) vuonna 2015 sekä keskiarvo 2002–2015.
 Table 2. Ground flash densities (per 100 km²) of regions in 2015 and the average of 2002-2015.

Maakunta/ Region Maasalamaatiheys/ Ground flash density	Jakso Period	Touko May	Kesä Jun	Heinä Jul	Elo Aug	Syys Sep	Yhteensä Total
Etelä-Karjala/ South Karelia	2015	0	2	3	0	1	5
	2002-2015	3	5	9	7	1	26
Etelä-Pohjanmaa/ Southern Ostrobothnia	2015	0	1	4	2	2	10
	2002-2015	4	9	25	10	1	49
Etelä-Savo/ Southern Savonia	2015	0	2	5	5	1	13
	2002-2015	2	7	15	6	1	31
Itä-Uusimaa/ Eastern Uusimaa	2015	0	4	6	8	2	21
	2002-2015	3	3	8	10	1	25
Kainuu	2015	0	2	3	2	0	7
	2002-2015	2	6	17	8	1	33
Kanta-Häme/ Tavastia Proper	2015	0	1	3	7	2	14
	2002-2015	3	6	14	8	1	32
Keski-Pohjanmaa/ Central Ostrobothnia	2015	0	2	4	4	2	13
	2002-2015	4	7	29	11	1	52
Keski-Suomi/ Central Finland	2015	0	2	4	2	2	10
	2002-2015	5	9	21	8	1	44
Kymenlaakso	2015	0	2	2	3	2	9
	2002-2015	2	3	10	8	1	24
Lappi/ Lapland	2015	0	0	0	2	0	3
	2002-2015	1	3	12	5	0	20
Päijät-Häme/ Päijänne Tavastia	2015	0	2	2	5	2	11
	2002-2015	2	8	14	7	1	32
Pirkanmaa	2015	0	1	4	2	4	11
	2002-2015	5	8	18	9	1	39
Pohjanmaa/ Ostrobothnia	2015	0	0	5	2	2	9
	2002-2015	2	4	18	10	1	36
Pohjois-Karjala/ North Karelia	2015	0	1	5	2	2	10
	2002-2015	2	5	13	6	1	26
Pohjois-Savo/ Northern Savonia	2015	0	2	8	1	2	12
	2002-2015	3	8	17	7	0	35
Satakunta	2015	0	0	2	3	1	6
	2002-2015	4	6	18	9	1	38
Uusimaa	2015	0	2	8	6	3	19
	2002-2015	2	4	14	12	2	35
Varsinais-Suomi/ Southwest Finland	2015	0	1	6	3	5	15
	2002-2015	4	3	16	10	1	34
Ahvenanmaa/ Åland Islands	2015	0	0	2	1	1	4
	2002-2015	3	1	4	8	1	17
Pohjois-Pohjanmaa/ Northern Ostrobothnia	2015	0	1	3	5	1	10
	2002-2015	2	5	21	10	0	38

dossa. Tässä kirjassa tekstit on korvattu värikuvilla, jotta lukijalle kävisi paremmin selväksi kunkin tilanteen luonne. Salamakartoilla on esitetty kaikki vuorokauden (muodossa KKPP) aikana paikannetut maasalamat siten, että värit kuvaavat eri UTC-tunteja (Suomen kesäaika on UTC+3 tuntia).

Ukkoset jaetaan syntytapansa mukaan rintama- ja ilmamassaukkosiin. Rintamaukkoset syntyvät kylmän, lämpimän tai okluusiorintaman yhteydessä. Ilmamassaukkosista erotetaan kolme lajia: lämpöukkonen, joka syntyy lämpimässä ilmamassassa; polaariukkonen, joka syntyy viileässä ilmamassassa; pintasolaukkonen (tai kuuro-nauhaukkonen), joka liittyy matalan paineen pintasolaan useimmiten kylmän rintaman etupuolella.

4 Salamoiden kerrannaisuudet ja voimakkuudet

Koska paikannin havaitsee salaman osaiskut erikseen, se käsittelee kokonaista salamaa toissijaisena suureena, joka saadaan ryhmittelemällä iskuja tiettyjen ehtojen puitteissa. Paikannusvirheiden takia samaan pisteeseen maassa osuvat iskut paikantuvat hieman eri kohtiin, mutta usein salaman eri iskut myös todella haarukoituvat ja voivat osua jopa kilometrien päähän toisistaan. Paikantimessa on etäisyysrajaksi asetettu 10 km. Paikkaeron lisäksi tärkeä on aikaero: peräkkäisille iskuille oletetaan enintään 0,5 sekuntia. Haarukoitumista on käsitelty vuosikirjassa (Salamahavainnot 1999).

Maasalamat ovat napaisuudeltaan negatiivisia tai positiivisia riippuen siitä, kumman merkkisestä pilven varausalueesta ne tuovat varausta. Negatiivinen päävaraus on pilven keskellä syntyvissä (lumi)rakeissa ja positiivinen pilven huipussa pienissä jääkiteissä. Jonkin verran positiivista varausta on

in a text format. In this yearbook, text has been replaced with colour figures to emphasize the nature of the episodes. The figures show all located ground flashes during a day (MMDD) with the colours representing different UTC-hours (Finnish local time is UTC+3 hours).

Thunderstorms can be classified into frontal and air-mass types. Frontal thunderstorms are associated with cold, warm, or occluded fronts. Air-mass thunderstorms (i.e., those not associated with fronts) are divided into three types: warm-mass storm, developing in warm air mass; polar thunderstorm, developing in cool air mass; surface-trough storm (or squall-line storm), associated with a low pressure surface trough, usually preceding a cold front.

4 Flash multiplicities and peak currents

Because the location system detects the strokes separately, it treats a whole flash as a secondary quantity, which is obtained by grouping strokes under certain conditions. Due to location errors, strokes to the same point at the ground are located slightly separated, but often different strokes of a flash indeed undergo forking and may hit at points several kilometers apart. In the location system, 10 km has been set as a limit for a flash. In addition to the strike-point separation, the interstroke interval is assumed to be at most 0.5 seconds. Forking has been discussed in Lightning Observations 1999.

Ground flashes are negative or positive depending on the polarity of their source region in the cloud. The main negative charge resides on graupel particles in the middle of the cloud, and the main positive charge is carried by small ice crystals at the cloud top. There is also some positive charge near

myös aivan pilven alaosassa. Erinapaisten salamoiden purkausmekanismi on hieman erilainen, ja niinpä negatiivinen on usein moni-iskuinen, kun taas positiivinen salama on useim-

the lower edge of the cloud. The discharge mechanisms of negative and positive lightning are slightly different, and a negative flash is often multiple while a positive flash usually consists of only one stroke. The number of stro-

Taulukko 3. Tilastoja negatiivisille, positiivisille ja kaikille salamoille.

Table 3. Statistics of flash parameters for negative, positive and all flashes.

	Neg.	Pos.	Kaikki / All
Voimakkuus / Peak current [kA]			
mediaani / median	-11,2	11,8	11,4
Keskiarvo / mean	-18,3	18,5	18,3
Kerrannaisuus / Multiplicity	1,8	1,4	1,7
1-iskuiset / Single stroke [%]	58,0	75,9	61,9
Napaisuus / Polarity [%]	78,4	21,6	100,0
> 100 kA [#/%]	276 / 1,23	78 / 1,26	354 / 1,23
> 160 kA [#/%]	28 / 0,124	14 / 0,23	42 / 0,15
Anturiluku / ANSR	4,5	4,7	4,5
Tarkkuus / Accuracy [km]			
Mediaani / median	0,3	0,3	0,3
Keskiarvo / mean	1,3	1,7	1,4

miten vain yksi-iskuinen. Osaiskujen lukumäärää salamassa sanotaan kerrannaisuudeksi. Salamoissa esiintyy toisinaan kummankin merkkisiä osaiskuja, jolloin napaisuuden määrää ensimmäinen osaisku.

kes in a flash is called the multiplicity. Sometimes, strokes of both polarities may occur in a flash; then the polarity of the flash refers to that of its first stroke.

Salamasuureiden tilastot vuodelle 2015 näkyvät taulukossa 3. Tunnusluvut on laskettu ensimmäisille osaiskuille. Paikannustarkkuuden mediaani on lisäksi karttamuodossa kuvassa 28.

Statistics for flash (i.e., first stroke) parameters for year 2015 are shown in Table 3. The median location accuracy is presented as a map in Fig. 28.

Salaman voimakkuutta kuvataan osaiskunun (pääsalaman) sähkövirran huippu- arvolla, yksikkönä kiloampeeri (kA). Mittaus ei ole suora vaan se perustuu anturien havaitseman salamasignaalin ominaisuuksiin. Keskusyksikkö normittaa signaalin 100 km etäisyydelle ja muuntaa pulssin voimakkuuden virta-

The amplitude of a lightning discharge is described as the peak electric current of the (return) stroke, in units of a kilo- ampere (kA). The measurement is an estimate based on the characteristics of the lightning waveform. The system computes it by normalizing the signal strength to the range of 100 km and

arvioksi melko yksinkertaisella muunnoskaavalla. Mittauksilla on voitu todeta, että paikantimen ilmoittama arvio on hyvin lähellä totuutta, mutta varsinkin virtajakautuman ääripäiden osalta osuvuudessa on hajontaa.

Kuva 29 esittää negatiivisten ja positiivisten salamoiden (1. osaiskujen) voimakkuusjakautumat siten, että pystyasteikko on normaalijakautuman kertymä ja vaaka-asteikko on voimakkuuslogaritmisena. 50 % negatiivisista salamoista ylittää 10,9 kA ja positiivisten mediaaniarvo on 7,5 kA. Negatiivisista salamoista 0,58 % (842 kpl) ylitti voimakkuudeltaan (itseisarvo) 100 kA, positiivisista 0,39 % (181 kpl). Voimakkuuden 160 kA ylitti 46 kpl negatiivista ja 33 kpl positiivista salamaa.

Negatiivisten salamoiden (eli ensimmäisten osaiskujen) keskiarvo on $-17,0$ kA ja positiivisten $11,3$ kA. Myöhempiä osaiskuja ei enää erikseen tilastoida, mutta niiden voimakkuus negatiivisilla salamoilla on keskimäärin $0,7$ ensimmäisestä osaiskusta, positiivisilla vain hieman heikompi.

Paikantimen havaintotehokkuutta kuvaa keskimääräinen anturiluku, eli moniko anturi keskimäärin on mukana salaman paikannuksessa (ks. Salamahavainnot 2008). Suomessa ja lähiympäristössä keskilukumäärä vuonna 2015 oli 5,5 anturia: negatiivisilla salamoilla 6,0 ja positiivisilla 3,9. Anturiluku 5,0 vastaa karkeasti havaintotehokkuutta > 90 %, mutta tällä on alueellista vaihtelua.

5 Salama- ja iskutiheydet vuosina 1960 – 2015

Aikaisemmassa vuosikirjassa (Salamahavainnot 2001) esitettiin vuodesta 1960 lähtien kootut salamatiheyksien yhteenvedot $315\,000$ km² pinta-alalle, joka vastaa 5-asemaisesta maasalamanpaikantimen havaintoaluetta vuosina 1998-2001. Vuodesta 2002 tehokas

conversing this value to peak current with a fairly simple equation. Based on several field studies, the peak current seems to be a realistic estimation, although some discrepancy occurs for the very lowest and highest currents.

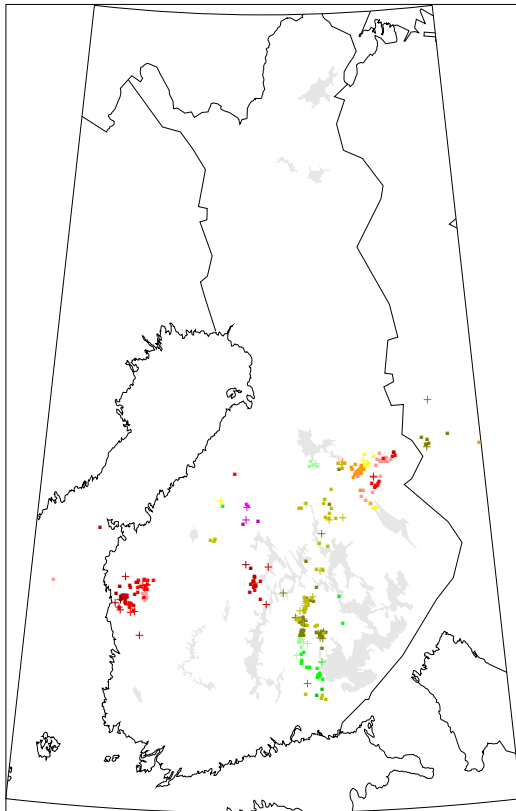
Fig. 29 shows the peak-current distributions of negative and positive flashes (first strokes) so that the vertical scale is normal cumulative and the horizontal scale is logarithmic peak current. 50 % of negative flashes exceed 10.9 kA, and for positive flashes the median value is 7.5 kA. Of the negative flashes, 0.58 % (842) exceeded the (absolute) value 100 kA; of the positive flashes, 0.39 % (181). The peak current 160 kA was exceeded by 46 negative and 33 positive flashes.

The mean peak current of the negative flashes (i.e. first strokes) is -17.0 kA, and for positive flashes it is 11.3 kA. Subsequent stroke statistics are made no more, but their peak current for negative flashes is 0.7 of the first stroke on the average; for positive flashes, only slightly lower.

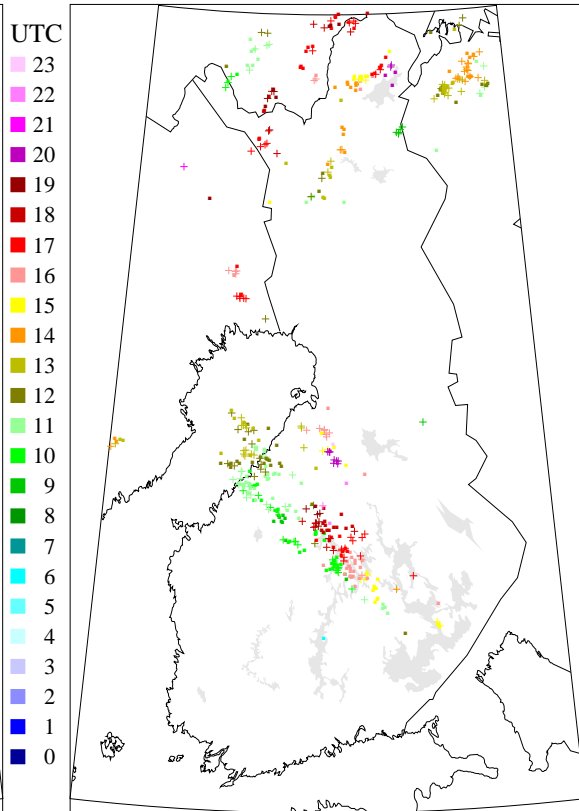
The detection efficiency (DE) of the location system is characterized by the average number of sensors reporting (ANSR) a flash (see Lightning Observations 2008). In Finland and surroundings, the mean in 2015 was 5.5 sensors; 6.0 for negative, and 3.9 for positive flashes. ANSR 5.0 suggests a DE of > 90 %, with some regional variation.

5 Flash and stroke densities in 1960 – 2015

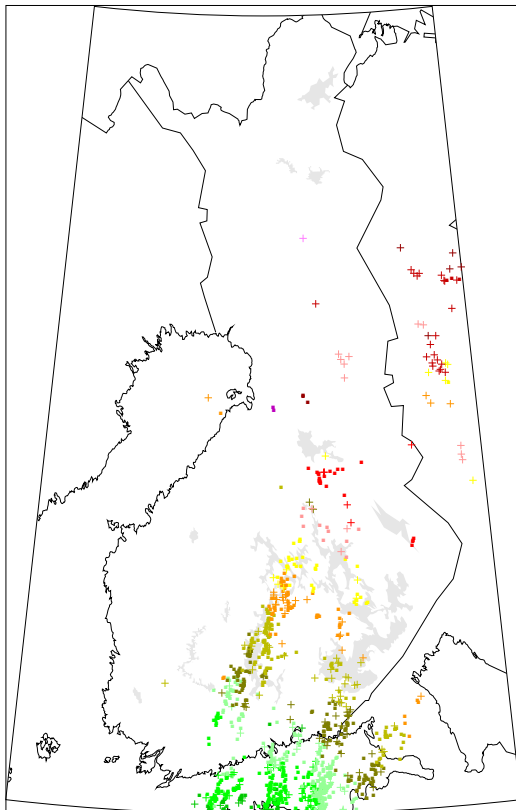
In a previous report (Lightning Observations 2001) the summaries of flash densities since 1960 were given for an area of $315,000$ km², corresponding to the detection area of the 5-sensor location system in 1998-2001. Since 2002, the high-efficiency area has



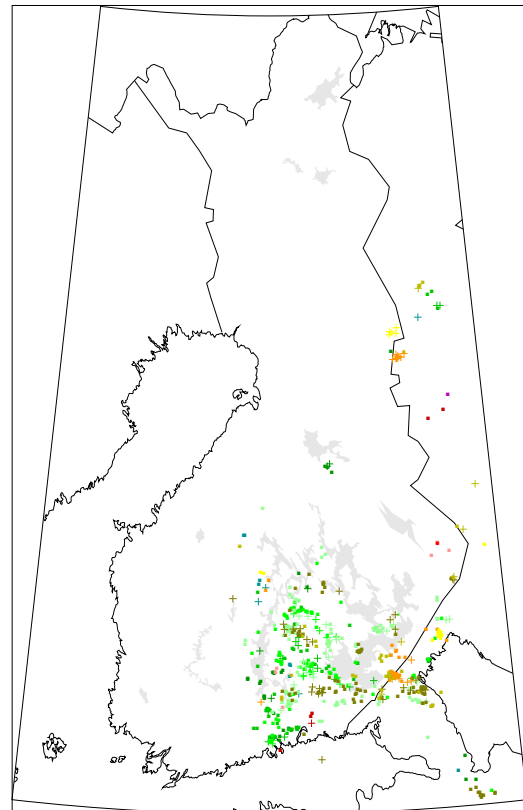
Kuva 8. Päivä 0620, 328 salamaa.
 Fig. 8. Day 0620, 328 flashes.



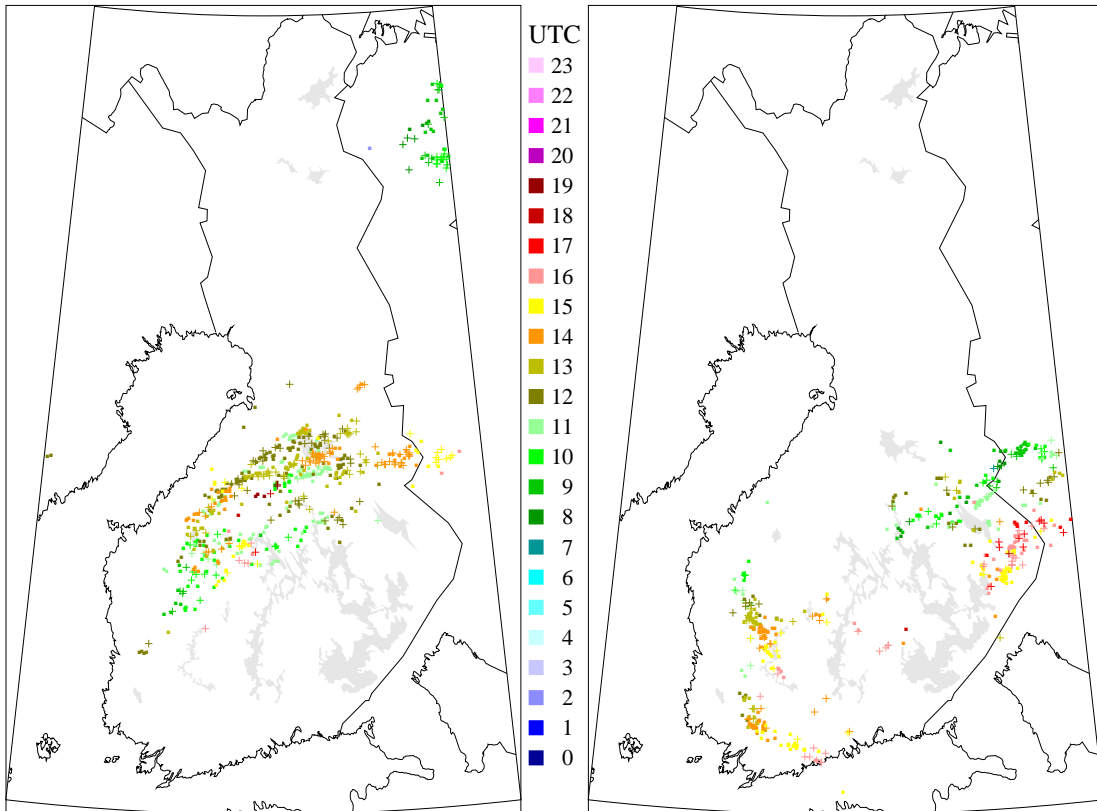
Kuva 9. Päivä 0622, 505 salamaa.
 Fig. 9. Day 0622, 505 flashes.



Kuva 10. Päivä 0624, 1113 salamaa.
 Fig. 10. Day 0624, 1113 flashes.

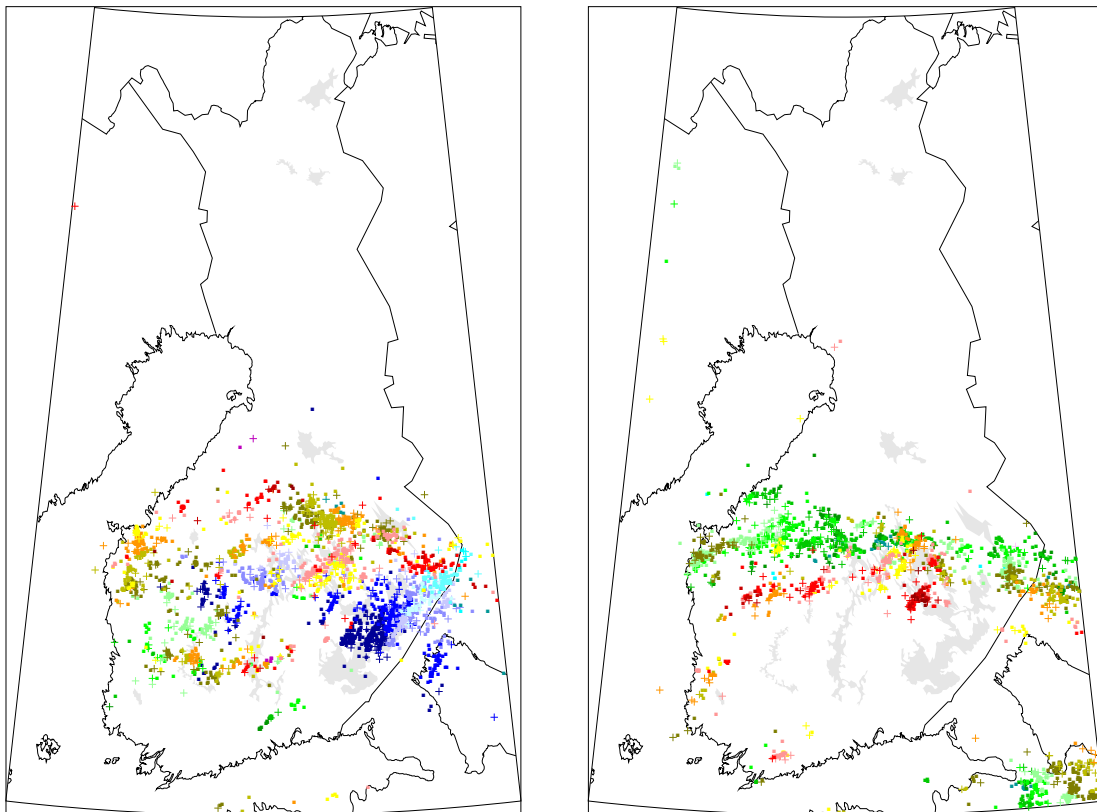


Kuva 11. Päivä 0627, 617 salamaa.
 Fig. 11. Day 0627, 617 flashes.



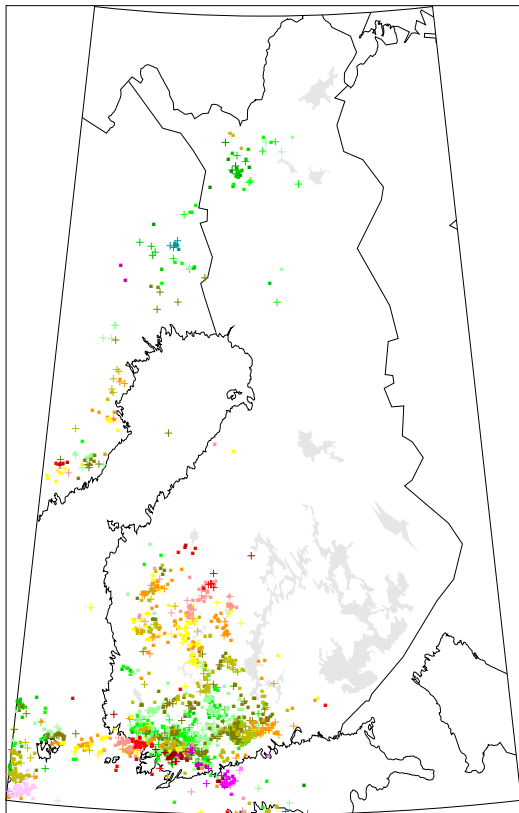
Kuva 12. Päivä 0629, 627 salamaa.
Fig. 12. Day 0629, 627 flashes.

Kuva 13. Päivä 0630, 492 salamaa.
Fig. 13. Day 0630, 492 flashes.

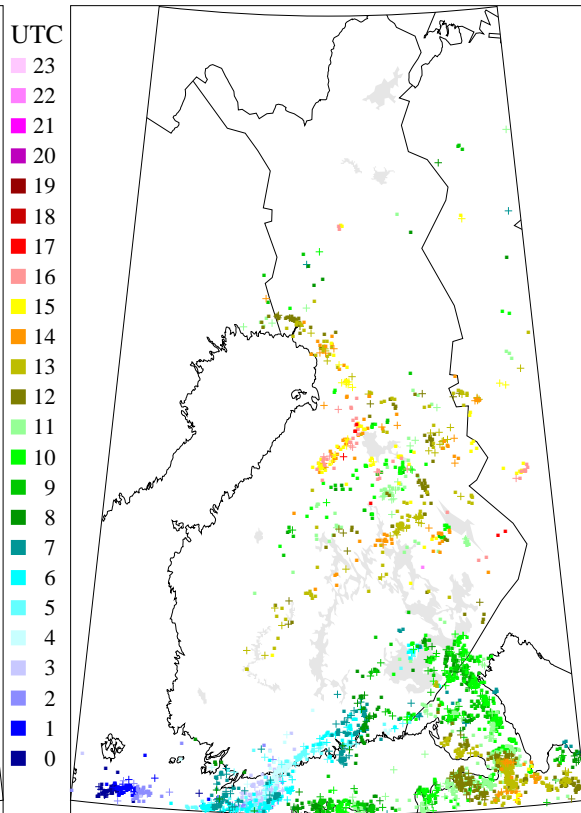


Kuva 14. Päivä 0709, 2628 salamaa.
Fig. 14. Day 0709, 2628 flashes.

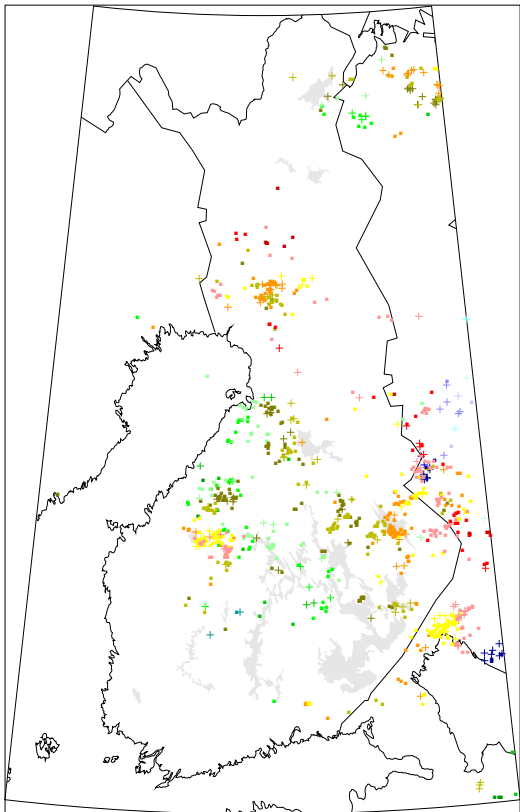
Kuva 15. Päivä 0710, 2049 salamaa.
Fig. 15. Day 0710, 2049 flashes.



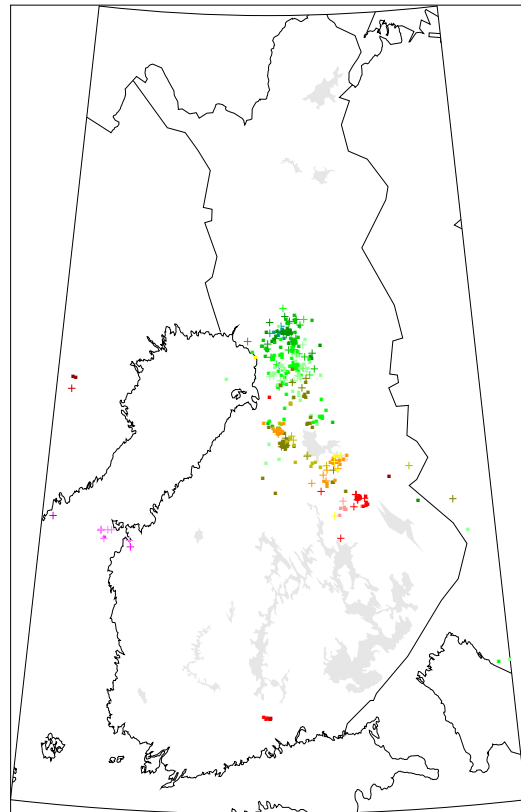
Kuva 16. Päivä 0716, 2048 salamaa.
Fig. 16. Day 0716, 2048 flashes.



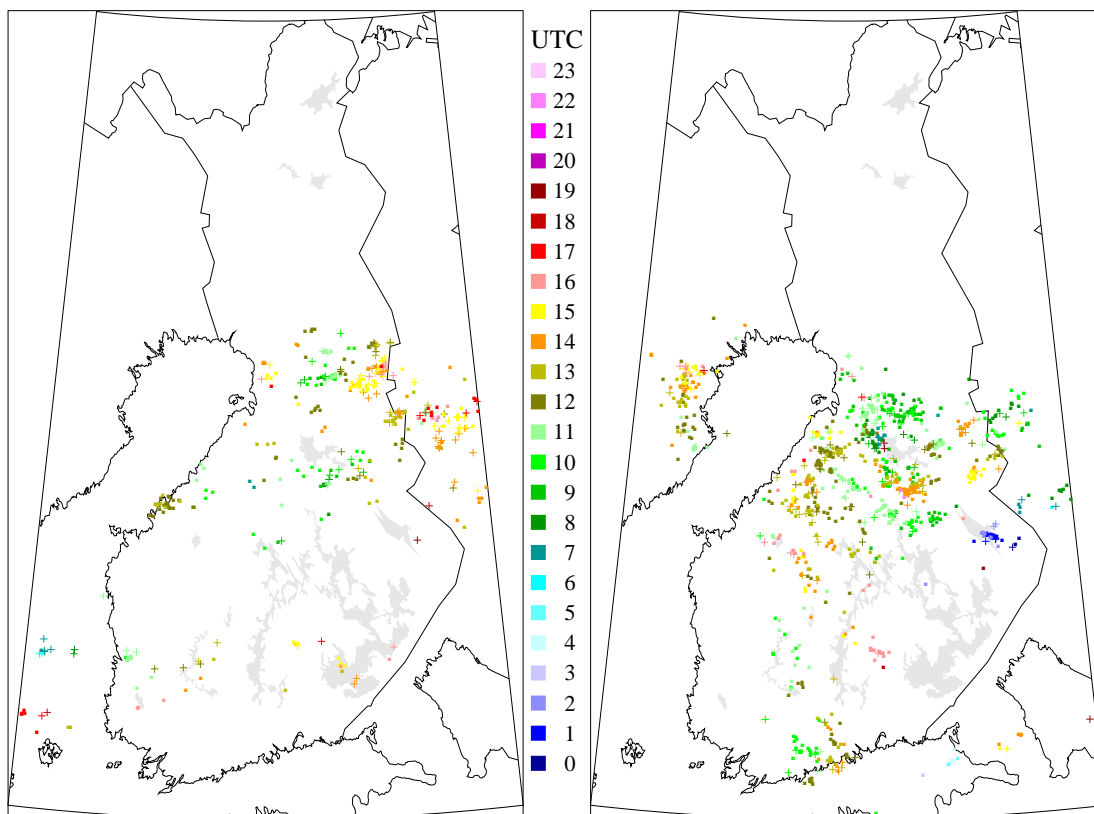
Kuva 17. Päivä 0717, 3566 salamaa.
Fig. 17. Day 0717, 3566 flashes.



Kuva 18. Päivä 0719, 988 salamaa.
Fig. 18. Day 0719, 988 flashes.

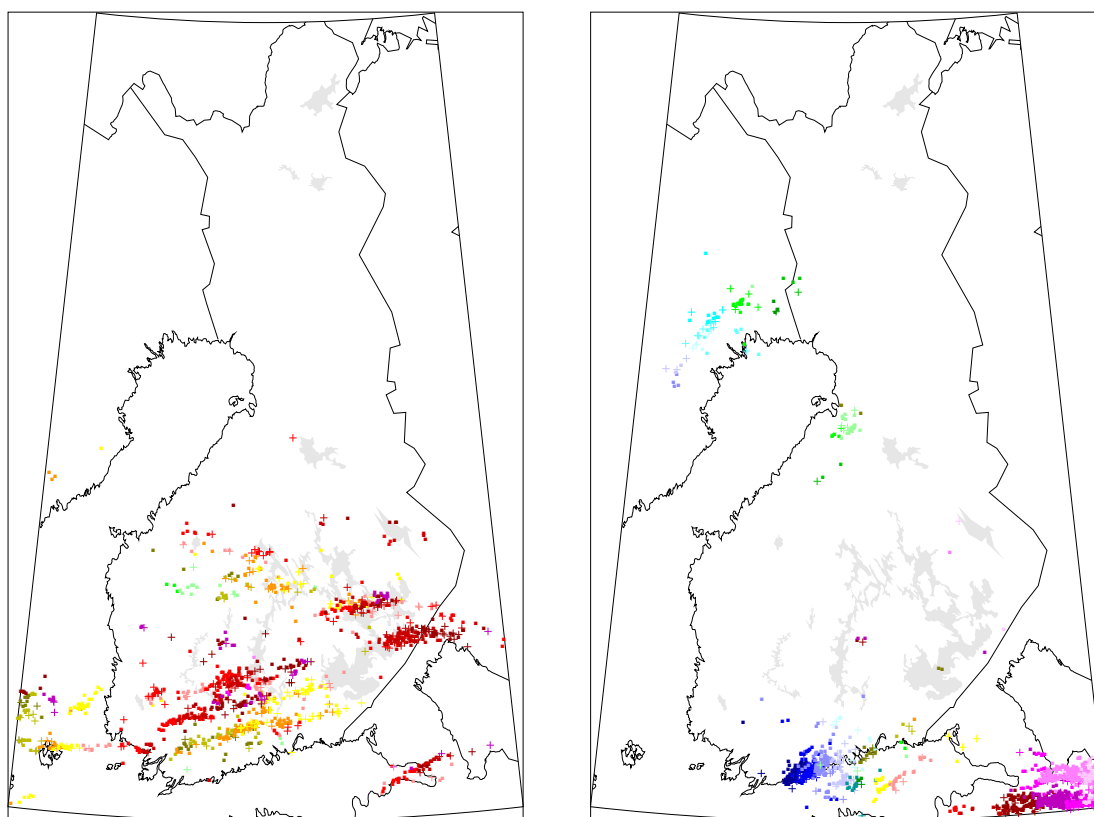


Kuva 19. Päivä 0721, 388 salamaa.
Fig. 19. Day 0721, 388 flashes.



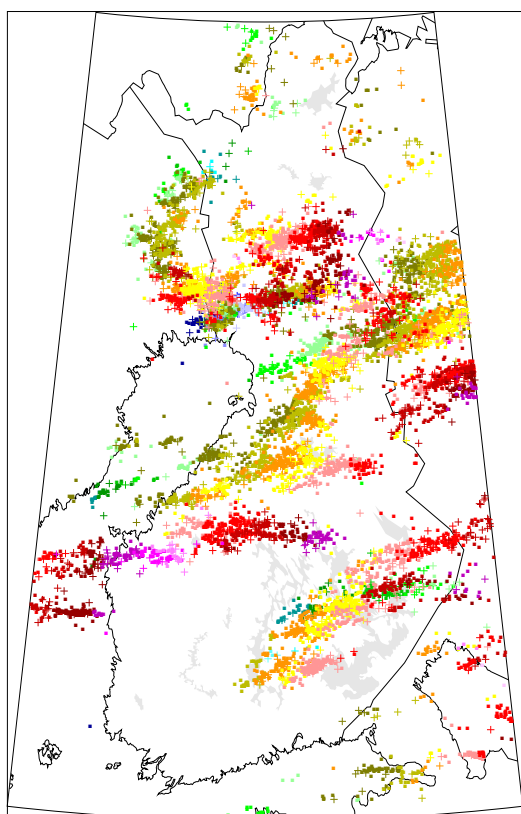
Kuva 20. Päivä 0723, 406 salamaa.
 Fig. 20. Day 0723, 406 flashes.

Kuva 21. Päivä 0731, 1060 salamaa.
 Fig. 21. Day 0731, 1060 flashes.

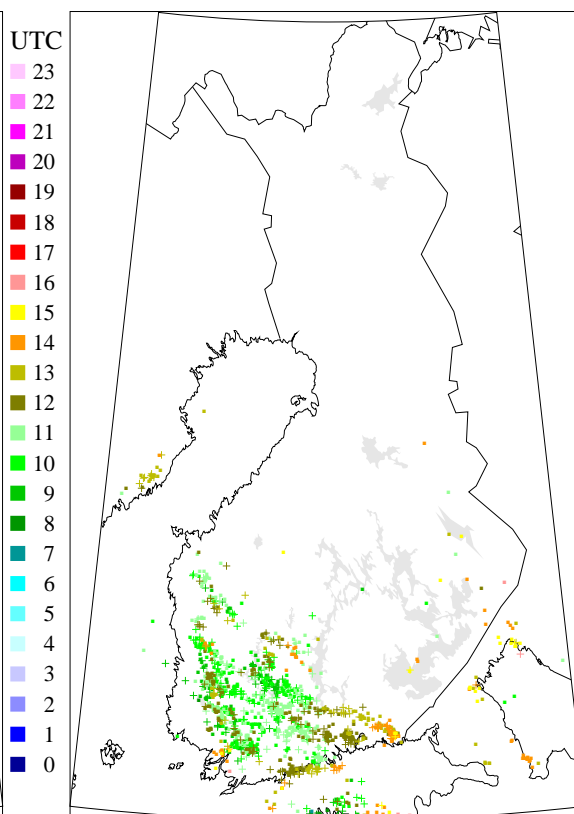


Kuva 22. Päivä 0802, 1282 salamaa.
 Fig. 22. Day 0802, 1282 flashes.

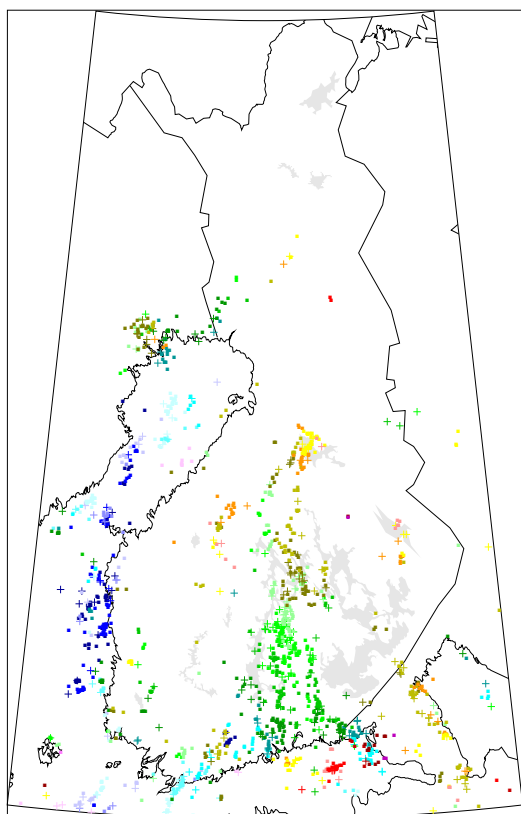
Kuva 23. Päivä 0806, 1572 salamaa.
 Fig. 23. Day 0806, 1572 flashes.



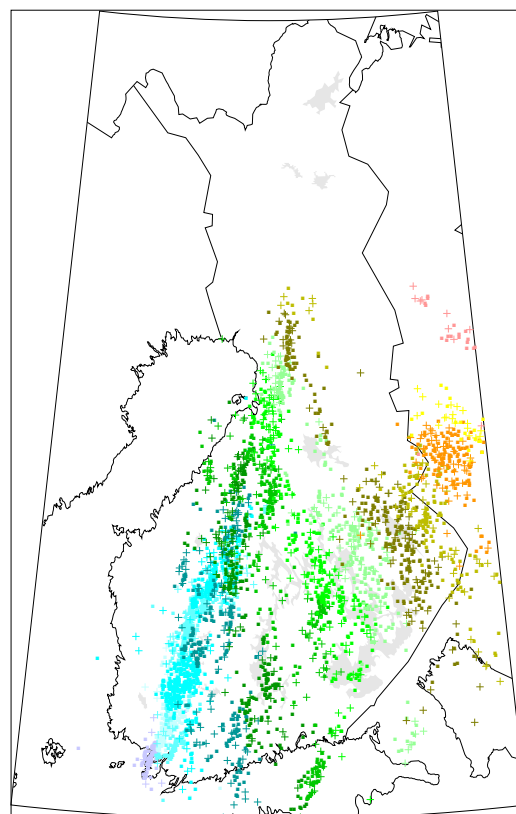
Kuva 24. Päivä 0808, 9837 salamaa.
 Fig. 24. Day 0808, 9837 flashes.



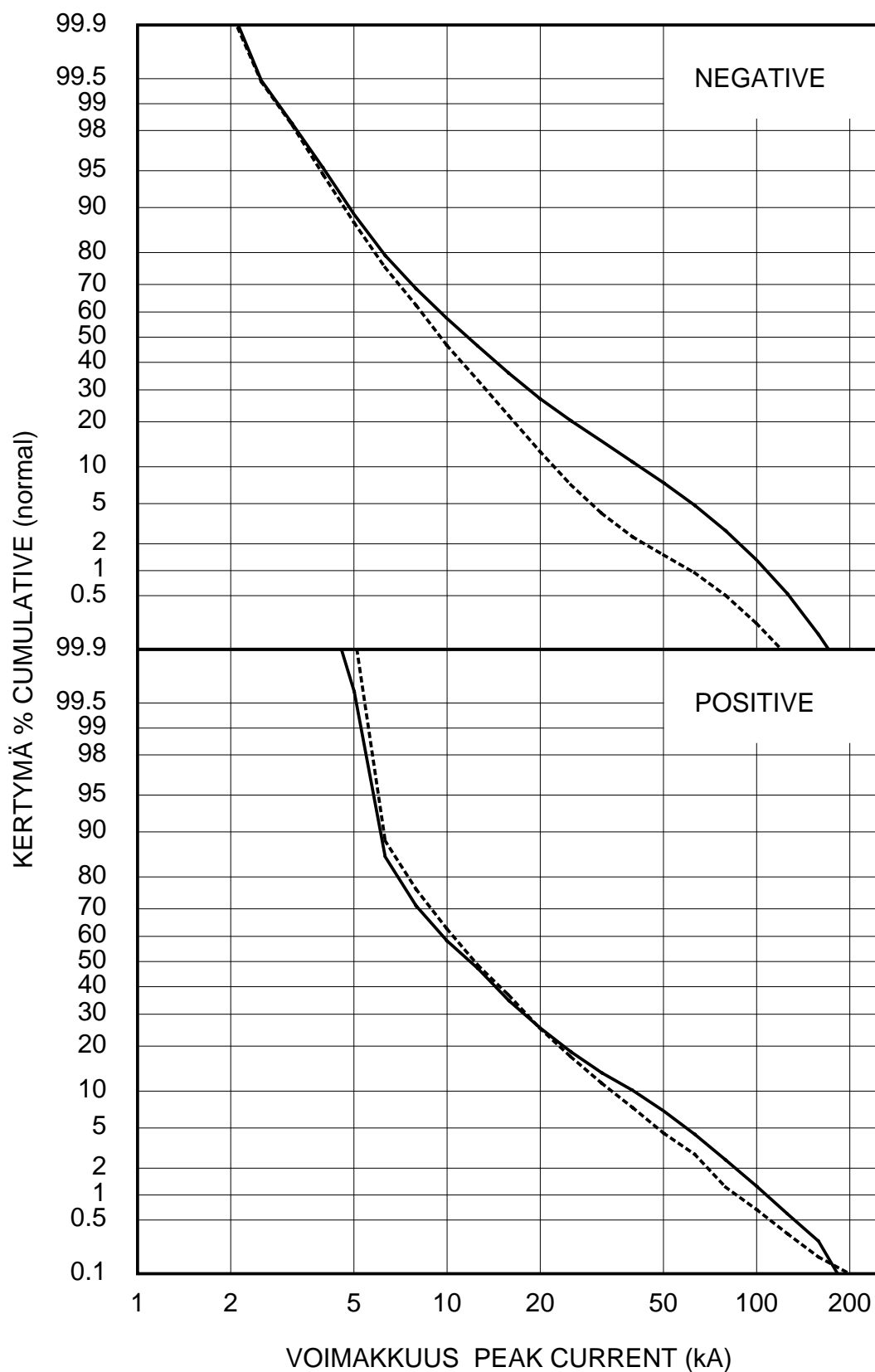
Kuva 25. Päivä 0830, 1424 salamaa.
 Fig. 25. Day 0830, 1424 flashes.



Kuva 26. Päivä 0905, 1593 salamaa.
 Fig. 26. Day 0905, 1593 flashes.



Kuva 27. Päivä 0918, 3671 salamaa.
 Fig. 27. Day 0918, 3671 flashes.



Kuva 29. Huippuvirran (kA) kertymäjakautumat: osuus (%) jolla arvo ylitetään.
Ehyt viiva: ensimmäiset osaiskut; katkoviiva: myöhemmät osaiskut.

*Fig. 29. Cumulative distributions of peak current (kA): percentage of value exceeded.
Solid line: first strokes; dashed line: subsequent strokes.*

havaintoalue on käsittänyt koko maan, jolloin karttaruutujen yhteispinta-ala on 377 000 km². Jos vuoden 2015 keskihavaintotehokkuudeksi oletetaan 96 %, lasketaan salamatiheys (100 km² kohti) jakamalla paikannettu salamamäärä luvulla 3619. Salamatiheys, eikä salamoiden kokonaismäärä, säilyttää vertailukelpoisuuden niihin vuosiin, jolloin Lappi oli huonommin katettu.

Vuosien 1960-2015 kuukausittaiset salamatiheydet sekä vuotuiset ukkospäiväluvut ovat taulukossa 3 (iskutiheys on 1,8 kertaa salamatiheys). Vuoden 2015 ukkospäiväluku 6,3 on kuvan 5 lukujen keskiarvo.

Kuvassa 30 on salamanpaikantimen tulosten vuosikeskiarvo jaksolta 1998-2015. Ukkospäiväluvut on korjattu kuten kuvassa 5. Vuodesta 2000 lähtien salamatiheydet ovat korjaamattomia, aikaisemmat on kerrottu 1,34:llä. Pohjois-Lapin luvut ovat liian pieniä (samoin koko maan keskisalalamäärä), koska sieltä on paikannettuja salamoita vain vuodesta 2002 lähtien. Vuorokautiset keskiarvot kuvan 30 alaosassa ovat hyvin vaihtelevia, koska runsaimmat ukkoset osuvat eri vuosina yleensä eri päiville.

Useissa aikaisemmissa Salamahavainnoissa (1999, 2000, 2001, 2003) on tarkasteltu käsitettä "ukkosen voimakkuus". Vaikka rajuilmailla tuhoja aiheuttavat myös rankkasade ja voimakas tuuli, ukkosen kannalta luonteva ja selkeä voimakkuussuure on salamatiheys, jonka yksikkönä tässä käytetään (paikannettuja maa-)salamoita/100 km². Ukkoskautta kuvataan myös ilmoittamalla *erittäin rajujuen ukkosten määrä*. Tätä varten etsitään suurimmat vuorokautiset salamatiheydet. Tässä vuosikirjassa tilastointiin käytetyt noin 1000 km²:n kokoiset paikalliskarttaruudut kuitenkin tasoittavat salamoiden

covered the whole country, for which the total map-square area is 377,000 km². If the mean detection efficiency for 2015 is assumed 96 %, the flash density (per 100 km²) is calculated by dividing the number of located flashes by 3619. Flash density, rather than the total number of flashes, preserves the comparability with the years when Lapland was worse covered.

The monthly flash densities for 1960-2015 and the annual thunder day numbers are given in Table 3 (the stroke density is 1.8 times the flash density). The thunder-day number, 6.3, in 2015 is the mean of the numbers in Fig. 5.

Fig. 30 shows the annual mean of the location results for 1998-2015. The thunder-day numbers have been corrected as in Fig. 5. The flash densities since 2000 are uncorrected and the earlier ones have been multiplied by 1.34. The numbers in northern Lapland (as well as the total mean number of flashes in the country) are still too small, because there flashes were not detected until 2002. The daily means in the lower panel of Fig. 30 are very variable because the most active days are generally different in different years.

In several previous issues of this series (1999, 2000, 2001, 2003), the concept "thunderstorm intensity" has been discussed. Although damages are also caused by heavy precipitation and strong wind, a natural and clear measure of thunderstorm intensity is the flash density, which is here expressed in units of (located ground) flashes/100 km². The thunderstorm season is also characterized by giving the *number of exceptionally violent thunderstorms*. For this, the maximum daily flash densities are sought. However, the local map squares of about 1000 km² size, used as the basis for the statistics in this

Taulukko 4. Erittäin rajujen sekä vuoden rajuimpien ukkosten tilastoja 2000-2015.
Table 4. Statistics of exceptionally violent and the years most violent thunderstorms in 2000-2015.

Vuosi Year	Ruutuja Squares	Päiviä Days	Suurin tih. Max dens.
2000	3	1	194
2001	7	2	137
2002	0	0	74
2003	23	4	233
2004	3	1	95
2005	0	0	67
2006	0	0	62
2007	2	1	84
2008	0	0	80
2009	0	0	50
2010	12	3	119
2011	2	2	190
2012	6	2	101
2013	1	1	94
2014	4	3	97
2015	0	0	31

huipputiheyksiä liaksi. Salamasolun kokoa vastaava sopiva karttaruutu on kooltaan 20 km x 20 km. "Ukkonen" tässä mielessä määritellään salamoiden esiintymisenä mainitussa ruudussa vuorokauden aikana (0-24 UTC). Jos tiheys ylittää 80 salamaa/100 km², ukkosta sanotaan erittäin rajuksi. Vuodesta 2000 lähtien niitä on esiintynyt seuraavasti:

Esiintymispaikat olivat Tornion lähialue (2000, 2005), Etelä-Suomi (2001), Pohjois-Lappi (2002), Pohjanmaa (2003), Pohjoisin Lappi (2004), Häme (2006) sekä Espoo ja Kotka (2007), Oulu (2008), Suomenlahti (2009), Keski-Suomi (2010 ja 2011), Varsinais-Suomi ja Kainuu (2012), Päijät-Häme (2013), sekä Lappi, Uusimaa ja Pohjois-Pohjanmaa (2014). Vuonna 2015 esiintymisalue oli Etelä-Lappi (8.8.).

yearbook, smooth down the peak flash densities too much. A map square appropriate for the size of a flash cell is 20 km x 20 km. A "thunderstorm" in this sense is defined as the occurrence of flashes in this square during a day (0-24 UTC). If the density exceeds 80 flashes/100 km², the storm is called exceptionally violent. Since 2000, such cases have occurred as follows:

The regions were the north end of the Gulf of Bothnia (2000, 2005), southern Finland (2001), northern Lapland (2002), Ostrobothnia (2003), northernmost Lapland (2004), SW inland (2006), the south coast (2007), Oulu (2008), the Gulf of Finland (2009), Central Finland (2010-2011), the SW Finland and the Kainuu region (2012), the SW inland (2013) and Lapland, southern coast and the Northern Ostrobothnia (2014). In 2015 the region was southern Lapland (August 8th).

Lähdeviitteet

Cummins, K.L., M.J. Murphy, E.A. Bardo, W.L. Hiscox, R.B. Pyle, ja A.E. Pifer, 1998. A combined TOA/ MDF technology upgrade of the U.S. National Lightning Detection Network. *J. Geophys. Res.* 103, 9035-9044.

Jokinen, P., 2013. Mihin ovat salammat kadonneet? *Ilmastokatsaus*, 8/2013.

Mäkelä, A., 2011: Thunderstorm climate and lightning location applications in northern Europe. *Finnish Meteorological Institute Contributions*, 91.

Mäkelä, A., T.J. Tuomi, ja J. Haapalainen, 2010. A decade of high-latitude lightning location: effects of the evolving location network in Finland. *J. Geophys. Res.*,

doi:10.1029/2009JD012183.

Tuomi, T.J., ja A. Mäkelä, 2008. Thunderstorm climate of Finland 1998-2007. *Geophysica*, 44(1-2), 29-42.

Tuomi, T.J., ja A. Mäkelä, 2009. *Ukkosta ilmassa*. Ursa.

Liite 1: Salamanpaikannin

Ilmatieteen laitoksen salamahavainnot perustuivat vuosina 1960-1984 ainoastaan salamanlaskijoiden käyttöön. Salamanlaskijat eivät pysty paikantamaan salamaa, mutta niiden avulla saadaan lasketuksi salamoiden kokonaismäärä laskijan ympäristössä. Vuodesta 1984 lähtien Ilmatieteen laitoksella on ollut käytössään ensimmäinen todellinen paikannusjärjestelmä. Salamanlaskijoiden käyttöä jatkettiin aina 1990-luvulle asti.

Merkittävä päivitys salamanpaikannusjärjestelmään tehtiin vuonna 1997, joilloin asennettiin uusi viiden

References

Cummins, K.L., M.J. Murphy, E.A. Bardo, W.L. Hiscox, R.B. Pyle, and A.E. Pifer, 1998. A combined TOA/ MDF technology upgrade of the U.S. National Lightning Detection Network. *J. Geophys. Res.* 103, 9035-9044.

Jokinen, P., 2013. Mihin ovat salammat kadonneet? *Ilmastokatsaus*, 8/2013.

Mäkelä, A., 2011: Thunderstorm climate and lightning location applications in northern Europe. *Finnish Meteorological Institute Contributions*, 91.

Mäkelä, A., T.J. Tuomi, and J. Haapalainen, 2010. A decade of high-latitude lightning location: effects of the evolving location network in Finland. *J. Geophys. Res.*,

doi:10.1029/2009JD012183.

Tuomi, T.J., and A. Mäkelä, 2008. Thunderstorm climate of Finland 1998-2007. *Geophysica*, 44(1-2), 29-42.

Tuomi, T.J., and A. Mäkelä, 2009. *Ukkosta ilmassa*. Ursa. (In Finnish)

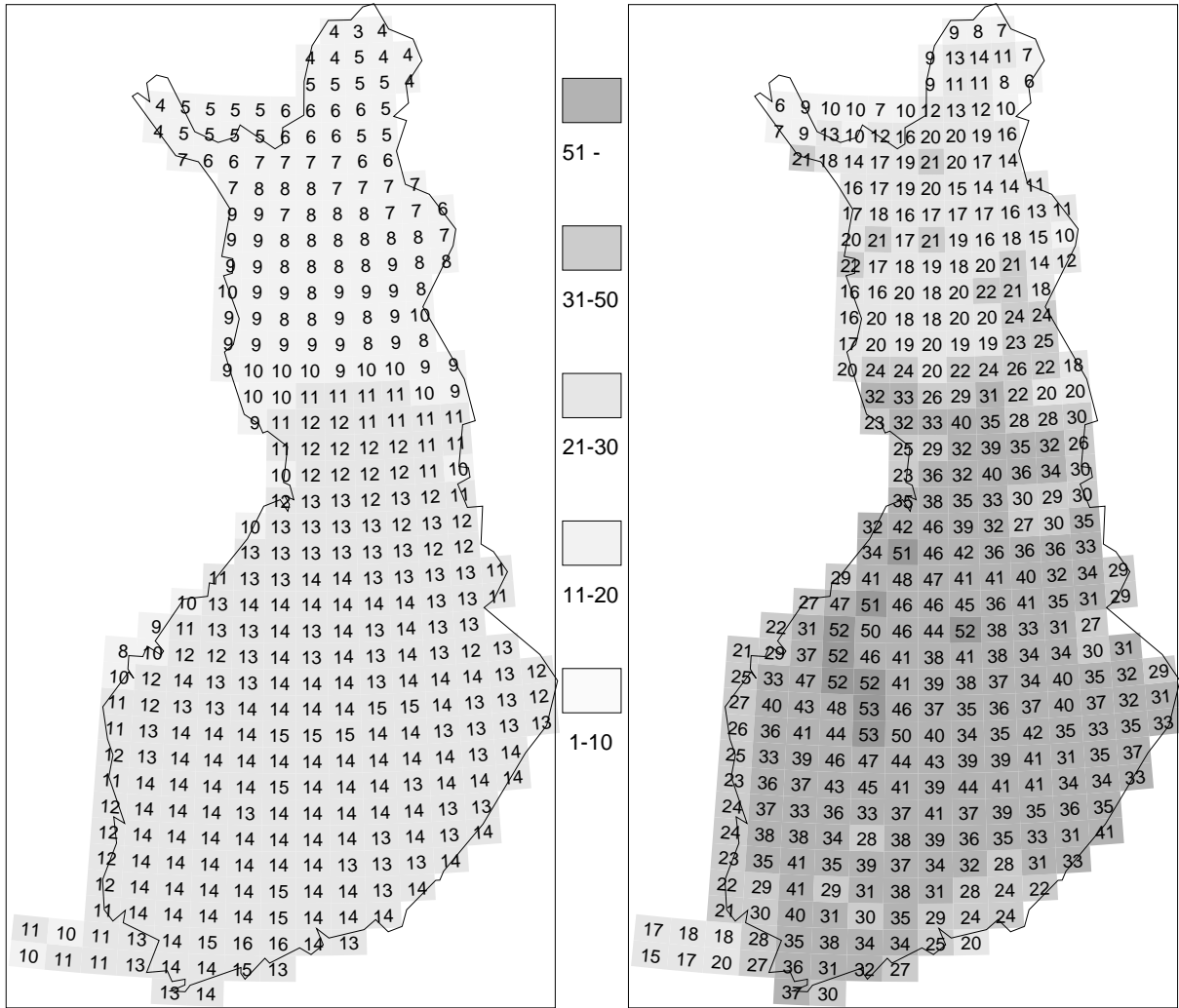
Appendix 1: Lightning location system

The FMI lightning observations have been based on lightning flash counters during the years from 1960 to 1984. Flash counters do not give any exact location for lightning flashes, but they simply just count the amount of flashes on the region around a counter. Since 1984 FMI has also had the first real lightning location system. Flash counters were used in parallel to the location system all the way to 1990's.

A significant upgrade to the lightning location system came in 1997, when a new 5 sensor network based on

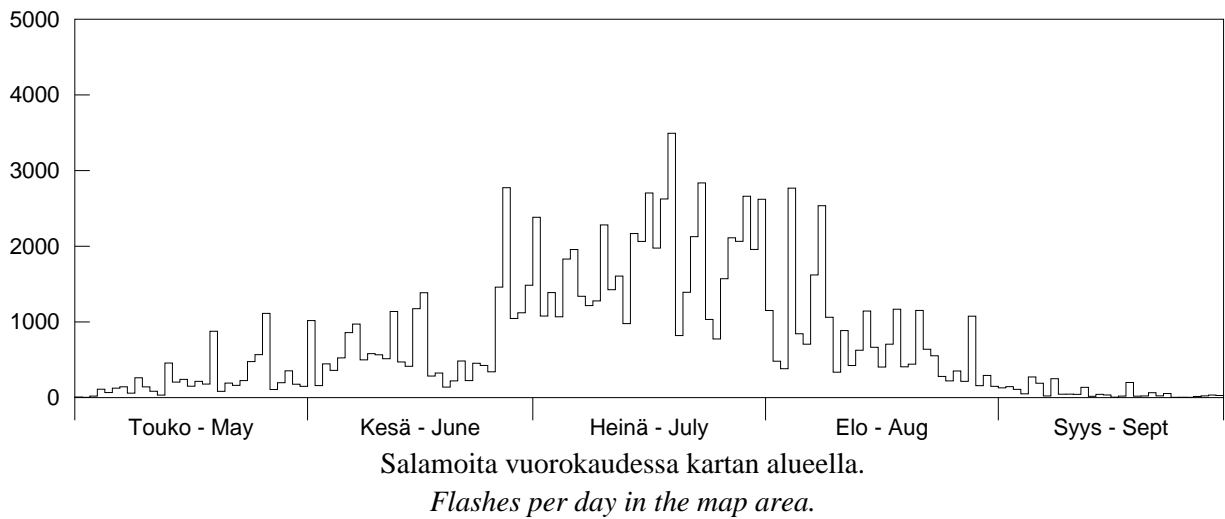
Taulukko 5. Keskimääräiset salamatiheydet (sataa neliökilometriä kohti) ja ukkospäivät.
 Table 5. Mean flash density (per one hundred square kilometres) and thunder days.

Vuosi Year	Touko May	Kesä June	Heinä July	Elo Aug	Syys Sept	Kausi Season	Ukkospv Th days
1960	0.3	3.3	20.2	3.7	0.3	27.7	11.5
1961	0.0	25.8	18.6	13.2	0.0	57.7	15.0
1962	0.5	5.3	8.5	4.1	0.8	19.2	10.0
1963	10.5	4.5	7.5	9.2	5.5	37.2	11.0
1964	1.9	4.7	4.0	8.2	0.6	19.5	7.0
1965	0.3	5.2	5.3	4.2	1.5	16.5	8.0
1966	0.9	7.1	14.0	3.0	0.4	25.4	10.0
1967	2.9	4.8	9.2	11.4	3.7	31.9	10.0
1968	0.4	8.7	2.9	20.3	5.5	37.8	8.5
1969	2.1	8.7	14.2	7.6	0.3	33.0	8.0
1970	2.0	6.2	23.6	2.8	2.9	37.4	9.5
1971	3.5	10.1	7.7	14.8	0.5	36.5	10.0
1972	4.7	11.3	65.6	23.5	3.6	108.7	16.0
1973	2.0	9.1	42.2	23.1	0.6	76.9	12.5
1974	0.1	22.9	27.3	9.4	4.0	63.7	15.0
1975	4.5	3.2	19.3	6.0	3.3	36.4	10.0
1976	0.8	10.7	6.6	2.1	1.2	21.4	6.0
1977	4.5	9.4	17.4	11.0	1.3	43.7	10.0
1978	0.9	7.0	13.2	15.5	0.3	37.0	9.5
1979	3.8	11.0	28.9	9.9	1.1	54.8	16.5
1980	0.4	26.8	6.6	14.6	0.6	49.0	11.0
1981	1.8	18.4	35.8	4.5	0.1	60.6	13.0
1982	2.7	6.2	11.8	14.2	1.7	36.6	14.0
1983	7.1	12.7	8.8	1.1	2.0	31.8	10.5
1984	9.1	14.9	20.1	6.5	0.7	51.3	21.5
1985	1.3	19.2	8.4	16.1	1.5	46.4	15.5
1986	1.1	4.3	5.5	13.0	1.7	25.6	11.5
1987	1.8	3.2	8.0	3.3	0.6	17.0	9.2
1988	4.4	52.1	38.2	3.2	1.1	99.0	18.1
1989	0.6	21.9	3.8	4.6	3.7	34.6	11.6
1990	1.5	1.8	6.5	2.9	0.0	12.6	9.8
1991	0.7	10.3	8.8	14.0	0.5	34.2	12.9
1992	0.7	6.5	13.8	9.3	2.9	33.2	12.6
1993	2.3	2.1	11.3	2.0	0.1	17.7	10.5
1994	0.1	1.7	34.1	14.9	1.5	52.3	10.9
1995	9.9	34.8	4.1	2.4	2.6	53.8	11.5
1996	0.0	1.0	7.9	1.8	0.0	10.8	6.0
1997	0.2	5.7	31.6	3.0	0.5	41.1	17.2
1998	0.5	16.9	16.5	2.7	0.1	36.7	12.0
1999	0.6	17.6	17.4	2.3	1.5	39.4	11.5
2000	1.1	11.2	18.5	4.8	0.4	35.9	13.3
2001	0.3	1.7	22.3	3.7	0.2	28.3	10.6
2002	2.4	9.1	12.6	10.1	1.9	36.1	15.6
2003	5.9	1.5	47.3	10.1	0.6	65.4	16.7
2004	3.8	3.3	15.7	14.3	1.6	38.7	17.5
2005	1.6	2.6	12.5	2.4	0.2	19.3	11.7
2006	0.8	1.7	10.8	5.3	0.1	18.9	8.5
2007	2.8	0.6	4.2	8.6	0.6	16.9	9.0
2008	0.2	5.1	5.3	6.6	0.2	17.5	9.5
2009	1.8	2.9	5.5	4.4	0.3	14.8	9.0
2010	4.4	1.7	20.0	20.2	0.1	46.3	10.5
2011	0.7	12.9	31.4	4.6	0.3	49.8	11.8
2012	0.6	1.9	14.6	3.6	0.8	21.6	9.2
2013	1.6	21.9	6.0	2.7	0.5	32.7	10.2
2014	7.2	4.2	32.4	11.7	0.1	55.6	15.1
2015	0.1	1.0	3.0	2.8	1.3	8.2	6.3
60-15	2.3	9.7	16.4	8.1	1.2	37.7	11.6



Ukkospäivät (pinta-alakorjatut). Keskiarvo on 11,1.
Thunder days (area-corrected). The mean is 11,1.

Salamat sataa neliökilometriä kohti.
Flashes per one hundred square kilometres.



Salamoita vuorokaudessa kartan alueella.
Flashes per day in the map area.

Kuva 30. Vuosikeskiarvoja jaksolta 1998-2015 (kokonaismäärä 112055 salamaa vuodessa).
Fig. 30. Annual means for the period 1998-2015 (total number 112055 flashes per year).

IMPACT ES -anturin verkko ja LP2000 keskusyksikkö. Tämän järjestelmän valmistaja oli Global Atmospheric Inc., joka on nykyisin osa Vaisala Oyj:tä. Tämän jälkeen on tehty useita muitakin päivityksiä sekä anturiteknoologiaan että keskusyksikön ohjelmistoon, mutta järjestelmän toimintaperiaatteet eivät ole muuttuneet. Tällä perusteella ensimmäistä täyttä salamakautta 1998 voidaan pitää uuden aikakauden alkuna ja siitä eteenpäin salamatilastot on mitattu jokseenkin samankaltaisella teknologialla.

Nykyään Ilmatieteen laitoksen salamanpaikannin koostuu LS7001-sarjan antureista sekä mallin TLP-keskusyksiköstä (näiden valmistaja Vaisala Oyj). Ilmatieteen laitoksen verkko on osa yhteispohjoismaista NORDLIS-verkkoa (kuva 34), jonka myötä kaikkien jäsenmaiden tehokas havaintoalue kattaa koko Pohjolan. NORDLIS-verkossa antureita on yli 30.

Teknisesti kaikki salamanpaikantimet perustuvat radiopaikannukseen, jossa ideana on määrittää radiosäteilijän, kuten salamaniskun sijainti maan pinnalla. Vaisalan menetelmä, joka on käytössä NORDLIS-verkossa perustuu salamaniskujen säteilemään pinta-aaltoon VLF/LF-taajuusalueella. Tällainen pinta-aalto etenee tyypillisesti satoja kilometrejä seuraten maan kaareutumista.

Havaitessaan salamalle ominaisen radiosignaalin, anturit määrittävät signaalin atsimuutin (tulosunnan) sekä tarkan (mikrosekunnin tarkkuus) havaitsemisajan GPS-tietoon perustuen. Anturit lähettävät suunta- ja aikatiedot paikantimen keskusyksikölle joka yhdistää ne ja määrittää todennäköisimmän signaalin lähtöpisteen eli iskupaikan suuntien leikkauspisteen sekä signaalin aikaerojen perusteella (valonnopeutta kulkeva signaali saapuu hieman eri aikoihin eri antureille).

IMPACT ES sensors and a LP2000 processor was installed. This system was manufactured by Global Atmospheric Inc., which is nowadays a part of Vaisala Oyj. After this, there have been several other upgrades, both on sensor technology and central processor software, but the basic operating principle has not changed. Therefore, the first full season 1998 can be seen as a starter to a new era and lightning statistics from that lightning season to present time are produced with more or less similar technology.

Today, the FMI lightning location system consists of LS7001 lightning sensors (in Finland) and a TLP processor software – all Vaisala products. However, since the Finnish network is also part of the larger combined North-European network, called the NORDLIS network (See picture 34), the actual network size is over 30 sensors and it covers Norway, Sweden, Finland and the Baltic States.

Technically all lightning location systems are based on radio location methods, where the signal source (lightning) must be located – usually in 2D at ground level coordinates. The Vaisala -method used within the NORDLIS network is based on VLF/LF frequency band measurements on the surface radio wave generated by lightning.

Each sensor measures the azimuth (direction) of the received signal and the exact time of arrival. The latter can be measured with high accuracy, as all sensors have a GPS clock for better than 1 μ s timing accuracy. The location algorithm at the central processor uses all correlating sensor information available about a lightning stroke to calculate the most probable, or optimized, location for that stroke. This calculation uses both azimuth and time information and therefore the Vaisala

Menetelmä siten perustuu kahteen toisistaan riippumattomaan menetelmään, suuntimiseen ja aikaeroon.

Suuntimisen hyödyntäminen kasvattaa havaintotehokkuutta, koska havainto kahdelta anturilta riittää leikkauspisteen ja iskupaikan määrittämiseen; aikaeromenetelmällä yksiselitteiseen paikkaan vaaditaan havainto neljältä anturilta. Tällä on merkitystä etenkin pienivirtaisten salamoiden havainnoinnissa, koska niiden signaali on havaittavissa useimmiten vain muutaman lähimmän anturin toimesta. Paikannuksen tarkkuus paranee huomattavasti signaalin havaitsemien anturien lukumäärän myötä, koska käytössä on tarkat aikatiedot sekä aikaeromenetelmä. Niinpä voimakkaammille iskuille havaintotehokkuus sekä paikannustarkkuus ovat huomattavasti paremmat kuin pienivirtaisille iskuille.

Salamanpaikantimen ulostulon perussuure on *isku*; jokainen salaman osaisku havaitaan ja paikannetaan siis erikseen. Iskut ovat lyhyitä virtapulseja salamakanavassa. Iskujen kesto on 10-30 mikrosekuntia ja väliaika luokkaa 30-100 ms. Yksi salama voi kestää jopa sekunnin ja sisältää toistakymmentä osaiskua. Paikannin ryhmittelee osaiskut salamoiksi näiden keskinäisten aika- ja paikkaerojen perusteella; jos erot ovat alle 1 s ja 10 km, paikannin olettaa iskujen kuuluneen samaan salamaan. Salaman osaiskujen lukumäärää kutsutaan salaman *kerrannaisuudeksi*, joka on pienimmillään yksi (yksi-iskuinen salama).

Laitteisto tuottaa myös jonkin verran nk. harhapaikannuksia, millä tarkoitetaan täysin väärään paikkaan paikannettua salamaa. Näissä tapauksissa todellinen paikannusvirhe on huomattavasti suurempi kuin mitä järjestelmän ilmoittama tarkkuusarvio antaa ymmärtää. Todellinen paikannusvirhe vaihtelee

method can also be described as a combined Direction Finding (DF) and Time-Of-Arrival (TOA) method.

The capability to locate lightning also by direction finding methods increases detection efficiency, because only two (closest) sensors are needed to locate a lightning stroke; with the TOA-method, the minimum requirement is four sensors. This is typically the case with very weak strokes, where lightning current and emitted radio signal amplitude are low and only the few closest sensors detect the signal. A much better accuracy is achieved when a larger group of sensors are receiving the lightning generated signal, as this will then provide possibility to use very accurate time information. Therefore for stronger lightning strokes both detection efficiency and location accuracy are significantly better compared to weak strokes.

The main product of a lightning location system is stroke data, which means data about each individual return stroke. Each stroke is a short current pulse on the lightning discharge channel and within the same lightning flash these are typically separated by 30...100 ms time difference. A complete lightning flash can contain numerous strokes and the whole process can take about 1 s of time. The practical definition for a lightning flash is to collect all strokes within 1 s time interval and 10 km distance from each other to the same flash. The total amount of strokes within a flash is called multiplicity.

The lightning location system locates also a small number of so called outliers, which means flashes located outside the real thunderstorm area. In these cases the real location error is significantly larger, than the error estimate given by the system. The error can range from few tens of km to

muutamasta kymmenestä kilometristä muutamaan sataan kilometriin.

Harhapaikannus syntyy aina jonkin todellisen salamaniskun seurauksena, mutta paikannus algoritmi päättyy sijainnin suhteen väärään ratkaisuun. Harhapaikannukset eivät ole lukumäärältään tilastollisesti merkittäviä, mutta ne saattavat aiheuttaa ongelmia reaaliaikaisille varoituspäijelville.

Salamanpaikantimen havaintotehokkuus eli paikannettujen ja todellisten salamoiden lukumäärien suhde on vaikea määrittää, ja pääosa tuloksista esitetäänkin ilman korjauksia. Joka tapauksessa paikannukseen tarvitaan vähintään kahden anturin havainto (kun kyse on suuntimisesta; pelkässä aikaeropaikannuksessa tarvittaisiin neljä). Vuosien saatossa havaintotehokkuus on parantunut huomattavasti (ks. Salamahavainnot 2008).

Myös paikannustarkkuus on parantunut. Uusien anturien mukaantulon jälkeen tarkkuuden mediaani on lähes koko maassa alle 1 km (kuva 28). Kuten huippuvirta, tarkkuuskin on arvio eikä suora mittaus. Tarkkuudella tarkoitetaan sellaisen ellipsin isoakselin puolikasta, jonka keskipiste on laskettu paikka ja jonka sisällä todellinen iskupaikka on 50 % todennäköisyydellä. Todellisen ja arvioidun iskupaikan välinen ero on voitu määrittää vain muutamissa tapauksissa, joissa todellinen iskupaikka on tiedossa. Näiden perusteella on voitu todeta, että paikantimen ilmoittama paikka-arvio on realistinen ja käyttökelpoinen mm. vahinkotapaustutkimuksissa. Tätä on käsitelty vuoden 2010 Salamahavainnoissa.

hundreds of km.

The original cause for an outlier is always a real lightning flash, but in these cases the location algorithm produces a wrong solution. Outliers are not statistically important, as their number is low, but they cause problems to real time warning systems.

The detection efficiency of the location system, or the ratio of located to true flashes, is difficult to estimate, and therefore most of the results are given uncorrected. In any case, finding a location requires the detection by at least two sensors (in direction finding; mere time-of-arrival would need four). The detection efficiency has improved during the years, and this topic has been discussed in Lightning Observations 2008.

The location accuracy has also improved. After the addition of new sensors, the median error in almost the whole country is below 1 km. The error is defined as the semi-major axis of an ellipse whose centre is the calculated location and within which the true location is with 50 % probability. The difference between the actual and estimated strike point is possible to determine only in a few cases per year. However, the comparison has revealed that the location accuracy estimate given by the central processor is a realistic and usable parameter for example in damage surveys. This has been discussed more precisely in Lightning observations 2010.

Liite 2: Ukkosten pitkän jakson tilastot

Jakson 1998-2007 ukkosia on tarkasteltu ilmastollisesta näkökulmasta julkaisussa *Tuomi ja Mäkelä (2008)*. Väitöskirja käsittelee niin ikään Suomen ukkosilmastoa sekä salamanpaikantimen tehokkuutta ja sovelluksia (*Mäkelä, 2011*).

Korkeilla leveysasteilla sään luonnollinen vaihtelu on suurta, ja tämä näkyy hyvin myös Suomen ukkosissa, sillä erot vuosittaisissa salamamäärissä sekä rajuimpien ukkosten esiintymisalueissa vaihtelevat huomattavasti. Kuvassa 31 on esitetty Suomen keskimääräinen vuotuinen maasalamatiheys jaksolla 1960-2015, sekä ukkospäiväluku 1887-2015. Kuvista käy selvästi ilmi huomattava vuosivaihtelu. Aineisto sisältää useiden eri mittalaitteiden havaintoja (havainnontekijät, salamanlaskijat, ensimmäinen salamanpaikannin, nykyinen paikannin), joten tuloksissa on epävarmuuksia, mutta aikasarja on pyritty yhtenäistämään mahdollisimman hyvin.

Salamoinniltaan jakson huippuvuodet ovat olleet 1972 ja 1988, jolloin keskimääräiset tiheydet olivat luokkaa 1 maasalama km² tai jopa enemmän. Viime vuosista kesät 2003, 2010, 2011 ja 2014 ovat olleet selvimmin erottuvat, mutta nekään eivät yltäneet ennätyksiin. Kuvassa esitetty 10-vuoden liukuva keskiarvo näyttää heikon laskevan trendin salamamäärissä. Toisaalta ukkospäivissä trendi on heikko nouseva. Koska trendit ovat hyvin heikkoja, aikasarjasta on vaikea tehdä johtopäätöksiä. Asiaa on käsitelty tarkemmin *Jokinen (2013)*.

Liite 3: Salamatiheys

Salamatiheys voidaan laskea eri tavoin. Kun pienennetään hilakokoa tai aluetta

Appendix 2: Long-period time series of thunderstorms

The thunderstorms of 1998-2007 have been studied from the climatic point of view by *Tuomi and Mäkelä (2008)*. Also, a PhD thesis discusses the thunderstorm climate and lightning location applications (*Mäkelä, 2011*).

Climate in the high latitudes contains high year-to-year variation, which is clearly visible also in the Finnish thunderstorms; the variation of annual flash counts and the positioning of the most violent storms varies considerably. Figure 31 shows the average annual ground flash density in Finland in 1960-2015, and the average thunderstorm day number of Finland in 1887-2015. Figures illustrate well the substantial year-to-year variation. It should be noted that the data set contains uncertainties related to different observation methods (human observations, flash counters, old LLS, the present LLS), but these have been corrected as well as possible.

Regarding the number of flashes, the highest peaks are summers 1972 and 1988, during which the density was about 1 ground flash km² or even above. From the latest years, summers 2003 and 2011 are the most clearly distinguishable, but they still did not reach record levels. The moving 10-year average shown in Fig. 31 indicates a weak negative trend; however, in the thunderstorm day statistics the trend is a weak positive. However, it is difficult to make any solid conclusions about the trends. This issue has been discussed thoroughly in *Jokinen (2013)*.

Appendix 3: Flash density

Flash density can be calculated in various ways. When the grid size or the

johon salamoita lasketaan, salamamäärä ruutua kohti pienenee, jolloin ilmastollisen ja maastollisen vaihtelun päälle tulee satunnaisempi sään vaihtelun aiheuttama kohina, jonka tasoittamiseksi tarvittaisiin kymmenien vuosien aikasarja. 1 km x 1 km ruuduilla kohina on täysin hallitseva tekijä, ja lisäksi paikannustarkkuus aiheuttaa salamoiden siirtymistä ”vääriin” ruutuihin.

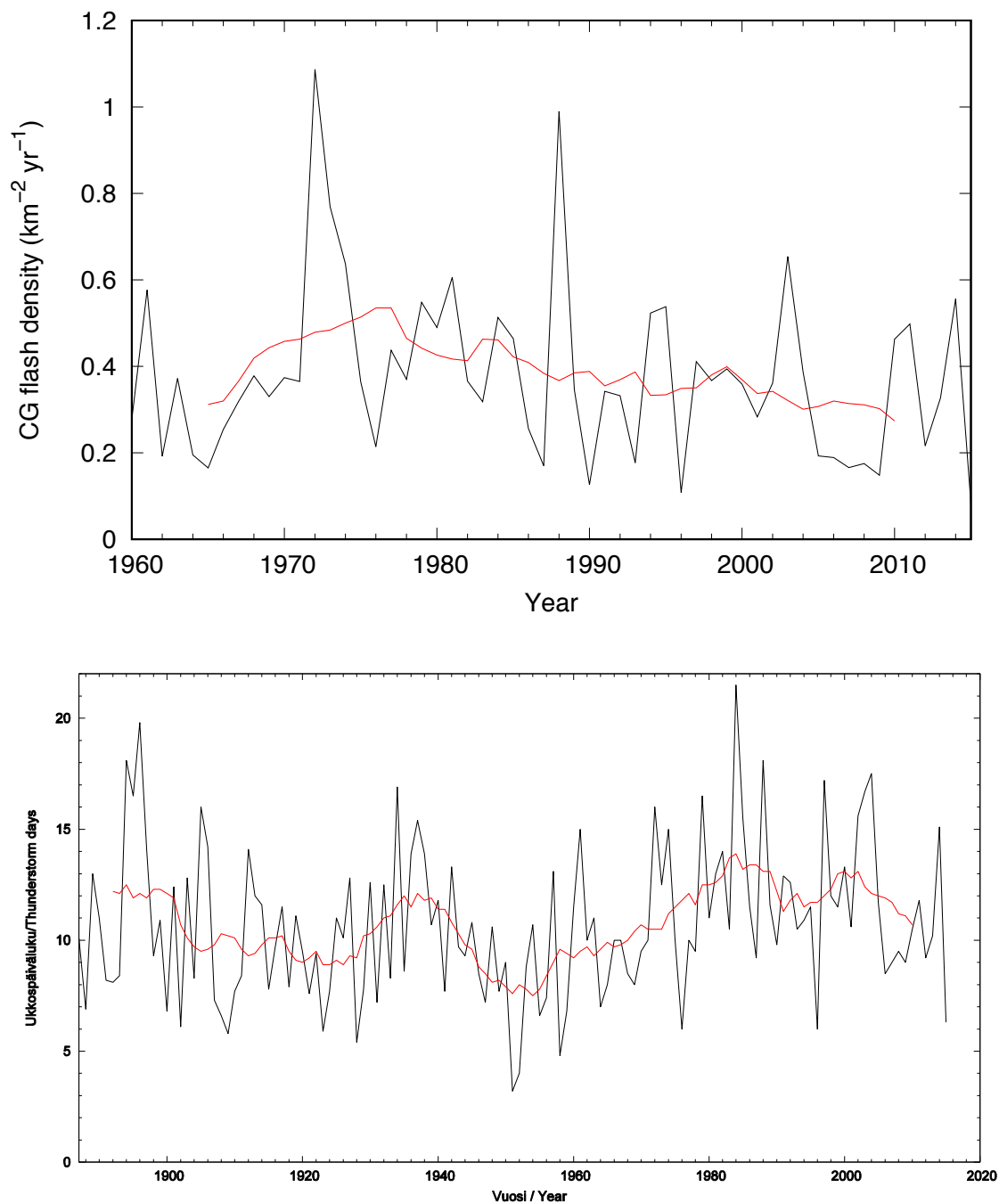
Kiinteän hilan ohella tilastot voidaan laskea liukuvasti tietyn pisteen ympäristössä tietyllä säteellä. Tulos on oleellisesti sama, mutta tästä tehty kuvatulokinta on huomattavasti luonnollisemman näköinen kuin kiinteän hilan tapauksessa.

Kuvissa 32 (vuosi 2015) ja 33 (vuosien 1998-2015 keskiarvo) on esitettynä tiheydet liukuvan menetelmän mukaan.

area into which the flashes are calculated is small, then the number of flashes per square is reduced, causing noise from random weather variation, superposed on the climatic and topographic variation. A 17-year mean does not yet smooth out this noise. In a 1 km x 1 km grid, the noise is dominant, and also the location error makes the flashes to be located in “wrong” squares.

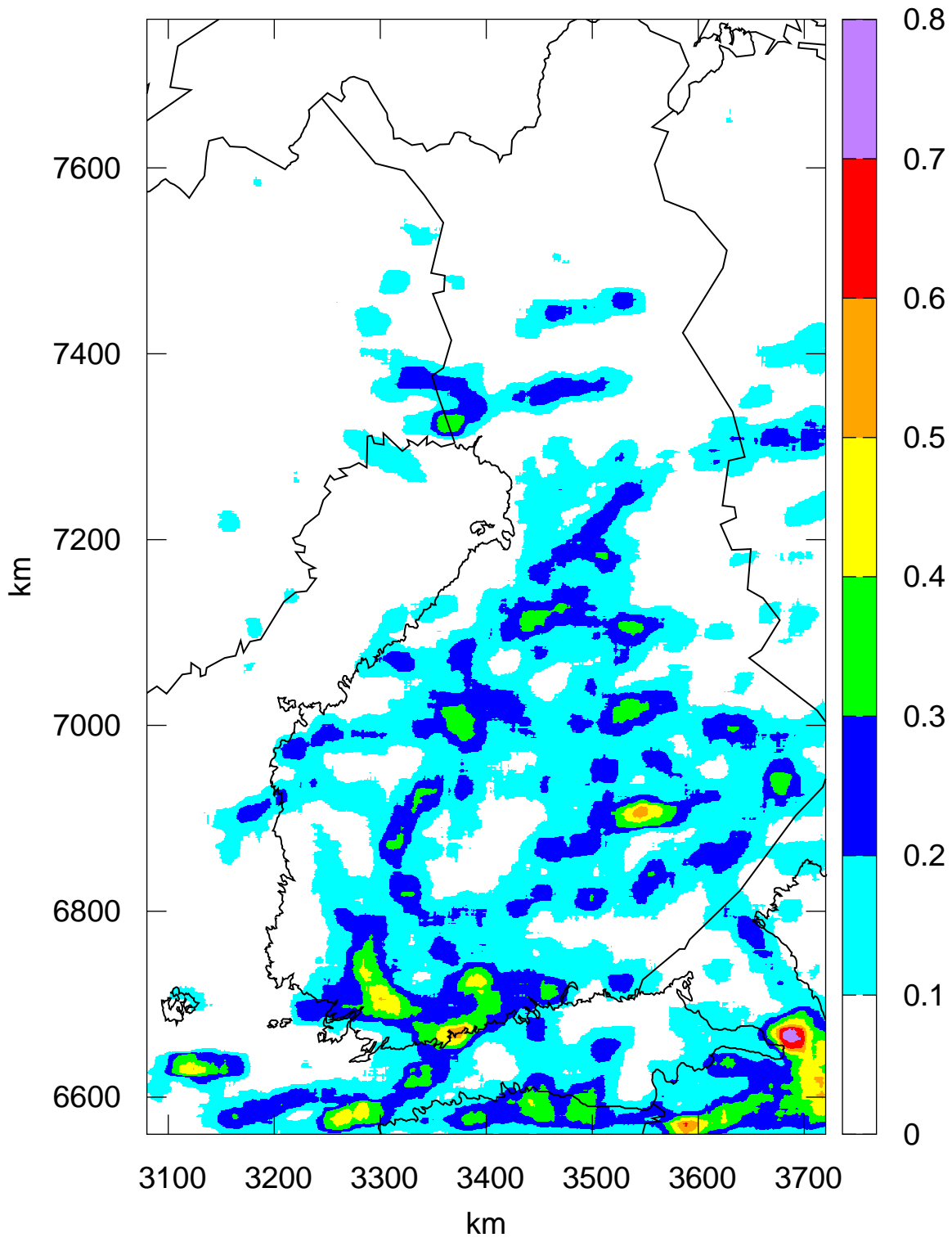
Besides a fixed grid, the density can be calculated in the surroundings of any fixed point within any radius. The result is essentially the same, but the resulting images are smooth and more natural than based on the grid.

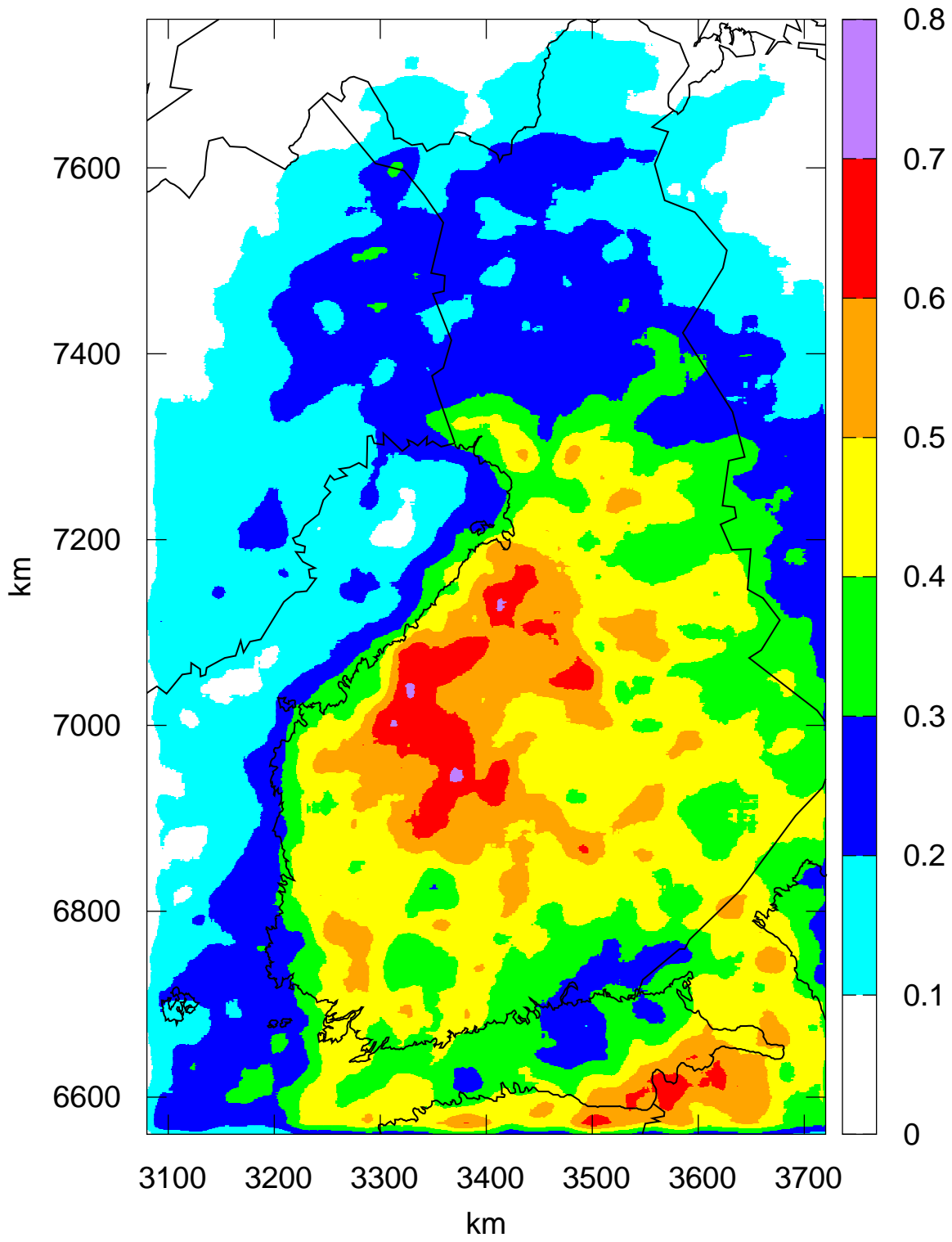
In Figs. 32 (year 2015) and 33 (average of 1998-2015) is presented the annual flash density calculated with the above mentioned sliding circle-method.

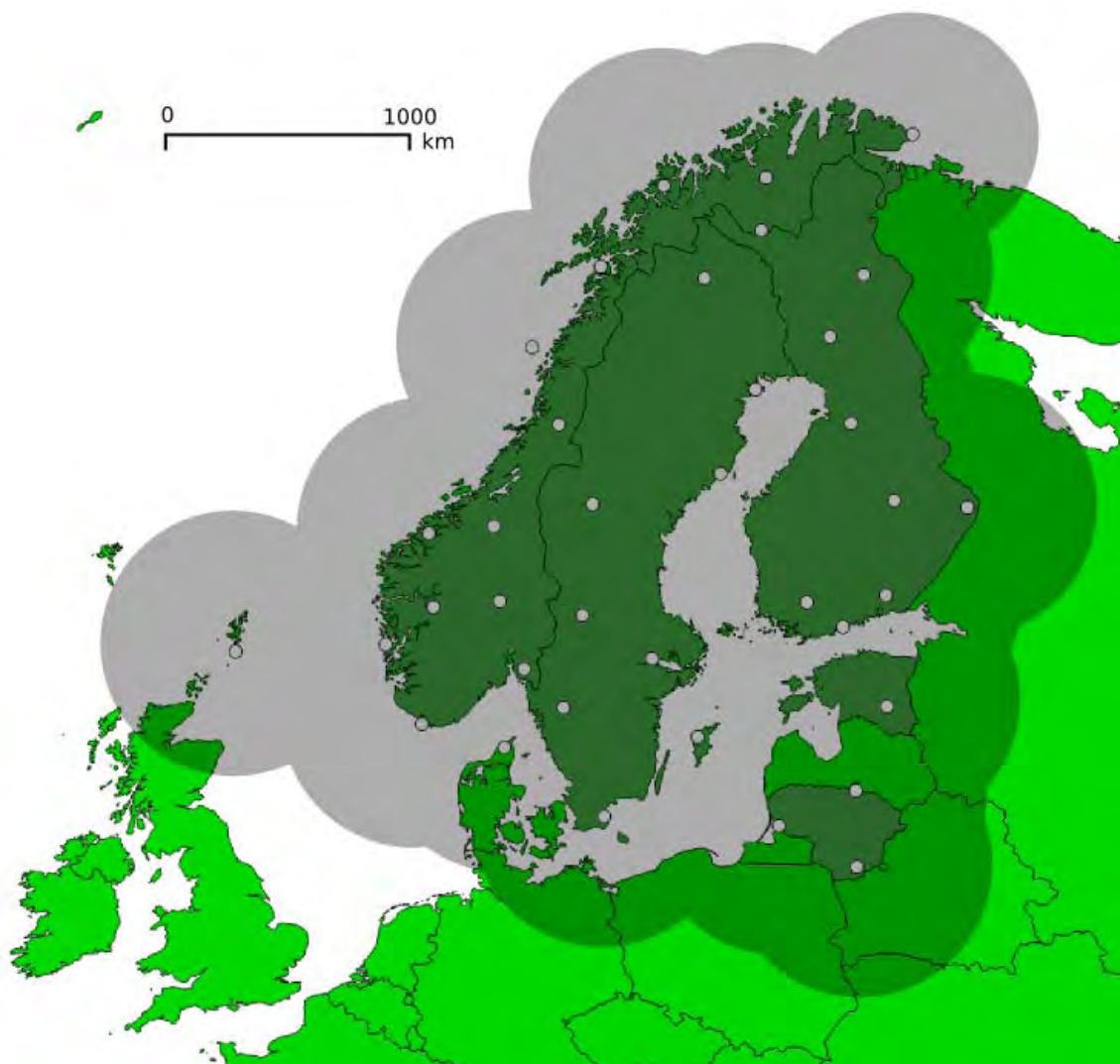


Kuva 31. Keskimääräinen vuotuinen maasalamiheys Suomessa 1960-2015 (yllä) ja keskimääräinen ukkospäiväluvu 1887-2015 (alla). Punainen viiva on 10-vuoden liukuva keskiarvo.

Fig. 31. Average annual ground flash density in Finland in 1960-2015 (upper) and the average thunderstorm day number in 1887-2015 (lower). Red line is the 10-year moving average.

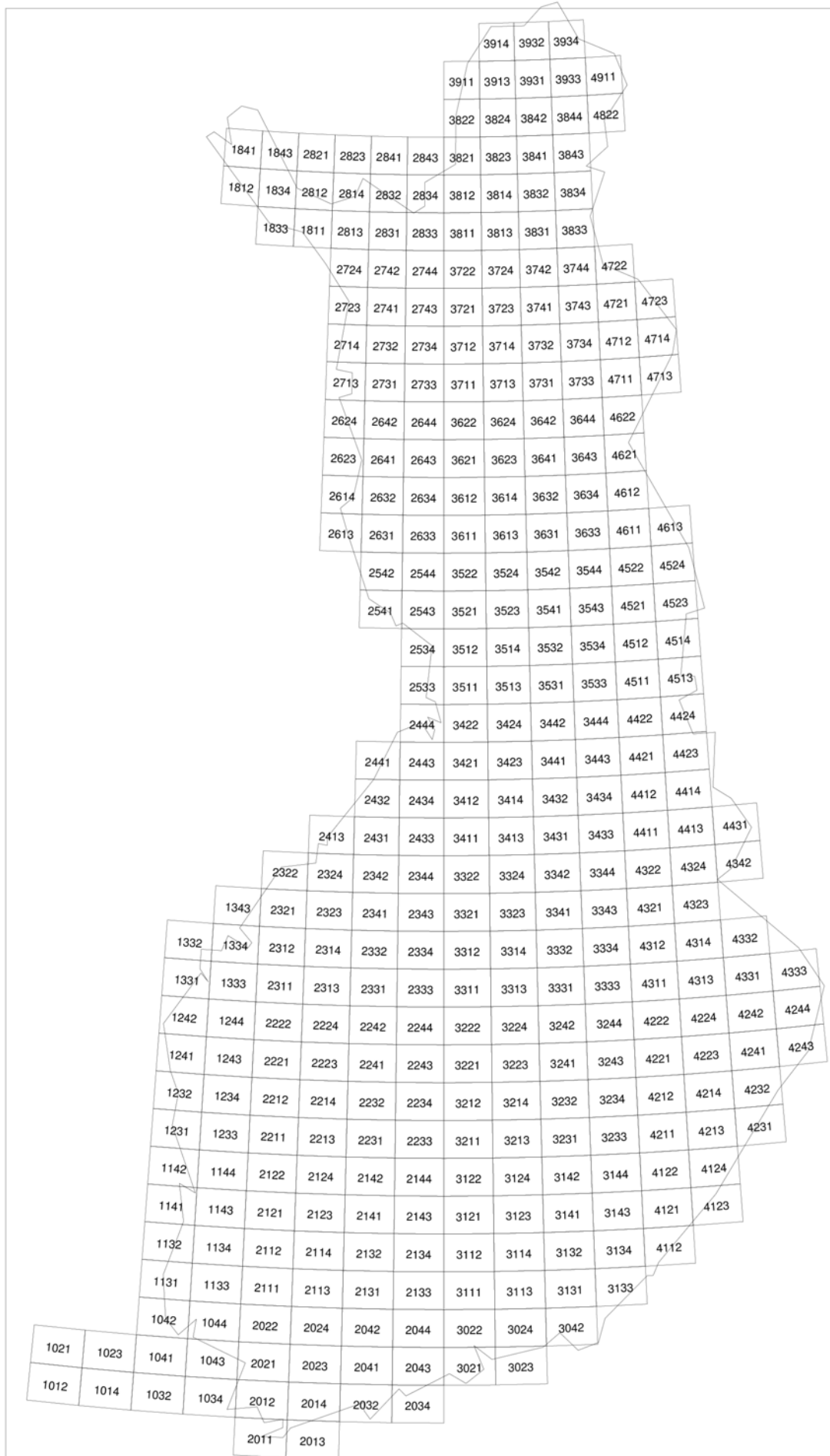






Kuva 34. Pohjoismainen salamanpaikannusverkko NORDLIS. Harmaa alue kuvaa tehokasta havaintoaluetta, valkoiset ympyrät ovat antureita.

Fig. 34. The Nordic lightning location system NORDLIS. The shaded area is the efficient coverage area, and the white circles are the sensor locations.



Nelinumeroisten karttaruutujen numerot.

Numbers of four-digit map squares.

Salamahavainnot - Lightning Observations in Finland

Geofysikaalisia julkaisuja - Geophysical Publications - Geofysikaliska publikationer

Tuomi, Tapio J., 1987. Salamahavainnot 1984-1986 - Lightning Observations in Finland 1984-1986. 4, 47 p.

Tuomi, Tapio J., 1988. Salamahavainnot 1987 - Lightning Observations in Finland 1987. 5, 37 p.

Tuomi, Tapio J., 1989. Salamahavainnot 1988 - Lightning Observations in Finland, 1988. 8, 34 p.

Tuomi, Tapio J., 1989. Salamahavainnot 1989 - Lightning Observations in Finland, 1989. 11, 39 p.

Tuomi, Tapio J., 1990. Salamahavainnot 1990 - Lightning Observations in Finland, 1990. 18, 28 p.

Tuomi, Tapio J., 1991. Salamahavainnot 1991 - Lightning Observations in Finland, 1991. 25, 28 p.

Tuomi, Tapio J., 1992. Salamahavainnot 1992 - Lightning Observations in Finland, 1992. 29, 36 p.

Tuomi, Tapio J., 1993. Salamahavainnot 1993 - Lightning Observations in Finland, 1993. 34, 33 p.

Tuomi, Tapio J., 1994. Salamahavainnot 1994 - Lightning Observations in Finland, 1994. 37, 32 p.

Tuomi, Tapio J., 1995. Salamahavainnot 1995 - Lightning Observations in Finland, 1995. 40, 32 p.

Tuomi, Tapio J., 1996. Salamahavainnot 1996 - Lightning Observations in Finland, 1996. 42, 36 p.

Tuomi, Tapio J., 1997. Salamahavainnot 1997 - Lightning Observations in Finland, 1997. 44, 40 p.

Tuomi, Tapio J., 1998. Salamahavainnot 1998 - Lightning Observations in Finland, 1998. 47, 45 p.

Tuomi, Tapio J., 1999. Salamahavainnot 1999 - Lightning Observations in Finland, 1999. 50, 43 p.

Tuomi, Tapio J., 2000. Salamahavainnot 2000 - Lightning Observations in Finland, 2000. 51, 44 p.

Tuomi, Tapio J., 2001. Salamahavainnot 2001 – Lightning Observations in Finland, 2001. 55, 41 p.

Tuomi, Tapio J., 2002. Salamahavainnot 2002 – Lightning Observations in Finland, 2002. 56, 42 p.

Tuomi, Tapio J., 2003. Salamahavainnot 2003 – Lightning Observations in Finland, 2003. 57, 42 p.

Tuomi, Tapio J., 2004. Salamahavainnot 2004 – Lightning Observations in Finland, 2004. 58, 40 p.

Tuomi, Tapio J., 2005. Salamahavainnot 2005 – Lightning Observations in Finland, 2005. 59, 40 p.

Raportteja - Rapporter - Reports

Tuomi, Tapio J. & Mäkelä, Antti, 2006. Salamahavainnot 2006 - Lightning observations in Finland, 2006. 2006:6, 39 p.

Tuomi, Tapio J. & Mäkelä, Antti, 2007. Salamahavainnot 2007 - Lightning observations in Finland, 2007. 2007:5, 47 p.

Tuomi, Tapio J. & Mäkelä, Antti, 2008. Salamahavainnot 2008 - Lightning observations in Finland, 2008. 2008:4, 49 p.

Mäkelä, Antti & Tuomi, Tapio J., 2009. Salamahavainnot 2009 - Lightning observations in Finland, 2009. 2009:5, 51 p.

Mäkelä, Antti, 2010. Salamahavainnot 2010 - Lightning observations in Finland, 2010. 2010:5, 50 p.

Mäkelä, Antti, 2011. Salamahavainnot 2011 - Lightning observations in Finland, 2011. 2011:7, 50 p.

Mäkelä, Antti, 2012. Salamahavainnot 2012 - Lightning observations in Finland, 2012. 2012:5, 59 p.

Mäkelä, Antti, 2013. Salamahavainnot 2013 - Lightning observations in Finland, 2013. 2013:5, 58 p.

Mäkelä, Antti & Laurila, Terhi K., 2015. Salamahavainnot 2014 - Lightning observations in Finland, 2014. 2015:1, 47 p.

Mäkelä, Antti, Laurila, Terhi K., & Haapalainen, Jussi, 2016. Salamahavainnot 2015 – Lightning observations in Finland, 2015. 2016:5, 49 p.

RAPORTTEJA — RAPPORTER — REPORTS

- 1986:
1. Savolainen, Anna Liisa et al., 1986. Radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden aikana. Väliaikainen raportti. 39 s.
 2. Savolainen, Anna Liisa et al., 1986. Dispersion of radioactive release following the Chernobyl nuclear power plant accident. Interim report. 44 p.
 3. Ahti, Kari, 1986. Rakennussääpalvelukokeilu 1985-1986. Väliraportti Helsingin ympäristön talvikokeilusta 18.11.-13.3.1986. 26 s.
 4. Korhonen, Ossi, 1986. Pintatuulen vertailumittauksia lentoasemilla. 38 s.
- 1987:
1. Karppinen, Ari et al., 1987. Description and application of a system for calculating radiation doses due to long range transport of radioactive releases. 50 p.
 2. Venäläinen, Ari, 1987. Ilmastohavaintoihin perustuva arvio jyrshinturpeen tuotantoedellytyksistä Suomessa. 35 s.
 3. Kukkonen, Jaakko ja Savolainen, Anna Liisa, 1987. Myrkyllisten kaasujen päästöt ja leviäminen onnettomuustilanteissa. 172 s.
 4. Nordlund, Göran ja Rantakrans, Erkki, 1987. Matemaattisfysikaalisten ilmanlaadun arviointimallien luotettavuus. 29 s.
 5. Ahti, Kari, 1987. Rakennussäätökimoksen loppuraportti. 45 s.
 6. Hakola, Hannele et al., 1987. Otsonin vaihteluista Suomessa yhden vuoden havaintoaineiston valossa. 64 s.
 7. Tammelin, Bengt ja Erkiö, Eero, 1987. Energialaskennan säätiedot – suomalainen testivuosi. 108 s.
- 1988:
1. Eerola, Kalle, 1988. Havaintojen merkityksestä numeerisessa säänennustuksessa. 36 s.
 2. Fredrikson, Liisa, 1988. Tunturisääprojekti 1986-1987. Loppuraportti. 31 s.
 3. Salmi, Timo and Joffre, Sylvain, 1988. Airborne pollutant measurements over the Baltic Sea: meteorological interpretation. 55 p.
 4. Hongisto, Marke, Wallin, Markku ja Kaila, Juhani, 1988. Rikkipäästöjen vähentämistoimenpiteiden taloudellisesti tehokas valinta. 80 s.

5. Elomaa, Esko et al., 1988. Ilmatieteen laitoksen automaattisten merisääsemien käyttövarmuuden parantaminen. 55 s.
 6. Venäläinen, Ari ja Nordlund, Anneli, 1988. Kasvukauden ilmastotiedotteen sisältö ja käyttö. 63 s.
 7. Nieminen, Rauno, 1988. Numeeristen paine- ja korkeuskenttäennusteiden objektiivinen verifiointisysteemi sekä sen antamia tuloksia vuosilta 1985 ja 1986. 35 s.
- 1989:
1. Ilvessalo, Pekko, 1989. Yksittäisestä piipusta ilmaan pääsevien epäpuhtauksien suurimpien tuntipitoisuuksien arviointimenetelmä. 21 s.
- 1992:
1. Mhita, M.S. and Venäläinen, Ari, 1991. The variability of rainfall in Tanzania. 32 p.
 2. Anttila, Pia (toim.), 1992. Rikki- ja typpilaskeuman kehitys Suomessa 1980-1990. 28 s.
- 1993:
1. Hongisto, Marke ja Valtanen Kalevi, 1993. Rikin ja typen yhdisteiden kaukokulkeutumismallin kehittäminen HIRLAM-säännustemallin yhteyteen. 49 s.
 2. Karlsson, Vuokko, 1993. Kansalliset rikkidioksidin analyysivertailut 1979 - 1991. 27 s.
- 1994:
1. Komulainen, Marja-Leena, 1995. Myrsky Itämerellä 28.9.1994. Säätilan kehitys Pohjois-Itämerellä M/S Estonian onnettomuusyönä. 42 s.
 2. Komulainen, Marja-Leena, 1995. The Baltic Sea Storm on 28.9.1994. An investigation into the weather situation which developed in the northern Baltic at the time of the accident to m/s Estonia. 42 p.
- 1995:
1. Aurela, Mika, 1995. Mikrometeorologiset vuomittausmenetelmät - sovelluksena otsonin mittaaminen suoralla menetelmällä. 88 s.
 2. Valkonen, Esko, Mäkelä, Kari ja Rantakrans, Erkki, 1995. Liikenteen päästöjen leviäminen katukuilussa - AIG-mallin soveltuvuus maamme oloihin. 25 s.
 3. Virkkula, Aki, Lättilä, Heikki ja Koskinen, Timo, 1995. Otsonin maanpintapitoisuuden mittaaminen UV-säteilyn absorptiolla: DOAS-menetelmän vertailu suljettua näytteenottotilaa käyttävään menetelmään. 29 s.
 4. Bremer, Pia, Ilvessalo, Pekko, Pohjola, Veijo, Saari, Helena ja Valtanen, Kalevi, 1995. Ilmanlaatuennusteiden ja -indeksin kehittäminen Helsingin Käpylässä suoritettujen mittausten perusteella. 81 s.
- 1996:
1. Saari, Helena, Salmi, Timo ja Kartastenpää, Raimo, 1996. Taajamien ilmanlaatu suhteessa uusiin ohjearvoihin. 98 s.

- 1997: 1. Solantie, Reijo, 1997. Keväthallojen alueellisista piirteistä ja vähän talvipakkastenkin. 28 s.
- 1998: 1. Paatero, Jussi, Hatakka, Juha and Viisanen, Yrjö, 1998. Concurrent measurements of airborne radon-222, lead-210 and beryllium-7 at the Pallas-Sodankylä GAW station, Northern Finland. 26 p.
2. Venäläinen, Ari ja Helminen, Jaakko, 1998. Maanteiden talvikunnossapidon sääindeksi. 47 s.
3. Kallio, Esa, Koskinen, Hannu ja Mälkki, Anssi, 1998. VII Suomen avaruustutkijoiden COSPAR-kokous, Tiivistelmät. 40 s.
4. Koskinen, H. and Pulkkinen, T., 1998. State of the art of space weather modelling and proposed ESA strategy. 66 p.
5. Venäläinen, Ari ja Tuomenvirta Heikki, 1998. Arvio ilmaston lämpenemisen vaikutuksesta teiden talvikunnossapidon kustannuksiin. 19 s.
- 1999: 1. Mälkki, Anssi, 1999. Near earth electron environment modelling tool user/software requirements document. 43 p.
2. Pulkkinen, Antti, 1999. Geomagneettisesti indusoidut virrat Suomen maakaasuverkostossa. 46 s.
3. Venäläinen, Ari, 1999. Talven lämpötilan ja maanteiden suolauksen välinen riippuvuus Suomessa. 16 s.
4. Koskinen, H., Eliasson, L., Holback, B., Andersson, L., Eriksson, A., Mälkki, A., Nordberg, O., Pulkkinen, T., Viljanen, A., Wahlund, J.-E., Wu, J.-G., 1999. Space weather and interactions with spacecraft : spee final report. 191 p.
- 2000: 1. Solantie, Reijo ja Drebs, Achim, 2000. Kauden 1961 - 1990 lämpöoloista kasvukautena alustan vaikutus huomioiden, 38 s.
2. Pulkkinen, Antti, Viljanen, Ari, Pirjola, Risto, and Bear working group, 2000. Large geomagnetically induced currents in the Finnish high-voltage power system. 99 p.
3. Solantie, R. ja Uusitalo, K., 2000. Patoturvallisuuden mitoitussadannat: Suomen suurimpien 1, 5 ja 14 vrk:n piste- ja aluesadantojen analysointi vuodet 1959 - 1998 kattavasta aineistosta. 77 s.
4. Tuomenvirta, Heikki, Uusitalo, Kimmo, Vehviläinen, Bertel, Carter, Timothy, 2000. Ilmastomuutos, mitoitussadanta ja patoturvallisuus: arvio sadannan ja sen ääriarvojen sekä lämpötilan muutoksista Suomessa vuoteen 2100. 65 s.
5. Viljanen, Ari, Pirjola, Risto and Tuomi, Tapio, 2000. Abstracts of the

URSI XXV national convention on radio science. 108 p.

6. Solantie, Reijo ja Drebs, Achim, 2000. Keskimääräinen vuoden ylin ja alin lämpötila Suomessa 1961 - 90. 31 s.

7. Korhonen, Kimmo, 2000. Geomagneettiset mallit ja IGRF-appletti. 85 s.

- 2001:
1. Koskinen, H., Tanskanen, E., Pirjola, R., Pulkkinen, A., Dyer, C., Rodgers, D., Cannon, P., Mandeville, J.-C. and Boscher, D., 2001. Space weather effects catalogue. 41 p.
 2. Koskinen, H., Tanskanen, E., Pirjola, R., Pulkkinen, A., Dyer, C., Rodgers, D., Cannon, P., Mandeville, J.-C. and Boscher, D., 2001. Rationale for a european space weather programme. 53 p.
 3. Paatero, J., Valkama, I., Makkonen, U., Laurén, M., Salminen, K., Raittila, J. and Viisanen, Y., 2001. Inorganic components of the ground-level air and meteorological parameters at Hyytiälä, Finland during the BIOFOR project 1998-1999. 48 p.
 4. Solantie, Reijo, Drebs, Achim, 2001. Maps of daily and monthly minimum temperatures in Finland for June, July, and August 1961-1990, considering the effect of the underlying surface. 28 p.
 5. Sahlgren, Vesa, 2001. Tuulikentän alueellisesta vaihtelusta Längelmävesi-Roine -järvialueella. 33 s.
 6. Tammelin, Bengt, Heimo, Alain, Leroy, Michel, Rast, Jacques and Säntti, Kristiina, 2001. Meteorological measurements under icing conditions : EUMETNET SWS II project. 52 p.
- 2002:
1. Solantie, Reijo, Drebs, Achim, Kaukoranta, Juho-Pekka, 2002. Lämpötiloja eri vuodenaikoina ja eri maastotyypeissä Alajärven Möksyssä. 57 s.
 2. Tammelin, Bengt, Forsius, John, Jylhä, Kirsti, Järvinen, Pekka, Koskela, Jaakko, Tuomenvirta, Heikki, Turunen, Merja A., Vehviläinen, Bertel, Venäläinen, Ari, 2002. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia energiantuotantoon ja lämmitysenergian tarpeeseen. 121 s.
- 2003:
1. Vajda, Andrea and Venäläinen, Ari, 2003. Small-scale spatial variation of climate in northern Finland. 34 p.
 2. Solantie, Reijo, 2003. On definition of ecoclimatic zones in Finland. 44 p.
 3. Pulkkinen, T.I., 2003. Chapman conference on physics and modelling of the inner magnetosphere Helsinki, Finland, August 25 -29, 2003. Book of abstracts. 110 p.

4. Pulkkinen, T. I., 2003. Chapman conference on physics and modelling of the inner magnetosphere Helsinki, Finland, August 25 -29, 2003. Conference program. 16 p.
 5. Merikallio, Sini, 2003. Available solar energy on the dusty Martian atmosphere and surface. 84 p.
 6. Solantie, Reijo, 2003. Regular diurnal temperature variation in the Southern and Middle boreal zones in Finland in relation to the production of sensible heat. 63 p.
- 2004:
1. Solantie, Reijo, Drebs, Achim and Kaukoranta, Juho-Pekka, 2004. Regular diurnal temperature variation in various landtypes in the Mökky experimental field in summer 2002, in relation to the production of sensible heat. 69 p.
 2. Toivanen, Petri, Janhunen, Pekka and Koskinen, Hannu, 2004. Magnetospheric propulsion (eMPii). Final report issue 1.3. 78 p.
 3. Tammelin, Bengt et al., 2004. Improvements of severe weather measurements and sensors – EUMETNET SWS II project. 101 p.
 4. Nevanlinna, Heikki, 2004. Auringon aktiivisuus ja maapallon lämpötilan vaihtelut 1856 - 2003. 43 s.
 5. Ganushkina, Natalia and Pulkkinen, Tuija, 2004. Substorms-7: Proceedings of the 7th International Conference on Substorms. 235 p.
 6. Venäläinen, Ari, Sarkkula, Seppo, Wiljander, Mats, Heikkinen, Jyrki, Ervasto, Erkki, Poussu, Teemu ja Storås, Roger, 2004. Espoon kaupungin talvikunnossapidon sääindeksi. 17 s.
 7. Paatero, Jussi and Holmen, Kim (eds.), 2004. The First Ny-Ålesund - Pallas-Sodankylä atmospheric research workshop, Pallas, Finland 1 - 3 March 2004 - Extended abstracts. 61 p.
 8. Holopainen, Jari, 2004. Turun varhainen ilmastollinen havaintosarja. 59 s.
- 2005:
1. Ruuhela, Reija, Ruotsalainen, Johanna, Kangas, Markku, Aschan, Carita, Rajamäki, Erkki, Hirvonen, Mikko ja Mannelin, Tarmo, 2005. Kelimallin kehittäminen talvijalankulun turvallisuuden parantamiseksi. 47 s.
 2. Laurila, Tuomas, Lohila, Annalea, Tuovinen, Juha-Pekka, Hatakka, Juha, Aurela, Mika, Thum, Tea, Walden, Jari, Kuronen, Pirjo, Talka, Markus, Pesonen, Risto, Pihlatie, Mari, Rinne, Janne, Vesala, Timo, Ettala, Matti, 2005. Kaatopaikkojen kaasupäästöjen ja haihdunnan mikrometeorologisten mittausmenetelmien kehittäminen (MIKROMETKAA). Tekesin Streams –ohjelman hankkeen loppuraportti. 34 s.

3. Siili, Tero, Huttunen, Emilia, Koskinen, Hannu ja Toivanen, Petri (toim.), 2005. Kymmenes Suomen avaruustutkijoiden kokous (FinCospar) Kokousjulkaisu. 57 s.
 4. Solantie, Reijo and Pirinen, Pentti, 2005. Diurnal temperature variation in inversion situations. 34 s.
 5. Venäläinen, Ari, Tuomenvirta, Heikki, Pirinen, Pentti and Drebs, Achim, 2005. A basic Finnish climate data set 1961 – 2000 – description and illustrations. 24 p.
 6. Tammelin, Bengt, Sääntti, Kristiina, Dobeck, Hartwig, Durstewich, Michel, Ganander, Hans, Kury, Georg, Laakso, Timo, Peltola, Esa, Ronsten, Göran, 2005. Wind turbines in icing environment: improvement of tools for siting, certification and operation – NEW ICETOOLS. 127 p.
- 2006:
1. Mälkki, Anssi, Kauristie, Kirsti and Viljanen Ari, 2006. Auroras Now! Final Report, Volume I. 73 p.
 2. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds.), 2006. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2003. 47 p.
 3. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds.), 2006. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2004. 47 p.
 4. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds.), 2006. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2005. 49 p.
 5. Viljanen, A. (toim.), 2006. Sähkömagnetiikka 2006. Tiivistelmät – Abstracts. 30 s.
 6. Tuomi, Tapio J. & Mäkelä, Antti, 2006. Salamahavainnot 2006 - Lightning observations in Finland, 2006. 39 p.
 7. Merikallio, Sini, 2006. Preliminary report of the analysis and visualisation software for SMART-1 SPEDE and EPDP instruments. 70 p.
 8. Solantie, Reijo, Pirinen, Pentti, 2006. Orografian huomioiminen loka-huhtikuun sademäärien alueellisissa analyyseissä. 34 s.
 9. Ruosteenoja, Kimmo, Jylhä, Kirsti, Räisänen, Petri, 2006. Climate projections for the Nordic CE project – an analysis of an extended set of global regional climate model runs. 28 p.
 10. Merikallio, Sini, 2006. Analysis and visualisation software for DEMETER Langmuir Probe instrument. 31 p.
- 2007:
1. Solantie, Reijo, Järvenoja, Simo, Pirinen, Pentti, 2007. Keskimääräisten kuukauden minimilämpötilojen alueellinen jakauma kautena 1992 – 2005 Suomessa sekä muutos kaudesta 1961 – 1990. 59 s.

2. Pulkkinen, Tuija, Harri, Ari-Matti, Haukka, Harri, Leinonen, Jussi, Toivanen, Petri, Koskinen, Hannu, André, Mats, Balasis, Georgios, Boscher, Daniel, Dandouras, Iannis, Grande, Mauel, De Keyser, John, Glassmeier, Karl-Heinz, Hapgood, Mike, Horne, Richard, Ivchenko, Nikolay, Santolik, Ondrej, Torkar, Klaus; Trotignon, Jean Gabriel, Vennerstrøm, Susanne, 2007. Waves and acceleration of relativistic particles (WARP). 36 p.
 3. Harri, A-M., Leinonen, J., Merikallio, S., Paton, M., Haukka, H., Polkko, J., Linkin, V., Lipatov, V., Pichkadze, K., Polyakov, A., Uspensky, M., Vasquez, L., Guerrero, H., Crisp, D., Haberle, R., Calcutt, S., Wilson, C., Taylor, P., Lange, C., Daly, M., Richter, L., Jaumann, R., Pommereau, J-P., Forget, F., Lognonne, Ph., Zarnecki, J., 2007. MetNet – In situ observational network and orbital platform to investigate the Martian environment. 35 p.
 4. Venäläinen, A., Saku, S., Kilpeläinen, T., Jylhä, K., Tuomenvirta, H., Vajda, A., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., 2007. Sään ääri-ilmiöistä, Suomessa. 81 p.
 5. Tuomi, Tapio J. & Mäkelä, Antti, 2007. Salamahavainnot 2007 - Lightning observations in Finland, 2007. 47 p.
 6. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds), 2007. Nurnijärvi Geophysical Observatory: Magnetic results 2006. 49 p.
- 2008:
1. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds), 2008. Nurnijärvi Geophysical Observatory: Magnetic results 2007. 49 p.
 2. Verronen, Pekka T. (ed), 2008. 1st international HEPPA workshop 2008, Book of abstracts. 81 p.
 3. Gregow, Hilppa, Venäläinen, Ari, Laine, Mikko, Niinimäki, Niina, Seitola, Teija, Tuomenvirta, Heikki, Jylhä, Kirsti, Tuomi, Tapio ja Mäkelä, Antti, 2008. Vaaraa aiheuttavista sääilmiöistä Suomen muuttuvassa ilmastossa. 99 s.
 4. Tuomi, Tapio J. & Mäkelä, Antti, 2008. Salamahavainnot 2008 - Lightning observations in Finland, 2008. 49 p.
- 2009:
1. Nevanlinna, Heikki, 2009: Geomagnetismin ABC-kirja. 204 p.
 2. Nevanlinna, Heikki (toim.), 2009: Ilmatieteen laitos 170 vuotta 1838-2008. 69 p.
 3. Nevanlinna, Heikki, 2009: Revontulihavainnot Suomessa 1748-2009. 88 p.
 4. Jylhä, K., Ruosteenoja K., Räisänen J., Venäläinen A., Tuomenvirta H., Ruokolainen L., Saku S. ja Seitola T., 2009: Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. 102 p.

5. Mäkelä, Antti & Tuomi, Tapio J., 2009. Salamahavainnot 2009 - Lightning observations in Finland, 2009. 51 p.
- 2010:
1. Rauhala, J., ja Mäntyniemi, P., 2010: Luonnononnettomuuksien vaikutukset ja niihin varautuminen. Valmisteilla / In Preparation.
 2. Pilli-Sihvola, K., Löwendahl, E., Ollikainen, M., Oort, B. van, Rummukainen, M. Tuomenvirta, H., 2010. Survey of the use of climate scenarios and climate change research information in decision making in Finland, Sweden, and Norway : report for the project Climate change adaption in Norway, Sweden, and Finland - do research, policy and practice meet? (CAREPol).
 3. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds), 2010. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2009. 48 p.
 4. Luomaranta, A., Haapala, J., Gregow, H., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., and Laaksonen, A., 2010: Itämeren jääpeitteen muutokset vuoteen 2050 mennessä. Valmisteilla / In Preparation.
 5. Mäkelä, Antti, 2010: Salamahavainnot 2010 - Lightning observations in Finland, 2010. 50 p.
- 2011:
1. Saku, Seppo; Solantie, Reijo, Jylhä, Kirsti, Venäläinen, Ari, Valta, Hannu, 2011. Ääriämpötilojen alueellinen vaihtelu Suomessa. 92 p.
 2. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds), 2011. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2010. 49 p.
 3. Virta, Hanna et al., 2011. Ilmastonmuutoksen ääri-ilmiöihin liittyvän riskienhallinnan kustannushyötyanalyysi osana julkista päätöksentekoa (IRTORISKI). 97 s.
 4. Nevanlinna, H. 2011. Magneettiset havainnot Helsingin magneettis-meteorologisessa observatoriossa, 1844-1910. 54 s.
 5. Gregow, Hilppa, Ruosteenoja, Kimmo, Juga, Ilkka, Näsman, Sigbritt, Mäkelä, Miika, Laapas, Mikko, Jylhä, Kirsti, 2011. Lumettoman maan routaolojen mallintaminen ja ennustettavuus muuttuvassa ilmastossa. 45 s.
 6. Jylhä, Kirsti, Kalamees, Targo, Tietäväinen, Hanna, Ruosteenoja, Kimmo, Jokisalo, Juha, Hyvönen, Reijo, Ilomets, Simo, Saku, Seppo, Huttila, Asko, 2011. Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista. 110 s.
 7. Mäkelä, Antti, 2011. Salamahavainnot 2011 – Lightning observations in Finland, 2011.
 8. Riihelä. Aku, Lahtinen, Panu, Hakala, Teemu, 2011. Radiation, snow characteristics and albedo at Summit (RASCALS) expedition report. 48 p.

9. Vajda, A. et al., 2011. Probabilities of adverse weather affecting transport in Europe : climatology and scenarios up to the 2050s. 85 p.
 10. Lehto, J., Paatero, J., Koivula, R., Solin, O., Ikäheimonen, T.K., Kekki, T. & Lahtinen, M. (toim.), 2011. Marie Curie symposium 8.-9.12.2011 Helsingissä : Tiivistelmät. 75 s.
- 2012:
1. Pirinen, P., Simola, H., Aalto, J., Kaukoranta, J-P., Karlsson, P., Ruuhela, R., 2012. Tilastoja Suomen ilmastosta 1981 – 2010, 83 s.
 2. Harri, A-M., Schmidt, W., Romero, P., Vázquez, L., Barderas, G., Kemppinen, O., Aguirre, C., Vázquez-Poletti, J. L., Llorente, I. M., Haukka, H. and Paton, M., 2012, Phobos eclipse detection on Mars : theory and Practice. 35p.
 3. Nevanlinna, H., 2012. Auringon aktiivisuus ja ilmastomuutos. 41 s.
 4. Pajunpää, K., Häkkinen, L., (eds), 2012. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2011. 51 p.
 5. Mäkelä, A., 2012. Salamahavainnot 2012 – Lightning Observations in Finland, 2012. 59 s.
- 2013:
1. Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Mäkelä, H., Hyvönen, R., Pirinen, P., Lehtonen, I., 2013. Rakennusfysiikan testivuosi sääaineistot havaitussa ja arvioidussa tulevaisuuden ilmastossa: REFI-B-hankkeen tuloksia. 48 s.
 2. Nurmi, V., Votsis, A., Perrels, A., Leppävirta, S., 2013. Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas: case study in Helsinki. 58 p.
 3. Lehtonen, I., Venäläinen, A., Ikonen, J., Puttonen, N., Gregow, H., 2013. Some features of winter climate in Northern Fennoscandia. 20 p.
 4. Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Jylhä, K., Mäkelä, H., Lehtonen, I., Simola, H., Luomaranta, A., Weiher, S., 2013. Maailmanlaajuisiin CMIP3-malleihin perustuvia arvioita Suomen tulevasta ilmastosta.
 5. Mäkelä, A., 2013. Salamahavainnot 2013 – Lightning Observations in Finland, 2013. 47 s.
- 2015:
1. Mäkelä, A., ja Laurila, T., 2015. Salamahavainnot 2014 – Lightning Observations in Finland, 2014. 47 s.
- 2016:
1. Mäkelä, A., Laurila, T.K., ja Haapalainen J., 2016. Salamahavainnot 2015 – Lightning Observations in Finland, 2015. 49 s.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMATIETEEN LAITOS

Erik Palménin aukio 1
00560 Helsinki
puh. 029 539 1000

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

ILMATIETEEN LAITOS
RAPORTTEJA 2016:5
ISBN 978-951-697-890-4 (pdf)
ISSN 0782-6079
ISSN 1235-1466
Erweko
Helsinki 2016

