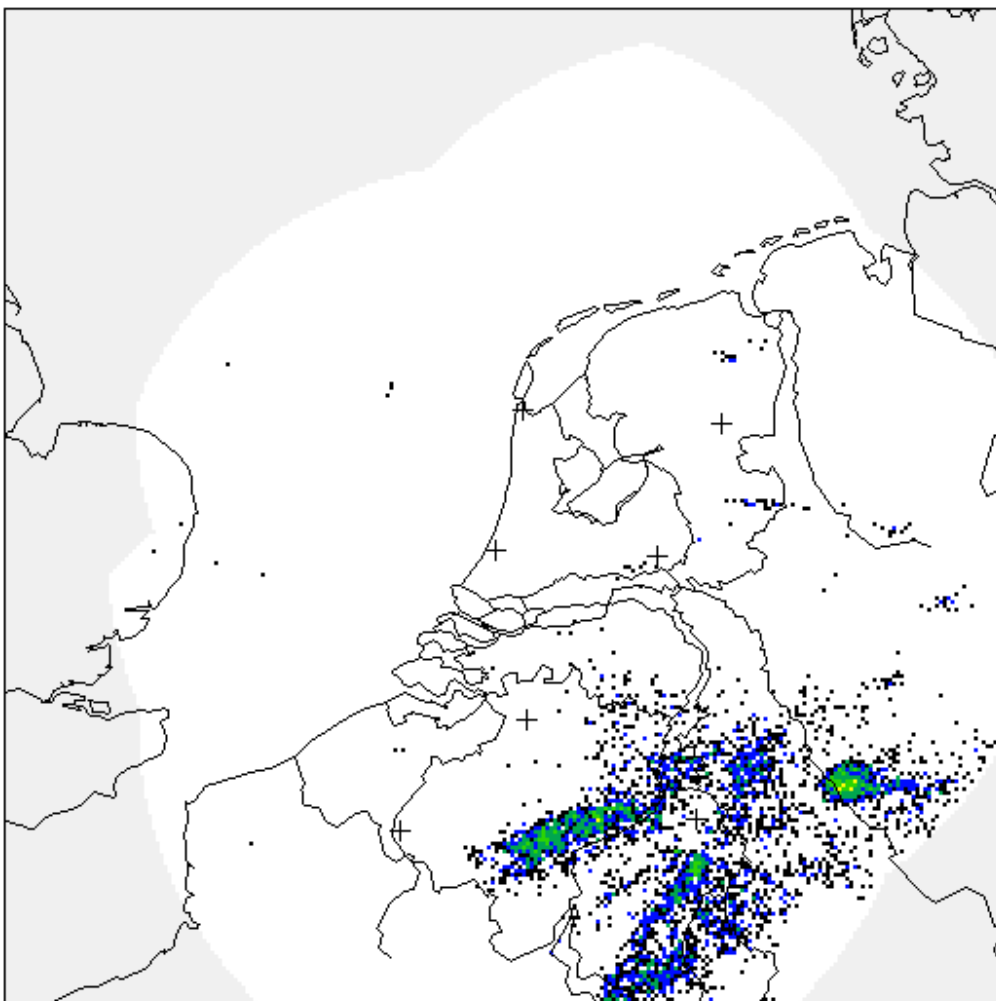


Processing, validatie, en analyse van bliksemdata uit het SAFIR/FLITS systeem

Saskia Noteboom



Processing, validatie, en analyse van bliksemdata uit het SAFIR/FLITS systeem

Saskia Noteboom

Inhoudsopgave

1 INLEIDING	3
2 ONWEER EN BLIKSEMDETECTIE	5
2.1 Ontwikkeling van onweersbuien	5
2.2 Elektriciteit in de atmosfeer	6
2.3 Elektriciteit in buienwolken	7
2.4 Ontstaan en typering van bliksems	9
2.5 Bliksemdetectiemethoden en -technieken	10
3 METHODEN	15
3.1 Beschrijving van de processing van bliksemdata	15
3.2 Beschrijving gebruikte bliksemdata	17
3.3 Methoden voor validatie en statistieken	18
4 PROCESSING VAN BLIKSEMDATA	21
4.1 Invloed van LF Full Range	21
4.2 Optimalisatie LF Full Range	22
4.3 Nieuwe instellingen LF Full Range	24
5 VALIDATIE VAN BLIKSEMDATA	26
5.1 Inleiding validatie	26
5.1 Bepaling criteriumparameter en drempelwaarden	26
5.2 Bepaling van de gebiedsgrootte voor validatie	29
5.3 Vergelijking 15 minuten data met 5 minuten data	32
5.4 Vergelijking CG's met alle ontladingen	34
5.5 Vergelijking over het jaar	35
5.6 Resultaten validatie	38
5.7 Conclusies validatie	41
6 STATISTISCHE ANALYSE VAN BLIKSEMONTLADINGEN	43
6.1 Analyse van alle ontladingen	43
6.2 Analyse van inslagen	50
6.3 Ruimtelijke verdeling ontladingen	55
7 WEERALARMCRITERIUM	62
7.1 Inleiding	62
7.2 Toepassing weeralarmcriterium op bliksemdata	63
7.3 Conclusie weeralarmcriterium	66
8 CONCLUSIES	68
REFERENTIES	71
Literatuur	71
Internet	71
E-mail	71

1 Inleiding

Bliksems zijn een gevaarlijk natuurverschijnsel, als ze ergens inslaan kunnen ze door de grote elektrische stromen en de hoge temperaturen die daarmee gepaard gaan veel schade veroorzaken bij mensen, dieren, bouwwerken, elektronische apparatuur en bekabeling. Bij het behandelen van claims van bliksemschade raadplegen verzekeraars het KNMI. De verzekeraars willen weten of er inslagen geweest zijn op een bepaalde plek en een zo nauwkeurig mogelijke plaatsbepaling van de inslagen. Met de bliksemdetectie apparatuur die het KNMI op dit moment gebruikt is het mogelijk om een plaatsbepaling te doen van een bliksem en onderscheid te maken tussen wolkontladingen en inslagen. Daarnaast is het ook mogelijk om (bijna-)real-time bliksemgegevens te gebruiken in de weerkamer, om zo eventueel gevaarlijk onweer snel in de gaten te hebben. Echter in de praktijk blijkt dat het bliksemdetectiesysteem niet helemaal perfect werkt, zo is het bijvoorbeeld gevoelig voor verstoringen van buitenaf. Het systeem ‘luistert’ naar radiogolven (bij bepaalde bandbreedtes) en op dat gebied zijn er nogal wat verstoringen mogelijk, bijvoorbeeld door radioverkeer van vliegtuigen. Deze verstoringen kunnen leiden tot ‘valse bliksemmeldingen’ in het systeem en die kunnen dan ook in de producten terugkomen. Dit is natuurlijk hinderlijk bij verder gebruik, zowel in operationele als in wetenschappelijke zin. Op dit moment wordt de data voor het operationele gebruik bij de Klimatologische Dienst van het KNMI al gevalideerd om zulke ‘valse bliksems’ er uit te filteren. Bij deze validatie is er nog sprake van menselijke eindcontrole, de klimatoloog kan zelf nog aanpassingen in de validatie doorvoeren als hij of zij dat nodig vindt.

Omdat het waarnemen van onweer (de donder) door menselijke waarnemers vanwege een toename van omgevingslawaaï steeds lastiger wordt, wordt automatische bliksemdetectie ook steeds belangrijker als vervanger van menselijke waarnemingen. Om de betrouwbaarheid van het bliksemdetectiesysteem te onderzoeken zal de data afkomstig van het systeem gevalideerd moeten worden. Een voor de hand liggende methode om de bliksemdata te valideren is het vergelijken van de bliksemdata met radardata, immers bliksems zijn gelieerd aan buien en buien kunnen met de neerslagradar gedetecteerd worden. Hierbij zal de meest geschikte parameter en methode gevonden moeten worden voor de validatie en de geschikte drempelwaarden van deze parameter. Een interessante toepassing van de gegevens die van het bliksemdetectiesysteem afkomstig zijn is het genereren van ruimtelijke verdelingen van bliksemactiviteit. Daarnaast kunnen er ook statistieken op basis van tijd gemaakt worden, zoals verdelingen van de bliksemactiviteit over het jaar, of over het tijdstip van de dag. Verder kan de data van het bliksemdetectiesysteem gebruikt worden om de bliksemactiviteit te monitoren met bijvoorbeeld het oog op de uitgifte van een weeralarm voor zwaar onweer. In oktober 2005 is een nieuw weeralarmcriterium ingesteld voor de bliksemactiviteit. De bliksemdata van het bliksemdetectiesysteem kan ook worden gebruikt om het nieuwe weeralarmcriterium te testen.

In dit onderzoek zullen de validatie van bliksemdata met radardata, bliksemstatistieken en het nieuwe weeralarmcriterium aan bod komen. In Hoofdstuk 2 zullen de achtergronden

van onweer, bliksem en bliksemdetectie besproken worden. In Hoofdstuk 3 volgt een beschrijving van de verwerking van de data en de gebruikte methoden bij de analyse. Vervolgens zal in Hoofdstuk 4 onderzocht worden wat de invloed van de LF Full Range is bij de reprocessing van de data. In Hoofdstuk 5 zal de validatie van bliksemgegevens met behulp van radardata behandeld worden. In Hoofdstuk 6 komen dan de bliksemstatistieken aan bod, zowel op temporeel als op ruimtelijk gebied. En in Hoofdstuk 7 worden de resultaten van toepassing van het nieuwe weeralarmcriterium op de bliksemdata behandeld. Als laatste komen in Hoofdstuk 8 de conclusies van dit onderzoek aan bod.

2 Onweer en bliksemdetectie

2.1 Ontwikkeling van onweersbuien

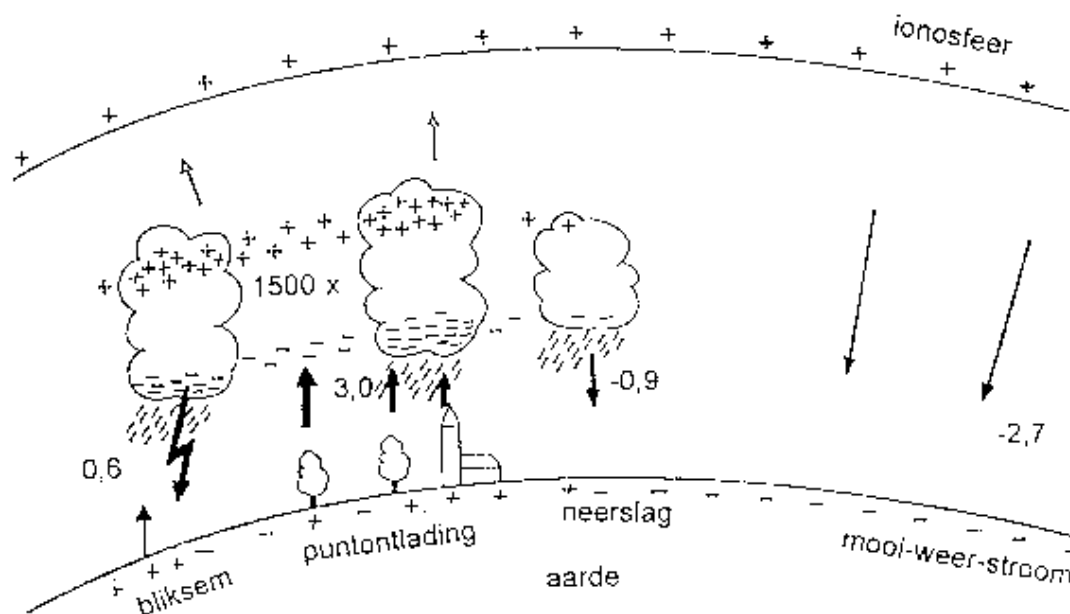
Een onweersbui bestaande uit een enkele convectieve cel (een 'single cell thunderstorm') doorloopt drie stadia: het cumulus stadium, het volwassen stadium en het oplossende stadium. In het cumulus stadium is er alleen sprake van een stijgstroom (updraft). Door toevoer van warme vochtige lucht in de updraft, is er een groeiende cumuluswolk zichtbaar. Bij voldoende toevoer van energie zal de cumuluswolk tot boven het 0°C niveau groeien en later tot boven het -12°C niveau. Wanneer de wolk zover gegroeid is ontstaan er ook ijsdeeltjes in de wolk. Deze zullen verder groeien als gevolg van het Wegener-Bergeron-Findeisen proces. De deeltjes zijn echter nog niet erg groot en blijven nog in de wolk zweven. Wanneer de wolk nog verder door blijft groeien, bereikt ze in het volwassen stadium. De wolk is hoger en breder gegroeid en spreidt zich met een 'aambeeld' uit onder tegen de tropopauze. Bij de zeer lage temperaturen die daar heersen (lager dan -23°C), bestaat het bovenste deel van de wolk volledig uit ijsdeeltjes. De druppels en ijsdeeltjes in de wolk zijn inmiddels ook zover doorgegroeid dat ze niet meer in de wolk kunnen blijven zweven. Dit heeft tot gevolg dat de druppels en ijsdeeltjes vallen en er dus neerslag optreedt. De intensiteit van de neerslag hangt af van hoe sterk de bui ontwikkeld is (en dat hangt weer af van hoe sterk de stijgstromen zijn in de bui). Door interacties tussen ijs en waterdeeltjes in de wolk is de wolk ook elektrisch geladen, en die lading kan worden ontladen door bliksems. Doordat vallende neerslag de lucht naar beneden 'meesleept' en de lucht door verdamping van neerslag ook nog wat afkoelt ontstaat er een daalstroom (downdraft). In de downdraft vindt ook inmenging van drogere lucht van buiten de wolk plaats. Deze drogere lucht koelt vervolgens sterk af door verdampende neerslag(deeltjes) waarmee de drogere lucht door de inmenging mee in contact komt. De lucht in de downdraft wordt hierdoor kouder en ondervindt nog een sterkere neerwaartse versnelling. Zo ontstaan de zogenaamde 'microbursts' en 'downbursts'. De temperatuur en vochtigheid van de ingevangen lucht zijn bepalend voor de neerwaartse versnelling die de microbursts en downbursts krijgen. Des te kouder en vooral droger de ingevangen lucht is, des te groter deze versnelling en daarmee de snelheid van de microbursts en downbursts. Zowel de downdraft als de microbursts en downbursts doen een 'poel' met koude lucht aan de grond ontstaan. Deze breidt zich uit ('outflow') en duwt daarbij de warmere lucht omhoog en ook voor zich uit. De outflow kan zo leiden tot nieuwe convectie verderop. Een andere consequentie van de neerwaartse luchtbewegingen in een bui is dat de bui zichzelf ondermijnt. De downdraft van de bui hindert de updraft. Bij weinig windschering ontstaat de downdraft recht boven de updraft en de downdraft werkt de updraft dan tegen. Een tweede gevolg van de downdraft is dat de poel met koude lucht aan de grond de voedingsbodem voor de updraft afsnijdt. Met het verdwijnen van de updraft verdwijnt de toevoer van energie en vocht in de bui. De bui is dan in het volgende stadium beland: het oplossende stadium. De bui bevat dan alleen nog maar een downdraft en kan zichzelf niet meer in stand houden

zonder updraft. De bui regent uit, de downdraft verdwijnt ook en uiteindelijk lost de bui dan op.

De processen zoals hierboven beschreven zijn gelden voor een enkele bui met één convectieve cel. Een enkele bui heeft doorgaans een levensduur van minder dan een uur. Naast deze losse buien bestaan er ook geclusterde onweersbuien en zijn er ook onweersbuien die een bepaalde interne organisatie hebben welke bevorderlijk is voor de levensduur en intensiteit van de bui. Onweersbuien (cellen) in clusters vertonen vaak dezelfde levensduur als losse cellen, echter in een cluster zijn vaak meerdere cellen tegelijkertijd in verschillende stadia van ontwikkeling aanwezig. Hierdoor blijft een cluster als geheel langer bestaan. Verschillen in windsnelheid en windrichting in de hoogte (windschering) kunnen leiden tot een betere interne organisatie in een buienwolk. De updraft en de downdraft kunnen dan gescheiden worden zodat ze elkaar minder snel hinderen. Een extreem type bui met een interne organisatie is de supercell, welke een interne rotatie heeft. De updraft roteert en is gescheiden van de downdraft. Doordat de stijgende luchtkolom van de updraft roteert, gaan naast convectie ook dynamische processen een rol spelen in de ontwikkeling en de structuur van de bui. Er ontstaat dan een zogenaamde mesocycloon. Een supercell kan naast onweer nog ander extreem weer voortbrengen, waaronder tornado's, grote hagelstenen en veel neerslag.

2.2 Elektriciteit in de atmosfeer

Tussen het aardoppervlak en de ionosfeer (vanaf ca 50 km hoogte) staat een enorm spanningsverschil: de ionosfeer heeft een spanning van 300000 V ten opzichte van de aarde. Lucht is een te goede isolator om dit spanningsverschil over een afstand van 50 km snel te neutraliseren (de doorslagspanning van lucht is 3 miljoen V/m). Vooral de lucht onderin de atmosfeer geleidt slecht (hogerop in de atmosfeer zijn meer vrije ionen aanwezig om voor geleiding te zorgen). Uit metingen blijkt dat er onder rustige weersomstandigheden een veldsterkte van 200 V/m bestaat nabij het aardoppervlak. Men noemt het bijbehorende elektrische veld ook wel het 'mooi weer veld'. Ook blijkt uit metingen dat er (ondanks de slechte geleidbaarheid van de lucht) onder rustige weersomstandigheden een lekstroom loopt van ionosfeer naar het aardoppervlak. Deze stroom bedraagt gemiddeld 2.7 microampère per km² aardoppervlak en wordt ook wel de 'mooi weer stroom' genoemd. Deze stroom loopt overal waar geen buien actief zijn en de stroomsterkte bedraagt gemiddeld 1400 A over de gehele aarde. Als de ionosfeer niet aangevuld zou worden met elektrische lading dan zou met deze stroomsterkte het spanningsverschil tussen ionosfeer en aardoppervlak in een half uur geneutraliseerd worden. Omdat het spanningsverschil in stand blijft moet er een proces zijn dat ervoor zorgt dat er lading naar de ionosfeer wordt getransporteerd. Voor dit transport van lading zijn onweersbuien verantwoordelijk. Er zijn gemiddeld ongeveer 1500 onweersbuien wereldwijd actief, wat betekent dat een enkele onweersbui voor een effectieve stroom naar de ionosfeer van ongeveer 1 Ampère zorgt. (Wessels, 1990)



Figuur 2-1 Stroomkring in de atmosfeer (Wessels, 1990)

De terugstroom door onweersbuien is te verdelen in 3 stromen: een stroom als gevolg van bliksems, een stroom als gevolg van vallende neerslag en een stroom als gevolg van puntontladingen (zie Figuur 2-1). De bliksem transporteert negatieve lading naar beneden (zie paragraaf 2.4 Bliksem), wat overeenkomt met een stroom naar boven van 0,6 microampère per km². Puntontladingen transporteren positieve lading naar boven, dit komt overeen met een stroom naar boven van 3,0 microampère per km². Vallende neerslag transporteert positieve lading naar beneden, overeenkomend met een stroom naar beneden van 0,9 microampère per km². Zo blijft er dus netto een stroom van 2,7 microampère naar boven over. Deze stroom loopt vanaf de bovenkant van de wolk naar de ionosfeer. (Wessels, 1990)

2.3 Elektriciteit in buienwolken

Er worden een aantal verschillende processen verantwoordelijk gehouden voor het ontstaan van elektrische ladingsverdeling in een buienwolk. Deze processen zijn op verschillende schalen actief en zijn samen verantwoordelijk voor het ontstaan van elektrisch geladen druppels en ijsdeeltjes in de buienwolk en voor het transport van elektrische lading in een buienwolk. Het gevolg van deze processen is dat er globaal 3 gebieden met verschillende ladingen zijn te onderscheiden in een buienwolk. Helemaal onderin is er een licht positief geladen gebied (afkomstig van puntontladingen vanaf de aarde), in het middelste deel bevindt zich een sterk negatief geladen gebied en (helemaal) bovenin is er een sterk positief geladen gebied. Het onderste positieve gebied heeft wel een veel kleinere lading dan het negatieve en positieve gebied er boven. Door de grote negatieve lading in de wolk raakt het aardoppervlak onder de wolk positief geladen (elektronen in de geleidende grond worden door de overheersende negatieve lading in de wolk weggedreven). Het elektrische veld tussen wolk en aarde (en tussen de wolk en de

atmosfeer erboven) is dan, uitgaande van de twee sterkste geladen gebieden, tegengesteld gericht aan dat van het mooi-weer veld. Dit veld leidt er dan toe dat er een stroom gaat lopen tussen wolk en aarde die tegengesteld is aan die van het mooi-weer veld en zo is de stroomkring tussen aarde en atmosfeer rond.

Hoe de elektrificatie/oplading van buienwolken exact in zijn werk gaat is nog niet geheel duidelijk. Er zijn wel enkele theorieën ontwikkeld, echter blijkt uit modellering dat ze elk afzonderlijk niet voldoende het gehele elektrificatieproces en de ladingsprocessen in buienwolken kunnen beschrijven en reproduceren. De twee belangrijkste denkwijzen zijn oplading door convectie en oplading door botsingen en andere interacties tussen wolkendeeltjes. Oplading als gevolg van convectieve processen in een buienwolk gebeurt door het transporteren van ladingen. In de updraft in de wolk worden vrije positieve ionen vanaf het aardoppervlak omhoog gebracht. Als deze ionen boven in de wolk aan zijn gekomen vormen ze daar een positief geladen top. Deze top trekt door z'n positieve lading negatieve ionen vanuit de atmosfeer aan, deze negatieve ionen verzamelen zich aan de randen van de wolk. Zo ontstaat er een zogenaamde 'screening layer', waarvan de ionen door entrainment of in downdrafts van de wolk naar beneden of de wolk in worden getransporteerd. Verdere luchtstromen in de wolk kunnen de lading tussen ladingscentra nog meer verdelen. De andere theorie is die van ladingsoverdracht tussen vallende neerslag en kleinere deeltjes, door contact wordt (geladen) materie en/of losse ionen overgedragen van het ene deeltje op het andere. Het gangbare idee is dat hierbij de zwaardere neerslagdeeltjes negatief geladen worden en lichtere deeltjes positief. In theorie zijn er 3 mogelijkheden van ladingsoverdracht tussen wolkendeeltjes: water-water, ijs-ijs en ijs-water. Twee waterdruppeltjes zullen echter eerder samenklonteren (coalesceren) dan dat ze materie met elkaar uit zullen wisselen. Voor ladingsoverdracht tussen twee ijsdeeltjes is de contacttijd in de wolk veel kleiner dan de tijd die nodig is voor ladingsoverdracht tussen twee ijsdeeltjes. In de praktijk is daarom het contact tussen ijs en (onderkoeld) water het belangrijkste voor ladingsoverdracht. Botsingen tussen korrelhagel (korrelsneeuw, graupel) en ijsdeeltjes in een omgeving met (onderkoeld) water worden hierbij als belangrijkste mechanisme voor ladingsoverdracht gezien. Als de botsingen plaatsvinden onder een elektrisch veld zijn de deeltjes elektrisch gepolariseerd (deeltje is in geheel neutraal, maar met gescheiden positieve en negatieve ladingscentra). Bij een botsing met de onderkant van het zwaardere deeltje kan een lichter deeltje wat van de lading van een van de polariteiten van het zwaardere deeltje meenemen. Voor de elektrische polarisatie is wel een al aanwezig elektrisch veld nodig, dit elektrisch veld wordt dan door dit proces versterkt. Echter ook zonder een aanwezig elektrisch veld kan er bij botsingen lading worden overgebracht tussen ijsdeeltjes en korrelhagel. Hoe en waardoor de lading dan precies wordt overgebracht is nog niet geheel duidelijk. Er zijn verschillende processen die ladingsoverdracht mogelijk maken (bijvoorbeeld chemische of thermo-elektrische processen), welke naast elkaar werken en welke dan voor positieve of negatieve ladingsoverdracht zorgen. Uit experimenten blijkt dat de temperatuur en de hoeveelheid vloeibaar water in de lucht van invloed zijn op het teken van de overgedragen lading. Onder bepaalde omstandigheden is dit negatief en onder andere omstandigheden positief, dit wijst erop dat al onder verschillende omstandigheden verschillende processen de grootste rol kunnen spelen.

Echter uit verschillende waarnemingen blijkt dat er niet een eenduidige theorie is welke het opladen en de ladingsscheiding in een buienwolk geheel kan verklaren (en met behulp van modellering kan reproduceren). Bij iedere theorie zijn er bepaalde waarnemingen die niet met die ene theorie verklaard kunnen worden. Enkele voorbeelden zijn: ladingscentra die vaak gekoppeld zijn aan temperatuurniveaus, het er niet eerder optreden van bliksems dan nadat de eerste neerslag ontstaan is of bliksems uit wolken zonder ijsdeeltjes in de tropen. Het lijkt het er dan ook op dat er in de wolk meerdere processen naast elkaar voorkomen en een rol spelen bij het opladen van buienwolken.

2.4 Ontstaan en typering van bliksems

Bliksem is eenvoudig gezegd een elektrische ontlading in of vanuit een onweerswolk. De ontlading kan naar de grond, naar een andere wolk, naar een andere plek in de wolk of naar de open lucht gaan. Vaak worden de laatste 3 soorten bijeengeschaard onder de naam wolkontladingen, om zo een onderscheid tussen wolkontladingen en grondontladingen te krijgen. Hoewel wolkontladingen het meeste voorkomen, zijn grondontladingen het meeste bestudeerd, vanwege het gevaar en de schade die ze veroorzaken aan de grond (zoals bosbranden, schade aan gebouwen, dodelijke slachtoffers onder mensen en vee). De wolkontladingen kunnen zoals hierboven vermeld dus onderverdeeld worden in drie typen: tussen 2 gebieden in een wolk, van een wolk naar een andere wolk en van een wolk naar een stuk 'open' lucht. Ook grondontladingen kunnen onderverdeeld worden in een aantal typen, op basis van de bewegingsrichting van de bliksem (omhoog of omlaag) en de lading welke de ontlading overbrengt (positief of negatief). Zo zijn er dan 4 verschillende types van grondontladingen: negatief neerwaarts, positief neerwaarts, negatief opwaarts en positief opwaarts. Deze 4 typen verschillen onderling in hun kenmerken en daardoor ook in het gevaar dat ze betekenen voor objecten aan de grond. Echter de processen die bij de ontladingen plaatsvinden zijn grotendeels hetzelfde. De negatief neerwaartse bliksem is de meest voorkomende grondontlading en aan de hand van dit type ontlading zullen de processen die bij een grondontlading voorkomen belicht worden. Afhankelijk van het type grondontlading kan het teken van de lading en het beginpunt van de ontlading verschillen. De processen zijn bij een wolkontlading grotendeels hetzelfde, alleen wordt er dan geen contact gezocht met de aarde.

Door lokale hoge ladingsverschillen in de wolk kan er ergens een lokale doorslag plaats vinden ('preliminary breakdown') waarbij een geleidend kanaal ontstaat. Dit maakt de weg vrij voor de 'stepped leader' (voorontlading) welke negatieve lading uit de wolk naar beneden brengt. De stepped leader verplaatst zich stapsgewijs al vertakkend met 'sprongen' van tientallen meters in enkele microseconden richting het aardoppervlak. Als de stepped leader het aardoppervlak dicht genaderd is wordt daartussen het elektrische veld sterker, en als het veld sterk genoeg is begint vanaf (spitse) objecten op het aardoppervlak positieve lading in kanaaltjes omhoog te stromen ('attachment process' oftewel vangontlading). Vervolgens kan de stepped leader in verbinding komen met een van de kanaaltjes met positieve lading en is de verbinding tussen wolk en aarde een feit. Nu stromen de elektronen van wolk naar aarde, dit is de 'return stroke' (hoofdontlading). Als er na de 'return stroke' in de wolk nog lading vrijgemaakt kan worden, kan het

kanaal van de return stroke nog een keer gebruikt worden. Eerst gaat een onvertakte 'dart leader' naar beneden door het kanaal, en als deze verbonden is met de grond, volgt er wederom een return stroke. Dit proces kan zich nog vaker herhalen, zolang er maar in de wolk lading vrijgemaakt kan worden voor een dart leader. Het komt ook wel voor dat een dart leader onderweg van z'n pad afwijkt en verder een nieuw kanaal maakt/gebruikt, in dit geval spreekt men over een 'stepped dart leader'. Het gehele proces speelt zich in totaal in ongeveer een halve seconde af. De processen bij een dart leader en de daaropvolgende return strokes spelen zich wel wat trager af dan die bij de stepped leader, met tussenpauzes tot tienden van secondes. Door deze tussenpauzes kan het menselijk oog de ontladingen na de eerste return stroke waarnemen als het 'flikkeren' van de bliksem.

Een positieve grondontlading ontspringt aan het aambeeld van de buienwolk, welke positief geladen is. De stepped leader heeft dan dus een positieve lading en brengt die naar beneden. Positieve grondontladingen hebben een grotere stroomsterkte dan negatieve grondontladingen en bestaan vaak uit een enkele 'stroke'. Dit komt doordat er in het aambeeld niet zo snel weer nieuwe positieve lading vrijgemaakt kan worden als in lagere delen van de wolk. Deze ontladingen kunnen door de grotere stroomsterkte wel meer schade aanrichten op de grond. Opwaartse grondontladingen beginnen vanaf de aarde, vaak vanaf een berg of een hoog bouwwerk. De stepped leader begint dan vanaf de aarde en hierdoor ziet de bliksem er ook vanonder naar boven gevorkt uit (in tegenstelling tot een neerwaartse grondontlading). Ook worden kleine raketten afgevuurd om zo (opwaartse) grondontladingen te initiëren voor onderzoeksdoeleinden.

2.5 Bliksemdetectiemethoden en -technieken

Er zijn twee manieren van onweerswaarnemingen mogelijk: door menselijke waarnemers of door apparatuur/automaten. Traditioneel worden onweerswaarnemingen gedaan door waarnemers, deze waarnemingen bestaan uit het noteren van gehoorde donders. Een dag gaat als onweersdag de boeken in als er op de waarnemingsplek donder is gehoord. De donder en niet de bliksem is als waarnemingscriterium genomen omdat bliksem overdag moeilijk waar te nemen is (valt niet zo goed op tegen de vaak lichte achtergrond) en 's nachts juist weer te goed (weerlicht is tot op >100 kilometer afstand zichtbaar in heldere lucht). Echter is het voor de waarnemer in Nederland in de laatste decennia steeds minder goed mogelijk om donder waar te nemen. Dit komt enerzijds door het toegenomen omgevingslawaaï (verkeer, vliegtuigen, etc), anderzijds doordat de waarnemer ook veel meer taken binnen uit moet voeren. In de tussentijd is de techniek wel zodanig voortgeschreden dat bliksemwaarnemingen met elektronische apparaten met een redelijk nauwkeurige plaatsbepaling (onzekerheid in de orde van enkele kilometers) mogelijk zijn en als alternatief kunnen dienen voor menselijke waarnemers. (Wessels, 1999)

Aan het einde van de 19e eeuw ontwierp en demonstreerde de Russische natuurkundige Aleksandr Popov een apparaat wat bliksems kon detecteren. Dit was een van de eerste toepassingen van radiogolven. Bliksems zenden elektromagnetische straling uit in een breed spectrum, met een nadruk op (zeer) laagfrequente radiogolven (ELF, 3 Hz – 3000 Hz; VLF, 3-30 kHz) en deze kunnen met geschikte apparatuur ontvangen en

geregistreerd worden. Hierop zijn bliksemtellers gebaseerd, deze telt iedere verstoring die een bepaalde (vooraf ingestelde) grenswaarde overschrijdt. Met een aantal op elkaar afgestemde bliksemtellers kan een netwerk gevormd worden. Zo had het KNMI van 1974-1987 een netwerk met circa 20 bliksemtellers. Een nadeel van deze bliksemtellers is dat ze geen informatie voor plaatsbepaling van bliksems kunnen geven. Ook is hun bereik niet goed vast te stellen omdat de radioverstorenngen van bliksems erg kunnen variëren, al naar gelang de duur en de stroomsterkte van de bliksem. (Wessels, 1999)

Om de locatie van een bliksem te bepalen zijn aanvullende methodieken en technieken nodig. MetOffice heeft een bliksemdetectiesysteem ontwikkeld dat werkt met tijdsverschillen tussen de aankomst van een radioverstoring op verschillende detectiestations. De Engelse term voor deze methode is arrival-time-difference, met als afkorting ATD. Het systeem bekijkt hiervoor het hele golfpatroon van de verstoring en probeert die te 'matchen' met een golfpatroon zoals ontvangen op een gekozen referentiestation rond hetzelfde tijdstip. Een selectiestation (welke wat minder gevoelig is afgestemd dan de overige stations) selecteert de radioverstorenngen die gebruikt zullen worden. Het selectiestation is minder gevoelig afgestemd om zo onder andere zwakke signalen van nabije buien (welke niet gedetecteerd worden door andere stations) eruit te filteren en het aantal te verwerken signalen te verminderen. De twee golfpatronen van de radioverstorenngen afkomstig van het referentiestation en een ander station worden over elkaar geschoven en gecorreleerd. De tijdsverschuiving die voor een van de twee golfpatronen nodig is om het best met de ander te correleren, is dan het veronderstelde tijdsverschil in aankomst tussen de twee stations. Voor een bepaald tijdsverschil tussen twee stations kan de mogelijke plek van de bliksem herleid worden tot een hyperbool (met als brandpunten de twee stations). Door een aantal hyperbolen (van verschillende stationsparen) te laten kruisen kan de plaats van de bliksem berekend worden op het kruispunt van alle gebruikte hyperbolen. Voor een plaatsbepaling zijn minimaal drie stations nodig en 4 voor een plaatsbepaling die niet ambivalent is (Figuur 2-2). Omdat de stations in dit systeem nogal ver van elkaar af staan (honderden tot duizenden kilometers) worden in de praktijk alleen CG's gedetecteerd, want alleen de sterkere signalen afkomstig van de CG's komen op meerdere stations door. (Holle en Lopez, 1993)

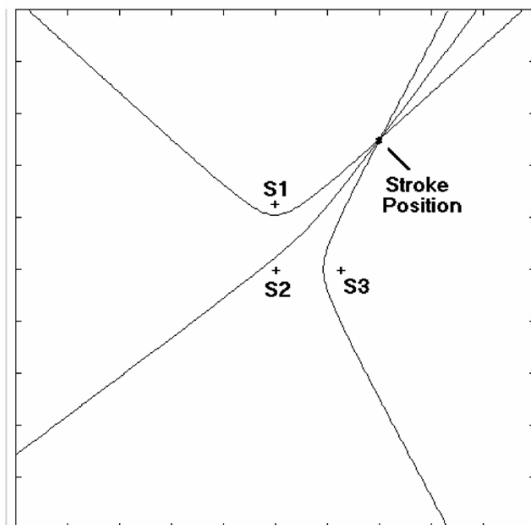


Figure 3a Hyperbolic intersection method for locating lightning using three sensors.

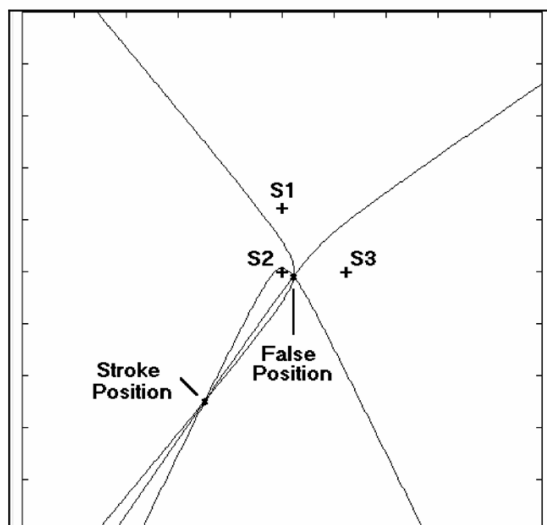


Figure 3b Example of an ambiguous location for a three-sensor hyperbolic intersection.

Figuur 2-2 Lokalisatie van bliksem door middel van 3 hyperbolen

Een ander systeem dat gebaseerd is op het verschil in aankomsttijden van de radioverstoreningen veroorzaakt door bliksems is het time-of-arrival systeem (TOA). In tegenstelling tot het Britse ATD systeem gebruikt het TOA systeem niet het hele golfpatroon van de radioverstorening, maar alleen de piek (de maximale amplitude) in dat golfpatroon. Het tijdsverschil tussen de aankomst van het piek-sigitaal op de stations wordt vervolgens gebruikt om (door middel van hyperbolen) de plaats te bepalen. Ook hier zijn weer minimaal drie stations nodig voor een plaatsbepaling. Om een eenduidige plaatsbepaling te krijgen zijn hier weer 4 stations nodig in plaats van 3. Onder andere het LPATS systeem werkt op basis van TOA. Ook in dit systeem staan de stations nogal ver van elkaar af (enkele honderden kilometers). Er wordt op basis van de lengte van de radioverstorening onderscheid gemaakt tussen CC's en CG's, doorgaans duren de radioverstoreningen afkomstig van CC's (veel) korter dan de verstoreningen afkomstig van CG's. Er zijn echter ook CC's die langere radioverstoreningen geven en deze kunnen door het systeem ten onrechte als CG gezien worden. (Holle en Lopez, 1993)

Als derde systeem is er het magnetic direction finder systeem (DF systeem). Dit systeem detecteert geen radiosignalen, maar magnetische verstoreningen. Ook dit systeem gebruikt het hele patroon van de magnetische verstorening, om op basis van het patroon op CG-bliksems te filteren. De criteria om een signaal door te laten zijn op basis van bekende karakteristieken van magnetische verstoreningen afkomstig van CG-bliksems. Vervolgens wordt voor de plaatsbepaling van de bliksem gebruik gemaakt van de piek in het patroon, deze piek wordt geassocieerd met het begin van de return stroke. Dit punt bevindt zich dicht bij de grond en het bliksemkanaal is daar nagenoeg verticaal. Hierdoor wordt een gedeelte van de bliksem dat dicht bij de opgetreden inslag zit gebruikt voor de plaatsbepaling. Als een station een bliksem detecteert kan op dat station de richting vanwaar het signaal van de bliksem kwam bepaald worden. Als van een aantal stations de richting vanwaar het signaal kwam bekend is kan door middel van driehoeksberekening de locatie van de bliksem te bepaald worden. (Holle en Lopez, 1993)

Het SAFIR (Surveillance et Alerte Foudre par Interférométrie Radioélectrique) systeem (ontwikkeld door Dimensions SA in Frankrijk) werkt op basis van interferometrie. De faseverschillen tussen een signaal wat op 5 antennes afzonderlijk is opgevangen zijn afhankelijk van de richting van het signaal. Vervolgens kan met driehoeksberekening uit de richtingen van de signalen van een aantal stations de locatie van de bron van het signaal bepaald worden. Het systeem meet in twee radiogolfbanden: het gebruikt de VHF band voor de lokalisatie (de gebruikte frequentie ligt rond 110 MHz) en voor discriminatie tussen CG's en CC's gebruikt het de LF band (de gebruikte frequentie ligt rond 4 MHz). Discriminatie tussen CG's en CC's gebeurt op basis van enkele vooraf vastgestelde criteria, waaronder amplitude, stijgtijd en daaltijd van de opgevangen radioversterking. De daaltijd is het belangrijkste van de drie voornoemde criteria, een CG heeft een relatief lange daaltijd ten opzichte van een CC.



Figuur 2-3 Mast met 5 dipool antennes (in de top)

Sinds 18 december 2003 is het bliksemdetectie systeem FLITS in gebruik bij het KNMI. FLITS (Flash Localisation by Interferometry and Time of Arrival System) is een upgrade van SAFIR, met modernere apparatuur en modernere verwerkingssoftware. FLITS gebruikt evenals SAFIR meerdere detectie en lokalisatie methoden naast elkaar. Lokalisatie gebeurt met data gemeten in het VHF gebied (de gebruikte frequentie ligt rond 110 MHz). De signalen die een vooraf ingestelde drempel overstijgen worden gebruikt om dmv interferometrie de plaats van de bron van het signaal te bepalen. Elk station heeft hiervoor 5 VHF (dipool) antennes, daarnaast heeft elk station ook nog een

LF antenne, zie Figuur 2-3 voor de plaatsing van deze antennes in de mast. De signalen die de LF antenne ontvangt, worden gebruikt voor de discriminatie tussen CG's en CC's. Daarnaast kunnen de LF signalen ook nog gebruikt worden voor plaatsbepaling met de TOA methode. Voordat de signalen verder verwerkt worden moeten ze eerst aan bepaalde criteria voldoen (op het gebied van stijgtijd, daaltijd en een minimum en maximum drempel). Na verwerking van een signaal kan het station een aantal uit het signaal afgeleide kenmerken door geven aan de centrale processor. Deze kenmerken zijn de azimuth (hoek ten opzichte van het N), het tijdstip van het signaal, de amplitude van het signaal (VHF), de dichtheid van het signaal (VHF), de piekwaarde van het signaal, het tijdstip van de piek, de stijgtijd en daaltijd van het signaal.

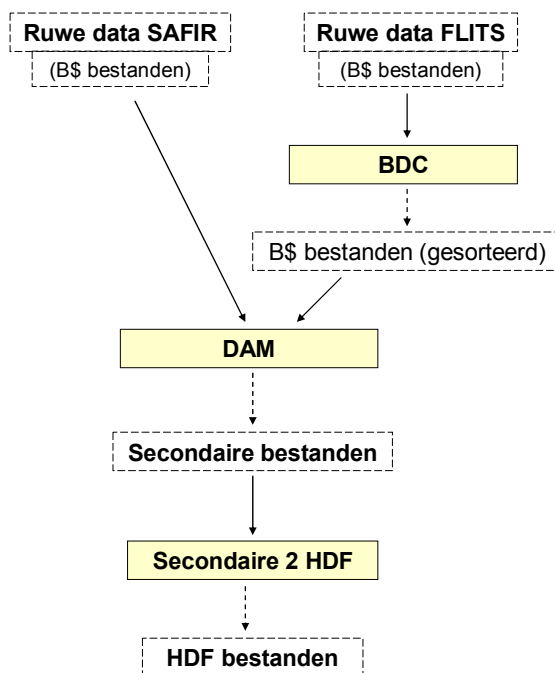
3 Methoden

3.1 Beschrijving van de processing van bliksemdata

In dit onderzoek wordt data van het bliksemdetectiesysteem over de periode 2000-2004/2005 gebruikt. In deze periode zijn er verschillende upgrades van het systeem geweest: de sensoren zijn vervangen door modernere en ook de verwerkingssoftware van de stations is geüpgraded. In het begin van de periode werd het oude systeem (SAFIR) gebruikt en in 2003 is er overgegaan op het nieuwere systeem FLITS. De processing bij deze systemen gebeurt als volgt:

Ruwe data afkomstig van de stations van het bliksemdetectiesysteem wordt in De Bilt verzameld, en wordt vervolgens gearchiveerd en geprocesseerd voor operationeel gebruik. De processing gaat als volgt: eerst wordt er gekeken of verschillende data gebundeld kan worden in een ‘burst’ (groep signalen van een station welke afkomstig zijn van dezelfde bliksem). Dit wordt voor ieder station apart gedaan. Vervolgens wordt er gekeken of signalen van verschillende detectiestations geassocieerd kunnen worden aan een en dezelfde ‘event’/bliksem. Als dit is gebeurd kan een event/bliksem gelokaliseerd worden door middel van driehoeksberekening. Er worden vervolgens nog correcties toegepast (met betrekking tot de tijd die de radiogolven onderweg waren) en de stations die dan de meest nauwkeurigste data kunnen leveren worden gebruikt voor de nieuwe plaatsbepaling, zodat de plaatsbepaling uiteindelijk zo nauwkeurig mogelijk is. De ruwe primaire gegevens zijn nu voor verdere verwerking gereed.

In de verdere verwerking worden de signalen onderverdeeld in ‘traces’. Een trace is een groepering van alle signalen die bij een bepaalde bliksem horen. Deze signalen worden daarbij onderverdeeld in verschillende typen, al naar gelang het een geïsoleerde ontlading, een beginpunt van een bliksem, een tussenpunt van een bliksem of een eindpunt van een bliksem is. Vervolgens is er nog een stap en dat is het onderscheiden van CG’s. Dit gebeurt met de gegevens van de LF antenne. De discriminatie van de signalen kan met twee methoden gedaan worden, het algoritme van SAFIR kan gebruikt worden of de signalen van de LF antenne worden met de TOA methode apart gelokaliseerd en vervolgens vergeleken met en gekoppeld aan de ‘traces’. Nu komen er nog twee typen bij, eentje voor een grondontlading en eentje voor de return strokes. Het eindresultaat is dat per (signaal van een) ontlading wordt vastgelegd: het tijdstip, de lengte- en breedtegraad, de nauwkeurigheid van lokalisatie, het type ontlading (CC of CG) en als het een CG ontlading betreft wordt ook nog vastgelegd: de stijgtijd, de daaltijd en de stroomsterkte. Deze gegevens worden vastgelegd in een HDF5-bestand, over een periode van 5 minuten (voor gebruik in operationele weerdiensten) of 24 uur (voor onder andere klimatologie). (Beekhuis en Holleman, 2004)



Figuur 3-1 Schema reprocessing bliksemdata

Omdat de ruwe data bij ontvangst gearchiveerd wordt is het mogelijk om deze later nog eens te processen. Zo kan er bijvoorbeeld onderzocht worden of verandering van instellingen bij het processingprogramma invloed heeft op de data in de uiteindelijke geprocesseerde uitvoer (op de aantallen gedetecteerde bliksems, zowel CG's en CC's). De ruwe data is in binair formaat en is dus niet zomaar te bekijken, het dient eerst geprocesst te worden tot een uitvoer die wel bruikbaar is. In Figuur 3-1 staat het reprocessen schematisch aangegeven. Het processen gebeurt met een programma dat DAM (Data Analysis Module) heet, dit programma is van de fabrikant van de sensoren (Dimensions SA) en werkt onder Windows. De ruwe data van het SAFIR systeem kan meteen verwerkt worden, maar de ruwe data van FLITS moet eerst nog een bewerking ondergaan. Dit gebeurt door het programma BDC (Binary Data Constructor), hierbij wordt de ruwe data hergestructureerd (gesorteerd). Bij het oude systeem werd dat door de processor gedaan, maar bij het nieuwe systeem niet. Als de ruwe data dan (na eventuele sortering door BDC) door DAM geprocesst is, dan is er uitvoer in de vorm van ASCII bestanden (Secondeaire bestanden genaamd). Deze bestanden kunnen vervolgens geconverteerd worden naar HDF-bestanden. Omdat de gegevens van de neerslag radar ook in HDF-bestanden worden bewaard kunnen bliksemgegevens zo gemakkelijk met radarbeelden vergeleken worden.

Er zijn een aantal factoren die (de kwaliteit van) de ruwe data kunnen beïnvloeden. Zo kunnen in de omgeving van een station objecten staan die storende elektromagnetische straling uitzenden. Ook de beschikbaarheid van de stations is belangrijk, als een station uitvalt betekent dat vaak dat er in een bepaald gebied minder nauwkeurige bliksemregistraties gedaan kunnen worden, met name de lokalisatie zal hier invloed van ondervinden (grotere onnauwkeurigheid). Eigenschappen en instellingen van het station

(bijvoorbeeld type sensoren, noorduitpeiling, gevoeligheid) zelf zijn ook van directe invloed op de ruwe data. Instellingen bij het verzamelen en verwerken van de binnenkomende data op de centrale processor kunnen ook invloed hebben op de (ruwe) data.

3.2 Beschrijving gebruikte bliksemdata

Voor dit onderzoek is bliksemdata over de periode 26 januari 2000 t/m 31 mei 2005 gebruikt. Van het SAFIR systeem is er data vanaf 26 januari 2000 t/m 27 september 2004 beschikbaar en van het FLITS systeem is er data vanaf 18 november 2003 t/m 31 mei 2005 gebruikt. De systemen overlappen elkaar over de periode van 18 november 2003 t/m 27 september 2004, deze periode kan dus gebruikt worden om de beide systemen met elkaar te vergelijken. De radardata die gebruikt is bestreek een heel jaar, van 1 januari 2004 t/m 31 december 2004. De radardata over het gehele jaar was in hdf5-formaat beschikbaar en ook kende dit jaar redelijk veel dagen met onweer, van maart tot in zelfs oktober kwam actief onweer voor.

De radardata was al opgeslagen in HDF-bestanden, echter de bliksemdata moest nog geprocessed worden. Voordat er geprocessed kon worden moesten de juiste instellingen bekend zijn. Als eerste zijn er ‘testruns’ gedaan om te kijken welke invloeden verschillende instellingen bij het processen hadden op het aantal en de lokalisatie van bliksems. Dit had tot doel om de optimale instellingen te vinden, rekening houdend met onder andere het verloop in sensoren (verschillende modellen/typen). De instelling die de grootste invloed had op het aantal en het soort gedetecteerde bliksems was de ‘LF Full Range’. De LF Full Range is van invloed op de berekende stroomsterkte. De stroomsterkte van een wolk-grond bliksem is te herleiden uit de sterkte van het elektrische veld dat de bliksem veroorzaakt. Hierbij is de stroomsterkte een functie van de afstand en van het gemeten elektrische veld. De LF Full Range bepaalt de omzetting van de gemeten waarden van het elektrische veld in de LF sensor (in gesamplede ‘steps’) naar een waarde voor het elektrische veld (in V/m). [1]

Indirect kunnen door het veranderen van de LF Full Range de gemeten stroomsterktes veranderen. De LF Full Range kan per station zowel bij de sensor zelf als in de processing programmatuur (DAM) aangepast worden. Het aanpassen van de LF Full Range in DAM is te beschouwen als een soort nabewerking, welke geen invloed heeft op de ruwe data afkomstig van de stations. Uit onderzoek blijkt dat de verdeling van de stroomsterktes van wolk-grond bliksems gecentreerd is rond 30 kA. (Orville et al, 1991) Dit gegeven wordt toegepast in de optimalisatie van de LF Full Range. Bij de optimalisatie wordt er naar een waarde van de LF Full Range gezocht waarbij de verdeling van de stroomsterkten van alle wolk-grond bliksems gecentreerd is rond 30 kA. De LF Full Range waarvoor dit geldt is dan de optimale LF Full Range. De optimalisatie kan geautomatiseerd met DAM worden uitgevoerd over een set ruwe data.

Het bliksemdetectiesysteem heeft gedurende de werkzame periode enkele aanpassingen ondergaan. Er zijn sensoren vervangen door nieuwere sensoren en de processing is

veranderd bij de overstap van SAFIR naar FLITS. Op basis van de verschillende aanpassingen aan het systeem is de data in verschillende perioden op gedeeld. Voor iedere periode is de optimale LF Full Range berekend en is de data op basis van de optimale LF Full Range geprocessed. Na de processing is de data geschikt worden voor gebruik in verdere toepassingen.

3.3 Methoden voor validatie en statistieken

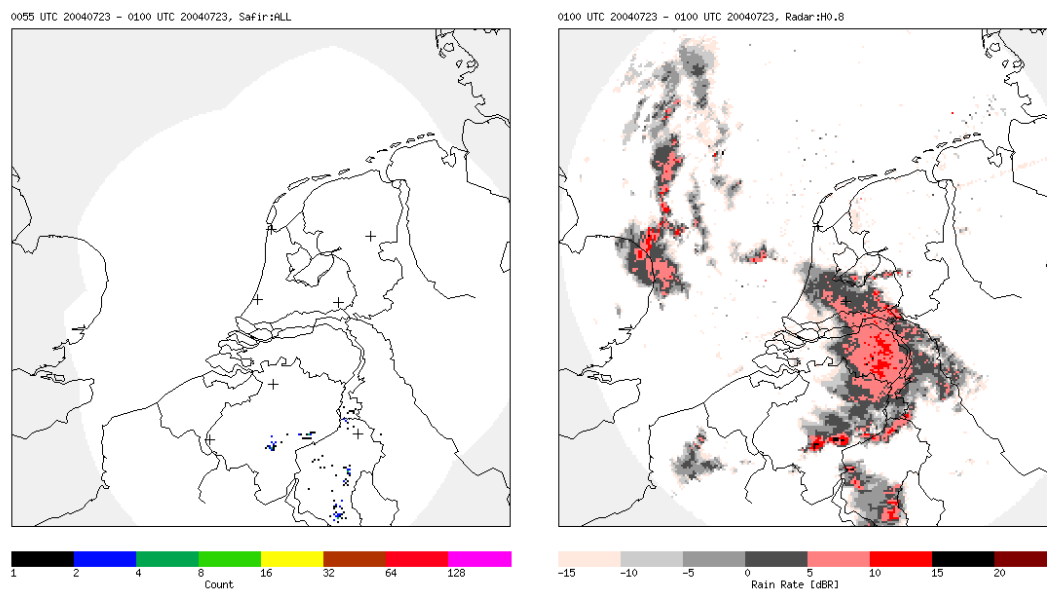
Aangezien het bliksemdetectiesysteem op basis van radiogolven werkt ligt op dat gebied ook een gevoeligheid voor verstoringen. Communicatie in de luchtvaart (onder andere met de verkeersleiding of met navigatiebakens) gebeurt via radiogolven en hierbij wordt onder andere gebruik gemaakt van de VHF band. De gebruikte frequenties liggen in de buurt van de 110 MHz die 'beluisterd' wordt door de bliksemdetectie stations van SAFIR. Als de golfvorm van de radiocommunicatie sterk op de golfvorm van de radioverstoring van een bliksem lijkt, kan het bliksemdetectiesysteem de opgevangen radiosignalen registreren als een ontlading. Op deze manier kunnen er dus 'valse' ontladingen geregistreerd worden. Vanwege deze verstoringen van buitenaf is het van belang om de bliksemdata te valideren alvorens deze gebruikt wordt in verdere toepassingen. Omdat onweer samenhangt met buien is een vergelijking met data van de neerslagradar erg nuttig voor validatie, immers als er geen buien in de buurt zijn is het onwaarschijnlijk dat er daadwerkelijk bliksem is opgetreden. Naast validatie met radardata zijn er ook andere methoden voor validatie denkbaar, bijvoorbeeld met data van een ander bliksemdetectie systeem, met data van satellieten of met data van infrageluidmetingen.

Bij de operationele validatie op de klimatologische dienst wordt gebruik gemaakt van radarbeelden om bliksemgegevens te valideren (voordat ze daar gearhiveerd worden). Radargegevens en bliksemgegevens worden in een speciaal voor de validatie geschreven programma ingeladen en vervolgens kunnen door toepassing van een algoritme bliksems geselecteerd worden op basis van voorwaarden die betrekking hebben op naburige radarecho's. Bliksems waarbij binnen een vierkant met een halve zijde van 14 km rondom de bliksem, er meer dan acht beeldpunten van de radar met neerslagecho van 7 dbZ of meer zijn worden goedgekeurd. Er kan echter ook nog handmatig ingegrepen worden als degene die de validatie uitvoert het niet eens is met wat het programma aangeeft.

De validatie in dit onderzoek zal zich richten op het gebruik van radardata. Er zijn voor de validatie twee typen radardata beschikbaar: neerslagintensiteit (aan/nabij de grond) en echotoppen. De hoek waaronder de radarstraal uitgezonden wordt is variabel, hierdoor kan de neerslagintensiteit 3-dimensionaal gemeten worden. Naast een horizontale doorsnede ('normale' radarbeelden) kan er ook gekeken worden naar op welke hoogtes nog een bepaalde radarintensiteit voorkomt. Echotoppen zijn hier een toepassing van, de echotop is de grootste hoogte waarop nog een neerslagintensiteit overeenkomend met 0,1 mm/h (7 dbZ) voorkomt. Hieruit is dus de maximale hoogte van een bui te bepalen en kunnen bijvoorbeeld ook aambeelden van buienwolken gezien worden.

Iedere 5 minuten worden de lage hoeken afgescand en iedere 15 minuten ook de hogere hoeken. Dit betekent dat de neerslagintensiteit beelden (voor de lagere hoeken) iedere 5 minuten beschikbaar zijn en echo top hoogte beelden iedere 15 minuten.

Om de bliksemdata met de radardata te vergelijken moeten de bliksem HDF-bestanden en de radar HDF-bestanden dezelfde tijdstappen beslaan. Hiervoor worden de 24h bliksemfiles gesplitst in files die een periode van 5 of 15 minuten beschrijven. De 5 minuten-periode is om de bliksemfiles met de 'normale' radarfiles te vergelijken en de 15 minuten-periode is om de bliksemfiles met echo top data te vergelijken. Vervolgens worden de gesplitste bliksemfiles vergeleken met de bijbehorende radar file. Hiertoe worden de ingebedde afbeeldingen van beide files pixel per pixel vergeleken. Een pixel beslaat een gebied van ca 2,5 bij 2,5 km en radardata of bliksemdata voor dat gebied is gecodeerd naar de waarde van een pixel in de afbeelding. Voorbeelden van een bliksemafbeelding en een radarafbeelding voor hetzelfde tijdstip zijn gegeven in Figuur 3-2.



Figuur 3-2 Afbeeldingen uit bliksem-HDF file (som ontladingen van 00.55 UTC tot 01.00 UTC) en radar-HDF file van 23 juli 2004 01.00 UTC. Op dezelfde plekken als de ontladingen bevinden zich enkele buien (in België).

Bij het vergelijken van de gegevens worden deze als het ware over elkaar heen gelegd en wordt er voor iedere pixel met één of meerdere ontladingen gekeken naar de radargegevens voor diezelfde plek. Naast dat er naar de pixel zelf wordt gekeken wordt er ook naar een omringend gebied gekeken, omdat bliksems niet perse in de neerslagkernen van buien voorkomen, maar er ook buien kunnen optreden (bijvoorbeeld positieve ontladingen uit het aambeeld). De data van de radarfile wordt geanalyseerd en samen met de bliksemdata weggeschreven naar een tekstbestand. Tabel 3-1 laat een voorbeeld van de geëxporteerde data zien:

Tabel 3-1 Voorbeeld van geëxporteerde data

parameter	waarde	eenheid
#numm	44	-
i	148	-
j	208	-
file_li	3	dBZ
file_ra_pcp	23.50	dBZ
max_ra_pcp	44.00	dBZ
mean_ra_pcp	23.56	dBZ
sd_ra_pcp	10.77	dBZ
numpos	74	-
numthres_pcp	74	-
pixel_pcp	81	-
file_ra_eth	4.41	km
max_ra_eth	8.00	km
mean_ra_eth	5.12	km
sd_ra_eth	2.02	km
numpos	72	-
numthres_eth	62	-
pixel_eth	81	-

#numm is het pixel nummer, i is de rij waarin de pixel staat, j is de kolom waarin de pixel staat, file_li is de waarde van de pixel in het bliksemplaatje, file_ra is de waarde van de pixel in het radarplaatje, max_ra is de maximum waarde in een vooraf ingesteld gebied (bijvoorbeeld 9 bij 9 pixels) om de pixel in het radarplaatje, mean_ra is de gemiddelde waarde over een vooraf ingesteld gebied om de pixel in het radarplaatje, sd_ra is de standaarddeviatie in een vooraf ingesteld gebied om de pixel in het radarplaatje, numpos is het aantal pixels met een waarde boven 0 in een vooraf ingesteld gebied om de pixel in het radarplaatje, numthres is het aantal pixels met een waarde boven een vooraf ingestelde drempelwaarde in een vooraf ingesteld gebied om de pixel in het radarplaatje, pixel is het aantal beschikbare pixels met bruikbare data in een vooraf ingesteld gebied om de pixel in het radarplaatje. Pcp en eth staan voor het type data, respectievelijk neerslagintensiteit of echotoppen. Het gebied wordt vooraf ingesteld dmv een offset (de maximale afstand van de bliksempixel in # pixels).

De geëxporteerde data kan dan verder geanalyseerd worden, er worden onder andere verdelingen van de bliksems over radarintensiteit en echo top hoogte en verdelingen van het aantal bliksems over de tijd gemaakt en weggeschreven in aparte tekstbestanden. De vergelijking en analyse van de data worden gestuurd door enkele parameters, die de gebiedsgrootte (van belang voor max, mean, sd, numpos, numthres en pixel) bepalen en ook drempelwaarden bepalen (van belang voor numthres).

Bliksemstatistieken kunnen ook zonder vergelijking met radardata te verkregen worden. In dat geval zijn er alleen maar verdelingen over de tijd beschikbaar. De bliksem HDF-bestanden moeten hiervoor ook gesplitst worden en geanalyseerd (per gesplitst (deel)bestand wordt dan het aantal bliksems verkregen). Uit de analyse resultaten kunnen vervolgens de verdelingen over de tijd gemaakt worden. Accumulaties en ruimtelijke verdelingen worden met behulp van speciale 'tooltjes' gegenereerd.

4 Processing van bliksemdata

4.1 Invloed van LF Full Range

De LF Full Range heeft grote invloed op het aantal en het type van de gedetecteerde bliksems. Deze invloed maakt het van belang dat de LF Full Range geanalyseerd en geoptimaliseerd wordt. Een voorbeeld van de invloed van de LF Full Range is gegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Invloed optimalisatie LF Full Range voor 5 dagen in 2004

Realtime				
Dag	CC	CG	som CC en CG	CG/CC (%)
17/jul	81490	3404	84894	4,18%
07/aug	24700	2434	27134	9,85%
12/aug	16901	694	17595	4,11%
13/aug	8219	844	9063	10,27%
18/aug	16820	632	17452	3,76%
	148130	8008	156138	5,41%

Reprocessed (LF Full Range optimized)				
Dag	CC	CG	som CC en CG	CG/CC (%)
17/jul	81386	5354	86740	6,58%
07/aug	24688	3356	28044	13,59%
12/aug	16889	1086	17975	6,43%
13/aug	8219	1134	9353	13,80%
18/aug	16824	1020	17844	6,06%
	148006	11950	159956	8,07%

Voor 5 dagen in 2004 zijn de aantallen wolk-wolk-ontladingen (CC), wolk-grond-ontladingen (CG's), de som van de CC's en de CG's en het percentage CG's van de CC's gegeven, zowel van voor als na de optimalisatie. Na de optimalisatie is het aantal CC's iets afgenomen en het aantal CG's toegenomen. Hierdoor is de som van de CC's en de CG's toegenomen en de verhouding tussen CG's en CC's ook toegenomen.

De LF Full Range optimalisatie past de verdeling van de stroomsterktes van de inslagen aan (zie 3.2). Deze wordt gecentreerd rond 30 kA. De stroomsterkte is ook een van de factoren waarmee onderscheid wordt gemaakt tussen CG's en CC's. Als de stroomsterkteverdeling aangepast wordt door de LF Full Range optimalisatie, dan worden de stroomsterktes van de individuele bliksems ook aangepast. De criteria waarop onderscheid gemaakt wordt blijven echter hetzelfde. Hierdoor treedt er een verandering op in het aantal CG's en CC's.

4.2 Optimalisatie LF Full Range

Bij de analyse van de LF Full Range is rekening gehouden met de veranderingen in het bliksemdetectiesysteem. Op basis van de veranderingen is een indeling gemaakt in periodes (Tabel 4-2).

Tabel 4-2 Systeemhistorie bliksemdetectiesysteem

Periode	Begin	Eind	Kenmerk
1	26-jan-00	28-mei-01	7 stations, SAFIR processing
2	29-mei-01	27-jun-03	Belgische stations geüpdate
3	28-jun-03	17-nov-03	3 Nederlandse stations geüpdate
4	18-nov-03	17-apr-04	FLITS ingeschakeld
5	18-apr-04	27-sep-04	Upgrade Hoogeveen (LF sensor)
6	28-sep-04	03-mei-05	SAFIR uitgeschakeld, overstap op FLITS

De Belgische stations hadden vanaf periode 2 een nieuwe sensor, de Nederlandse stations hadden deze vanaf periode 3. Hoogeveen is een uitzondering, meteen bij de plaatsing van de zender had deze een nieuwe sensor, alleen was de LF sensor toen op 2 meter geplaatst. Vanaf periode 5 is de LF sensor bij Hoogeveen in de top van de mast gepositioneerd, zodat het station in positioneren van de sensoren overeenkomt met de andere stations.

Tabel 4-3 LF Full Range geoptimaliseerd bij SAFIR

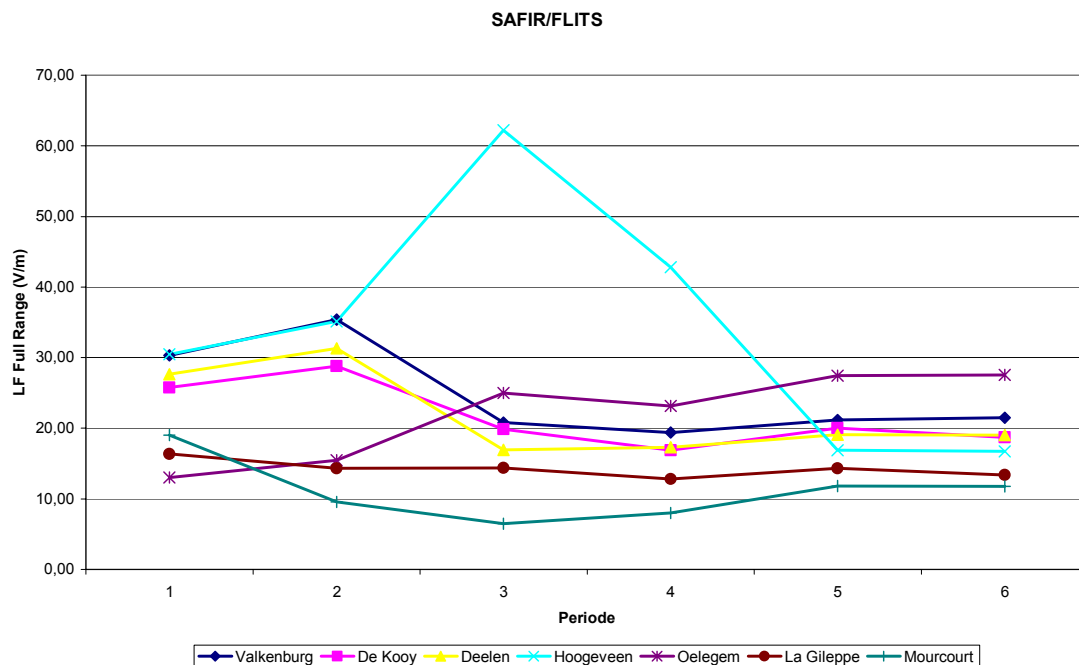
Periode	1	2	3	4	5
Valkenburg	30,31	35,41	20,83	19,04	21,40
De Kooy	25,77	28,80	19,85	16,46	20,30
Deelen	27,64	31,33	16,95	16,85	19,29
Hoogeveen	30,47	35,15	62,20	42,81	17,07
Oelegem	13,04	15,47	24,98	22,95	27,64
La Gileppe	16,36	14,30	14,38	12,75	14,50
Mourcourt	19,03	9,57	6,46	8,02	11,55

In Tabel 4-3 staat de geoptimaliseerde LF Full Range zoals verkregen voor de 5 periodes waarin het SAFIR systeem werkzaam was. Bij de Belgische stations is een kleine verandering van de LF Full Range waar te nemen bij de overgang van periode 1 naar periode 2. Daarna blijven de LF Full Range waarden voor de Belgische stations redelijk stabiel. Wel is er bij Oelegem van periode 2 naar 3 nog een sprong, erna blijft de waarde van de LF Full Range wel redelijk stabiel. Bij de Nederlandse stations heeft het vernieuwen van de sensoren een grotere sprong in de LF Full Range tot gevolg. De waarden springen van 30-35 terug naar rond de 20. Wat verder nog opvalt zijn de hoge waarden van LF Full Range voor Hoogeveen in periode 3 en 4. Voor dat station waren er van deze periode erg weinig samples beschikbaar voor de LF Full Range optimalisatie en dat heeft de optimalisatie beïnvloed.

Tabel 4-4 LF Full Range geoptimaliseerd bij FLITS

Periode	4	5	6
Valkenburg	19,39	21,18	21,50
De Kooy	16,87	20,00	18,69
Deelen	17,32	19,10	19,04
Hoogeveen	42,81	16,91	16,74
Oelegen	23,14	27,42	27,55
La Gileppe	12,81	14,32	13,40
Mourcourt	8,02	11,84	11,77

De LF Full Range waarden bij FLITS in Tabel 4-4 blijken niet zoveel te verschillen van de data van SAFIR over dezelfde periode. Het grootste absolute verschil is 0,47 voor Deelen in periode 4. De LF Full Range blijft in periode 6 stabiel ten opzichte van de voorgaande periodes.



Figuur 4-1 Verloop LF Full Range over de perioden voor SAFIR (periode 1 t/m 3) en FLITS (periode 4 t/m 6)

Omdat de LF Full Range in de overlappende perioden weinig verschilt tussen SAFIR en FLITS kan er een doorlopende grafiek over de zes perioden gemaakt worden (Figuur 4-1). Uit deze grafiek blijkt ook de het verloop van de LF Full Range redelijk stabiel is. Dit geldt vooral voor 3 van de 4 Nederlandse stations en voor La Gileppe. Eventueel kan Hoogeveen ook daartoe gerekend worden, maar door gebrek aan data voor de LF Full Range optimalisatie in de perioden 3 en 4 is daar geen zekerheid over. Mourcourt zakt eerst wat verder door maar met de nieuwe sensor blijft Mourcourt wel redelijk stabiel. Oelegen maakt pas in periode 3 (lang nadat de sensor in Oelegen geüpgrade was) een sprong omhoog, maar blijft daarna ook redelijk stabiel.

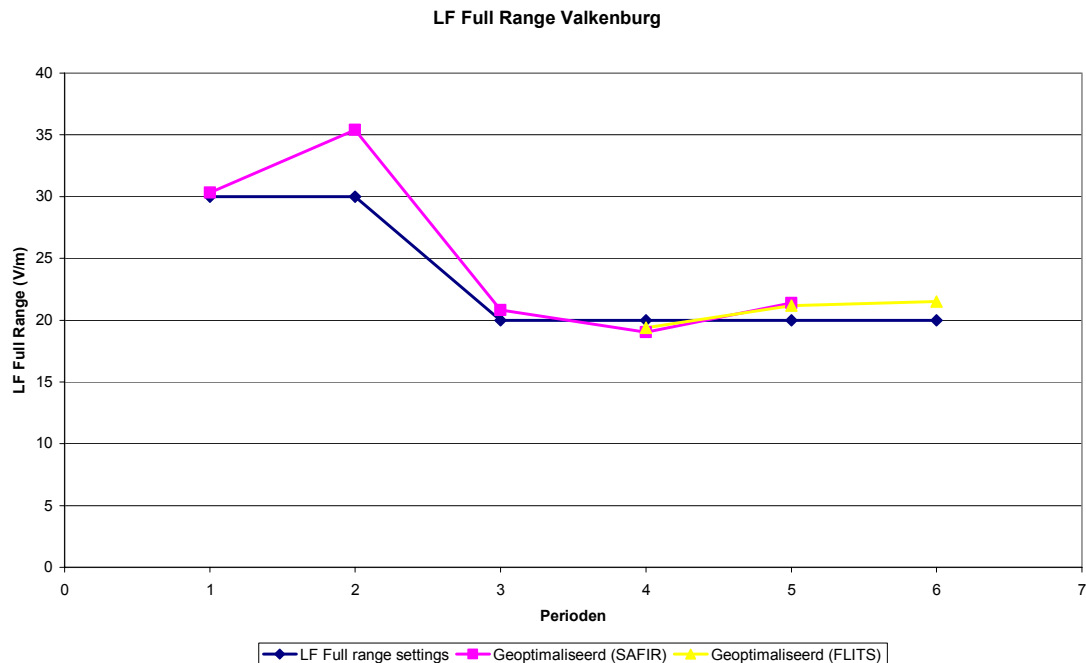
4.3 Nieuwe instellingen LF Full Range

De uitkomsten van de optimalisatie van de LF Full Range hebben geleid tot het vaststellen van nieuwe instellingen voor het processen van de data over de verschillende periodes. De nieuwe instellingen zijn afgerond op veelvouden van 5 (zie Tabel 4-5). Omdat rond het optimale punt de verschillen vrij klein zijn, kan deze afronding als een goede benadering van het optimale punt beschouwd worden.

Tabel 4-5 Nieuwe instellingen LF Full Range per station per periode

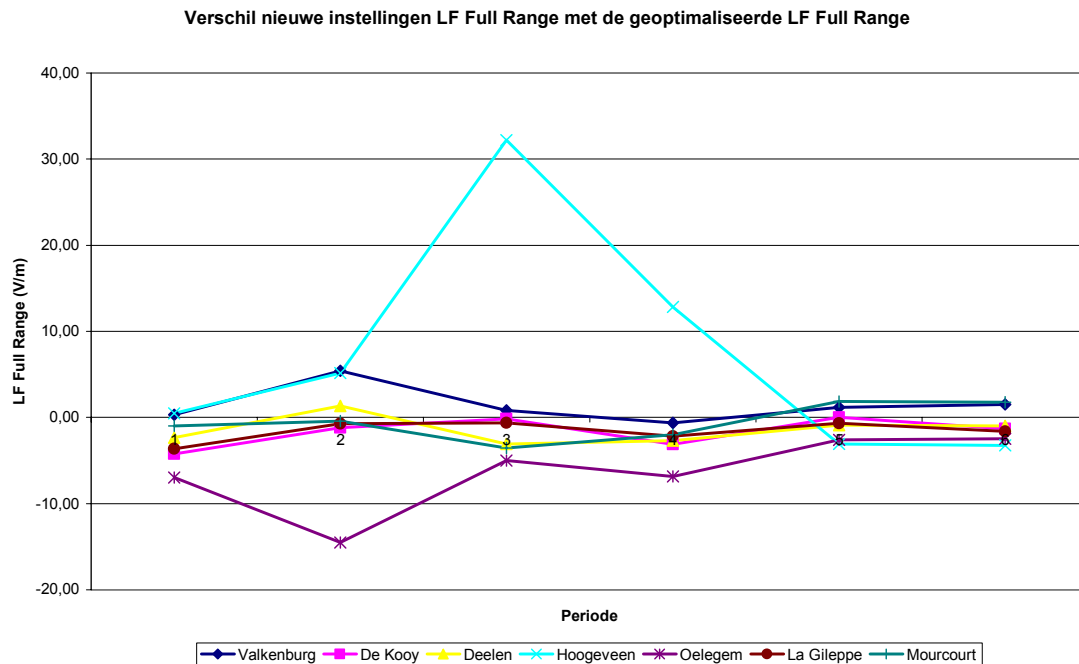
Periode	1	2	3	4	5	6
Valkenburg	30	30	20	20	20	20
De Kooy	30	30	20	20	20	20
Deelen	30	30	20	20	20	20
Hoogeveen	30	30	30	30	20	20
Oelegem	20	30	30	30	30	30
La Gileppe	20	15	15	15	15	15
Mourcourt	20	10	10	10	10	10

In Figuur 4-2 staan voor het detectiestation Valkenburg zowel de geoptimaliseerde waarden voor de LF Full Range als de nieuwe instellingen uitgezet. De verschillen tussen de geoptimaliseerde waarden en de nieuwe instellingen zijn niet groot. Het grootste verschil is ongeveer 5 V/m in periode 2, in de overige periodes zijn de verschillen minder dan 2 V/m.



Figuur 4-2 Verschil tussen de geoptimaliseerde waarde en de nieuwe instelling van de LF Full Range voor het detectiestation Valkenburg.

Ook bij de andere stations zijn de verschillen tussen de geoptimaliseerde waarde en de nieuwe instellingen in de meeste gevallen erg klein (zie Figuur 4-3). Meestal is het verschil tussen de geoptimaliseerde waarde en de nieuwe instelling minder dan 2 V/m. Er zijn wel enkele uitschieters, waaronder Hoogeveen in periode 3 en 4, maar zoals in 4.2 al vermeld is was er in die periodes te weinig data voor het station waardoor de analyse geen betrouwbare resultaten opleverde. Oelegem heeft ook wat grotere verschillen tussen de geoptimaliseerde waarde en de nieuwe instellingen, echter de verschillen zijn niet extreem groot.



Figuur 4-3 Vershil tussen de geoptimaliseerde waarde en de nieuwe instelling van de LF Full Range voor alle detectiestations.

5 Validatie van bliksemdata

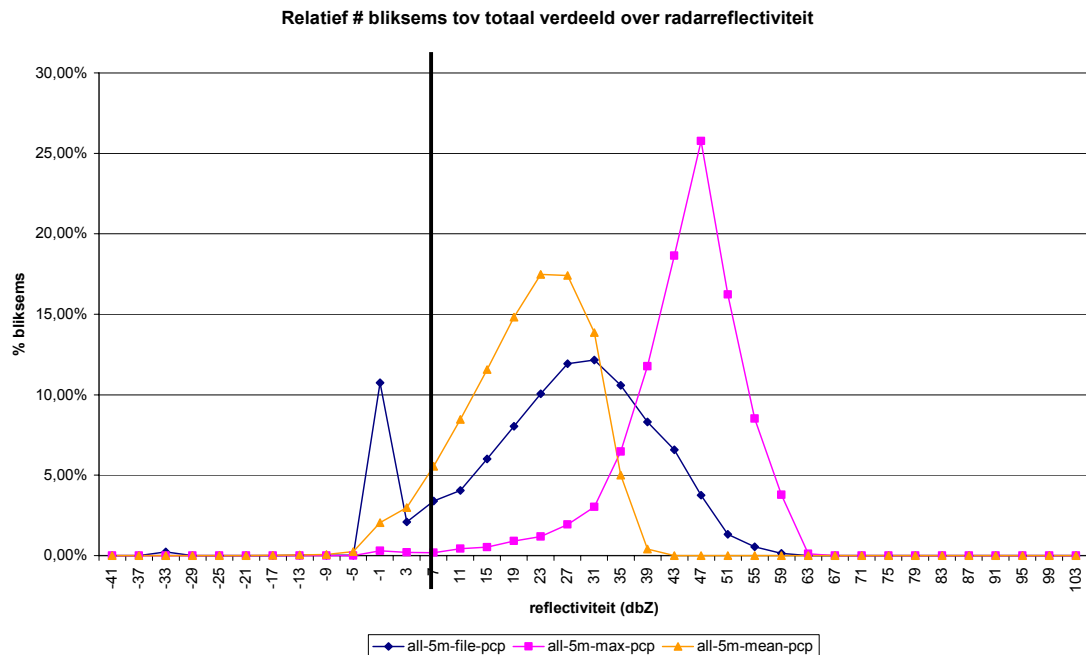
5.1 Inleiding validatie

De analyse van bliksemdata tegenover radardata is gedaan over het jaar 2004. Er is gekozen voor een maand met veel bliksems, om te voorkomen dat er scheve verhoudingen optreden als gevolg van relatief veel ontladingen in een bepaalde klasse (bijvoorbeeld valse ontladingen). Van een maand met veel onweerssituaties en veel ontladingen is de verwachting dat de verdeling realistischer (normaler) is dan bij een maand met weinig onweer. Omdat het meeste onweer plaatsvindt in de zomer is er dan ook gekozen voor een zomermaand. Hoewel juli 2004 van de zomermaanden de meeste ontladingen had is er toch gekozen voor augustus 2004, omdat augustus een wat gelijkmatiger verdeling had over de maand. Juli kende een enorme uitschieter op de 17e en verder veel meer 'onweersloze' dagen dan augustus. Hierbij moet er echter wel rekening mee worden gehouden dat augustus een zomermaand is waarbij de convector over het algemeen heviger is en de buien meer verticaal ontwikkeld zijn (en bijvoorbeeld dus hogere echotoppen hebben) dan in andere delen van het jaar. De verschillen tussen de verdelingen over de verschillende delen van het jaar zullen verderop in dit rapport nog uitvoeriger behandeld worden.

De gebruikte methoden bij de validatie van de bliksemdata en met name het vergelijken van de bliksemdata met de radardata zijn toegelicht in paragraaf 3.3.

5.1 Bepaling criteriumparameter en drempelwaarden

Als eerste zal er gekeken worden naar welke parameter het beste als criterium gebruikt kan worden in de verdere loop van dit onderzoek. De parameters welke beschouwd worden zijn de pixelwaarde, het maximum en het gemiddelde over een vooraf bepaald gebied. De pixelwaarde is hierbij de waarde van de reflectiviteit van de radar op dezelfde plek (pixel) als een ontlading. Het maximum is de maximale waarde van de reflectiviteit van de radar in een vooraf bepaald gebied rondom de radarpixel en het gemiddelde is de gemiddelde waarde van de reflectiviteit van de radar in een vooraf bepaald gebied rondom de radarpixel. In Figuur 5-1 volgt een verdeling van het relatief aantal bliksems over de reflectiviteitsklassen. Hierbij is gebruik gemaakt van 5 minuten bliksemaccumulaties en 15 minuten radardata en is er geen onderscheid gemaakt tussen wolkontladingen (CC bliksems) en grondontladingen (CG bliksems). Verder is hierbij gekeken tot een afstand van ca 10 km rondom de radarpixel om de maximum en de gemiddelde reflectiviteit te bepalen.



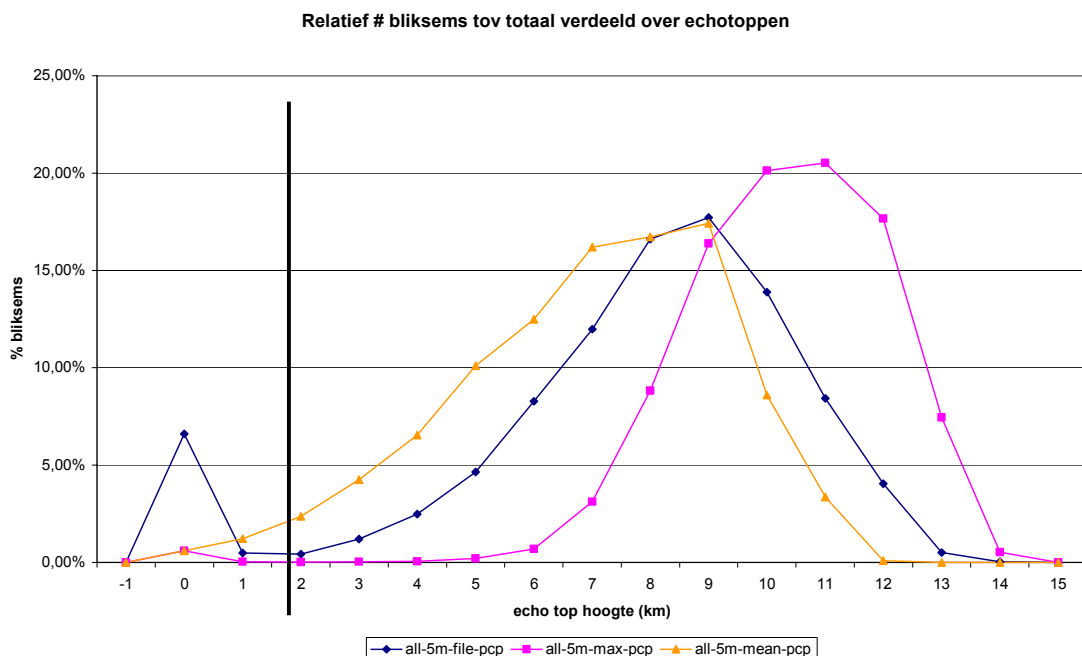
Figuur 5-1 Verdeling relatief aantal bliksems in % voor pixelwaarde, maximum en gemiddelde over reflectiviteitsklassen voor augustus 2004; zwarte verticale lijn: voorgestelde drempelwaarde van de criteriumparameter

Als er gekeken wordt naar de verdeling van het aantal bliksems over de reflectiviteitsklassen van de radar voor de gehele maand augustus dan valt op dat er in de pixelwaarden (dwz de radarwaarde die bij een bliksempixel hoort) twee pieken voorkomen. De eerste piek ligt op -1 tot 3 dbZ en de tweede rond 31-35 dbZ. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat bij de verwerking van de radardata alle dbZ waarden kleiner dan -1,5 op -1,5 worden gesteld. De eerste piek is waarschijnlijk dan een opsomming van alles wat links van de piek zou liggen als de voornoemde 'correctie' niet toegepast zou zijn.

De grafieken van het maximum en het gemiddelde (beiden over een vooraf bepaald gebied om de pixel heen, waarbij de pixel zelf ook 'meegenomen' wordt) hebben beiden maar één piek. De pieken van de grafieken liggen echter wel verschillend, die van het gemiddelde ligt bij lagere dbZ waarden dan die van het maximum. Dit is ook wel aannemelijk, omdat er bij het gemiddelde over het gehele gebied gemiddeld wordt, pixels met lage of geen reflectiviteit dragen ook bij aan het gemiddelde, en dat haalt natuurlijk het gemiddelde naar beneden. Een opmerkelijke karakteristiek van de maximumgrafiek is de lange aanlooptijd voordat de piek begint, blijkbaar zijn er dus relatief weinig bliksems waarbij de maximale radarreflectiviteit in een omringend gebied laag is. Deze lange aanlooptijd met daarna een snelle stijging maakt het maximum wel tot een goed criterium voor de validatie van bliksems. Er zit door die lange aanlooptijd en die snelle stijging als het ware een omslagpunt in de grafiek. Ook is uit de grafiek op te maken dat de meeste bliksems optreden in de buurt van actieve neerslag(kernen), gezien het feit dat deze piek in de hogere dbZ waarden ligt. Hoge dbZ waarden (neerslagintensiteiten) betekenen dat de neerslagdeeltjes groter zijn, en dat wijst op hoge stijgsnelheden in de atmosfeer, en dit wijst op sterkere convectie. Ook leiden hogere stijgsnelheden tot een grotere verticale

ontwikkeling van een buienwolk en tot sterkere ladingsscheiding. In dit opzicht is er ook een fysische basis om de maximum reflectiviteit als parameter te beschouwen en als criterium te gebruiken. De maximum reflectiviteit kan dan gezien worden als een mate voor de sterkte van een bui.

Omdat bliksems in of onder de gehele bui kunnen voorkomen (bijvoorbeeld wolk-grond ontladingen vanuit het aambeeld van een bui) en vaak ook (juist) niet in de kern met de hevigste neerslag plaats vinden (zie ook Figuur 5-1), is de pixelwaarde op zichzelf daarom ook niet zo'n goede indicator. Ruimtelijk gezien is een enkele pixel (van 2,4 bij 2,4 km) ook te beperkt. Onder een aambeeld van een bui hoeft er geen neerslag op te treden, maar er kunnen wel bliksems voorkomen. Er zal echter in de nabijheid van een bliksem wel ergens neerslag optreden in een bijbehorende bui. Een 'kern' met hoge radarreflectiviteit kan wel opgepikt worden binnen een bepaalde afstand van de bliksem als de maximum waarde gebruikt wordt. Vanwege het goede onderscheidend vermogen zoals getoond in Figuur 5-1 en de betere relatie met onweersbuien (zowel in ruimtelijk als in fysisch opzicht) is de maximum pixelwaarde in een bepaald gebied om de bliksem een bruikbaar criterium om onderscheid te maken tussen goede en valse ontladingen. Gezien de lange aanlooptijd van de grafiek van de maximum pixelwaarde (de gekozen parameter) kan de drempelwaarde in een ruim gebied gekozen worden, zonder dat een significant aantal bliksems afgewezen zou worden. Echter als de drempelwaarde te hoog wordt gelegd dan kunnen er onterecht bliksems worden afgewezen die bij lagere neerslagintensiteit optreden (bijvoorbeeld in een zwakke bui in de winter of in een uitdovende bui). Daarom is er gekozen voor een drempelwaarde van 7 dbZ, welke in Figuur 5-1 is aangegeven met een zwarte verticale lijn. Bij een drempelwaarde van 7 dbZ voor de maximum pixelwaarde wordt 0,49 % van de ontladingen in augustus 2004 afgewezen.



Figuur 5-2 Verdeling relatief aantal bliksems in % voor pixelwaarde, maximum en gemiddelde, over echotoppen voor augustus 2004; zwarte verticale lijn: voorgestelde drempelwaarde van de criteriumparameter

In Figuur 5-2 is een verdeling van het relatief aantal bliksems over de echo top hoogten weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van 5 minuten bliksemaccumulaties en 15 minuten radardata en is er geen onderscheid gemaakt tussen wolkontladingen (CC bliksems) en grondontladingen (CG bliksems). Verder is hierbij gekeken tot een afstand van ca 10 km rondom de radarpixel om de maximum en de gemiddelde echo top hoogte te bepalen. De piek van de maximale pixelwaarde ligt ook bij de echotoppen naar hogere waarden verschoven ten opzichte van de andere twee pieken en de maximale pixelwaarde kent ook weer een lange aanlooptijd. Er is echter wel een klein piekje bij een echotop hoogte van 0-1 km te zien, dit zijn waarschijnlijk valse ontladingen. Immers een ontlading die optreedt in een groot gebied waarbij de maximum echotop waarde 0-1 is, treedt op in een gebied zonder bewolking die significant/dik genoeg is.

Ook voor de echo top hoogte geldt dat vanwege het goede onderscheidend vermogen zoals getoond in Figuur 5-2 en de betere relatie met onweersbuien (zowel in ruimtelijk als in fysisch opzicht) de maximum pixelwaarde in een bepaald gebied om de bliksem een bruikbaar criterium is om onderscheid te maken tussen goede en valse ontladingen.

Gezien de lange aanlooptijd van de grafiek van de maximum pixelwaarde (de gekozen parameter) kan de drempelwaarde in een ruim gebied gekozen worden, zonder dat een significant aantal bliksems afgewezen zou worden. Echter als de drempelwaarde te hoog wordt gelegd dan kunnen er onterecht bliksems worden afgewezen die bij lagere bewolking (echotoppen) optreden. Daarom is er gekozen voor een drempelwaarde van 2 kilometer, welke in Figuur 5-2 is aangegeven met een zwarte verticale lijn. Bij een drempelwaarde van 2 kilometer voor de maximum pixelwaarde wordt 0,60 % van de ontladingen in augustus 2004 afgewezen.

Bij de echo top hoogten worden eigenlijk twee criteria gebruikt, want bij het bepalen van de echo top hoogte wordt de reflectiviteit al meegenomen als criterium. De echotop is namelijk de grootste hoogte waarop nog een neerslagintensiteit overeenkomend met 0,1 mm/h (7 dbZ) voorkomt. Hieruit is dus de maximale hoogte van een bui te bepalen en kunnen bijvoorbeeld ook aambeelden van buienwolken gezien worden. Ook neerslag die door verdamping de grond niet bereikt kan wel worden opgepikt met het echotoppen product.

5.2 Bepaling van de gebiedsgrootte voor validatie

Van belang voor de gebiedsgrootte is de offset: tot welke afstand (offset) mag er nog gekeken worden vanaf een bliksem. Een kleine offset houdt in dat er over een klein gebied gekeken wordt, met het risico dat eventuele bijbehorende buien gemist worden omdat de afstand tussen de bui en de bliksem groter is dan de offset. Bij een grote offset is er echter het risico dat het gebied zo groot wordt dat de afstand tussen een bui en de te beoordelen ontlading te groot wordt of dat er meerdere buien in het gebied voorkomen. Dit kan er toe leiden dat een bliksem foutief met een bui geassocieerd wordt of niet met de juiste bui geassocieerd wordt.

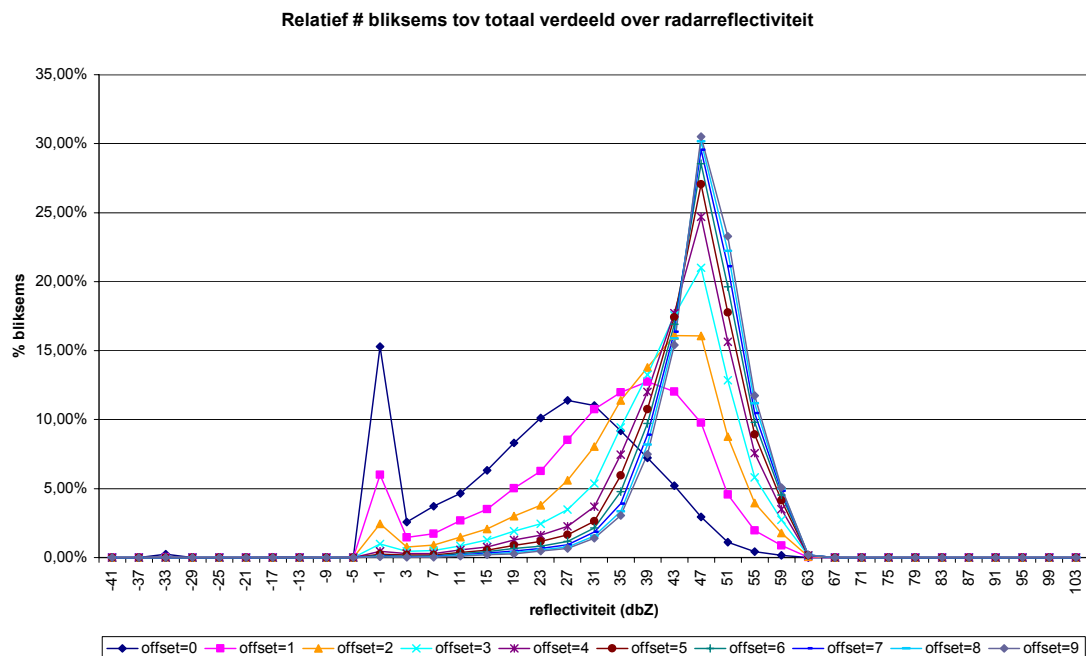
Tabel 5-1 Oppervlakte en afstand van centrale pixel bij verschillende offsets

offset (#pixels)	oppervlakte (#pixels)	afstand* (km)	breedte gebied (km)	oppervlakte (km ²)
0	1	0,0	2,4	5,8
1	9	2,4	7,2	51,8
2	25	4,8	12,0	144,0
3	49	7,2	16,8	282,2
4	81	9,6	21,6	466,6
5	121	12,0	26,4	697,0
6	169	14,4	31,2	973,4
7	225	16,8	36,0	1296,0
8	289	19,2	40,8	1664,6
9	361	21,6	45,6	2079,4

*) afstand vanaf centrale pixel

In Tabel 1 is een de afstand vanaf de centrale pixel en de oppervlakte van het gebied wat gebruikt wordt gegeven voor enkele offsets. Een offset van 5 pixels komt qua afstand het beste overeen met de afstand die de Klimatologische Dienst op dit moment gebruikt bij het valideren (zie Hoofdstuk 3). Op grond van kenmerken van de verspreiding van bliksems bij buien is een afstand van 10-15 km ook geschikt.

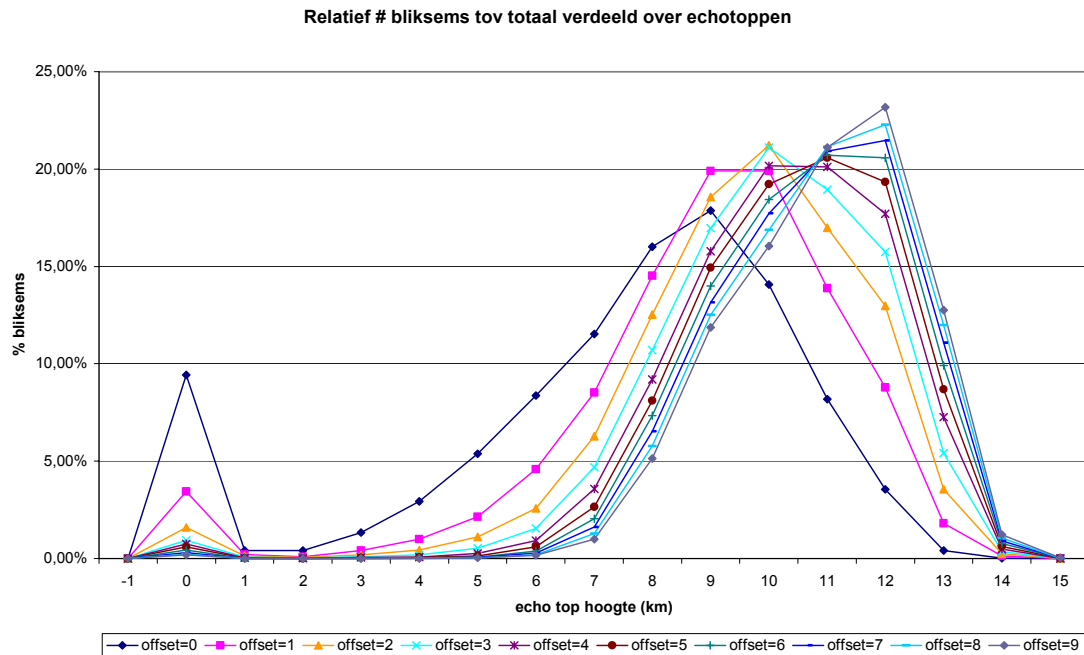
In Figuur 5-3 is voor de verschillende offsets de verdeling van het percentage ontladingen van het totaal per maximum waarde van de reflectiviteit (maximum pixelwaarde) in het door de offset bepaalde gebied te zien:



Figuur 5-3 Verdeling relatief aantal bliksems in % voor verschillende offsets, over maximum reflectiviteitsklasse voor augustus 2004

De verdeling van het aantal bliksems over de reflectiviteitsklassen versmalt zich naarmate de offset groter wordt. Dit effect is het sterkst te zien bij lage offset waarden,

vanaf een offset van 4 pixels zijn de verschuivingen niet groot meer. Blijkbaar komt het overgrote deel van de bliksems binnen een afstand van 10 km van een bui voor en maakt een grotere afstand dan niet meer uit omdat de bui zich dan al bevindt in het gebied waarover gekeken wordt.



Figuur 5-4 Verdeling relatief aantal bliksems in % voor verschillende offsets, over maximum echotoppen voor augustus 2004

Bij de echotoppen zijn de verschillen wat kleiner, alleen de offsets van 0 en 1 vallen eigenlijk buiten de andere offsets. Er zijn wel 2 pieken zichtbaar in Figuur 5-4, eentje van de lagere offsets (3 en lager, de piek ligt rond 9 a 10 km) en de piek van de hogere offsets die wat meer naar rechts verschoven is (offsets van 4 en hoger, de piek ligt rond 11 a 12 km). Aangezien alleen de offsets van 0 en 1 buiten de andere offsets vallen, kan er bij de echotoppen een lagere offset gebruikt worden. Vanaf een offset van 3 zijn de verschuivingen ten opzichte van hogere offsets niet echt groot meer.

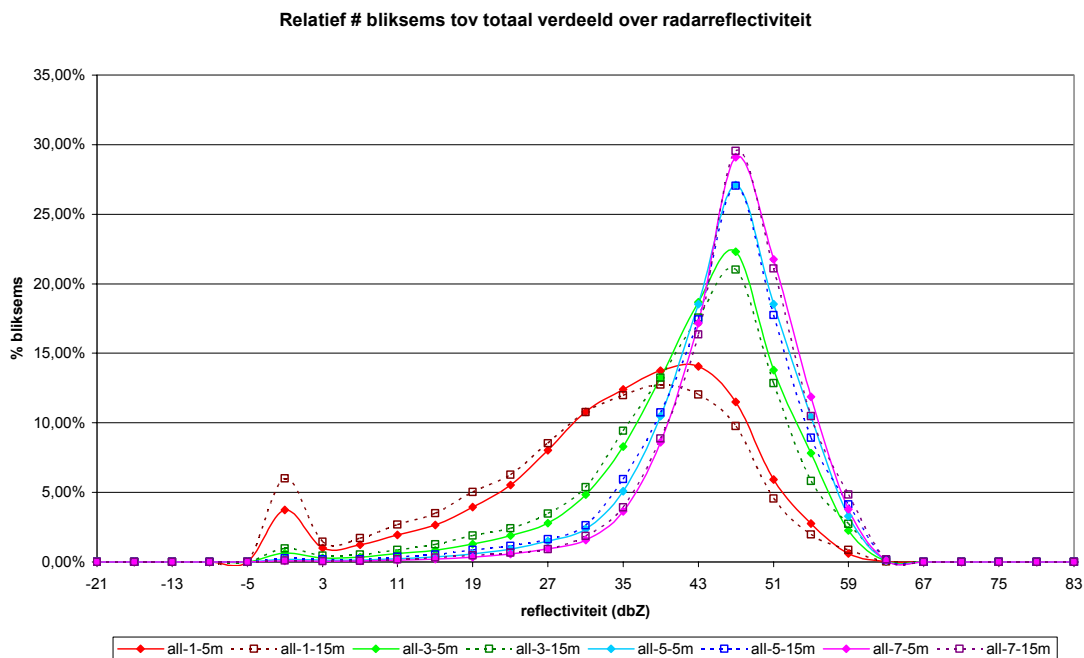
De stijgstroom bovenin een buienwolk spreidt zich rondom uit wanneer deze niet verder kan stijgen. Hierdoor heeft de buienwolk niet alleen hoge toppen in de directe nabijheid van de updraft, maar ook wat verder van de updraft af. Zo ontstaat ook het kenmerkende aambeeld van een buienwolk. De hoogte van de echotoppen in het centrale deel van de bui varieert hierdoor minder sterk in de ruimte dan de neerslagintensiteit, wat het gebruik van een kleinere offset mogelijk maakt.

Het is dus verstandig om een niet te kleine offset te kiezen, omdat er dan een te klein gebied wordt beschouwd. Echter een te grote offset heeft ook nadelen omdat het dan mogelijk is dat buien op grotere afstand 'ingevangen' kunnen worden in het gebied dat bekeken wordt. Die bui hoeft niet gerelateerd te zijn aan de bliksem die beschouwd wordt. Een offset van 4 of 5 pixels volstaat prima, de afstand is dan groot genoeg om een bui te kunnen vinden, en klein genoeg om te voorkomen dat een bui die te ver weg ligt

meegenomen wordt. Voor de echotoppen zou nog een kleinere offset gebruikt kunnen worden, een offset van 3 pixels bijvoorbeeld kan volstaan.

5.3 Vergelijking 15 minuten data met 5 minuten data

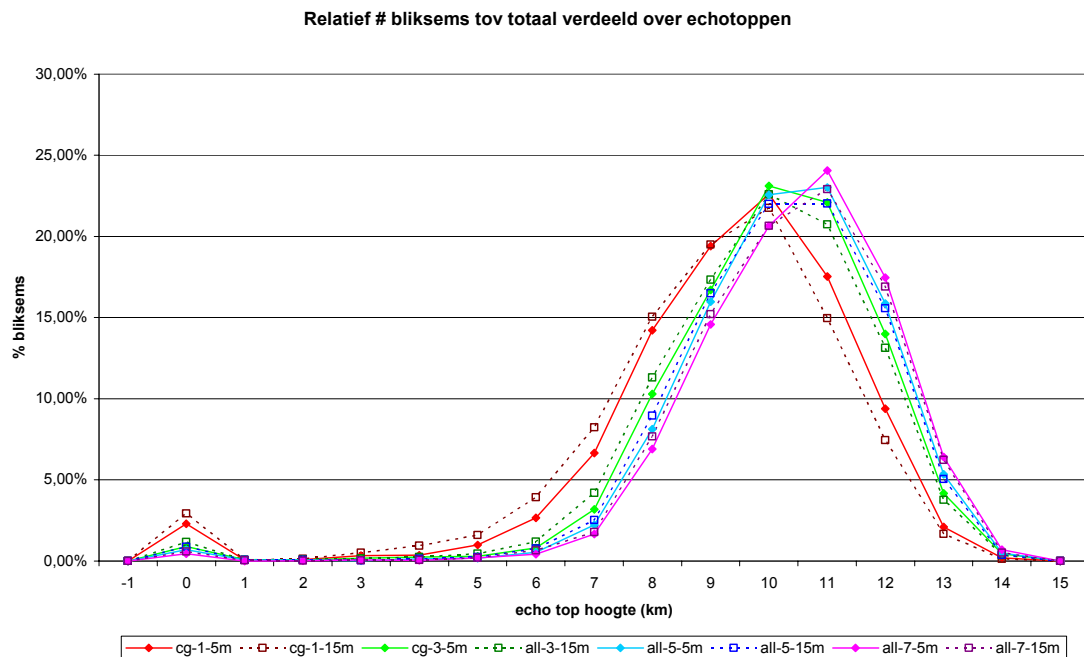
Bij het vergelijken van 15 minuten data met 5 minuten data is er gekeken naar de verschillen van het aantal bliksems per radarintensiteitsklasse. De verwachting is dat bij de 15 minuten data de verplaatsing van de buien meer een rol gaat spelen en dat hierdoor er meer ‘misplaatste’ ontladingen zijn. Dit omdat de bliksemdata een accumulatie over 15 minuten is en de radardata een enkele scan is. In het geval van snel trekkende buien kan de bui binnen 15 minuten alweer kilometers verderop zijn, waardoor bliksems van het begin van de periode niet bij het radarbeeld van het einde van de periode passen. Eventuele verschillen tussen 5 en 15 min data zijn moeilijker aan te tonen met de maximum pixelwaarde, door de offset worden de verschillen genivelleerd. Immers als er naar een gebied rondom de pixel wordt gekeken, dan is de kans groot om dan wel die bui te vinden, zeker bij grotere offsets. Daarom is er bij het vergelijken van 15 minuten data met 5 minuten data gebruik gemaakt van de pixelwaarde. Omdat de offset van belang is voor de mate van nivellering van de verschillen, is er voor het verschil tussen 5 en 15 minuten data gekeken naar hoe deze varieert bij verschillende offsets. Er wordt verwacht dat vanwege de nivellering verschuivingseffecten minder aanwezig zullen zijn bij hogere offsets. Deze verschuivingseffecten zijn te zien in onderstaande grafieken:



Figuur 5-5 5 en 15 minuten data per reflectiviteitsklasse voor alle ontladingen bij verschillende offsets

Bij de offset van 1 is in Figuur 5-5 duidelijk te zien dat er verschillen zijn tussen de 5 en 15 minuten data. Zo heeft de 15 min data relatief meer ontladingen in de lagere dbZ

waarden, vooral tussen -1 en -3 dBZ, en minder ontladingen in de hogere dBZ waarden. De verplaatsing van de buien ligt hieraan ten grondslag. De oudste ontladingen liggen verder weg van de het actieve deel van de bui met de neerslagkern, waardoor de reflectiviteitswaarden bij die ontladingen lager zijn. Als de offset groter wordt gemaakt worden de verschuivingen steeds kleiner, bij een offset van 7 is er nauwelijks verschil te zien. De verschuivingen zijn voor een groot deel genivelleerd door het grotere gebied waarin wordt gekeken.

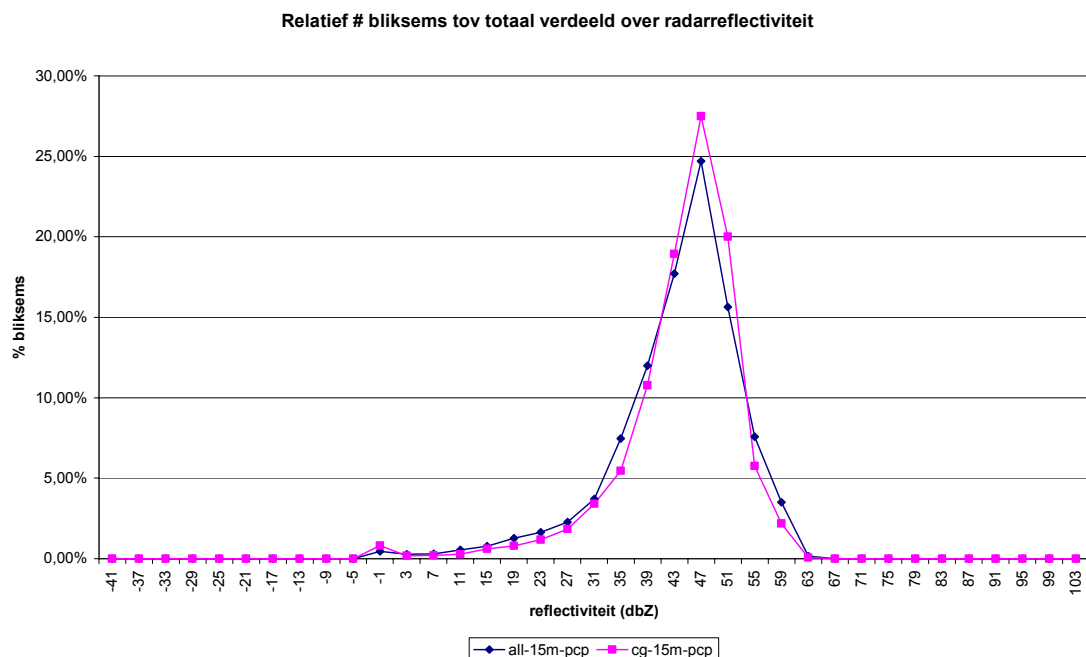


Figuur 5-6 5 en 15 minuten data per echotoppen hoogte klasse voor alle ontladingen bij verschillende offsets

Bij de echotoppen in Figuur 5-6 zijn de verschillen tussen 5 en 15 min bliksemdata kleiner dan bij de reflectiviteit, ook bij een offset van 1 zijn de verschillen al behoorlijk klein. Dit komt waarschijnlijk doordat in een bui de echotoppen minder variëren dan de neerslagintensiteit. Dit geldt voornamelijk voor de actieve kern van de bui, hierbij is een grote gradiënt in reflectiviteit (neerslag intensiteit) vanuit de neerslagkern. Echter de updrafts van de bui hebben voor een groter gebied met hoge echotoppen gezorgd (rondom de neerslagkern). Een gradiënt in de hoogte van de echotoppen bevindt zich dan ook meer aan de randen van de bui in plaats van bij de kern. De verwachte verschuivingen tussen 5 en 15 minuten data zijn opgetreden, echter deze verschuivingen zijn klein. Ook kunnen de verschuivingen gemakkelijk genivelleerd worden door een grotere offset te kiezen.

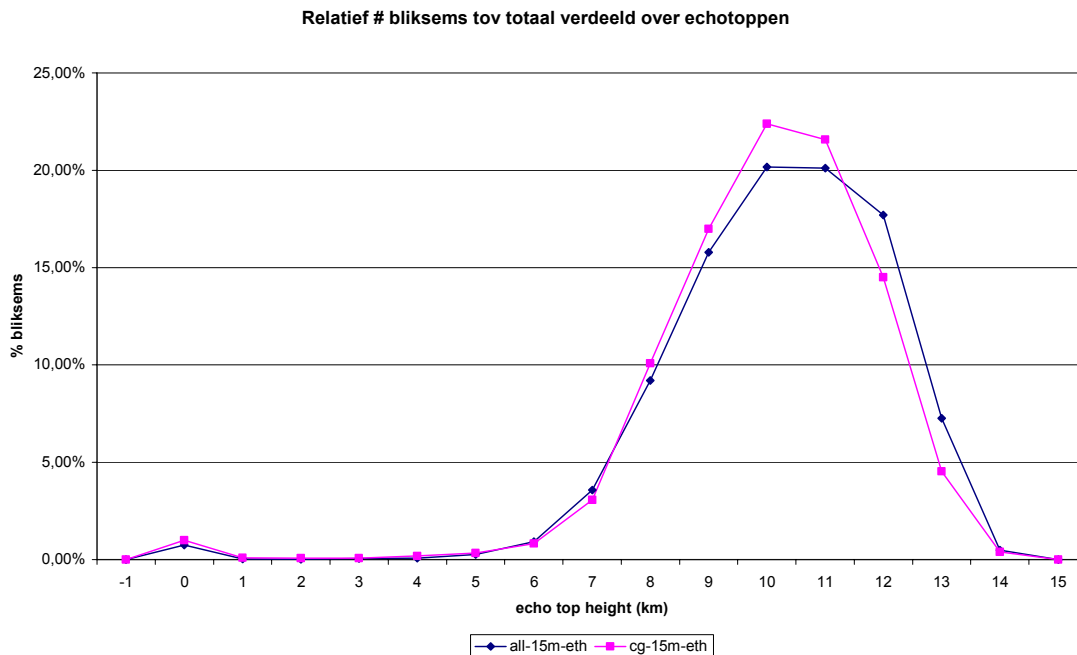
5.4 Vergelijking CG's met alle ontladingen

Voor het vergelijken van de CG's met alle ontladingen, zowel voor reflectiviteit als voor echotoppen is gebruik gemaakt van 15 minuten radardata in combinatie met 5 minuten bliksemdata. Voor de 15 minuten radardata is gekozen omdat dan zowel data over de reflectiviteit en als data over de echotoppen beschikbaar was. Er is gekozen voor 5 minuten bliksemdata omdat dan de oudste ontladingen niet ouder zijn dan 5 minuten en dan veel beter bij de radar passen. Zo wordt onder andere de invloed van snel trekkende buien verminderd.



Figuur 5-7 Verdeling relatief aantal bliksems in % voor alle bliksems en inslagen, over maximum reflectiviteitsklasse voor augustus 2004

In Figuur 5-7 zijn de relatieve aandelen van de dbZ-klassen ten opzichte van het totaal voor zowel alle ontladingen als de CG's weergegeven. Het aandeel van de CG's in alle ontladingen blijkt een beetje over de dbZ-klassen te variëren, maar ligt over het algemeen rond 10%. Er zijn geen extreem grote verschillen te zien in de verdelingen, de verschillen zijn in de ordegrrootte van enkele procenten. De grafiek van de CG's is wel wat spitser van vorm, wat er op duidt dat de spreiding over de dbZ-klassen iets minder groot is bij de CG's. Ze komen relatief minder voor in de buurt van lage dbZ-waarden en bij zeer hoge dbZ-waarden.



Figuur 5-8 Verdeling relatief aantal bliksems in % voor alle bliksems en de inslagen, over maximum echotoppen voor augustus 2004

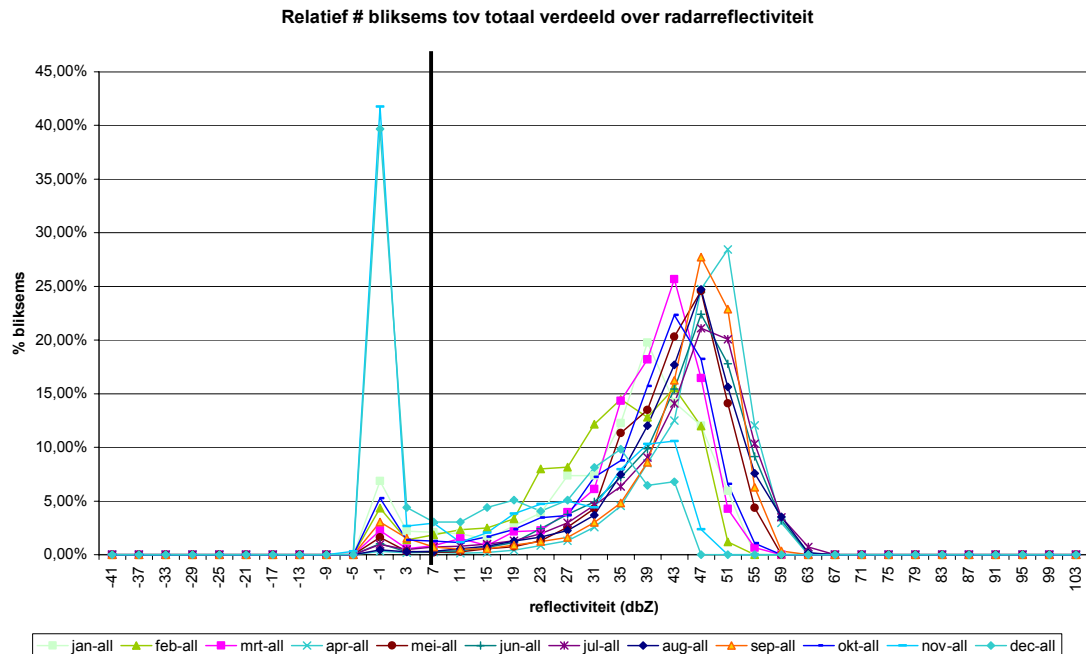
Het aandeel van de CG's van het totaal over de verschillende echotopklassen ligt evenals bij de reflectiviteit gemiddeld rond de 10%. Als in Figuur 5-8 naar het relatieve aandeel gekeken wordt dan valt op dat de piek van de CG's wat spitser is en ook nog iets verschoven naar links. Dat wijst erop dat CG's minder voorkomen in de buurt van (zeer) hoge echotoppen. Een mogelijke verklaring is dat bij de hogere buien de ladingscentra hoger zitten en wolkontladingen dan meer voorkomen dan CG's. De verschillen zijn echter niet al te groot, in de ordegrrootte van enkele procenten.

5.5 Vergelijking over het jaar

In de voorgaande paragrafen is bliksemdata en radardata van de maand augustus bekeken. Deze maand was gekozen vanwege het hoge aantal geregistreerde bliksems. De verwachting was dat bij een hoger aantal bliksems de verdeling realistischer is. Echter augustus is een zomermaand, waarin de convectie doorgaans heviger is dan in andere seizoenen. De buien zullen doorgaans beter ontwikkeld zijn met hogere echo toppen en een hogere neerslagintensiteiten. Buiten het zomerseizoen treden er ook onweersbuien op, maar die zijn over het algemeen minder sterk ontwikkeld. Het is daarom van belang om augustus 2004 in perspectief te zetten met de rest van het jaar. Zo kan er beter geoordeeld worden over drempelwaarden die in de validatie toegepast kunnen worden.

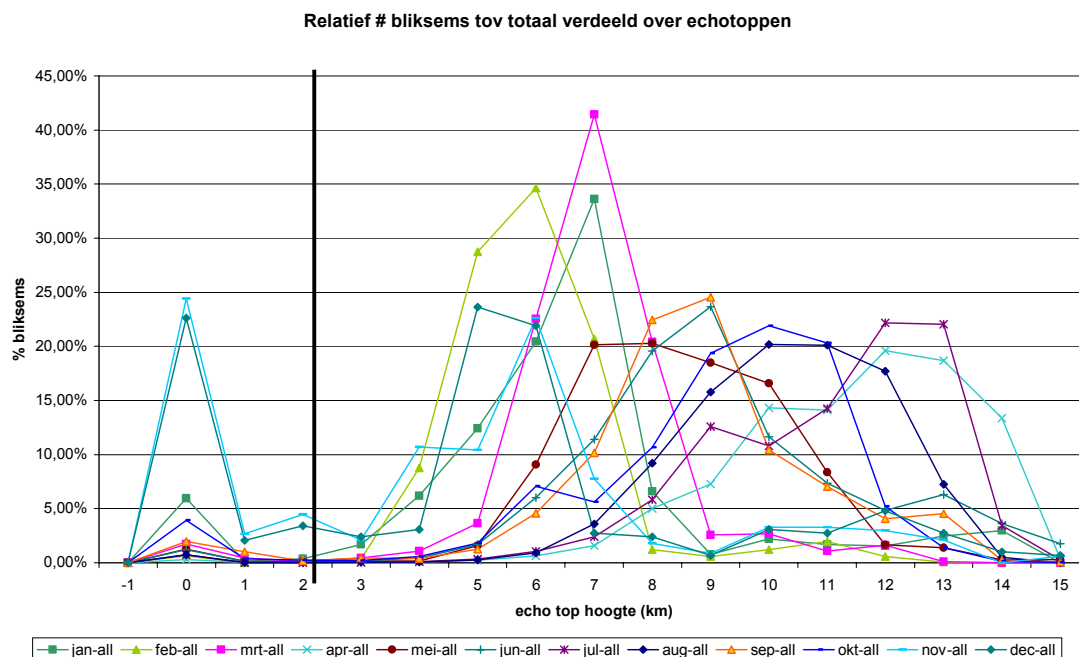
In Figuur 5-9 volgt een verdeling van het relatief aantal bliksems over de reflectiviteitsklassen voor de verschillende maanden van het jaar 2004. Hierbij is gebruik

gemaakt van 5 minuten bliksemaccumulaties en 15 minuten radardata en is er geen onderscheid gemaakt tussen wolkontladingen (CC bliksems) en grondontladingen (CG bliksems). Verder is hierbij gekeken tot een afstand van ca 10 km rondom de radarpixel om de maximum en de gemiddelde reflectiviteit te bepalen.



Figuur 5-9 Verdeling relatief aantal bliksems in % voor de verschillende maanden van 2004, over maximum reflectiviteitsklasse; zwarte verticale lijn: voorgestelde drempelwaarde van de criteriumparameter

Bij de verdeling van de maximum reflectiviteit zijn er geen extreme verschillen te zien, behalve de piek van november en december bij -1 tot 3 dbZ. Deze piek is het gevolg van een groot aantal 'valse' ontelingen. De gevolgen van die piek zijn ook verderop in de grafiek terug te vinden. Het aantal ontelingen in het tweede deel van de grafiek is bij deze maanden beduidend lager dan die van andere maanden. Ook januari en februari kennen een wat lagere piek in het tweede deel van de grafiek. Deze maanden kennen daarentegen een wat hoger aandeel ontelingen bij lagere dbZ waarden. De overige maanden pieken allemaal wel sterk bij hogere dbZ waarden. Tussen deze maanden onderling zijn kleine verschuivingen van de piek naar hogere of lagere dbZ waarden. Echter het algehele beeld is wel duidelijk, de piek in de grafiek bevindt zich bij de hogere dbZ waarden en er is een lange aanloop bij de lagere dbZ waarden. De verschillen bij de lagere dbZ waarden zijn gering en hierdoor is het eenvoudig om een drempelwaarde te bepalen. Een drempelwaarde van 7 dbZ is zeer geschikt, deze ligt net achter de piek bij de lage dbZ waarden (-1 tot 3 dbZ).



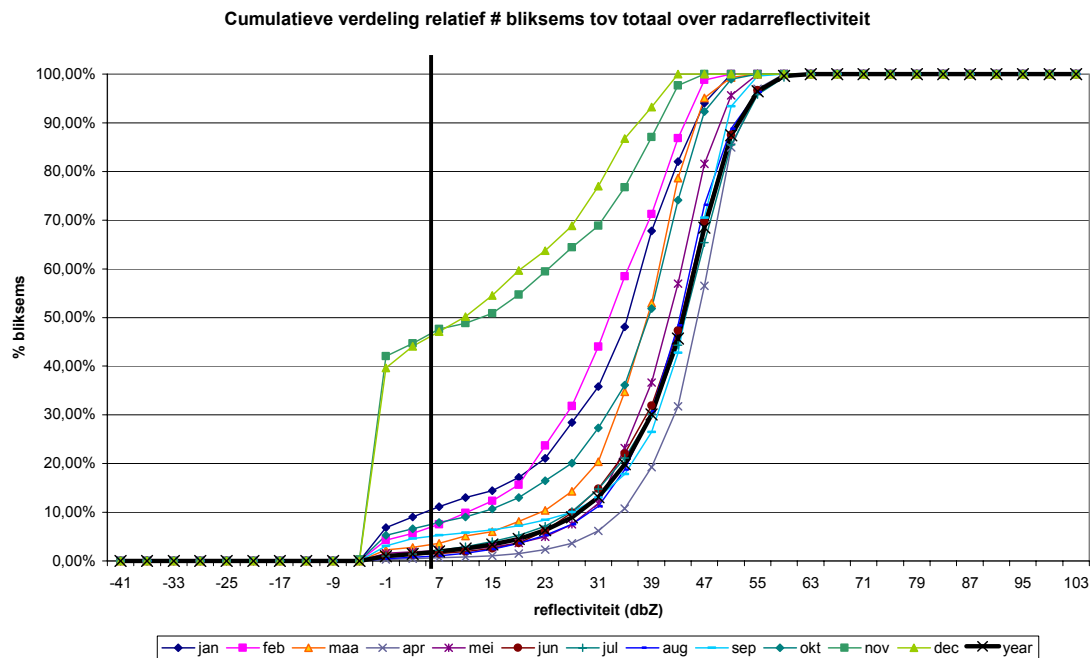
Figuur 5-10 Verdeling relatief aantal bliksems in % voor de verschillende maanden van 2004, over maximum echo top hoogte; zwarte verticale lijn: voorgestelde drempelwaarde van de criteriumparameter

In Figuur 5-10 is een verdeling van het relatief aantal bliksems over de echo top hoogten weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van 5 minuten bliksemaccumulaties en 15 minuten radardata en is er geen onderscheid gemaakt tussen wolkontladingen (CC bliksems) en grondontladingen (CG bliksems). Verder is hierbij gekeken tot een afstand van ca 10 km rondom de radarpixel om de maximum en de gemiddelde echo top hoogte te bepalen. De verdeling van het percentage bliksems over de echotoppen in Figuur 5-10 is niet zo eenduidig als de verdeling van het percentage bliksems over de reflectiviteit. De pieken van de diverse maanden zijn zowel smal als breed en liggen zowel bij hoge als bij lage echotoppen. Er is een verdeling over de seizoenen te zien, de maanden in de winter en de lente hebben smalle pieken, terwijl de zomermaanden brede pieken hebben. Er zijn twee maanden met een opvallend hoge piek bij echotoppen van 0 tot 1 km, dit zijn november en december. Gezien de beperkte hoogte van de echotoppen wijst dit op ‘valse’ ontladingen. April, mei en oktober kennen brede pieken, deze maanden hadden ook een of enkele dagen met zomers aandoende onweersbuien. Wat wel een overeenkomst is bij alle maanden is dat er relatief weinig bliksems voorkomen bij echotoppen tussen 1 en 3 kilometer, pas vanaf echotoppen van 4 kilometer neemt het aantal bliksems flink toe. Een drempelwaarde is dan gemakkelijk te bepalen, door deze op 2 kilometer te zetten.

5.6 Resultaten validatie

Nadat de criteriumparameters vastgesteld zijn is het ook van belang om te kijken naar wat de resultaten zijn bij de validatie. Hoeveel van de geregistreerde ontladingen worden er 'afgekeurd' en verschilt dit in verschillende perioden van het jaar. Bij het bespreken van de verdelingen over het jaar 2004 moet echter wel vermeld worden dat de maanden april en oktober in 2004 veel bliksemactiviteit lieten zien voor de tijd van het jaar en dat deze bliksemactiviteit voor het merendeel op conto kwam van enkele dagen.

In Figuur 5-11 is voor de verschillende maanden van 2004 en voor het jaar 2004 als geheel de cumulatieve verdeling van het relatief aantal bliksems ten opzichte van het totaal weergegeven. Ook is de drempelwaarde van de criteriumparameter weergegeven



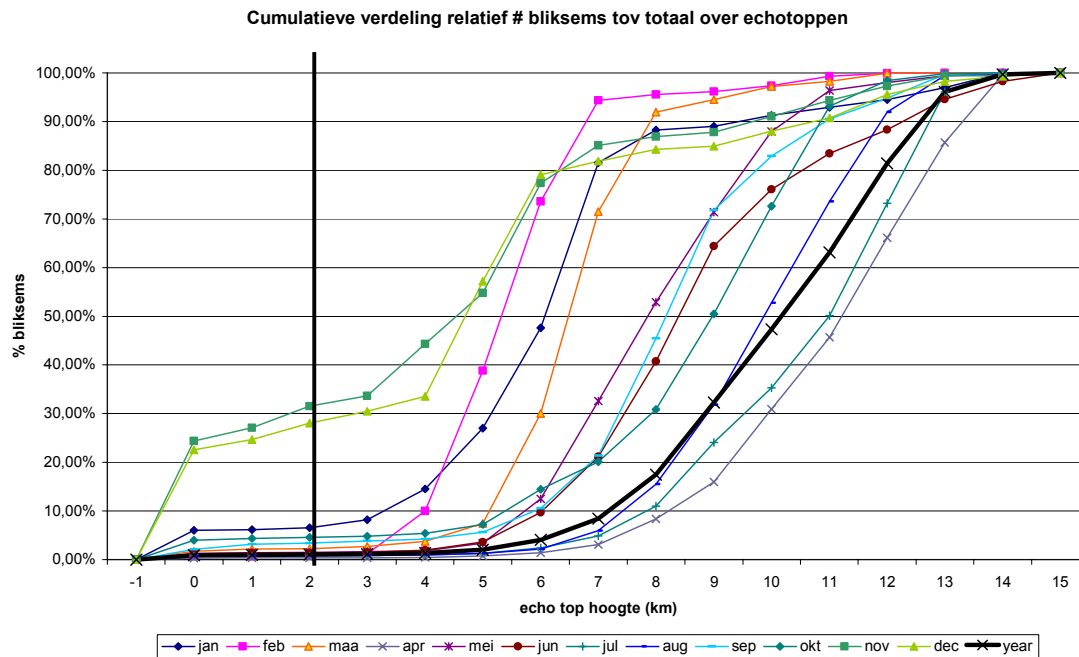
Figuur 5-11 Cumulatieve verdeling relatief aantal bliksems ten opzichte van het totaal over radarreflectiviteit voor de verschillende maanden van het jaar en voor het jaar als geheel (vette zwarte lijn); de verticale vette zwarte lijn is de voorgestelde drempelwaarde van de criteriumparameter

Het aandeel bliksems dat afgewezen wordt omdat de radarreflectiviteit onder de drempelwaarde ligt is af te lezen uit de grafiek door de cumulatieve waarde tot de drempelwaarde te nemen. Deze waarden lopen van iets boven 0% tot bijna 50%. De uitbijters met waarden dichtbij 50% zijn de maanden november en december, en hierbij valt op dat deze twee maanden de laagste totaal aantal bliksems hebben (zie Tabel 5-2). Bij de overige maanden ligt het aandeel bliksems dat afgewezen wordt onder de 10%, in het zomerhalfjaar (april t/m september) zelfs onder de 2%, uitgezonderd september. Over het gehele jaar gezien wordt 1,4% van de bliksems afgewezen. De grootste invloed komt hierbij van het zomerhalfjaar. In het zomerhalfjaar wordt 1,2% van alle dan optredende bliksems afgewezen, deze afgewezen bliksems maken dan weer 79,8% uit van het jaartotaal van afgewezen bliksems.

Hoewel het aandeel afgewezen bliksems in november en december opvallend hoog is, valt dit in het niet ten opzichte van wat er in over het zomerhalfjaar afgewezen wordt. Echter in vergelijking met andere maanden in het winterhalfjaar (bijvoorbeeld januari en februari) valt wel op dat het aantal afgewezen bliksems hoger is en het totaal aantal bliksems lager. Het grootste deel van de afgewezen bliksems heeft een reflectiviteit van -1 tot 3 dbZ en in vergelijking met januari en februari zijn er 2 tot 3 keer meer bliksems met een reflectiviteit van -1 tot 3 dbZ. Wat de precieze oorzaak is van deze verschillen kan het beste achterhaald worden door de bliksemdata van deze maanden nader te analyseren en te vergelijken met de radardata (onder andere ook de ruimtelijke verdelingen).

Tabel 5-2 Afgekeurde bliksems op basis van criteriumparameter reflectiviteit ≥ 7 dbZ

Maand	Totaal aantal pixels	Aantal pixels waarbij reflectiviteit < 7 dbZ	% Pixels waarbij reflectiviteit < 7 dbZ
januari	774	70	9,0%
februari	1250	71	5,7%
maart	935	26	2,8%
april	38355	182	0,5%
mei	5041	96	1,9%
juni	25870	329	1,3%
juli	131587	1917	1,5%
augustus	103961	761	0,7%
september	8367	383	4,6%
oktober	7260	480	6,6%
november	340	152	44,7%
december	295	130	44,1%
totaal 2004	324035	4597	1,4%



Figuur 5-1 2 Cumulatieve verdeling relatief aantal bliksems ten opzichte van het totaal over echo top hoogte voor de verschillende maanden van het jaar en voor het jaar als geheel (vette zwarte lijn); de verticale vette zwarte lijn is de voorgestelde drempelwaarde van de criteriumparameter

Kijkend naar het tweede criterium, de echo top hoogte, valt in Figuur 5-12 te zien dat weer de maanden november en december uitbijters zijn. Bij deze twee maanden wordt rond de 25 % van alle ontladingen afgewezen, terwijl dit bij de overige maanden tussen 0 % en 6 % ligt. In het zomerhalfjaar (uitgezonderd september) ligt het percentage afgewezen bliksems onder de 1,5% (zie Tabel 5-3). Over het hele jaar wordt 1 % van de bliksems afgewezen op grond van de echo top hoogte. Het aantal bliksems wat op grond van de echo top hoogte afgewezen wordt is kleiner dan het aantal wat op grond van de reflectiviteit afgewezen wordt. Er zijn blijkbaar dus bliksems waarbij de neerslagintensiteit lager dan 7 dbZ is maar waarbij de echo top hoogte groter dan 2 km is. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de neerslag tijdens het vallen door een drogere luchtlaag voor een deel verdampt, waardoor de neerslagintensiteit vermindert of dat de in de wolk de geproduceerde neerslag sowieso niet intens genoeg was.

Tabel 5-3 Afgekeurde bliksems op basis van criteriumparameter echo top hoogte ≥ 2 km

Maand	Totaal aantal pixels	Aantal pixels waarbij echo top hoogte < 2 km	% Pixels waarbij echo top hoogte < 2 km
januari	766	47	6,1%
februari	1215	8	0,7%
maart	930	20	2,2%
april	36695	130	0,4%
mei	5007	70	1,4%
juni	25739	345	1,3%
juli	125586	980	0,8%
augustus	99615	818	0,8%
september	7792	248	3,2%
oktober	6978	305	4,4%
november	336	91	27,1%
december	292	72	24,7%
totaal 2004	310951	3134	1,0%

5.7 Conclusies validatie

Vanwege het goede onderscheidend vermogen zoals getoond in Figuur 1 en een betere relatie met onweersbuien (zowel in ruimtelijk als in fysisch opzicht) is de maximum pixelwaarde in een bepaald gebied rond de bliksem een bruikbaar criterium om onderscheid te maken tussen goede en valse ontladingen. Hierbij bestrijkt het gebied waarin gekeken wordt een afstand tot ongeveer 10 km (4 pixels) rondom de bliksem. Voor de echo toppen kan ook nog een kleiner gebied beschouwd worden, waarbij de maximale afstand dan ongeveer 7 km (3 pixels) is.

Zowel de neerslagintensiteit als de echo toppen hoogte kunnen gebruikt worden bij de validatie van bliksems. Als drempelwaarde voor de neerslagintensiteit is een intensiteit 7 dbZ geschikt en als drempelwaarde voor de echo toppen hoogte is een hoogte van 2 km geschikt. Voor zowel de neerslagintensiteit als de echo toppen hoogte geldt hierbij dat de drempelwaarden hoog genoeg zijn om echt valse ontladingen eruit te filteren en laag genoeg om ook bij minder sterk ontwikkelde buien nog bruikbare resultaten te geven. De verdelingen van de verschillende type bliksems, CC's (wolkontladingen) en CG's (grondontladingen), over reflectiviteit en echo toppen hoogte verschillen weinig. De grafieken komen goed overeen, alleen zijn bij de CG's de verdelingen iets smaller dan bij de CC's.

Het vergelijken van bliksemaccumulaties over 5 en 15 minuten ten opzichte van radarbeelden met een tussenpauze van 15 minuten levert relatief gezien geen grote verschillen op tussen de beide bliksemaccumulaties. Door de gebiedsgrootte worden de verschillen genivelleerd, mits de bui zich gedurende de periode van 15 minuten in het te bekijken gebied bevindt.

Over het jaar gezien is er enige variatie in de verdelingen over de parameters. In het winterhalfjaar (oktober t/m maart) zijn de reflectiviteit en echo toppen hoogtes wat lager dan in het zomerhalfjaar. Deze variatie in reflectiviteit en echo toppen hoogte wordt wel ondervangen door de gestelde drempelwaarden van de parameters. De bliksemactiviteit is

in het winterhalfjaar ook veel lager dan in de zomermaanden, in het zomerhalfjaar komt het merendeel van de bliksems voor. Het zomerhalfjaar bepaalt hierdoor ook duidelijk de jaarverdeling van de bliksems.

Op basis van de gestelde drempelwaarden voor de parameters (7 dbZ als drempelwaarde voor de reflectiviteit en 2 km als drempelwaarde voor de echo top hoogten) is het aantal afgewezen bliksems vrij laag: gemiddeld is dit 1 a 1,5 %. In de zomermaanden worden er relatief weinig bliksems afgewezen, in de wintermaanden meer. De absolute aantallen in de wintermaanden zijn echter veel lager dan bij de zomermaanden, waardoor over het gehele jaar gezien de zomermaanden overheersen. Dit is dan ook terug te zien in het percentage afgewezen bliksems over het gehele jaar.

6 Statistische analyse van bliksemontladingen

6.1 Analyse van alle ontladingen

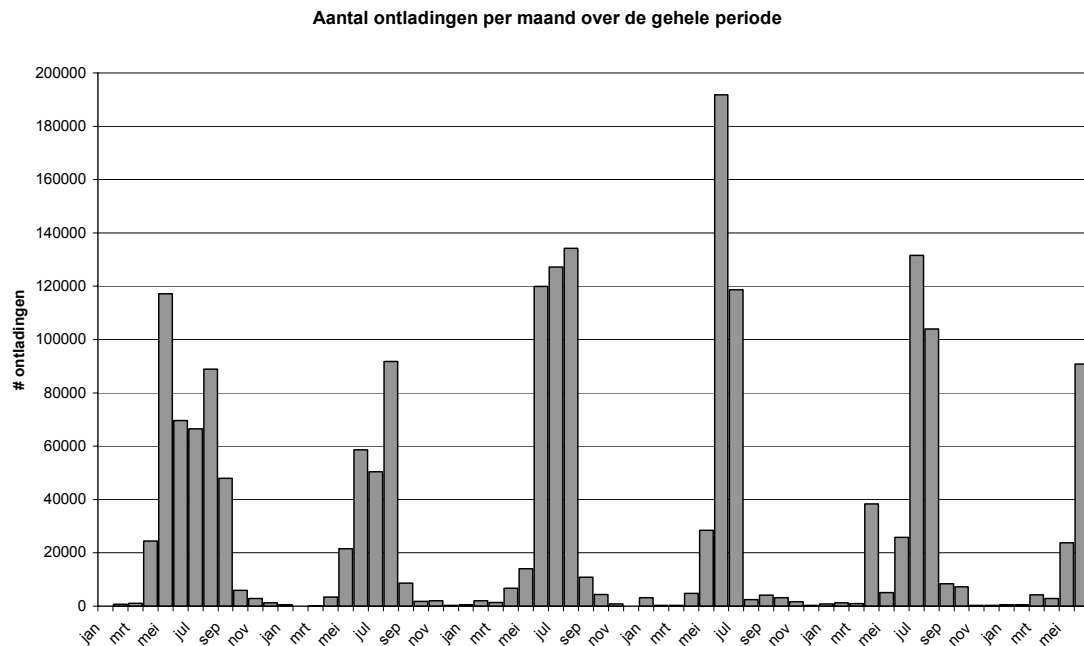
Uit 5-6 blijkt dat het aandeel ontladingen dat afgewezen zou worden bij validatie op grond van de in dat hoofdstuk genoemde criteria klein is (ca 1,5%). Vanwege dit kleine aandeel is besloten om de statistische analyse uit te voeren op de ongevalideerde data. De statistische analyse behelst in dit geval de ruimtelijke en de temporele verdeling van bliksemontladingen. Hiertoe zijn alle beschikbare bliksemdata geanalyseerd, dat wil zeggen dat de data de periode 2000-2005 bestrijkt (26 jan 2000 t/m 30 juni 2005, dat zijn 1983 dagen in totaal). De verdeling van het aantal ontladingen per maand is weergegeven in Tabel 6-1:

Tabel 6-1 Aantal ontladingen per maand over de gehele periode (Januari 2000 beslaat enkel 6 dagen; ** som over januari t/m juni 2005)*

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
januari	19*	526	523	3168	774	501
februari	639	59	2117	336	1253	488
maart	1102	110	1346	282	935	4306
april	24421	3464	6757	4825	38355	2867
mei	117170	21571	14066	28492	5041	23798
juni	69578	58619	119880	191791	25870	90838
juli	66501	50442	127253	118624	131588	
augustus	88935	91791	134146	2466	103964	
september	47942	8664	10912	4102	8367	
oktober	5876	1790	4414	3111	7260	
november	2935	2092	858	1639	340	
december	1252	327	68	335	295	
totaal	426370	239455	422340	359171	324042	122798**

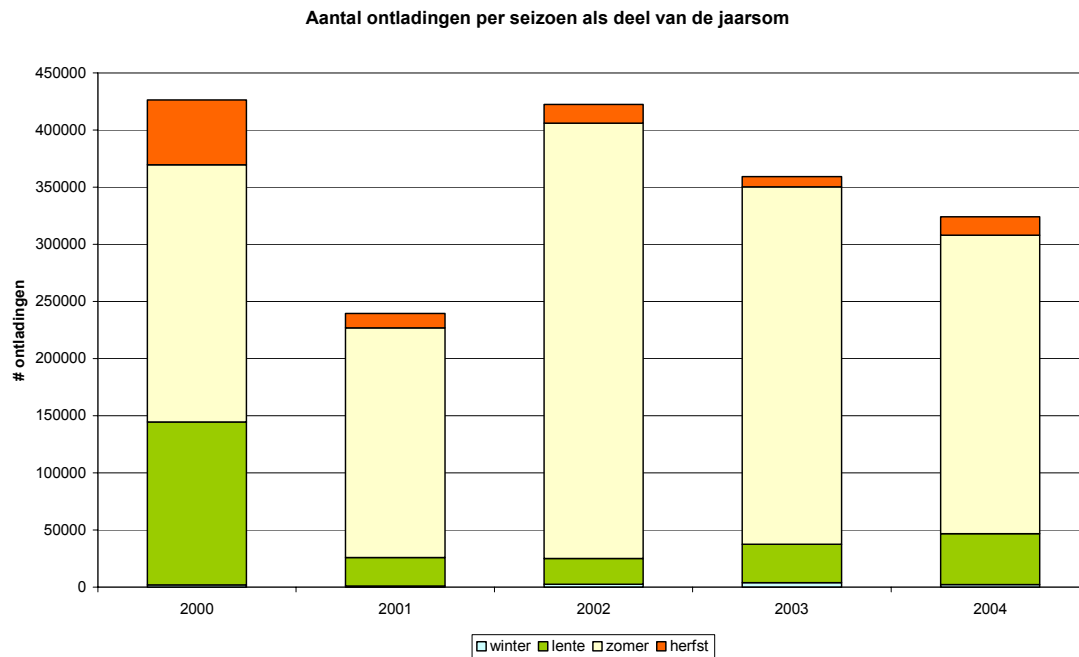
Duidelijk is te zien dat het overgrote deel (meer dan 95 %) van de ontladingen in het zomerhalfjaar plaatsvindt, in de wintermaanden is het veel rustiger. Het aantal ontladingen in een maand hangt echter sterk af van het weertype wat gedurende die maand overheerst. Hierdoor kan het aantal ontladingen in een maand van jaar tot jaar variëren met uitschieters naar beneden in een rustige, stabiele maand en uitschieters omhoog in een onrustige, onstabiele maand.

Grafisch weergegeven ziet de verdeling van het aantal ontladingen per maand over de gehele periode er als volgt uit:



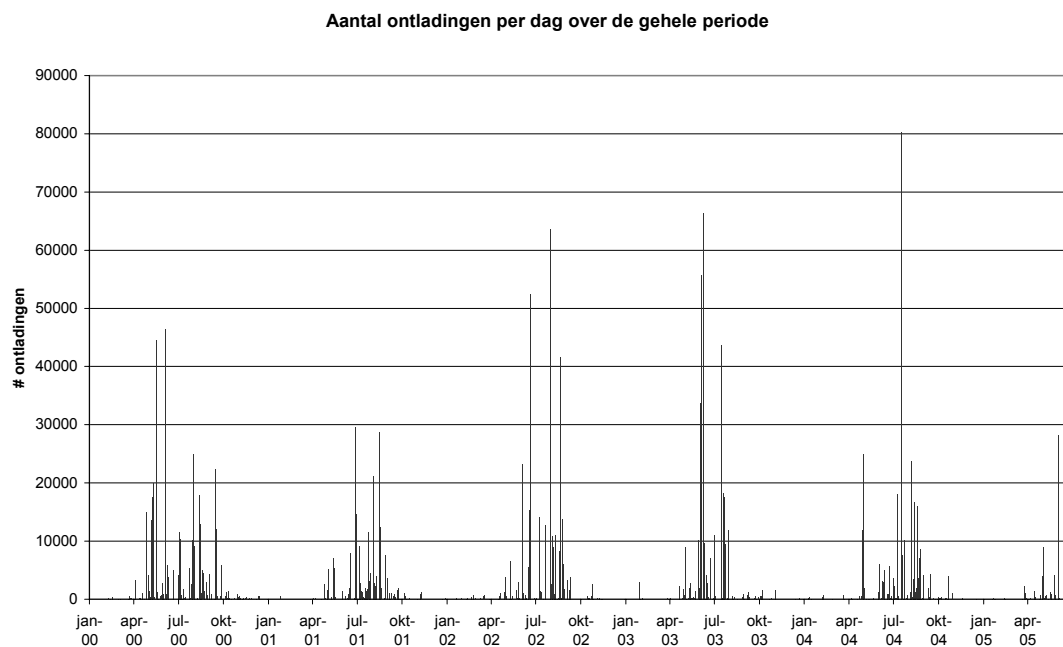
Figuur 6-1 Aantal ontladingen per maand over de gehele periode (januari 2000 – juni 2005)

In de weergave in Figuur 6-1 is duidelijk te zien dat de ontladingactiviteit jaarlijks in de zomer piekt, de activiteit in de zomermaanden ligt over het algemeen boven de 65000 ontladingen. In de rest van het jaar wordt de 50000 ontladingen niet gehaald, met als rustigste periode de wintermaanden waarin het aantal ontladingen in geen enkele maand boven de 4000 uitkwam in de onderzochte periode. De meest ‘actieve’ maand is juni 2003 met 191791 geregistreerde ontladingen, de minst actieve maand in deze periode is februari 2001 met 59 geregistreerde ontladingen (januari 2000 is niet meegeteld omdat er maar 6 dagen beschikbaar waren van deze maand). Het aantal geregistreerde ontladingen over een geheel jaar varieert van 239455 tot 426370 in deze periode.



Figuur 6-2 Aantal ontladingen per seizoen per jaar als deel van de jaarsom

In Figuur 6-2 is nog beter te zien dat het grootste aandeel van het aantal ontladingen in de zomermaanden (juni, juli en augustus) optreedt. Dit aandeel ligt rond de 80%, met uitschieters naar boven (2002, 90%) en beneden (2000, 53%). Ook is te zien dat 2001 met 239455 ontladingen een relatief rustig jaar is ten opzichte van de overige jaren.



Figuur 6-3 Aantal ontladingen per dag over de gehele periode (januari 2000 – juni 2005)

In Figuur 6-3 is voor de gehele periode het aantal ontladingen per dag weergegeven. Het valt op dat er een aantal grote uitschieters zijn, dit zijn dagen met zeer veel bliksemactiviteit. De grootste uitschieter hierbij is 17 juli 2004 met 80282 ontladingen. Ook is te zien dat het zomerhalfjaar de meeste bliksemactiviteit kent en het winterhalfjaar rustig is. Van april tot oktober komen dagen met veel ontladingen voor en van oktober tot april is het aantal ontladingen per dag over het algemeen erg laag.

Aan de hand van het aantal ontladingen per dag is het mogelijk om het aantal onweersdagen per jaar te bepalen. Echter er moet dan wel een ondergrens gesteld worden aan het aantal ontladingen op een dag om tot een onweersdag te komen. Uitgaande van een ondergrens van 500 geregistreeerde ontladingen op een dag, zijn er gemiddeld 49 'onweersdagen' per jaar op basis van de gegevens van 2000 t/m 2004 (zie Tabel 6-2). In 2005 waren er in het eerste half jaar (januari t/m juni) 19 dagen met meer dan 500 ontladingen.

Tabel 6-2 Aantal 'onweersdagen' per jaar over de periode 2000-2004

jaar	# dagen met >500 geregistreeerde ontladingen
2000	64
2001	45
2002	48
2003	38
2004	50
totaal	245

Er wordt echter wel een groter gebied dan Nederland alleen bestreken, ook ontladingen boven (een deel van) de Noordzee, België, Luxemburg en Duitsland worden door het bliksemdetectiesysteem geregistreerd en ontladingen in die gebieden worden in bovenstaande tabel meegeteld.

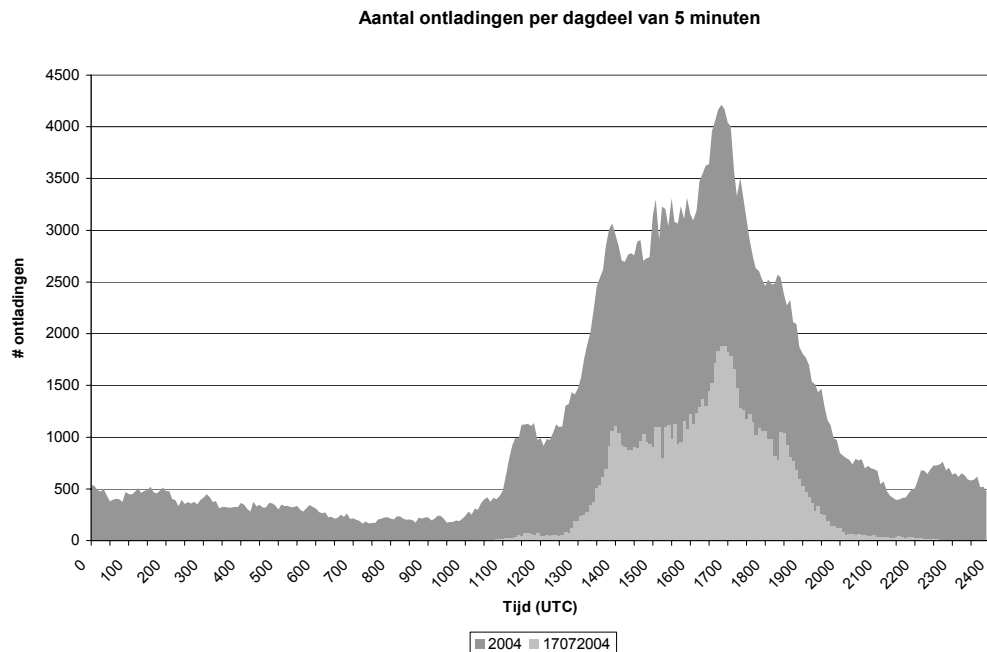
In Tabel 6-3 staan de 10 meest actieve dagen weergegeven over de periode van januari 2000 t/m juni 2005. Uit de tabel blijkt dat deze actieve dagen al verantwoordelijk zijn voor enkele procenten van het totaal aan ontladingen, samen vertegenwoordigen ze nog een groter aandeel: de tien dagen met de meeste ontladingen beslaan 28% van het totale aantal over 5,5 jaar! En die 10 dagen beslaan maar 0,5% van het totale aantal dagen.

Tabel 6-3 Top 10 aantal ontladingen per dag

Datum	# Ontladingen	% van het totaal (over 5,5 jaar)	% van het totaal over het desbetreffende jaar	% van het totaal over de desbetreffende maand
17-jul-04	80282	4,24%	24,78%	61,01%
8-jun-03	66427	3,51%	18,49%	34,64%
30-jul-02	63587	3,36%	15,06%	49,97%
4-jun-03	55704	2,94%	15,51%	29,04%
20-jun-02	52446	2,77%	12,42%	43,75%
3-jun-00	46379	2,45%	10,88%	66,66%
16-mei-00	44511	2,35%	10,44%	37,99%
16-jul-03	43618	2,30%	12,14%	36,77%
20-aug-02	41571	2,19%	9,84%	30,99%
29-jun-05	38115	2,01%	-	41,96%
Som	532640	28,12%	-	-

In een enkel jaar kan een zo'n actieve dag een nog groter aandeel op zich nemen, in deze top 10 varieert dat van bijna 10% tot bijna 25%. De effecten voor een individuele maand zijn natuurlijk nog wat groter, deze variëren van bijna 30% tot ruim 60%. Het effect van een zo'n zeer actieve dag hangt hierbij naast van de activiteit op de dag zelf ook af van de activiteit in de rest van de maand. Is de rest van de maand rustig en is er maar een uitschieter dan zal deze een grotere aandeel hebben in een maand dan als er meerdere uitschieters zijn in een maand.

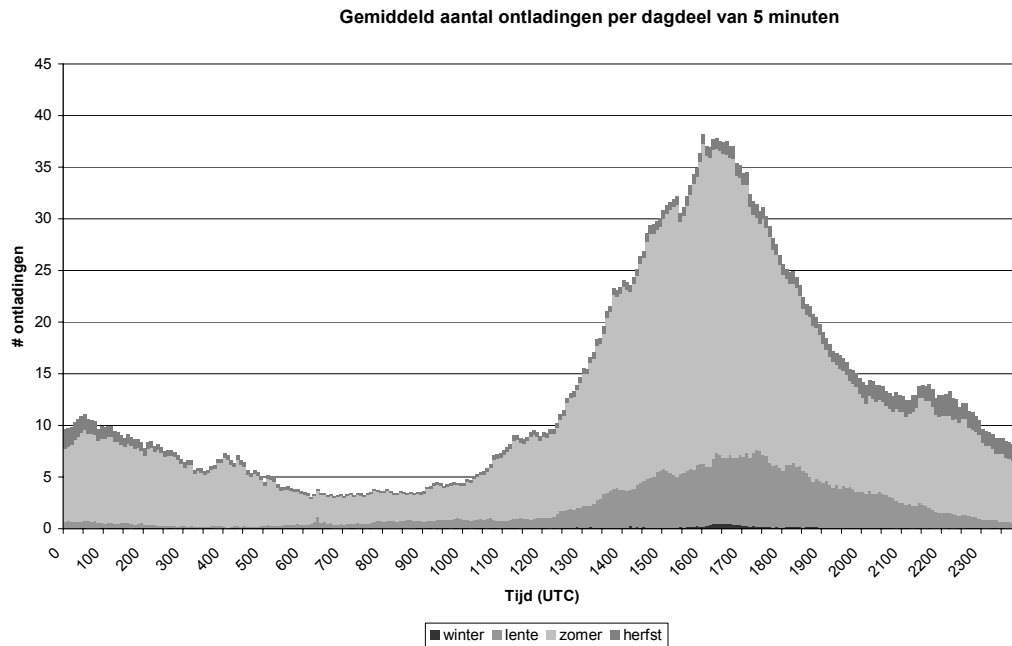
Wat voor een effect een hoog aandeel op het jaartotaal kan hebben zal worden gedemonstreerd aan de hand van één dag met zeer hoge ontladingactiviteit. In 2004 stak 17 juli er ruimschoots boven uit wat ontladingactiviteit betreft, deze dag was met 80282 ontladingen goed voor bijna 25% van het jaartotaal.



Figuur 6-4 Verdeling aantal ontladingen over 5 min perioden over de dag voor 17 juli 2004 en het gehele jaar 2004

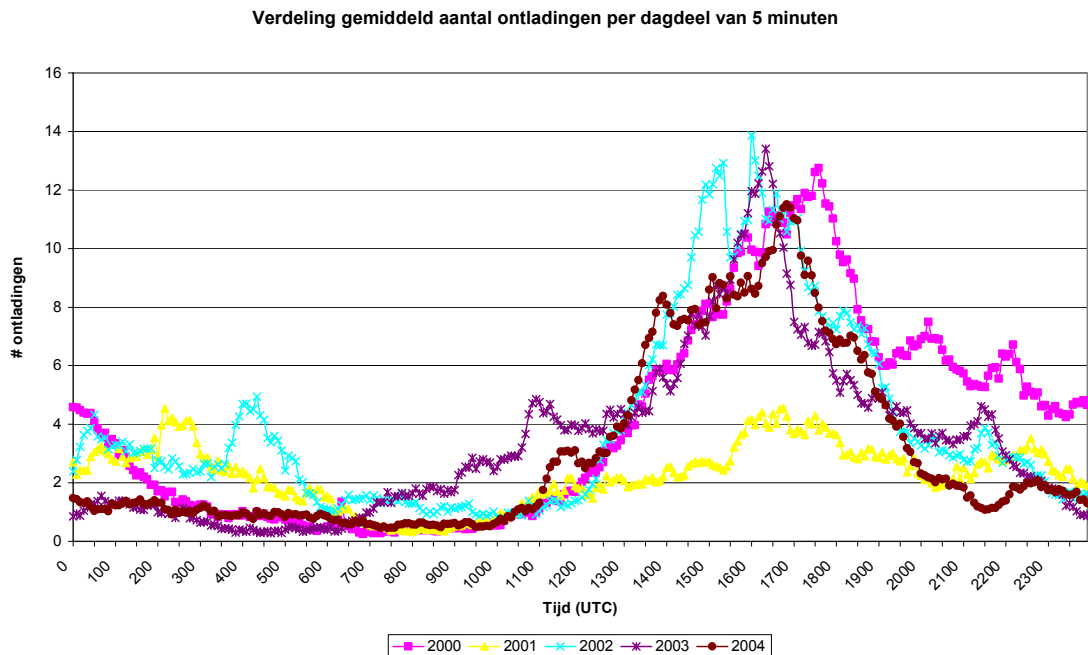
De ontladingactiviteit op 17 juli beperkt zich tot de middag en avond, vanaf 13 UTC tot en met 20 UTC is er (significante) ontladingactiviteit aanwezig. In de uren ervoor en erna is er weinig tot geen ontladingactiviteit en is er dan ook geen invloed op de jaarsom. Als er echter naar de periode tussen 13 en 20 UTC gekeken wordt dan is te zien dat de bijdrage van deze enkele middag aan het totaal groot is. De grafiek van 2004 in Figuur 6-4 lijkt in deze periode qua verloop erg veel op die van 17 juli. Het relatieve aandeel van 17 juli 2004 in de totale som over 2004 gekeken is ook groot. Tussen 14 en 19 UTC bedraagt het aandeel van 17 juli minstens een derde van het jaartotaal, met een uitschieter naar bijna de helft op 1650 UTC.

In Figuur 6-5 is de verdeling van de bliksemactiviteit over de dag cumulatief weergegeven voor de verschillende seizoenen:



Figuur 6-5 Cumulatieve verdeling aantal ontladingen per 5 minuten op een dag over de gehele periode, met onderverdeling per seizoen

Over het hele jaar gezien valt de piek van de bliksemactiviteit over de dag in de middag en in de avond. Het maximum valt tussen 16 en 17 UTC, maar de piek beslaat duidelijk de gehele middag en avond. Het rustigst is het in de ochtenduren, ontladingen treden het minst op tussen 6 en 9 UTC. In de avond rond 22 UTC is nog een klein bultje te zien en 's nachts is er ook nog een kleine piek rond 1 UTC, rond 4 UTC gevolgd door een kleinere piek. De zomermaanden zorgen voor de grootste bijdragen aan het jaartotaal, gemiddeld is dat 77%, de lente volgt met 16%, de bijdrage van de herfst bedraagt 6% en de bijdrage van de winter 1% van het jaartotaal. Evenals de zomer (en ook nog in zeer lichte mate de winter) heeft ook de lente de hoogste ontladingactiviteit in de namiddag, terwijl in de herfst de piek in de activiteit meer in de avond en in de nacht ligt.



Figuur 6-6 Verdeling gemiddeld aantal ontladingen per dagdeel van 5 minuten voor de verschillende jaren

De verdeling van het gemiddeld aantal ontladingen per dagdeel van 5 minuten voor de verschillende jaren in Figuur 6-6 laat zien dat bij 4 van de 5 jaren een duidelijke piek qua ontladingactiviteit te zien is in de middag en avond, alleen 2001 wijkt daar vanaf met een minder duidelijke piek. Voor de rest zijn er wel wat verschillen tussen de jaren, maar de grote lijn is wel zichtbaar: een klein piekje in de nanacht, een rustige ochtend en dan de grote piek in de namiddag/avond om dan laat op de avond en in het begin van de nacht weer af te zakken. De minder duidelijke piek van 2001 komt mede doordat 2001 in vergelijking met de andere jaren veel minder ontladingen heeft, dit weegt ook door in de verdeling over het jaar.

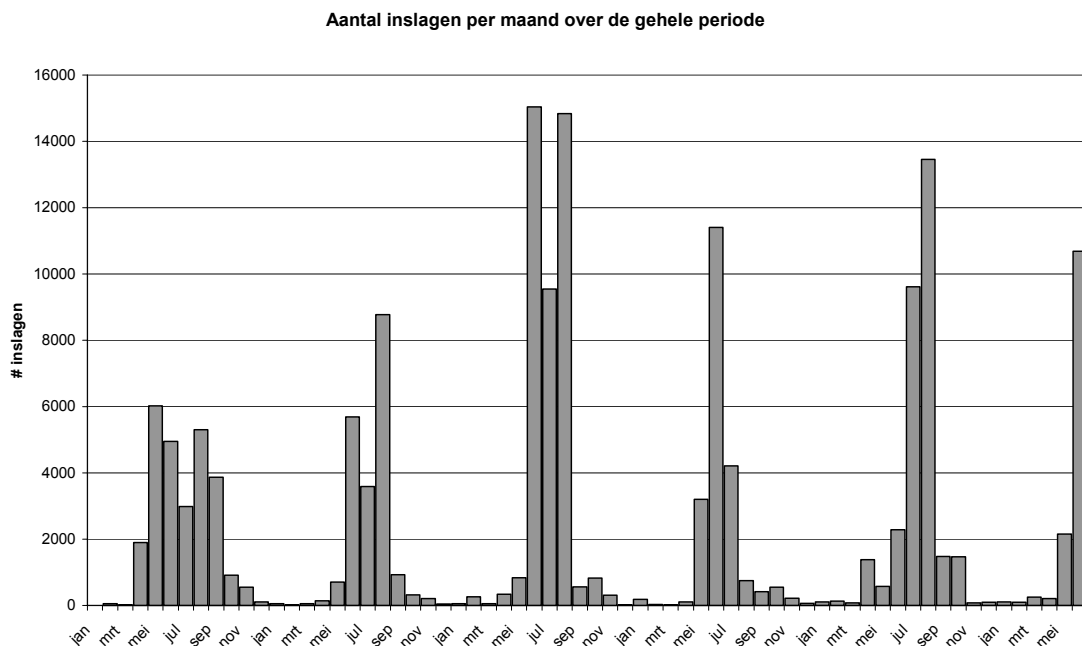
6.2 Analyse van inslagen

Aangezien zowel FLITS als SAFIR onderscheid kan maken tussen wolkontladingen en inslagen (CG's), is er ook de mogelijkheid om aparte statistieken voor de inslagen te maken en deze te analyseren. In Tabel 6-4 staat de verdeling van het aantal inslagen per maand over de periode.

Tabel 6-4 Aantal inslagen per maand over de gehele periode (* Januari 2000 beslaat enkel 6 dagen; **som januari 2005 t/m juni 2005)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
januari	2*	58	58	191	108	109
februari	55	17	266	28	131	95
maart	22	55	56	26	78	250
april	1904	146	347	111	1384	211
mei	6020	706	840	3207	574	2156
juni	4947	5691	15042	11404	2282	10690
juli	2981	3588	9547	4207	9613	
augustus	5305	8775	14835	749	13464	
september	3867	924	561	424	1477	
oktober	916	320	827	551	1471	
november	554	209	314	220	78	
december	112	41	24	69	95	
totaal	26685	20530	42717	21187	30755	13511**

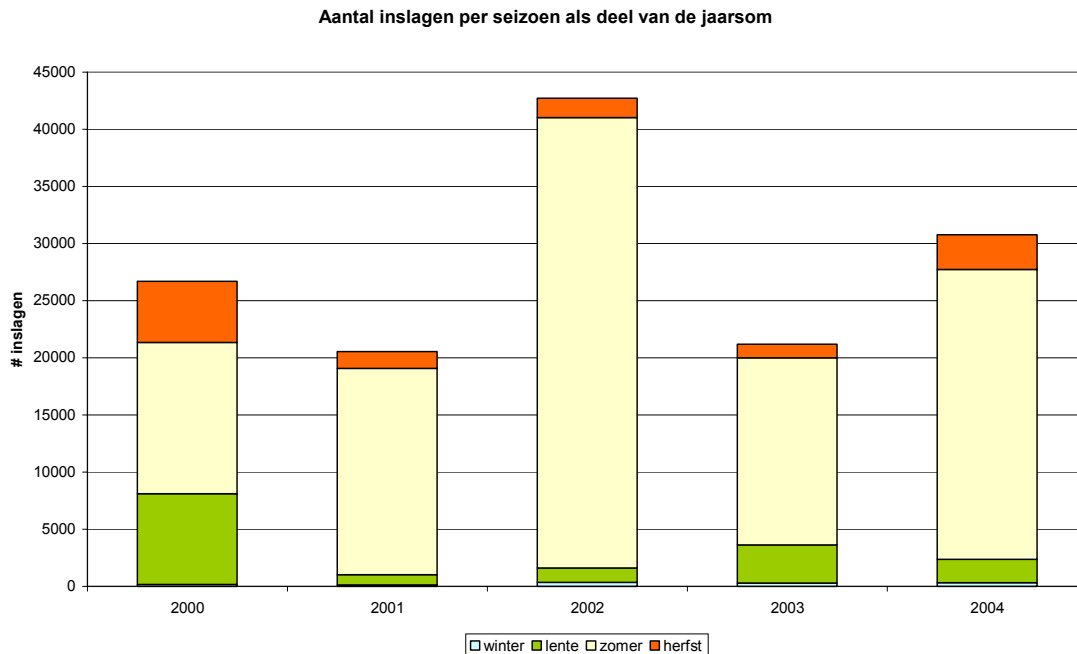
Het aantal inslagen is veel lager dan het totale aantal ontladingen, echter de verdelingen over het jaar zijn relatief bekeken grotendeels hetzelfde. Evenals bij alle ontladingen komen de meeste inslagen voor in het zomerhalfjaar (ca 95% van het jaartotaal). Figuur 6-7 laat de verdeling over het jaar ook goed zien, het aantal inslagen piekt in de zomermaanden en is het laagst in de wintermaanden:



Figuur 6-7 Aantal inslagen per maand over de gehele periode (januari 2000 – juni 2005)

De pieken in de zomer reiken over het algemeen tot boven de 4000 inslagen. In de rest van het jaar wordt de 4000 inslagen over het algemeen niet gehaald, met als rustigste periode de wintermaanden waarin het aantal inslagen in geen enkele maand boven de 300 uitkwam in de onderzochte periode. De meest ‘actieve’ maand qua inslagen is juni 2002

met 15042 geregistreerde inslagen, de minst actieve maand in deze periode is februari 2001 met 17 geregistreerde inslagen. Het aantal geregistreerde inslagen over een geheel jaar varieert van 20530 tot 42717 in deze periode.



Figuur 6-8 Aantal inslagen per seizoen per jaar als deel van de jaarsom

Het grootste aandeel van de inslagen valt in de zomer, de zomermaanden (juni, juli en augustus) samen nemen rond de 80% van de inslagen voor hun rekening, 10 % komt voor rekening van de lente, 8 % van de herfst en 1% van de winter. Wat verder opvalt in Figuur 6-8, is dat 2002 veel meer inslagen kende in de zomer dan de overige jaren, dit heeft ook zijn weerslag op het jaartotaal van 2002.

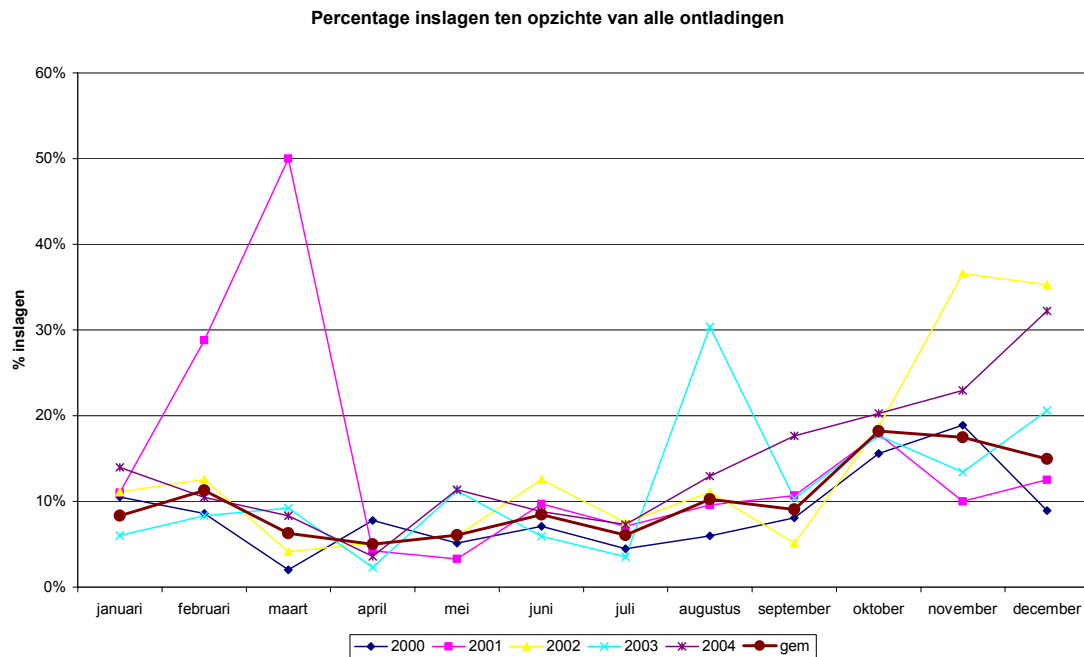
Als het aantal inslagen per dag over de gehele periode bekeken wordt dan is er net zoals bij de ontladingen te zien dat er een aantal pieken zijn die hoog boven de rest uitsteken. Deze pieken zorgen voor een groot aandeel in het totale aantal inslagen en zijn te relateren aan dagen met een groot aantal ontladingen. In Tabel 6-5 staan de 10 dagen met de meeste inslagen weergegeven met daarbij ook het aantal ontladingen op diezelfde dag.

Tabel 6-5 Top 10 aantal inslagen per dag

Datum	# Inslagen	% van het totaal (over 5,5 jaar)	% van het totaal over het desbetreffende jaar	# Ontladingen	% inslagen van het totale aantal ontladingen
20-jun-02	5112	3,29%	11,97%	52446	9,75%
17-jul-04	4570	2,94%	14,86%	80282	5,69%
18-jun-02	4559	2,93%	10,67%	15226	29,94%
20-aug-02	4226	2,72%	9,89%	41571	10,17%
25-jun-05	4030	2,59%	(jaar nog niet voltooid)	11840	34,04%
30-jul-02	3632	2,34%	8,50%	63587	5,71%
8-jun-03	3418	2,20%	16,13%	66427	5,15%
27-jun-01	3291	2,12%	16,03%	29575	11,13%
7-aug-04	3194	2,06%	10,39%	23803	13,42%
3-jun-02	2967	1,91%	6,95%	16098	18,43%
Totaal	38999	25,10%	-	400855	9,73%

Van de tien dagen die in Tabel 4 staan, staan er 5 ook in Tabel 2, namelijk 20 juni 2002, 30 juli 2002, 20 augustus 2002, 08 juni 2003 en 17 juli 2004. De helft van de dagen in de top 10 van het aantal inslagen per dag staat dus ook in de top 10 van het aantal ontladingen per dag. Er lijkt een connectie te bestaan tussen het aantal ontladingen en het aantal inslagen op een dag. Een dag met veel bliksemactiviteit levert ook veel inslagen op. De 5 dagen die in de top10 van het aantal ontladingen en die van het aantal inslagen staan hebben respectievelijk de volgende verhoudingen van inslagen ten opzichte van het totale aantal ontladingen: 9,75%, 5,71%, 10,17%, 5,15%, 5,69%. Er is enige variatie, maar de verschillen zijn niet extreem groot. Bij de andere dagen uit de inslagen-top 10 zijn de verhoudingen tussen inslagen en alle ontladingen echter groter: het aandeel inslagen van het totale aantal ontladingen varieert van 11 tot 34%.

Wordt er naar alle beschikbare dagen gekeken, dan zijn de variaties in het aandeel inslagen van het totale aantal ontladingen nog groter, heel veel dagen kennen een percentage inslagen van meer dan 100% en er zijn zelfs uitschieters van 2100%. Zulke hoge aantallen doen vermoeden dat er iets niet klopt. Om percentages van meer dan 100% te krijgen moet het aantal geregistreerde inslagen groter zijn dan het aantal geregistreerde ontladingen. Dit gebeurde vaak op dagen met weinig geregistreerde ontladingen, waarvan het merendeel <50 ontladingen op een dag had. Als er weinig ontladingen zijn kunnen er natuurlijk gemakkelijker scheve verhoudingen optreden, maar ook kunnen dit situaties met valse ontladingen zijn. Veel van de situaties met weinig geregistreerde ontladingen treden op in de wintermaanden, wanneer de algemene onweersactiviteit laag is.

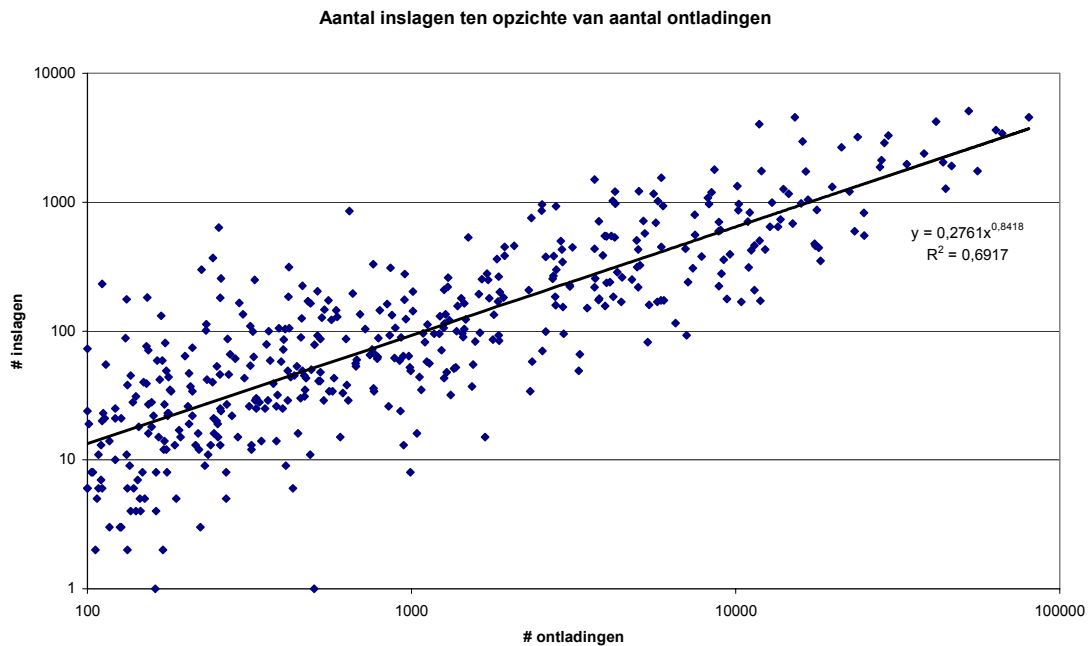


Figuur 6-9 Percentage inslagen ten opzichte van alle ontloadingen per maand

Als er naar het verloop van het percentage inslagen ten opzichte van het totale aantal ontloadingen per maand gekeken wordt (zie Figuur 6-9) dan valt er te zien dat de verschillen tussen de diverse jaren klein zijn. Voor een groot deel van het jaar ligt het aandeel van de inslagen aan het totale aantal ontloadingen tussen de 5 en de 10 %. Aan het einde van het jaar loopt het aandeel van de inslagen op en varieert in december tussen 10% en 35%. Maart 2001 is een grote uitbijter met 50%, maar opvallend aan deze maand is het lage aantal inslagen en ontloadingen, respectievelijk 55 en 110. Bij een nadere beschouwing van de bliksemactiviteit per dag van deze maand valt op dat bij er een groot aantal dagen nogal scheve verhoudingen zijn tussen het aantal ontloadingen en het aantal inslagen. Vermoedelijk is dit te wijten aan valse ontloadingen (of inslagen), juist in een maand met weinig ontloadingen of inslagen zoals maart 2001 kunnen deze een grote invloed uitoefenen. Augustus 2003 is ook een uitschieter ten opzichte van andere jaren, echter het verschil met de andere maanden is kleiner dan bij maart 2001. Ten opzichte van andere jaren is augustus 2003 ook erg rustig, zowel qua ontloadingen als qua inslagen. De hoofdmoot van de ontloadingen en de inslagen in deze maand komt van 5 dagen met onweer in een verder dus rustige maand. Door de rust in de rest van de maand drukken deze dagen met onweer een groot stempel op de verdeling van ontloadingen en inslagen van deze maand. Omdat er ook twee dagen tussen zitten met een relatief hoog aantal inslagen, is het relatief aantal inslagen over de hele maand wat hoger.

Het merendeel van de dagen in de onderzochte periode kent weinig of geen ontloadingactiviteit. Deze dagen zijn vanwege de lage bliksemactiviteit niet interessant, mede omdat hier ook veel valse ontloadingen tussen kunnen zitten. Voor de dagen met meer dan 100 ontloadingen is het aantal inslagen tegen het aantal ontloadingen uitgezet in

een grafiek (zie Figuur 6-10), vanwege de grote spreiding in aantallen ontladingen is hierbij gekozen voor een logaritmische grafiek.



Figuur 6-10 Aantal inslagen ten opzichte van totaal aantal ontladingen over de gehele periode voor dagen met 100 ontladingen of meer (logaritmische schaalverdelingen)

Aan de grafiek is een trendlijn (formule: $y=0,2761x^{0,8418}$) toegevoegd. Deze trendlijn lijkt de trend aardig te volgen, echter de spreiding in het aantal inslagen is erg groot, een factor 10 tot 20. Er bestaat wel een positieve correlatie tussen het aantal ontladingen en het aantal inslagen, maar de variatie in het aantal inslagen is te groot om het aantal ontladingen te gebruiken als ‘verklarende waarde’ voor het aantal inslagen.

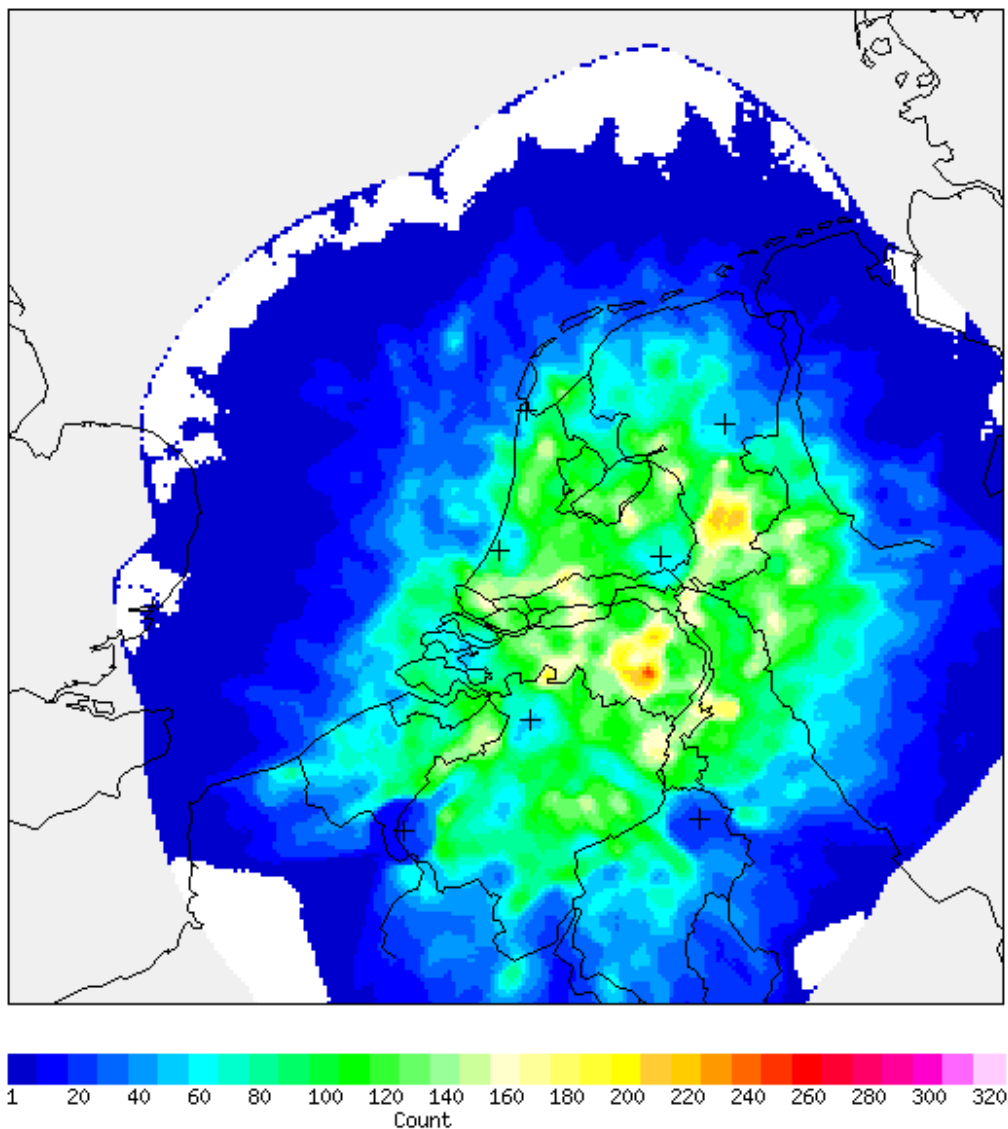
6.3 Ruimtelijke verdeling ontladingen

Naast verdelingen over de tijd kan er ook een ruimtelijke verdeling over een periode gemaakt worden van de gegevens in de hdf-bestanden met bliksemgegevens. Door een accumulatie van de bliksemgegevens te maken per pixel over een bepaalde periode kan een ruimtelijke verdeling van de bliksemactiviteit over een bepaalde periode worden verkregen. Voor dit onderzoek zijn er voor de verschillende jaren, voor de totaalperiode (januari 2000 tot juni 2005) en voor een aantal dagen met een hoge bliksemactiviteit de bliksemgegevens geaccumuleerd. Op deze geaccumuleerde data is vervolgens nog een mediaanfilter toegepast om ruis uit de bliksemaccumulaties te verwijderen.

Uit de ruimtelijke verdeling over een bepaalde periode kunnen weer karakteristieken van het systeem en de ontladingactiviteit afgeleid worden. Zo is in Figuur 6-11, welke de ruimtelijke verdeling van alle ontladingen over de gehele periode weergeeft, duidelijk te zien waar de stations liggen, de cirkels rondom de stations zijn gebieden waar het station

zelf niks kan detecteren (dit is binnen een straal van 20 km rondom het station). Ook op de verbindinglijnen tussen twee stations kunnen de beide stations geen ontladingen detecteren. Deze beperkingen zijn het gevolg van de manier van lokaliseren die het systeem gebruikt. Door meerdere stations te gebruiken kan deze beperking grotendeels omzeild worden. De ontladingen die andere stations in dat gebied registreren worden gebruikt om deze gebieden in te vullen. Echter is er ook een beperking aan deze aanvulling, gebieden buiten de detectierange van andere stations kunnen niet worden ingevuld. Dit is ook zichtbaar in Figuur 6-11, bij de stations Hoogeveen, Mourcourt en La Gileppe is de detectie minder, zowel in de cirkel als in gebieden buiten het station. Deze stations liggen aan de rand van het netwerk, hierdoor is het moeilijker om ontbrekende detectie aan te vullen met gegevens van de andere stations. Het detectiebereik van de andere stations is hiervoor niet altijd toereikend om het gat op te kunnen vullen. In het geval dat een van deze stations aan de rand van het netwerk uitvalt, dan heeft dat ernstige consequenties voor het detectiebereik in het gebied rondom een station.

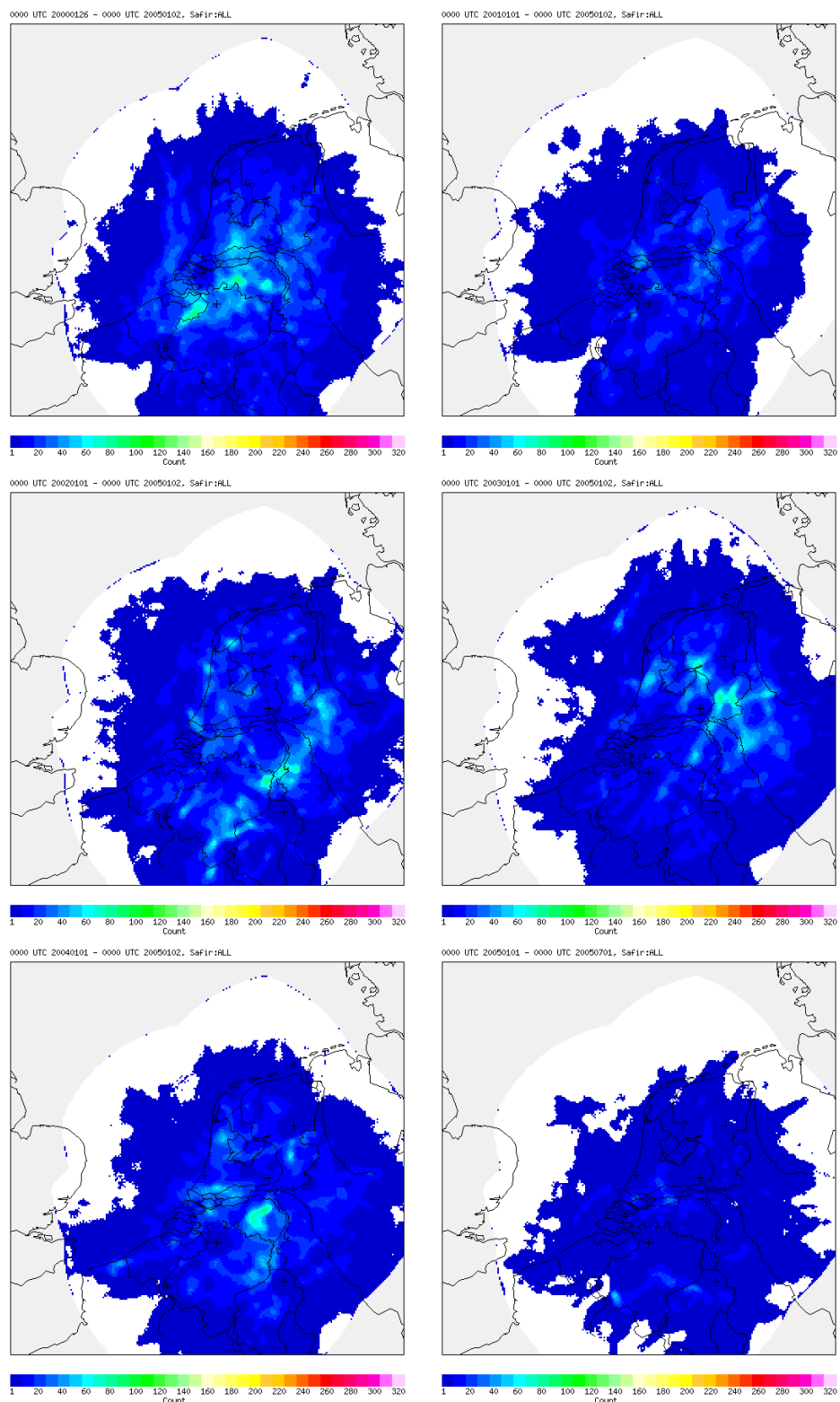
0000 UTC 20000126 - 0000 UTC 20050701, Safir:ALL



Figuur 6-11 Ruimtelijke verdeling alle ontladingen 26 januari 2000 tot en met 30 juni 2005

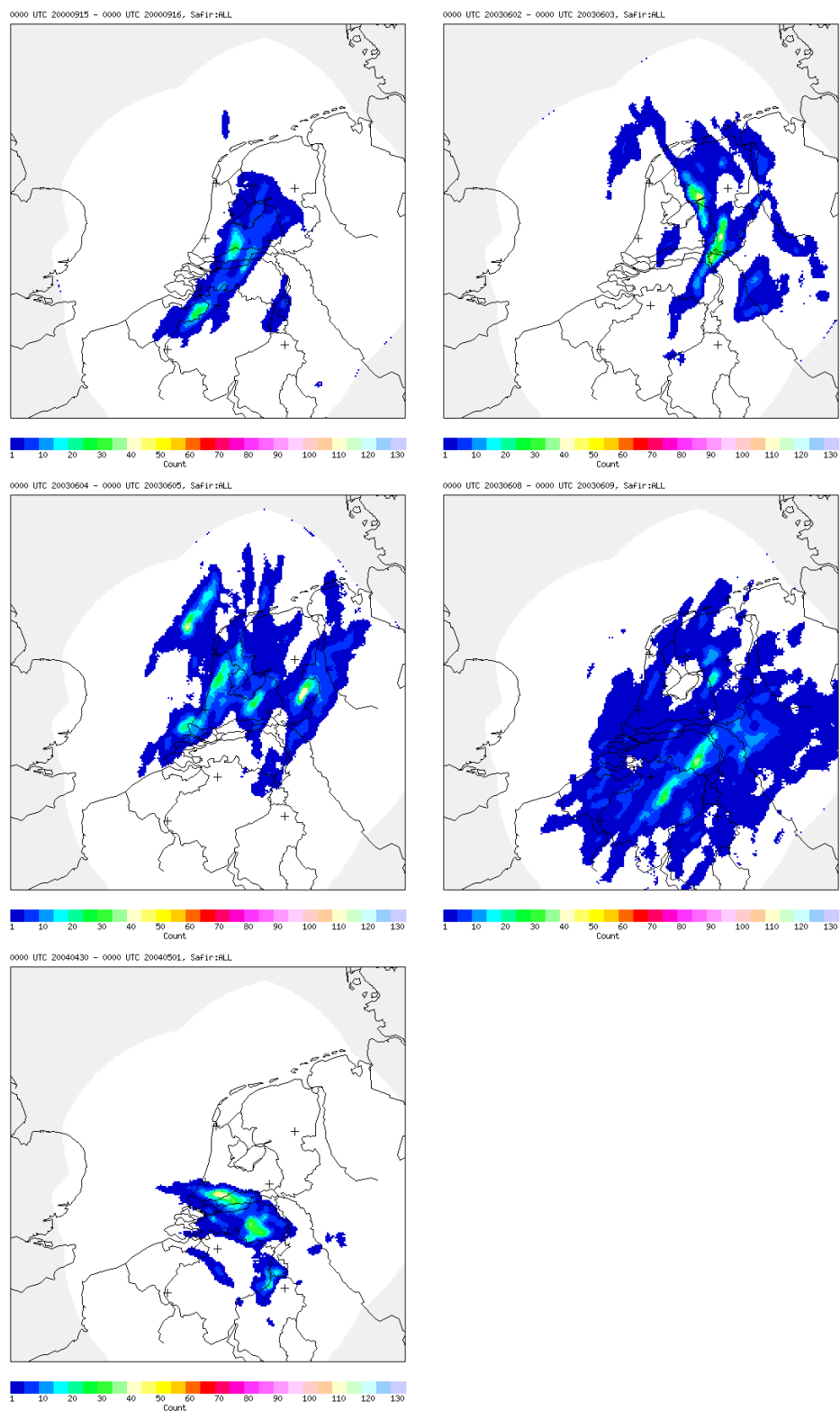
Naast de gebieden met een lager aantal gedetecteerde ontladingen zijn er ook gebieden met een hoger aantal ontladingen te zien in Figuur 6-11. Deze gebieden liggen in het zuidoosten van de provincie Noord-Brabant en in Overijssel. In het midden van de provincie Noord-Brabant en in Limburg en in het oosten van Gelderland zijn ook nog een aantal plekken met een hoger aantal ontladingen. Deze plekken kunnen beschouwd worden als de 'onweershaarden' van de gebruikte periode (26 januari 2000 tot en met 30 juni 2005), hier zijn de meeste ontladingen geregistreerd. Het aantal geaccumuleerde ontladingen over 5,5 jaar varieert van ongeveer 100 tot 250 per pixel (zie Figuur 6-11). Aan de randen van het gebied (bijvoorbeeld in het Waddengebied) worden minder ontladingen gedetecteerd, echter speelt hierbij ook de verminderde detectie een rol.

Aangezien een pixel bekende afmetingen heeft (2,4 bij 2,4 km) kan er ook een gemiddelde aantal ontladingen per km² per jaar berekend worden. Uitgaande van de voornoemde waarden van 100 tot 250 ontladingen per pixel over 5,5 jaar, varieert het aantal ontladingen per km² per jaar tussen 3 en 8. Het aantal inslagen is een fractie van het aantal ontladingen, uitgaande van een fractie van 10% varieert het aantal inslagen per km² per jaar tussen 0,3 en 0,8. In vergelijking met de inslagdichtheid zoals bepaald met de data van het KEMA-netwerk en bliksemtellers liggen de waarden zoals bepaald uit de 5,5 jaar data van het SAFIR/FLITS netwerk wat lager. De inslagdichtheid bepaald uit de data van het KEMA-netwerk en bliksemtellers is gemiddeld ongeveer 1,5 inslagen per km² per jaar (Wessels, 1999). Echter de inslagdichtheid uit de data van het KEMA-netwerk en bliksemtellers varieerde wel over de jaren. Deze inslagdichtheid varieerde tussen 0,7 en 2,2 inslagen per km² per jaar. Gezien deze variatie kan de inslagdichtheid bepaald uit de 5,5 jaar data van het SAFIR/FLITS netwerk niet als geheel onrealistisch te beschouwd worden, maar is de bliksemdichtheid wel laag ten opzichte van de inslagdichtheid uit de data van het KEMA-netwerk.



Figuur 6-12 Ruimtelijke verdeling alle ontladingen 26 januari 2000 tot en met 30 juni 2005 voor ieder jaar apart (volgorde: 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005)

Als er per jaar gekeken wordt naar de ruimtelijke verdeling (zie Figuur 6-12) dan valt op dat er een aantal (soms lijnvormige) ‘sporen’ te zien zijn, bijvoorbeeld in de ruimtelijke verdeling over 2000 bij Antwerpen. Deze zijn afkomstig van (zeer) actieve onweersbuien, die daar dat jaar zijn opgetreden. De plek bij Antwerpen is te herleiden naar een actieve onweerssituatie: 15 september 2000 (zie Figuur 6-13). Deze dag draagt voor circa 40 % bij aan het totaal over het hele jaar. Bij andere jaren zijn soortgelijke plekken te zien, welke ook overeenkomen met de gebieden met een hoger aantal ontladingen zoals genoemd op pagina 14. Bijvoorbeeld in 2004 in de buurt van Eindhoven en in 2003 in Overijssel, tussen de IJssel en Twente, en bij Zwolle en de Noord-Oostpolder. De plekken in 2003 zijn te herleiden naar 3 dagen in juni: 2 juni 2003, 4 juni 2003 en 8 juni 2003 (zie Figuur 6-13). Deze dagen dragen samen bij voor circa 80% van het jaartotaal op die plekken. Dit komt overigens mede doordat juni 2003 zeer veel ontladingen kenden er in augustus en september weinig onweer was. De plek bij Eindhoven in 2004 is te herleiden naar 30 april 2004 (zie Figuur 6-13). Deze dag droeg voor ca 50% bij aan het jaartotaal van 2004 op die plek. Uit deze situaties blijkt dus dat een dag met actief onweer op een plek erg doorwerkt in het jaartotaal. Zelfs na 5,5 jaar werken dagen met actief onweer nog door. Dit is het duidelijkst te zien bij de plek bij Eindhoven en de plek in Overijssel, deze plekken zijn ook terug te vinden in de bliksemaccumulatie over 5,5 jaar. Een periode van 5,5 jaar is dan ook te kort om een voor klimatologisch gebruik zinvolle ruimtelijke verdeling te genereren. Hierbij moet ook nog in acht worden genomen dat het detectiebereik van het bliksemdetectiesysteem zelf ook invloed heeft op de ruimtelijke verdeling. Deze invloeden zijn een karakteristiek van het systeem, en blijven ook bij langere tijdsperioden zichtbaar.



Figuur 6-1 3 Ruimtelijke verdeling alle ontladingen per etmaal, voor respectievelijk 15 september 2000, 2 juni 2003, 4 juni 2003, 8 juni 2003 en 30 april 2004.

7 Weeralarmcriterium

7.1 Inleiding

Bij zware onweersbuien kunnen bliksems, hagel en windstoten overlast en gevaarlijke situaties veroorzaken voor onder andere het verkeer en watersport. Daarom geeft het KNMI een weeralarm uit bij zware onweersbuien. Per 1 oktober 2005 is het weeralarmcriterium voor zwaar onweer aangepast. In Tabel 7-1 staan het oude en het nieuwe criterium weergegeven:

Tabel 7-1 Oude en nieuwe criterium voor het weeralarm voor zwaar onweer

Weeralarm	Criterium	Opmerkingen
Oud	Op grote schaal minstens 15 ontladingen per minuut binnen een straal van 15 kilometer; eventueel (zeer zware) windstoten, slagregens, wolkbreuken of hagel [1]	Hierbij wordt onder ‘op grote schaal’ verstaan: een gebied minstens ter grootte van een provincie. [1]
Nieuw	500 ontladingen per 5 minuten over een gebied ten minste ter grootte van het standaardgebied. [2]	Hierbij wordt onder ‘het standaardgebied’ verstaan: een gebied ter grootte van ten minste 50 x 50 kilometer of een coherente band met lengte van tenminste 50 kilometer [2]

Tot nu toe is er slechts een keer een weeralarm uitgegeven voor zwaar onweer, dit was op 17 juli 2004. Het weeralarm gold van 17:15 tot 22:51 lokale tijd en er zijn 4 berichten uitgegeven die avond. Hieronder volgt het tweede bericht van die dag [3]:

WEERALARM

Opgesteld door het KNMI op zaterdag 17 juli 2004, om 18.20 uur

Bericht nummer: 2

Zwaar onweer: gevaarlijk en grote overlast

Een gebied met zware onweersbuien boven het zuidwesten van het land trekt in noordoostelijke richting met een snelheid van 50 km/uur. Tijdens de buien is er kans op hagel en (zeer) zware windstoten en lokaal wateroverlast. Tegen middernacht verlaten de buien het noordoosten van het land.

7.2 Toepassing weeralarmcriterium op bliksemdata

De bliksem data van januari 2000 tot en met juni 2005 is op basis van het nieuwe weeralarmcriterium geanalyseerd om te zien welke resultaten het nieuwe criterium oplevert als deze wordt toegepast. Aangezien een eventueel weeralarm in de praktijk op basis van real-time gegevens verstrekt zal worden en omdat er bij validatie slechts een zeer klein deel van de gegevens afvalt (circa 1,5%, zie ook 5-6), kan bij de analyse de ongevalideerde data gebruikt worden. Voor de analyse zijn er wel enkele aanpassingen gedaan aan het weeralarmcriterium: er is een iets groter gebied gebruikt (50,4 bij 50,4 km in plaats van 50 bij 50 km) en het tijdvak voor het aantal bliksems bedraagt 5 minuten in plaats van 1 minuut. Hiervoor is voor iedere beschikbare dag het HDF-bestand met de bliksemdata gesplitst in HDF -bestanden met de bliksemdata over perioden van 5 minuten. Vervolgens is elk bestand met bliksemdata over 5 minuten geanalyseerd: voor iedere pixel van de afbeelding in het HDF-bestand werd het aantal ontladingen in het gebied met afmetingen van 50,4 bij 50,4 km rondom de pixel gesommeerd en werd de hoogste som opgeslagen. Zo is er voor iedere dag per 5 minuten de hoogste som bliksems over 5 minuten in een gebied van 50,4 bij 50,4 km beschikbaar. Bij het toepassen van deze methode blijken er 11 tijdstippen te zijn waarbij er binnen een gebied van 50,4 bij 50,4 km gesommeerd over 5 minuten meer dan 500 ontladingen zijn geregistreerd (zie Tabel 7-2).

Tabel 7-2 Tijdstippen met meer dan 500 ontladingen gesommeerd over 5 minuten binnen een gebied van 50,4 bij 50,4 km

Datum	Tijdstip (UTC)	Aantal ontladingen over 5 minuten	Gemiddeld aantal ontladingen per minuut
3-jun-00	17:30	555	111,0
15-sep-00	22:15	707	141,4
16-aug-01	2:15	923	184,6
20-jun-02	4:10	928	185,6
30-jul-02	14:10	538	107,6
2-jun-03	14:35	550	110,0
4-jun-03	14:40	750	150,0
8-jun-03	11:00	610	122,0
30-apr-04	17:25	502	100,4
17-jul-04	16:55	700	140,0
29-jun-05	13:40	506	101,2

Het weeralarmcriterium is in de afgelopen 5,5 jaar dus 11 keer overschreden, waarvan 6 keer met ruime overschrijding (meer dan 600 ontladingen in 5 minuten). In de 11 situaties is alleen op 17 juli 2004 een weeralarm uitgegeven, echter toen waren de oude weeralarmcriteria nog geldig. Uit Tabel 7-2 blijkt verder dat de bliksemaactiviteit op verschillende delen van de dag piekt, in de tabel komen tijdstippen in de nacht, middag en avond voor. De middag en avond zijn hierbij iets meer vertegenwoordigd dan de nacht, wat ook wel te verklaren is vanuit de dagelijkse gang. Immers in de namiddag is de lucht bij het aardoppervlak het sterkst opgewarmd en dat leidt in onstabiele luchtsoorten

tot sterkere convectie. Opvallend is wel dat de twee tijdstippen met het grootste aantal ontladingen over 5 minuten in de nacht en ochtend vallen, hier zal verderop nader op in worden gegaan. Verder is in Tabel 7-2 de zomer oververtegenwoordigd, er zijn maar 2 tijdstippen die buiten de meteorologische zomer vallen (15 september 2000 en 30 april 2004). De meteorologische zomer levert dus als warmste seizoen de meeste situaties met zeer actief onweer.

In Tabel 7-3 staan de situaties behorende bij de tijdstippen in Tabel 7-2 globaal beschreven. Hierbij is er vermeld wat voor type buien er zijn (losse buien, buienlijn of buiencomplex) en waar de buien zich globaal bevinden (landsdeel of provincies).

Tabel 7-3 Omschrijving situaties waarbij er in een tijdvak meer dan 500 ontladingen gesommeerd over 5 minuten zijn opgetreden binnen een gebied van 50,4 bij 50,4 km

Datum	Tijdvak	Omschrijving situatie
3-jun-00	16-19 UTC	Buien in Zuid-Nederland (vooral Noord-Brabant) en België
15-sep-00	22-23 UTC	Builenlijn in Zuid en Midden-Nederland (Noord-Brabant, Utrecht, Gelderland)
16-aug-01	2-3 UTC	Builenlijn over Zuid en Oost-Nederland (Limburg, Gelderland)
20-jun-02	0-2 UTC 3-5 UTC	Buien in Zuid-Nederland en buiencomplex in België, buiencomplex in België trekt later over (Oost-)Nederland, wat losse pitten voor het complex
30-jul-02	14-15 UTC	Buien in Noord- en Midden-Nederland, later trekken buiengebieden vanuit Duitsland en België vanuit het (zuid)oosten het land binnen
2-jun-03	14-15 UTC	Builenlijn boven Noord en Oost-Nederland (Friesland, Drente, Overijssel), buiengebied in Zuid-Nederland (Limburg). Later ligt de eerste builenlijn boven Noord-Nederland (Groningen, Friesland) en is het buiengebied boven Zuid-Nederland noordwaarts getrokken en hierbij is boven Arnhem en de Achterhoek een pittig buiencomplex ontstaan
4-jun-03	14-17 UTC	Buien in Oost-Nederland, builenlijn van Friesland, over IJsselmeer en delen van Zuid-Holland tot Zeeland,
8-jun-03	10-12 UTC	Builenlijn over Oost-Nederland (van Friesland tot Limburg)
30-apr-04	17-18 UTC	Buien in Zuid-Nederland (Noord-Brabant)
17-jul-04	12-14 UTC 16-17 UTC	Builenlijn trekt vanaf de Noordzee het land op, de Belgische westkust krijgt er het eerst mee te maken, later ontstaan er in Oost-Nederland ook een paar losse buien voor de builenlijn uit
29-jun-05	13-14 UTC	Buien in België, aaneengroeïend tot buiencomplexen

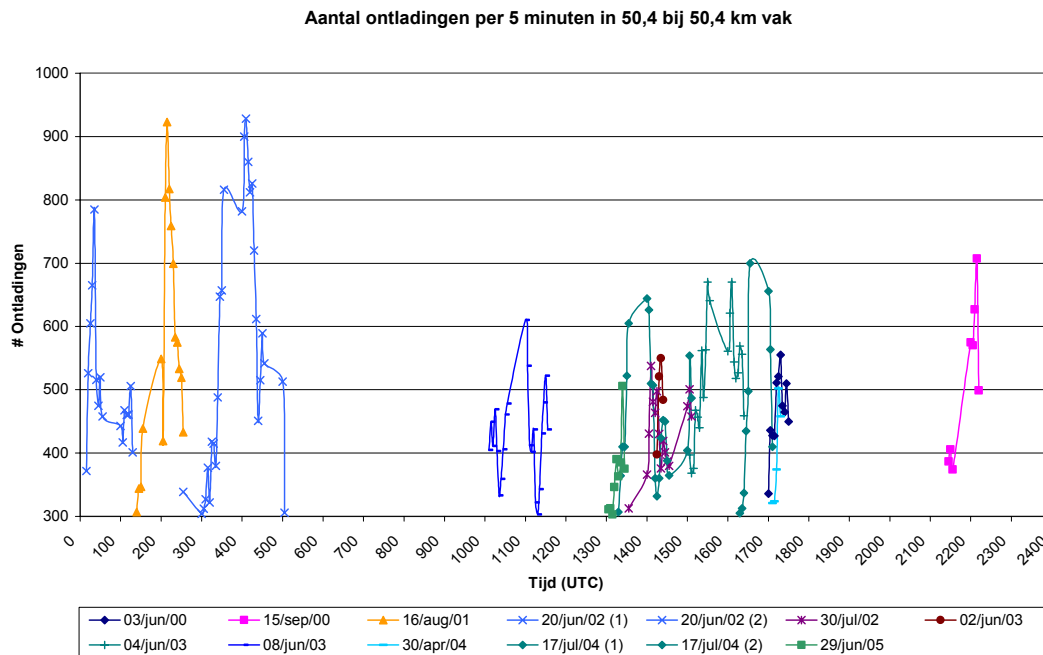
Uit de beschrijvingen in Tabel 7-3 blijkt dat er verschillende soorten situaties zijn, maar wat bij alle situaties overeen komt is dat uit bestudering van radarbeelden blijkt dat de buien (of delen van de builenlijnen) sterke radarecho's hebben. De buien zijn dus allemaal intens en sterk ontwikkeld, in een aantal situaties hebben buien wateroverlast tot gevolg gehad (onder andere op 30 juli 2002 in Garderen en op 30 april 2004 in onder andere Eindhoven). De situaties op 16 augustus 2001 en 20 juni 2002 zijn opvallend, want deze situaties zijn de twee actiefste situaties uit het hele rijtje, en bij beide situaties viel het maximum aantal ontladingen over een periode van 5 minuten 's nachts. In het eerste geval was er sprake van enkele groepen pittige buien, die over het oosten van Nederland en voor de Noordzeekust langs trokken. In het tweede geval was er sprake van een groot

buiengebied, ontstaan in België, dat bijna heel Nederland bedekte. In dat laatste geval kan ook worden gesproken van een onweerscomplex of een MCS (Mesoscale Convective System). Een MCS staat bekend om de hoge bliksemactiviteit waarmee deze systemen gepaard kunnen gaan.

In het geval van nachtelijk onweer speelt de (nachtelijke) 'low level jet' aan de bovenkant van de grenslaag een grote rol, deze zorgt voor de aanvoer van warme en vochtige lucht onderin de bui of het convectieve systeem. Hierdoor kan de bui zichzelf 's nachts in stand houden, ook als het aardoppervlak afkoelt. Een andere factor die van belang is voor de intensiteit van nachtelijk onweer is het afkoelen van de wolke toppen door het uitstralen van infraroodstraling door de wolke toppen. Doordat de wolke toppen afkoelen wordt de gradiënt in temperatuur tussen de lagere niveaus en de hogere niveaus versterkt, wat dan weer de convectie kan versterken.

In de meeste situaties zoals weergegeven in Tabel 7-3 blijken buien gegroepeerd voor te komen in buienlijnen of buiencomplexen. In een aantal van deze situaties ontstonden in eerste instantie wel losse buien, maar groeiden deze buien aan tot buienlijnen of buiencomplexen. Dit aanengroeien gebeurt door de invloed van de atmosferische omstandigheden waarin een bui ontstaat, een van de factoren die hierbij een rol speelt is de windschering in de atmosfeer. De enige situatie van de 11 geselecteerde situaties waarbij de buien niet aanengroeiden was 30 juli 2002. Op 30 juli 2002 was er in de middag erg weinig stroming in de atmosfeer, met het gevolg dat de buien die toen boven Nederland ontstonden zich nauwelijks verplaatsten. Het gebrek aan stroming in de atmosfeer had ook tot gevolg dat er weinig windschering in de atmosfeer was, waardoor de buien die middag ontstonden losse buien bleven.

De situaties waarin er meer dan 500 ontladingen gesommeerd over 5 minuten in een gebied van 50,4 bij 50,4 km optraden verschillen in weerssituaties (zie ook Tabel 7-3). Het weeralarmcriterium is echter niet gebaseerd op weerssituaties, maar op bliksemactiviteit. In dit opzicht is het dan ook interessant hoe de bliksemactiviteit bij de situaties uit Tabel 7-2 zich ontwikkelt naar de piek toe. In Figuur 7-1 is voor elk van de 11 situaties het aantal ontladingen per 5 minuten in een vak van 50,4 bij 50,4 km vak weergegeven, vanaf het moment dat het aantal meer dan 300 ontladingen per 5 minuten gepasseerd is totdat het aantal ontladingen per 5 minuten weer onder de 500 gezakt is. Doordat 300 ontladingen per 5 minuten als ondergrens genomen is worden de inactievere perioden eerder en later op de dag er uit gefilterd en blijven alleen de aanloop naar de piek en de piek zelf met > 500 ontladingen (per 5 minuten) over. Bij 300 ontladingen per 5 minuten (gemiddeld 60 ontladingen per minuut) in een vak van 50,4 bij 50,4 km kan er overigens al gesproken worden over sterke onweersactiviteit. Er zijn in de onderzochte periode van 5,5 jaar slechts 27 situaties geweest waarbij er meer dan 300 ontladingen per 5 minuten geteld werden in een vak van 50,4 bij 50,4 km, per jaar zijn dat gemiddeld ongeveer 5 situaties.



Figuur 7-1 Aantal ontladingen per 5 minuten in een vak van 50,4 bij 50,4 km, wanneer het aantal meer dan 300 ontladingen per 5 minuten gepasseerd is.

Bij iedere situatie in Figuur 7-1 neemt de bliksemactiviteit snel toe en wordt de piek ook snel bereikt. De piek wordt binnen 2 uur na het doorbreken van de grens van 300 ontladingen per 5 minuten (in een vak van 50,4 bij 50,4 km) bereikt, en in veel gevallen al binnen 1 uur. In alle situaties worden 500 ontladingen per 5 minuten binnen een uur na het bereiken van 300 ontladingen per 5 minuten bereikt, vaak wordt dit zelfs al binnen een half uur bereikt. Dit betekent dat in deze situaties de bliksemactiviteit zich zeer snel verder ontwikkelt na het bereiken van 300 ontladingen per 5 minuten.

7.3 Conclusie weeralarmcriterium

Het nieuwe weeralarmcriterium voor onweer is in de onderzochte periode 11 keer overschreden, bij 6 situaties was het criterium ook ruim overschreden (meer dan 600 ontladingen in een gebied van 50,4 bij 50,4 km). Dit gebeurde in verschillende weerssituaties, meestal was hierbij sprake van een buienlijn of een buiencomplex. De ontwikkeling van onweersbuien is een proces dat zeer snel kan verlopen als de benodigde processen eenmaal op gang zijn gekomen. Uit de gegevens van de situaties met intens onweer blijkt dat de verdere intensivering van de bliksemactiviteit eveneens snel gaat, deze stijgt zeer snel naar de piekwaarden. Op basis van gegevens van weermodellen en waarnemingen kan een verwachting gemaakt kan worden betreffende de gebieden waar de buien kunnen optreden en hoe zwaar de buien kunnen worden. De precieze plaatsen waar de buien zullen ontstaan en optreden en ook de (bliksem)activiteit van de buien zijn echter niet goed te voorzien. Het verwachten van onweersactiviteit en de intensiteit van onweersbuien zal daarom vooral ook een kwestie van de korte termijn zijn

(het zogenaamde ‘nowcasten’). De bliksemintensiteit en de neerslagintensiteit kunnen hierbij met bliksemdetectiesystemen en de weerradar gemonitord worden.

Uit de resultaten in dit hoofdstuk blijkt dat wanneer de bliksemintensiteit meer dan 300 ontladingen (in een gebied van 50,4 bij 50,4 km) per 5 minuten bedraagt, in 41% van de gevallen de bliksemactiviteit zeer snel (binnen één uur) verder oploopt naar meer dan 500 ontladingen (in een gebied van 50,4 bij 50,4 km) per 5 minuten. Het bereiken van deze waarde van meer dan 300 ontladingen per 5 minuten (in een gebied van 50,4 bij 50,4 km) kan als het punt gezien worden om de verdere ontwikkeling van de buien nauwgezet te monitoren. Het aantal van 300 ontladingen per minuut in een gebied van 50,4 bij 50,4 km is al aanzienlijk groot, en komt niet zo vaak voor. In 5,5 jaar was dit op 27 dagen het geval, wat overeenkomt met gemiddeld 5 dagen per jaar waarop het aantal van 300 ontladingen per minuut in een gebied van 50,4 bij 50,4 km overschreden wordt.

Bliksems zijn op zichzelf al een gevaarlijk weersverschijnsel, een inslag kan door de hoge stroomsterktes en warmteontwikkeling aanzienlijke schade aanrichten aan objecten op de grond. Bijkomende gevaren voor de mens bij zware onweersbuien zijn echter windstoten, slecht zicht door intense neerslag en grote hagelstenen. Het wegverkeer en de watersport is hiervoor het meest kwetsbaar. De uitgebreidheid van de buien of buiencomplexen, de treksnelheid en het tijdstip van optreden van deze systemen zijn hierbij factoren die ook meetellen. Deze factoren zijn van invloed op het aantal burgers die met de weersverschijnselen te maken krijgen en in hoeverre ze er door overvallen kunnen worden. Deze bijkomende factoren en de kwetsbaarheid van burgers hiervoor zijn daarom naast de bliksemactiviteit ook van belang bij een weeralarm.

8 Conclusies

Bliksemdata over een periode van 5,5 jaar (26 januari 2000 tot en met 30 juni 2005) afkomstig van het bliksemdetectiesysteem van het KNMI is onderzocht. Hierbij is er gekeken naar de instellingen bij de reprocessing van de bliksemdata, validatie van bliksemdata, bliksemstatistieken uit de bliksemdata en het nieuwe weeralarmcriterium. Voor de reprocessing van de bliksemdata was vooral de LF Full Range van belang. De LF Full Range beïnvloedt de verdeling van ontladingen en inslagen bij het reprocessen van de bliksemdata. De invloed van de LF Full Range werkt door in de stroomsterkte die uit het elektromagnetische signaal van de bliksem herleid wordt. Doordat de stroomsterkte gebruikt wordt als één van de parameters om onderscheid te maken tussen inslagen en ontladingen, verandert het aantal inslagen en ontladingen als de LF Full Range veranderd wordt. Bij het veranderen van de gebruikte LF sensor verandert de waarde van de LF Full Range, deze verandering is bij de Belgische stations kleiner dan bij de Nederlandse stations. De verschillen in LF Full Range tussen SAFIR en FLITS zijn voor de stations klein. Op basis van optimalisatie van de LF Full Range bij het reprocessen is voor elk bliksemdetectiestation de LF Full Range opnieuw ingesteld. De verschillen tussen de ingestelde waarden en de geoptimaliseerde waarden zijn klein.

De validatie van bliksemdata met behulp van radardata kan het beste uitgevoerd worden met de maximale waarde van de radarreflectiviteit (of echo top hoogte) in een vooral bepaald gebied rond de ontlading als validatieparameter. Drempelwaarden voor deze parameter zijn een radarreflectiviteit van 7 dbZ bij neerslagintensiteit producten en een echo top hoogte van 2 kilometer bij echo top hoogte producten. De grootte van het vooraf bepaalde gebied wordt bepaald door de offset. Deze offset is de maximale afstand vanaf de ontlading, uitgedrukt in 'pixels', de beeldpunten van de radar- en bliksemproducten. De meest geschikte offset is 4 'pixels' (overeenkomend met 9,6 km) bij de neerslagintensiteit en 3 'pixels' (overeenkomend met 7,2 km) bij de echo top hoogtes. Bij vergelijking van data over een periode van 5 of 15 minuten is er weinig verschil tussen de twee periodes. Bij gebruik van data over een periode van 5 minuten is de bliksemdata iets beter geplaatst ten opzichte van de radardata dan bij gebruik van data over een periode van 15 minuten. Echter dit kan ondervangen worden door bij gebruik van data over 15 minuten een grotere offset te gebruiken.

Het aantal inslagen bedraagt ongeveer 10% van het aantal ontladingen. Bij de neerslagintensiteit is de verdeling van het relatief inslagen over de reflectiviteitsklassen nagenoeg gelijk aan de verdeling van het relatief aantal ontladingen over de reflectiviteitsklassen. Dit geldt ook voor de echo top hoogten.

In de wintermaanden zijn de waarden van de reflectiviteit en de echo top hoogtes lager, in de zomer hoger. Er komen in de winter ook relatief meer valse ontladingen voor. De eerder gekozen drempelwaarden zijn ook bruikbaar over het hele jaar.

Het aantal afgewezen bliksems op basis van de drempelwaarden voor de neerslagintensiteit is over een heel jaar 1,4%. Op basis van de drempelwaarden voor de echo top hoogtes is het aantal afgewezen bliksems 1,0%. Het zomerhalfjaar heeft een

zeer groot aandeel (78,9%) in het jaartotaal en de karakteristieken van het zomerhalfjaar werken dan ook sterk door in de karakteristieken over een heel jaar.

De bliksemactiviteit heeft een maximum in de zomer en het minimum in de winter. Op basis van een criterium van meer dan 500 ontladingen op een dag over het gehele detectiegebied zijn er gemiddeld 49 onweersdagen per jaar. Zeer actieve onweersdagen hebben een sterke invloed op de bliksemstatistieken (zoals jaartotalen). Gemiddeld vindt de meeste bliksemactiviteit plaats in de middag en in de avond. In de herfst is een verschuiving van de maximale bliksemactiviteit te zien naar de avond en de nacht. Evenals de bliksemactiviteit in het algemeen heeft ook het aantal inslagen een maximum in de zomer en hebben dagen met veel inslagen een grote invloed op de statistieken. Het aantal inslagen is positief gecorreleerd aan het aantal ontladingen, dagen met veel ontladingen hebben ook veel inslagen, er is echter wel veel spreiding tussen de dagen onderling. Over een maand bekeken bedraagt het aantal inslagen gemiddeld tussen 5 en 10% van het aantal ontladingen. Aan het einde van het jaar ligt het gemiddelde percentage wat hoger.

In de ruimtelijke verdeling van de bliksemactiviteit zijn de beperkingen in het detectiebereik van het bliksemdetectiesysteem duidelijk zichtbaar. Buiten de gebieden met beperkte detectie zijn echter wel een aantal onweershaarden zichtbaar in de ruimtelijke verdeling over 5,5 jaar. Deze onweershaarden bestaan voor een deel uit bliksemsporen van een aantal dagen met actief onweer. Deze dagen drukken ook nog over een periode van 5,5 jaar hun stempel op de ruimtelijke verdeling. Hierdoor is een periode van 5,5 jaar nog te kort om zinvol te zijn voor klimatologisch gebruik. Gemiddeld zijn er 3-8 ontladingen per km² per jaar en uitgaande van een gemiddelde van 10% inslagen zijn er dan 0,3-0,8 inslagen per km² per jaar. Ten opzichte van data van andere bliksemdetectie netwerken en data uit het verleden is dit aantal aan de lage kant.

Het nieuwe weeralarmcriterium van meer dan 500 ontladingen per minuut in een gebied met afmetingen van tenminste 50 bij 50 kilometer (het standaardgebied) werd in de onderzochte periode 11 maal overschreden, waarvan 6 keer sprake was van een ruime overschrijding (meer dan 600 ontladingen in 5 minuten in het standaardgebied). De 11 tijdstippen in de onderzochte periode waarbij het weeralarmcriterium is overschreden behelsden verschillende weerssituaties, waaronder losse buien, buienlijnen en buiencomplexen, wel was er bij alle situaties sprake van intense radar echo's. Bij deze situaties met zeer actief onweer ontwikkelt de bliksemactiviteit zich snel, bij het bereiken van een gestelde ondergrens van 300 ontladingen per 5 minuten in het standaardgebied werd in bijna alle gevallen binnen een uur het weeralarmcriterium van 500 ontladingen per 5 minuten in het standaardgebied overschreden.

Tijdens het onderzoek is het oude weeralarmcriterium niet aan bod gekomen. Echter een vergelijking tussen het oude weeralarmcriterium en het nieuwe weeralarmcriterium kan ook interessant zijn. Zo kan er onderzocht worden of er tijdstippen zijn waar het oude weeralarm wel overschreden wordt en het nieuwe niet (en vice versa). Het oude weeralarm beschouwt een kleiner gebied dan het nieuwe weeralarmcriterium (het scheelt ongeveer een factor 3) en daardoor kunnen locale bliksemhaarden beter opgepikt worden.

Bij het nieuwe weeralarmcriterium wordt de bliksemactiviteit over een groter gebied gesommeerd, waardoor lokale variabiliteit minder goed waar te nemen is. Een periode van 5,5 jaar bleek nog te kort te zijn voor zinvol klimatologisch gebruik van de ruimtelijke verdeling van bliksemactiviteit, echter de kaartjes zien er wel veelbelovend uit. De beperkingen van het detectiegebied blijven dan helaas nog wel, deze beperkingen zullen ook na nog meer jaren zichtbaar blijven in kaartjes van de ruimtelijke verdeling. In dit onderzoek is de validatie van bliksemdata met radardata beschouwd, echter er zijn ook nog andere manieren van validatie mogelijk. Zo kan er ook vergeleken worden met data van andere bliksemdetectiesystemen, zoals het bliksemdetectiesysteem van Vanderheide of van Siemens. Een andere mogelijkheid is het vergelijken met infrageluid data, de infrageluidsensoren kunnen ook het (infra)geluid van de donder registreren. De bliksemstatistieken zouden iets verbeterd kunnen worden door hiervoor gevalideerde data te gebruiken, met name in de wintermaanden als de onweersactiviteit laag is kan dit de statistieken verbeteren door het verwijderen van ‘ruis’ afkomstig van valse ontladingen.

Voor het bepalen van het aantal onweersdagen op basis van bliksemdata kan er een ondergrens aan het aantal ontladingen op een dag gesteld worden. Deze ondergrens zou vastgesteld kunnen worden door te vergelijken met menselijke waarnemingen, mits beschikbaar over dezelfde periode als er bliksemdata beschikbaar is.

Referenties

Literatuur

- Beekhuis, H. en Holleman, I., 2004, Upgrade and evaluation of a lightning detection system, KNMI, De Bilt.
- Holle, R.L. en López, R.E., 1993, Overview of real-time lightning detection systems for use by Meteorological Services. World Meteorological Organization, Instruments and Observing methods, Rep.No.51., 71 pp.
- Orville, R.E., 1991, Calibration of a magnetic direction finding network using measured triggered lightning return stroke peak currents, J. Geophys. Res., 96, D9, 17135–17142.
- Wessels, H.R.A., 1990, Luchtelektriciteit en onweer, KNMI, De Bilt.
- Wessels, H.R.A., 1999, Onweerswaarnemingen in Nederland. Zenit, juni 1999, p. 260-264
- Wessels, H.R.A. Bliksemdetectie met het KNMI KLU netwerk

Internet

- [1] <http://www.keesfloor.nl/elmar/1intro/1intro.htm>
- [2] http://www.knmi.nl/VinkCMS/explained_subject_detail.jsp?id=28750
- [3] <http://www.knmi.nl/weeralarmhistorie/weeralarmzwaaronweer17juli04.htm>

E-mail

- [I] Beekhuis (H.) (Hans.Beekhuis@knmi.nl), FW: RE: LF-gain optimisation, 27 april 2005, Bijlage: [II].
- [II] Calef (S.) (serge.calef@vaisala.com), RE: LF-gain optimisation, 27 april 2005, Bijlage: Return Stroke Current.doc (“Retrieving Return Stroke Current from Measured Electric Field”).