

Åska i Sverige 2002-2009

Ludvig Isaksson och Lennart Wern



Pärmbilden föreställer en blixtnöversyn över Smögen den 28 augusti 2006.
Foto: Fredrik Waldh

METEOROLOGI Nr 141, 2010

Åska i Sverige 2002-2009

Ludvig Isaksson och Lennart Wern

Sammanfattning

Åska har fascinerat och skrämt människan sedan urminnes tider. Många har funderat över fenomenet. År 1752 bevisade Benjamin Franklin sambandet mellan blixtar och elektricitet genom ett livsfarligt experiment med en flygande drake under ett åskmoln. Idag är fenomenet åska fortfarande minst lika aktuellt som tidigare, bland annat därför att dagens elektronik ofta är åskkänslig.

Eftersom hög lufttemperatur och fuktig luft är gynnsamt för åska är fenomenet vanligast i tropikerna. Åskfrekvensen avtar mot polerna. I Amazonas och inre Afrika åskar det över 200 dagar per år medan det i svenska fjällen endast åskar någon enstaka dag om året.

SMHI har under perioden 2002-2009 haft tillgång till ett blixtolokaliseringssystem som registrerar urladdningens tidpunkt, position, strömstyrka och polaritet (negativ eller positiv urladdning). Information från detta system har sammanställts och presenteras i kartor och diagram i denna rapport. Dessa visar bland annat var i Sverige det i genomsnitt har åskat mest och när, under året respektive dygnet, åska varit vanligast.

I genomsnitt har det under perioden 2002-2009 varit störst antal åskdagar per år på västkusten (25-30) och minst antal i Lapplandsfjällen (1-3). Åska kan förekomma under hela dygnet men vanligast är klockan 16-17 svensk sommartid. Åska kan uppträda under hela året men i genomsnitt inträffar flest antal åskdagar över land i juli följt av augusti och juni. Över hav är det dock flest åskdagar i augusti. En trolig orsak är att vattentemperaturen i regel är som högst denna månad.

En jämförelse med manuella åskobservationer under perioden 1961-1990 visar på viss samstämmighet med det nya blixtolokaliseringssystemet.

Summary

Lightning has fascinated and scared mankind since time immemorial. In 1752 Benjamin Franklin could prove the relation between lightning and electricity. He performed a highly dangerous experiment with a flying kite under a thunder cloud. Today lightning is as important as ever, partly because of today's electronics sensitivity to lightning.

Because high temperature and humidity are favourable for thunder it is most common in the tropics and the phenomena decreases towards the poles. The interior of Africa and Amazonas have more than 200 days with thunder per year, while the Swedish mountains only have occasional days with thunder each year.

During the period 2002-2009 SMHI has had access to a lightning detection system that registers position, amperage, polarity and time for each discharge. Information from the system has been compiled and maps and diagrams are presented in this report. They show for example where in Sweden most lightning has occurred and when during the year/day the lightning is most frequent.

In average for the period 2002-2009 there have been most thunder days per year at the Swedish west coast (25-30) and least number of days in the northern mountains (1-3). Lightning is most common between 4 and 5 pm Swedish daylight saving time. Lightning can occur any month over land in Sweden but it is most common in July followed by August and June. Over sea, lightning is most common in August probably due to higher sea temperature during this month.

A comparison between days of thunder based on the lightning detection system and from manual weather observations shows similarities in registrations.

Innehållsförteckning

1	FÖRORD	1
2	INLEDNING	2
3	OM ÅSKA OCH BLIXTAR	4
3.1	Åskmolnet	4
3.2	Blixturladdning	5
3.2.1	Stegurladdning	6
3.2.2	Fångurladdning	6
3.2.3	Huvudurladdning	6
3.3	Olika typer av blixtar	6
3.3.1	Klotblixt	7
3.3.2	Sankt Elmseld	7
3.3.3	Heta och kalla blixtar	8
3.3.4	Övriga blixtyper/benämningar	8
3.4	Olika typer av åskväder	8
3.5	Hur långt borta är blixten?	9
4	BLIXTLOKALISERINGSSYSTEMET	9
4.1	Blixt eller blixturladdning?	10
4.2	Datakvalitet, täckning och homogenitet	11
5	METODIK	12
5.1	Databearbetning	12
5.2	Cellstorlek och åskdagar	13
5.3	Medelvärden	13
6	RESULTAT	13
7	SLUTSATSER	22
8	REFERENSER	23
Appendix A	Månadsmedelvärden för perioden 2002-2009	24
Appendix B	Års- och månadsvärden för åren 2002-2009	28
Appendix C	De mest intensiva åskdygnen 2002-2009	45
Appendix D	Åskans dygns- och månadsvariation	46

1 Förord

Denna rapport beskriver var, när, varför och hur ofta det har åskat i Sverige under åren 2002-2009. Stor vikt läggs på ett omfattande kartmaterial som visar blixtnedslag registrerade av SMHIs blixtolokaliseringssystem under dessa år. Rapporten är skriven för att belysa fenomenet åska och försöka besvara en del av de frågor som ställs till SMHI om förekomsten av åska och dess effekter.

Ett stort tack framförs till professor Vernon Cooray och forskningsingenjör Thomas Götschl på Ångströmlaboratoriet i Uppsala för bra synpunkter. Ett stort tack riktas även till Weine Josefsson och Gunn Persson för textgranskning och till Stefan Ståhl för information om blixtolokaliseringssystemet.

Tillägg september 2017:

Ett stycke på sidan 10 samt en mening på sidan 12 har korrigerats.

2 Inledning

Inget väderfenomen har väl skrämmt och fascinerat människan som åska. De flesta av oss har säkert lyssnat och tittat på det fantastiska skådespel som blixtar bjuder med snabb och kortvarig upplysning av himlen. Vi har studerat blixternas hackiga utseende, lyssnat till åskans muller och försökt räkna ut hur långt bort den är.

Liksom för andra för människan intressanta fenomen finns flera ord för blix och åska. Tordönsstämma kan man säga om någon med en kraftfull röst, och det är inte så länge sedan åskan allmänt kallades för tordön. Torden är danska/norska för den svenska motsvarigheten åska. Tidigt, kanske redan under medeltiden, ersattes tordön med det omskrivande asikkia (as-åkning), alltså asaguden Tors framfart med sin bockdragna vagn. Asikkia är ett s.k. noa-ord (polynesiska), ett ord som kan användas istället för det olycksbringande eller kanske till och med tabubelagda ordet. Alltså: tala inte om tordönet utan använd omskrivningen åska (asikkia).

Lyn är danska/norska för blix och uttrycket ”körde som lyn och torden” har på svenska rationaliserats till ”for som blixten”. Lyn har ett gemensamt ursprung med det fornsvenska ljungeld, som dominerade språket ännu under 1700-talet, innan ordet blixten tog över.

Alla har någon historia om en upplevelse i samband med åska att berätta. Här följer två berättelser med funderingar som skickats in till SMHI.

(20 juli 2009) Jag är smått chockad. Åskvädret hade nästa dragit förbi, bestämde mig för att ta en dusch. När jag står i duschen, håller i duschmunstycket och precis skruvat på vattnet får jag en rejäl stöt som verkligen skakar om mig. Jag flyr ut ur duschen och skriker på hjälp... vad är det som händer...?

Min man som befann sig precis utanför huset, berättade att blixten precis slagit ner ca 100 m från huset, i marken eller i sjön. Huset, vår sommarstuga, ligger alldeles vid en sjö, Västersjön i nordvästra Skåne. Det var väldigt blött eftersom det hade ösregnat. Duschen är inne i huset i en alldeles nybyggd del, golvet är klinker som ligger på ett armerat betonggol. Allt gjort av fackfolk. Strömmen i huset försvann inte. Vad var det som hände? Och hur är detta möjligt?

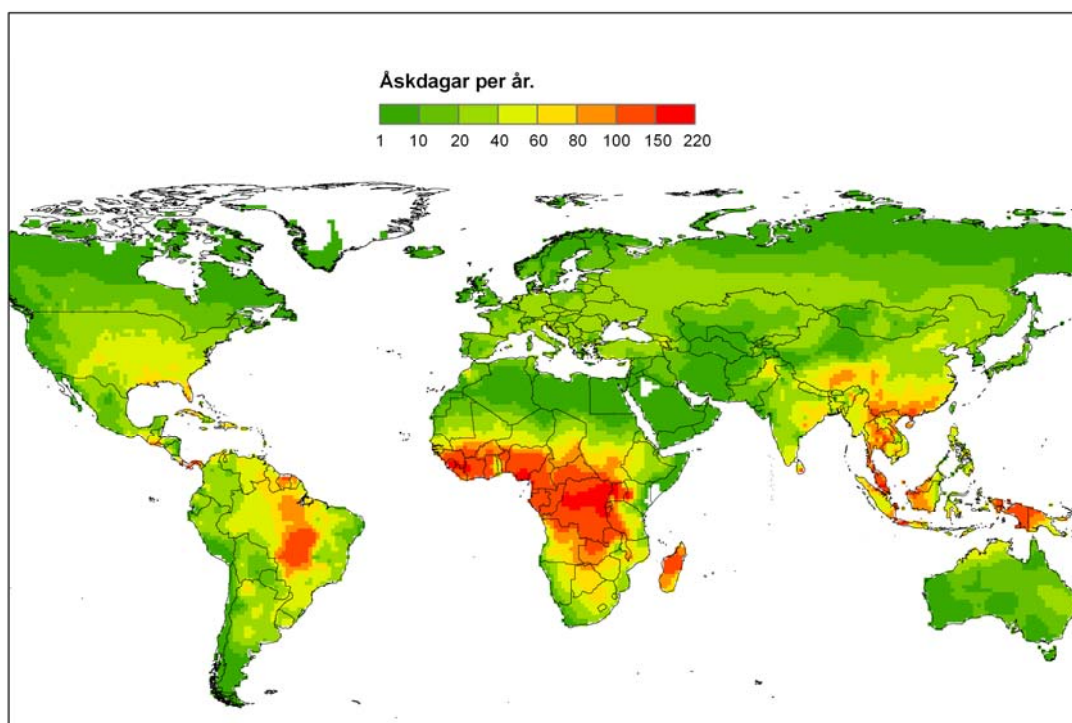
(21 juli 2009) Jag var med om en märklig händelse onsdagen den 15/7. Jag åkte ut på Vättern för att fiska, långt in över land såg jag en blix men hörde ingen åska. Sen fiskade jag ca 2 timmar, sen blev himlen askgrå och det kom några regnstänk, helt plötsligt började det att knäppa i båten och när man tog i relingar och fiskespön så fick man en lätt stöt, såg eller hörde ingen åska. Tog givetvis upp alla spön och åkte in mot land. Vad hände egentligen? Hur farlig var situationen?

Många har funderat över fenomenet åska och flera mer eller mindre riskfyllda studier har gjorts. Benjamin Franklin kunde 1752 bevisa sambandet mellan blixtar och elektricitet. Han byggde en flygande drake och i den fäste han en lina. I andra änden av linan fanns en nyckel och ett silkesband. En dag då åska var annalkande började Franklin att flyga draken under åskmolnet. Han var noga med att hålla i silkesbandet och gick in i en lada för att inte silkesbandet skulle bli blött av regnet och därmed leda ström lättare. Franklin flög sin drake allt högre mot åskmolnet. Det regnade, draken och draklinan blev blöt. När draken var ungefär 100 m över marken förde Franklin sin hand försiktigt närmare nyckeln och till hans förtjusning hoppade en gnista över till handen. Han hade lyckats föra över elektricitet från molnet till sin hand och därmed bevisat att åska och blix är ett elektriskt fenomen. Även om Benjamin Franklin var ett geni insåg han inte att blixten kunde ha slagit ner i draken och att han själv kunde ha dödats under sitt experiment (Cooray, 2003).

Benjamin Franklin kunde tack vare upptäckten uppfinna åskledaren som används än i dag. Åskledaren består av en kraftig kabel som monteras från husets högsta punkt ner till jord. Om blixten fångas upp av åskledaren leds strömmen på ett säkert sätt ner till jorden utan att skada huset.

Ämnet fysik har, som resultat av teorier och mätinstrument, utvecklats kraftigt sedan 1700-talet. Idag vet vi betydligt mer om åska, elektricitet och processer i atmosfären. I Sverige bedrivs forskning om åska framförallt på Ångströmlaboratoriet i Uppsala där forskarna sedan 1930-talet studerat blixten och skydd för dess verkningar.

Omkring 2000 åskväder rasar ständigt i världen och under varje sekund slår blixten ner 100 gånger någonstans på jorden. Eftersom hög temperatur och fuktig luft är gynnsamt för åska så är den vanligast förekommande i tropikerna och frekvensen avtar sedan mot polerna. Exempelvis har Amazonas och inre Afrika över 200 åskdagar per år (Figur 1), medan det i nordvästligaste Sverige endast åskar någon enstaka dag per år. Bogor i Javas bergstrakter anses vara den mest åskrika platsen på jorden med i genomsnitt 322 åskdagar per år.



Figur 1. Antal åskdagar per år i världen. Data är hämtat från WORLD WEATHERDISC. Sammanställning och presentation är gjord inom denna studie.

Den värsta kombinationen av blixtrar och nederbörd som registrerats i Sverige inträffade på Fulufjället i nordvästra Dalarna den 30-31 augusti 1997. Fjället träffades av ca 700 blixtnedslag under några timmar och i det värst drabbade området uppskattades regnmängden till ca 400 mm under loppet av 24 timmar (SMHI, 2003).

Idag är åskan minst lika intressant som tidigare. Bland annat för att den elektroniska utrustning som används i dagens samhälle ofta är känslig för de störningar som blixurladdningar kan orsaka.

I denna rapport används data från SMHIs blixtolokaliseringssystem för perioden 2002-2009 för att beskriva var, när och hur ofta blixtnedslag har förekommit i Sverige. Före 2002 hade SMHI ett annat blixtolokaliseringssystem med något annorlunda prestanda. Det äldre systemet är inte

helt jämförbart med det nuvarande. Därför har enbart den senare perioden valts för analysen. Men först ges en allmän beskrivning av hur åska uppstår och olika typer av åskväder.

3 Om åska och blixtar

I detta kapitel redovisas hur åskmoln och blixtar kan bildas. Huvuddelen av informationen i kapitlet är hämtad ur boken *Blixt och åska – så fungerar naturens fyrverkeri* av Vernon Cooray (2003).

3.1 Åskmolnet

När solen går upp en klar morgon värmer den marken som i sin tur värmer upp luften närmast marken. Den uppvärmda och därmed lättare luften stiger uppåt. Under färdan avkyls luften. Eftersom kall luft inte kan innehålla lika mycket vattenånga som varm luft sker kondensation och värme frigörs så att luften kan stiga ännu högre. Vid kondensationen omvandlas vattenångan till små molndroppar och stackmoln (cumulus) bildas (Figur 2). Stackmoln liknar bomullstussar och kallas ofta vackert-vädermoln.



Figur 2. Stackmoln (SMHI:s bildarkiv)

Stackmolnen ser till en början harmlösa ut men kan växa sig allt större. Det sker om atmosfären är tillräckligt labil, dvs temperaturen är snabbt avtagande med höjden vilket gynnar vertikala rörelser. När molnen nått höjder där det är minusgrader så fryser en del av molndropparna till is och formar små iskristaller. Andra droppar består fortfarande av vatten och är alltså underkylda. Iskristallerna växer genom att de underkylda dropparna kolliderar med iskristallerna och fryser på dessa.

När partiklarna blivit tillräckligt stora kan inte uppvindarna i molnet hålla dem kvar längre utan de faller nedåt i molnet. Under färdan växer de ytterligare. Längre ner i molnet träffar partiklarna på kraftigare uppvindar och de färdas upp i molnet igen. Partiklarna ökar i storlek och blir till hagel. Molnet har nu vuxit till rejält i storlek, ett åskmoln har bildats (Figur 3).

Ett åskmoln är ofta några km brett vid basen och kan ibland sträcka sig ända upp till tropopausen (gränsen mellan troposfären och stratosfären). Sommartid ligger tropopausen på 8-10 km höjd i Sverige. I tropikerna ligger den snarare på 12-14 km höjd och därför kan åskmolnen bli mäktigare där.



Figur 3. Överdelen på ett åskmoln (bymoln, cumulonimbus eller Cb). Foto: Daniel Michelson.

Riktigt kraftiga åskmoln kan även tränga upp några km ovanför tropopausen. Ibland finns band med åskmoln längs en kallfront, upptill flera tiotals mil. Åskmoln har ofta ett karakteristiskt utseende med en överdel liknande ett städ. Det formas av att uppvindarna vanligtvis avstannar vid tropopausen. Städet är en slöjliknande del bestående av iskristaller i överdelen av molnet.

Forskarna tror att elektriska laddningar bildas i kollisionen mellan partiklarna och underkylda droppar. De större partiklarna blir negativt laddade och förs av tyngdkraften nedåt i molnet som därför blir negativt laddat i molnets undre del (Figur 4).

Vid de negativa laddningarnas centrum i molnet är temperaturen ungefär $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Detta centrum kan vara flera kilometer stort. De små iskristallerna får positiv laddning och följer med vindarna till molnets övre del. Molnets topp får alltså en positiv laddning. Under molnets bildande är uppvindarna mycket starka och produktionen av laddning är därför mycket stor. Det negativa laddningscentret i molnet kan ha en utsträckning av flera kilometer.

En liten ficka i molnets nedre del kan emellertid bli positivt laddad inom området för de kraftigaste uppvindarna. Vissa forskare tror att positivt laddade joner från marken fångas av uppvindarna och följer dem mot molnet. Där binds de till små vattendroppar och partiklar i molnets nedre del.



Figur 4. Laddningarnas fördelning i ett åskmoln.

3.2 Blixurladdning

Den negativa laddningen finns alltså huvudsakligen i molnets nedre del. Elektroner i marken under molnet stöts därför bort vilket medför att marken får en positiv laddning. Spänningsskillnaden mellan moln och mark ger förutsättningar för en blixurladdning däremellan, en så kallad *jordblix* (Figur 5).

Positiv laddning kan finnas i molntoppen och i den positiva fickan i molnets nedre del. Det möjliggör urladdningar inom själva molnet eller mellan olika moln, s.k. *molnblixtar*. Vi ser dessa blixtar bara som ett kortvarigt sken i molnet med ett efterföljande muller.

Blixtar kan vara *positiva* eller *negativa* beroende på i vilken riktning laddningarna rör sig i. *Negativa jordblixtar* utgår från molnets nedre negativa del. Vid nedslag förs då negativ laddning från molnet ner till marken. *Positiva jordblixtar* utgår oftast från de högre belägna, isade delarna av molnet. Vid nedslag förs negativ laddning från marken mot molnet. Positiva blixtar har i medeltal större strömstyrka än negativa. Det förklaras av det större avståndet mellan molntopp och mark vilket kräver större spänningsskillnad för att ge en urladdning. Dessa blixtar varar också längre.



Figur 5. Jordblix

Hur går det till då en blixt bildas mellan ett åskmoln och marken? Det är en komplicerad process som består av ett flertal urladdningar. I detta avsnitt beskrivs processen för en negativ jordblix.

Det börjar vanligen med att elektroner från molnets negativt laddade delar bildar en kanal till den positivt laddade fickan i molnets undre del. När kanalen är upprättad sker ett förberedande sammanbrott och elektroner flödar ned mot den positiva fickan som blir neutraliserad.

Sammanbrottet innebär att mycket stora mängder negativ laddning förs ner till basen av molnet genom kanalen, vilket tar ungefär en tusendels sekund (1 ms).

3.2.1 Stegurladdning

Den stora anhopningen av elektroner vid molnets bas känner av den positiva laddningen vid marken och strävar dit, men luften leder ström dåligt och är i vägen. En ledande kanal från molnets bas mot marken bildas genom att molnet skjuter ut elektroner stötvis. Processen benämns stötjonisation och sker i steg om ca 50 m vilket tar ungefär 50 miljondelar av en sekund (50 μ s). Nya elektroner flödar till från molnet genom den kanal som bildats och den förlängs med 50 meter ytterligare genom nya utskjutande elektroner. Flödet av elektroner genom kanalen skapar en upphettning så att kanalen kortvarigt glöder. Den snabba upphettningen medför att luften expanderar mycket snabbt med ett åskdån som följd. På detta stötvisa sätt skapas en ledande kanal från molnet ner mot marken, vilket kallas stegurladdning. Hastigheten på en stegurladdning är omkring 100 000 m/s.

3.2.2 Fångurladdning

När stegurladdningen nått ner till 100-200 m över mark så ökas ansamlingen av positiv laddning i högre belägna föremål på marken. Den positiva laddningen samlas lättare i höga metallobjekt än i lägre föremål med sämre ledande förmåga. En kolonn av positiva laddningar börjar röra sig mot stegurladdningen. Varje upphöjt objekt startar sin egen fångurladdning som strävar mot stegurladdningen.

3.2.3 Huvudurladdning

När fångurladdningen når stegurladdning sker huvudurladdningen. Elektroner från kanalen och molnet rusar ner mot marken genom kanalen med en fart av ca 100 000 km/s. En blixtkanal kan vara mellan 5 och 10 km lång. Forskare har uppskattat blixtkanalens diameter till mellan 2 och 20 cm. I den negativa blixtn som beskrivs här rör elektroner sig nedåt, men strömmen går uppåt. Det till synes motsägelsefulla i att ström och elektroner rör sig åt motsatta håll kan förklaras av att det fysikaliska begreppet strömstyrka och dess riktning definierades innan elektronen var upptäckt. Strömstyrkan i en huvudurladdning är i ca 30 kA (30 000 Ampere) men strömstyrkor på 200 kA har uppmätts.

Det snabba flödet av elektroner skapar en kraftig upphettning till ca 30 000 °C. Det kan jämföras med temperaturen på solens yta, ca 5 000 °C. Upphettningen medför att luften expanderar som en explosion och en tryckvåg genereras. Tryckvågen skapar åskdundret. Befinner man sig nära blixten kan ögonen ta skada av det starka ljuset, speciellt nattetid när pupillen är stor. Nära nedslaget hörs åskdundret som ett gevärsskott, men på längre håll blir det mest de lägre, dovre ljudvågorna som når fram. Ljudet tar olika vägar genom luften, studsar mot marken och molnen och anländer till örat vid olika tidpunkter. Åskan blir till ett utdraget muller.

Blixten är i allmänhet vit eller vit med lite gul ton. Färgen kommer från de upphettade gaserna i luften; syre, kväve och vattenånga. Rödviolettera, blåaktiga eller gröna blixtnar har även iakttagits, troligen beroende på avståndet till blixten och skymmande regndroppar, hagel etc.

I den ledande kanal som huvudurladdningen passerar igenom sker vanligtvis flera efterföljande urladdningar. Ett blixtnedslag kan pågå i upp till en sekund och består av flera urladdningar.

3.3 Olika typer av blixtnar

I avsnitt 3.2 beskrevs de mest frekvent observerade blixtnurladdningarna. Det förekommer dock observationer av andra typer av blixtnar och besläktade elektriska fenomen som avviker från den beskrivningen. Ibland används även alternativa benämningar för olika typer av blixtnurladdningar.

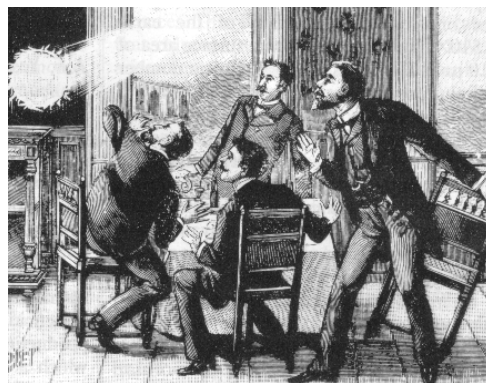
3.3.1 Klotblix

Klotblixten (även kallad kulblix eller rullblix) har setts både utomhus och inomhus. I regel försvinner den efter några få sekunder, antingen ljudlöst eller med en svag knall eller ljudlig explosion.

Klotblixten rör sig fritt i luften, följer luftströmmar och svävar eller hoppar fram med en hastighet av några meter per sekund. Sällan stiger den uppåt; däremot glider den gärna längs ledande föremål såsom elledningar och takrännor. Klotblixten kan komma in genom skorstenen och den kan tränga in genom stängda fönster varvid ibland ett runt hål uppstår i glaset.

Åskforskare världen över har tagit åtskilliga fotografier på blixtnedslag utan att fånga en enda klotblix. Forskarna har kämpat i årtionden för att formulera en hållbar förklaring till klotblixten. Det har skrivits hundratals artiklar och flera böcker i ämnet. Även i dag presenteras tiotalet artiklar årligen i vetenskapliga tidskrifter och vid internationella konferenser.

Forskarsamhället var länge skeptiskt till fenomenet. Då man varken kunde förklara fenomenet i sig eller återskapa det i laboratoriet utan "endast" hade tillgång till ögonvittnesskildringar ansåg man att klotblixten var en optisk illusion från ett starkt ljus. Vem har inte upplevt en irriterade ljusfläck i ögat efter att ha utsatts för fotografering med blix!



Figur 6. Illustration från 1800-talet av en klotblix som överraskar ett sällskap. Fransk teckning av Pojet.

Det har framförts olika teorier t.ex. att klotblixar skulle vara hallucinationer skapade av hjärnan genom magnetisk stimulans från blixar. Den mängd samstämmiga observationer som samlats under århundraden gör dock att skeptikernas skara i de vetenskapliga kretsarna nu är i minoritet. Forskarna är också nära att kunna simulera naturliga klotblixar i laboratoriemiljö och därmed nära förklaringen på gåtan.

3.3.2 Sankt Elmseld

När sjömän seglade under åskväder nattetid kunde de ibland observera ett svagt ljussken i masttopparna. Sjömännen kallade detta ljusfenomen Elmseld. Namnet kommer från sjömännens skyddshelgon Erasmus, även kallad Elmo, och fenomenet har ett antal olika myter kopplade till sig. Dagens forskare använder beteckningen Koronaurladdning. I inledningen till denna rapport beskrivs en upplevelse som beror på Sankt Elmseld. Om man befinner sig tillräckligt nära kan man även höra ett sprakande ljud.

Under ett åskmoln blir föremål positivt laddade eftersom de nedre delarna av åskmolnet är negativt laddat. I och kring högre föremål som master, åskledare och kyrktorn samlas en anhopning av positiva joner. De drar till sig elektroner i luften och då frigörs energi som skapar ett svagt ljus. Givetvis finns ljuset även dagtid men är då svårare att se.



Figur 7. Sankt Elmseld i master och rår. Teckning i "In the Aerial World" av Dr G. Hartwig, 1886.

3.3.3 Heta och kalla blixtar

I en typisk huvudurladdning når strömstyrkan ca 30 kA inom bara 5 miljondelar av en sekund (5 μ s) varefter strömstyrkan inom 100 μ s avtar till 0 A. I en del blixtar avtar strömstyrkan istället till 100 A som varar i ytterligare några tiondels sekunder. Dessa mer långvariga blixtar kallas *heta blixtar* medan de kortvariga benämns *kalla blixtar*. Temperaturen är dock lika hög (ca 30 000 °C) i bägge fallen. De flesta blixtar är av typen kalla blixtar.

Om en het blixtnedslag träffar ett träd värms trädet till en så hög temperatur att det kan antändas. Det är alltså de heta blixterna som orsakar eldsvådor och skogsbrand. En kall blixtnedslag varar inte tillräckligt länge för att trädet ska börja brinna.

3.3.4 Övriga blixttyp/beräkningar

Några olika benämningar på blixtar (Sveriges Nationalatlas, 2004):

- *Linjeblixten* är den vanligaste typen av blixtnedslag. Blixten i Figur 5 är en linjeblixtnedslag.
- *Pärlbandsblixtar* förekommer också, men är inte vanliga. I dessa blixtar lyser vissa punkter som eldpärlor längs blixtkanalerna. Ännu saknas en accepterad förklaring till dessa blixtar.
- *Ytblextnedslag* sker inne i moln så att betraktaren enbart ser ett diffust sken från molnet.
- *Kornblextnedslag* förekommer då avståndet till blixten är så stort att inte mullret hörs. Åska kan höras på ca 20 km avstånd, men en blixtnedslag kan vid bra sikt en sensommarkväll ses upp mot 200 km från urladdningen. Kornblexten har fått sitt namn av att man i gamla tider trodde att den bidrog till att få säden (kornet) att mogna.

3.4 Olika typer av åskväder

Precis som andra väderfenomen förekommer åskväder i olika varianter såväl sommar som vintertid. Åska kan även förekomma i sandstormar och vid vulkanutbrott. Beroende på hur åskan uppstår delas den ibland in i olika kategorier (Liljequist, 1962):

Luftmasseåskväder uppstår inom en och samma luftmassa. Under varma somrardagar kan man se stackmoln torna upp sig till åskmoln (se avsnitt 3.1) vilket ger s.k. *värmeåskväder*. Eftersom samma luftmassa ligger kvar fortsätter det att vara varmt även efter åskvädet. En annan typ av luftmasseåskväder bildas då en kall luftmassa sveper fram över ett varmare hav. Dessa åskväder över hav och i kustområden tenderar att förekomma på natten samt under vinterhalvåret, då kallade *vinteråskväder*.

Frontåskväder uppkommer främst vid kallfronter, men kan även förekomma i samband med varmfronter. Vid en kallfront rör sig den kalla, tyngre luften framåt och tvingar den fuktiga, varma och därmed lättare luften framför fronten att stiga upp längs frontytan. Detta kan medföra att många samverkande åskmoln bildas längs en linje. Frontåskväder kan beröra stora områden och pågå under lång tid (ca 10 timmar). Efter att kallfrontåskvädet passerat sker en övergång till svalare väder. Frontåskväder kan förekomma under dygnets alla timmar.

Orografisk åska orsakas som namnet säger av orografien (formerna och fördelningen av berg, dalar, slätter mm). Om atmosfären är labil (se sid. 4) kan åskmoln bildas då luften tvingas i höjden av tillräckligt kraftiga vindar. Exempelvis då varm, fuktig luft strömmar mot en bergsskedja. Denna typ av åska kan förekomma vintertid i Skandinavien. Frontåskväder kan ofta förstärkas genom orografiska effekter.

Det finns även andra sätt på vilka åska kan bildas eller ett redan färdigt åskmoln kan växa sig större. Molnets övre delar kan avkylas genom utstrålning eller genom att kall luft transporteras till dessa delar av molnet. Detta medför att luften i lägre nivåer i molnet kan stiga ytterligare och åskmolnet således växa sig större. Åskmolnet kan också växa till genom att varm luft i lägre nivåer blåser in mot molnet och stiger. Ett åskmoln kan också växa till genom en kombination av dessa faktorer.

3.5 Hur långt borta är blixten?

Ljuset från blixten rör sig med ljusets hastighet, 300 000 km/s, medan åskknallen rör sig med ljudets hastighet, endast 343 m/s (vid +20 °C). Eftersom ljuset rör sig mycket fortare än ljudet ser vi blixten innan vi hör åskknallen eller mullret.

Den första delen av dundret hörs från den närmaste delen av blixten och den sista hörs från delen längst bort. Eftersom en blixtkanal kan vara några kilometer lång blir dundret utdraget. Är man nära urladdningen upp till några hundra meter från blixten hörs en kraftig knall, ljudvågen från blixstens början. Dundret kan vanligen höras upp till ca 20 km. Avståndet begränsas av att ljudvågorna brukar böja av uppåt.

Om man räknar sekunderna från det att blixten ses tills dundret hörs och sedan delar antalet sekunder med tre så får man ett ungefärligt avstånd från blixten i kilometer. På tre sekunder hinner ljudet gå ca 1 km, på sex sekunder hinner ljudet gå ca 2 km osv.

4 Blixtlokaliseringssystemet

I Sverige har noteringar om åska gjorts av observatörer ända sedan ett officiellt stationsnät byggdes upp i mitten av 1800-talet. De första observationerna utfördes ofta vid eller i samarbete med ortens telegrafstation. Det finns exempel på att man tidigt uppmärksammat att telegraftekniken kunde utnyttjas som ett hjälpmedel vid observationer av luftelektriska fenomen. I juni 1863 t.ex. drogs en extra telegrafråd mellan Skara och Lidköping. Tråden var ansluten till en galvanometer som gav utslag när det blixtrade. Detta exempel hittades av en slump i SMHIs arkiv och noteringen är gjord av observatören i Skara. Försöket kan betraktas som ett första embryo till blixtlokaliseringssystem men verkar inte ha kommit till någon direkt praktiskt nytta.

På 1960-talet kom s.k. blixträknare i bruk som registrerar blixurladdningar inom en radie av ca 15 km. År 1979 köpte Uppsala universitet tillsammans med Försvaret det första moderna automatiska blixtlokaliseringssystemet, Lightning Location and Protection system, LLP. SMHIs första liknande system, Lightning Position and Tracking System, LPATS, togs i drift 1986. De två systemen skiljer sig på flera sätt. LLP är bättre på korta avstånd och LPATS på större avstånd. År 2002 infördes det moderniserade blixtlokaliseringssystemet IMPACT (IMProved Accuracy from Combined Technology) på SMHI. Det kombinerar tekniken från LLP och LPATS och ger därför högre noggrannhet än de tidigare systemen var för sig. Stationerna är utrustade med GPS-mottagare och stationens läge bestäms via satellit.

IMPACT-systemet ger information om urladdningens tidpunkt, position, strömstyrka och polaritet (negativ eller positiv). Systemet registrerar urladdningar som når marken, men även de urladdningar som sker inom eller mellan moln. Molnurladdningarna registreras dock med lägre effektivitet än de som når marken.

Att man kan detektera blixurladdningar beror på den kraftiga elektromagnetiska puls som dessa alstrar. Med hjälp av magnetisk pejling och tidsbestämning (Time Of Arrival-teknik) kan systemet utifrån denna elektromagnetiska puls avgöra blixurladdningens position och övriga egenskaper.

I Sverige finns idag nio sensorer, jämnt utspridda över landet, (Figur 8), och en centralserver står hos SMHI i Norrköping. Systemet är ihopkopplat med liknande system i Norge, Finland, Tyskland och Polen vilket gör att registreringar från ett trettiotal sensorer finns tillgängliga i centralservern.

Enligt tillverkaren skall systemet klara att detektera minst 90 % av urladdningarna mellan moln och mark, förutsatt att dessa har en strömstyrka på minst 5000 A (5 kA). Avvikelsen i positioneringen av dessa urladdningar skall uppgå till högst 500 m.*



Figur 8. De svenska sensorerna för blixlokalisering.

Blixlokaliseringssystemet är inte perfekt, det finns osäkerheter, till exempel:

- *Positioneringen av urladdningarna är inte exakt. Vid normal drift skall medianen för positioneringsfelet vara mindre än 500 meter, men beroende på till exempel urladdningens styrka och dess position i förhållande till sensorerna kan avvikelsen vara betydligt större.*
- *Systemet förmår inte att registrera alla urladdningar. Enligt tillverkaren skall det vid normal drift kunna detektera minst 90 % av blixterna mellan moln och mark, förutsatt att dessa har en strömstyrka på minst 5000 A (5 kA). För de enskilda urladdningar som blixten består av är detekteringsgraden lägre.*
- *Det kan förekomma felaktiga registreringar.*
- *Tekniska störningar kan uppstå, till exempel kan sensorer gå sönder eller kommunikationen med sensorer brytas, vilket ger ökad osäkerhet.*
- *Data är inte homogena över tid eftersom systemet har ändrats och förbättrats under åren. Till exempel kan sensorer uppgraderas eller systemkonfigurationen ändras.*

4.1 Blixt eller blixurladdning?

Som nämnts i avsnitt 3.2 består det fenomen vi normalt kallar ”blixt” i verkligheten ofta av flera separata blixurladdningar. Men eftersom alla dessa urladdningar sker inom ca 1 sekund hinner det mänskliga ögat inte uppfatta dem som enskilda händelser utan samlar ihop dem som fenomenet ”blixt”.

* September 2017: Detta stycke har korrigerats och ersätts av det underliggande, kursiverade stycket.

Blixtlokaliseringssystemets sensorer kan dock registrera enskilda urladdningar. Detta medför att antalet urladdningar som presenteras av systemet är större än det antal blixtar vi människor uppfattar.

Den centralserver som ingår i systemet kan emellertid bearbeta insamlade urladdningsdata och därigenom göra en uppskattning av antalet ”blixtar”. I princip kan denna bearbetning bestå i att alla urladdningar som sker inom loppet av en sekund och inom en radie av 10 km slås ihop till en ”blixt”. Det antal urladdningar som slagits samman kallas sedan för blixstens *multiplicitet*.

I den engelskspråkiga litteraturen används ofta uttrycket *flash* för fenomenet blixt och *stroke* för en enskild urladdning. I det svenska språket är inte denna åtskillnad etablerad. I denna rapport används följande definitioner:

- *Blixt*: avser hela fenomenet och kan bestå av flera urladdningar
- *Urladdning* eller *blixturladdning*: en enskild elektrisk urladdning som registrerats av blixtlokaliseringssystemet



Figur 9. En blixt eller flera urladdningar? Bilden är från Smögen i augusti 2006.
Foto: Fredrik Waldh.

4.2 Datakvalitet, täckning och homogenitet

SMHI har, som tidigare nämnts, haft system för blixtlokalisering sedan 1986. År 2002 infördes det nya systemet IMPACT, som har en högre noggrannhet än det tidigare systemet. Data för 1986-2001 är alltså inte direkt jämförbara med data för 2002-2009. På grund av detta homogenitetsbrott har endast data från det nuvarande systemet inkluderats i denna rapport.

Generellt bedöms data från det nuvarande blixtlokaliseringssystemet ha bra kvalitet. De första månaderna då systemet var i drift (jan-maj 2002) betraktas som en startperiod för vilken data inte är helt kompletta. Från juni 2002 fram till idag har dock systemet i princip varit i kontinuerlig drift. Enstaka sensorer har varit ur funktion, flyttats eller tillkommit med det bör inte ha haft avgörande betydelse för hela systemets prestanda.

Till denna rapport har data för de inledande månaderna år 2002 inkluderats trots att de inte är helt kompletta. De saknade månaderna under inledningen av 2002 gör även att de medelvärden som presenteras för månaderna januari-maj (Figur 20) bör vara något lägre än i verkligheten.

I avsnitt 4.1 nämndes att blixtlokaliseringssystemets sensorer registrerar *urladdningar* och inte *blixtar*. Under åren 2002-2005 har centralservern varit inställd på att bearbeta insamlade urladdningsdata till blixtar. För åren 2006-2009 har data även lagrats för enskilda urladdningar. Detta medför viss inhomogenitet i dataserien, vilket kan få betydelse för statistik gällande till exempel urladdningarnas polaritet och strömstyrka. För antalet urladdningar och antalet åskdagar bör denna inhomogenitet ha relativt liten betydelse eftersom antalet urladdningar per blixt (multipliciteten) finns lagrad i systemet.

5 Metodik

I rapporten presenteras data insamlade av SMHIs blixtlokaliseringssystem under åren 2002-2009. Data har bearbetats och sammanställts till kartor och diagram. I detta avsnitt beskrivs kortfattat de data som använts och hur bearbetningen gjorts.

5.1 Databearbetning

För varje blixurladdning som registreras av blixtlokaliseringssystemet lagras:

- Tidpunkt
- Position
- Polaritet
- Strömstyrka
- Om det är en urladdning mellan moln eller till mark
- Blixtens multiplicitet dvs. hur många urladdningar blixten består av.

Som nämnts i avsnitt 4 skall systemet enligt tillverkaren klara att detektera minst 90 % av urladdningarna till mark, förutsatt att dessa har en strömstyrka på minst 5 kA. Som nämnts i avsnitt 4 skall systemet enligt tillverkaren vid normal drift kunna detektera minst 90 % av blixterna till mark, förutsatt att dessa har en strömstyrka på minst 5 kA. För att reducera osäkerheterna har därför urladdningar mellan moln samt urladdningar med strömstyrka ≤ 5 kA plockats bort ur den datamängd som ligger till grund för denna rapport. Dessa restriktioner har medfört att cirka 25 % av de registrerade urladdningarna har exkluderats ur datamaterialet.*

De kvarvarande drygt 1 300 000 urladdningarna har därefter sorterats in i rutnät i Rikets koordinatsystem (RT90) med cellstorlek 10 km x 10 km och summerats månadsvis. För varje månad har även antalet ”åskdagar” beräknats och sorterats i rutnät med cellstorleken 25 km x 25 km (se avsnitt 5.2).

För att göra kartorna mer överskådliga samt ge dem ett mer tilltalande utseende har rutnäten avslutningsvis interpolerats till högre upplösning. Detta medför en utjämning av de kantiga rutnäten, men även en viss förändring av underliggande data.

Baserat på dessa månadsanalyser har sedan följande beräknats för antal urladdningar och åskdagar gällande åren 2002-2009:

* September 2017: Denna mening har korrigerats och ersätts av den efterföljande, kursiverade meningen.

- Årsmedelvärden för perioden 2002-2009 (Figur 10 och Figur 12)
- Månadsmedelvärden för perioden 2002-2009 (Appendix A)
- Summa för varje år och månaderna maj-september perioden 2002-2009 (Appendix B)

Antal urladdningar under de mest intensiva åskdygnen visas i Appendix C och dygns- och månadsvariationen presenteras i Appendix D. Summer, medelvärden per areaenhet och tidsvariation har sammanställts i diagramform för Sverige samt landsdelarna Götaland, Svealand, Södra Norrland och Norra Norrland.

5.2 Cellstorlek och åskdagar

Till analysen av antalet urladdningar har Sverige delats in i rutor (celler) med storleken 10 km x 10 km. Denna upplösning har valts med förhoppningen att kartorna vid en första anblick skall ge en överskådlig bild av var urladdningarna skett, men att de även skall kunna erbjuda en relativt god detaljnivå.

För antalet åskdagar har istället cellstorleken 25 km x 25 km använts (Figur 12). Valet av just 25 km:s rutor bygger på bedömningen att åskan normalt kan höras upp till ca 15 km från urladdningen. För de kvadratiska cellerna med sidan 25 km är avståndet från cellens mittpunkt till dess gräns mellan 12,5 och 17,7 km, vilket är i närheten av de ca 15 km inom vilka åskan kan höras. Därigenom kan antalet åskdagar anses jämförbart med de manuella åskobservationer som gjorts under lång tid (Figur 13).

Det som i denna rapport kallas för "åskdagar" inom ett område är alltså egentligen det antal dygn då blixtlokaliseringssystemet registrerat minst en urladdning (till mark med strömstyrka större än 5 kA) inom en kvadrat med sidan 25 km.

5.3 Medelvärden

I rapporten presenteras medelvärden per areaenhet av antalet urladdningar och åskdagar. Dessa har beräknats för hela landet samt för landsdelarna Götaland, Svealand, Södra Norrland och Norra Norrland. Medelvärdena per areaenhet visar det genomsnittliga antalet urladdningar respektive åskdagar per beräkningsruta i regionen. Till exempel anger medelvärdet per areaenhet av antalet urladdningar för Götaland hur många urladdningar det i genomsnitt skett inom en 10 km x 10 km stor ruta i Götaland. Det är en fördel att använda ett sådant medelvärde eftersom det möjliggör direkta jämförelser mellan de olika regionerna trots att dessa har olika storlek.

6 Resultat

Dataunderlaget till denna rapport utgörs av drygt 1 300 000 urladdningar till mark som SMHI:s blixtlokaliseringssystem registrerat i Sverige under åren 2002-2009. Enligt systemet var strömstyrkan i medeltal ca 15 kA för dessa urladdningar och ca 83 % av dem var negativt laddade.

Figur 10 och Figur 12 visar kartor över Sverige med närmaste omnejd. Kartorna visar genomsnittligt antal urladdningar per år respektive genomsnittligt antal dygn med åska per år för perioden 2002-2009. Generellt avtar åskaktiviteten norrut i Sverige. Kartorna visar också att det i södra Sverige åskat mer i västra halvan av landet, medan det i norra Sverige åskat mer i den östra halvan. Den studerade perioden, åtta år, är emellertid för kort för att några definitiva

slutsatser skall kunna dras. Kartorna kan dock ge en indikation på vilka områden som är mer åskrika än andra.

Antalet urladdningar per år i Sverige (Figur 10), i 10 km x 10 km stora rutor, har varierat från mindre än 10 i Lapplandsfjällen till drygt 120 urladdningar per år kring Tjörn och Orust på västkusten samt i trakten av Åmål i Dalsland. Vid Norrlandskusten syns en relativt tydlig tendens till att fler urladdningar sker över land än över hav. Denna tendens är inte lika tydlig längs Götalands- och Svealandskusten.

För områdena med störst antal urladdningar per år bör noteras att enstaka tillfällen med intensiv åska kan få stort genomslag i statistiken. Detta kan anas om Figur 10 jämförs med de mest intensiva åskdygnen 2002-2009 som redovisas i Figur 38. Det framgår då att en relativt stor del (lokalt över 60 %) av urladdningarna kring Tjörn och Orust registrerades 1 augusti 2002.

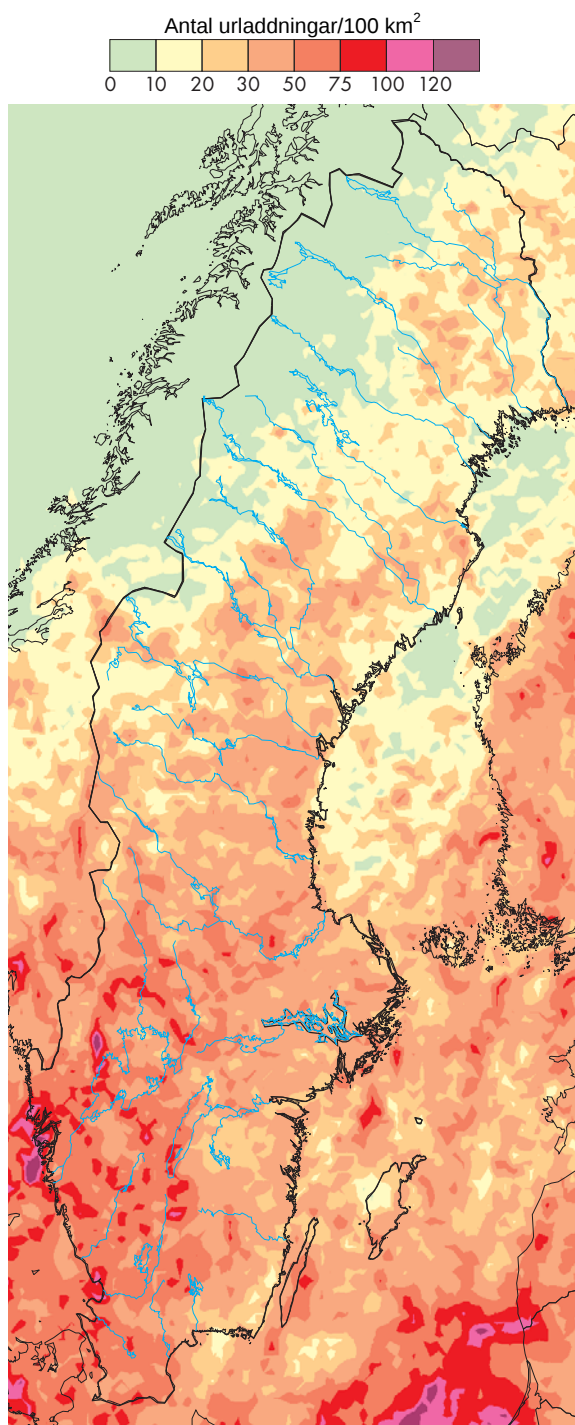
I en licentiatuppsats från Uppsala Universitet (Strandberg, 2003) har data sammanställts som samlats in med LLP-systemet (se kap. 4) under åren 1990-1999. I uppsatsen ingår Figur 11 som kan jämföras med Figur 10. En direkt jämförelse av värden försvåras dock av att Figur 11 visar *blixtar*, medan Figur 10 presenterar *urladdningar*. Dessutom avses perioden 2002-2009 i Figur 10. Den geografiska fördelningen av blixtar/urladdningar bör dock vara jämförbar. Den tydliga tendensen att blixaktiviteten avtar med latituden återfinns i båda figurena. I Figur 10 är skillnaden mellan land och hav mest påtaglig längs Norrlandskusten, medan den i Figur 11 är relativt tydlig även längs Götalands- och Svealandskusten. Området i södra Sverige med störst blixaktivitet 1990-1999 (Figur 11) verkar ha förskjutits västerut 2002-2009 (Figur 10).

Förmodligen beror avvikelserna mellan de figurena främst på naturliga variationer i var åska uppstår. De tidsperioder om åtta respektive tio år som kartorna grundas på är för korta för att ge ett stabilt resultat och därigenom möjliggöra säkra klimatologiska slutsatser.

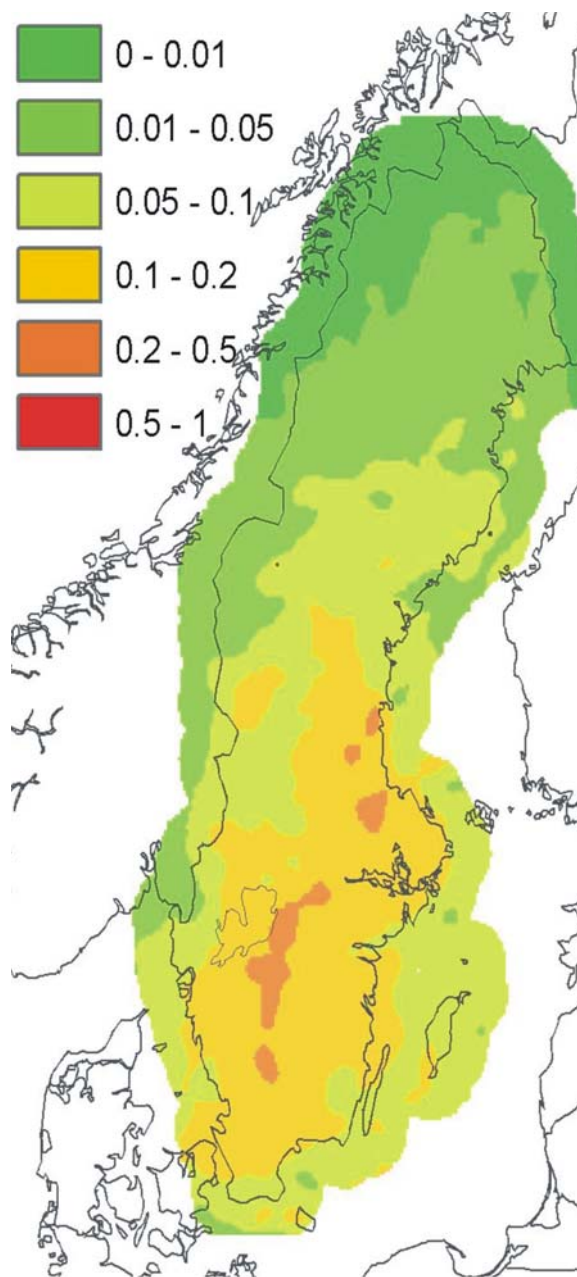
Antalet åskdagar per år varierar från någon enstaka i Lapplandsfjällen till drygt 25 vid västkusten (Figur 12). Intressant att notera är att på västkusten verkar det inte ha åskat mer över land än över hav. Längs ostkusten är det däremot en tydlig skillnad avseende antal åskdagar mellan land och hav. Speciellt syns att antalet åskdagar över land är högre än över hav för kuststräckan från Kalmar till Hudiksvall.

En tänkbar förklaring till skillnaden i antal åskdagar mellan ost- och västkusten kan vara att det finns olika typer av åska (se kapitel 3.4) som inte är lika vanligt förekommande inom alla områden i Sverige. Frontåskväder kan vara vanligast på västkusten med förstärkning genom orografien. När fronten med åska närmar sig relativt högt beläget land med högre friktion bromsas vinden upp och en hävning sker av luften vilket ger en förstärkning av åskan. När fronten når den östra delen av södra Sverige har åskaktiviteten avtagit. Värmeåskväder däremot, som främst bildas över land, är vanligare i södra Sverige och avtar norrut. För att denna typ av åska ska bildas krävs bland annat att solinstrålningen är så kraftig att den kan värma upp marken tillräckligt för att luften kan stiga till höga höjder. Det krävs även att temperatur och fuktighetsförhållandena i atmosfären medger hävning av luften.

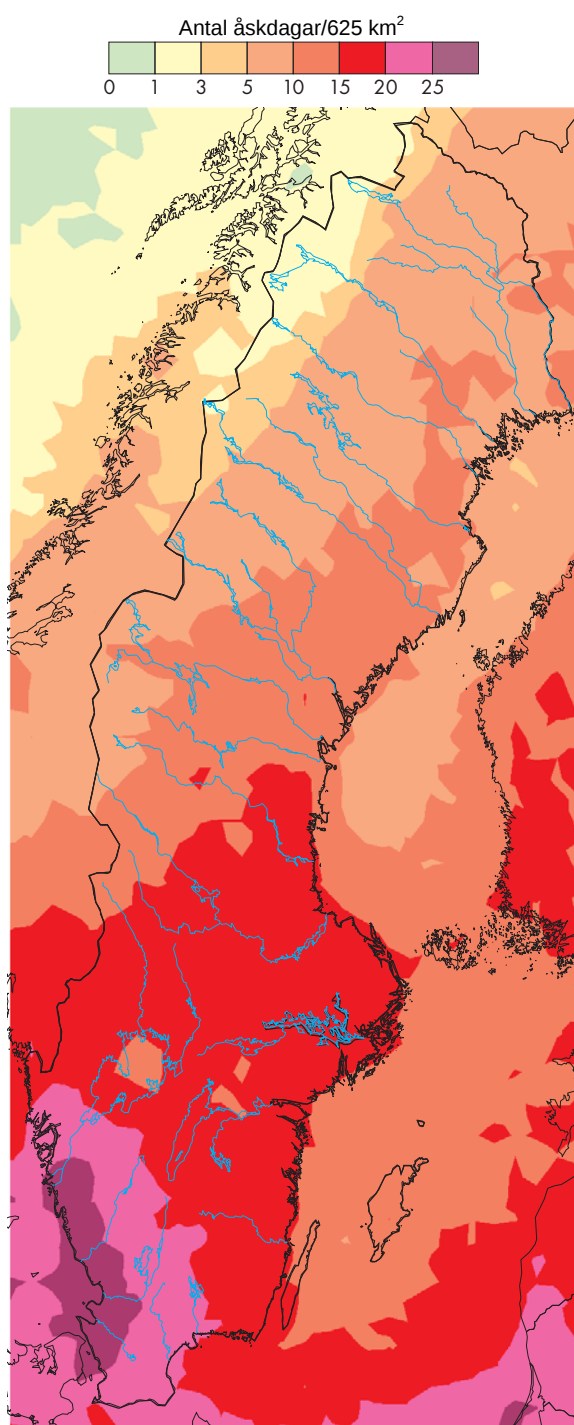
Antalet åskdagar i Figur 12, som bygger på data från blixlokaliseringssystemet för perioden 2002-2009, kan jämföras med Figur 13 som visar antal åskdagar utifrån manuella observationer under perioden 1961-1990. Det största antalet åskdagar i de bägge kartorna är ungefär lika och båda kartorna indikerar ett minimum över Väneren. Det finns dock vissa lokala skillnader mellan kartorna. Exempelvis är området med minst 20 åskdagar per år vid västkusten betydligt större enligt blixlokaliseringssystemet än enligt de manuella observationerna. Skillnaderna skulle kunna förklaras av att kartorna gäller för olika perioder eller att väderobservatörer uppfattar olika. Manuella observationer av åska försvåras av att hörseln hos väderobservatörer är olika och att åska kan förekomma på natten då observatören sover.



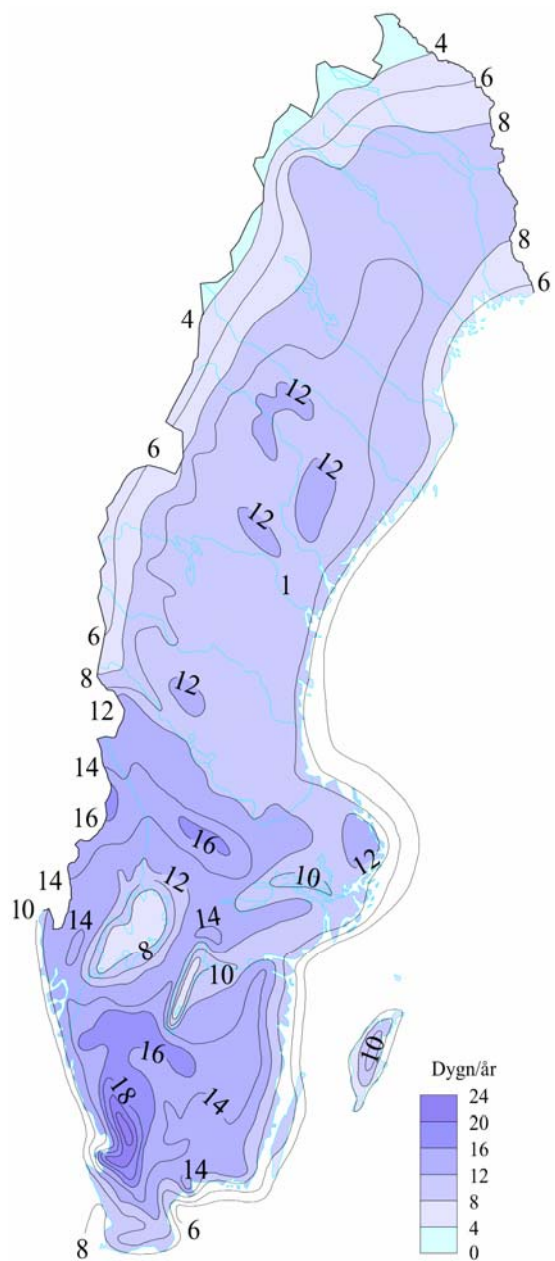
Figur 10. Antal urladdningar per år baserat på data för åren 2002-2009. Varje beräkningspunkt motsvarar 10 km x 10 km.



Figur 11. Antal blixnar per år och km² baserat på data för åren 1990-1999 (Strandberg, 2003). Publicerad med författarens tillstånd.



Figur 12. Antal åskdagar per år baserat på data för åren 2002-2009. Varje beräkningspunkt motsvarar 25 km x 25 km



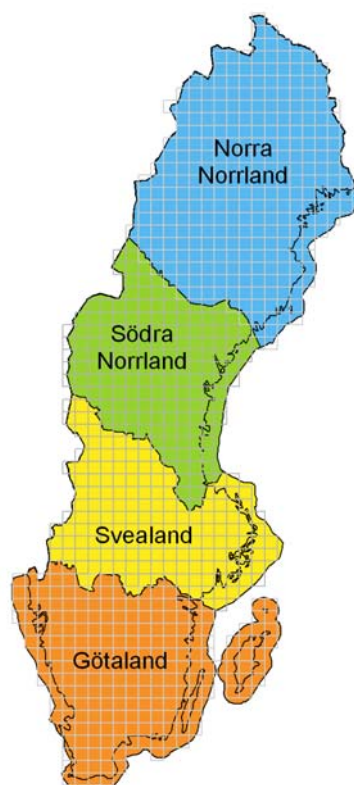
Figur 13. Antal åskdagar per år 1961-1990 enligt observationer från SMHI:s väderstationer (Sveriges Nationalatlas, 2004).

Figur 15 visar det totala antalet urladdningar i Sverige för varje år under perioden 2002-2009 uppdelat per landsdel. Det område beräkningen avser samt den indelning i landsdelar som använts framgår av Figur 14.

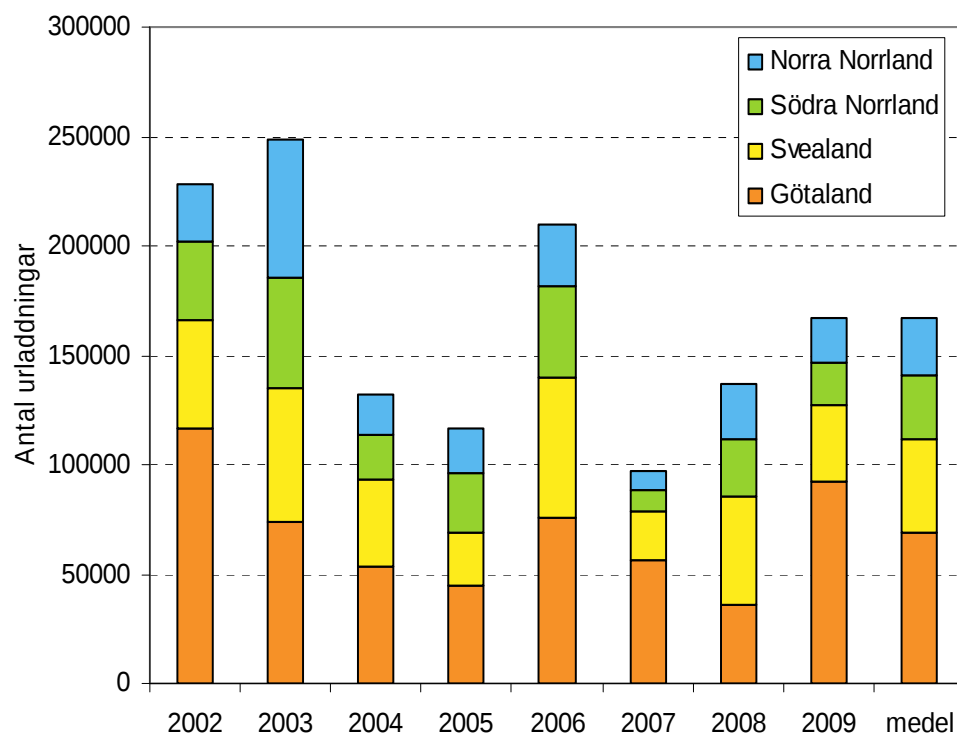
Antalet urladdningar per år i Sverige har varierat från cirka 100 000 till omkring 250 000. I medeltal har det varit cirka 165 000 urladdningar per år. År 2003 registrerades flest urladdningar i Sverige. Noterbart för detta år är att en relativt stor del av urladdningarna skett i Norrland. Antal åskdagar och antal urladdningar juli 2003 för Södra- och Norra Norrland är avsevärt högre än för övriga månader (Tabell 2 i Appendix B). Ett område kring Åsele i Norrlands inland hade en ovanligt åskrik julimånad 2003 med 10-15 åskdagar och lokalt över 200 urladdningar per 10 km x 10 km (Figur 23 och 31). Det dygn då flest urladdningar registrerats i Sverige under perioden 2002-2009 var 18 juli 2003 (Figur 38). En relativt stor del (lokalt upp till 70 %) av urladdningarna i området kring Åsele kom under detta dygn.

Antalet urladdningar per år har varierat ganska kraftigt (Figur 16). I Götaland, som är den mest åskrika landsdelen, registrerades det drygt 80 urladdningar i genomsnitt per 10 km x 10 km år 2002 medan antalet år 2008 var cirka 25. För landet som helhet registrerades i genomsnitt årligen ca 30 urladdningar per 10 km x 10 km under perioden 2002-2009. Medelvärdet baseras på samtliga beräkningsrutor (10 km x 10 km) inom respektive område i Figur 16.

I Figur 17 visas medelvärde per areaenhet av antal åskdagar per år inom landsdelarna Norra Norrland, Södra Norrland, Svealand och Götaland samt för hela landet. Medelvärdet baseras på samtliga beräkningsrutor (25 km x 25 km) inom respektive område. Som genomsnitt i Sverige drabbas varje sådan ruta av 10-15 åskdagar per år. Flest åskdagar var det i Götaland år 2006 med i genomsnitt 22-23 åskdagar per beräkningsruta. Det lägsta antalet åskdagar återfinns i Norra Norrland år 2007 med ett genomsnitt på endast 5-6 åskdagar.

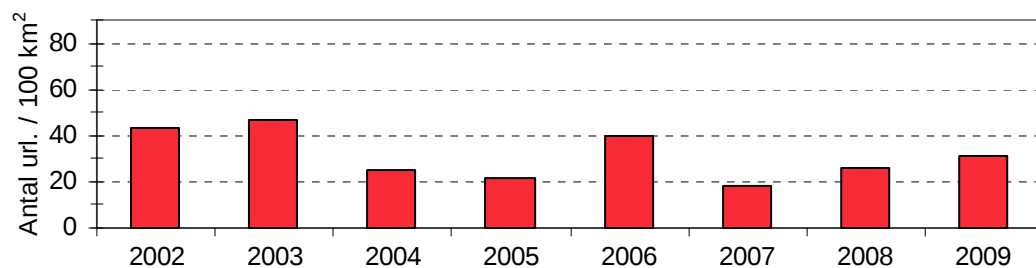


Figur 14. Sverige indelat i landsdelar och de 25 km x 25 km stora rutor som använts vid beräkning av antalet åskdagar.

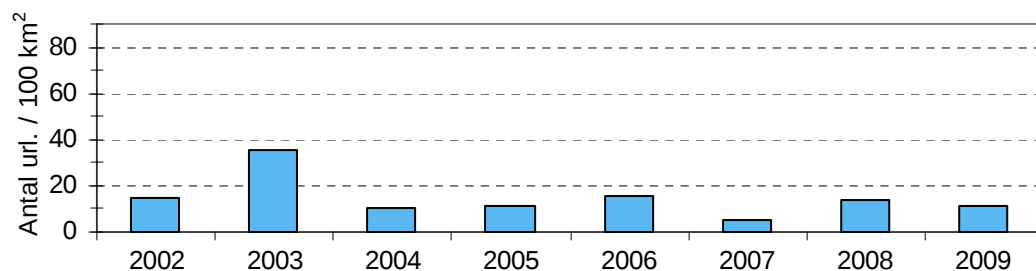


Figur 15. Antal urladdningar per landsdel och år samt medelvärde för perioden 2002-2009.

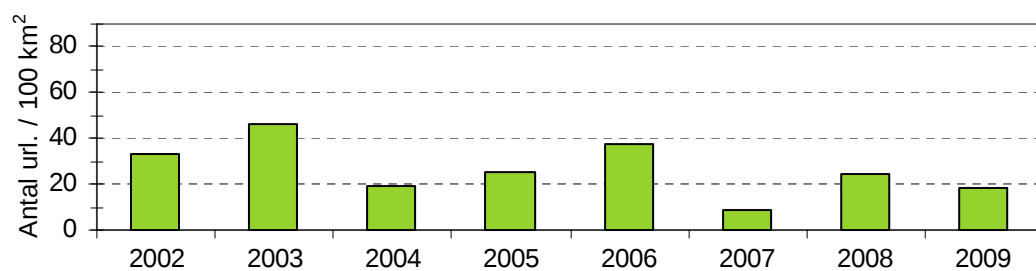
Hela landet



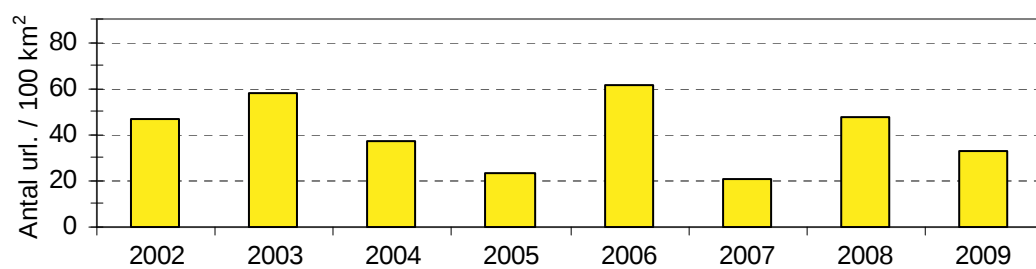
Norra Norrland



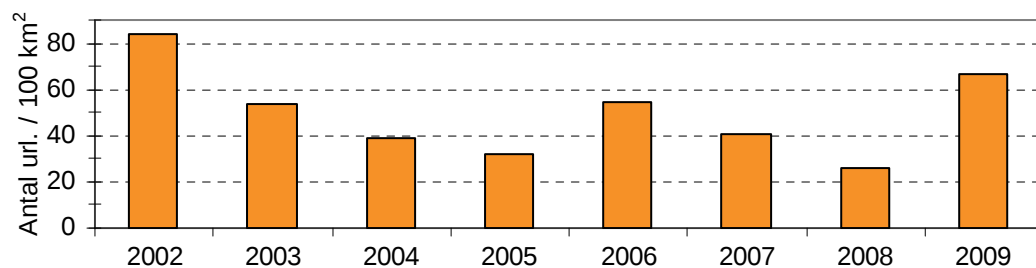
Södra Norrland



Svealand

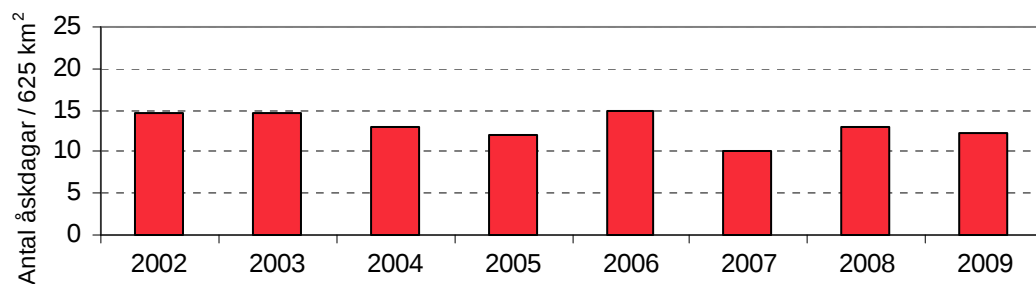


Götaland

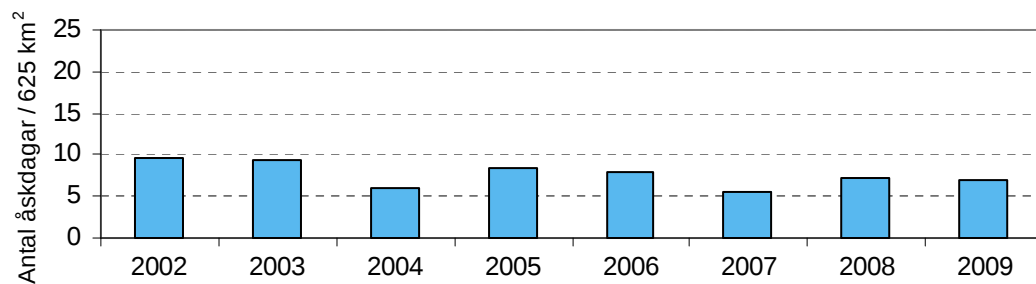


Figur 16. Antal urladdningar per areaenhet och år för hela landet samt för de fyra landsdelarna. Medelvärdet baseras på samtliga beräkningsrutor (10 km x 10 km) inom respektive område.

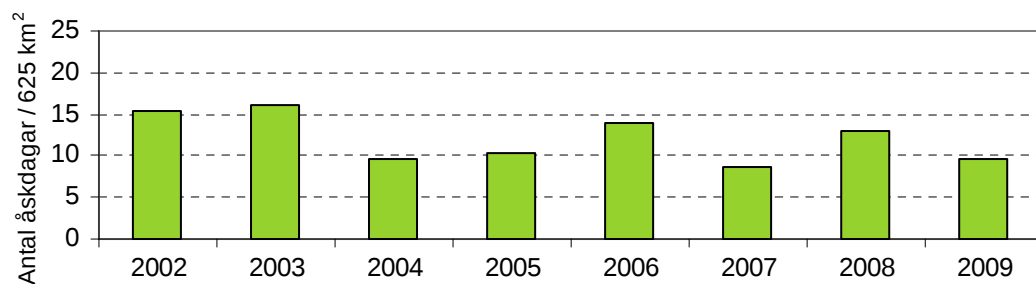
Hela landet



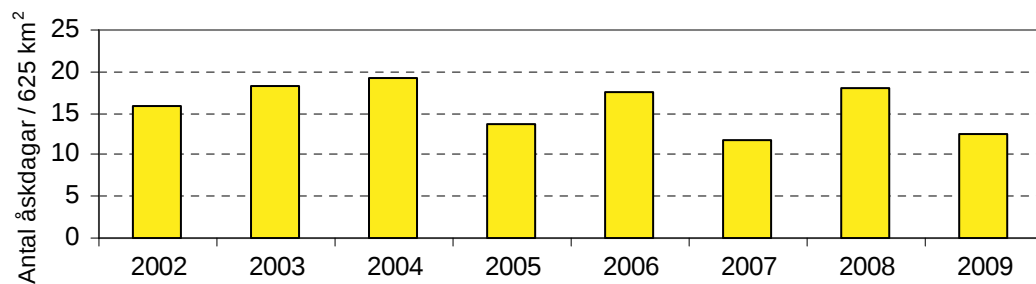
Norra Norrland



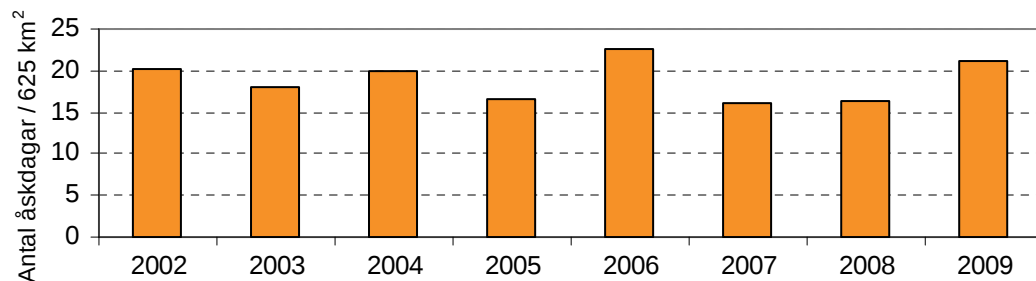
Södra Norrland



Svealand



Götaland



Figur 17. Antal åskdagar per år och areaenhet för hela landet samt för de fyra landsdelarna. Medelvärden baseras på samtliga beräkningsrutor (25 km x 25 km) inom respektive område.

I Appendix återfinns ett stort antal figurer som beskriver förekomsten av åska. En förteckning över samtliga figurer finns i tabell 1.

Tabell 1. Figurer i Appendix. Beräkningarna baseras på data för åren 2002-2009.

App.	Figur	Innehåll
A	Figur 18 - Figur 19	Medelantal urladdningar per månad för januari-december. Per 10 km x 10 km.
A	Figur 20 - Figur 21	Medelantal åskdagar per månad för januari-december. Per 25 km x 25 km.
B	Figur 22 - Figur 29	Antal urladdningar för varje år och för månaderna maj-sept. Per 10 km x 10 km.
B	Figur 30 - Figur 37	Antal åskdagar för varje år och för månaderna maj-sept. Per 25 km x 25 km.
C	Figur 38	Antal urladdningar per 10 km x 10 km vid de mest intensiva åskdygnen under perioden 2002-2009. För varje landsdel samt för hela landet.
D	Figur 39	Dygns- och månadsvariation av antalet urladdningar per år i Sverige. Medelvärde för år 2002-2009.
D	Figur 40	Dygnsvariation av antal urladdningar för Sverige samt landsdelar.
D	Figur 41	Månadsvariation av antal urladdningar för Sverige samt landsdelar.

Figur 18 och Figur 19 visar medelantal urladdningar i Sverige för varje månad. Det har under perioden 2002-2009 förekommit urladdningar under alla årets månader, men det stora flertalet återfinns för månaderna maj-september. I norra Sverige förekommer endast enstaka urladdningar under årets övriga månader. Noterbart är även att de allra högsta värdena återfinns över land för juli månad, men över hav för augusti. En trolig förklaring är att solinstrålningen är högst i juli men att havet som regel är varmast i augusti. Men de åtta år som kartorna avser är en för kort tidsperiod för att några definitiva slutsatser skall dras.

Figur 20 och Figur 21 visar genomsnittligt antal åskdagar i Sverige för varje månad. För Sverige som helhet framgår att det under 2002-2009 åskat mest i juli. Det finns dock undantag. Exempelvis på Gotland och vid Upplandskusten har det varit fler åskdagar under augusti månad. Det skulle kanske kunna visa på ett inflytande av havstemperaturen.

Åskans tidsvariation finns även beskriven i Figur 39-41. Juli är den i genomsnitt mest åskrika månaden i hela landet följt av augusti och därefter juni (Figur 41). Blixurladdningar förekommer under hela dygnet i hela landet med en topp på eftermiddagen mellan kl. 14 och 15 UTC-tid i tre av fyra landsdelar (Figur 40). Svensk sommartid är UTC-tid + 2 timmar, och svensk normaltid är UTC-tid + 1 timme.

7 Slutsatser

Det åskar mer i södra än i norra Sverige. Under perioden 2002-2009 har antalet åskdagar per år varierat från någon enstaka i Lapplandsfjällen till drygt 25 vid västkusten.

Längs ostkusten har det i genomsnitt varit fler åskdagar per år över land än över hav. För västkusten framgår inte på samma sätt någon tydlig gräns mellan land och hav.

Åska kan förekomma under hela dygnet, men är vanligast under eftermiddagen och kvällen. För åren 2002-2009 har det största antalet urladdningar registrerats kl. 14-15 UTC-tid (kl. 16-17 svensk sommartid).

Åska kan förekomma under alla årets månader, men de allra flesta urladdningarna sker under perioden maj-september. För åren 2002-2009 har det i genomsnitt varit störst antal åskdagar och urladdningar över land i juli följt av augusti och juni. Över hav ses dock en tendens till att augusti är den mest åskrika månaden.

8 Referenser

Cooray, V., 2003, *Blixt och åska. Så fungerar naturens fyrverkeri*. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. ISBN: 91-7382-778-9. 160s.

Liljequist, G.H., 1962, *Meteorologi*. Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag. 455 s.

SMHI, 2003, *Regnkatastrofen på Fulufjället 30-31 augusti 1997*. Faktablad nr 13. 4 s.

SMHIs hemsida: www.smhi.se

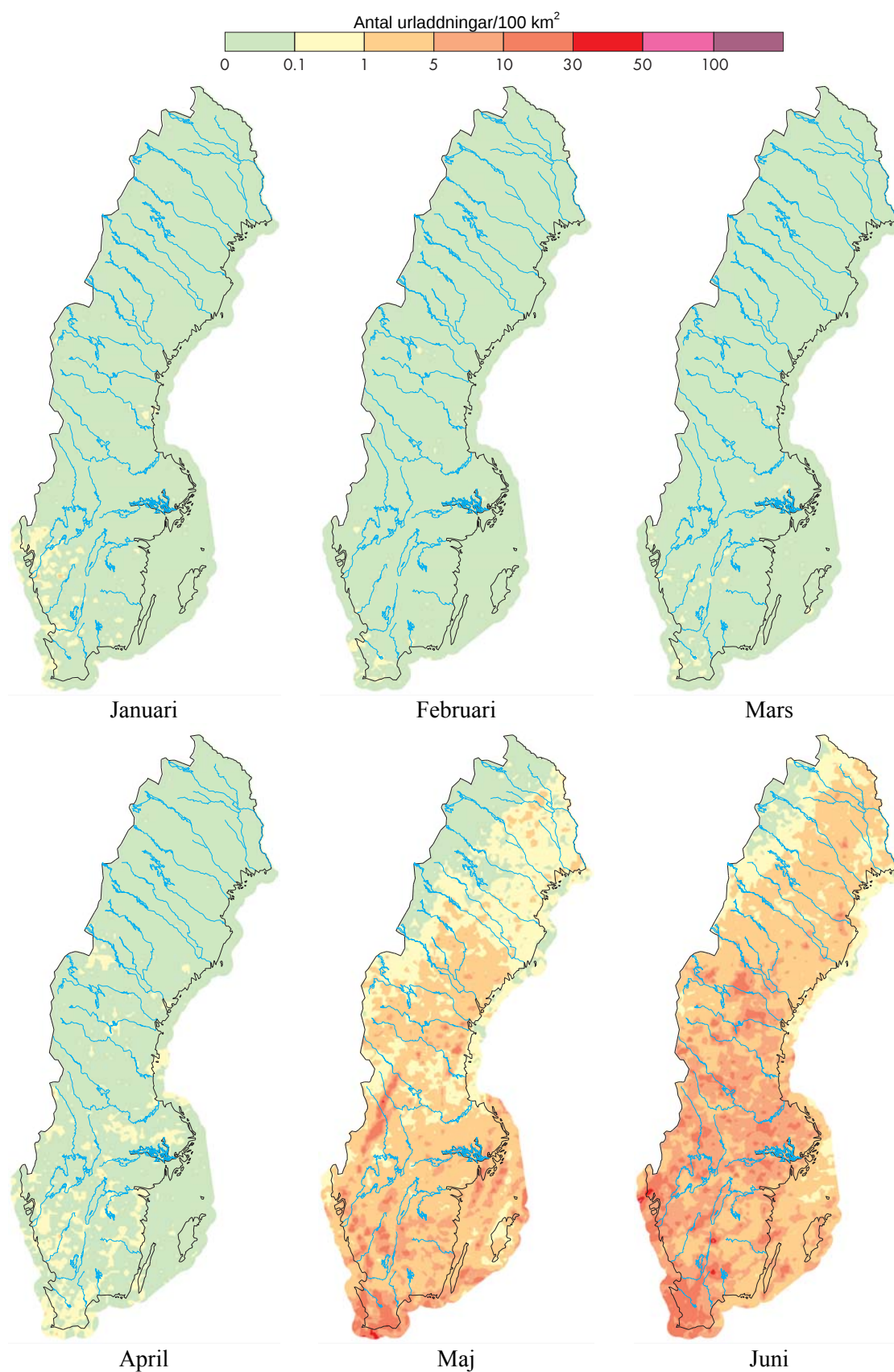
Strandberg, G., 2003, *Characterization and Modelling of Lightning Flashes in Sweden*. Ph. Lic. Thesis , Division for Electricity and Lightning Research, Uppsala University. UURIE 289-03L. p 7.

Sveriges Nationalatlas, 2004, *Klimat, sjöar och vattendrag*. ISBN 91-8776-053-3. 176 s.

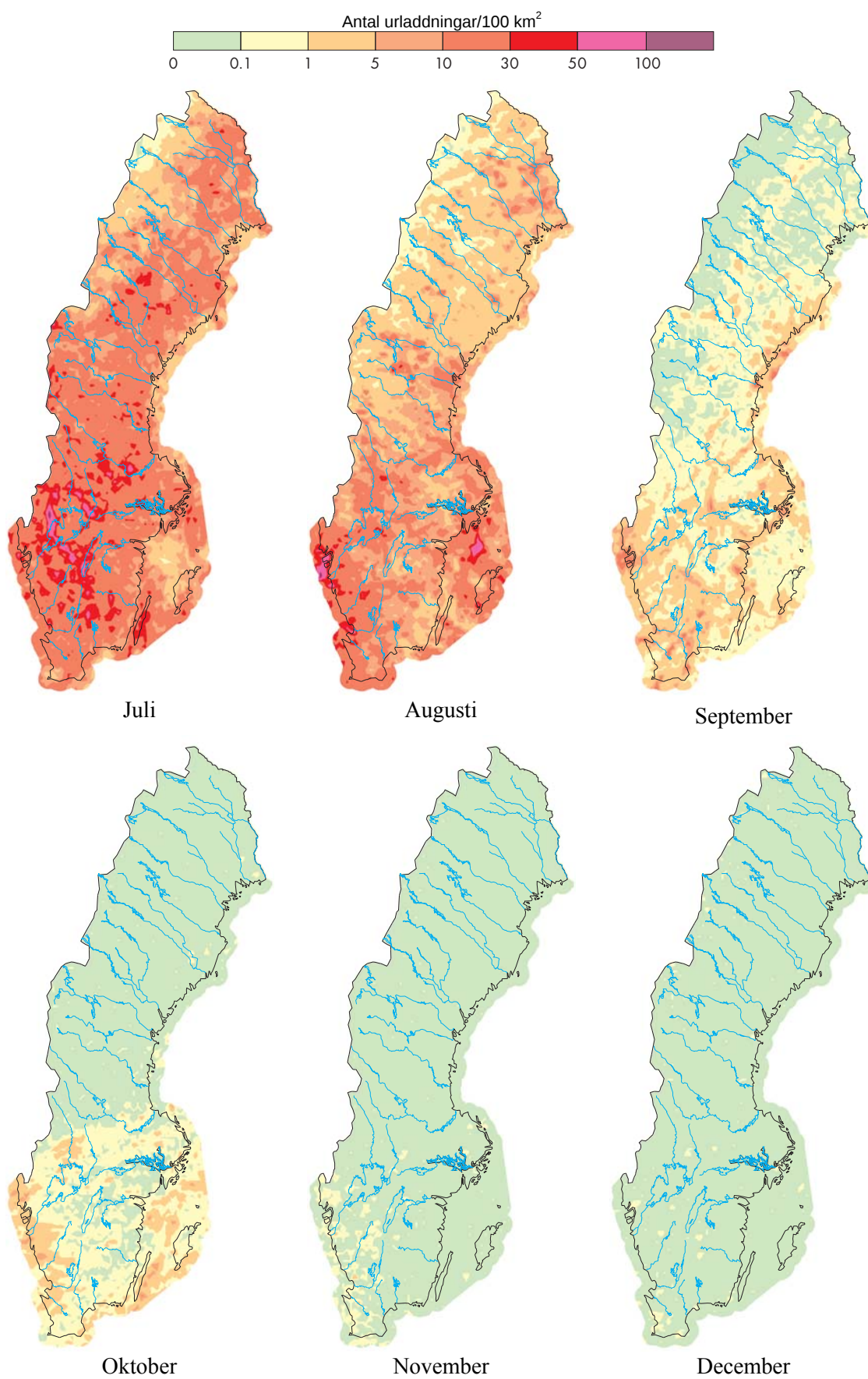
Uppsala Universitet, Avdelningen för elektricitetslära, Ångströmlaboratoriet:
<http://www.el.angstrom.uu.se/>

WORLD WEATHERDISC, Climate Data for the Planet Earth, WeatherDisc Associations, Inc., 1994, 4584 NE 89th, Seattle, WA 98115, (206)524-4314

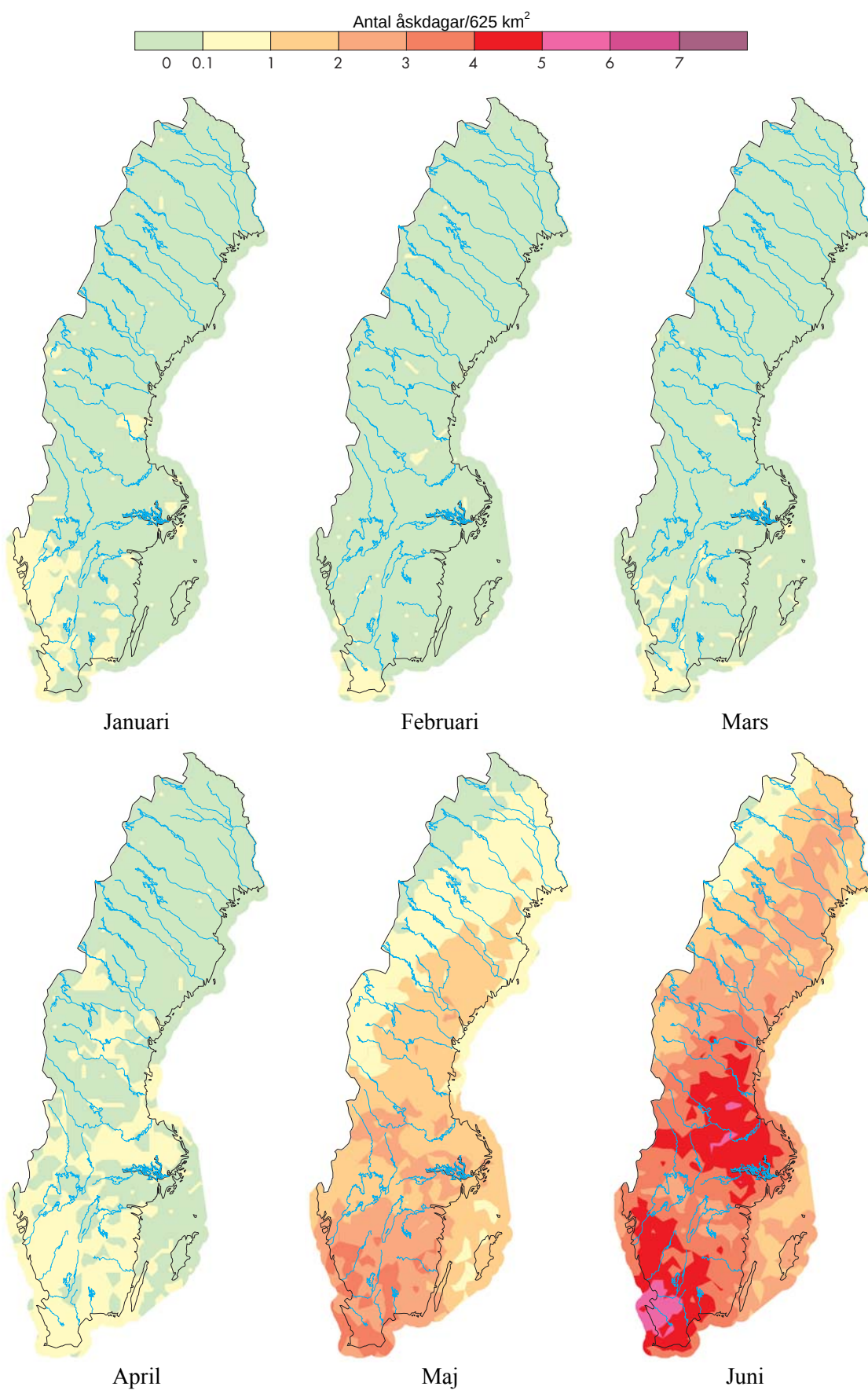
Appendix A Månadsmedelvärden för perioden 2002-2009



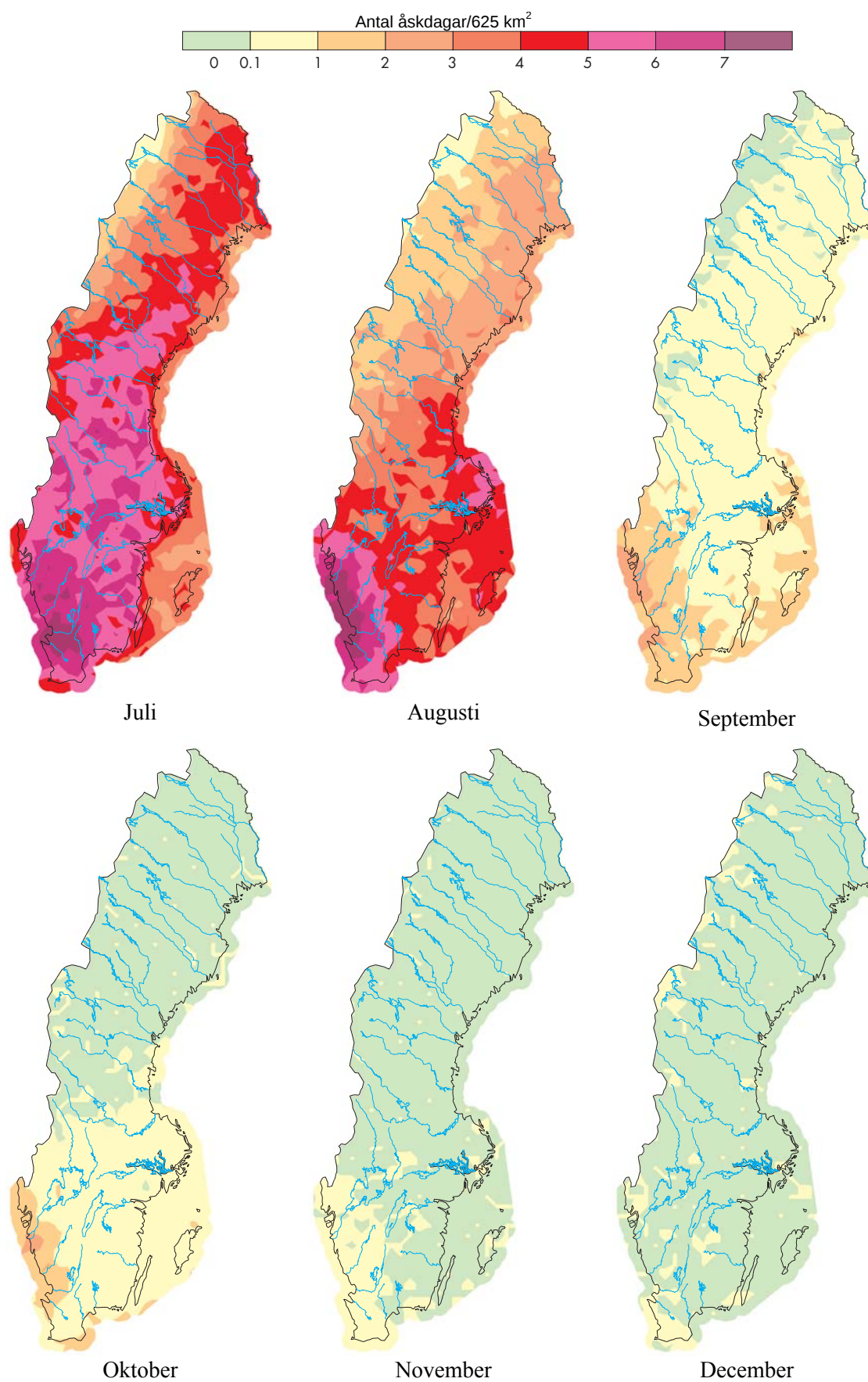
Figur 18. Medelantal urladdningar per 10 km x 10 km och månad, januari till juni. Beräkningarna baseras på data för åren 2002-2009.



Figur 19. Medelantal urladdningar per 10 km x 10 km och månad, juli till december. Beräkningarna baseras på data för åren 2002-2009.



Figur 20. Medelantal åskdagar per 25 km x 25 km och månad, januari till juni. Beräkningarna baseras på data för åren 2002-2009.

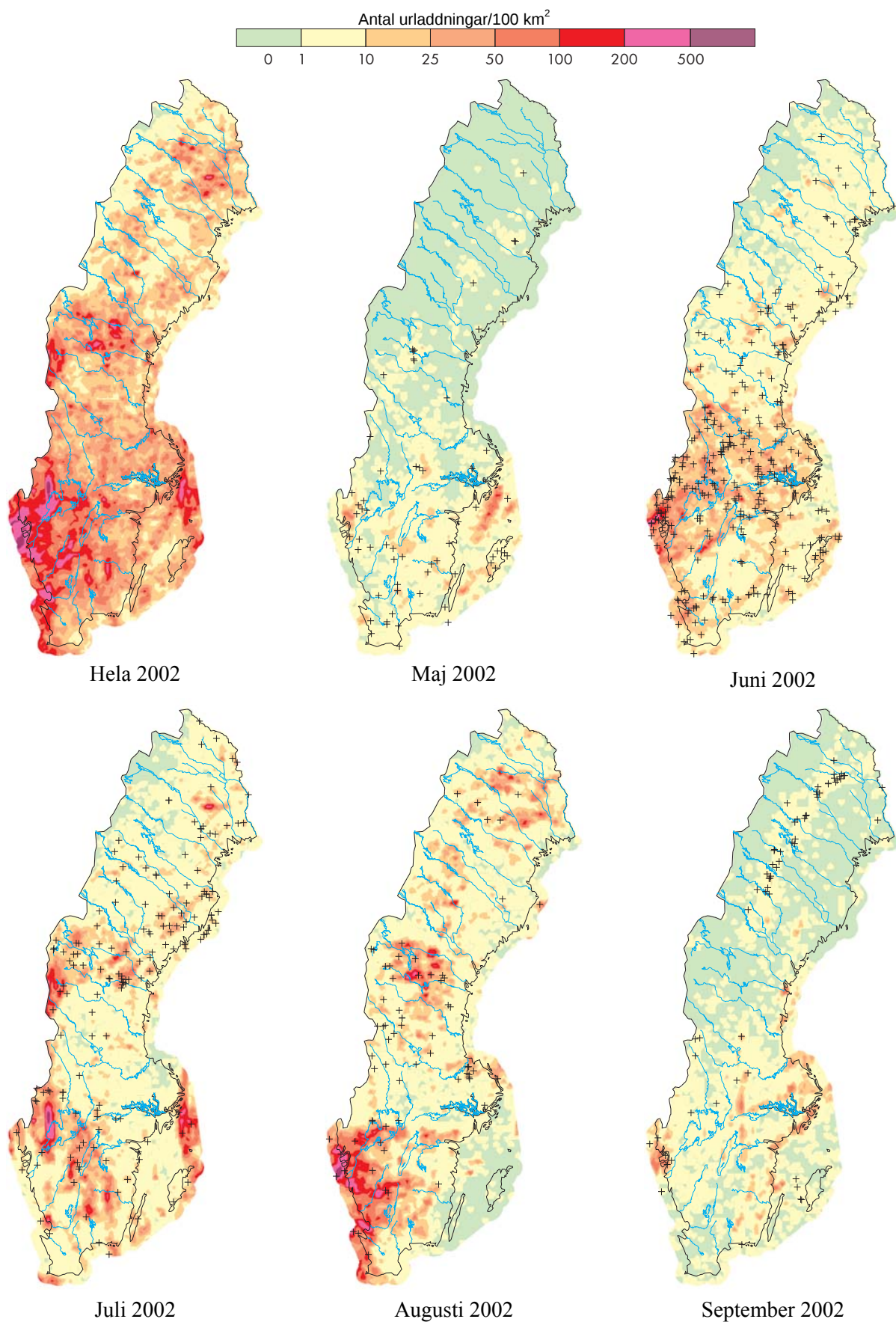


*Figur 21. Medelantal åskdagar per 25 km x 25 km och månad, juli till december.
Beräkningarna baseras på data för åren 2002-2009.*

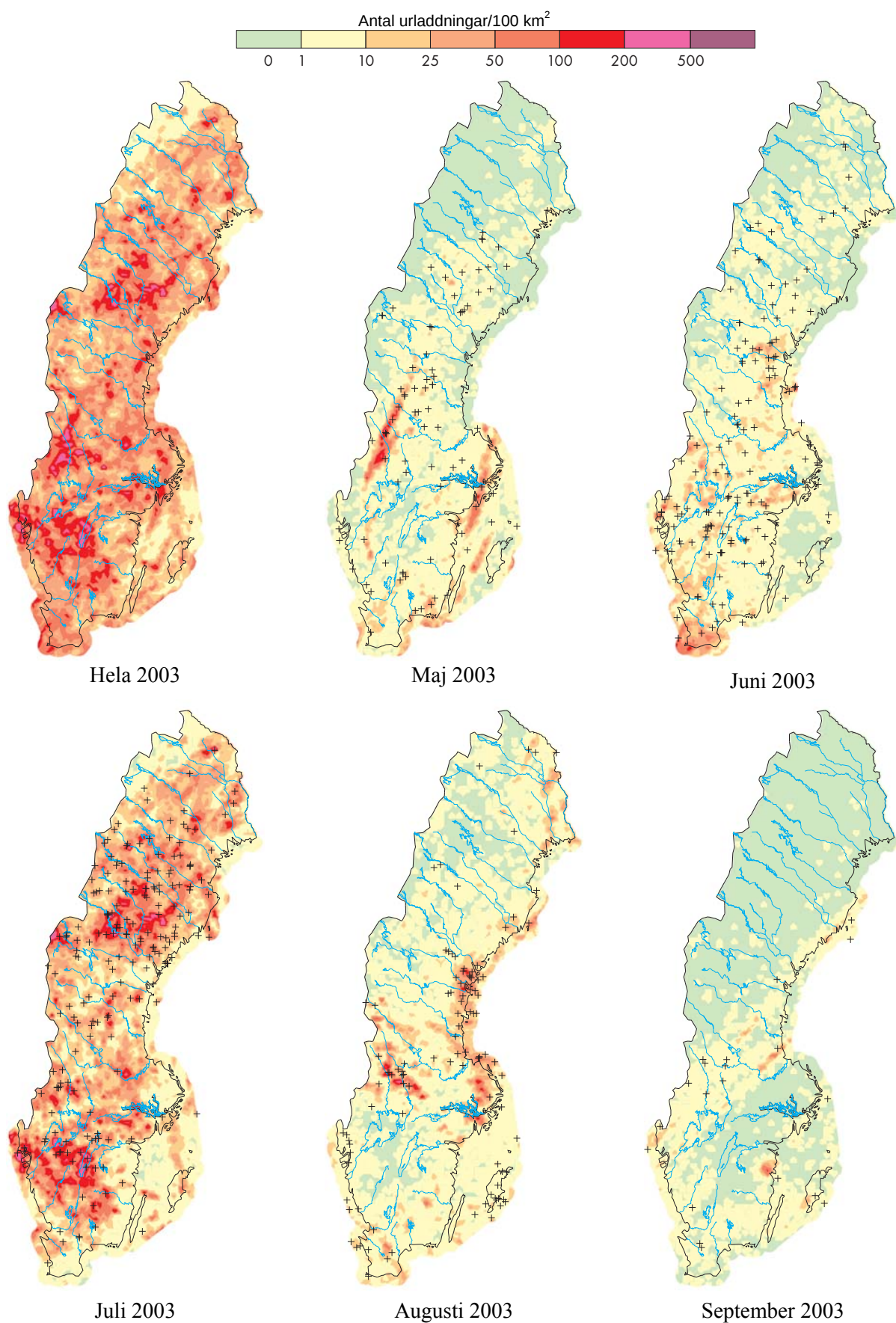
Appendix B Års- och månadsvärden för åren 2002-2009

Tabell 2. Års- och månadsvärden per areaenhet av antal urladdningar och antal åskdagar för Sverige samt landsdelar. Antal urladdningar avser 10 km x 10 km, antal åskdagar avser 25 km x 25 km.

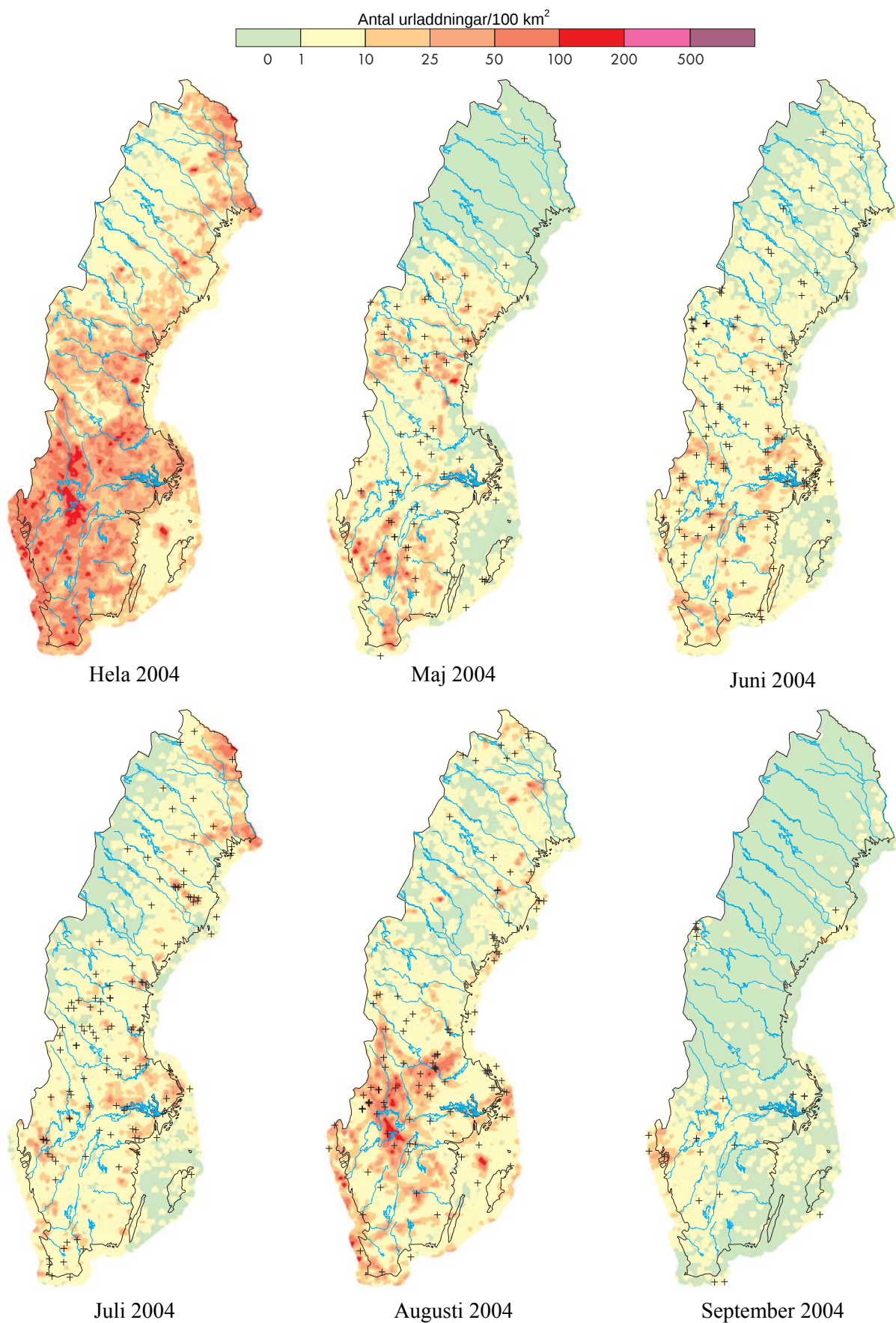
år/mån	Antal urladdningar per 100 km ²					Antal åskdagar per 625 km ²				
	Sverige	Göta l.	Svea l.	Södra Norrl.	Norra Norrl.	Sverige	Göta l.	Svea l.	Södra Norrl.	Norra Norrl.
2002	43	84	47	33	15	15	20	16	15	9.7
maj	1.5	4.0	2.2	0.2	0.1	1.0	2.6	1.1	0.4	0.2
juni	9.8	18	18	5.2	1.8	4.9	6.4	7.2	4.7	2.4
juli	13	22	16	13	4.7	4.2	4.6	3.3	5.3	3.9
aug	16	36	6.0	13	7.8	3.6	4.7	3.0	4.1	2.8
sep	2.5	3.9	5.2	1.3	0.5	1.0	1.6	1.1	0.7	0.5
2003	47	53	58	46	35	15	18	18	16	9.5
maj	3.8	4.8	10	1.5	0.6	1.7	2.4	2.7	1.7	0.6
juni	4.0	7.9	5.3	3.3	0.6	3.0	4.8	4.3	3.0	1.0
juli	32	35	28	33	31	6.4	6.0	7.0	7.2	5.9
aug	6.1	3.8	13	7.6	3.0	2.8	3.2	3.4	3.4	1.8
sep	1.0	1.9	1.2	0.8	0.3	0.6	1.3	0.8	0.6	0.2
2004	25	39	37	19	10	13	20	19	9.6	6.1
maj	5.2	10	4.2	7.8	0.5	1.9	3.4	2.7	2.0	0.3
juni	4.1	6.8	6.5	3.8	0.9	2.7	3.3	4.5	2.4	1.3
juli	5.2	4.9	6.3	3.4	5.7	3.4	4.4	4.7	2.3	2.7
aug	8.9	13	18	4.0	3.1	3.7	5.9	5.7	2.6	1.6
sep	0.7	2.1	0.6	0.0	0.1	0.6	1.3	0.8	0.1	0.2
2005	22	32	23	25	11	12	17	14	10	8.5
maj	1.4	2.5	2.3	0.3	0.6	1.4	2.5	2.2	0.5	0.5
juni	4.6	6.6	1.6	8.2	2.6	2.1	2.8	1.7	2.3	1.7
juli	13	20	17	12	6.2	5.6	7.2	6.9	4.6	4.3
aug	2.5	2.3	2.2	4.3	1.7	2.2	2.3	2.6	2.4	1.9
sep	0.2	0.3	0.0	0.5	0.1	0.4	0.8	0.1	0.5	0.1
2006	39	55	61	38	16	15	23	18	14	7.9
maj	1.1	1.8	2.1	0.9	0.2	1.3	1.9	2.1	1.2	0.3
juni	1.7	1.6	0.5	2.3	2.3	1.6	1.3	0.9	1.9	2.1
juli	20	14	39	23	11	4.4	4.0	6.3	6.0	2.7
aug	13	27	18	9.4	2.1	5.8	11	6.9	3.7	2.4
sep	2.2	6.2	0.3	2.4	0.1	0.8	1.5	0.6	0.9	0.3
2007	18	41	21	9.1	5.1	10	16	12	8.6	5.4
maj	3.3	10	1.9	0.9	0.2	1.5	2.9	1.4	1.4	0.4
juni	2.1	2.3	6.0	1.6	0.1	1.7	2.6	3.5	1.4	0.2
juli	5.7	9.9	6.4	4.2	2.9	3.1	3.7	2.5	3.1	2.8
aug	5.8	16	4.4	1.5	1.4	2.9	5.1	3.1	1.8	1.6
sep	1.3	2.1	1.9	0.9	0.5	0.8	1.2	1.0	0.8	0.3
2008	26	26	48	24	14	13	16	18	13	7.2
maj	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
juni	6.5	6.2	11	7.3	3.8	4.3	4.6	5.9	4.8	2.8
juli	15	13	26	15	8.5	5.0	5.1	6.6	5.7	3.4
aug	3.6	3.8	9.6	1.6	1.3	2.3	3.1	4.2	1.9	0.7
sep	0.3	1.1	0.2	0.0	0.0	0.3	0.9	0.3	0.1	0.0
2009	31	67	33	18	11	12	21	12	9.7	7.0
maj	2.0	4.7	1.2	1.4	0.8	1.8	2.8	1.8	1.5	1.2
juni	2.8	6.4	1.0	3.7	0.7	1.6	2.6	1.3	1.7	1.0
juli	21	44	26	11	5.5	5.1	9.2	5.6	4.3	2.3
aug	5.4	11	4.8	1.6	3.9	2.8	4.6	3.0	1.7	2.1
sep	0.4	0.8	0.2	0.1	0.3	0.6	1.0	0.6	0.2	0.5
medel	31	49	41	27	15	13	19	16	12	7.7
maj	2.3	4.8	3.1	1.6	0.4	1.4	2.4	1.8	1.1	0.5
juni	4.5	7.0	6.2	4.4	1.6	2.7	3.5	3.7	2.8	1.6
juli	16	20	21	14	9.5	4.7	5.5	5.4	4.8	3.5
aug	7.7	14	9.6	5.4	3.0	3.3	5.0	4.0	2.7	1.9
sep	1.1	2.3	1.2	0.8	0.2	0.6	1.2	0.7	0.5	0.3



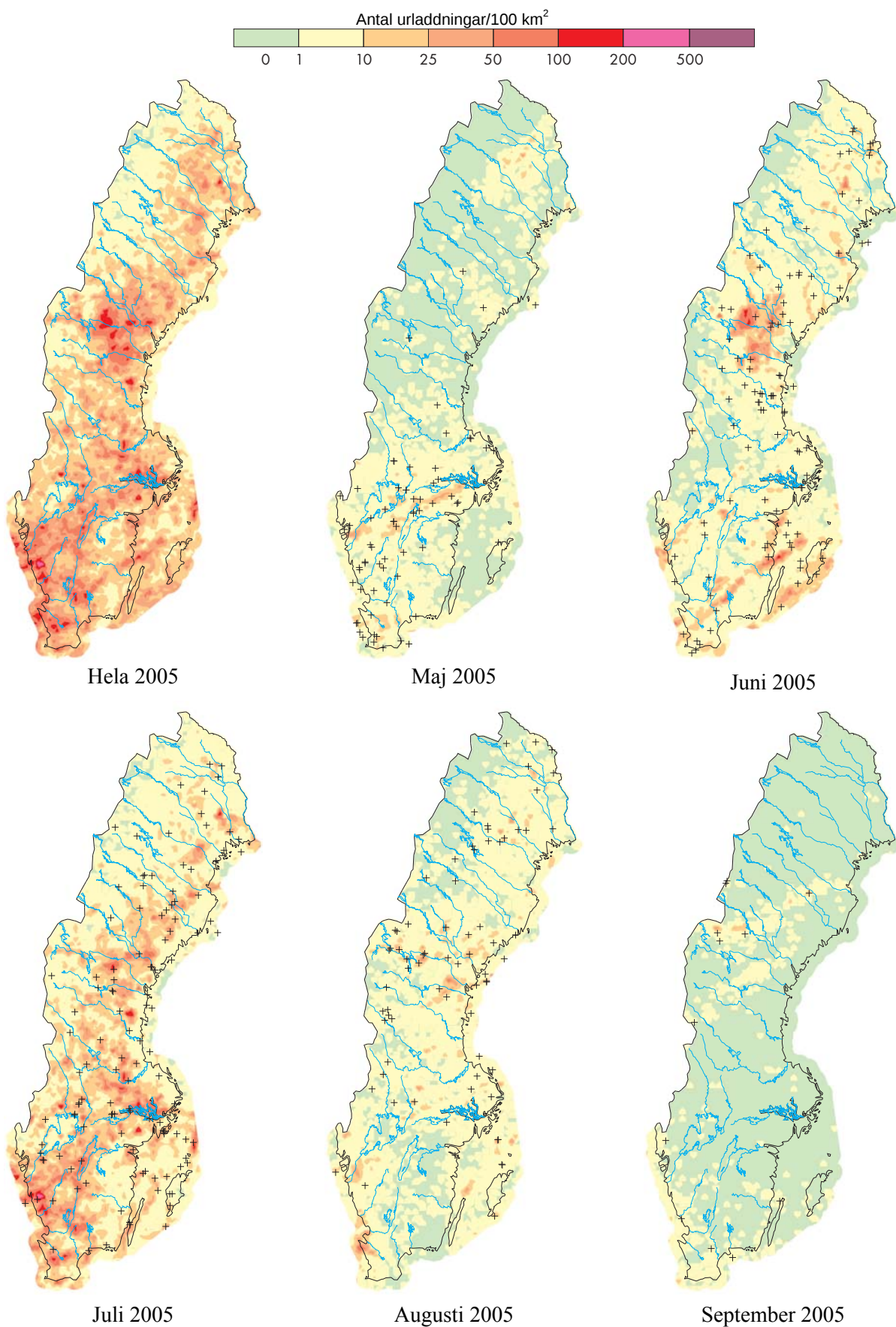
Figur 22. Antal urladdningar per 10 km x 10 km år 2002. För hela året samt för månaderna maj-sept. Urladdningar med strömstyrka 100 kA eller högre har markerats med +.



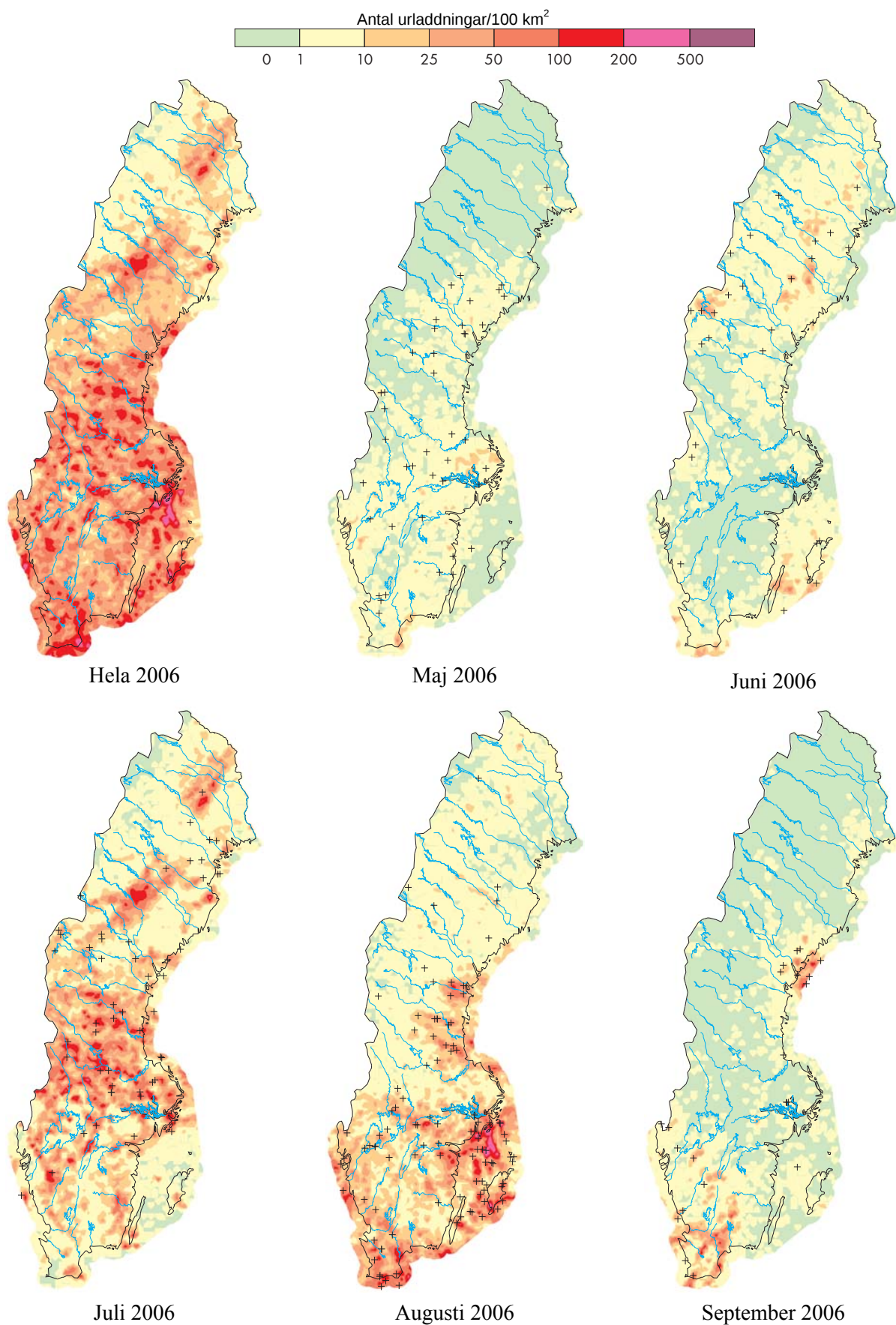
Figur 23. Antal urladdningar per 10 km x 10 km år 2003. För hela året samt för månaderna maj-sept. Urladdningar med strömstyrka 100 kA eller högre har markerats med +.



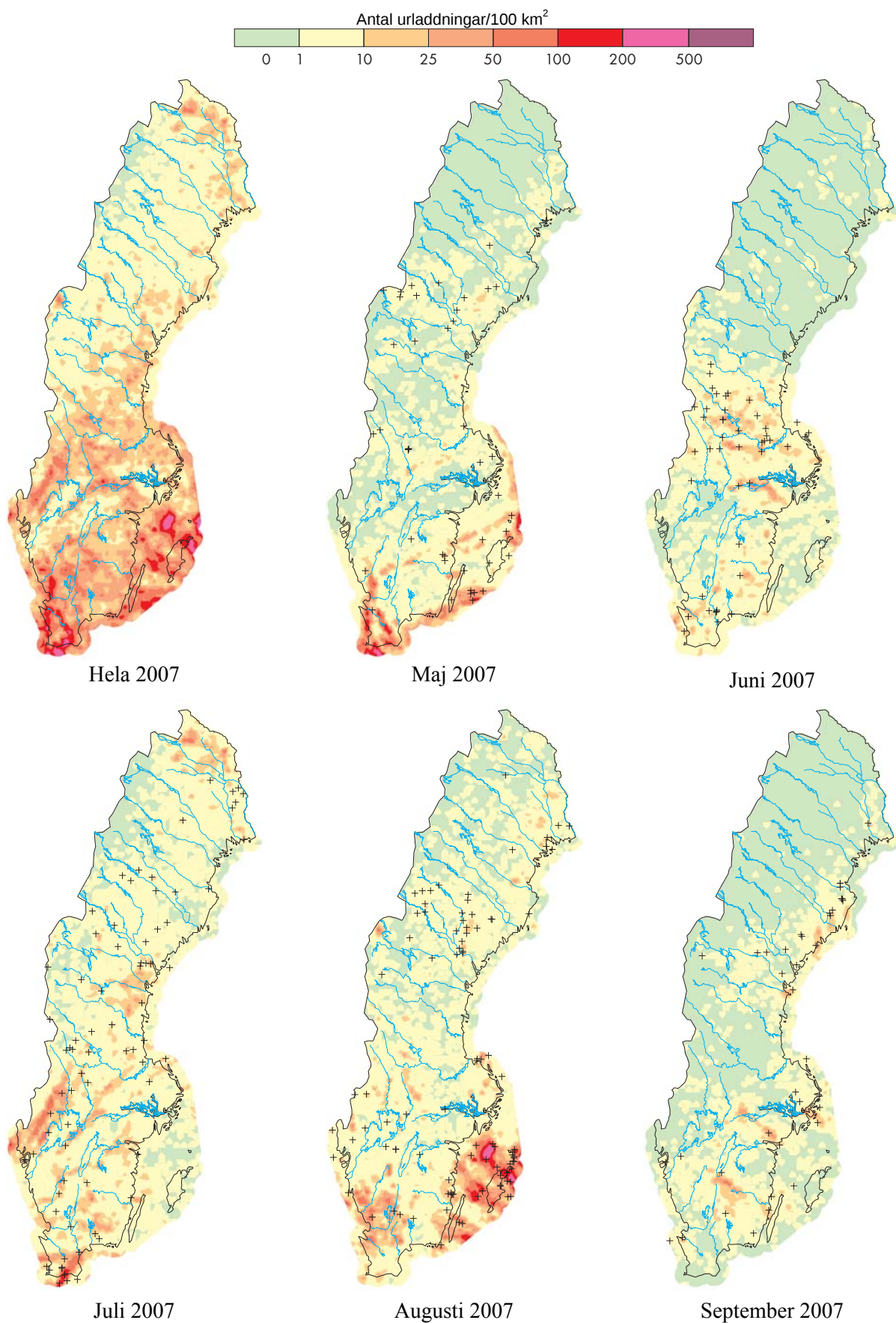
Figur 24. Antal urladdningar per 10 km x 10 km år 2004. För hela året samt för månaderna maj-sept. Urladdningar med strömstyrka 100 kA eller högre har markerats med +.



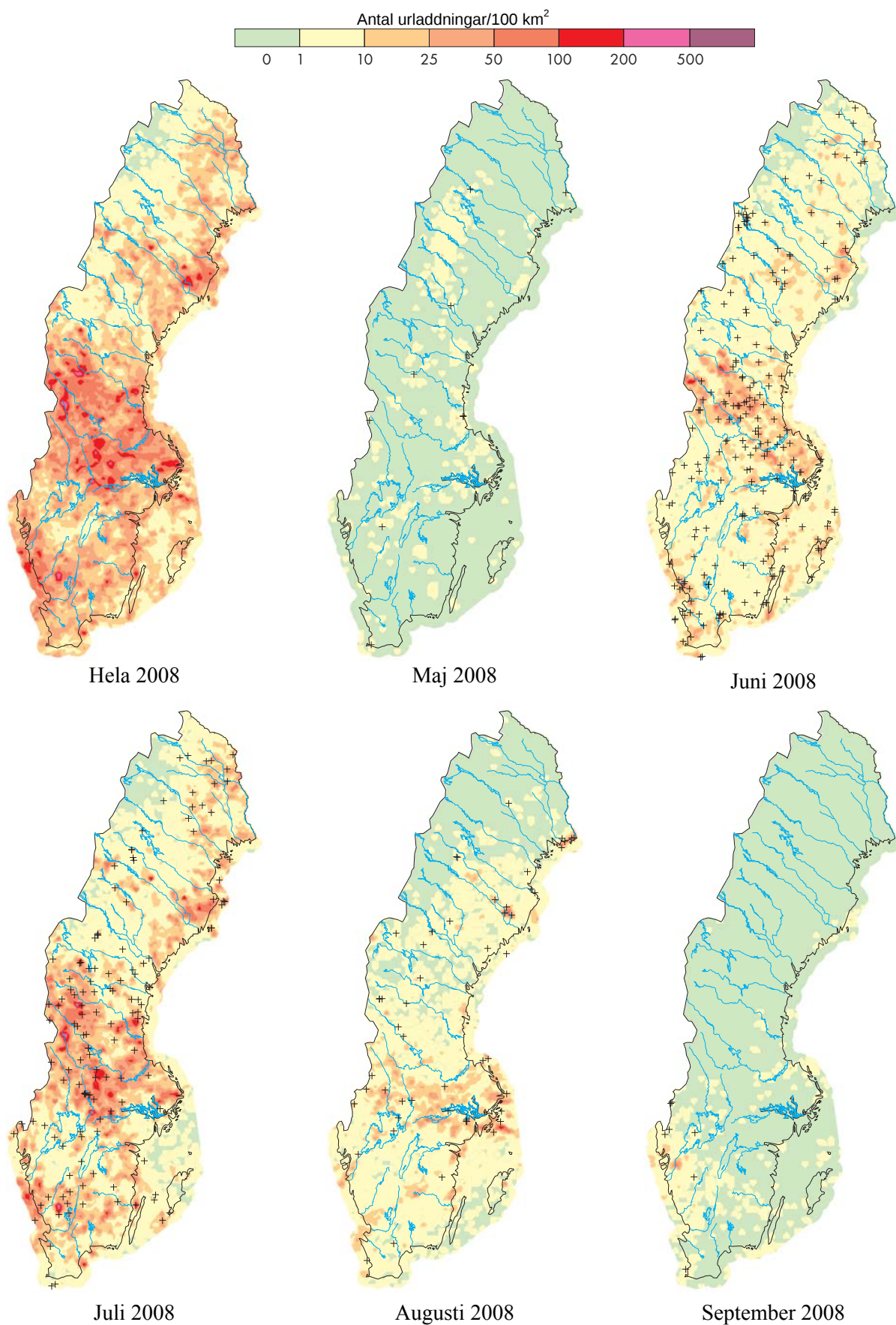
Figur 25. Antal urladdningar per 10 km x 10 km år 2005. För hela året samt för månaderna maj-sept. Urladdningar med strömstyrka 100 kA eller högre har markerats med +.



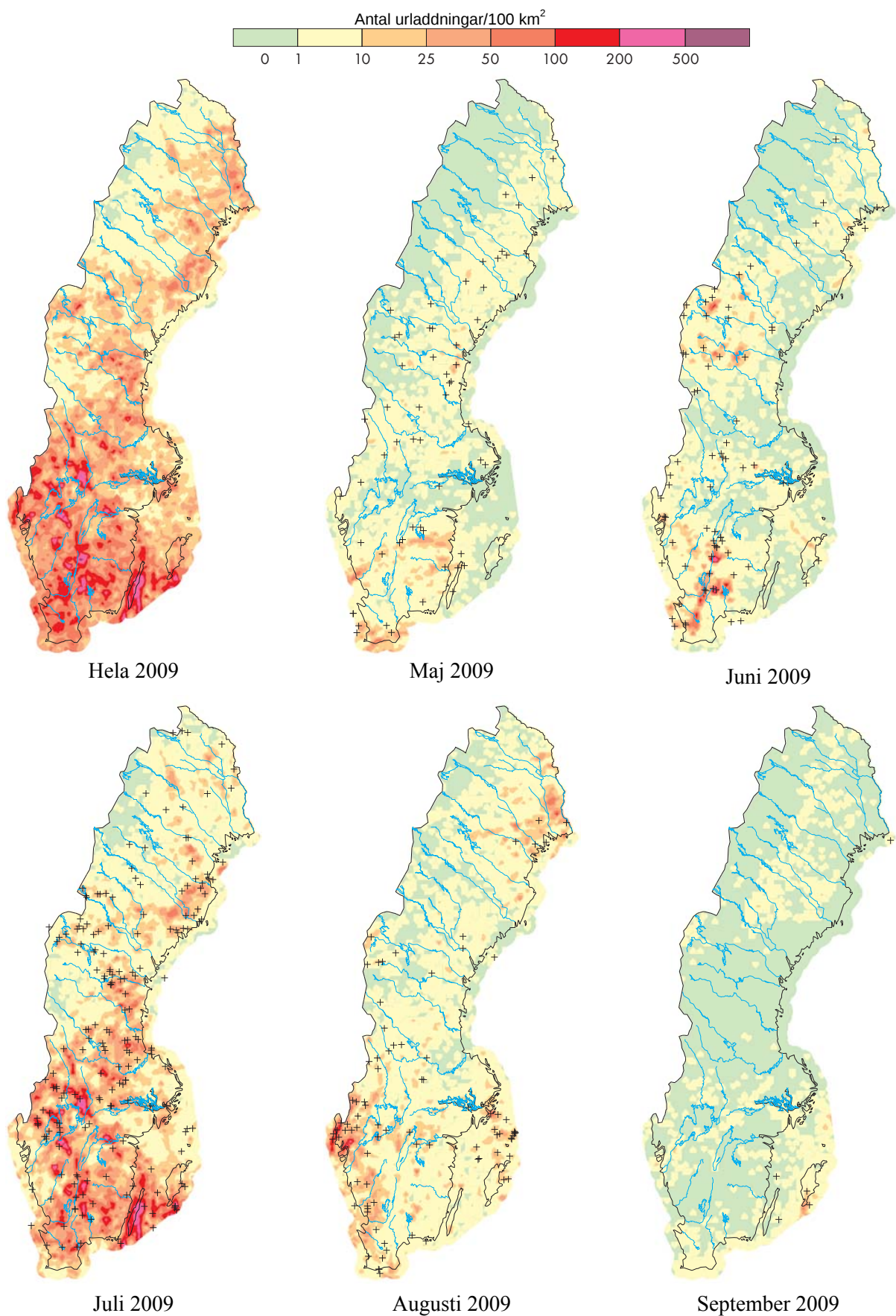
Figur 26. Antal urladdningar per 10 km x 10 km år 2006. För hela året samt för månaderna maj-sept. Urladdningar med strömstyrka 100 kA eller högre har markerats med +.



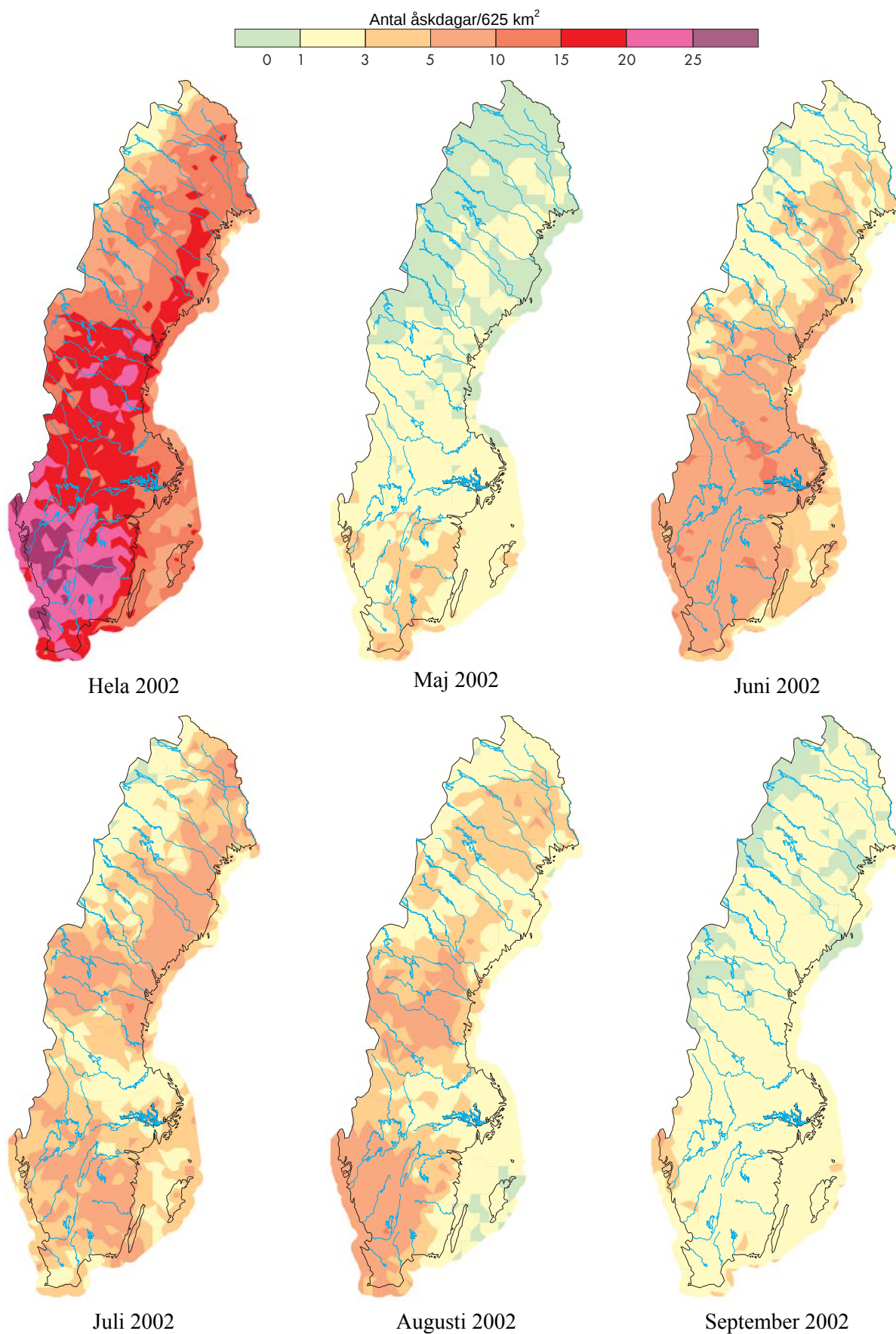
Figur 27. Antal urladdningar per 10 km x 10 km år 2007. För hela året samt för månaderna maj-sept. Urladdningar med strömstyrka 100 kA eller högre har markerats med +.



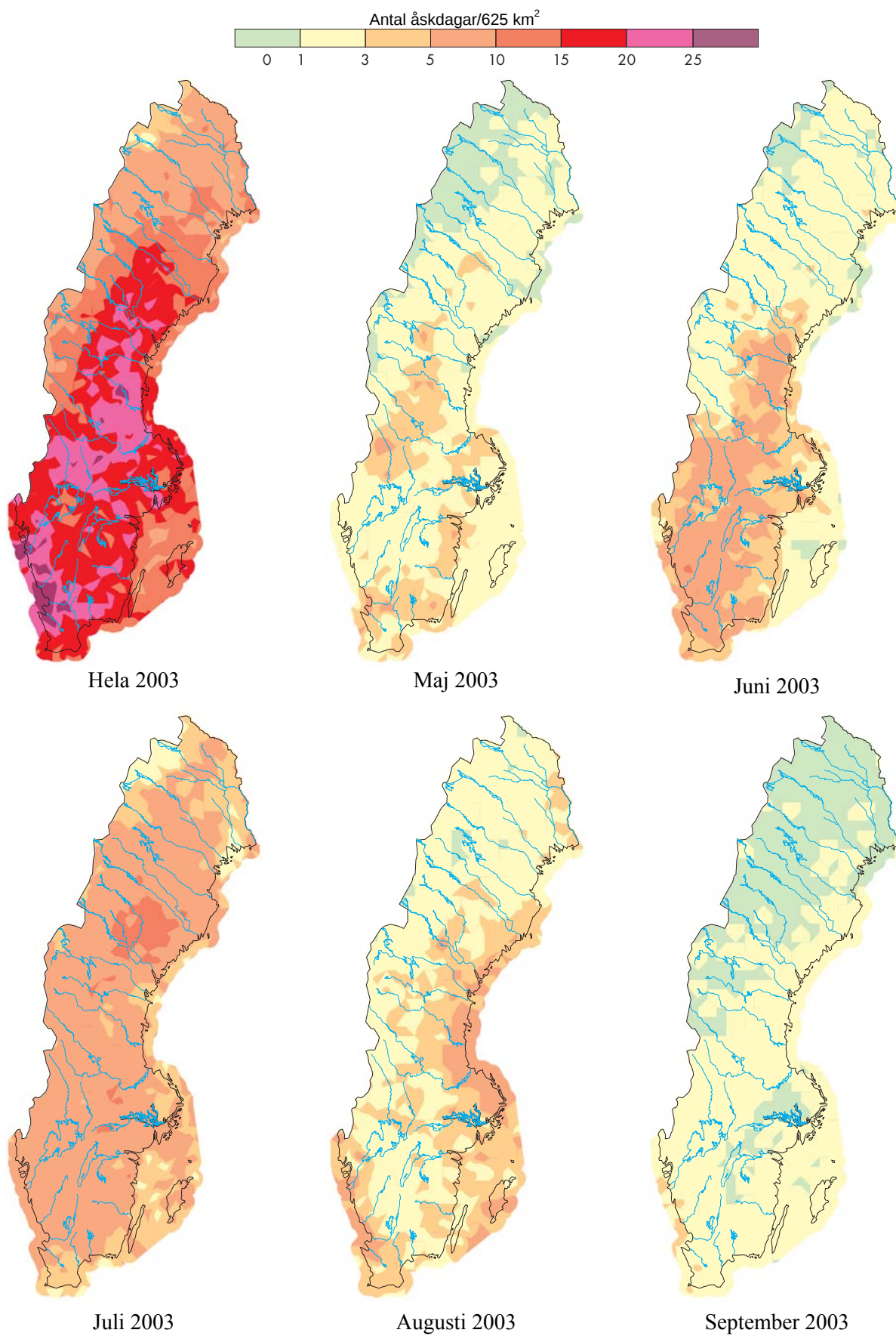
Figur 28. Antal urladdningar per 10 km x 10 km år 2008. För hela året samt för månaderna maj-sept. Urladdningar med strömstyrka 100 kA eller högre har markerats med +.



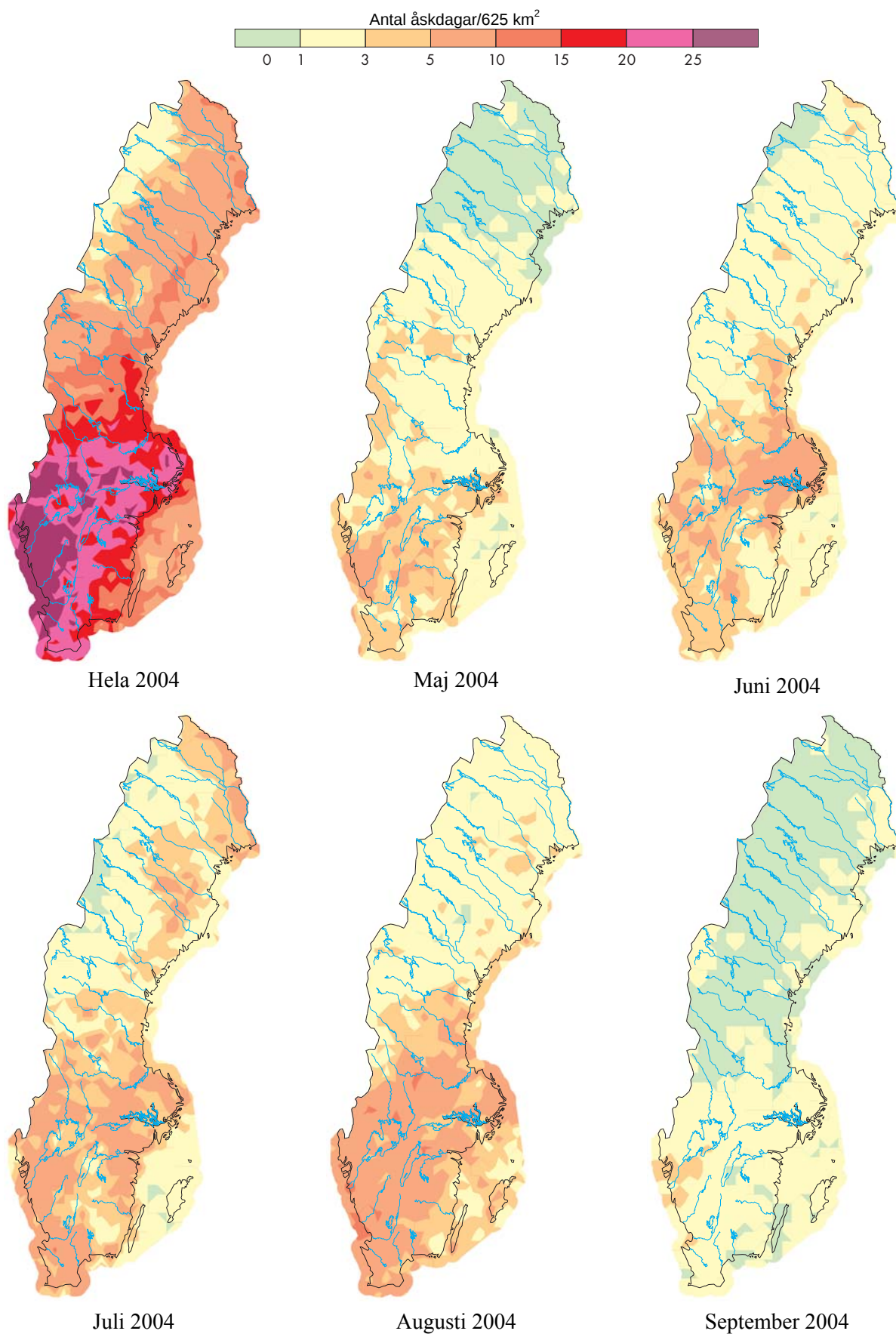
Figur 29. Antal urladdningar per 10 km x 10 km år 2009. För hela året samt för månaderna maj-sept. Urladdningar med strömstyrka 100 kA eller högre har markerats med +.



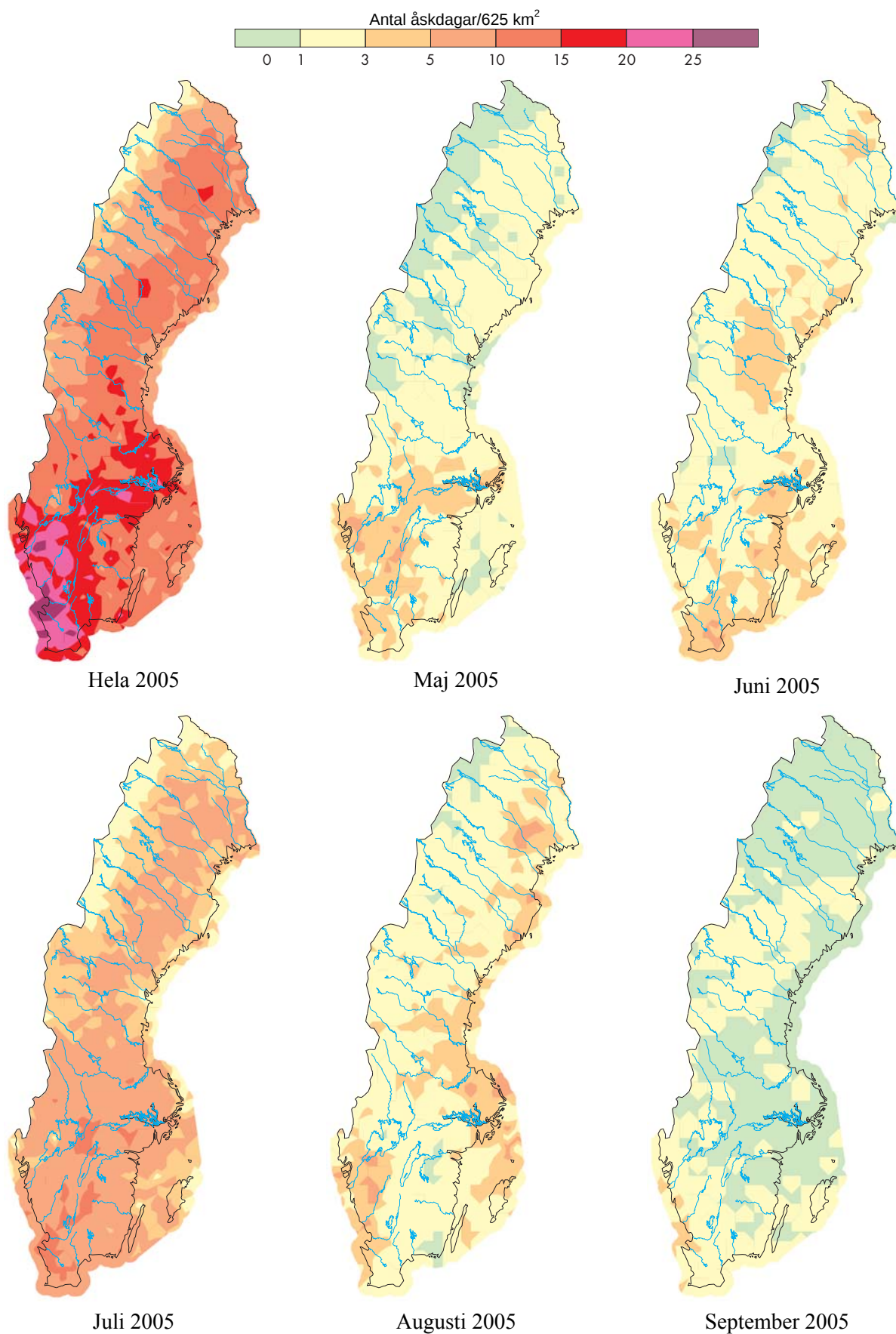
Figur 30. Antal åskdagar per 25 km x 25 km år 2002. För hela året samt för månaderna maj-sept.



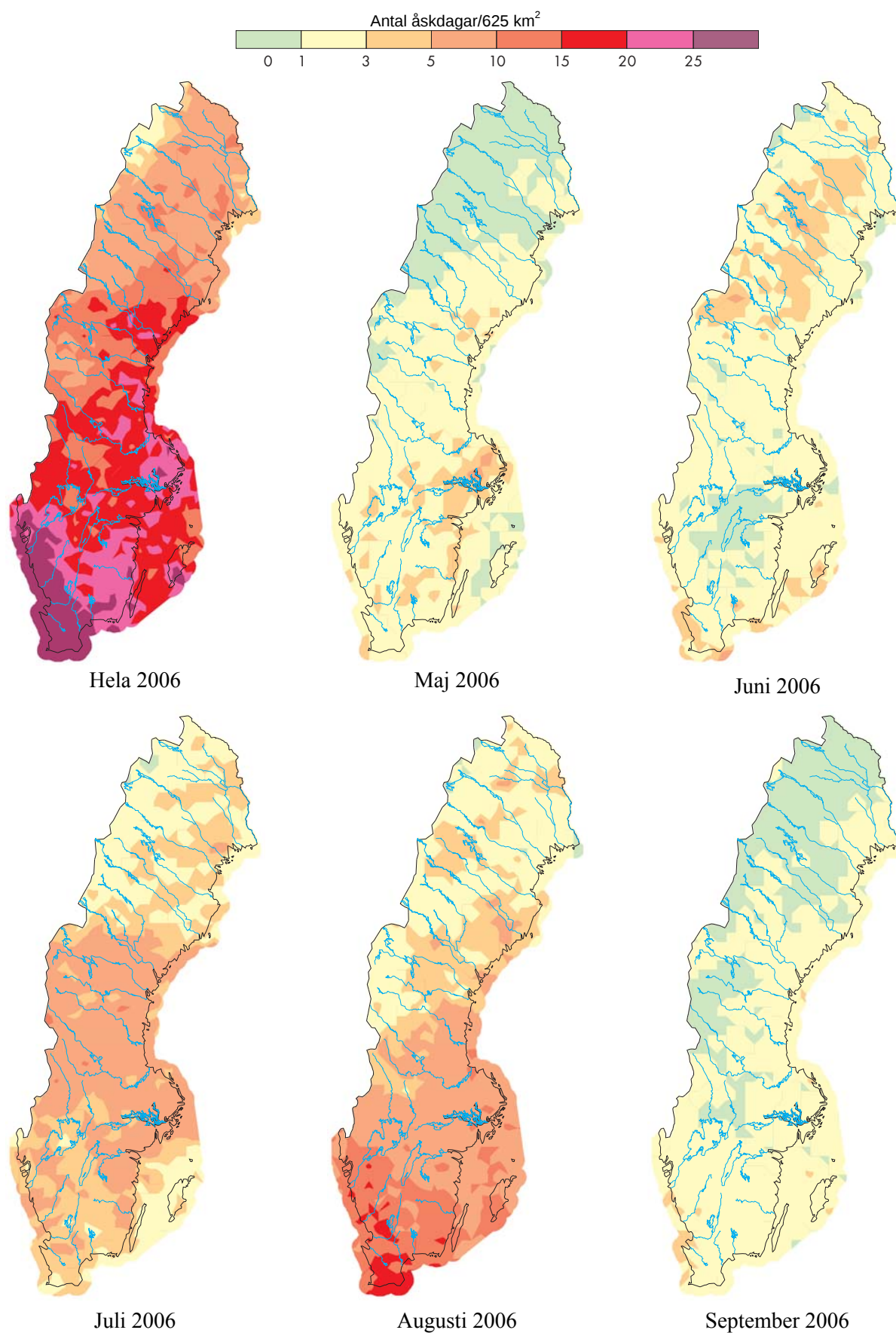
Figur 31. Antal åskdagar per 25 km x 25 km år 2003. För hela året samt för månaderna maj-sept.



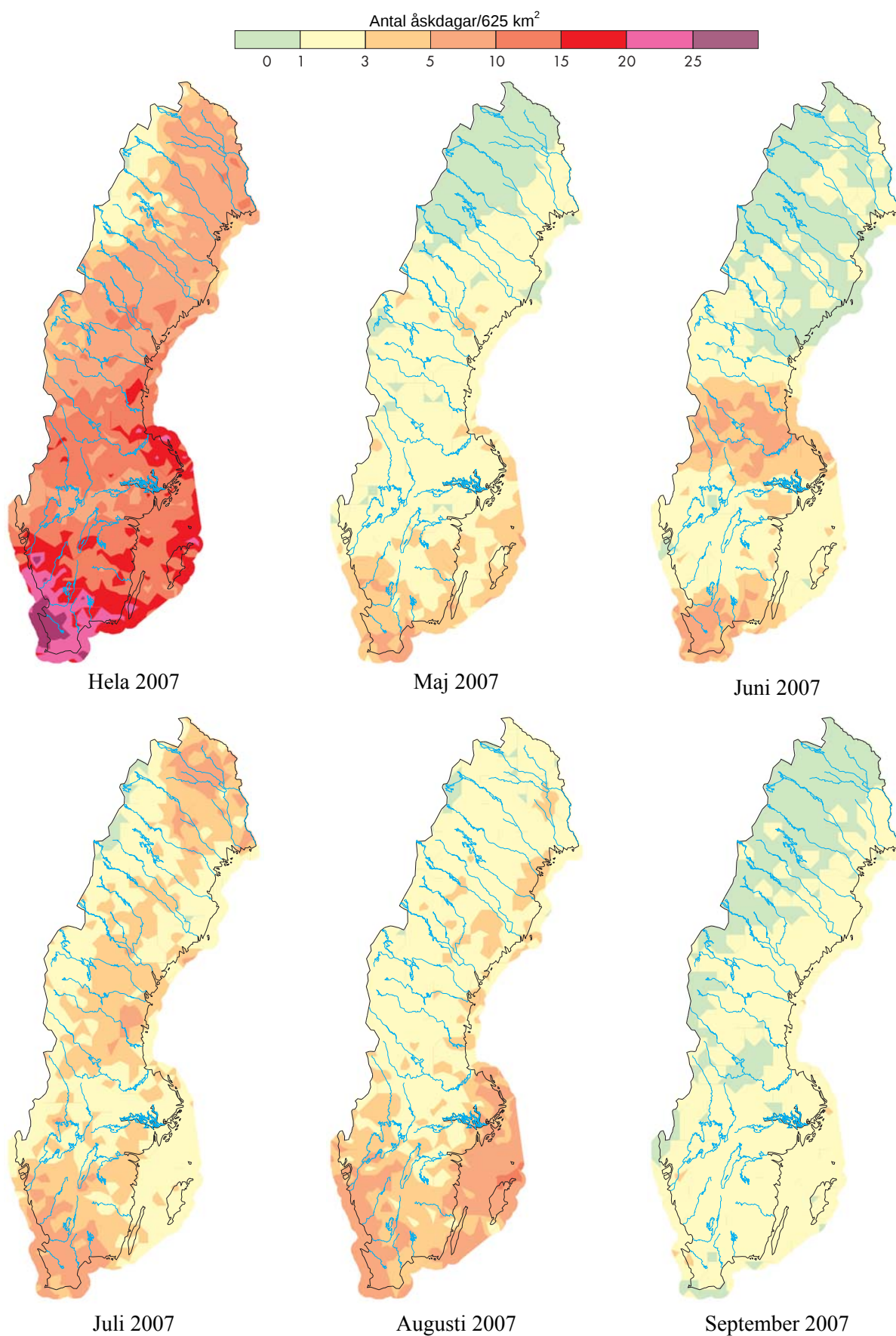
Figur 32. Antal åskdagar per 25 km x 25 km år 2004. För hela året samt för månaderna maj-sept.



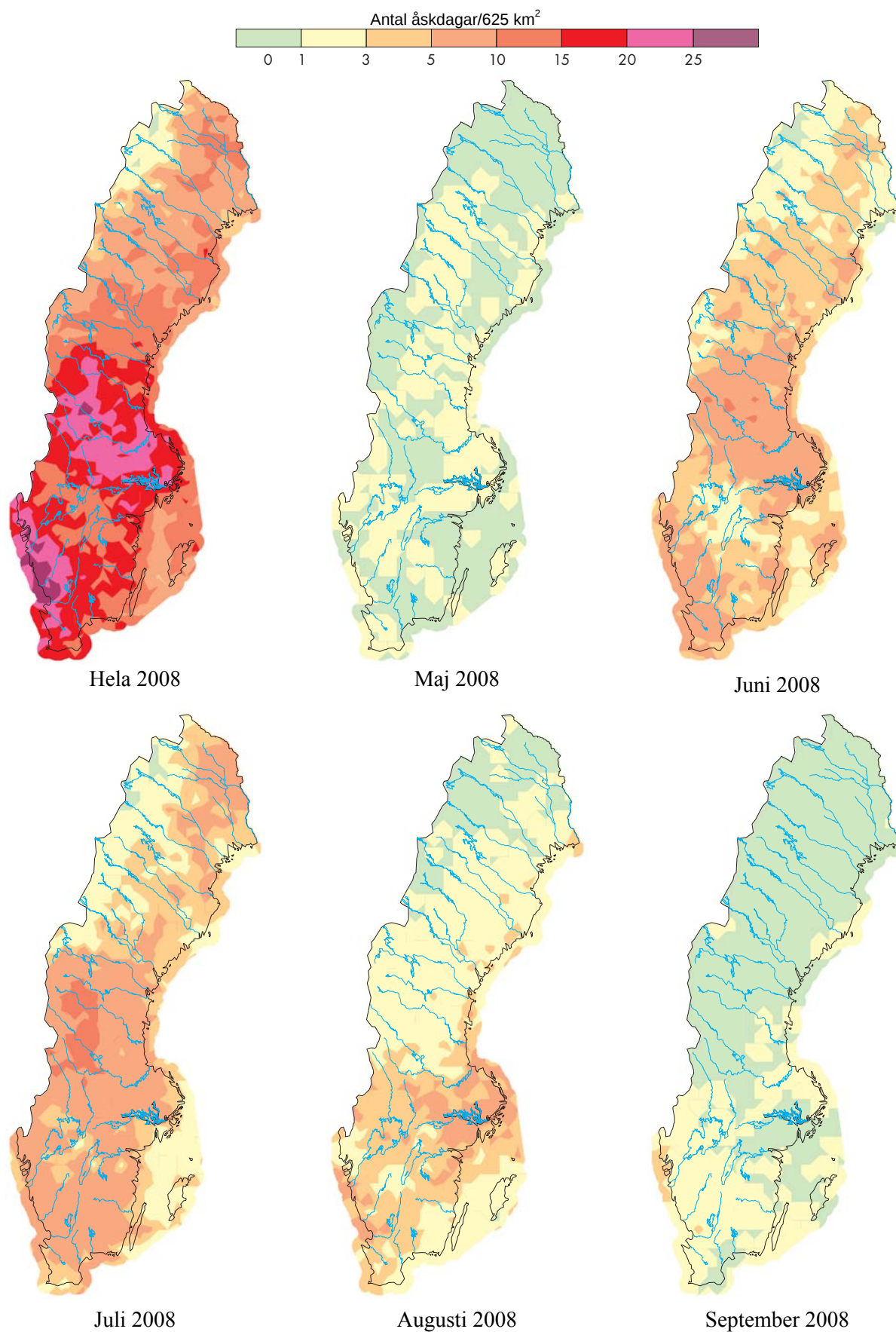
Figur 33. Antal åskdagar per 25 km x 25 km år 2005. För hela året samt för månaderna maj-sept.



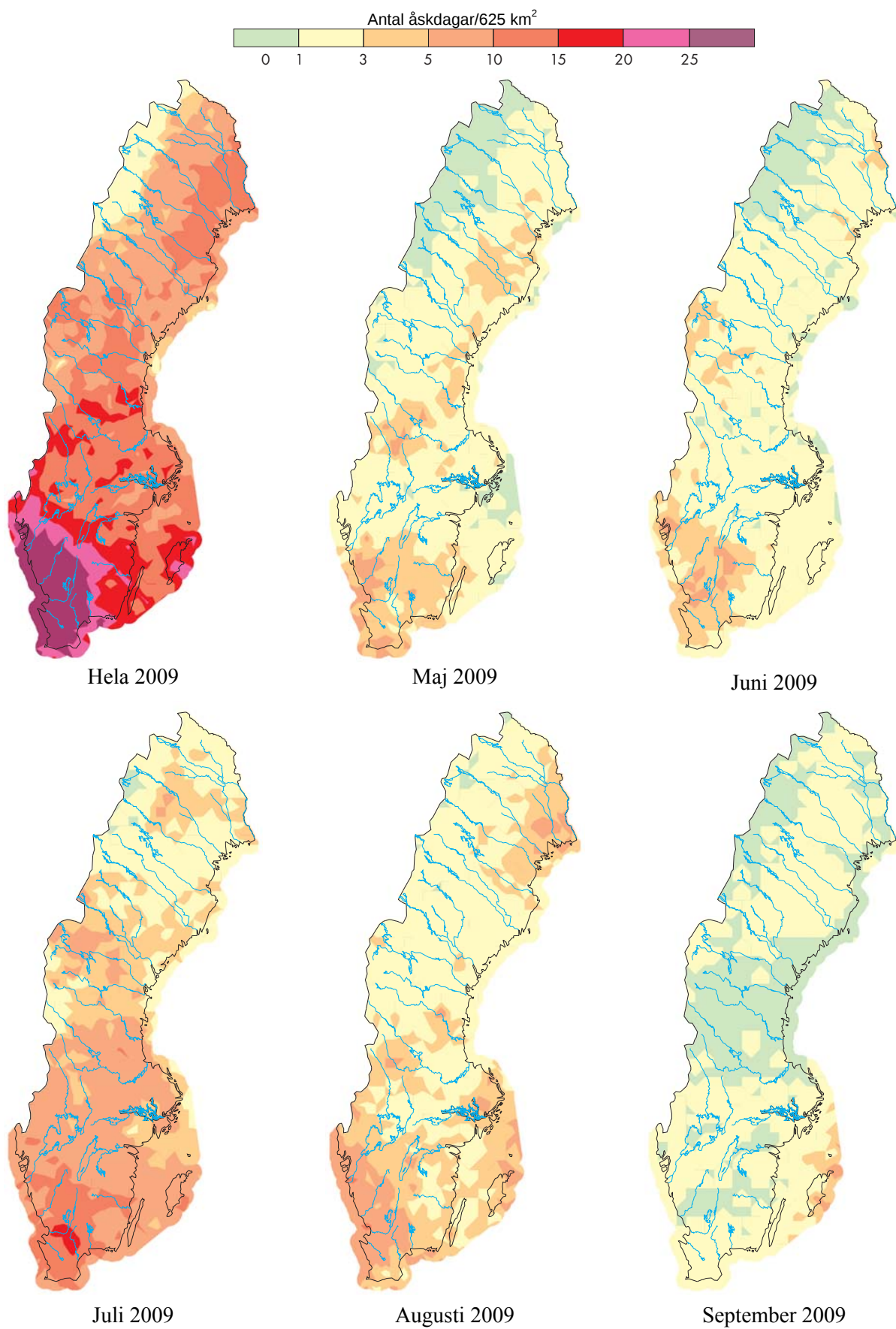
Figur 34. Antal åskdagar per 25 km x 25 km år 2006. För hela året samt för månaderna maj-sept.



Figur 35. Antal åskdagar per 25 km x 25 km år 2007. För hela året samt för månaderna maj-sept.

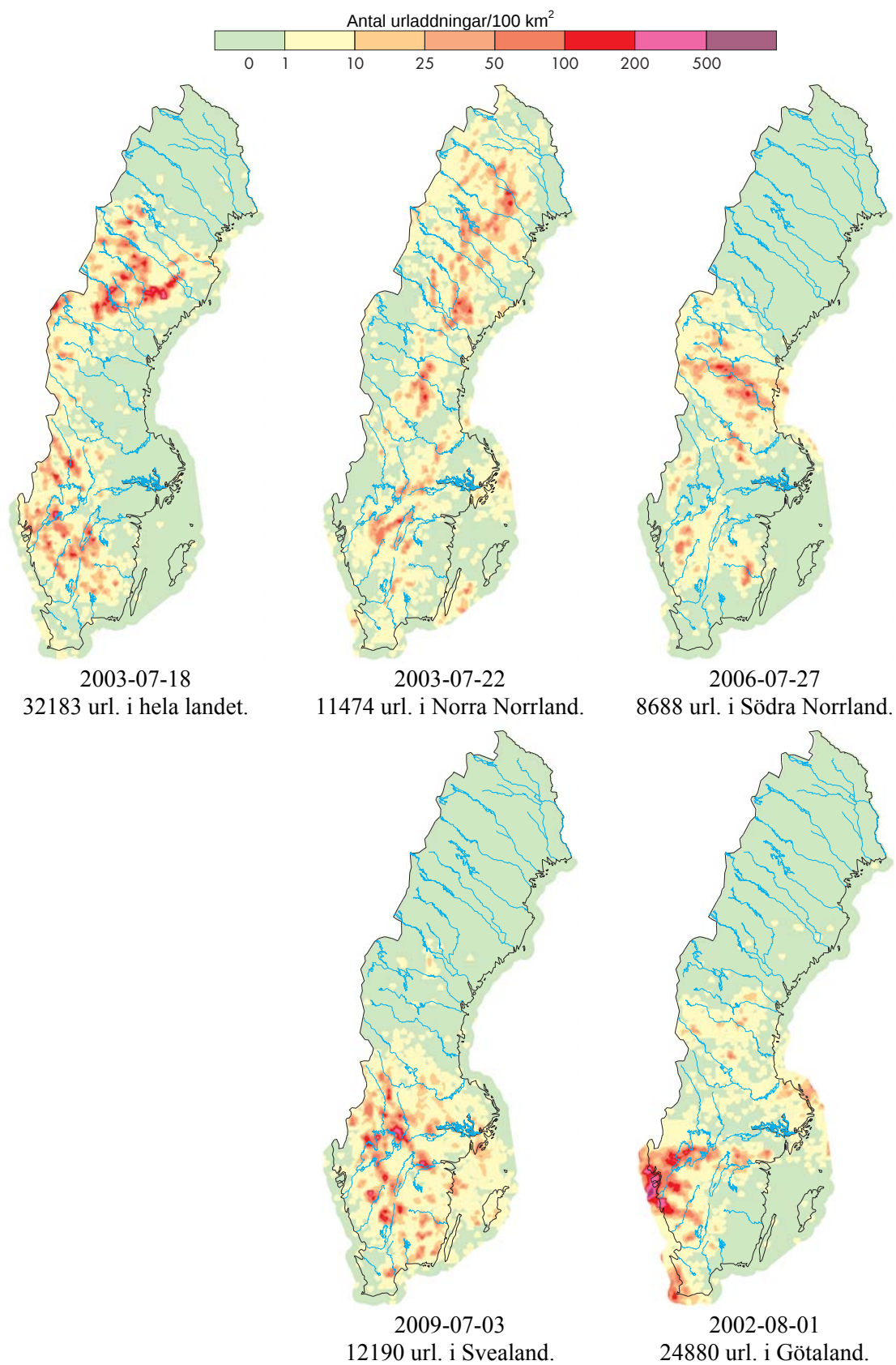


Figur 36. Antal åskdagar per 25 km x 25 km år 2008. För hela året samt för månaderna maj-sept.



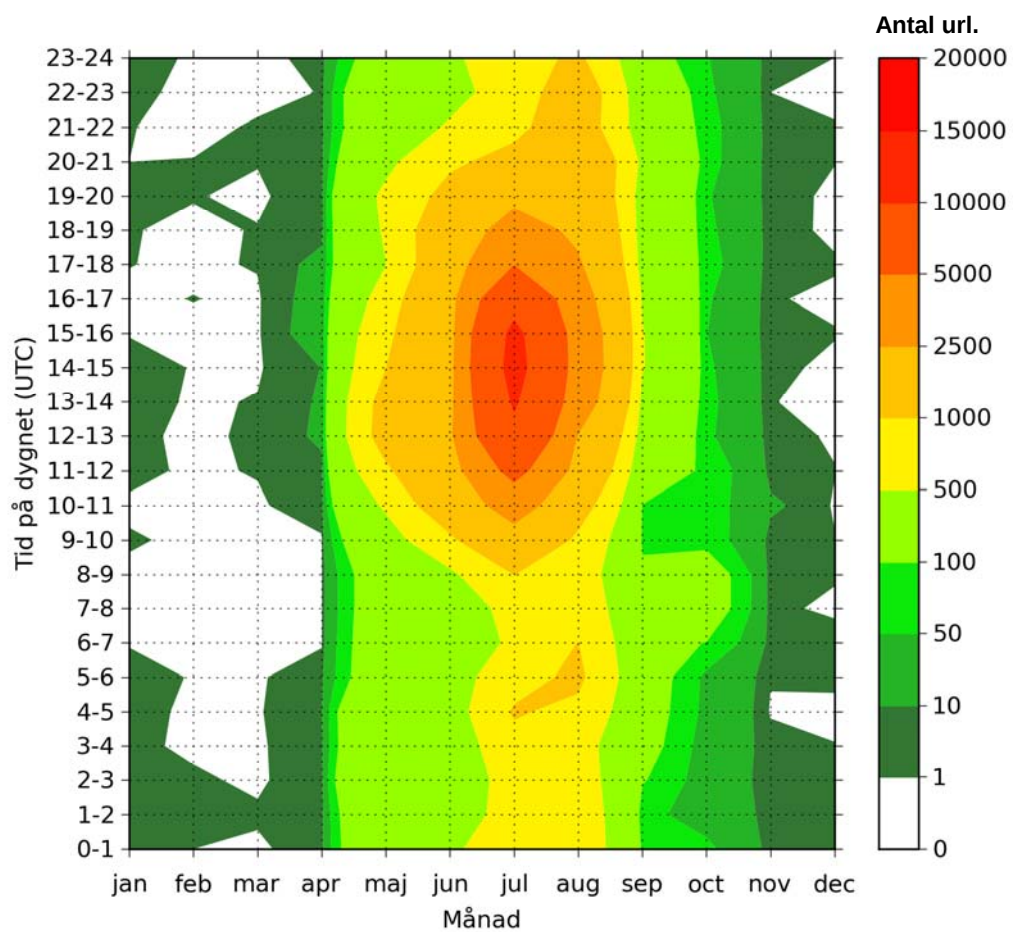
Figur 37. Antal åskdagar per 25 km x 25 km år 2009. För hela året samt för månaderna maj-sept.

Appendix C De mest intensiva åskdygnen 2002-2009



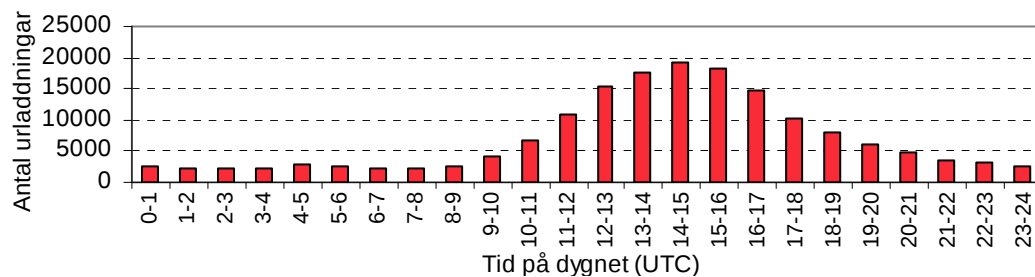
Figur 38. Antal urladdningar per 10 km x 10 km vid de mest intensiva åskdygnen under perioden 2002-2009. För varje landsdel samt för hela landet.

Appendix D Åskans dygns- och månadsvariation

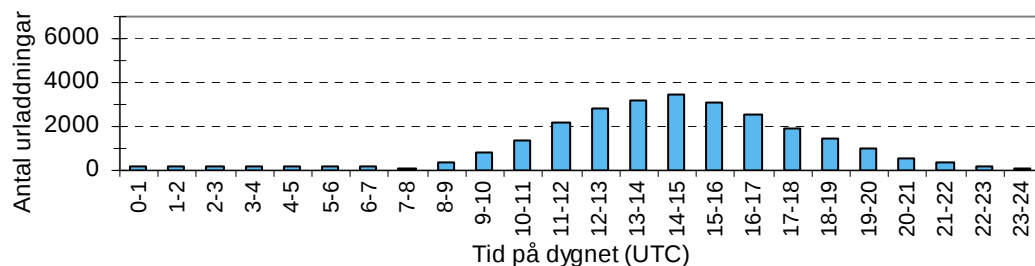


Figur 39. Dygns- och månadsvariation av antalet urladdningar per år i Sverige. Medelvärde för år 2002-2009. Observera att tiden anges i UTC (svensk sommartid = UTC + 2 timmar, svensk normaltid = UTC + 1 timme). Diagrammet baseras på värden angivna för rutnätets skärningspunkter.

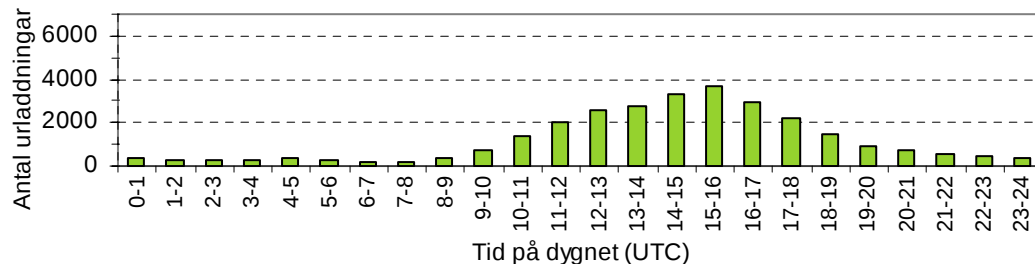
Hela landet



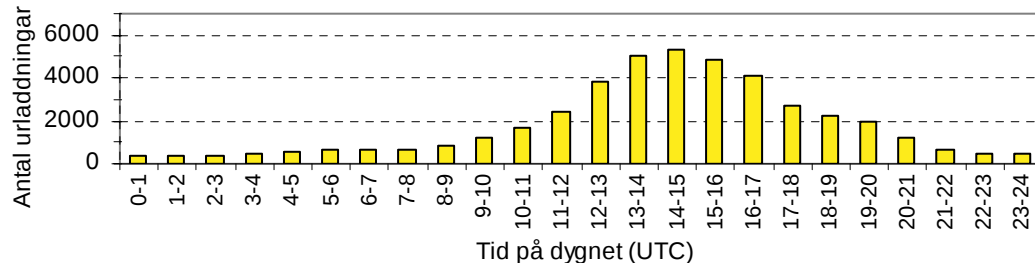
Norra Norrland



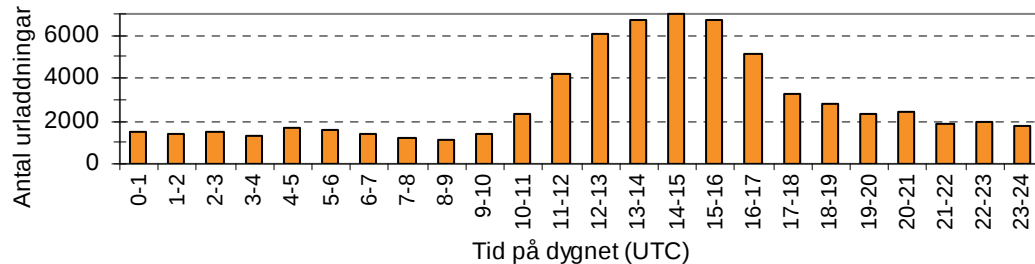
Södra Norrland



Svealand

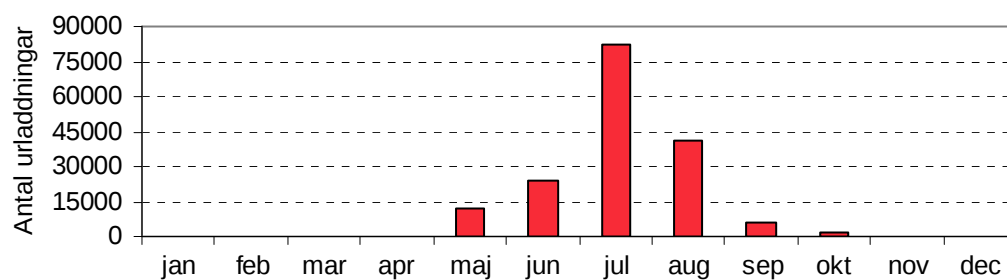


Götaland

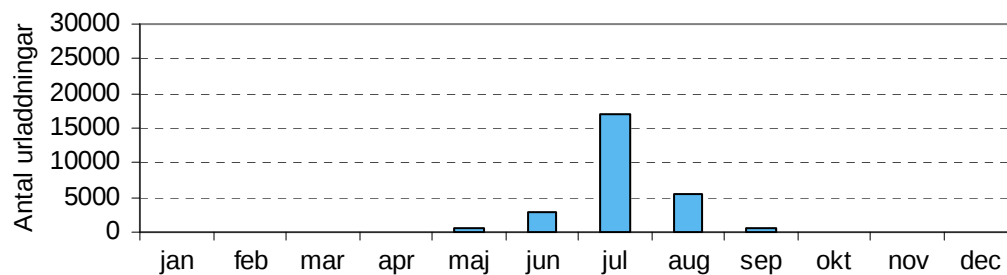


Figur 40. Dygnsvariation av antal urladdningar för Sverige samt landsdelar. Medelvärde för åren 2002-2009. Observera att tiden anges i UTC samt den avvikande skalan för Sverige-diagrammet. (svensk sommartid = UTC + 2 timmar, svensk normaltid = UTC + 1 timme)

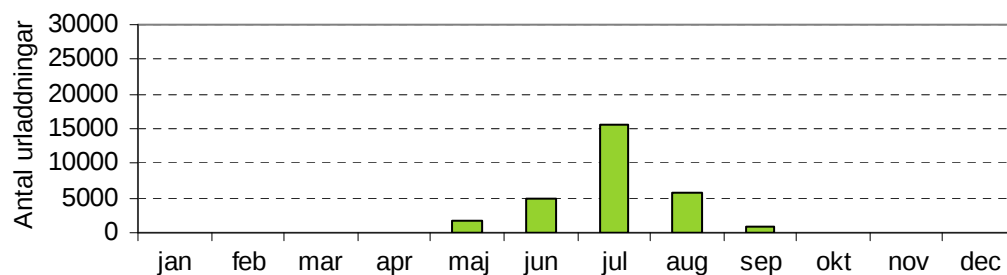
Hela landet



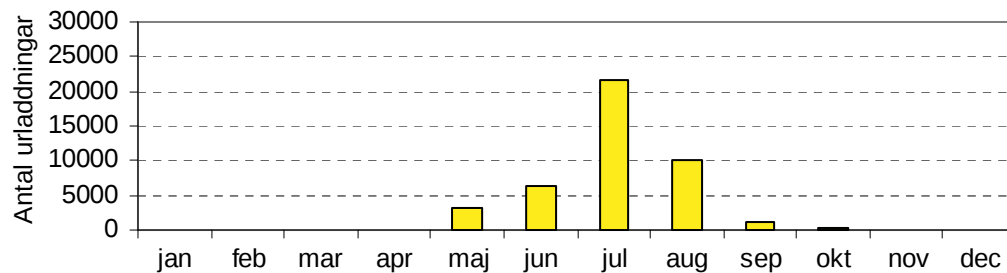
Norra Norrland



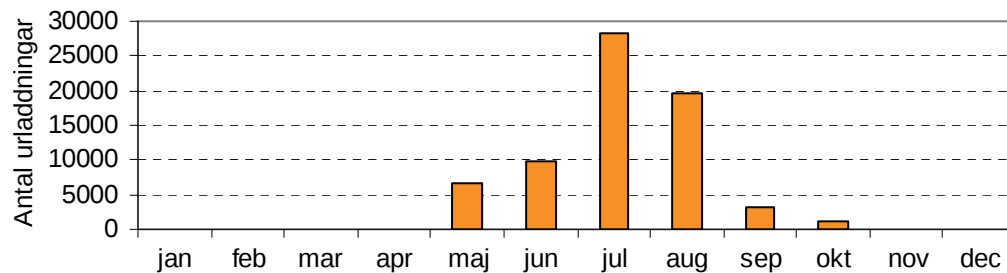
Södra Norrland



Svealand



Götaland



Figur 41. Månadsvariation av antal urladdningar för Sverige samt landsdelar. Medelvärde för åren 2002-2009. Observera den avvikande skalan för Sverige-diagrammet.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien METEOROLOGI har tidigare utgivits:

- | | | |
|------|----|---|
| 1985 | 9 | Wern, L. (1985)
Spridningsberäkningar för ASEA transformers i Ludvika. |
| 1 | | Hagmarker, A. (1985)
Satellitmeteorologi. |
| | 10 | Axelsson, G., Eklind, R. (1985)
Ovädret på Östersjön 23 juli 1985. |
| 2 | | Fredriksson, U., Persson, Ch., Laurin, S. (1985)
Helsingborgsluft. |
| | 11 | Laurin, S., Bringfelt, B. (1985)
Spridningsmodell för kväveoxider i gatumiljö. |
| 3 | | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggningar i Sofielund och Högdalen. |
| | 12 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Sofielund. |
| 4 | | Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för SUPRAs anläggningar i Köping. |
| | 13 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Högdalen. |
| 5 | | Andersson, C., Kvik, T. (1985)
Vindmätningar på tre platser på Gotland. Utvärdering nr 1. |
| | 14 | Vedin, H., Andersson, C. (1985)
Extrema köldperioder i Stockholm. |
| 6 | | Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för Ericsson, Ingelstafabriken. |
| | 15 | Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla. |
| 7 | | Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för olika plymlyft vid avfallsvärmeverket Sävenäs. |
| | 16 | Kindell, S. Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industrikombinatet i Nynäshamn (koncentrations- och luktberäkningar). |
| 8 | | Fredriksson, U., Persson, Ch. (1985)
NO _x - och NO ₂ -beräkningar vid Vasaterminalen i Stockholm. |

- 17 Laurin, S., Persson, Ch. (1985)
Beräknad formaldehydspridning och deposition från SWEDSPANs spånskivefabrik.
- 18 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industri-kombinatet i Nynäshamn – depositions-beräkningar av koldamm.
- 19 Fredriksson, U. (1985)
Luktberäkningar för Bofors Plast i Ljungby, II.
- 20 Wern, L., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - energi-centralen.
- 21 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - kompletterande beräkningar för fabrikerna.
- 22 Karlsson, K.-G. (1985)
Information från Meteosat - forskningsrön och operationell tillämpning.
- 23 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för AB Åkerlund & Rausings fabrik i Lund.
- 24 Färnlöf, S. (1985)
Radarmeteorologi.
- 25 Ahlström, B., Salomonsson, G. (1985)
Resultat av 5-dygnsprognos till ledning för isbrytarverksamhet vintern 1984-85.
- 26 Wern, L. (1985)
Avesta stadsmodell.
- 27 Hultberg, H. (1985)
Statistisk prognos av ytemperatur.
- 1986
- 1 Krieg, R., Johansson, L., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartals-rapport 3/1985.
- 2 Olsson, L.-E., Kindell, S. (1986)
Air pollution impact assessment for the SABAH timber, pulp and paper complex.
- 3 Ivarsson, K.-I. (1986)
Resultat av byggväderprognoser - säsongen 1984/85.
- 4 Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridnings- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning i Skövde.
- 5 Laurin, S. (1986)
Bilavgaser vid intagsplan - Eskilstuna.
- 6 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositions-beräkningar för en sopförbrännings-anläggning vid Ryaverken i Borås.
- 7 Laurin, S. (1986)
Luften i Avesta - föroreningsbidrag från trafiken.
- 8 Robertson, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för bromcyan.
- 9 Wern, L. (1986)
Extrema byvindar i Orrefors.
- 10 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositions-beräkningar för Halmstads avfalls-förbränningsanläggning vid Kristinehed.
- 11 Törnevik, H., Ugnell (1986)
Belastningsprognoser.
- 12 Joelsson, R. (1986)
Något om användningen av numeriska prognoser på SMHI (i princip rapporten till ECMWF).
- 13 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartals-rapport 4/1985.
- 14 Dahlgren, L. (1986)
Solmätning vid SMHI.

- 15 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för ett kraftvärme-
verk i Sundbyberg.
- 16 Kindell, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Uddevallas
fjärrvärmecentral i Hovhult.
- 17 Häggkvist, K., Persson, Ch., Robertson, L.
(1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp
från ett antal källor inom SSAB Luleå-
verken.
- 18 Krieg, R., Wern, L. (1986)
En klimatstudie för Arlanda stad.
- 19 Vedin, H. (1986)
Extrem arealnederbörd i Sverige.
- 20 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i
Tibro.
- 21 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master - kvartals-
rapport 1/1986.
- 22 Kwick, T. (1986)
Beräkning av vindenergitillgången på
några platser i Halland och Bohuslän.
- 23 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master - kvartals-
rapport 2/1986.
- 24 Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H.
(MISU), De Geer, L.-E. (FOA) (1986)
Tjernobylyolocken - En meteorologisk
analys av hur radioaktivitet spreds till
Sverige.
- 25 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Spendrups
bryggeri, Grängesberg.
- 26 Krieg, R. (1986)
Beräkningar av vindenergitillgången på
några platser i Skåne.
- 27 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB.
- 28 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för ny ugn,
SSAB II.
- 29 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo
Hallsbergverken.
- 30 Fredriksson, U. (1986)
SO₂-halter från Hammarbyverket kring ny
arena vid Johanneshov.
- 31 Persson, Ch., Robertson, L., Häggkvist, K.
(1986)
Spridningsberäkningar, SSAB - Luleå-
verken.
- 32 Kindell, S., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för SAABs
planerade bilfabrik i Malmö.
- 33 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för
svavelsyrafabrik i Falun.
- 34 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Västhamns-
verket HKV1 i Helsingborg.
- 35 Persson, Ch., Wern, L. (1986)
Beräkningar av svaveldepositionen i
Stockholmsområdet.
- 36 Joelsson, R. (1986)
USAs månadsprognoser.
- 37 Vakant nr.
- 38 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Utemiljön vid Kvarnberget, Lysekil.
- 39 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar av freon 22 från
Ropstens värmepumpverk.
- 40 Fredriksson, U. (1986)
Vindklassificering av en plats på Hemsön.
- 41 Nilsson, S. (1986)
Utvärdering av sommarens (1986)
använda konvektionsprognoshjälpmedel.

- 42 Krieg, R., Kvik, T. (1986)
Vindmätningar i höga master.
- 43 Krieg, R., Fredriksson, U. (1986)
Vindarna över Sverige.
- 44 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp
vid ScanDust i Landskrona - bestämning
av cyanvätehalter.
- 45 Kvik, T., Krieg, R., Robertson, L. (1986)
Vindförhållandena i Sveriges kust- och
havsband, rapport nr 2.
- 46 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för en planerad
panncentral vid Lindsdal utanför Kalmar.
- 47 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BMs
fabrik i Landskrona.
- 48 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för ELMO-CALFs
fabrik i Svenljunga.
- 49 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp
från syrgas- och bensenupplag inom SSAB
Luleåverken.
- 50 Wern, L., Fredriksson, U., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i
Tidaholm.
- 51 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BM ABs
anläggning i Braås.
- 52 Ericson, K. (1986)
Meteorological measurements performed
May 15, 1984, to June, 1984, by the SMHI
- 53 Wern, L., Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkning för Kockums Plåt-
teknik, Ronneby.
- 54 Eriksson, B. (1986)
Frekvensanalys av timvisa temperatur-
observationer.
- 55 Wern, L., Kindell, S. (1986)
Luktberäkningar för AB ELMO i Flen.
- 56 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande utsläpp av
NO_x inom Fagersta kommun.
- 57 Kindell, S. (1987)
Luften i Nässjö.
- 58 Persson, Ch., Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp
vid ScanDust i Landskrona - bestämning
av cyanväte.
- 59 Bringfelt, B. (1987)
Receptorbaserad partikelmodell för
gatumiljömodell för en gata i Nyköping.
- 60 Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar för Varbergs
kommun. Bestämning av halter av SO₂,
CO, NO_x samt några kolväten.
- 61 Vedin, H., Andersson, C. (1987)
E 66 - Linderödsåsen - klimatförhållanden.
- 62 Wern, L., Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för Kockums
Plåtteknik, Ronneby. 2.
- 63 Taesler, R., Andersson, C., Wallentin, C.,
Krieg, R. (1987)
Klimatkorrigering för energiförbrukningen
i ett eluppvärmt villaområde.
- 64 Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för AB Åretå-
Trycks planerade anläggning vid Kungens
Kurva.
- 65 Melgarejo, J. (1987)
Mesoskalig modellering vid SMHI.
- 66 Häggkvist, K. (1987)
Vindlaster på kordahus vid Alviks Strand -
numeriska beräkningar.
- 67 Persson, Ch. (1987)
Beräkning av lukt och föroreningshalter i
luft runt Neste Polyester i Nol.

- 68 Fredriksson, U., Krieg, R. (1987)
En överskalig klimatstudie för Tornby,
Linköping. prefeasibility study.
IVL Publikation B 1038.
- 69 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av
vertikal momentumtransport i områden
med stora råhetselement. Tillämpning på
ett energiskogsområde.
- 70 Lindström, Kjell (1987)
Weather and flying briefing aspects.
- 71 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av
vertikal momentumtransport i områden
med stora råhetselement. En koeficient-
bestämning.
- 72 Liljas, E. (1988)
Förbättrad väderinformation i jordbruket -
behov och möjligheter (PROFARM).
- 73 Andersson, Tage (1988)
Isbildning på flygplan.
- 74 Andersson, Tage (1988)
Aeronautic wind shear and turbulence.
A review for forecasts.
- 75 Kållberg, P. (1988)
Parameterisering av diabatiska processer i
numeriska prognosmodeller.
- 76 Vedin, H., Eriksson, B. (1988)
Extrem arealnederbörd i Sverige
1881 - 1988.
- 77 Eriksson, B., Carlsson, B., Dahlström, B.
(1989)
Preliminär handledning för korrektion av
nederbördsmängder.
- 78 Liljas, E. (1989)
Torv-väder. Behovsanalys med avseende
på väderprognoser och produktion av
bränsletorv.
- 79 Hagmarker, A. (1991)
Satellitmeteorologi.
- 80 Lövblad, G., Persson, Ch. (1991)
Background report on air pollution
situation in the Baltic states - a
- 81 Alexandersson, H., Karlström, C.,
Larsson-McCann, S. (1991)
Temperaturen och nederbörden i Sverige
1961-90. Referensnormaler.
- 82 Vedin, H., Alexandersson, H., Persson, M.
(1991)
Utnyttjande av persistens i temperatur och
nederbörd för vårflödesprognoser.
- 83 Moberg, A. (1992)
Lufttemperaturen i Stockholm
1756 - 1990. Historik, inhomogeniteter
och urbaniseringseffekt.
Naturgeografiska Institutionen,
Stockholms Universitet.
- 84 Josefsson, W. (1993)
Normalvärden för perioden 1961-90 av
globalstrålning och solskenstid i Sverige.
- 85 Laurin, S., Alexandersson, H. (1994)
Några huvuddrag i det svenska
temperatur-klimatet 1961 - 1990.
- 86 Fredriksson, U. och Ståhl, S. (1994)
En jämförelse mellan automatiska och
manuella fältmätningar av temperatur och
nederbörd.
- 87 Alexandersson, H., Eggertsson Karlström,
C. och Laurin S. (1997).
Några huvuddrag i det svenska
nederbörds-klimatet 1961-1990.
- 88 Mattsson, J., Rummukainen, M. (1998)
Växthuseffekten och klimatet i Norden -
en översikt.
- 89 Kindbom, K., Sjöberg, K., Munthe, J.,
Peterson, K. (IVL)
Persson, C. Roos, E., Bergström, R.
(SMHI). (1998)
Nationell miljöövervakning av luft- och
nederbörds-kemi 1996.
- 90 Foltescu, V.L., Häggmark, L (1998)
Jämförelse mellan observationer och fält
med griddad klimatologisk information.
- 91 Hultgren, P., Dybbroe, A., Karlsson, K.-G.
(1999)

SCANDIA – its accuracy in classifying
LOW CLOUDS

MESA-BETA analysis compared to
measured global radiation.

- 92 Hyvarinen, O., Karlsson, K.-G., Dybbroe, A. (1999)
Investigations of NOAA AVHRR/3 1.6 μm imagery for snow, cloud and sunglint discrimination (Nowcasting SAF)
- 93 Bennartz, R., Thoss, A., Dybbroe, A. and Michelson, D. B. (1999)
Precipitation Analysis from AMSU (Nowcasting SAF)
- 94 Appelqvist, Peter och Anders Karlsson (1999)
Nationell emissionsdatabas för utsläpp till luft - Förstudie.
- 95 Persson, Ch., Robertson L. (SMHI) Thaning, L (LFOA). (2000)
Model for Simulation of Air and Ground Contamination Associated with Nuclear Weapons. An Emergency Preparedness Model.
- 96 Kindbom K., Svensson A., Sjöberg K., (IVL) Persson C., (SMHI) (2001)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds kemi 1997, 1998 och 1999.
- 97 Diamandi, A., Dybbroe, A. (2001)
Nowcasting SAF
Validation of AVHRR cloud products.
- 98 Foltescu V. L., Persson Ch. (2001)
Beräkningar av moln- och dimdeposition i Sverigemodellen - Resultat för 1997 och 1998.
- 99 Alexandersson, H. och Eggertsson Karlström, C (2001)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990. Referensnormaler - utgåva 2.
- 100 Korpela, A., Dybbroe, A., Thoss, A. (2001)
Nowcasting SAF - Retrieving Cloud Top Temperature and Height in Semi-transparent and Fractional Cloudiness using AVHRR.
- 101 Josefsson, W. (1989)
Computed global radiation using interpolated, gridded cloudiness from the
- 102 Foltescu, V., Gidhagen, L., Omstedt, G. (2001)
Nomogram för uppskattning av halter av PM_{10} och NO_2
- 103 Omstedt, G., Gidhagen, L., Langner, J. (2002)
Spridning av förbränningsemissioner från småskalig biobränsleeldning – analys av $\text{PM}_{2.5}$ data från Lycksele med hjälp av två Gaussiska spridningsmodeller.
- 104 Alexandersson, H. (2002)
Temperatur och nederbörd i Sverige 1860 - 2001
- 105 Persson, Ch. (2002)
Kvaliteten hos nederbörds kemiska mätdata som utnyttjas för dataassimilation i MATCH-Sverige modellen".
- 106 Mattsson, J., Karlsson, K-G. (2002)
CM-SAF cloud products feasibility study in the inner Arctic region
Part I: Cloud mask studies during the 2001 Oden Arctic expedition
- 107 Kärner, O., Karlsson, K-G. (2003)
Climate Monitoring SAF - Cloud products feasibility study in the inner Arctic region. Part II: Evaluation of the variability in radiation and cloud data
- 108 Persson, Ch., Magnusson, M. (2003)
Kvaliteten i uppmätta nederbörds mängder inom svenska nederbörds kemiska stationsnät
- 109 Omstedt, G., Persson Ch., Skagerström, M (2003)
Vedeldning i småhusområden
- 110 Alexandersson, H., Vedin, H. (2003)
Dimensionerande regn för mycket små avrinningsområden
- 111 Alexandersson, H. (2003)
Korrektion av nederbörd enligt enkel klimatologisk metodik
- 112 Joro, S., Dybbroe, A.(2004)
Nowcasting SAF – IOP

Validating the AVHRR Cloud Top
Temperature and Height product using
weather radar data
Visiting Scientist report

beräkning av luftkvalitet vid småskalig
biobränsleeldning
*Modellbeskrivning och slutrapport mars
2007*

- 113 Persson, Ch., Ressner, E., Klein, T. (2004)
Nationell miljöövervakning – MATCH-
Sverige modellen
Metod- och resultatsammanställning för
åren 1999-2002 samt diskussion av
osäkerheter, trender och miljömål
- 114 Josefsson, W. (2004)
UV-radiation measured in Norrköping
1983-2003.
- 115 Martin, Judit, (2004)
Var tredje timme – Livet som
väderobservatör
- 116 Gidhagen, L., Johansson, C., Törnquist, L.
(2004)
NORDIC – A database for evaluation of
dispersion models on the local, urban and
regional scale
- 117 Langner, J., Bergström, R., Klein, T.,
Skagerström, M. (2004)
Nuläge och scenarier för inverkan på
marknära ozon av emissioner från Västra
Götalands län – Beräkningar för 1999
- 118 Trolez, M., Tetzlaff, A., Karlsson, K-G.
(2005)
CM-SAF Validating the Cloud Top Height
product using LIDAR data
- 119 Rummukainen, M. (2005)
Växthuseffekten
- 120 Omstedt, G. (2006)
Utvärdering av PM₁₀ mätningar i några
olika nordiska trafikmiljöer
- 121 Alexandersson, H. (2006)
Vindstatistik för Sverige 1961-2004
- 122 Samuelsson, P., Gollvik, S., Ullerstig, A.,
(2006)
The land-surface scheme of the Rossby
Centre regional atmospheric climate model
(RCA3)
- 123 Omstedt, G. (2007)
VEDAIR – ett internetverktyg för
- 124 Persson, G., Strandberg, G., Barring, L.,
Kjellström, E. (2007)
Beräknade temperaturförhållanden för tre
platser i Sverige – perioderna 1961-1990
och 2011-2040
- 125 Engart, M., Foltescu, V. (2007)
Luftföroreningar i Europa under framtida
klimat
- 126 Jansson, A., Josefsson, W. (2007)
Modelling of surface global radiation and
CIE-weighted UV-radiation for the period
1980-2000
- 127 Johnston, S., Karlsson, K-G. (2007)
METEOSAT 8 SEVIRI and NOAA Cloud
Products. A Climate Monitoring SAF
Comparison Study
- 128 Eliasson, S., Tetzlaff, A.,
Karlsson, K-G. (2007)
Prototyping an improved PPS cloud
detection for the Arctic polar night
- 129 Trolez, M., Karlsson, K-G., Johnston, S.,
Albert, P (2008)
The impact of varying NWP background
information on CM-SAF cloud products
- 130 Josefsson, W., Ottosson Löfvenius, M
(2008)
Total ozone from zenith radiance
measurements. An empirical model
approach
- 131 Willén, U (2008)
Preliminary use of CM-SAF cloud and
radiation products for evaluation of
regional climate simulations
- 132 Bergström, R (2008)
TESS Traffic Emissions, Socioeconomic
valuation and Socioeconomic measures
Part 2:
Exposure of the European population to
atmospheric particles (PM) caused by
emissions in Stockholm

- 133 Andersson, S., Bergström, R., Omstedt, G., Engardt, M (2008)
Dagens och framtidens partikelhalter i Sverige. Utredning av exponerings-
minskningsmål för PM2.5 enligt nytt
luftdirektiv
- 134 Omstedt, G., Andersson, S (2008)
Vintervägar med eller utan dubbdäck.
Beräkningar av emissioner och halter av
partiklar för olika dubbdäcksscenarioer
- 135 Omstedt, G., Andersson, S., Johansson,
Ch., Löfgren, B-E (2008)
Luftkvalitet och småskalig biobränsle-
eldning. Tillämpningar av SIMAIR ved för
några kommuner
- 136 Josefsson, W., Ottosson Löfvenius, M
(2009)
Measurements of total ozone 2006-2008
- 137 Andersson, S., Omstedt, G (2009)
Validering av SIMAIR mot mätningar av
PM10, NO₂ och bensen.
Utvärdering för svenska tätorter och
trafikmiljöer avseende år 2004 och 2005
- 138 Wern, L., Barring, L (2009)
Sveriges vindklimat 1901 – 2008
Analys av förändring i geostrofisk vind
- 139 Wern, L., German, J (2009)
Korttidsnederbörd i Sverige, 1995 – 2008
- 140 Omstedt, G., Andersson, S., Bergström., R
(2010)
Dagens och framtidens luftkvalitet i
Sverige. Haltberäkningar av NO₂, PM10
och PM2.5 i svenska trafikmiljöer för
framtidsscenarioer med minskade
europeiska emissioner



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 0283-7730

