

## Bliksemstatistieken uit het SAFIR/FLITS-systeem

Saskia Noteboom, Iwan Holleman (KNMI), Hans Beekhuis (KNMI)

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. In de praktijk blijkt echter dat het bliksemdetectiesysteem niet helemaal perfect werkt, omdat het gevoelig is voor verstoringen van buitenaf. Om de betrouwbaarheid van het bliksemdetectiesysteem te onderzoeken zijn de data afkomstig uit het systeem gevalideerd door deze te vergelijken met radarbeelden. In dit artikel zal de validatie van bliksemdata met radardata belicht worden. Vervolgens zullen de bliksemstatistieken, verkregen uit data van het bliksemdetectiesysteem, aan bod komen. Maar allereerst zal het bliksemdetectiesysteem kort beschreven worden.

### BLIKSEMDETECTIE

Een bliksem is 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 drie soorten ontladingen bijeengeschaard onder de term wolkontladingen, om zo een onderscheid tussen wolkontladingen en grondontladingen te krijgen. Bliksems zenden elektromagnetische straling uit in een breed spectrum, met een nadruk op (zeer) laagfrequente radiogolven (ELF, 3 Hz – 3 kHz; VLF, 3-30 kHz). Deze radiogolven kunnen met geschikte apparatuur ontvangen en geregistreerd worden. Door met meerdere detectiestations en met bepaalde verwerkingstechnieken te werken kan een ontlading niet alleen geregistreerd maar ook gelokaliseerd worden. De lokalisatie wordt gedaan met technieken op basis van verschillen in de tijd van aankomst van het signaal (waarbij de locatie vervolgens met behulp van hyperbolen bepaald kan worden) of op basis van de richting waaruit een signaal komt (waarbij de locatie vervolgens met behulp van driehoeksberekening bepaald kan worden). Naast de lokalisatie van de ontlading wordt er ook onderscheid gemaakt tussen wolkontladingen (Cloud-to-Cloud: CC's) en grondontladingen (Cloud-to-Ground: CG's), dit gebeurt op basis van kernmerken van de radiosignalen die opgevangen worden.

Van 1995 tot in 2003 gebruikte het KNMI het SAFIR (Surveillance et Alerte Foudre par Interférométrie Radioélectrique) systeem, ontwikkeld door Dimensions SA in Frankrijk. Dit systeem werkt op basis van interferometrie. Bij dit systeem bevat elk detectiestation 5 afzonderlijke antennes. De faseverschillen tussen de signalen die op de antennes worden 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 de LF band om CG's en CC's te onderscheiden (de gebruikte frequentieband is 300 Hz tot 3 MHz). (Beekhuis en Holleman, 2004)



Figuur 1 Bliksemdetectiemast met 5 dipool antennes in de top (foto: Ronald van de Vate, KNMI)

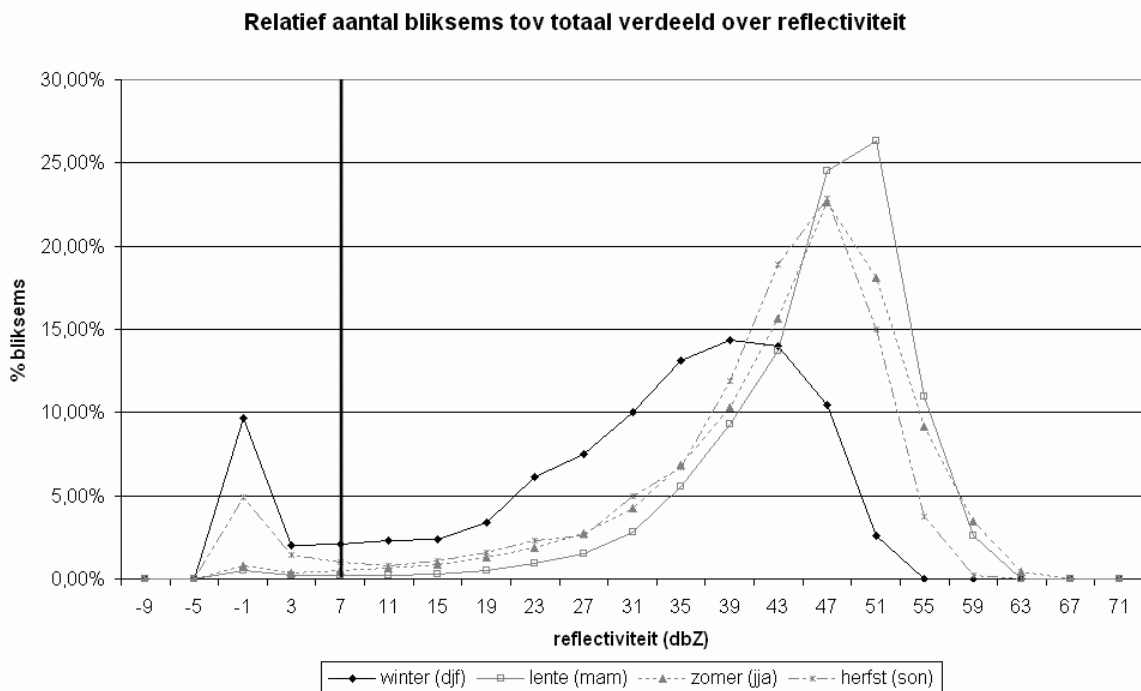
Sinds 18 december 2003 is het bliksemdetectie systeem FLITS in gebruik bij het KNMI. FLITS (Flash Localisation by Interferometry and Time of arrival System) is een verbetering van SAFIR, met modernere apparatuur en modernere verwerkingssoftware. In het FLITS systeem kunnen de signalen die door de LF-antenne opgevangen worden ook nog gebruikt worden voor een extra plaatsbepaling met een andere methode (op basis van aankomsttijd).

#### VALIDATIE VAN BLIKSEMDATA

Aangezien het bliksemdetectiesysteem op basis van radiogolven werkt ligt op dat gebied ook een gevoeligheid voor verstoringen. Communicatie in de luchtvaart gebeurt onder andere in de VHF band. De hiervoor gebruikte frequenties liggen in de buurt van de 110 MHz die 'beluisterd' worden 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 de neerslagradar zinvol als validatie. Er zijn voor de validatie twee typen radardata beschikbaar: neerslagintensiteit (aan/nabij de grond) en echotoppen (de maximale hoogtes van de waargenomen echo's). De validatie van bliksemdata tegenover radardata is uitgevoerd over het jaar 2004, voor het verkrijgen van bliksemstatistieken is data over de periode van januari 2000 tot en met juni 2005 gebruikt.

De validatie van bliksemdata is gedaan op basis van zowel de neerslagintensiteit (radarreflectiviteit) als de echotoppen hoogte. Bij de validatie van een ontlading wordt er een gebied tot een afstand van 10 km rondom de ontlading beschouwd, waarbij er gekeken wordt naar de maximale waarde van de reflectiviteit of de echotoppen hoogte in het gebied. Er is voor deze methode gekozen vanwege de betere relatie met onweersbuien, zowel in ruimtelijk als in fysisch opzicht, omdat bliksems niet alleen in het gebied met de sterkste radarecho's (de neerslagkernen) optreden, maar ook op wat grotere afstand van de neerslagkernen, zoals bijvoorbeeld onder aambeelden.

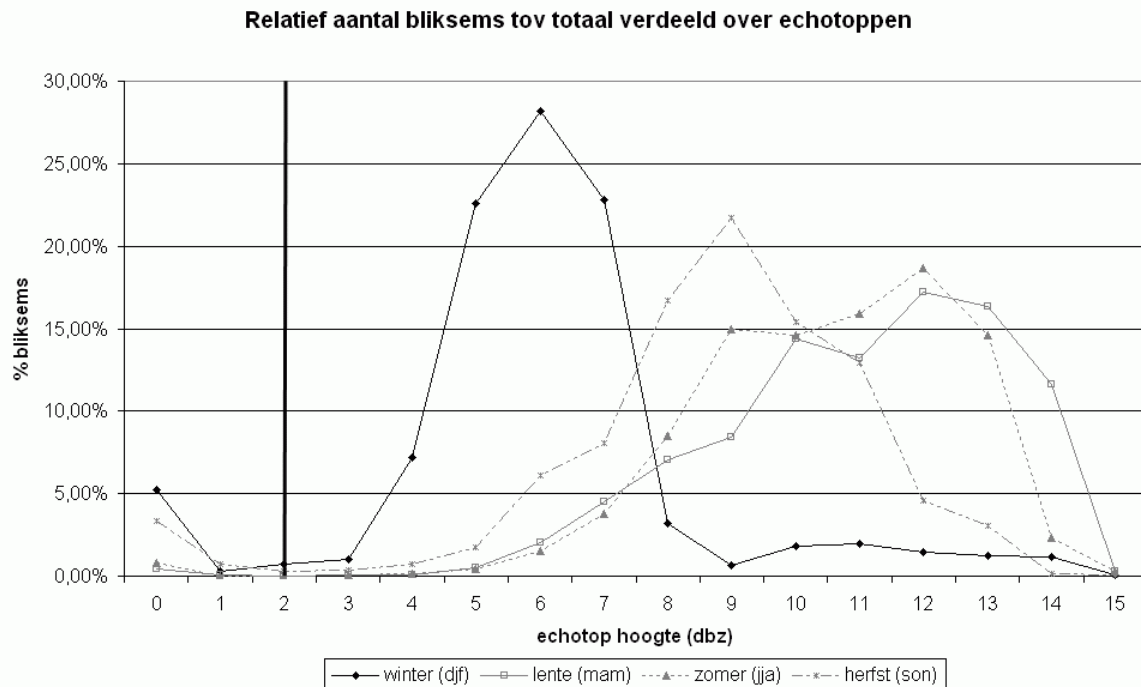
De gevonden maximale waarde van de reflectiviteit of de echotoppen hoogte wordt vervolgens als kenmerk aan de ontlading toegekend. Bij toepassing van deze methode op alle gedetecteerde ontladingen kunnen de verkregen gegevens gebruikt worden om onder andere verdelingen te maken van het aantal ontladingen over de radarreflectiviteit of echotop hoogte. Op basis van bliksem- en radardata van augustus 2004 (een actieve maand qua onweer zonder uitschieters zoals 17 juli 2004), zijn enkele drempelwaarden bepaald. Als drempelwaarde voor de neerslagintensiteit is 7 dBZ (overeenkomend met lichte regen) geschikt en als drempelwaarde voor de echotoppen hoogte is een hoogte van 2 km geschikt. Voor zowel de neerslagintensiteit als de echotoppen hoogte geldt hierbij dat de drempelwaarden hoog genoeg zijn om echt valse detecties eruit te filteren en laag genoeg om ook bij minder sterk ontwikkelde buien nog bruikbare resultaten te geven. De vraag is dan wel of deze drempelwaarden, bepaald uit de gegevens van een zomermaand met hoge bliksemactiviteit en sterkere convectie, ook geschikt zijn voor het gebruik in de wintermaanden als de bliksemactiviteit lager en de convectie minder sterk is. Om deze vraag te beantwoorden is er naar de verdelingen van de bliksems over de reflectiviteit en echotoppen over de seizoenen gekeken.



**Figuur 2** Verdeling van het relatieve aantal bliksems in procenten voor de verschillende seizoenen in 2004, over maximum reflectiviteitsklasse. De verticale lijn is de drempelwaarde op basis waarvan detecties goed- of afgekeurd worden.

In Figuur 2 is per seizoen in 2004 de verdeling van het relatieve aantal bliksems (in procenten) per reflectiviteitsklasse ten opzichte van het totale aantal bliksems van dat seizoen uitgezet. Uit deze grafiek blijkt, dat de verdelingen van 3 van de 4 seizoenen behoorlijk veel

op elkaar lijken. De verdeling in de (meteorologische) winter is afwijkend, bliksems komen dan vaker bij lagere reflectiviteiten voor dan in de overige seizoenen. Ook is er in de winter een piek zichtbaar bij -1 dBZ, deze piek is te wijten aan een relatief hoog aantal valse detecties in die maanden, echter met de drempelwaarde van 7 dBZ worden deze eruit gefilterd. De drempelwaarde van 7dBZ is dus ook goed te gebruiken in de wintermaanden, de meerderheid van de gedetecteerde ontladingen ligt ver rechts van de drempelwaarde, terwijl echt valse detecties eruit gefilterd kunnen worden.



*Figuur 3 Verdeling van het relatief aantal bliksems in procenten voor de verschillende seizoenen in 2004, over maximum echotop hoogte. De verticale lijn is de drempelwaarde op basis waarvan detecties goed- of afgekeurd worden.*

In Figuur 3 is per seizoen in 2004 de verdeling van het relatieve aantal bliksems (in procenten) over de verschillende echotop hoogtes ten opzichte van het totale aantal bliksems van dat seizoen uitgezet. De verdelingen van het relatieve aantal bliksems over de echotop hoogte variëren iets meer tussen de seizoenen dan die over de radarreflectiviteit (zie Figuur 2). De winter is ook hier duidelijk afwijkend ten opzichte van de andere seizoenen, maar ook tussen die andere seizoenen is meer variatie te bespeuren. In de herfst zijn de echotoppen iets lager dan in de lente en in de zomer. Hierbij moet wel vermeld worden dat er in de lente enkele dagen met zomers aandoende onweersactiviteit geweest zijn (bijvoorbeeld 28 en 30 april 2004). Deze dagen hebben ervoor gezorgd dat de verdeling over de echotop hoogte verder naar rechts ligt dan op grond van de tijd van het jaar verwacht zou worden. In de herfst en winter is een piek te zien bij de echotoppen van 0 tot 1 km, deze pieken komen van de maanden november en december. De lage waarden van de echotoppen wijzen op valse detecties, wat overeenstemt met de reflectiviteitsdata (ook daar zijn meer valse detecties in de herfst en vooral in de winter). Bij toepassing van de drempelwaarde van 2 kilometer worden deze valse detecties eruit gefilterd, terwijl de overige echotoppen in de wintermaanden wel het validatiecriterium passeren. De drempelwaarde van 2 km is dus ook bruikbaar in de wintermaanden omdat er ook dan ondanks de lagere echotoppen in dit seizoen ook valse detecties goed onderscheiden kunnen worden.

Het gebruiken van de echotop hoogte biedt een voordeel ten opzichte van de radarreflectiviteit, bij het bepalen van de echotop hoogte wordt namelijk gebruik gemaakt van

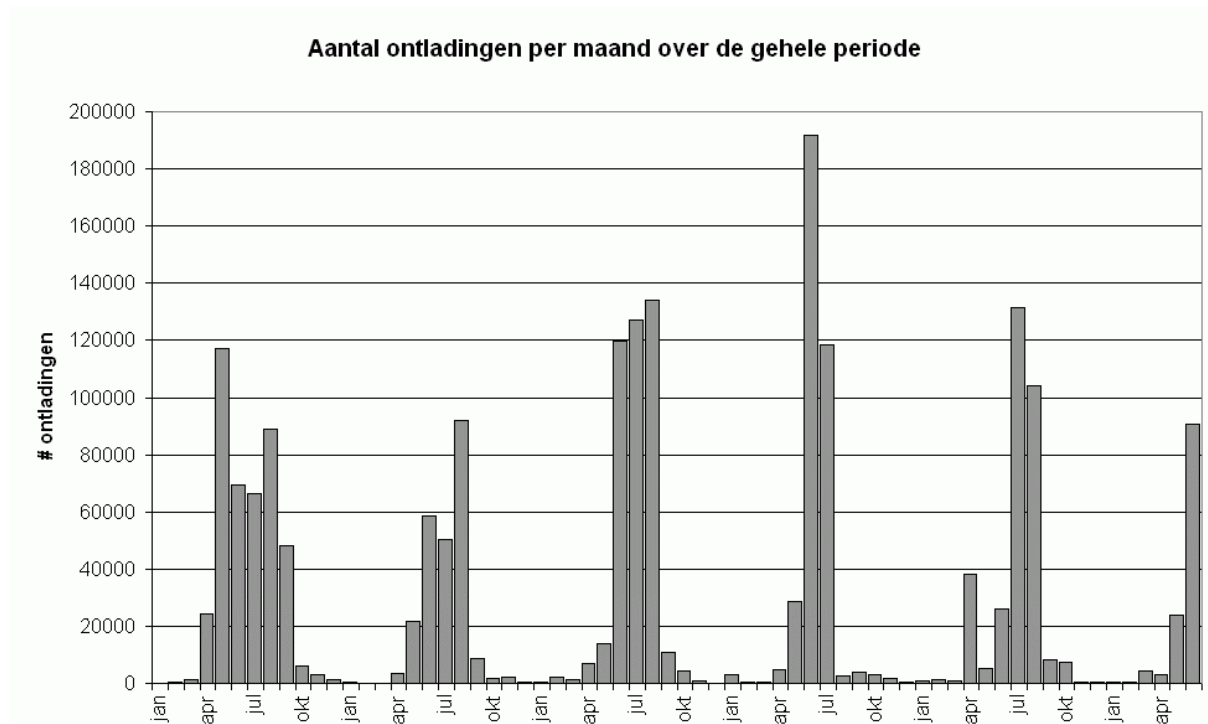
een reflectiedrempel. De echotop hoogte is gedefinieerd als de maximale hoogte waarop een radarreflectiviteit van 7 dBZ gemeten is. De reflectiedrempel is hierbij dus hetzelfde als de eerdergenoemde drempelwaarde voor de radarreflectie. In wezen tonen Figuur 2 en de eerdergenoemde drempelwaarde voor de radarreflectie aan dat de gekozen waarde voor de reflectiedrempel voor de echotop hoogte een geschikte keuze is. Omdat bij het bepalen van de echotoppen de reflectiedrempel al wordt toegepast, behelst de validatie met echotoppen dus twee criteria. Er worden zowel eisen gesteld aan de reflectie als aan de hoogte. Dit maakt de echotop hoogte tot de beste parameter van de twee om de validatie mee uit te voeren.

Bij toepassing van de voornoemde drempelwaarde van 7 dBZ voor de radarreflectiviteit om de bliksemdata te valideren blijkt dat er over het gehele jaar gezien 4597 bliksems onder de drempelwaarden vallen. Dit is 1,4% van het jaartotaal van 324035 bliksems. De grootste invloed komt hierbij van het zomerhalfjaar (april tot en met september), 1,2% van alle in het zomerhalfjaar optredende bliksems valt onder de drempelwaarde en worden dus afgewezen. De afgewezen bliksems van het zomerhalfjaar maken 79,8% uit van het jaartotaal van afgewezen bliksems. Hoewel het aandeel afgewezen bliksems in november en december opvallend hoog is (bijna 45%), valt dat qua absolute aantallen in het niet ten opzichte van wat er in over het zomerhalfjaar afgewezen wordt.

Wanneer de echotop hoogte gebruikt wordt als criterium voor validatie worden er bij de voornoemde drempelwaarde van 2 km over het hele jaar 3134 bliksems afgewezen, dit is 1,0 % van het jaartotaal (310951). Dit aantal is kleiner dan het aantal wat op grond van de reflectiviteit afgewezen wordt. Er zijn blijkbaar dus bliksems waarbij de neerslagintensiteit aan de grond lager is dan 7 dBZ maar waarbij de echotop 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 geproduceerde neerslag niet intens genoeg was.

## BLIKSEMSTATISTIEKEN

Uit de bliksemstatistieken over een periode van 5,5 jaar (januari 2000 tot en met juni 2005) blijkt dat het overgrote deel (meer dan 95 %) van de ontladingen in het zomerhalfjaar plaatsvindt, in de wintermaanden is het veel rustiger (zie Figuur 4). Het aantal ontladingen in een maand hangt echter sterk af van het weertype dat 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.



Figuur 4 Aantal ontladingen per maand over de gehele periode (januari 2000 – juni 2005) (Noteboom, 2006)

De meest ‘actieve’ maand in deze periode is juni 2003 met 191791 geregistreerde ontladingen, de minst actieve maand in deze periode is februari 2001 met 59 geregistreerde ontladingen. Het aantal geregistreerde ontladingen over een geheel jaar varieert van 239455 tot 426370 in deze periode. Dagen met veel bliksemactiviteit kunnen al een bijdrage van enkele procenten van het totaal aan ontladingen in dat jaar leveren. Een aantal van deze actieve dagen samen vertegenwoordigen een nog groter aandeel: de vijf dagen met de meeste ontladingen in de beschouwde periode beslaan samen 15% van het totale aantal ontladingen van de periode. Deze dagen beslaan echter slechts 0,5% van het totale aantal dagen. In een enkel jaar kan zo’n actieve dag een nog groter aandeel op zich nemen, bij de voornoemde top 5 varieert dat van bijna 10% tot bijna 15%. De effecten voor een individuele maand zijn natuurlijk nog wat groter, deze variëren van bijna 30% tot ruim 60%.

De verdelingen over het jaar van de inslagen (CG’s) zijn relatief gezien grotendeels hetzelfde als die van alle ontladingen (CC’s en CG’s samen). Evenals bij alle ontladingen komen de meeste inslagen voor in het zomerhalfjaar (ca 95% van het jaartotaal). De pieken in de zomer reiken over het algemeen tot boven de 4000 inslagen per maand. In de wintermaanden komt het aantal inslagen in geen enkele maand boven de 300 uit. De meest ‘actieve’ maand 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.

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 in veel gevallen ook te relateren aan dagen met een groot aantal ontladingen. In Tabel 1 staan de 5 dagen met de meeste inslagen weergegeven met daarbij ook het aantal ontladingen op diezelfde dag.

Tabel 1 Top 5 aantal inslagen per dag

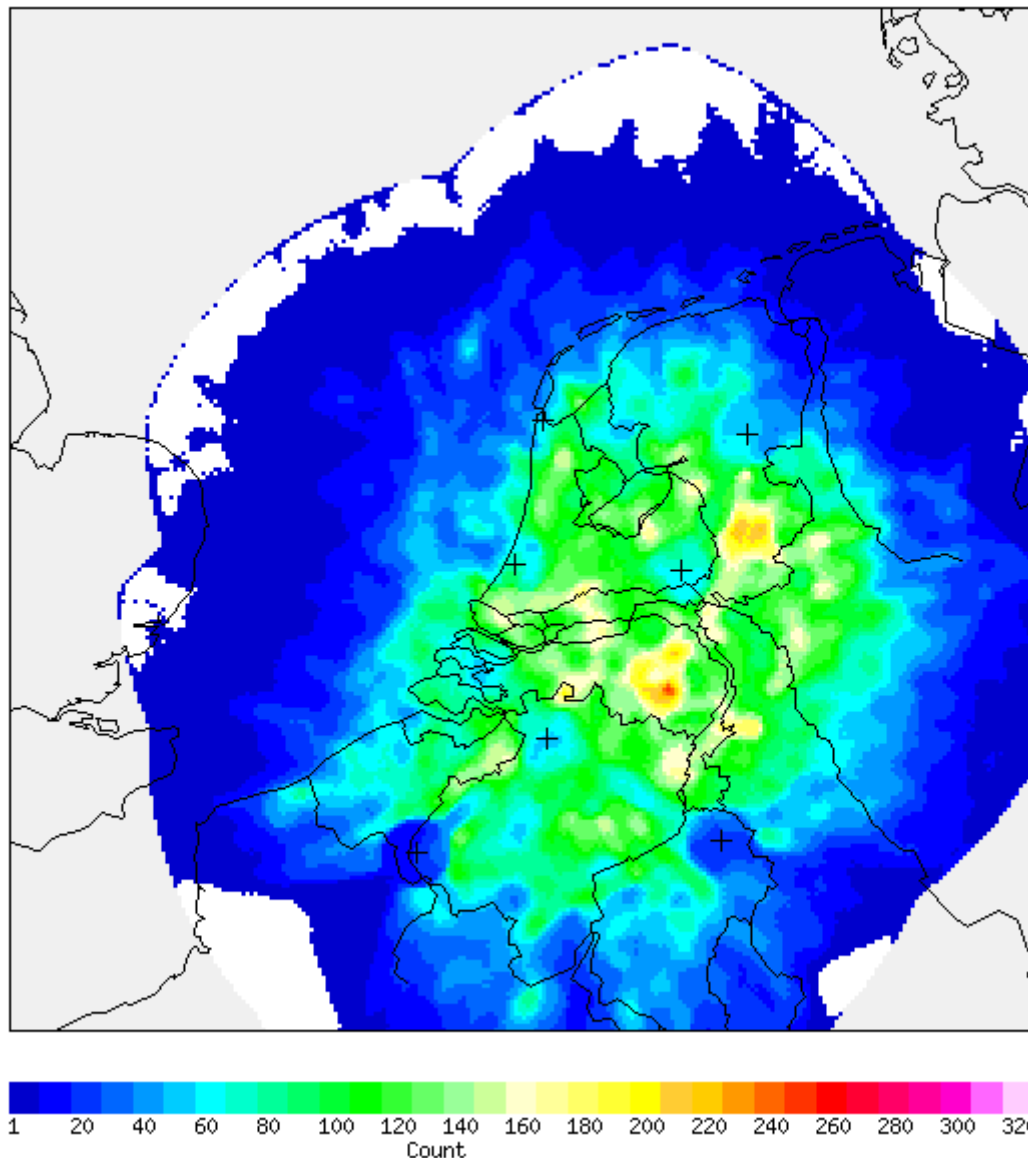
Datum	# Inslagen	% van het totale aantal	% van het totale aantal inslagen	# Ontladingen	% inslagen van het
-------	------------	-------------------------	----------------------------------	---------------	--------------------

		<b>inslagen (over 5,5 jaar)</b>	<b>over het desbetreffende jaar</b>		<b>totale aantal ontladingen</b>
20-jun-02	5112	3,3%	12,0%	52446	9,8%
17-jul-04	4570	2,9%	14,9%	80282	5,7%
18-jun-02	4559	2,9%	10,7%	15226	29,9%
20-aug-02	4226	2,7%	9,9%	41571	10,2%
25-jun-05	4030	2,6%	(jaar nog niet voltooid)	11840	34,0%
Som	22497	14,5%	-	201365	11,2%

## RUIMTELIJKE VERDELING

Uit de ruimtelijke verdeling over een bepaalde periode kunnen weer karakteristieken van het bliksemdetectiesysteem en de ontladingactiviteit afgeleid worden. In Figuur 5, is de ruimtelijke verdeling van alle ontladingen geaccumuleerd over de gehele periode (januari 2000 tot en met juni 2005) weergegeven, Er is duidelijk te zien waar de stations liggen, dit is een gevolg van beperkingen in de reikwijdte van de detectie. Ook zijn er beperkingen in de detectie aan de randen van het gebied, wat het beste is te zien bij de twee zuidelijkste Belgische stations (Mourcourt in het zuidwesten en La Gileppe in het oosten) en het station in Drente (Hoogeveen). Echter in Figuur 5 zijn ook gebieden met een hoger aantal ontladingen te zien, die kunnen beschouwd worden als de onweershaarden van de periode.

0000 UTC 20000126 - 0000 UTC 20050701, Safir:ALL



*Figuur 5 Ruimtelijke verdeling alle ontladingen 26 januari 2000 tot en met 30 juni 2005 (Noteboom, 2006)*

Het aantal geaccumuleerde ontladingen over 5,5 jaar varieert van ongeveer 100 tot 250 per  $4,9 \text{ km}^2$ . Het aantal ontladingen per  $\text{km}^2$  per jaar varieert dan tussen 3 en 8, en het aantal inslagen (uitgaande van een fractie van ca 10%) varieert tussen 0,3 en 0,8 inslagen per  $\text{km}^2$  per jaar. Als de bliksemaccumulaties uitgesplitst worden per jaar blijkt dat er dan 'bliksemsporen' te zien zijn in de ruimtelijke verdelingen, dit zijn uitwerkingen van actieve dagen op de ruimtelijke verdeling van het hele jaar. In de accumulatie over 5,5 jaar zijn ze daarentegen minder duidelijk te zien, maar nog steeds aanwezig. Dagen met actief onweer hebben een grote invloed op ruimtelijke verdelingen door het veroorzaken van bliksemsporen. Omdat deze bliksemsporen ook nog doorwerken in de verdeling over 5,5 jaar is deze periode dus nog te kort voor een betrouwbare weergave van de ruimtelijke verdeling van bliksemactiviteit.

## CONCLUSIES



Validatie van bliksemgegevens met radargegevens blijkt goed uitvoerbaar. 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 echotop hoogtes is het aantal afgewezen bliksems slechts 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.

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 groot deel uit ‘bliksemsporen’ van een aantal dagen met actief onweer. Deze dagen drukken zelfs 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 voor het genereren van een ruimtelijke verdeling die zinvol is voor klimatologisch gebruik.

#### Literatuur:

Beekhuis, H. en Holleman, I., 2004, Upgrade and evaluation of a lightning detection system, KNMI, De Bilt.

Noteboom, S., 2006, Processing, validatie en analyse van bliksemdata uit het SAFIR/FLITS-systeem, KNMI Intern Rapport IR-2006-01, De Bilt.