



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

RAPORTEJA
RAPPORTER
REPORTS
2017:8

SALAMAHAVAINNOT 2016 LIGHTNING OBSERVATIONS IN FINLAND, 2016

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



RAPORTTEJA
RAPPORTER
REPORTS

No. 2017:8

551.506.1 (480)
551.594.221

SALAMAHAVAINNOT 2016

LIGHTNING OBSERVATIONS IN FINLAND, 2016

Antti Mäkelä
Terhi K. Laurila
Jussi Haapalainen
Tuomas Halabi

Ilmatieteen laitos
Meteorologiska institutet
Finnish Meteorological Institute

Helsinki 2017

ISBN 978-952-336-047-1
ISSN 0782-6079 (Raportteja – Rapporteur – 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 2017:8	
Tekijä(t) Mäkelä, Antti Laurila, Terhi K. Haapalainen, Jussi Halabi, Tuomas	Julkaisuaika Joulukuu 2017	
Nimeke Salamahavainnot 2016	Projektin nimi Toimeksiantaja	
Tiivistelmä <p><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 2016 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 iskumääriä, koska salama on ilmastollisesti edustavampi suure. Kesän 2016 aikana paikannettiin Suomen noin 115 000 maasalamaa, joka on hieman alle keskimääräisen (138 000). Suurin osa salamoista esiintyi heinäkuussa (80 000), ja touko-, kesä- ja elokuussa määrät olivat noin puolet keskimääräisestä.</i></p>		
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 978-952-336-047-1	
Myynti <i>Ilmatieteen laitos</i> PL 503 00101 Helsinki e-mail: kirjasto@fmi.fi	Sivumäärä 51	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 2017:8	
Author(s) Mäkelä, Antti Laurila, Terhi K. Haapalainen, Jussi Halabi, Tuomas	Date December 2017	
	Name of project Commissioned by	
Title Lightning Observations in Finland, 2016		
Abstract <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 2016 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 2016, a total of about 115,000 ground flashes were located within Finland's borders, which is a little below the average (138,000). Most of the lightning occurred in July (80,000 flashes), while in May, June and August the numbers were half the average.</i>		
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 978-952-336-047-1	
Sold by <i>Finnish Meteorological Institute</i> P.O. Box 503 FIN-00101 Helsinki, Finland e-mail: kirjasto@fmi.fi	Pages 51	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 2016	12	2 Summary of lightning observations in 2016
3	Kesän 2016 tärkeimmät ukkosjaksot	23	3 Main thunderstorm periods in summer 2016
4	Salamoiden kerrannaisuudet ja voimakkuudet	24	4 Flash multiplicities and peak currents
5	Salama- ja iskutiheydet vuosina 1960 – 2016	33	5 Flash and stroke densities in 1960 – 2016
	Lähdeviitteet	35	References
	Liite 1: Salamanpaikannin	36	Appendix 1: Lightning location system
	Liite 2: Ukkosten pitkän jakson tilastot	41	Appendix 2: Long-period time series of thunderstorms
	Liite 3: Salamatiheys	42	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 2016 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 1960-2016 korjattuna salamatiheyksiksi. Lisäksi esitetään keskiarvot maasalamoiden alueellisesta ja päivittäisestä jakautumisesta jaksolta 1998-2016. Samoin tehdään selkoa viime vuosien voimakkaimmista ukkosista.

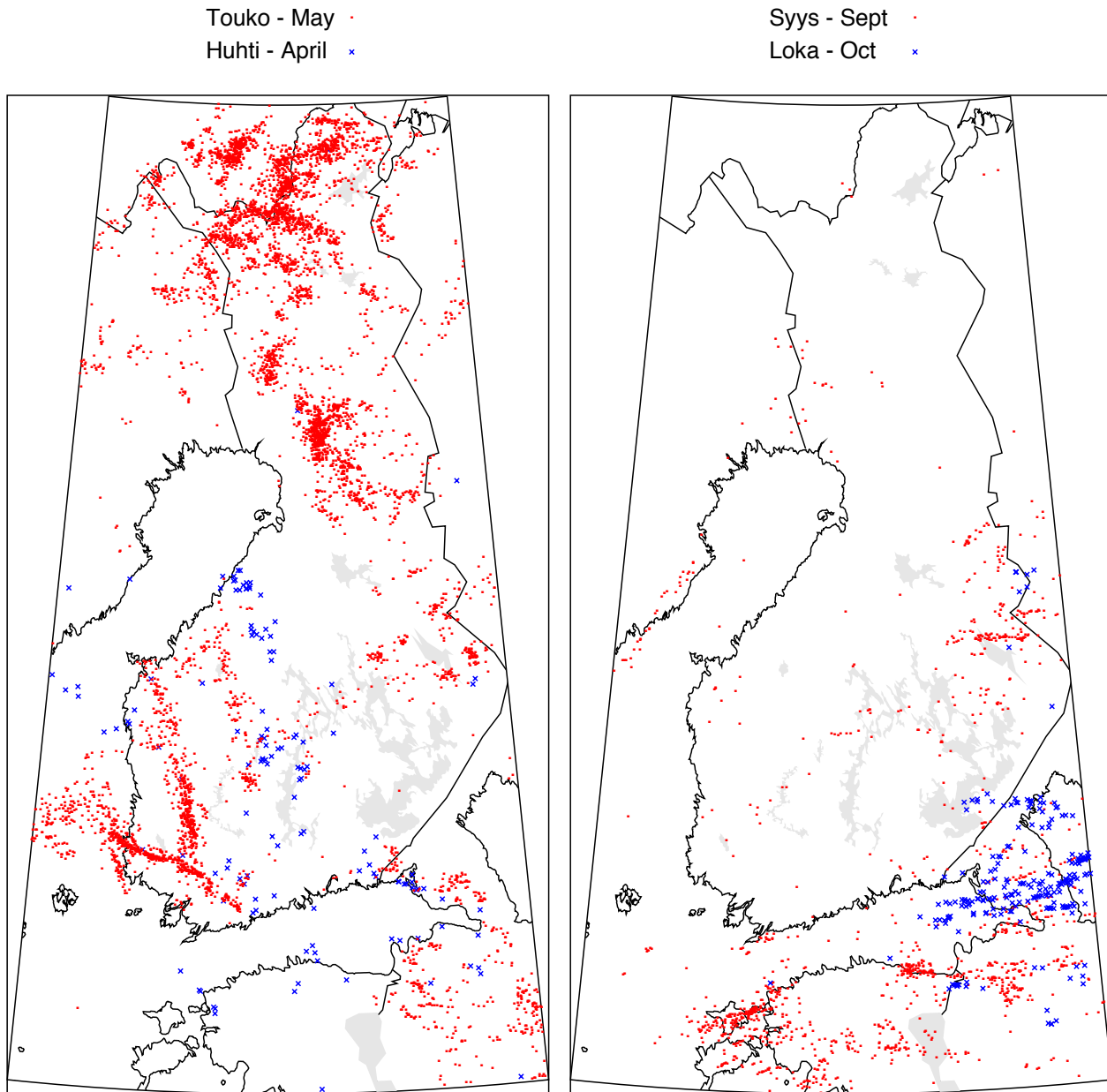
1 Introduction

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.

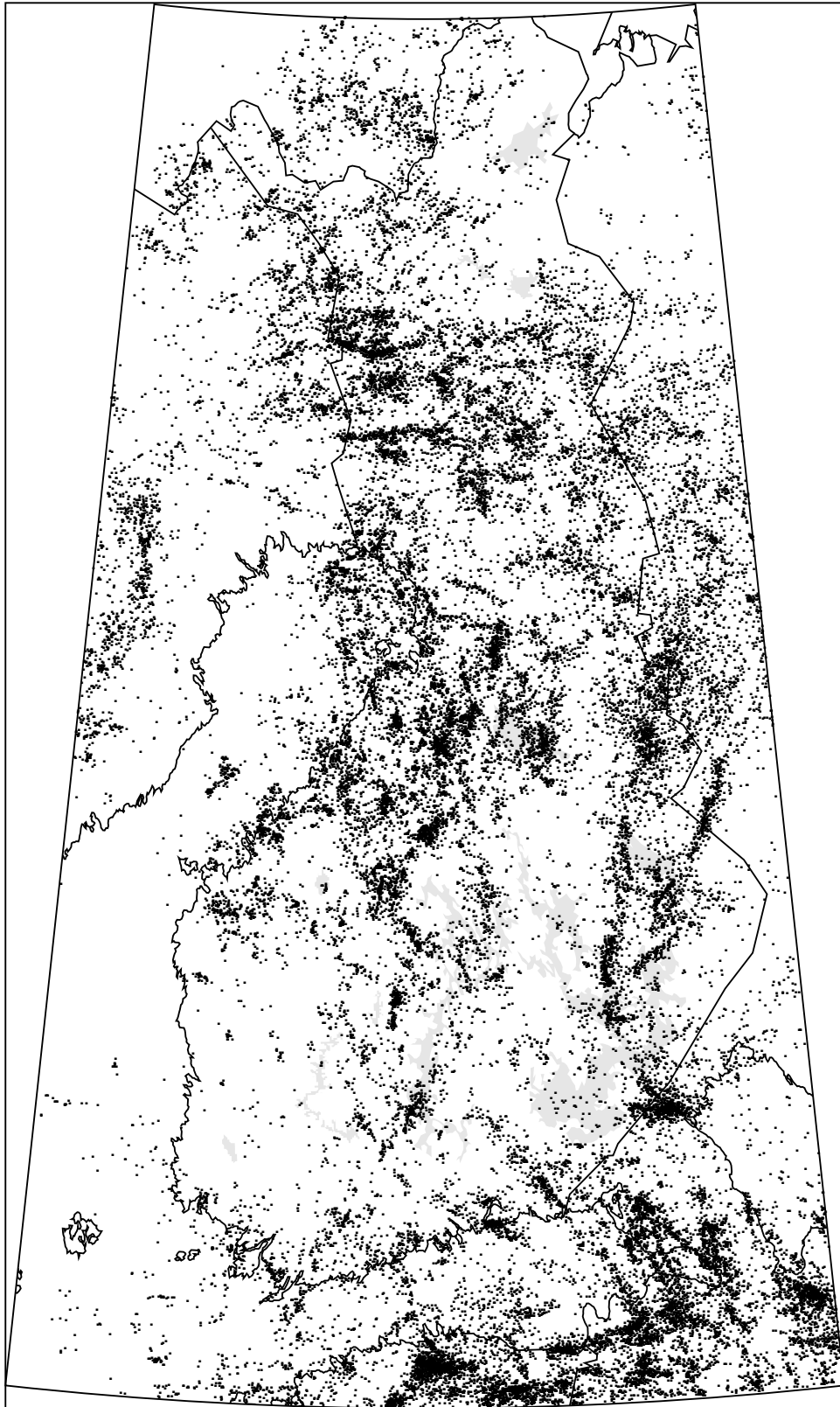
The lightning observations in 2016 are summarized in Chapter 2. In Chapter 3, the thunderstorm periods are described in terms of the location results. Other results (the peak current, polarity and multiplicity of flashes) are given in Chapter 4.

Chapter 5 summarizes all lightning detection data, as corrected flash densities, for 1960-2016. Also, the average spatial and daily distributions of the ground flashes are presented for 1998-2016, as well as the occurrence of extremely violent thunderstorms in recent years.



Kuva 1. Vasen: Huhti- (x) ja toukokuun (·) 2016 paikannetut salamet, yhteensä 138 ja 6379 kpl.
 Oikea: Syys- (·) ja lokakuun (x) 2016 paikannetut salamet, yhteensä 1226 ja 228 kpl.

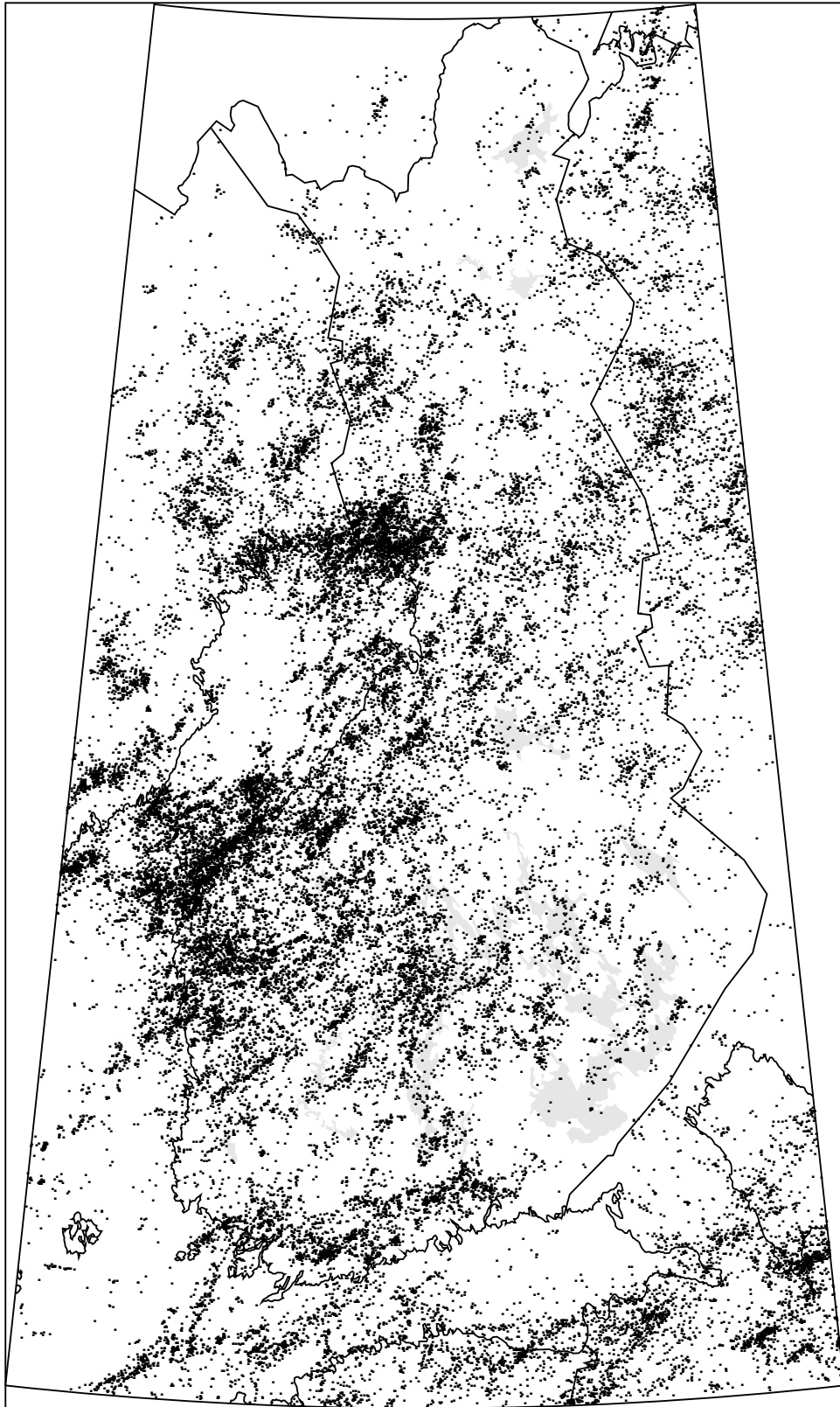
*Fig. 1. Left: Located flashes in April (x) and May (·) 2016. Totals are 138 and 6379.
 Right: Located flashes in September (·) and October (x) 2016. Totals are 1226 and 228.*



Kuva 2. Kesäkuun 2016 paikannetut maasalamat, yhteensä 43 659 kpl.
Fig. 2. Located ground flashes in June 2016. Total number is 43,659.



Kuva 3. Heinäkuun 2016 paikannetut maasalamat, yhteensä 239 467 kpl.
Fig. 3. Located ground flashes in July 2016. Total number is 239,467.



Kuva 4. Elokuun 2016 paikannetut maasalamat, yhteensä 41 998 kpl.

Fig. 4. Located ground flashes in August 2016. Total number is 41,998.

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

Salamanpaikannustuloksia on myös Ilmatieteen laitoksen verkkosivuilla (<http://ilmatieteenlaitos.fi/ukkonen-ja-salamat>). Ukkosista on ilmestynyt suomenkielinen yleisteos (Tuomi & Mäkelä 2009).

2 Salamahavaintojen yhteenveto 2016

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 maasalamanmäärät, 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 km x 40 km lehtiin, joille tässä käytetään nimitystä *paikalliskarttaruutu*. Yleislehtiäosta poiketen kaikkien ruutujen leveys tässä on 0,75 pituusastetta (42-29 km) ja ala vastaavasti noin 1260-860 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 km x 3 km yksiköistä;

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

2 Summary of lightning observations in 2016

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 km x 40 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 1260-860 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 km x 3 km, and a basic square needed here would have

Taulukko 1. Paikannetut salammat ja ukkospäivät 4-numeroisilla karttaruuduilla 2016.

Table 1. Numbers of located flashes and thunder days on 4-digit map squares in 2016.

No	km ²	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Total	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Tot	
2011	Hanko	1257	0	9	114	8	7	138	0	1	3	3	1	8
2013	Jussarö	1257	0	37	125	33	13	208	0	4	5	6	1	16
1012	Mariehamn	1247	0	0	0	8	0	8	0	0	0	1	0	1
1014	Föglö	1247	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	0	2
1032	Korppoo	1247	0	2	1	4	0	7	0	1	1	2	0	4
1034	Nauvo	1247	0	19	1	29	0	49	0	3	1	3	0	7
2012	Kemiö	1247	1	66	20	11	0	98	1	3	6	2	0	12
2014	Tammisaari	1247	0	29	127	96	0	252	0	3	5	6	0	14
2032	Espoo	1247	4	44	72	64	1	186	1	5	7	7	1	22
2034	Helsinki	1247	0	59	33	15	0	107	0	6	4	6	0	16
1021	Geta	1237	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2
1023	Kumlinge	1237	0	0	0	9	0	9	0	0	0	3	0	3
1041	Iniö	1237	6	4	7	4	0	21	1	3	1	2	0	7
1043	Turku	1237	0	26	2	110	0	138	0	2	2	2	0	6
2021	Salo	1237	10	23	23	140	0	196	2	2	6	6	0	16
2023	Suomusj.	1237	42	28	142	124	0	337	1	4	8	7	0	21
2041	Lohja	1237	29	53	104	131	0	318	3	3	10	5	0	22
2043	Kerava	1237	0	73	158	55	0	287	0	7	8	4	0	20
3021	Porvoo	1237	0	39	26	4	1	71	0	4	4	1	0	11
3023	Kotka	1237	1	92	31	2	0	126	1	4	5	2	0	12
1042	Vehmaa	1226	37	6	2	4	0	49	1	1	1	2	0	5
1044	Mynämäki	1226	2	38	13	19	0	72	1	3	1	6	0	11
2022	Marttila	1226	92	8	103	71	0	274	2	2	6	5	0	15
2024	Somero	1226	40	13	78	28	0	161	1	3	9	6	0	20
2042	Karkkila	1226	15	35	119	78	1	250	2	6	9	5	1	24
2044	Hyvinkää	1226	0	9	155	92	0	256	0	3	7	5	0	15
3022	Lapinjärvi	1226	0	43	78	125	0	246	0	4	8	4	0	16
3024	Anj.koski	1226	2	64	74	89	2	231	1	3	6	3	1	14
3042	Hamina	1226	3	73	91	4	3	178	1	4	3	3	1	15
1131	Uusikaup.	1216	151	6	0	20	0	177	1	2	0	2	0	5
1133	Yläne	1216	101	0	11	27	1	141	1	0	4	6	1	13
2111	Loimaa	1216	67	1	124	23	1	216	3	1	8	4	1	17
2113	Forssa	1216	3	6	32	18	0	59	1	2	7	4	0	14
2131	Hämeenl.	1216	0	8	21	21	0	51	0	4	5	6	0	16
2133	Kärkölä	1216	2	24	80	25	0	132	1	3	8	5	0	18
3111	Lahti	1216	0	13	57	56	1	127	0	2	6	5	1	14
3113	Kouvola	1216	1	17	37	36	1	92	1	2	7	3	1	14
3131	Luumäki	1216	0	74	142	24	2	243	0	3	5	3	1	13
3133	Ylämaa	1216	14	45	191	2	0	252	2	4	4	1	0	11
1132	Rauma	1206	48	1	14	34	1	98	1	1	3	4	1	10
1134	Kokemäki	1206	0	1	41	55	0	97	0	1	4	7	0	12
2112	Huittinen	1206	133	9	69	32	1	244	1	4	7	8	1	21
2114	Toijala	1206	1	4	68	13	0	86	1	3	8	4	0	16
2132	Hauho	1206	0	31	21	19	0	71	0	5	5	4	0	14
2134	Lammi	1206	0	47	28	36	0	112	0	3	6	3	0	13
3112	Heinola	1206	0	13	47	72	0	134	0	3	5	4	0	13
3114	Jaala	1206	0	34	91	10	0	135	0	4	5	3	0	12
3132	Savitaip.	1206	0	10	85	4	0	99	0	2	6	2	0	10
3134	Lappeenr.	1206	0	26	137	1	0	165	0	3	7	1	0	12
4112	Imatra	1206	0	44	232	10	7	293	0	4	9	3	1	17
1141	Luvia	1195	3	2	14	42	0	61	1	1	3	5	0	10
1143	Pori	1195	0	6	26	91	1	124	0	2	4	6	1	13
2121	Vammala	1195	86	4	34	26	3	153	1	1	5	3	1	11
2123	Tampere	1195	11	3	37	49	1	101	1	2	5	4	1	13

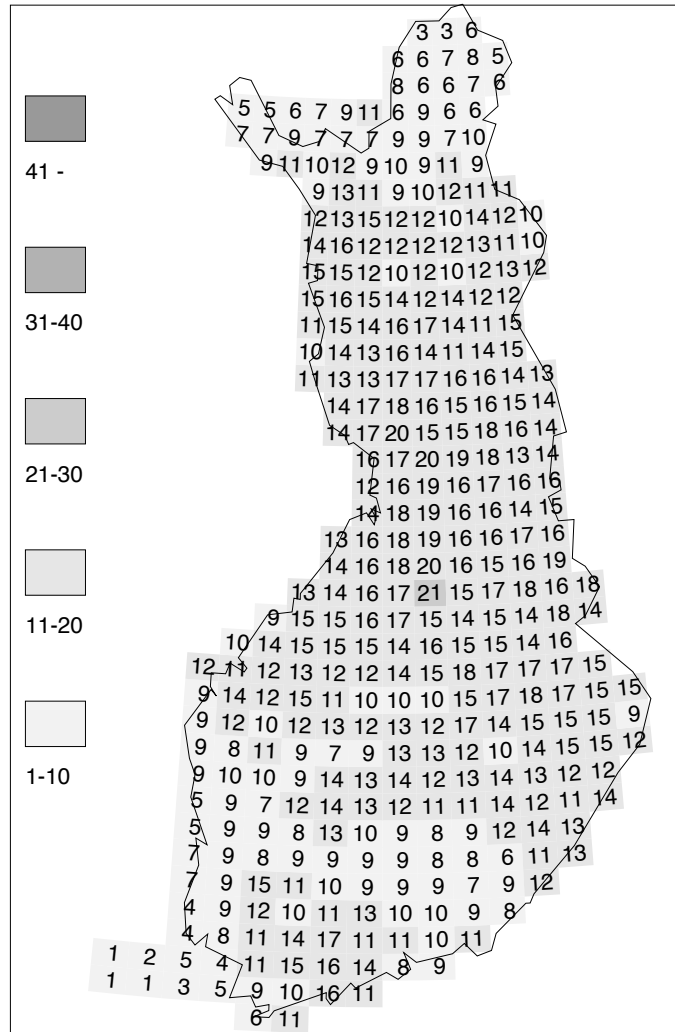
2141	Kangasala	1195	0	15	27	21	0	64	0	1	4	6	0	12
2143	Padasjoki	1195	0	92	36	26	0	154	0	3	4	6	0	13
3121	Sysmä	1195	0	17	39	34	0	90	0	3	5	5	0	13
3123	Mäntyharju	1195	0	9	39	5	0	53	0	2	5	4	0	11
3141	Ristiina	1195	0	14	52	4	0	70	0	2	6	3	0	11
3143	Puumala	1195	0	11	212	6	2	233	0	2	4	2	0	9
4121	Ruokolahti	1195	0	54	492	1	1	552	0	3	9	1	1	15
4123	Parikkala	1195	0	134	499	12	0	650	0	3	11	3	0	18
1142	Ahlainen	1185	0	2	13	41	0	56	0	1	1	5	0	7
1144	Pomarkku	1185	6	0	6	90	0	102	1	0	3	8	0	12
2122	Ikaalinen	1185	55	8	26	99	0	189	1	1	5	5	0	13
2124	Teisko	1185	1	6	40	22	2	71	1	1	5	3	1	11
2142	Orivesi	1185	41	32	44	100	0	217	3	3	7	5	0	18
2144	Kuhmoinen	1185	1	17	47	52	0	117	1	3	5	5	0	14
3122	Joutsa	1185	1	26	9	31	0	70	1	3	2	6	0	13
3124	Hirvens.	1185	1	8	19	35	0	63	1	3	4	3	0	11
3142	Mikkeli	1185	0	20	107	29	0	156	0	2	7	3	0	12
3144	Sulkava	1185	1	19	241	12	1	274	1	2	8	4	1	16
4122	Pihl.vesi	1185	0	32	309	20	2	364	0	4	11	3	0	19
4124	Punkaharju	1185	0	51	287	9	0	347	0	4	12	2	0	18
1231	Merikarvia	1175	1	1	0	147	0	149	1	1	0	5	0	7
1233	Honkajoki	1175	8	11	7	168	0	194	1	2	3	6	0	12
2211	Parkano	1175	20	2	48	78	0	148	1	1	3	5	0	10
2213	Kuru	1175	3	14	52	58	0	127	2	2	6	6	0	16
2231	Mänttä	1175	9	36	29	61	1	137	2	2	7	6	1	19
2233	Jämsä	1175	1	34	62	80	0	183	1	3	8	5	0	18
3211	Korpilahti	1175	6	20	16	45	0	91	2	3	6	5	0	17
3213	Kangasn.	1175	1	7	19	49	0	76	1	4	6	4	0	15
3231	Haukivuori	1175	0	17	103	67	0	187	0	2	10	3	0	15
3233	Juva	1175	0	24	272	18	1	315	0	5	10	4	1	20
4211	Savonlinna	1175	0	78	237	20	0	335	0	5	9	3	0	17
4213	Kerimäki	1175	0	32	226	19	0	277	0	5	8	2	0	15
4231	Kitee	1175	0	16	329	8	0	353	0	4	14	2	0	20
1232	Kristiina	1164	4	17	21	156	0	198	1	1	3	8	0	13
1234	Isojoki	1164	22	8	46	102	0	179	2	1	3	7	0	14
2212	Karvia	1164	5	2	50	103	0	160	2	2	3	7	0	14
2214	Virrat	1164	0	4	68	74	0	146	0	2	6	5	0	13
2232	Keuruu	1164	12	16	29	93	1	151	3	2	7	6	1	19
2234	Petäjävesi	1164	9	92	34	136	6	283	1	1	10	4	1	18
3212	Jyväskylä	1164	3	36	41	79	1	163	1	5	5	6	1	20
3214	Hankasalmi	1164	0	33	20	70	0	124	0	4	7	5	0	17
3232	Pieksämäki	1164	0	3	91	68	2	164	0	3	8	6	1	18
3234	Varkaus	1164	0	15	295	14	5	329	0	4	9	5	2	20
4212	Savonranta	1164	0	81	180	22	0	283	0	4	11	3	0	18
4214	Rääkkylä	1164	0	13	212	18	0	243	0	5	9	2	0	16
4232	Tohmajärvi	1164	1	8	268	1	1	279	1	3	10	1	1	16
1241	Kaskinen	1154	3	0	17	182	1	206	2	0	3	6	1	13
1243	Kauhajoki	1154	31	7	47	235	0	320	3	1	2	5	0	11
2221	Jalasjärvi	1154	4	17	69	151	1	242	1	1	8	4	1	15
2223	Alavus	1154	1	5	61	107	0	174	1	3	5	4	0	13
2241	Ähtäri	1154	8	24	10	47	0	90	1	3	3	2	0	10
2243	Multia	1154	2	38	37	153	0	232	1	3	5	3	0	13
3221	Äänekoski	1154	4	57	60	99	4	224	1	4	6	6	1	18
3223	Rautalampi	1154	1	49	14	73	2	139	1	4	6	6	1	18
3241	Suonenjoki	1154	0	2	46	16	2	66	0	1	11	4	1	17
3243	Leppävirta	1154	0	14	399	29	0	442	0	2	8	4	0	14
4221	Heinävesi	1154	0	109	256	11	3	379	0	3	11	4	1	19
4223	Joensuu	1154	0	58	323	27	4	412	0	3	13	3	2	21
4241	Kiiht.v.	1154	0	6	379	11	0	398	0	3	12	4	0	21
4243	Petkelj.	1154	0	3	315	3	0	322	0	3	11	2	0	17

1242	Korsnäs	1143	1	7	20	180	0	208	1	1	4	7	0	13
1244	Jurva	1143	27	77	40	119	5	268	4	1	4	5	2	16
2222	Seinäajoki	1143	1	20	83	101	0	205	1	3	5	5	0	14
2224	Kuortane	1143	8	42	67	91	0	208	1	5	5	6	0	17
2242	Soini	1143	17	29	114	126	0	286	1	4	8	5	0	18
2244	Saarijärvi	1143	0	69	83	71	0	223	0	4	8	5	0	17
3222	Keitele	1143	1	33	45	50	2	131	1	3	9	4	1	18
3224	Karttula	1143	5	41	82	49	0	177	2	4	6	5	0	17
3242	Kuopio	1143	6	5	143	26	1	181	1	3	12	6	1	23
3244	Vehmers.	1143	1	13	354	34	3	405	1	4	9	4	1	19
4222	Outokumpu	1143	3	45	219	31	7	305	2	5	9	3	2	21
4224	Kontiol.	1143	2	92	288	3	3	388	1	5	12	2	1	21
4242	Eno	1143	3	44	442	4	1	495	1	4	11	3	1	21
4244	Ilomantsi	1143	0	14	265	1	0	280	0	3	8	1	0	12
1331	Vaasa	1133	11	6	62	331	0	410	2	2	2	6	0	12
1333	Laihia	1133	10	60	48	96	1	216	3	3	7	4	1	19
2311	Kauhava	1133	10	61	61	62	0	195	1	4	6	5	0	17
2313	Alajärvi	1133	15	21	111	95	0	242	1	4	9	6	0	20
2331	Kyyjärvi	1133	2	93	108	91	0	294	1	3	7	4	0	15
2333	Kivijärvi	1133	0	92	69	71	0	232	0	3	6	5	0	14
3311	Viitas.	1133	0	10	72	25	1	108	0	2	7	4	1	14
3313	Vesanto	1133	0	62	159	23	0	245	0	4	5	4	0	14
3331	Siilinj.	1133	1	9	154	34	0	198	1	3	10	7	0	21
3333	Juankoski	1133	5	10	226	24	2	267	2	4	12	4	1	23
4311	Sivakkav.	1133	5	65	404	18	1	493	2	4	14	3	1	24
4313	Koli	1133	26	108	556	22	2	714	2	4	13	3	1	23
4331	Koitere	1133	31	57	454	6	2	551	1	4	10	4	1	21
4333	Naarva	1133	2	8	250	4	1	267	2	2	12	3	1	21
1332	Raippal.	1122	1	15	50	250	0	316	1	4	4	8	0	17
1334	Oravainen	1122	3	42	30	286	0	361	1	3	6	5	0	15
2312	Alahärmä	1122	16	25	161	80	0	282	1	3	8	4	0	16
2314	Evijärvi	1122	19	8	156	97	0	280	3	2	8	5	0	18
2332	Perho	1122	0	64	134	80	0	278	0	3	8	5	0	16
2334	Kinnula	1122	0	84	123	37	0	247	0	2	7	6	0	16
3312	Pihtipudas	1122	0	24	44	26	1	95	0	4	8	6	1	19
3314	Pielavesi	1122	0	22	110	12	0	144	0	4	11	5	0	20
3332	Lapinlahti	1122	3	5	183	12	0	203	1	5	12	6	0	24
3334	Nilsjä	1122	33	5	288	20	4	350	2	2	12	6	1	23
4312	Yläluosta	1122	19	63	642	34	11	769	1	3	13	4	2	23
4314	Juuka	1122	2	32	420	19	20	494	1	4	12	4	1	23
4332	Liekka	1122	27	59	340	6	18	450	1	4	10	3	3	21
1343	Vexala	1112	0	26	48	218	1	293	0	3	4	5	1	13
2321	Pietars.	1112	2	109	137	150	0	398	2	4	8	5	0	19
2323	Kaustinen	1112	11	35	331	234	0	611	2	4	8	7	0	21
2341	Lestijärvi	1112	1	77	245	67	0	395	1	4	8	6	0	20
2343	Reisjärvi	1112	0	90	301	145	0	539	0	4	9	6	0	20
3321	Pyhäjärvi	1112	0	132	178	31	0	341	0	4	11	4	0	19
3323	Kiuruvesi	1112	0	31	169	10	0	210	0	3	14	5	0	22
3341	Iisalmi	1112	0	5	268	7	0	280	0	3	12	5	0	20
3343	Rautavaara	1112	0	5	528	5	2	540	0	2	13	4	1	20
4321	Nurmes	1112	4	56	773	11	14	858	1	3	11	3	1	19
4323	Savijärvi	1112	11	25	514	16	13	579	1	3	12	4	2	22
2322	Kokkola	1101	0	34	136	127	0	297	0	3	5	4	0	12
2324	Kannus	1101	3	77	218	87	0	385	1	4	10	6	0	21
2342	Sievi	1101	4	114	409	76	0	603	2	3	9	7	0	21
2344	Nivala	1101	0	97	329	62	1	490	0	3	10	7	1	22
3322	Kärsämäki	1101	0	76	279	27	0	382	0	5	11	7	0	23
3324	Lapinsalo	1101	0	51	315	15	0	381	0	4	13	3	0	20
3342	Vieremä	1101	0	24	667	9	0	700	0	3	13	3	0	19
3344	Pirttimäki	1101	0	17	527	5	0	549	0	6	13	2	0	21

4322	Hiidenp.	1101	1	29	608	23	0	661	1	4	13	1	0	19
4324	Mujejärvi	1101	29	75	347	27	6	484	1	3	13	5	2	24
4342	Ulvinsalo	1101	5	21	608	18	6	659	1	3	11	1	2	19
2413	Kalajoki	1091	1	116	52	51	0	222	1	3	7	5	0	17
2431	Ylivieska	1091	0	83	109	48	0	250	0	3	10	5	0	19
2433	Haapavesi	1091	0	68	232	88	0	389	0	4	11	6	0	22
3411	Piippola	1091	0	176	179	53	0	408	0	4	14	5	0	23
3413	Pyhäntä	1091	0	57	332	52	1	442	0	4	18	5	1	28
3431	Kajaani	1091	0	111	597	9	0	717	0	5	13	2	0	20
3433	Sotkamo	1091	5	67	419	13	0	504	2	4	13	4	0	23
4411	Katerma	1091	9	19	375	26	4	433	1	6	13	4	1	25
4413	Kuhmo	1091	1	135	288	39	2	465	1	4	11	4	1	21
4431	Kotajärvi	1091	5	63	371	12	1	457	2	5	11	4	1	24
2432	Pyhäjoki	1080	0	48	65	80	0	196	0	3	7	7	0	19
2434	Vihanti	1080	0	133	174	103	0	410	0	4	13	4	0	21
3412	Rantsila	1080	0	169	257	47	0	473	0	4	14	6	0	24
3414	Kestilä	1080	0	126	851	45	0	1022	0	5	15	7	0	27
3432	Oulujärvi	1080	0	103	307	24	0	434	0	4	12	5	0	21
3434	Ristijärvi	1080	1	54	275	45	0	375	1	3	11	5	0	20
4412	Hirsijärvi	1080	3	50	387	38	0	478	1	5	13	3	0	22
4414	Lentiira	1080	3	109	518	13	9	652	2	5	14	4	1	26
2441	Raahe	1069	0	81	102	72	0	255	0	4	7	6	0	17
2443	Ruukki	1069	0	40	128	87	0	255	0	5	11	5	0	21
3421	Tyrnävä	1069	0	88	447	55	0	590	0	4	15	5	0	24
3423	Utajärvi	1069	0	74	620	68	0	762	0	4	16	6	0	26
3441	Puokiov.	1069	1	67	436	31	0	535	1	5	12	4	0	22
3443	Paljakka	1069	1	36	245	36	0	318	1	5	12	4	0	22
4421	Hyrnsalmi	1069	1	35	490	44	13	583	1	4	12	5	1	23
4423	Alavuokki	1069	0	101	398	22	3	524	0	5	13	3	1	22
2444	Oulu	1059	0	79	187	72	0	338	0	4	10	5	0	19
3422	Ylikiim.	1059	0	61	391	58	0	510	0	3	15	6	0	24
3424	Sanginkylä	1059	19	142	705	71	0	937	1	4	15	6	0	26
3442	Puolanka	1059	3	37	360	35	0	435	1	6	13	2	0	22
3444	Joukokylä	1059	8	74	318	24	0	424	1	5	13	2	0	21
4422	Suomuss.	1059	10	26	385	29	0	450	1	3	12	3	0	19
4424	Kianta	1059	0	64	409	17	4	494	0	4	11	4	1	20
2533	Haukipudas	1048	0	59	101	25	0	185	0	4	7	5	0	16
3511	Kiiminki	1048	1	73	408	51	0	533	1	4	11	6	0	22
3513	Kipinä	1048	20	65	379	63	0	527	2	3	13	8	0	26
3531	Jonku	1048	42	40	197	39	0	318	2	5	12	3	0	22
3533	Siikavaara	1048	24	22	292	22	0	360	2	4	13	4	0	23
4511	Piispaj.	1048	27	52	370	12	0	461	2	4	12	3	0	21
4513	Anttila	1048	11	48	213	14	0	286	2	5	12	2	0	21
2534	Kuivaniemi	1037	2	83	386	77	0	552	1	3	7	8	0	21
3512	Yli-Ii	1037	0	41	361	25	0	427	0	4	12	6	0	22
3514	Pudasjärvi	1037	12	35	393	30	0	470	3	3	13	7	0	26
3532	Iinattij.	1037	66	17	358	43	0	484	2	5	15	3	0	25
3534	Taivalk.	1037	5	28	379	41	1	454	2	4	12	5	1	24
4512	Jokijärvi	1037	0	72	595	18	0	685	0	3	10	4	0	17
4514	Hossa	1037	6	67	196	12	0	281	1	5	11	2	0	19
2541	Kemi	1027	0	80	629	237	0	947	0	3	6	8	0	18
2543	Simo	1027	1	72	561	309	2	945	1	4	9	8	1	23
3521	Oijärvi	1027	3	15	653	70	0	741	2	3	13	8	0	26
3523	Haarahilt.	1027	139	15	507	49	0	710	2	2	10	6	0	20
3541	Rytinki	1027	31	32	278	51	0	392	2	2	12	4	0	20
3543	Loukusa	1027	6	85	351	64	0	506	1	5	13	5	0	24
4521	Kuolio	1027	6	59	470	47	0	582	3	4	9	5	0	21
4523	Poussu	1027	4	9	255	26	0	294	2	3	10	3	0	18
2542	Karunki	1016	0	70	291	255	1	618	0	4	6	7	1	19
2544	Runkaus	1016	0	62	398	173	0	633	0	4	10	8	0	22

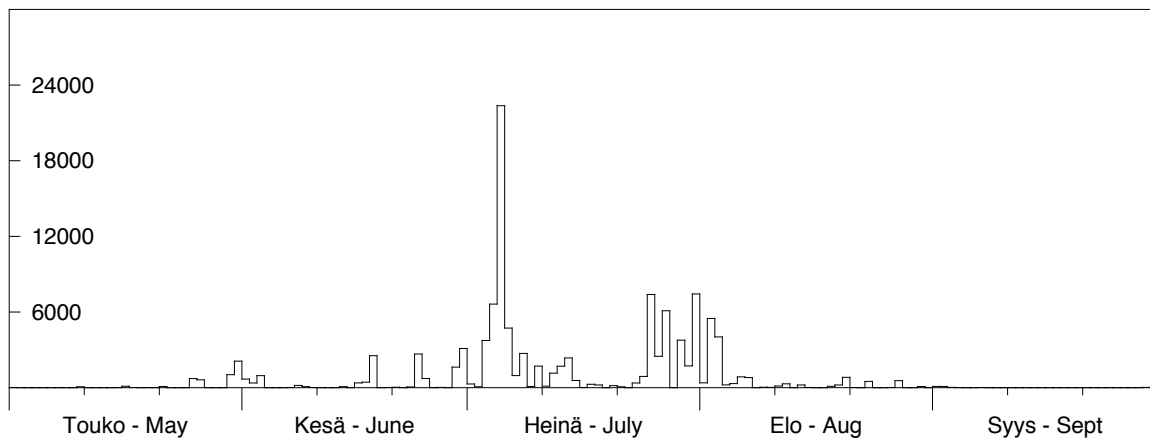
3522	Rov.aho	1016	31	20	632	88	0	771	2	5	10	7	0	24
3524	Ranua	1016	257	45	312	32	0	646	2	2	12	5	0	21
3542	Simojärvi	1016	23	27	302	38	0	390	2	4	7	7	0	20
3544	Posio	1016	7	22	472	18	0	519	2	3	13	3	0	21
4522	Vasaraperä	1016	2	46	409	36	0	493	2	5	10	3	0	20
4524	Kuusamo	1016	2	33	257	44	0	336	1	6	8	3	0	18
2613	Ylitornio	1005	0	8	126	14	1	149	0	3	5	5	1	14
2631	Törmäsij.	1005	0	23	136	34	1	194	0	3	7	6	1	17
2633	Muurola	1005	0	25	319	69	0	413	0	4	7	6	0	17
3611	Inginkiv.	1005	41	35	516	43	0	635	3	4	12	3	0	22
3613	Vanttausk.	1005	73	114	231	20	0	438	2	4	9	7	0	22
3631	Pirttik.	1005	57	62	301	64	0	484	2	4	10	5	0	21
3633	Perä-Posio	1005	15	34	206	16	0	271	1	4	11	5	0	21
4611	Kitka	1005	2	67	475	73	0	617	1	5	10	3	0	19
4613	Ruka	1005	0	44	432	49	0	525	0	4	9	4	0	17
2614	Turtola	994	0	42	127	13	0	182	0	3	6	4	0	13
2632	Meltosj.	994	7	113	95	20	3	238	1	3	7	6	2	19
2634	Sinettä	994	41	85	231	35	2	394	1	4	8	3	1	17
3612	Rovaniemi	994	12	71	1013	46	0	1142	1	6	10	4	0	21
3614	Misi	994	5	68	493	8	2	576	2	4	8	3	1	18
3632	Luusua	994	0	101	330	3	0	434	0	6	7	1	0	14
3634	Karhujärvi	994	1	53	241	10	0	305	1	4	10	4	0	19
4612	Aholanv.	994	2	74	296	28	0	400	2	5	10	3	0	20
2623	(Pello)	983	0	62	231	48	0	341	0	3	8	4	0	15
2641	Pello	983	12	51	277	61	1	402	1	3	8	6	1	19
2643	Meltaus	983	89	61	539	39	0	728	1	4	9	4	0	18
3621	Perunkaj.	983	8	59	751	67	1	886	1	5	11	3	1	21
3623	Nampa	983	6	74	355	7	0	442	2	7	8	5	0	22
3641	Kemijärvi	983	5	84	343	38	0	470	3	6	7	2	0	18
3643	Kursu	983	1	40	357	10	0	408	1	4	8	2	0	15
4621	Salla	983	5	28	191	9	0	233	1	5	10	3	0	19
2624	Sieppij.	973	1	36	310	58	1	406	1	3	8	6	1	19
2642	Pasmajärvi	973	4	105	159	71	2	341	1	2	8	9	1	21
2644	Lohiniva	973	28	103	859	27	0	1017	2	3	9	5	0	19
3622	Unari	973	6	116	683	8	0	813	2	4	8	4	0	18
3624	Luosto	973	0	56	547	10	0	613	0	6	8	2	0	16
3642	Pelkosenn.	973	1	61	237	13	0	312	1	5	8	4	0	18
3644	Ahvenselkä	973	5	23	102	13	0	143	1	3	10	2	0	16
4622	Saija	973	0	63	181	10	0	254	0	5	10	1	0	16
2713	Kolari	962	2	99	324	37	0	462	1	4	9	6	0	20
2731	Kurtakko	962	1	142	385	90	0	618	1	3	10	6	0	20
2733	Kaukonen	962	17	62	549	14	0	642	1	2	9	4	0	16
3711	Syväjärvi	962	2	55	836	23	0	916	1	2	7	3	0	13
3713	Sodankylä	962	0	62	515	3	0	580	0	4	9	2	0	15
3731	Kelujärvi	962	0	61	294	18	0	373	0	3	6	4	0	13
3733	Savukoski	962	6	78	233	1	0	318	2	3	10	1	0	16
4711	Maltiot.	962	3	57	436	8	0	504	2	3	9	3	0	17
4713	Sorsat.	962	6	16	507	25	0	554	2	3	10	1	0	16
2714	Kihlanki	951	7	90	291	36	0	424	1	2	9	6	0	18
2732	Ylläs	951	3	91	568	55	0	717	2	3	10	6	0	21
2734	Kittilä	951	4	31	620	18	0	673	2	1	9	4	0	16
3712	Tepsa	951	57	38	351	30	0	476	1	2	7	6	0	16
3714	Petkula	951	11	20	265	34	0	330	1	3	7	4	0	15
3732	Tanhua	951	1	21	258	12	0	292	1	2	9	4	0	16
3734	Seitajärvi	951	27	46	333	11	0	417	1	3	9	4	0	17
4712	Ruuvaoja	951	4	40	661	11	0	716	1	3	8	2	0	14
4714	Värriöt.	951	0	36	363	5	0	404	0	2	9	2	0	13
2723	Muonio	940	8	89	487	8	0	592	1	2	8	4	0	15
2741	Keimiöt.	940	13	28	636	27	0	704	1	4	7	5	0	17
2743	Kiistala	940	18	32	425	25	0	500	2	3	8	6	0	19

3721	Pomokaira	940	36	13	252	14	0	315	2	2	8	4	0	16
3723	Pomovaara	940	10	14	201	6	0	231	1	2	9	3	0	15
3741	Lokka	940	7	3	181	6	0	197	1	1	9	2	0	13
3743	Alaponku	940	2	28	186	19	0	235	1	2	10	5	0	18
4721	Naltiot.	940	0	18	507	29	0	554	0	2	9	4	0	15
4723	Nuorttit.	940	0	5	435	41	0	481	0	2	8	3	0	13
2724	Ounast.	929	29	29	444	5	0	507	2	2	6	2	0	12
2742	Raattama	929	25	41	580	16	0	662	2	4	7	4	0	17
2744	Pulju	929	50	18	397	6	0	471	1	2	8	3	0	14
3722	Pokka	929	39	12	333	2	0	386	1	1	7	2	0	11
3724	Porttip.	929	14	10	276	4	0	304	1	2	8	2	0	13
3742	Vuotso	929	27	2	145	7	0	181	1	1	8	5	0	15
3744	Sokosti	929	0	5	200	15	0	220	0	2	7	5	0	14
4722	Talkkunap.	929	5	4	320	35	0	364	1	1	9	3	0	14
1833	(Karesuv.)	918	4	40	256	6	0	306	2	2	6	1	0	11
1811	Kaaresuv.	918	42	49	295	15	0	401	2	2	6	4	0	14
2813	Enontekiö	918	89	21	283	2	0	395	2	2	7	2	0	13
2831	Peltovuoma	918	40	51	249	4	0	344	2	3	8	2	0	15
2833	Korsat.	918	37	43	310	2	0	392	1	2	7	1	0	11
3811	Jänispää	918	70	61	136	4	0	271	1	2	7	3	0	13
3813	Kuttura	918	62	24	52	1	0	139	1	4	6	1	0	12
3831	Saariselkä	918	17	5	81	4	0	107	1	1	8	4	0	14
3833	Raja-Joos.	918	1	0	232	9	0	242	1	0	7	4	0	12
1832	Ropi	907	5	12	82	0	0	99	1	2	6	0	0	9
1834	Tarju	907	0	12	110	3	0	125	0	2	6	1	0	9
2812	Urtivaara	907	5	15	162	2	0	184	2	2	7	1	0	12
2814	Jierstiv.	907	55	2	153	0	0	210	2	1	6	0	0	9
2832	Porrast.	907	82	9	106	1	0	198	1	1	6	1	0	9
2834	Kietsimä	907	132	34	86	0	0	252	1	3	5	0	0	9
3812	Lemmenjoki	907	70	12	96	1	0	179	1	3	6	1	0	11
3814	Menesjärvi	907	8	6	59	1	0	74	1	3	7	1	0	12
3832	Ivalo	907	1	13	58	5	0	77	1	2	5	1	0	9
3834	Sarmijärvi	907	1	8	186	22	0	217	1	3	7	2	0	13
1841	Kilpisj.	896	22	11	26	0	0	59	1	1	4	0	0	6
1843	Tsaibma	896	0	32	50	1	0	83	0	2	3	1	0	6
2821	Kautokeino	896	13	24	97	1	0	135	1	2	3	1	0	7
2823	Lavvuoaivi	896	14	10	169	1	0	194	1	2	5	1	0	9
2841		896	16	17	193	3	0	229	1	2	6	2	0	11
2843	Galmat	896	80	34	176	2	1	293	2	4	6	1	1	14
3821	Kaisavarri	896	123	36	150	0	2	311	1	1	4	0	1	7
3823	Palloaivi	896	37	14	242	6	0	299	1	2	6	3	0	12
3841	Inari	896	15	4	430	6	0	455	1	1	3	2	0	7
3843	Nellimä	896	7	4	201	10	0	222	1	2	4	1	0	8
3822	Muotka	885	72	17	152	1	0	242	2	2	5	1	0	10
3824	Peltot.	885	61	32	163	1	0	257	1	2	3	1	0	7
3842	Paksumaa	885	35	5	158	8	0	206	1	1	3	3	0	8
3844	Partakko	885	12	4	138	9	0	163	1	1	4	3	0	9
4822	Surnujärvi	885	12	3	34	0	0	49	1	2	5	0	0	8
3911	Outakoski	874	20	7	17	0	0	44	2	4	1	0	0	7
3913	Kuivi	874	77	16	15	0	0	108	1	3	3	0	0	7
3931	Mieras	874	89	11	39	3	0	142	2	2	4	1	0	9
3933	Iijärvi	874	28	5	54	8	0	95	1	2	4	3	0	10
4911	Sevettij.	874	20	0	51	1	0	72	1	0	4	1	0	6
3914	Kevo	863	33	11	1	0	0	45	1	2	1	0	0	4
3932	Utsjoki	863	37	20	1	0	0	58	1	2	1	0	0	4
3934	Kalldoaivi	863	32	1	12	3	0	48	1	1	3	2	0	7
	Koko maa		4794	14004	80125	15160	278	114478						



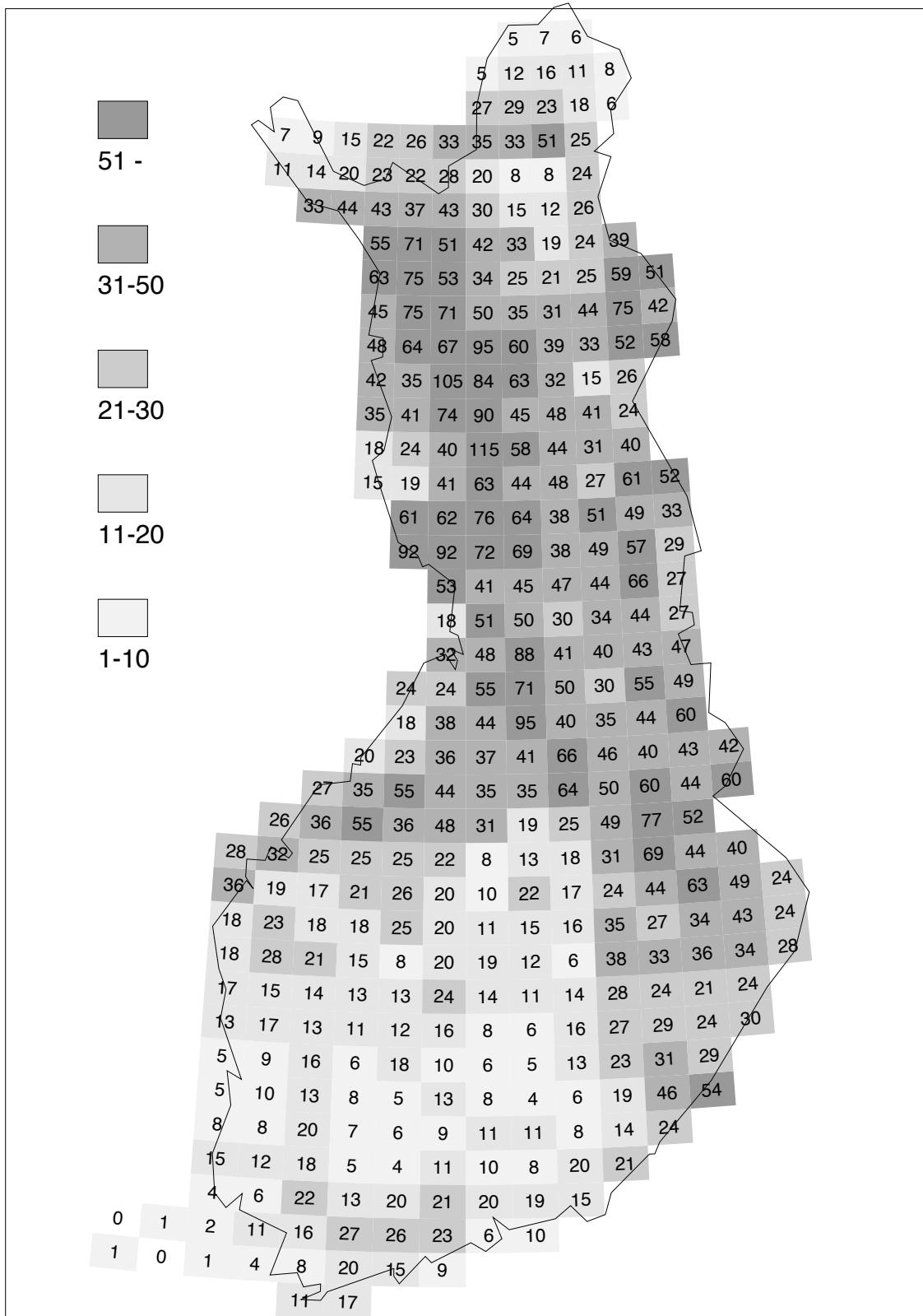
Kuva 5. Taulukosta 1 korjatut ukkospäiväluvut 2016.

Fig. 5. Thunder day numbers corrected from Table 1 in 2016.



Kuva 6. Vuorokautiset paikannettujen salamoiden määrät Suomessa (kuvan 5 kartalla) 2016.

Fig. 6. Daily numbers of located flashes in Finland (the area shown in Fig. 5) in 2016.



Kuva 7. Paikannetut salamat/100 km² v. 2016. Kartan alueella paikannettiin 114 478 salamaa.

Fig. 7. Located flashes per 100 km² in 2016. The total number of located flashes on the map is 114,478.

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. (Numerot ja nimet näkyvät kartoilla kahdella ylimääräisellä sivulla tämän kirjusen 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 esitettyä vuoden 2016 ja jakson 2002-2016 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 sa-

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 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 2002-2016. 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

Taulukko 2. Maakuntien maasalamamäärät 2016 sekä keskimääräinen maasalamatiheys 2002–2016.
 Table 2. Ground flashes of regions in 2016 and the average ground flash density of 2002–2016.

Maakunta/ <i>Region</i> Maasalamatiheys/ <i>Ground flash density</i>	Jakso Period	Touko May	Kesä Jun	Heinä Jul	Elo Aug	Syys Sep	Yhteensä Total
Etelä-Karjala/ <i>South Karelia</i>	2016	17	241	1621	28	8	1915
	2002-2016	3	5	10	6	1	26
Etelä-Pohjanmaa/ <i>Southern Ostrobothnia</i>	2016	155	265	905	1457	5	2787
	2002-2016	4	8	24	10	1	47
Etelä-Savo/ <i>Southern Savonia</i>	2016	2	508	2679	426	17	3632
	2002-2016	2	7	15	6	1	30
Itä-Uusimaa/ <i>Eastern Uusimaa</i>	2016	1	131	151	122	0	405
	2002-2016	3	3	8	10	1	25
Kainuu	2016	110	1509	9211	569	42	11441
	2002-2016	2	6	19	7	0	34
Kanta-Häme/ <i>Tavastia Proper</i>	2016	12	89	192	131	0	424
	2002-2016	3	6	13	7	1	30
Keski-Pohjanmaa/ <i>Central Ostrobothnia</i>	2016	17	361	1043	4426	0	5847
	2002-2016	4	7	28	11	1	50
Keski-Suomi/ <i>Central Finland</i>	2016	42	825	966	1198	16	3047
	2002-2016	5	9	20	8	1	42
Kymenlaakso	2016	8	233	357	154	9	761
	2002-2016	2	4	10	8	1	24
Lappi/ <i>Lapland</i>	2016	2524	4033	31302	2676	17	40552
	2002-2016	1	3	13	4	0	21
Päijät-Häme/ <i>Päijänne Tavastia</i>	2016	0	161	223	228	1	613
	2002-2016	2	7	14	7	1	31
Pirkanmaa	2016	325	170	593	655	8	1751
	2002-2016	4	7	17	8	1	38
Pohjanmaa/ <i>Ostrobothnia</i>	2016	57	287	533	1000	3	1880
	2002-2016	2	4	17	10	1	35
Pohjois-Karjala/ <i>North Karelia</i>	2016	147	799	7304	245	99	8594
	2002-2016	2	5	14	6	1	27
Pohjois-Savo/ <i>Northern Savonia</i>	2016	68	321	4520	383	21	5313
	2002-2016	2	7	18	7	0	35
Satakunta	2016	71	24	157	529	3	784
	2002-2016	3	6	17	9	1	36
Uusimaa	2016	58	225	724	483	2	1492
	2002-2016	2	4	14	12	2	34
Varsinais-Suomi/ <i>Southwest Finland</i>	2016	416	87	380	408	1	1292
	2002-2016	4	3	15	10	1	33
Ahvenanmaa/ <i>Åland Islands</i>	2016	0	0	0	0	0	0
	2002-2016	3	1	4	7	1	16
Pohjois-Pohjanmaa/ <i>Northern Ostrobothnia</i>	2016	264	2449	11632	1955	2	16302
	2002-2016	2	5	22	10	0	39

malla alueella merkitsee todellista ukkosta, jollaisesta ei mahdollisia harhoja voi yleensä erotella. Vain yksittäisiä paikannettuja salamoita, varsinkin epä-todennäköisessä säätilanteessa, on tarkistettu tutkatiedon avulla. Harhoiksi todetutkin on kuitenkin säilytetty tiedostoissa, koska vaikutus ainakin salamatiheyteen on vähäinen.

Vuoden 2016 ensimmäinen kunnan ukkospäivä koettiin 10.5., kun Suomessa havaittiin noin 70 maasalamaa. Touko- ja kesäkuun salamamäärät (4 800 ja 14 000) olivat molemmat noin 50 % keskimääräisestä.

Heinäkuussa salamoit runsaasti: 80 000 salamaa oli selvästi yli kuun keskiarvon (60 000). Salamoinnin pääpaino oli Pohjois-Suomessa.

Vuoden kokonaissalamamäärä, noin 115 000, on hieman keskimääräistä alhaisempi. Vuoden ukkospäiväluvun keskiarvo (12,1) oli tavanomainen.

3 Kesän 2016 tärkeimmät ukkosjaksot

Edellisissä vuosikirjoissa on kesän ukkosjaksot esitelty pääosin tekstimuodossa. 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).

Ukkokset jaetaan syntytapansa mukaan rintama- ja ilmassaukkosiin. Rintamaukkokset syntyvät kylmän, lämpimän tai okluusiorintaman yhteydessä. Ilmassaukkosista erotetaan kolme lajia: lämpöukkonen, joka syntyy lämpimässä ilmassassa; polaariuk-

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 2016 occurred on May 10th when about 70 ground flashes were observed. The flash counts in May and June were both about half of the monthly average (4800 and 14 000, respectively).

July was intense with lightning: 80 000 flashes is well-above the average (60 000). Most of the thunderstorms occurred in the Northern Finland.

The annual total, about 115 000, is only little below the average. The average thunderstorm day number, 12.1, was close to the average as well.

3 Main thunderstorm periods in summer 2016

In the previous yearbooks the thunderstorm episodes were described mainly 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

konen, joka syntyy viileässä ilmassassa; pintasolaukkonen (tai kuuro-nauhaukkonen), joka liittyy matalan paineen pintasolaan useimmiten kylmän rintaman etupuolella.

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.

Taulukko 3. Tilastoja negatiivisille, positiivisille ja kaikille salamoille.
Table 3. Statistics of flash parameters for negative, positive and all flashes.

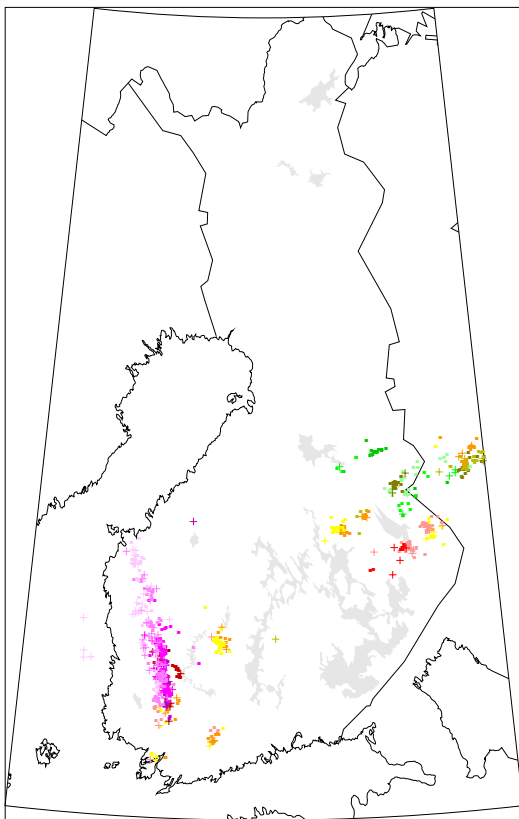
	Neg.	Pos.	Kaikki / All
Voimakkuus / Peak current [kA]			
mediaani / median	-5,4	9,3	6,2
Keskiarvo / mean	-17,4	14,2	16,6
Kerrannaisuus / Multiplicity	1,9	1,3	1,8
1-iskuiset / Single stroke [%]	58,1	79,4	63,3
Napaisuus / Polarity [%]	75,6	24,4	100,0
> 100 kA [#/%]	716 / 0,89	164 / 0,63	880 / 0,83
> 160 kA [#/%]	70 / 0,087	23 / 0,09	93 / 0,09
Anturiluku / ANSR	4,3	3,8	4,2
Tarkkuus / Accuracy [km]			
Mediaani / median	0,1	0,4	0,2
Keskiarvo / mean	1,3	1,8	1,4

4 Salamoiden kerrannaisuudet ja voimakkuudet

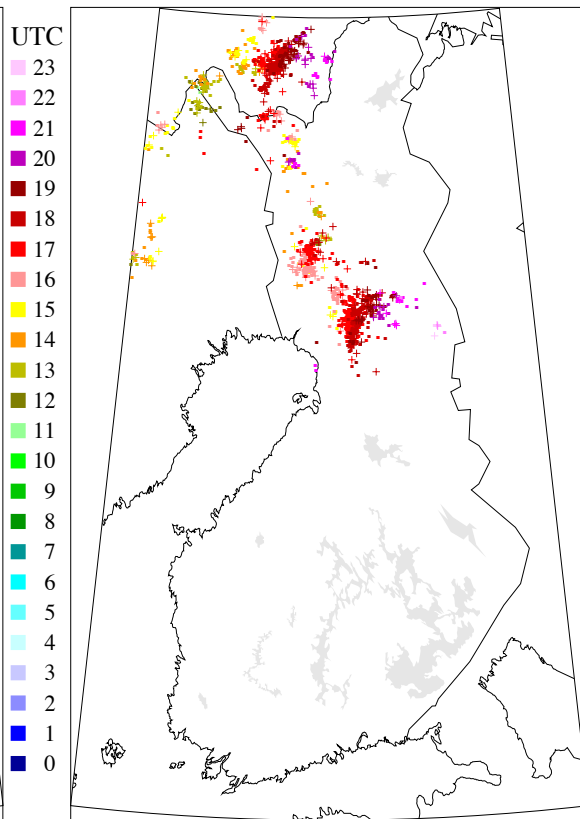
Koska paikannin havaitsee salaman osaiskut erikseen, se käsittelee kokonaista salamaa toissijaisena suureena, joka saadaan ryhmittelemällä iskuja tiettyjen ehtojen puitteissa. Paikannusvirheiden takia samaan pisteeseen maassa osuvat iskut paikantuvat hieman eri kohtiin, mutta usein salaman eri iskut 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).

4 Flash multiplicities and peak currents

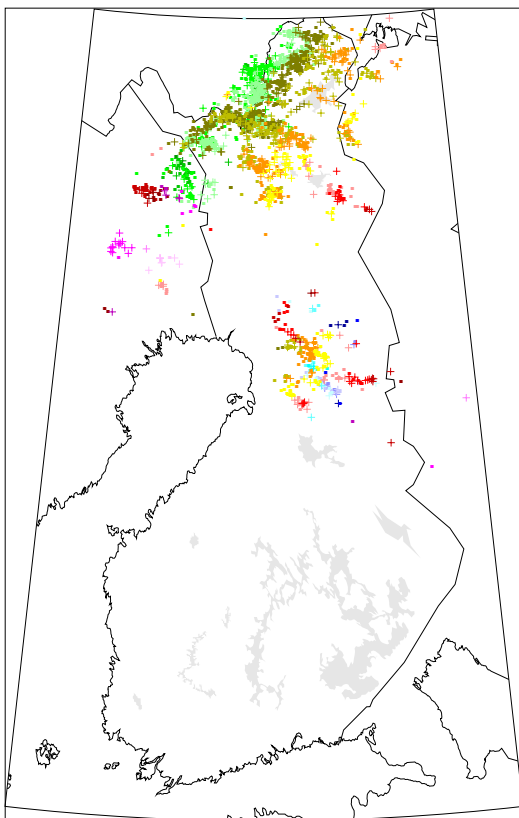
Because the location system detects the strokes separately, it treats a whole flash as a secondary quantity, which is obtained by grouping strokes under certain conditions. Due to location errors, strokes to the same point at the ground are located slightly separated, but often different strokes of a 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.



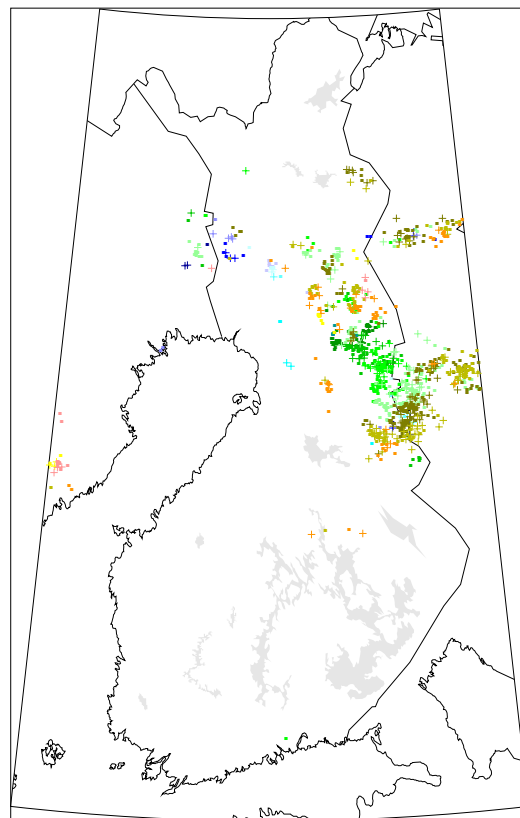
Kuva 8. Päivä 0525, 814 salamaa.
 Fig. 8. Day 0525, 814 flashes.



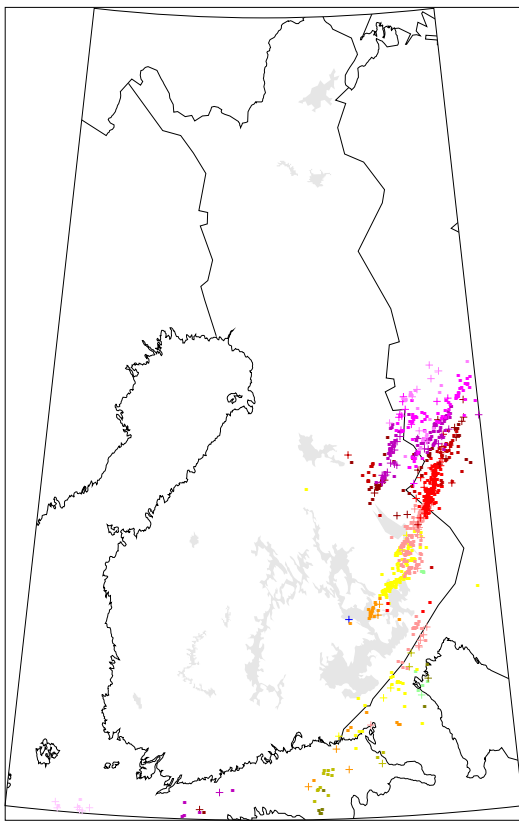
Kuva 9. Päivä 0530, 1606 salamaa.
 Fig. 9. Day 0530, 1606 flashes.



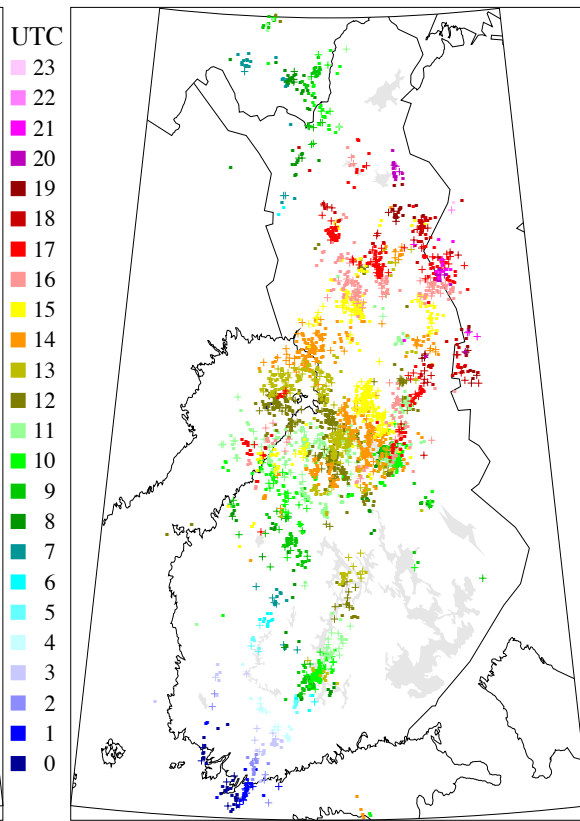
Kuva 10. Päivä 0531, 2459 salamaa.
 Fig. 10. Day 0531, 2459 flashes.



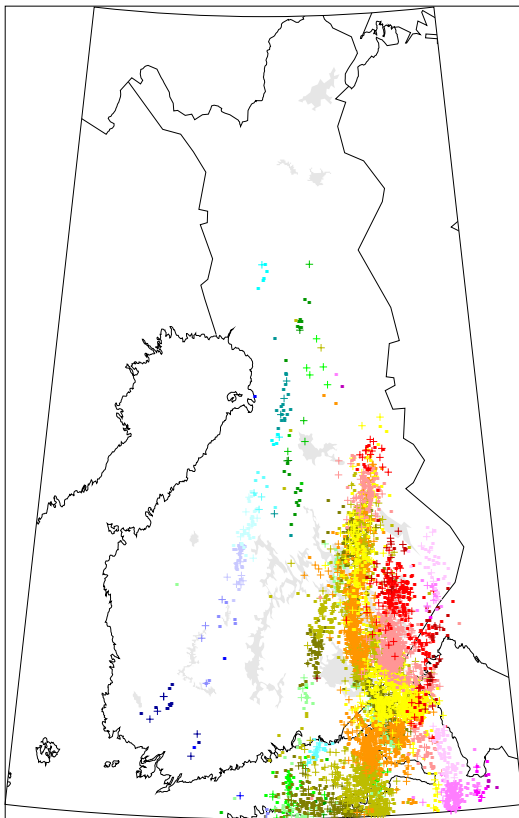
Kuva 11. Päivä 0601, 1078 salamaa.
 Fig. 11. Day 0601, 1078 flashes.



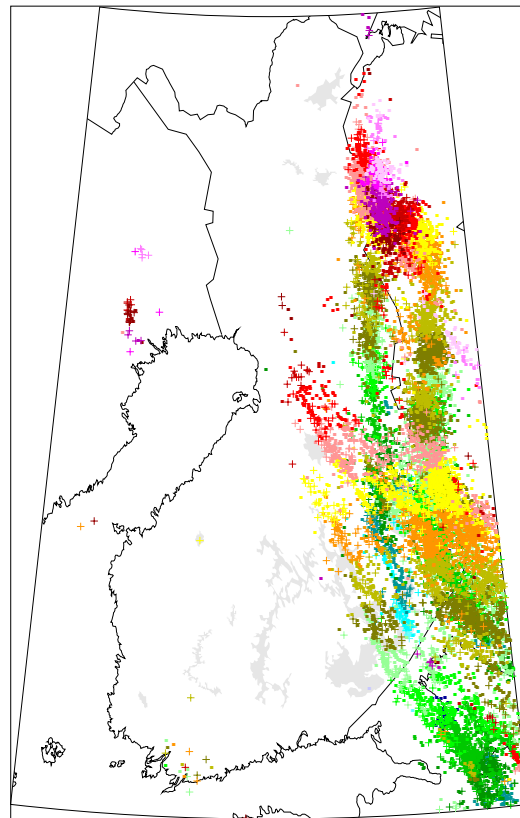
Kuva 12. Päivä 0617, 862 salamaa.
 Fig. 12. Day 0617, 862 flashes.



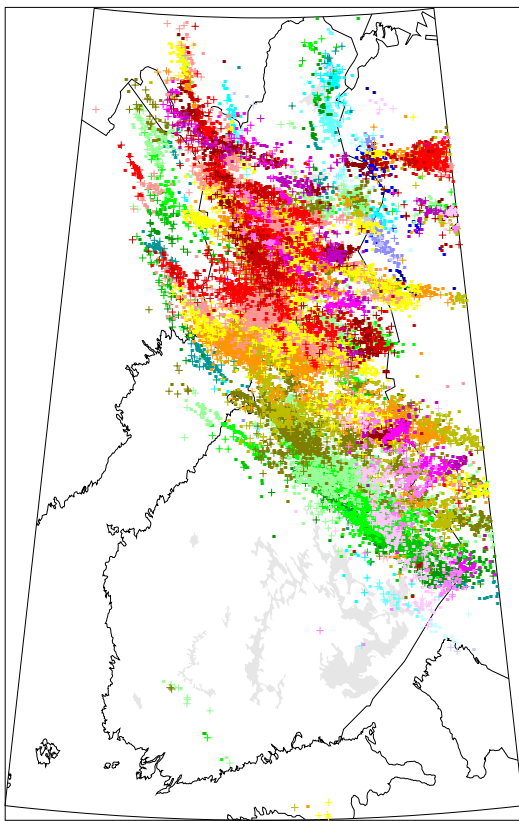
Kuva 13. Päivä 0630, 3532 salamaa.
 Fig. 13. Day 0630, 3532 flashes.



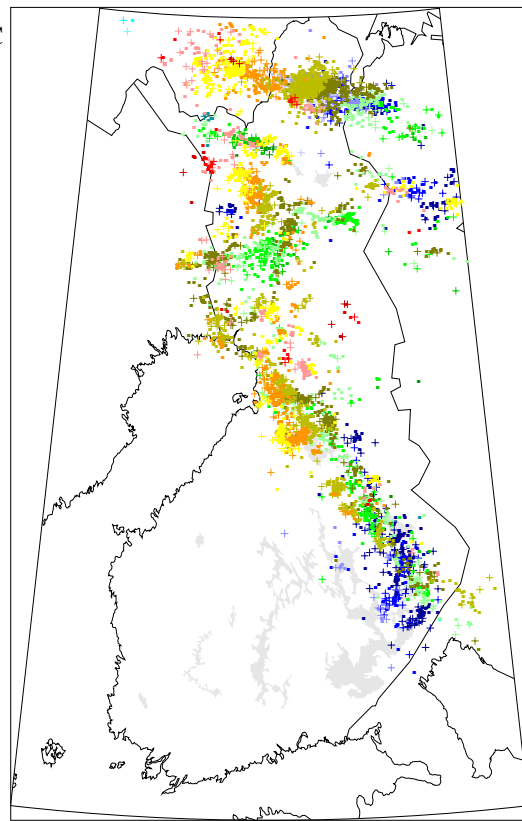
Kuva 14. Päivä 0703, 6704 salamaa.
 Fig. 14. Day 0703, 6704 flashes.



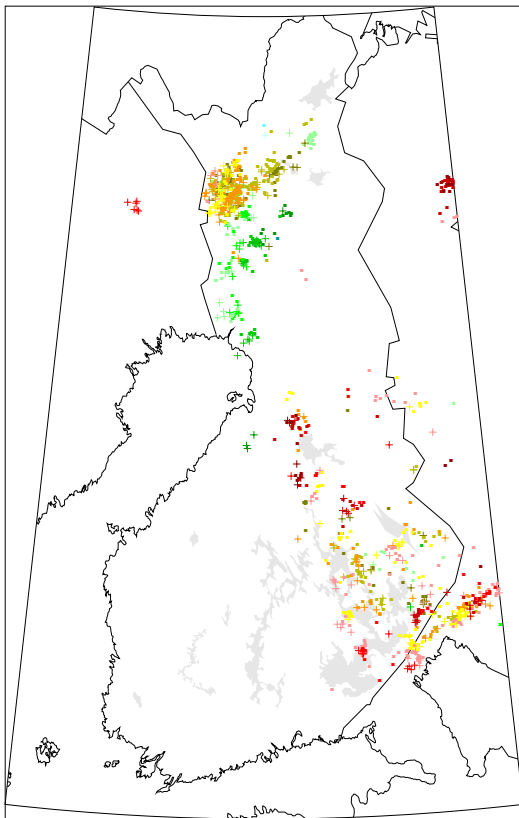
Kuva 15. Päivä 0704, 15925 salamaa.
 Fig. 15. Day 0704, 15925 flashes.



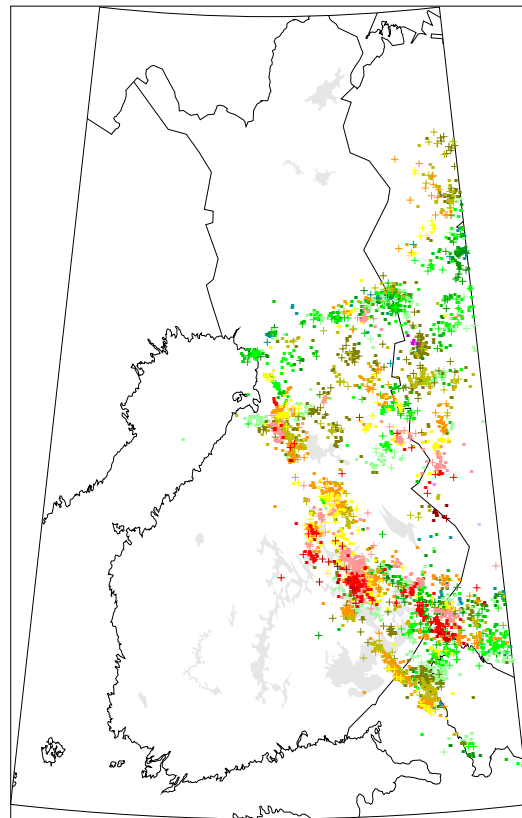
Kuva 16. Päivä 0705, 26201 salamaa.
 Fig. 16. Day 0705, 26201 flashes.



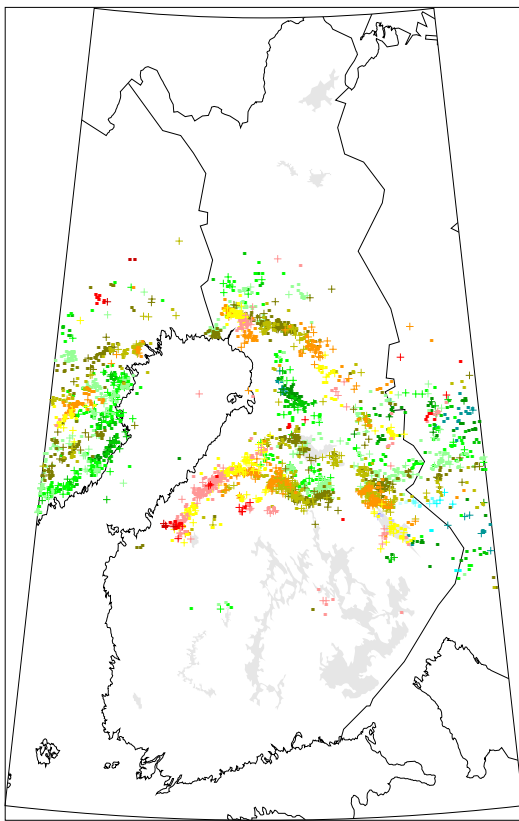
Kuva 17. Päivä 0706, 5717 salamaa.
 Fig. 17. Day 0706, 5717 flashes.



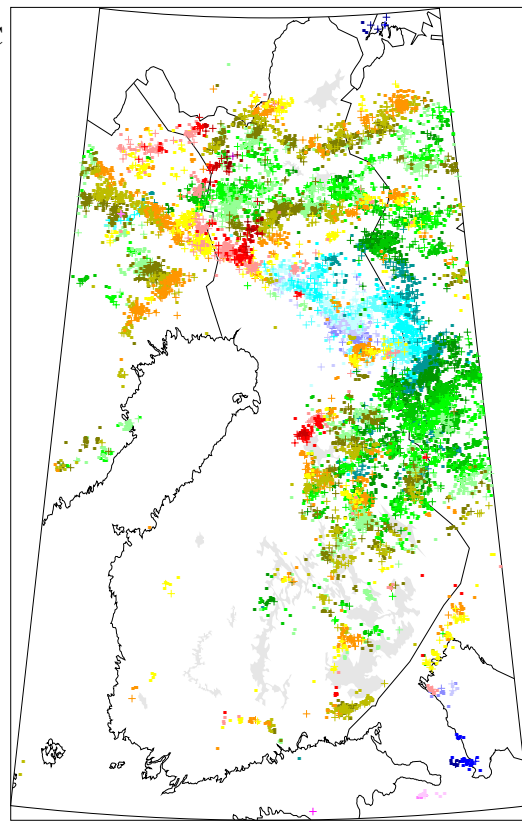
Kuva 18. Päivä 0707, 1149 salamaa.
 Fig. 18. Day 0707, 1149 flashes.



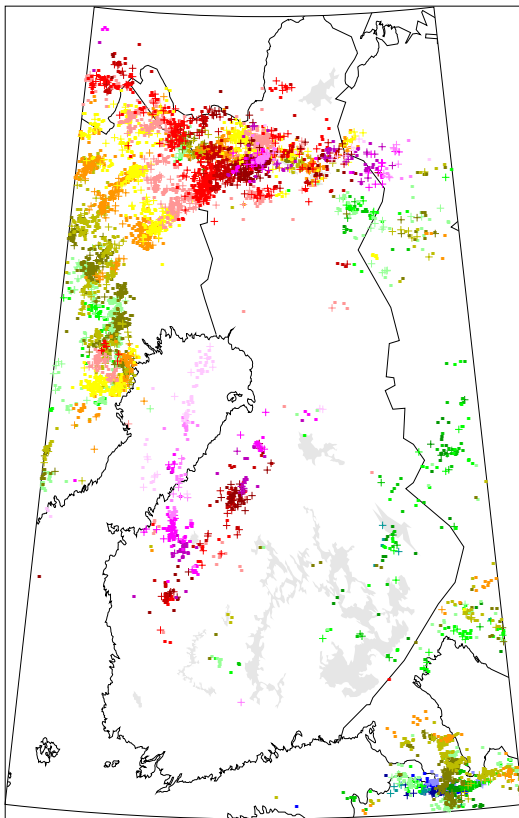
Kuva 19. Päivä 0708, 4207 salamaa.
 Fig. 19. Day 0708, 4207 flashes.



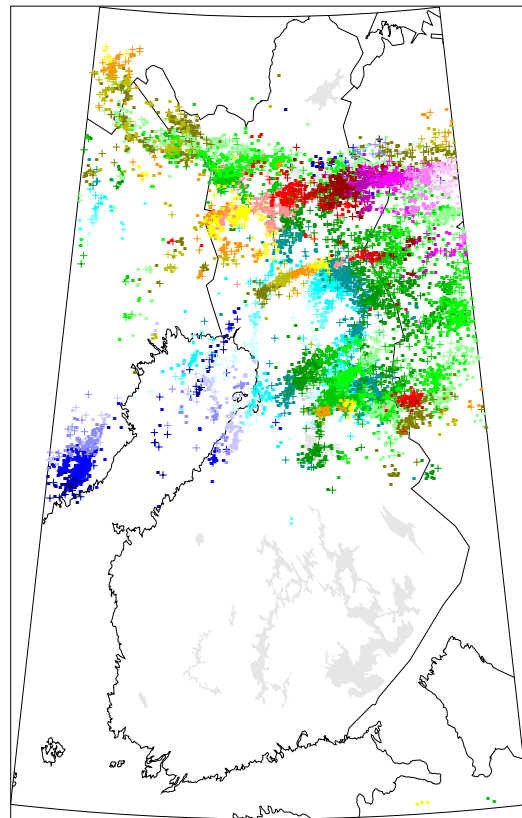
Kuva 20. Päivä 0714, 3508 salamaa.
 Fig. 20. Day 0714, 3508 flashes.



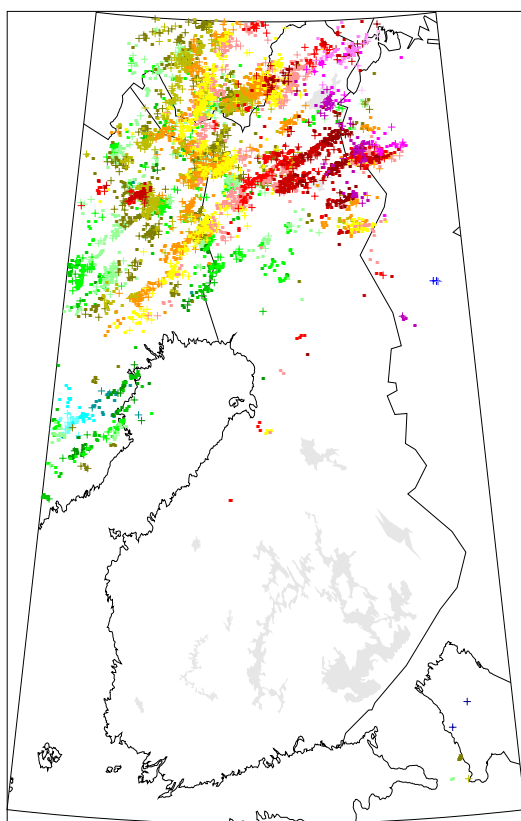
Kuva 21. Päivä 0725, 12997 salamaa.
 Fig. 21. Day 0725, 12997 flashes.



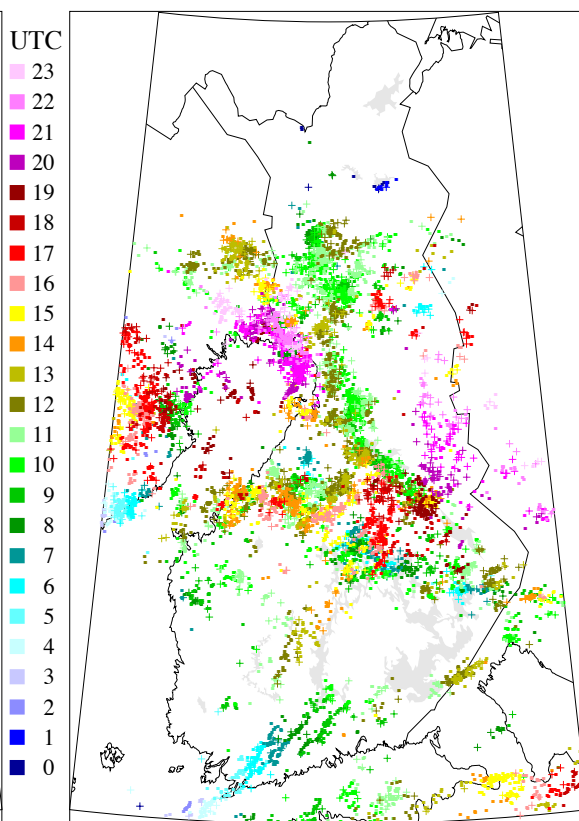
Kuva 22. Päivä 0726, 7190 salamaa.
 Fig. 22. Day 0726, 7190 flashes.



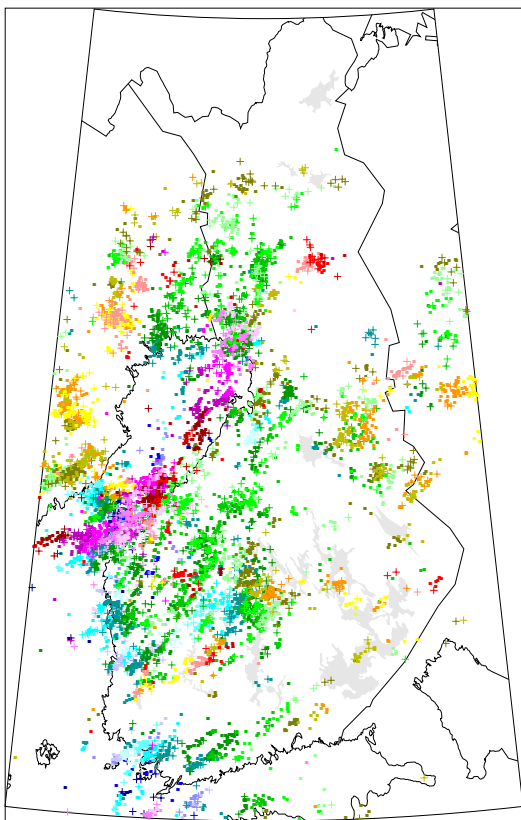
Kuva 23. Päivä 0727, 9594 salamaa.
 Fig. 23. Day 0727, 9594 flashes.



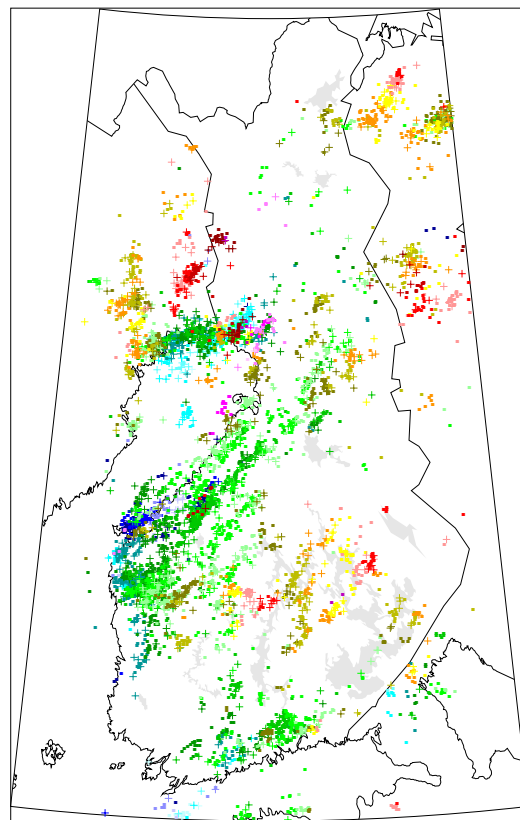
Kuva 24. Päivä 0729, 6496 salamaa.
 Fig. 24. Day 0729, 6496 flashes.



Kuva 25. Päivä 0731, 10122 salamaa.
 Fig. 25. Day 0731, 10122 flashes.



Kuva 26. Päivä 0802, 8471 salamaa.
 Fig. 26. Day 0802, 8471 flashes.

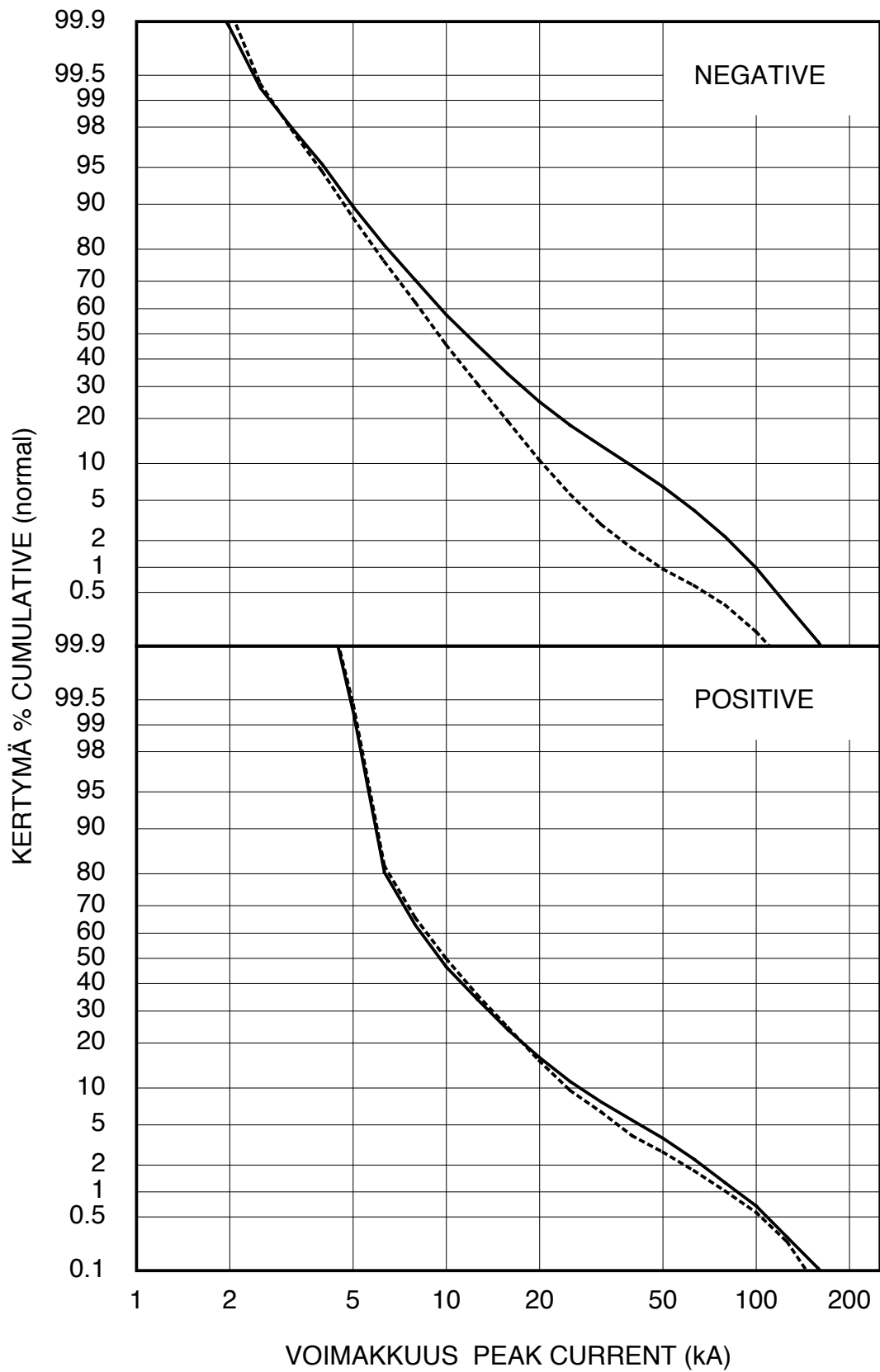


Kuva 27. Päivä 0803, 5689 salamaa.
 Fig. 27. Day 0803, 5689 flashes.

		0.3	1.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.3	0.9	1.0	1.3	1.2
	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.7	1.0	0.4	1.3
0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	4.2	0.5	0.6	0.3	0.7	1.3
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	3.6	3.9	1.4	0.1	0.2	0.3	1.0
0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	2.9	0.5	0.5	0.2	0.4	0.9
0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5
0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.5	0.6	0.5	0.3	0.3	0.2
0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.4	0.6	0.5	0.4
0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4
0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6
0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	1.0	0.4	0.8	0.5	0.7	0.4	0.6	0.6
0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.5	0.7	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5
0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.6	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5
0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4
0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
0.2	0.2	0.2	0.6	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
0.2	0.3	0.2	3.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3
0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.6
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6
0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4
0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4
0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4
0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4
0.2		0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4
0.1			0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	2.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.5	3.0	0.7	0.6	0.5	0.3	0.6

Kuva 28. Paikannustarkkuuden mediaani (km) 2016. Ruutujen keskiarvo on 0.3 km.

Fig. 28. Median location errors (km) in 2016. The mean value of the squares is 0.3 km.



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.

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 myös aivan pilven alaosassa. Erinapaisten salamoiden purkausmekanismi on hieman erilainen, ja niinpä negatiivinen on usein moni-iskuinen, kun taas positiivinen salama on useimmiten vain yksi-iskuinen. Osaiskujen lukumäärää salamassa sanotaan kerännaisuudeksi. Salamoissa esiintyy toisinaan kummankin merkkisiä osaiskuja, jolloin napaisuuden määrää ensimmäinen osaisku.

Salamasuureiden tilastot vuodelle 2016 näkyvät taulukossa 3. Tunnusluvut on laskettu ensimmäisille osaiskuille. Paikannustarkkuuden mediaani on lisäksi karttamuodossa kuvassa 28.

Salaman voimakkuutta kuvataan osaiskun (pääsalaman) sähkövirran huippuarvolla, 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-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 vaakaasteikko on voimakkuus logaritmisena. 50 % negatiivisista salamoista ylittää 10,9 kA ja positiivisten mediaaniarvo on 7,5 kA. Negatiivisista

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 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 strokes 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.

Statistics for flash (i.e., first stroke) parameters for year 2016 are shown in Table 3. The median location accuracy is presented as a map in Fig. 28.

The amplitude of a lightning discharge is described as the peak electric current of the (return) stroke, in units of a kiloampere (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 converting 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

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 2016 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 – 2016

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 havaintoalue on käsittänyt koko maan, jolloin karttaruutujen yhteispinta-ala on $377\,000$ km². Jos vuoden 2016 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.

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 2016 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 – 2016

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 covered the whole country, for which the total map-square area is $377\,000$ km². If the mean detection efficiency for 2016 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.

Taulukko 4. Erittäin rajujen sekä vuoden rajuimpien ukkosten tilastoja 2000-2016.
Table 4. Statistics of exceptionally violent and the years most violent thunderstorms in 2000-2016.

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
2016	0	0	34

Vuosien 1960-2016 kuukausittaiset salamatiheydet sekä vuotuiset ukkospäiväluvut ovat taulukossa 3 (iskutiheys on 1,8 kertaa salamatiheys). Vuoden 2016 ukkospäiväluku 12,1 on kuvan 5 lukujen keskiarvo.

Kuvassa 30 on salamanpaikantimen tulosten vuosikeskiarvo jaksolta 1998-2016. 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 keskisalammäärä), 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 Salamahavain-

The monthly flash densities for 1960-2016 and the annual thunder day numbers are given in Table 3 (the stroke density is 1.8 times the flash density). The thunderstorm day number, 12.1, in 2016 is the mean of the numbers in Fig. 5.

Fig. 30 shows the annual mean of the location results for 1998-2016. 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

noissa (1999, 2000, 2001, 2003) on tarkasteltu käsitettä "ukkoson voimakkuus". Vaikka rajuilmailla tuhoja aiheuttavat myös rankkasade ja voimakas tuuli, ukkoson kannalta luonteva ja selkeä voimakkuussuure on salamatiheys, jonka yksikkönä tässä käytetään (paikannettuja maa-)salamoita/100 km². Ukkoskautta kuvataan myös ilmoittamalla *erittäin rajujen ukkosten määrä*. Tätä varten etsitään suurimmat vuorokautiset salamatiheydet. Tässä vuosikirjassa tilastointiin käytetyt noin 1000 km²:n kokoiset paikalliskarttaruudut kuitenkin tasoittavat salamoiden huipputiheyksiä liiaksi. 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), Etelä-Suomi (2001), Pohjanmaa (2003), Pohjoisin Lappi (2004), Espoo ja Kotka (2007), Keski-Suomi (2010 ja 2011), Varsinais-Suomi ja Kainuu (2012), Päijät-Häme (2013), sekä Lappi, Uusimaa ja Pohjois-Pohjanmaa (2014).

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 salamamat kadonneet? *Ilmastokatsaus*, 8/2013.

(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 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), southern Finland (2001), Ostrobothnia (2003), northernmost Lapland (2004), the south coast (2007), 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).

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 salamamat 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.

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)

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, jolloin asennettiin uusi viiden 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 anturitekniikkaan että keskusyksikön ohjelmistoon, mutta järjestelmän toimintaperiaatteet eivät ole muuttuneet. Tällä perusteella ensimmäistä täyttä salama-

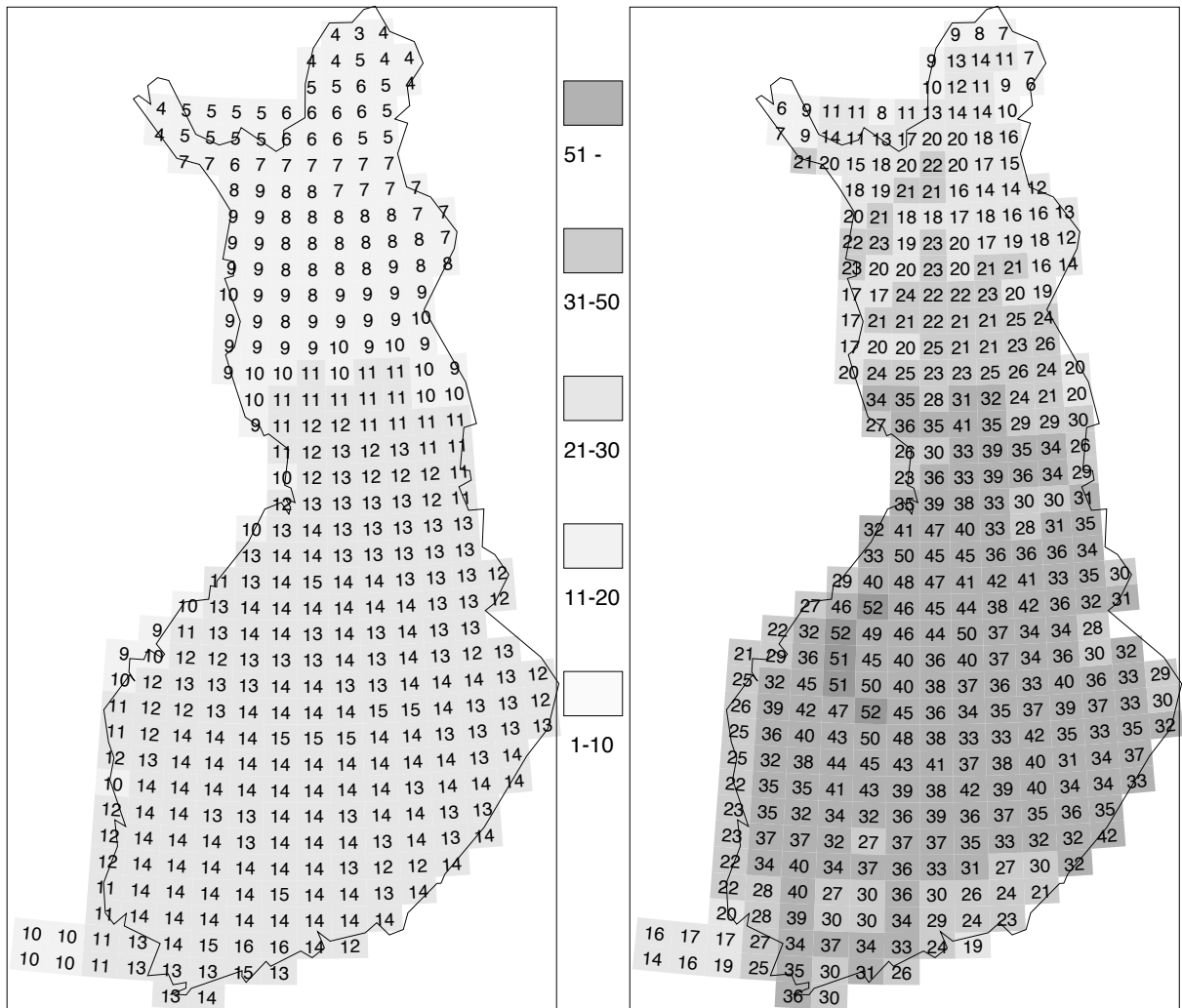
Appendix 1: Lightning location system

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 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

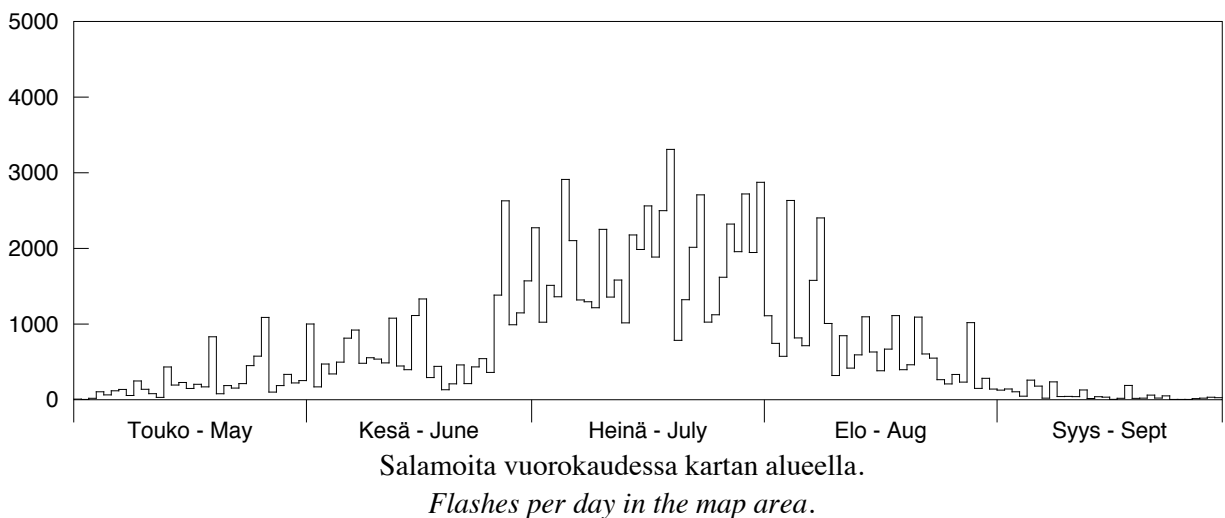
Taulukko 2. Keskimääräiset salamatiheydet (sataa neliökilometriä kohti) ja ukkospäivät.
 Table 2. Mean flash densities (per one hundred square kilometres) and thunder days.

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
2016	1.3	3.9	22.1	4.2	0.1	31.6	12.1
60-16	2.3	9.5	16.5	8.1	1.2	37.6	11.6



Ukkospäivät (pinta-alakorjatut). Keskiarvo on 11,2.
Thunder days (area-corrected). The mean is 11,2.

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



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

Kuva 21. Vuosikeskiarvoja jaksolta 1998-2016 (kokonaismäärä 112171 salamaa vuodessa).
Fig. 21. Annual means for the period 1998-2016 (total number 112171 flashes per year).

kautta 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 (tulosuunnan) 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). Menetelmä siten perustuu kahteen toisistaan riippumattomaan menetelmään, suuntimiseen ja aikaeroon.

Suuntimisen hyödyntäminen kasvattaa havaintotehokkuutta, koska havainto kahdelta anturilta riittää leikkauspisteen ja iskupaikan määrittämiseen; aikaero-

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 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

menetelmällä 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 muutamasta kymmenestä kilometristä muutamaankin sataan kilometriin.

Harhapaikannus syntyy aina jonkin todellisen salamaniskun seurauksena,

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 hundreds of km.

The original cause for an outlier is always a real lightning flash, but in

mutta paikannusalgorithmi päättyy sijainnin suhteen väärään ratkaisuun. Harhapaikannukset eivät ole lukumäärältään tilastollisesti merkittäviä, mutta ne saattavat aiheuttaa ongelmia reaaliaikaisille varoituspalveluille.

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.

Liite 2: Ukkosten pitkän jakson tilastot

Jakson 1998-2007 ukkosia on tarkasteltu ilmastollisesta näkökulmasta julkaisussa *Tuomi ja Mäkelä (2008)*. Väitöskirja käsittelee niin ikään

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*.

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

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 1960-2016, sekä ukkospäiväluku 1887-2016. 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 km^{-2} tai jopa enemmän. Viime vuosista kesät 2003, 2010, 2011 ja 2014 ovat olleet selvimmin erottuvat, mutta nekkään 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 johon salamoita lasketaan, salamamäärä ruutua kohti pienenee, jolloin ilmastollisen ja maastollisen vaihtelun päälle tulee satunnaisempi sään vaihtelun aiheuttama kohina, jonka tasoittamiseksi tarvittaisiin kymmenien vuosien aika-

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 1960-2016, and the average thunderstorm day number of Finland in 1887-2016. 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 km^{-2} 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 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 19-year mean may

sarja. 1 km x 1 km ruuduilla kohina on täysin hallitseva tekijä, ja lisäksi paikannustarkkuus aiheuttaa salamoiden siirtymistä ”vääriin” ruutuihin.

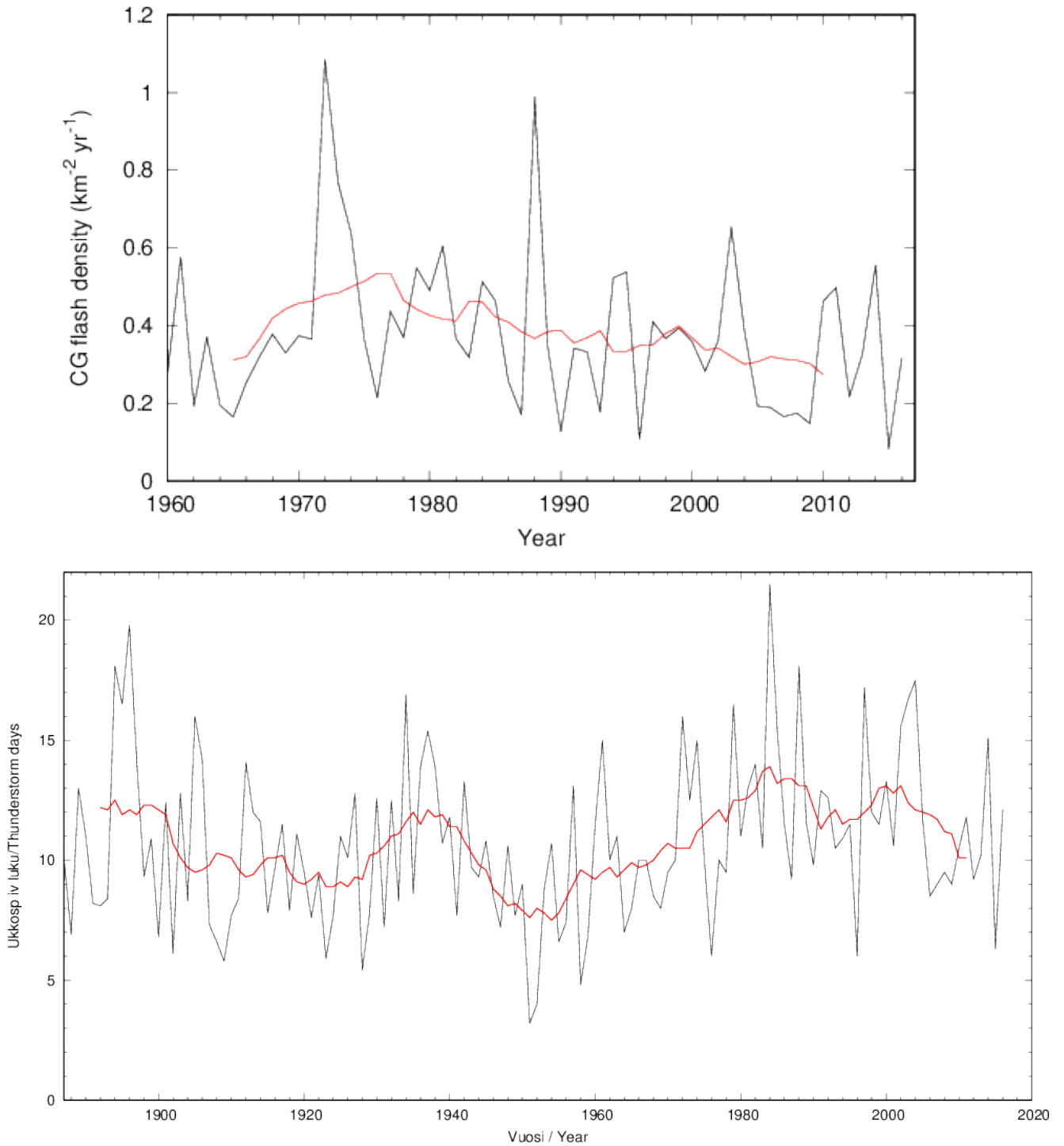
Kiinteän hilan ohella tilastot voidaan laskea liukuvasti tietyn pisteen ympäristössä tietyllä säteellä. Tulos on oleellisesti sama, mutta tästä tehty kuvatulkinna on huomattavasti luonnollisemman näköinen kuin kiinteän hilan tapauksessa.

Kuvissa 32 (vuosi 2016) ja 33 (vuosien 1998-2016 keskiarvo) on esitettyä tiheydet liukuvan menetelmän mukaan.

not 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.

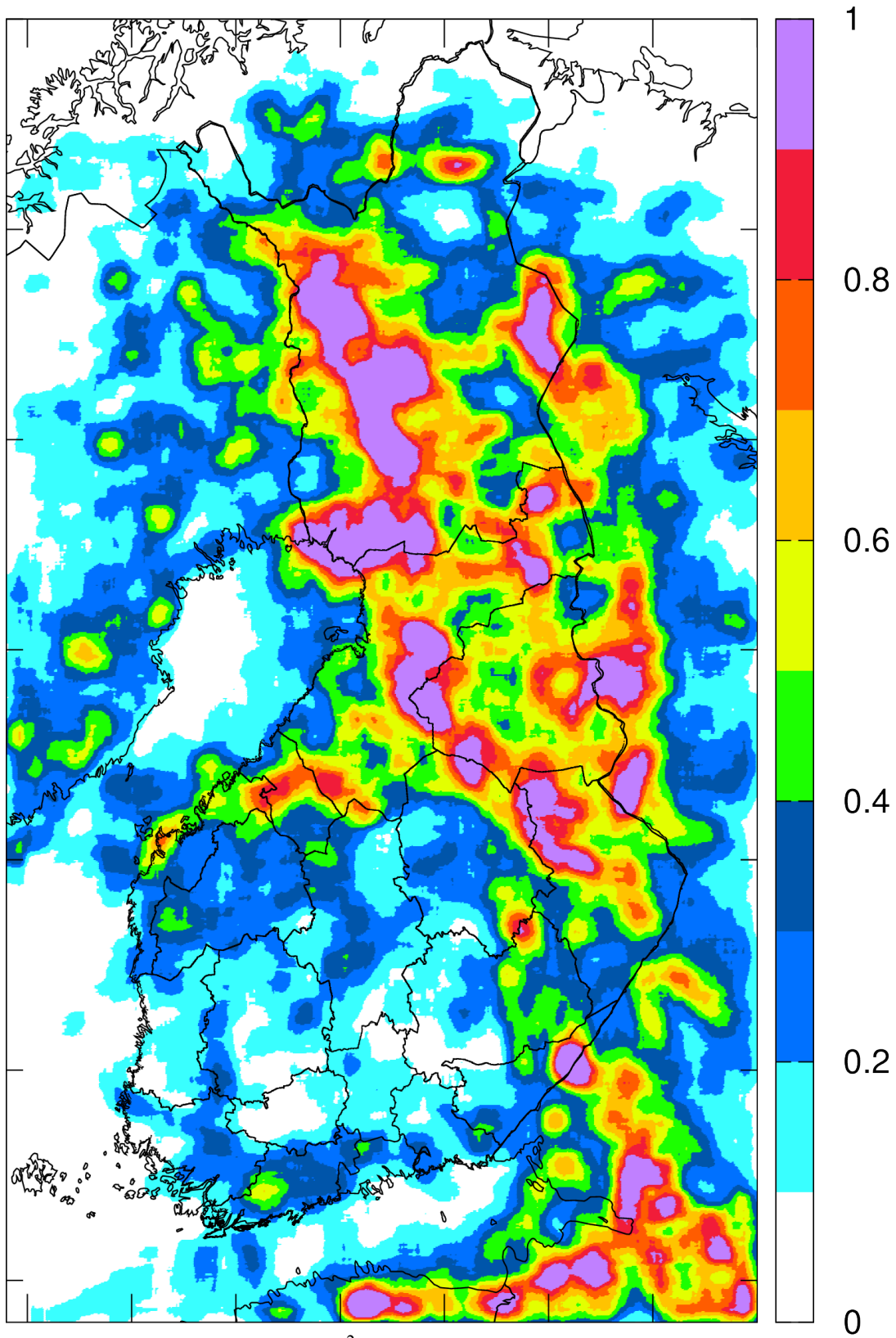
Besides a fixed grid, the density can be calculated in the surroundings of any fixed point within any radius. The result is essentially the same, but the resulting images are smooth and more natural than based on the grid.

In Figs. 32 (year 2016) and 33 (average of 1998-2016) is presented the annual flash density calculated with the above-mentioned sliding circle -method.



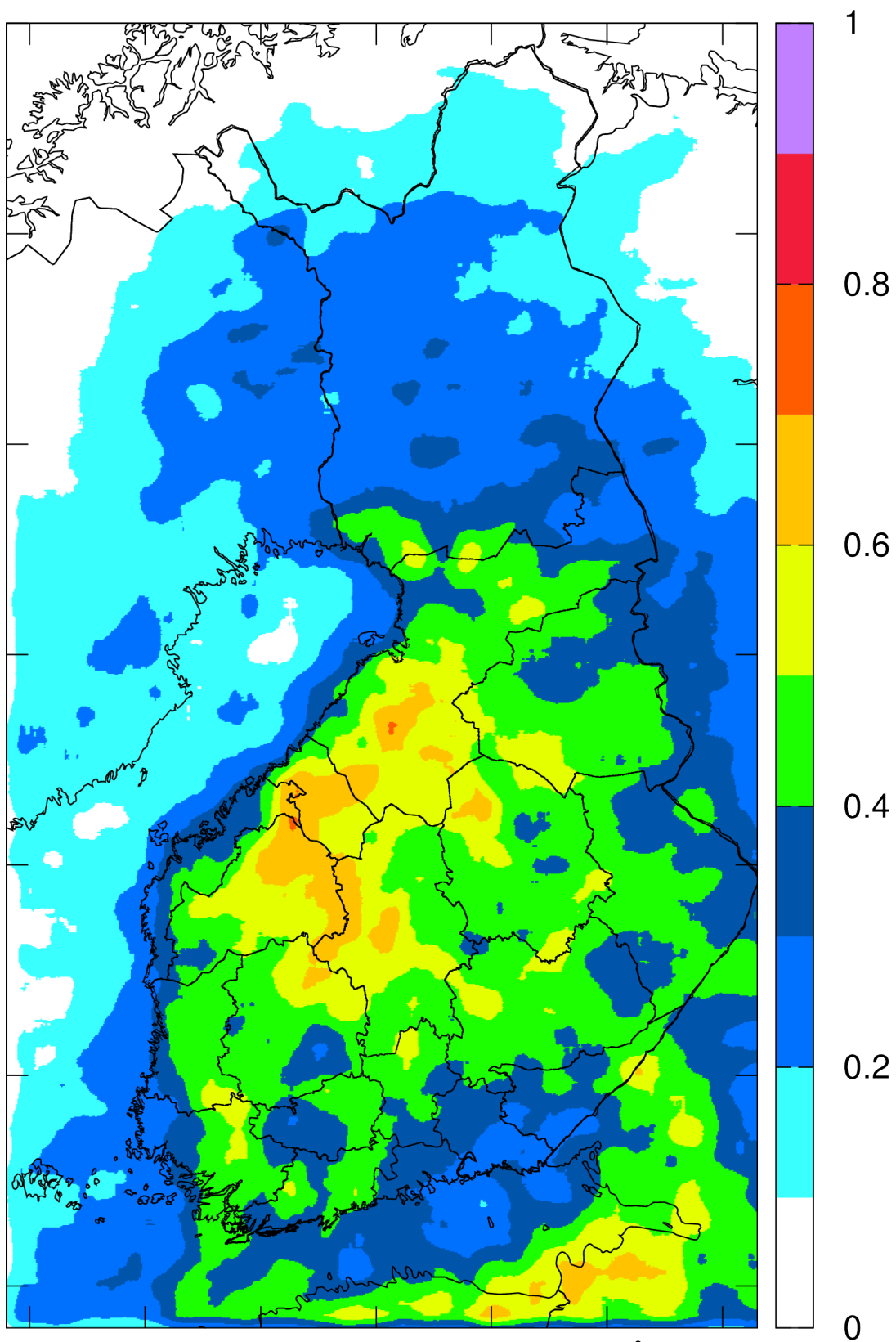
Kuva 31. Keskimääräinen vuotuinen maasalamatiheys Suomessa 1960-2016 (yllä) ja keskimääräinen ukkospäiväluku 1887-2016 (alla). Punainen viiva on 10-vuoden liukuva keskiarvo

Fig. 31. Average annual ground flash density in Finland in 1960-2016 (upper) and the average annual thunderstorm day number in 1887-2016 (lower). Red line is the 10-year moving average.

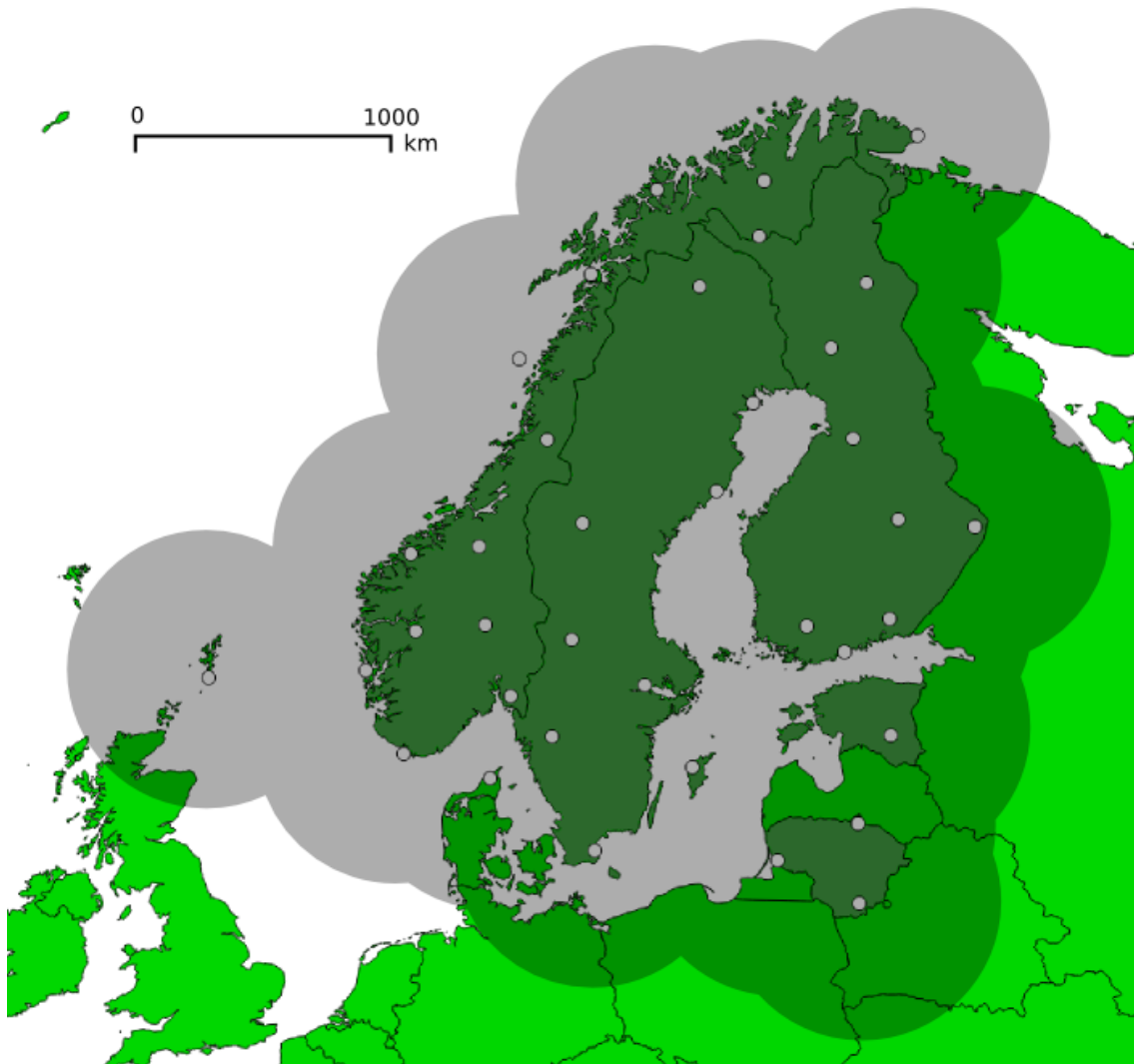


Kuva 32. Maasalamatiheys (/km²) 2016.

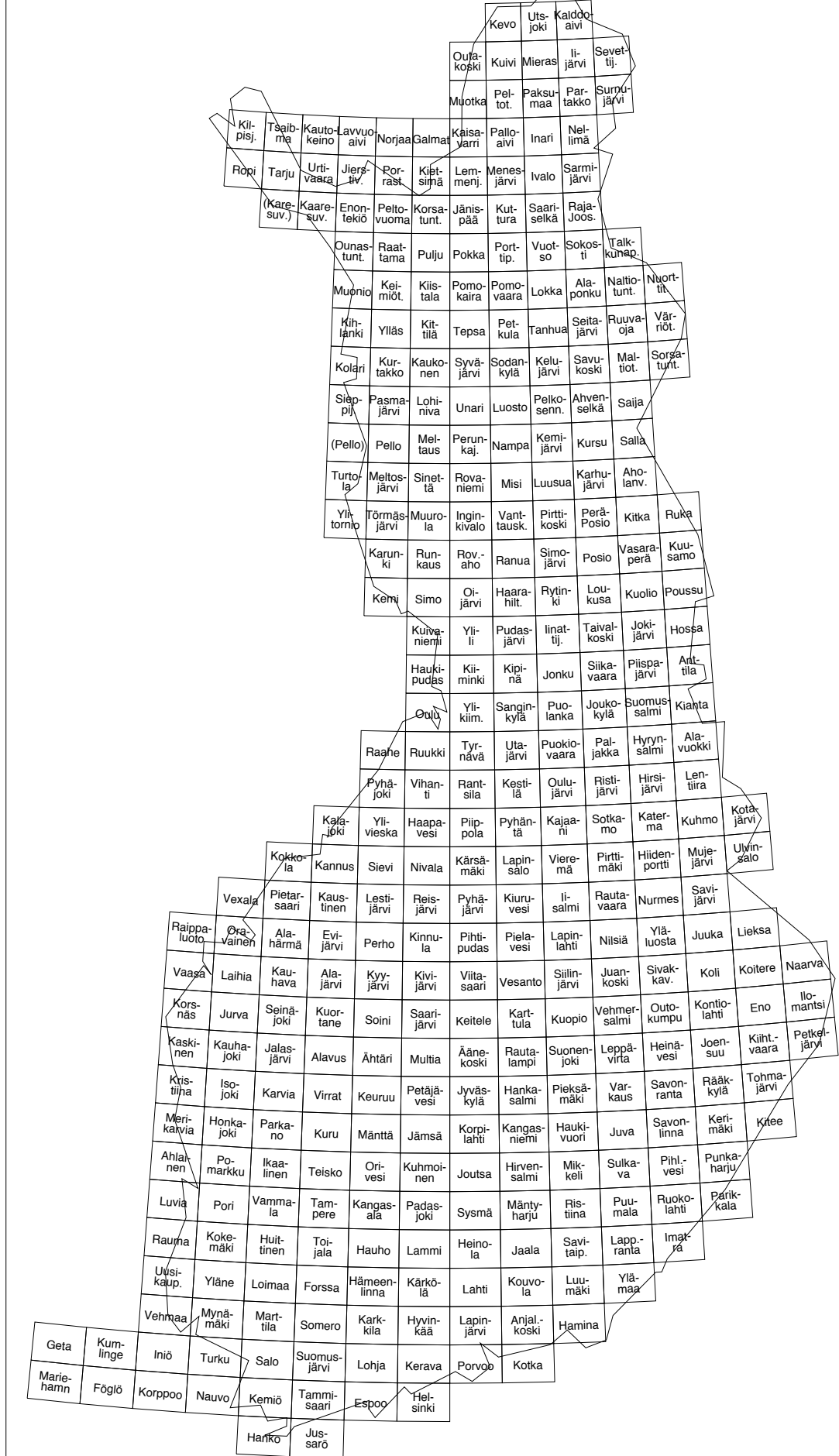
Fig. 32. Ground flash density (/km²) in 2016.



Kuva 33. Keskimääräinen vuotuinen maasalamatiheys ($/\text{km}^2$) 1998-2016.
Fig. 33. Average annual ground flash density ($/\text{km}^2$) 1998-2016.

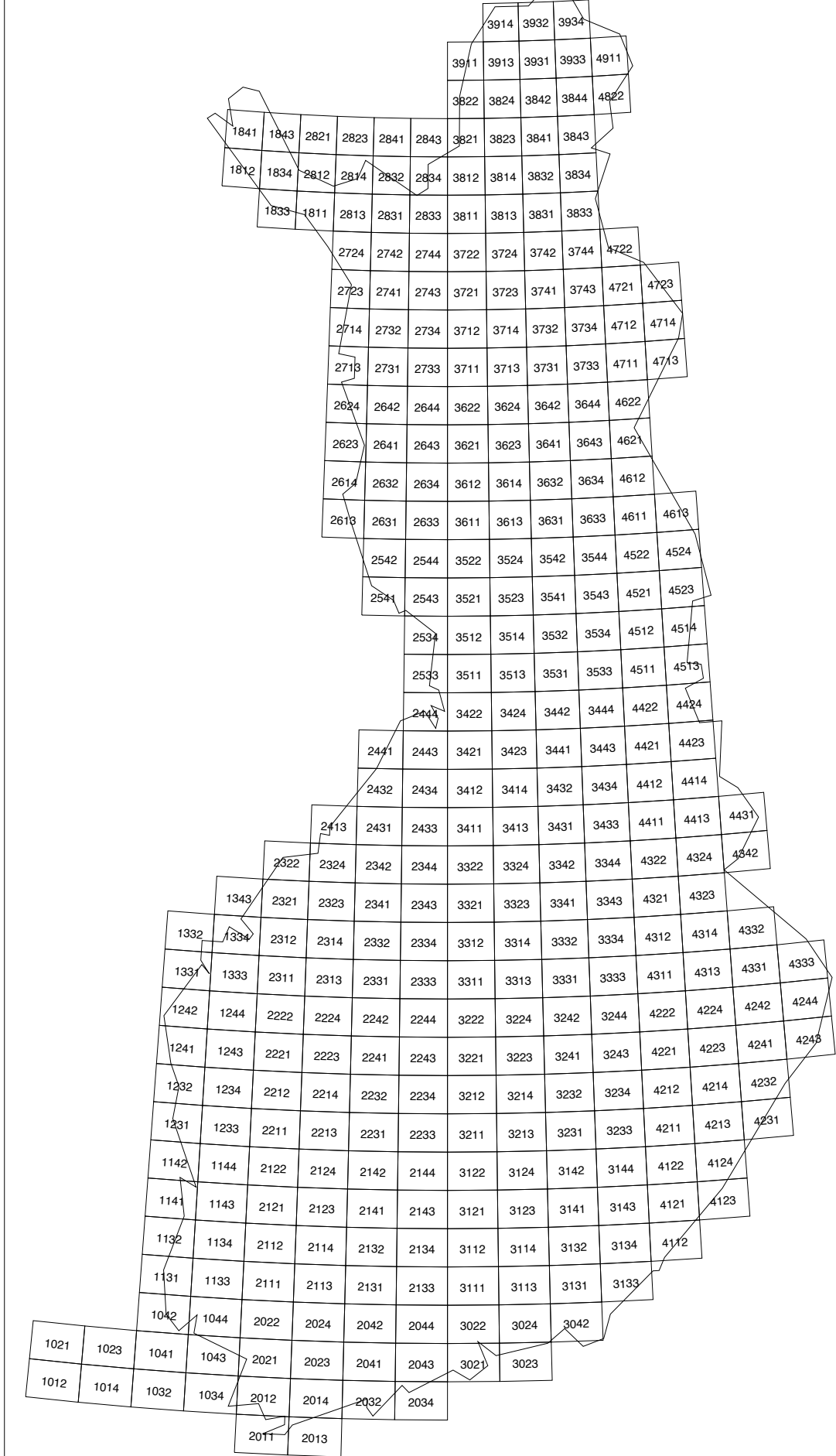


Kuva 34. Pohjoismainen salamanpaikannusverkko. Harmaa alue kuvaa havaintoaluetta.
Fig. 34. Nordic lightning location network. Grey area indicates the area of detection.



Nelinumeroisten karttaruutujen nimitykset.

Names of four-digit map squares.



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.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Erik Palménin aukio 1

FIN-00560 Helsinki

tel. +358 29 539 1000

WWW.FMI.FI

ILMATIETEEN LAITOS
REPORTS 2017:8
ISBN 978-952-336-047-1 (pdf)
ISSN 0782-6079
Helsinki 2017

