

Het noodweer van 14 juli 2010 in Vethuizen, Neerkant en omgeving

Meteorologisch onderzoek en achtergronden

Rob Groenland, Jan Hemink, Jacob Kuiper en Nander Wever;
eindredactie Geert Groen

De Bilt, 2010 | KNMI-publicatie; 228

**Het noodweer van 14 juli 2010
in Vethuizen en Neerkant e.o.**

meteorologisch onderzoek en achtergronden



Rob Groenland, Jan Hemink, Jacob Kuiper en Nander Wever

eindredactie Geert Groen

**KNMI-publicatie 2010-228
19 december 2010**

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	4
2	Inleiding	5
3	Impressies van de onderzoeken in Vethuizen en Neerkant e.o.	6
3.1	Impressie van het onderzoek in Vethuizen e.o.	6
3.2	Impressie onderzoek Neerkant e.o.	10
4	Impressie van het synoptische onderzoek	13
4.1	Weerkaart	13
4.2	Baan van de thermische depressie en treksnelheden	14
4.3	Gecombineerd beeld uit satelliet, radar en bliksemmeetnetwerk.	16
4.4	Zeer zware windstoten	17
4.5	Combinaties van waarnemingsbronnen	17
4.6	Waarschuwing en weeralarm	19
5	Theoretische achtergrond	22
5.1	Valwinden	22
5.2	Microburst en swath	23
5.3	Boog-echo, komma-echo en vortex	24
5.4	Miso vortex	24
5.5	Rear inflow jet	25
5.6	Kenmerken schadespoor Neerkant en Vethuizen	26
5.7	Verschillen in de schadesporen van downburst en windhoos	26
5.8	Twee voorbeelden van schadetekeningen bij een windhoos	27
5.9	Theoretisch maximale windstoten	28
6	Conclusies	29
7	Dankwoord	30
8	Bijlagen	31
8.1	Detailbeschrijvingen van het veldonderzoek te Vethuizen e.o.	31
8.1.1	Aanpak	31
8.1.2	Overzicht	31
8.1.3	Observaties	31

8.1.4	Getuigenissen	33
8.1.5	Details van locatie B	34
8.1.6	Details van locatie H	35
8.1.7	Details van locatie I	37
8.1.8	Details van locaties K en O	40
8.1.9	Details locatie O	44
8.1.10	Samenvatting Vethuizen e.o.	46
8.2	Detailbeschrijvingen van het veldonderzoek te Neerkant e.o.	48
8.2.1	Inleiding	48
8.2.2	Beschrijving van de schadelocaties	49
8.2.3	Ooggetuigenrapport medewerker gemeente Deurne	58
8.2.4	Samenvatting Neerkant e.o.	60
8.3	Analyse van de waargenomen zichtvermindering	60
8.4	Synoptische situatie	60
8.4.1	Aan de grond	60
8.4.2	De bovenlucht	62
8.4.3	Waarnemingen en analyses	62
8.4.4	Baan van de thermische depressie en treksnelheden	69
8.4.5	Weer- en wolkenbeeld	70
8.4.6	Tijdreeks waarnemingen Eindhoven	70
8.4.7	Zeer zware windstoten	71
8.4.8	Weerradar en bliksemdetectie	71
8.4.9	Vanuit de ruimte.	73
8.4.10	Temperatuur aan de top van de buien	75
8.4.11	Radiosonde	76
8.4.12	Gecombineerd beeld uit satelliet en radar.	78
8.4.13	Opvolgende radarbeelden	79
8.5	Theoretisch maximale windstoten	81

9 Literatuur

84

Hoofdstuk 1

Samenvatting

Op woensdag 14 juli 2010 trok een intensieve buienlijn over ons land. De bijbehorende windfenomenen veroorzaakten in het oosten en zuidoosten flinke schade en er vielen twee slachtoffers te betreuren. Ook in België trad grote schade aan bomen en gebouwen op. Het gebied met grootste schade in Nederland lag ten zuidoosten van de lijn Tilburg-Arnhem-Emmen.

Het actieve buiengebied in Nederland maakte onderdeel uit van een langgerekte noord – zuid georiënteerde buienlijn, die zich tot in het noorden van Zwitserland uitstrekte. Ook Duitsland kreeg met dit intensieve weersysteem te maken.

Een onderzoeksteam van het KNMI heeft op twee locaties met extreme schade, Vethuizen (gemeente Montferland) en Neerkant (gemeente Deurne), een nauwkeurige analyse van de aangerichte schade gemaakt en onderzocht welke meteorologische fenomenen hieraan hebben bijgedragen.

Vanuit theoretische beschouwingen is, naast beschikbare metingen, door deskundigen een berekening gemaakt van de schadebrengende windsnelheden op 14 juli 2010. De theoretisch hoogste windstoten kunnen ongeveer 50 tot 55 m/s (circa 180 tot 200 km/u) zijn geweest, maar met een kleine kans van optreden op een zeer lokale schaal en zonder rekening te houden met remming van de wind door het landschap. De beschikbare metingen leveren als hoogste windstoot 34,2 m/s (123 km/u) op vliegbasis Volkel op. Doordat het waarnemingsnetwerk een beperkte dichtheid heeft is de kans dat de theoretisch hoogste windstoot wordt geregistreerd erg klein.

Hoewel het schadebeeld in het onderzochte gebied complex was, heeft het onderzoek een groot aantal aanknopingspunten opgeleverd voor de conclusies. In een brede strook zijn op 14 juli 2010 in beide gebieden sterke valwinden met zeer zware windstoten opgetreden, veroorzaakt door intensieve neerslag en sterke luchtstromingen op 1-3 km hoogte, de zgn. Rear Inflow Jet. De sterke stromingen op 1-3 km hoogte hebben zich op sommige plaatsen tot aan de grond uitgebreid, zowel in Neerkant als in Vethuizen.

Aan de zijkant van het gebied met zeer zware windstoten heeft zich in de omgeving van Neerkant waarschijnlijk vanuit de buien ook een zogenaamde vortex gevormd, een luchtwervel met een verticale draaiingsas, die qua ontstaanswijze veel gelijkenis heeft met een windhoos. Een nabij het aardoppervlak doordringende vortex kan in combinatie met valwinden lokaal extra grote schade veroorzaken. In Vethuizen is de schade waarschijnlijk voor het grootste deel door valwinden.

Ook zijn er indicaties, dat nabij het aardoppervlak en losgekoppeld van de bui aan de rand van het windstotenfront kortstondige wervelstructuren zijn geweest (zogenaamde “gustnado”), die ook de momentane windstoten kunnen hebben versneld. Een windhoos of tornado wordt op beide locaties onwaarschijnlijk geacht.

Enkele uren na het noodweer in Zuidoost-Nederland zijn in Friesland (Appelscha, Oosterwolde en Schiermonnikoog) meerdere waarnemingen van een windhoos gedaan. Het is niet ongebruikelijk dat op dagen met dergelijke zware onweerscomplexen, meerdere windfenomenen optreden

© KNMI. Alle rechten voorbehouden.

Dit document bevat teksten en afbeeldingen die uit verschillende bronnen afkomstig zijn. Gebruik van afbeeldingen door derden, in enigerlei vorm, is uitsluitend toegestaan nadat toestemming voor extern gebruik door het KNMI is verleend. Hiervoor kunt u contact opnemen met afdeling Communicatie van het KNMI. Op dit rapport zijn de onderzoeksvoorwaarden van het KNMI van toepassing en aan de inhoud kunnen geen rechten worden ontleend.

Hoofdstuk 2

Inleiding

Op woensdag 14 juli 2010 trok in de namiddag en avond een intensieve buienlijn over de zuidoostelijke en oostelijke helft van het land. De bijbehorende windfenomenen veroorzaakten lokaal extreme schade. Op dinsdag 13 juli, de dag ervoor, werd door KNMI-deskundigen de kans op een zware buienlijn met grote schade goot geacht. Op 15 juli, de dag erna, werd besloten een onderzoeksteam op pad te sturen naar de locaties met de meeste schade, Vethuizen (gemeente Montferland) en, in later stadium, Neerkant (gemeente Deurne).

In Vethuizen was de schade lokaal extreem en daar zijn twee doden en acht gewonden te betreuren. In Neerkant was eveneens sprake van zeer veel schade, met name aan een drietal kassen.

Het doel van dit onderzoek was om door veldwerk en onderzoek de oorzaak en omvang van de hoge windsnelheden te bepalen. Het onderzoeksteam, bestaande uit de KNMI-deskundigen Rob Groenland, Jan Hemink, Jacob Kuiper en Nander Wever, werd verzocht een nauwkeurige analyse van de aangerichte schade te maken en hierover vanuit de meteorologische achtergrond te rapporteren.

Bij de voorbereidingen werden de randvoorwaarden besproken, zoals de omgang met de getroffen en, het in kaart brengen van de schade, het uitvoeren van het achtergrondonderzoek, de beschikbare tijd en de rapportering. Bij de analyse in het getroffen gebied ging het erom de positie van de schade en de schadepatronen aan gebouwen, gewassen, bomen en bossen goed in kaart te brengen en de ervaringen van ooggetuigen op te tekenen. Het achtergrondonderzoek moest zich richten op de meteorologische oorzaken.

Het team is vanuit het KNMI bijgestaan door meerdere collega's, in het bijzonder door Alwin Haklander, Sander Tijm, Geert Groen en Mieke Reijmerink. Daarnaast willen de schrijvers oud-collega Kees van der Goot bedanken voor zijn inzet.

In dit verslag wordt in hoofdstuk 3.1 een impressie gegeven van het veldonderzoek in Vethuizen en omgeving, de details staan in bijlage 8.1. In hoofdstuk 3.2 wordt een impressie van het veldonderzoek te Neerkant en omgeving gegeven, de details staan in bijlage 8.2. Hoofdstuk 4 beschrijft een samenvatting van het meteorologische onderzoek, de details staan in laatste bijlagen. Hoofdstuk 5 neemt de lezer mee in de theoretische achtergrond van zware buien en bijbehorende verschijnselen. Aansluitend volgen de conclusies en een woord van dank van het onderzoeksteam. Ter afsluiting een verwijzing naar gebruikte literatuur.

Hoofdstuk 3

Impressies van de onderzoeken in Vethuizen en Neerkant e.o.

In bijlage 8.1 en 8.2 worden de veldonderzoeken te Vethuizen e.o. en Neerkant e.o. tot in detail beschreven, in dit hoofdstuk een impressie van beide onderzoeken.

Drie leden van het onderzoeksteam van KNMI hebben op 15 juli 2010 onderzoek verricht in Vethuizen en omgeving, een gebied dat ruwweg ligt tussen de plaatsen Doetinchem, Ulft en Zeddam.

Bij het KNMI kwamen kort na 14 juli ook veel vragen binnen van de gemeente Deurne, waar men zich afvroeg wat de grote schade had veroorzaakt, voornamelijk rondom het dorp Neerkant. Drie leden van het KNMI-team werden door de heer J. Mennen van de gemeente Deurne op donderdag 29 juli (15 dagen na het voorval) begeleid in Neerkant, de Deurnese Peel en Helenaveen.

3.1 Impressie van het onderzoek in Vethuizen e.o.



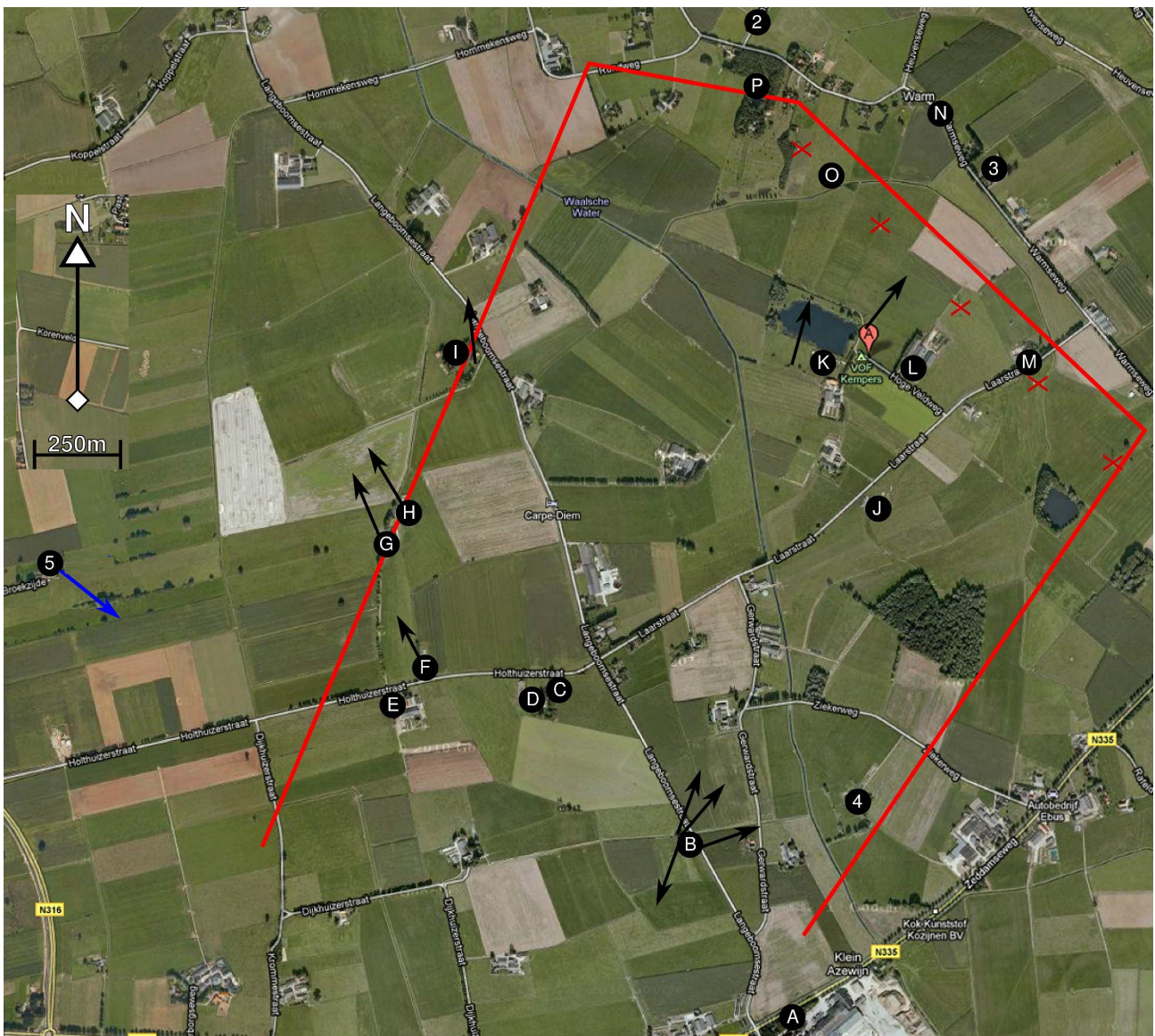
Figuur 1. Interview met een ooggetuige (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

Het onderzoek in Vethuizen werd geconcentreerd rond het gebied met de zwaarste schade. Op vijf specifieke plaatsen is deze schade uitgebreid vastgelegd en zijn ooggetuigen opgespoord die hun ervaringen wilden vertellen.

Bij het interviewen van ooggetuigen is voorzichtig te werk gegaan. De betrokkenen waren vaak eigenaar van zwaar beschadigde bezittingen en soms waren de emotionele aspecten groot. Vooral op de locatie Kemperplas in Vethuizen speelde dit een extra grote rol, aangezien hier op persoonlijk gebied veel leed is geschied en slachtoffers zijn gevallen. In dit rapport zijn de ooggetuigen geanonimiseerd.

De toegang tot sommige locaties werd door de autoriteiten continue gecontroleerd, maar het KNMI-team heeft na identificatie en uitleg van het doel van het onderzoek in alle gevallen positieve medewerking gekregen om haar werk te kunnen doen. Wel waren veel lokale wegen door de autoriteiten nog voorzien van verbodsborden om toestroom van 'ramptoeristen' te voorkomen. Gedetailleerd veldwerk kost veel tijd en daardoor werd doorgewerkt zolang het licht was, tegen middernacht keerde het team na een lange dag terug naar De Bilt.

In figuur 2 wordt een overzicht gegeven van de bezochte locaties in Vethuizen. De hoofdletters verwijzen naar detailbeschrijvingen in bijlage 8.1.



Figuur 2. Overzicht van de beschreven locaties in Vethuizen (Bron: GoogleMaps)

Het gebied met ernstige schade is ongeveer 1,3 km breed en 2,5 km lang, afgebakend in figuur 2 door de rode lijnen. De omgevallen bomen zijn weergegeven als cirkel en de valrichtingen als streepjes.

Locatie B, een boerderij uit 1931 aan de Langeboomsestraat met veestal en enkele schuren, staat in open terrein met aan de west en zuidzijde enkele (fruit)bomen. Het is een boerderij met zware schade (in detail beschreven in de bijlage), de dakpannen waren weggeblazen, de schoorsteen afgebroken en de achtermuur van boerderij was ingeblazen. Deze achtermuur is gericht naar de richting waaruit de zware windstoten kwamen, het zuidwesten. Op en nabij het erf waren veel bomen ontworteld of afgeknapt.



Figuur 3. Schade aan de boerderij aan de Langeboomseweg (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

Het KNMI-onderzoeksteam sprak met de bewoonster en constateerde dat het woonhuis annex veestal in het achterste deel zwaar beschadigd was. De restanten van de afgewaaide schoorsteen waren aan de zuidoostkant van het huis in de tuin beland. Vrijwel alle dakpannen van het achterhuis (stalgedeelte) waren door winddruk- en zuigeffecten van het dak verdwenen en aan weerszijden van het gebouw terecht gekomen, maar voor het grootste gedeelte aan de noordkant terechtgekomen. De muur aan de achterkant (zuidwestzijde) was voor een deel weggeslagen, de restanten waren naar binnen geduwd en de grote deuren waren naar binnen ontzet.

Het team constateerde verschillen in valrichtingen van de bomen, dakpannen en dakplaten. Dit type schade ontstaat als er een (verticaal) roterend systeem (zoals een windhoos of een gustnado) overtrekt. Het is echter ook denkbaar dat de windrichting in de directe omgeving van de boerderij is beïnvloed door turbulente stroming en wervelingen rond de gebouwen, zoals dat altijd optreedt bij luchtstromingen rond objecten.

De bewoonster van een boerderij aan de Holthuiserstraat vertelde dat het noodweer rond 1900 uur plaatsvond en ongeveer een halve minuut duurde. “Je zag niks, het was helemaal wit buiten, zo hard regende het. Maar er zat geen regen tegen het raam.” Dit laatste kan een aanwijzing zijn voor spontane condensatie door drukverlaging.



Figuur 4. Restanten van de populieren langs de Holthuiserstraat (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

Het onderzoeksteam constateerde dat aan de Holthuiserstraat de populieren zwaar beschadigd waren (figuur 4), deze bomen waren 40 tot 70 jaar oud. Van een groot aantal populieren waren de toppen er uit

en meestal waren alleen nog delen van hoofdtakken aanwezig. Een aantal populieren was omgevallen, afgebroken of ontworteld, de hoofdvalrichting was in de richting NNW-NW. In de tuin waren vrijwel alle bomen omgewaaid. Opmerkelijk was dat maïskolven in de moestuin waren platgeslagen, terwijl tomatenplanten overeind waren blijven staan en geen zichtbare schade hadden. Een bijgebouw, voor een deel garage, was zwaar beschadigd. In de zuidwesthoek was de garagedeur met sponning en al naar binnen gedrukt. Het complete dak was weggewaaid, waarschijnlijk door de winddruk in de open constructie.

Op locatie I in figuur 2, een hotel/restaurant aan de Langeboomsestraat, was grote schade aan bomen en gebouwen. Van een schuur die werd omgebouwd tot kamers was het complete rieten dak weggeslagen. Het pannendak van deze schuur aan de loefzijde van de wind was vrijwel ongeschonden, op hier en daar een paar pannen na. Was dit een gevolg van luchtdrukdaling aan de lijzijde van een obstakel? Of wellicht een algehele luchtdrukdaling? Van een dubbelglas ruit was de binnenruit naar buiten toe gesprongen, de glassplinters liggen tussen beide ruiten (figuur 5).

Op de camping, locatie K in figuur 2, vielen uiteindelijk twee doden en acht gewonden te betreuren. Caravans waren van zuid naar noord in het meer geblazen. De gebouwen hadden weinig schade, slechts wat dakpannen ontbraken. Veel kleine voorwerpen lagen nog op de camping zelf, maar een lege koelkastomhulling was echter opgetild, circa 140 meter door de lucht verplaatst en aan de overzijde van de plas terecht gekomen. De eigenaren waren koeien aan het melken in de stal en toen ze naar buiten probeerden te kijken tijdens het noodweer konden nauwelijks iets zien, het leek mistig buiten. Het onderzoeksteam heeft ook nog een paar campinggasten kunnen interviewen, die vertelden dat caravans zijn gaan rollen, uit hun getuigenissen bleek niet dat de caravans echt door de lucht waren gevlogen. Daarentegen zei één getuige dat hij had gehoord dat sommigen hadden verteld dat er caravans tot halverwege het meer door de lucht waren gevlogen en daarna half rollend en stuiterend over het water tot aan de noordelijke oever waren geblazen (figuur 6).

Tennet heeft KEMA een expert onderzoek laten uitvoeren naar de oorzaak van het bezwijken van de hoogspanningsmasten nabij Vethuizen en komt op basis van dit onderzoek op 18 november met de conclusie:

“Volgens KEMA is een extreem harde valwind die maar zeer incidenteel in ons land voorkomt, de oorzaak geweest van het bezwijken van de masten. Daarbij kunnen excessieve windsnelheden (tot 200 kilometer per uur) worden gehaald. De krachten die hierbij ontstaan zijn ruim hoger dan de ontwerpbelasting van de masten. In de directe omgeving van de omgevallen masten was er hierdoor sprake van grote schade; onder meer een camping werd zwaar getroffen. In het onderzoek wordt tevens aangegeven dat er geen domino-effect heeft plaatsgevonden, de omvallende masten hebben dus niet andere masten meegetrokken in hun val: alle vijf masten zijn gelijktijdig omgewaaid. Dit wordt onder meer gebaseerd op de ligging van de masten na de val, allemaal haaks op de bestaande verbinding”.



Figuur 5. Binnenglas van dubbele beglazing is gesprongen (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)



Figuur 6. Overzicht van de ravage op de camping (Bron: KLPD)

Op locatie O in figuur 2 zijn een vijftal hoogspanningsmasten omgegaan (figuur 7).



Figuur 7. Eén van de vijf omgevallen hoogspanningsmasten (Bron:KLPD)

Het schadepatroon in Vethuizen wijst vooral op versterkte valwinden en mogelijk gustnado als hoofdoorzaak van de opgetreden schadepatronen. *In de bijlage 8.1 wordt tot het veldonderzoek te Vethuizen e.o. in detail beschreven.*

3.2 Impressie onderzoek Neerkant e.o.

In overleg met de gemeente Deurne is op donderdag 29 juli (15 dagen na het voorval) onderzoek gedaan in Neerkant, de Deurnese Peel en Helenaveen. Het dorp Neerkant ligt ongeveer 30 km ten oosten van Eindhoven en 14 km ten zuiden van Deurne, aan de zuidkant van de A67. Van de gemeente Deurne werd een overzichtskaart ontvangen met daarop aangegeven de gebieden met de grootste schade en de prioriteit bij het herstellen van de schade. Het gebied met schademeldingen in de gemeente besloeg ongeveer 5x9 km².

Veelal ging de eerste zorg uit naar het herstellen van de openbare weg door het afvoeren van omgewaaide bomen.

Het KNMI-onderzoeksteam constateerde dat bij de kerk in de Dorpsstraat al veel omgewaaide bomen afgevoerd waren. Schuin tegenover de kerk was aan de overkant een boom omgewaaid en juist naast de brandweerkazerne gevallen. Voor zover kon worden nagegaan waren alle bomen in de richting 010-040 graden, het noordnoordoosten, gevallen. Op de hoek van de Moostdijk en de Dorpsstraat had de eigenaar van de hoekwoning met dakschade reeds 30 bomen laten weghalen, die omgewaaid waren en op de provinciale weg terecht waren gekomen. Deze bomen waren gevallen in de richting 050-070 graden, oostnoordoost. Aan de Moostdijk waren tot op ongeveer 200m van de hoek aan dezelfde kant diverse bomen omgewaaid in de richting 050-070 graden en was een schuur neergegaan. De wind heeft van deze kant uit vrij spel over een maïsveld. De eerste beschutting wordt verderop gevormd door een klein bos op ongeveer één km afstand. Het onderzoeksteam trof aan de noordoostkant van dit bos ook omgewaaide bomen aan, gevallen in noordoostelijke richting, één boom had een sterk afwijkende valrichting.

Van enkele kassencomplexen aan de Veenpluisweg en de St. Vincentiusstraat werd in detail naar de schade gekeken. De eerste bestaat uit twee afzonderlijke kassen, die achter of naast elkaar in noordelijke richting zijn gebouwd tussen 1970 en 1980. Aan de straatkant (Vincentiusstraat) bevindt zich een grote, veel hogere schuur met aan de linker en rechterkant de woonhuizen van de eigenaren. Volgens de ooggetuigen was de wind uit WZW-lijke richting in de achterzijde van de kassen binnen gekomen en had daarbij de achterwand van de eerste kas een meter of acht in ONO-lijke richting verplaatst. De achterzijde is als het ware 'gerold' over het midden en rechter deel. Duidelijk was te zien dat die achterzijde uit de fundering was getrokken (figuur 8). Aan het woonhuis was veel materiële schade, stormschade van voorwerpen en glassplinters, die tegen het huis waren aangeblazen.



Figuur 8. Totaal vernield en verschoven kassencomplex in Neerkant (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

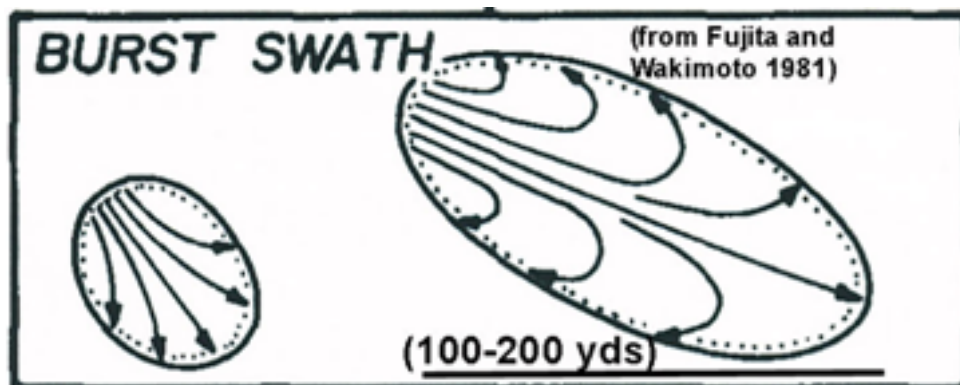
De Veenpluisweg was oorspronkelijk een weg met aan de rechterzijde veel bomen, maar na het noodweer was bijna 75% van de bomen in noordoostelijke richting omgewaaid. De bomen aan de Veenpluisweg waren vrijwel allemaal eiken van waarschijnlijk meer dan 50 jaar oud. "Van diverse bomen was de kruin afgerukt of getordeerd", volgens de heer Mennen van de gemeente Deurne, "op één plaats leek het of de bomen zelfs met wortel en al iets omhoog waren getild en iets verplaatst weer rechtop is neergezet ". Een ander kassencomplex (met een praktisch nieuwe kas gebouwd in 2005) stond nog overeind, maar het glas was eruit geblazen of uitgezogen (figuur 9). Volgens de eigenaar was de wind vanuit de Veenpluisweg en Bospeelweg er in N- tot NO-lijke richting weer uit gegaan. Opvallend was dat het glas uit de spouwen omhoog is gezogen en niet ingedrukt is. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door een overdruk in de kas als gevolg van de binnenstormende zware koude lucht of door plotselinge drukverlaging buiten de kas. Een ijzeren buis van een kindertrampoline, is over een loods heen verplaatst en in ONO-lijke richting in de kas terug gevonden. De trampoline was uit voorzorg, voordat het noodweer losbarstte, tegen de muur van de loods geplaatst. Na afloop was het springgedeelte nog steeds op die plaats aanwezig, maar de circa 6 kilogram zware metalen buis was tientallen meters door de lucht verplaatst.



Figuur 9. Van de nieuwe kas is alleen het geraamte over (Bron: Jacob Kuiper/KNMI).

Aan het eind van de Kieboomweg is een bos in de vorm van een driehoek, aan de noordzijde begrenst door de A-67 en aan de zuidzijde door de Bospeelweg. De wind kan hier over bouwland vrij aanstromen. Een rij bomen aan de Kieboomweg is omgevallen in noordelijke richting (350 graden, ongeveer 30 graden naar rechts t.o.v. de richting van de weg). Het driehoekige bosje kenmerkt zich door niet alleen veel omgevallen bomen aan de windkant, maar ook in het bosje tot aan de A67. De richting waarin de bomen waren gevallen varieerde tussen het noordoosten en het noordwesten.

Het schadespoor in de omgeving van Neerkant leek in noordoostelijke richting steeds breder te worden. Zuid van Neerkant besloeg het een breedte van hooguit 150 meter tot een breedte van enkele kilometers ten noorden van de A-67. Het KNMI-onderzoeksteam constateerde dat op deze locatie de valpatronen van de bomen uitwaaierden (divergeren), een aanwijzing voor een val-veeg-patroon van een zgn. burst-swath (figuur 10). In vakliteratuur komt een dergelijk patroon voor bij buien met valwinden en uitstromende lucht aan het aardoppervlak. In de buien kunnen valwinden worden versterkt door roterende wervels, de zogenaamde mesovortices, die kunnen bijdragen aan versterking van de windsnelheid op een hoogte van 1 tot 3 kilometer. Aan het aardoppervlak kunnen bij grote horizontale windverschillen ook roterende wervelingen ontstaan, die zijn losgekoppeld van de bui, zogenaamde gustnado's. Het schadepatroon in Neerkant wijst op meteorologische fenomenen die met versterkte valwinden, een meso- of misovortex en mogelijk met gustnado's overeenkomen.



Figuur 10. Conceptueel beeld van uitwaaiend patroon, veroorzaakt door sterke horizontale windsnelheidsverandering, zogenaamde windschering in de swath binnen een microburst. In het systeem kan de wind aan de rand 180 graden afwijken t.o.v. de richting van de uitstroom.

In de bijlage 8.2 wordt tot het veldonderzoek te Neerkant e.o. in detail beschreven.

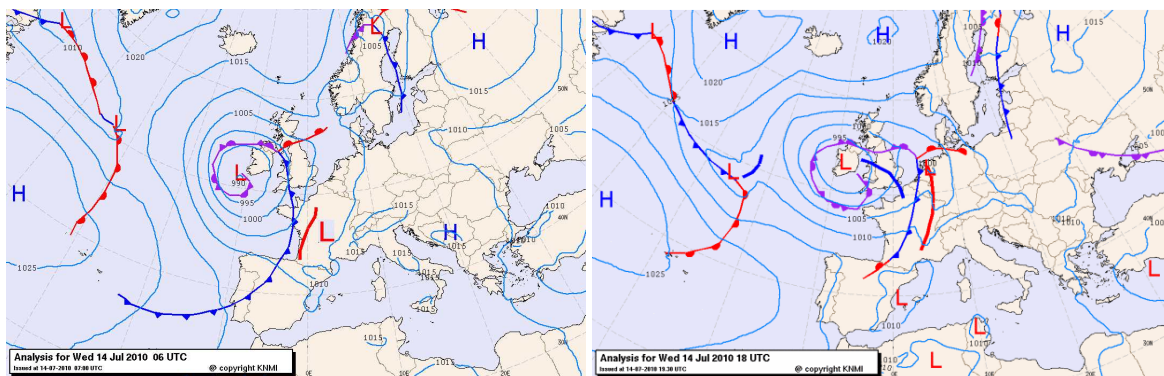
Hoofdstuk 4

Impressie van het synoptische onderzoek

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste onderwerpen van de meteorologische analyse behandeld, uitgebreide details vindt u in bijlage 9.

4.1 Weerkaart

Op de grondweerkaarten (figuren 11 en 12) van 0600 UTC (0800 uur) en 1800 UTC (2000 uur) lag het lagedrukgebied met een kernwaarde iets lager dan 990hPa zuidwest van Ierland op de Atlantische Oceaan. Samen met een krachtig hogedrukgebied boven Oost-Europa zorgde het voor een zuidelijke stroming. Boven Europa bevond zich al enige dagen continentale warme lucht waarin de maximum temperatuur oploopt tot boven de 30 graden. De toename van de temperatuurverschillen boven West Europa veroorzaakte een intensivering van de weersystemen boven Frankrijk. De warmste lucht voor het koufront is in de figuren aangegeven met de rode lijn, hierin ontwikkelde zich het thermisch lagedrukgebied met de zware onweerscomplexen. De voorzijde van de koude lucht boven de Atlantische Oceaan, het koufront (blauwe lijn met gesloten driehoekjes), trok overdag van Wales-Bretagne naar Nederland.

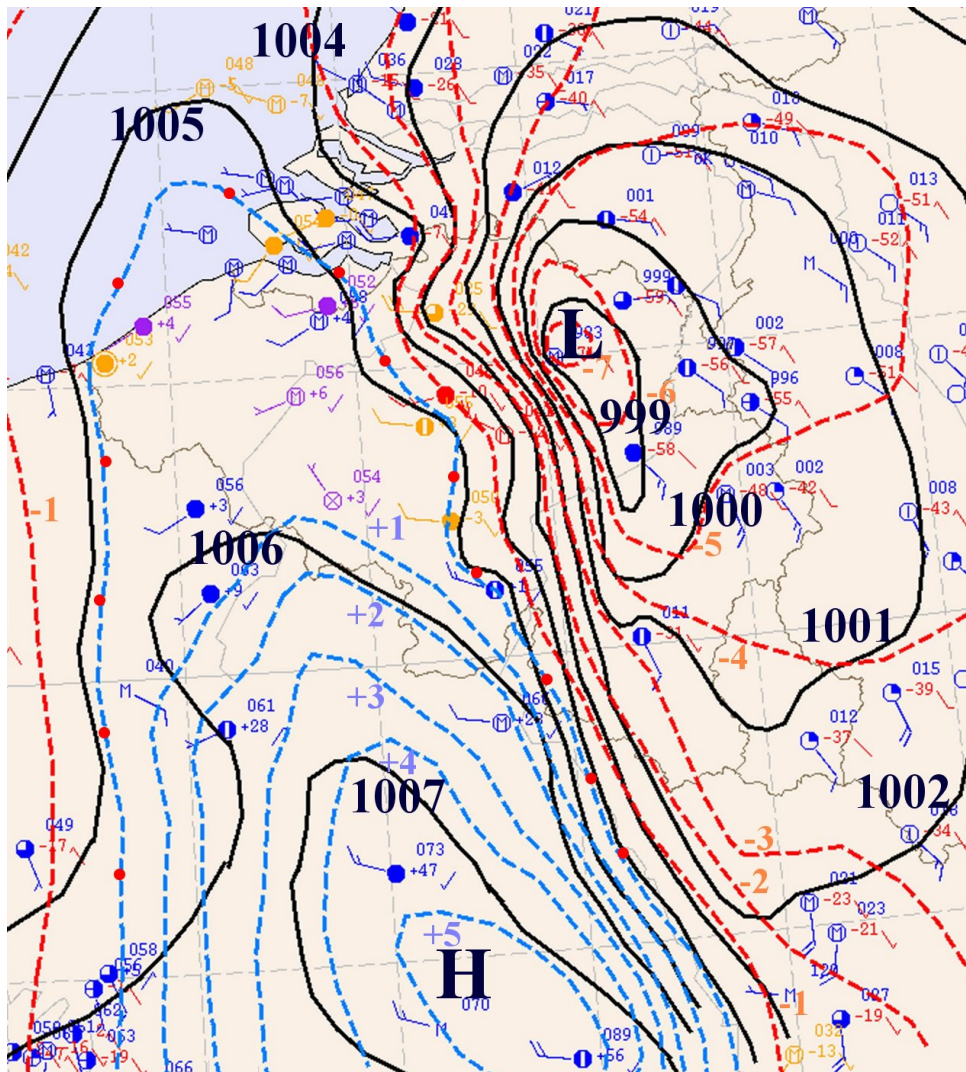


Figuren 11 en 12. Grondweerkaart 14 juli 2010 0800 uur en 200 uur (0600 en 1800 UTC) (Bron: KNMI)

Om 1500 UTC (figuur 13) lag de kern van het thermisch lagedrukgebied in België net ten noordwesten van Hasselt met een kerndruk van 998 hPa. De sterke luchtdrukgradiënt ten zuidwesten van de kern is opvallend (zwarte lijnen, isobaren), net als de luchtdrukdalingen van 7 hPa per drie uur ervoor en drukstijgingen van bijna 6 hPa per drie uur in de buurt van Reims (rode, resp. blauwe gebroken lijnen, isallobaren). Minder dan een half uur later was het thermisch lagedrukgebied boven Zuid-Nederland aangekomen en het trok in zes uur over het oosten van het land noordwaarts.

Ook zijn in de figuur de stationswaarnemingen van windrichting, windsnelheid, hoeveelheid bewolking, luchtdruk en luchtdrukverandering zichtbaar. De bewolkingshoeveelheid staat als cirkel in het centrum, de lijn vanuit

de bewolking geeft aan waar de wind vandaan komt. De windsnelheid wordt als dwarslijntjes aangegeven (bijvoorbeeld geven twee volledige dwarslijnen een windsnelheid aan van 10 m/s, 36 km/uur). De getallen rechts van de bewolking geven luchtdruk (in tienden, 089 staat bijvoorbeeld voor 1008,9 hPa), de grootte en vorm van de drukverandering over de afgelopen drie uur staat eronder.



Figuur 13. Analyse weerkaart 14 juli 2010 1700 uur (1500 UTC) (Bron: KNMI).

Minder dan een uur later na dit waarneemtijdstip kreeg de omgeving van de Gemeente Deurne de zwaarste klappen te verwerken, kort daarna trokken de onweerscomplexen in het thermisch lagedrukgebied over Vethuizen.

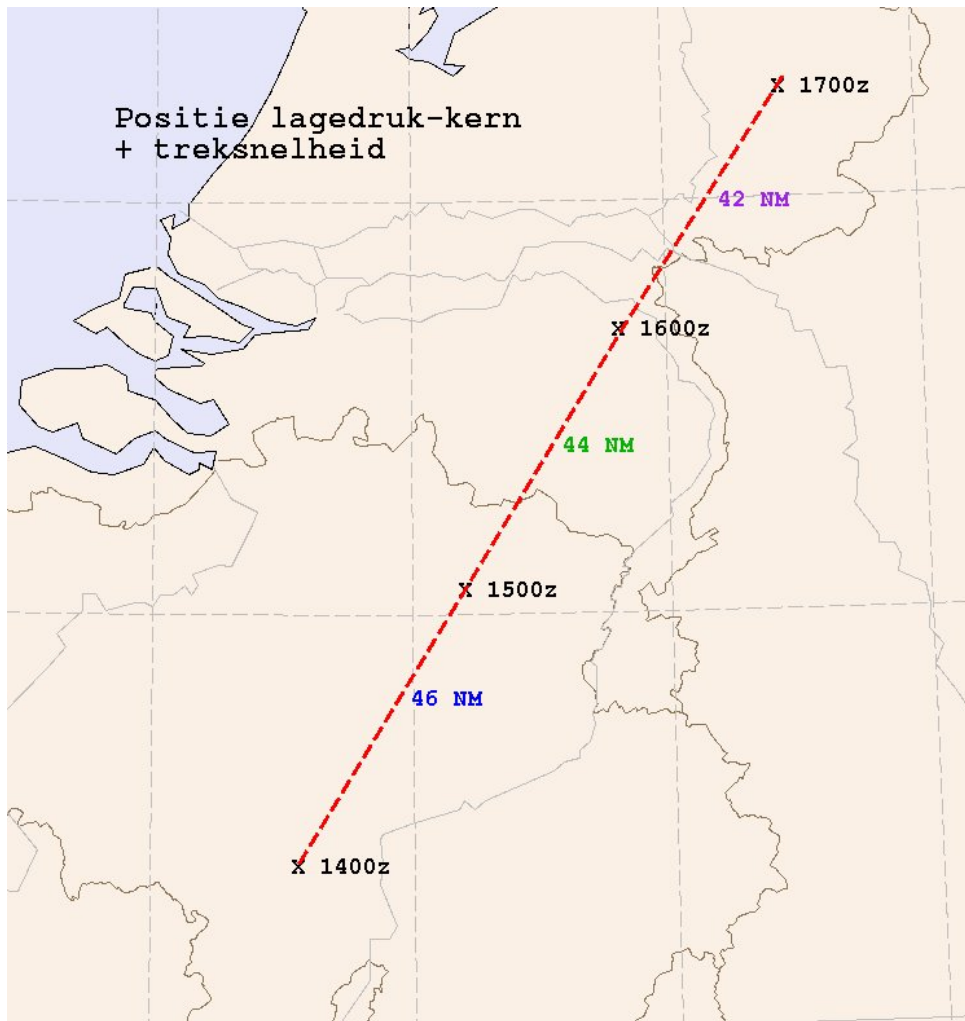
4.2 Baan van de thermische depressie en treksnelheden

In figuur 14 wordt de baan van de depressiekern en de verplaatsingssnelheid (in nautical mile) tussen 1600 en 1900 uur (1400 tot 1700 UTC) aangegeven. De richting van de verplaatsing was zeer gelijkmatig geweest, de treksnelheid nam langzaam af. Om 1600 uur was de treksnelheid 85 km/uur, om 1900 uur afgenomen tot 78 km.

De veranderingen in het weer in de namiddag en avond volgden elkaar snel op. Aan de zuidelijke hemel verschenen in Limburg in het begin van de middag de snel dikker wordende hoge sluierwolken, de voorbode van de ijskap aan de top van de naderende buien. Al snel werden de sluierwolken gevolgd door een dreigende, zwarte lucht.

In de foto op de voorkant van dit rapport wordt dit veranderende weerbeeld goed weergegeven. Linksonder op de foto is de heldere, onbewolkte lucht nog zichtbaar, rechts de typische rolwolk van de zware onweersbuien. Onder de rolwolk is de uitstromende lucht met aan het aardoppervlak de zware windstoten in beeld gebracht

door het opwaaiende stof aan het aardoppervlak aan de voorkant van de bui. De snelheid waarmee de weersverandering zich voltrok was zeer opmerkelijk, het gevolg van de grote treksnelheid van de buienlijn.



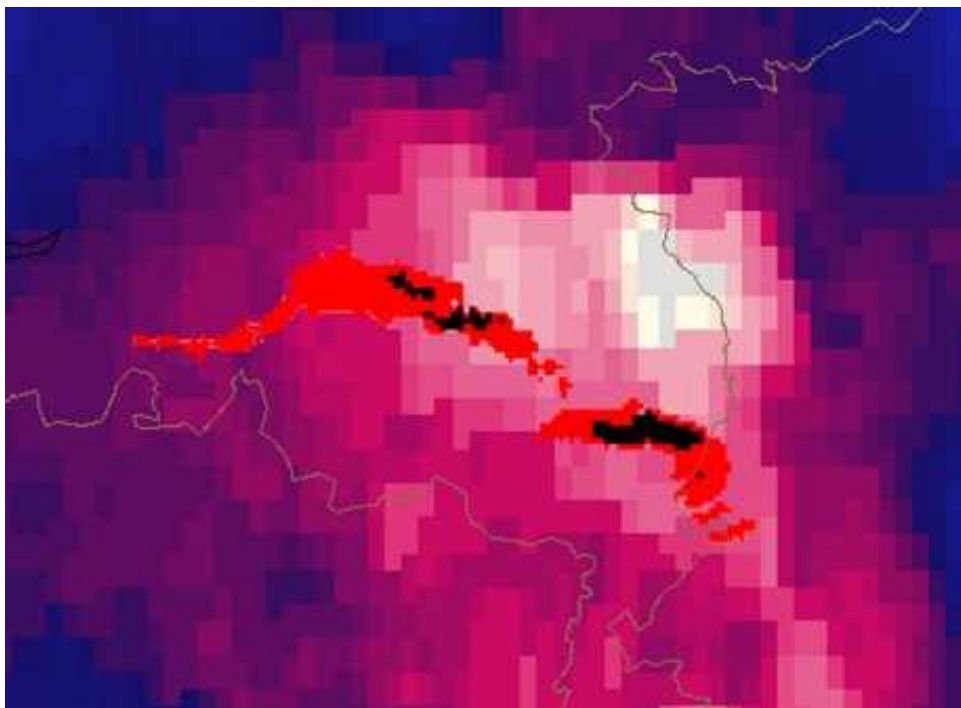
Figuur 14. Baan van de kern van het thermisch lagedrukgebied tussen 1600 en 1900 uur met treksnelheid (in zeemijlen) (Bron: KNMI).

4.3 Gecombineerd beeld uit satelliet, radar en bliksemmeetnetwerk.

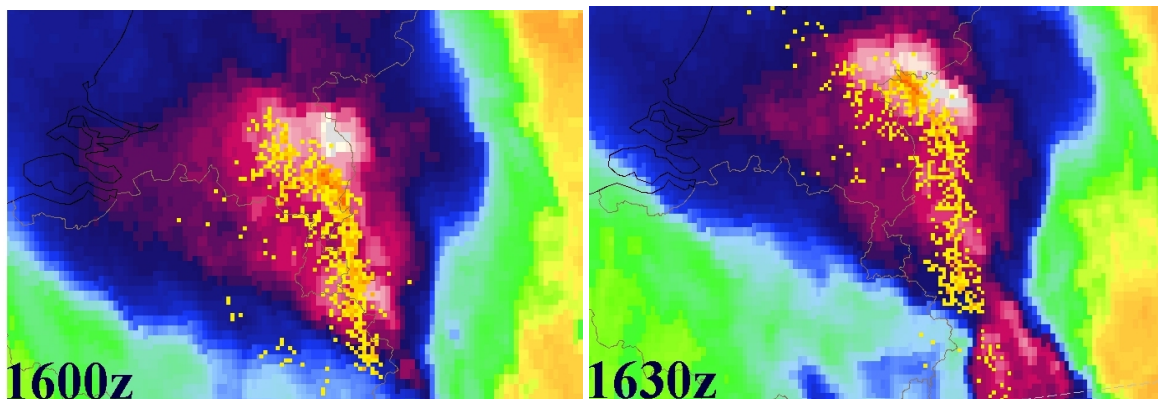
Uit infraroodbeelden van de satelliet en de neerslaginformatie van de buienradar kon ook worden vastgesteld op welke plaats de sterkste stijg- en de grootste daalstromen in de buien aanwezig zijn. Bij een groei van een onweerscomplex zoals op 14 juli 2010 zijn deze tegenstelde verticale stromingen van elkaar gescheiden en fungeren meerdere uren als een “wolkenmachine”, die nauwelijks aan kracht verliest gedurende de verplaatsing.

In figuur 15 is de temperatuuropname van Meteosat-9 van 1600 UTC gecombineerd met de zwaarste echo's van de buienradar. In deze figuur is te zien dat onder de buientop (witte tinten), die ontstaat door de sterkste opgaande luchtstromingen, nog nauwelijks neerslagproductie plaatsvindt. Aan de zuidwestzijde hiervan valt de intensieve neerslag, komen de valwinden tot stand en worden talrijke bliksemontladingen geregistreerd.

Naast de radar beschikt het KNMI ook over de informatie van het bliksemmeetsysteem. In korte tijdseenheden worden bliksemontladingen gemeten en de positie van de afzonderlijke ontladingen in kaart gebracht. In figuur 16 is de blikseminformatie toegevoegd aan de infraroodfoto's van 1600 en 1630 UTC, de tijden dat het buiencomplex over de gemeente Deurne trok en aankwam bij de Achterhoek. In deze figuren is te zien dat de zwaarste bliksemfrequentie ten zuidwesten van de hoogste buientoppen ligt, in het gebied van de meest intensieve neerslag en de grootste valbewegingen en met de sterkste elektrische ladingsverdeling.



Figuur 15. Meteosat-9 satellietopnamen (Infrarood-kanaal 10.8) op 14 juli 2010 om 1800 uur (1600 UTC), gecombineerd met de meest intensieve neerslagniveaus van de buienradar (Bron: KNMI/Eumetsat)

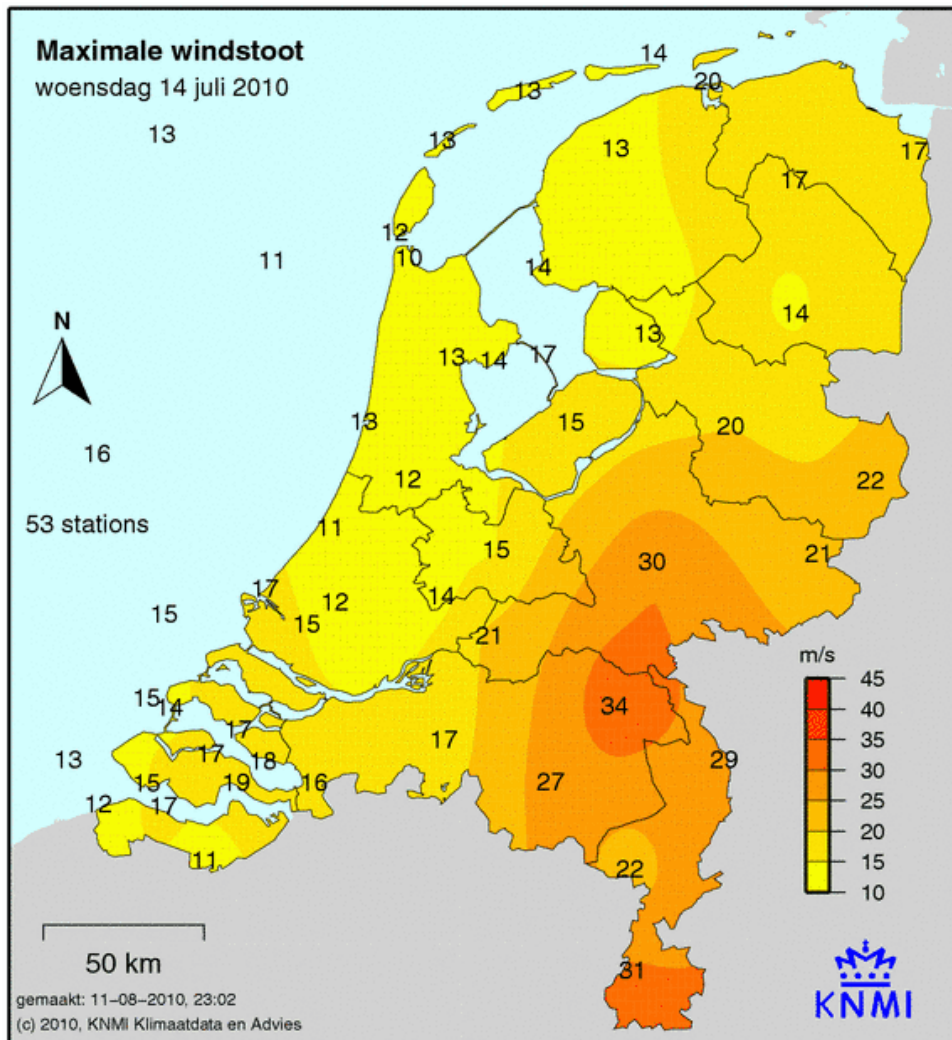


Figuur 16. Meteosat-9 satellietopnamen (Infrarood-kanaal 10.8) op 14 juli 2010 om 1800 en 1830 uur (1600 en 1630 UTC), gecombineerd met de metingen van het bliksemmeetnetwerk (Bron: KNMI/Eumetsat)

4.4 Zeer zware windstoten

Een van de meest in het oog springende weersverschijnselen bij de passage van het noodweer waren de zeer zware windstoten. Op meerdere meetstations werd de grens voor het criterium “zeer zware” windstoot, meer dan 56 knopen (circa 104 km/uur) ruimschoots gehaald.

In figuur 17 is in kaart gebracht wat de hoogste windstoot (in m/s) op 14 juli op een waarnemingsstation is geweest.



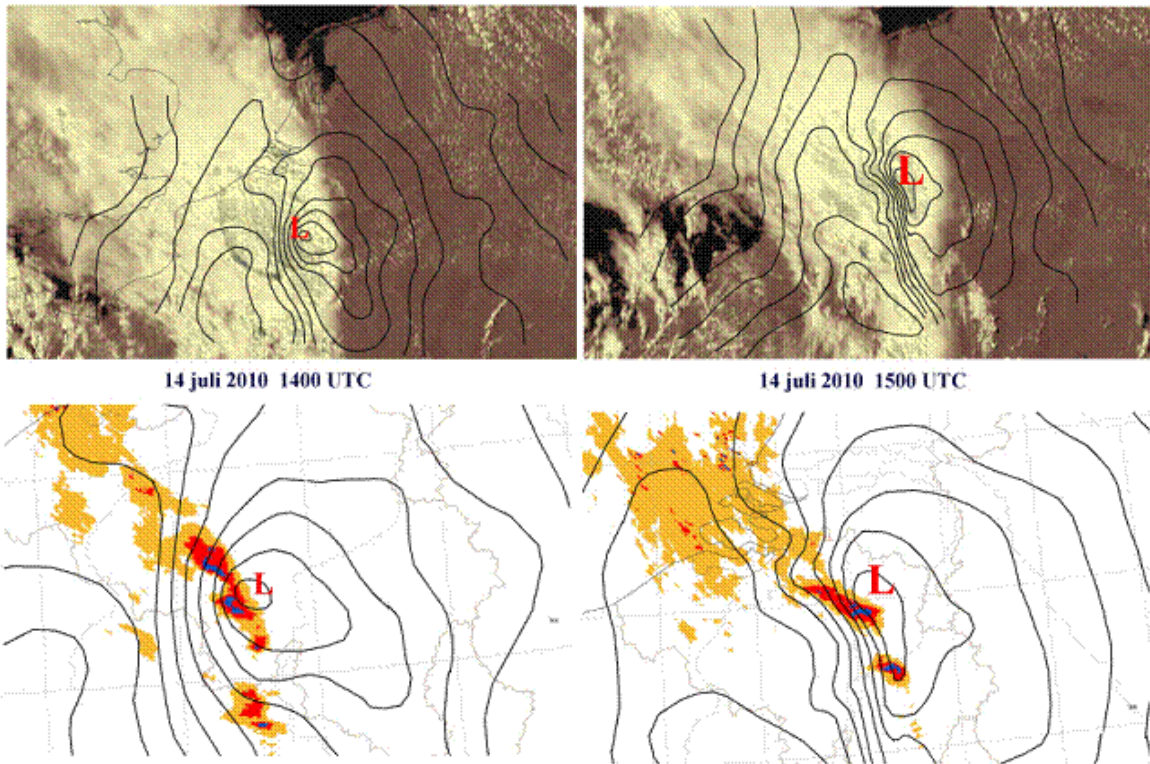
Figuur 17. Hoogste windstoten op de Nederlandse waarnemingsstations op 14 juli 2010. (Bron: KNMI)

Om 1732 uur kreeg in Nederland als eerste waarnemingsstation vliegveld Aachen Maastricht (Beek) een windstoot van 31 m/s te verwerken. De hoogste windstoten werden later gemeten op vliegbasis Volkel, 34,2 m/s (123 km/u), maar door blikseminslag viel direct daarna toen het waarnemingsstation uit.

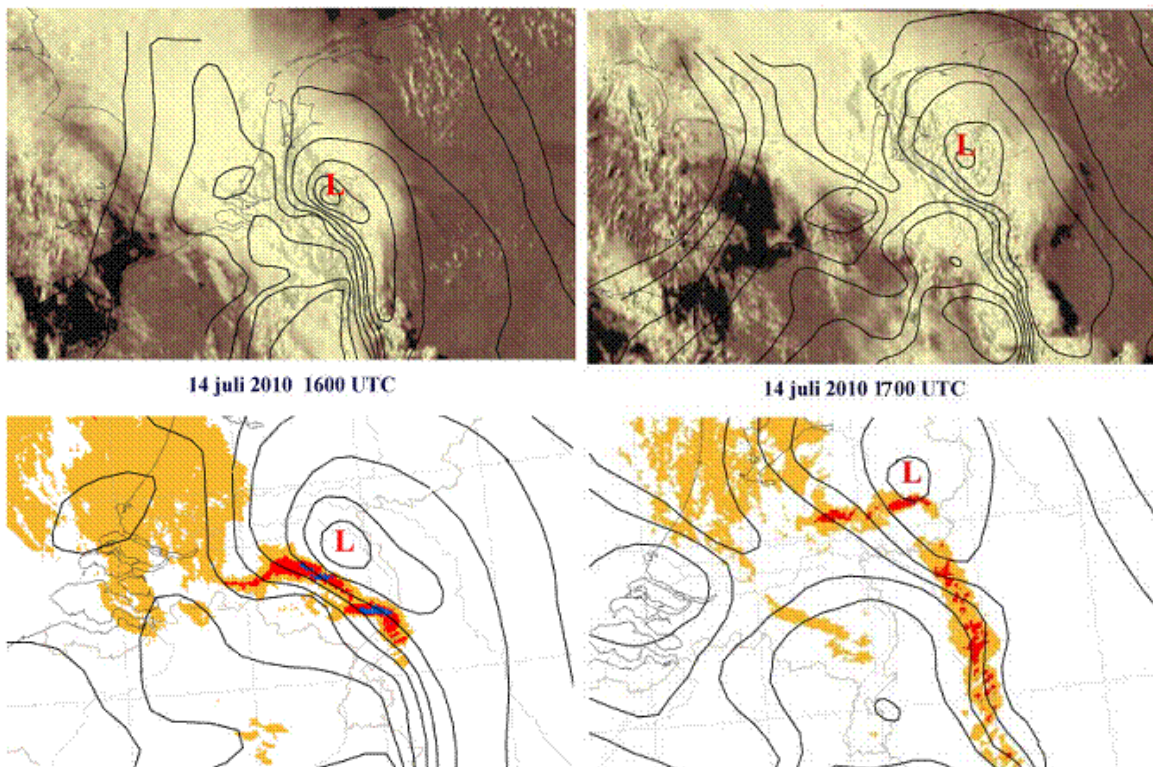
4.5 Combinaties van waarnemingsbronnen

De waarnemingen aan de grond geven de ligging van het thermische lagedrukgebied precies weer binnen de omvangrijke wolkenmassa, zoals die vanuit de ruimte wordt waargenomen. De neerslagecho's van de buienradar versterken, geprojecteerd op de drukverdeling, het beeld van de opbouw van het buiencomplex.

In figuren 18-21 zijn voor de periode 1600-1900 uur (1400-1700 UTC) de satellietfoto's van Meteosat-9 in het hoge-resolutie zichtbaar-licht kanaal (HRES-VIS) gebruikt, gecombineerd met de gelijktijdige luchtdrukverdeling. Daaronder het luchtdrukveld gecombineerd met de drie hoogste neerslagintensiteiten van de buienradar, respectievelijk 5-10, 10-30 en > 30 mm/uur zijn.



Figuur 18-19. Combinaties van satellietbeeld en radarbeeld met luchtdrukveld om 1600 en 1700 uur (1400 en 1500 UTC) (Bron: KNMI)



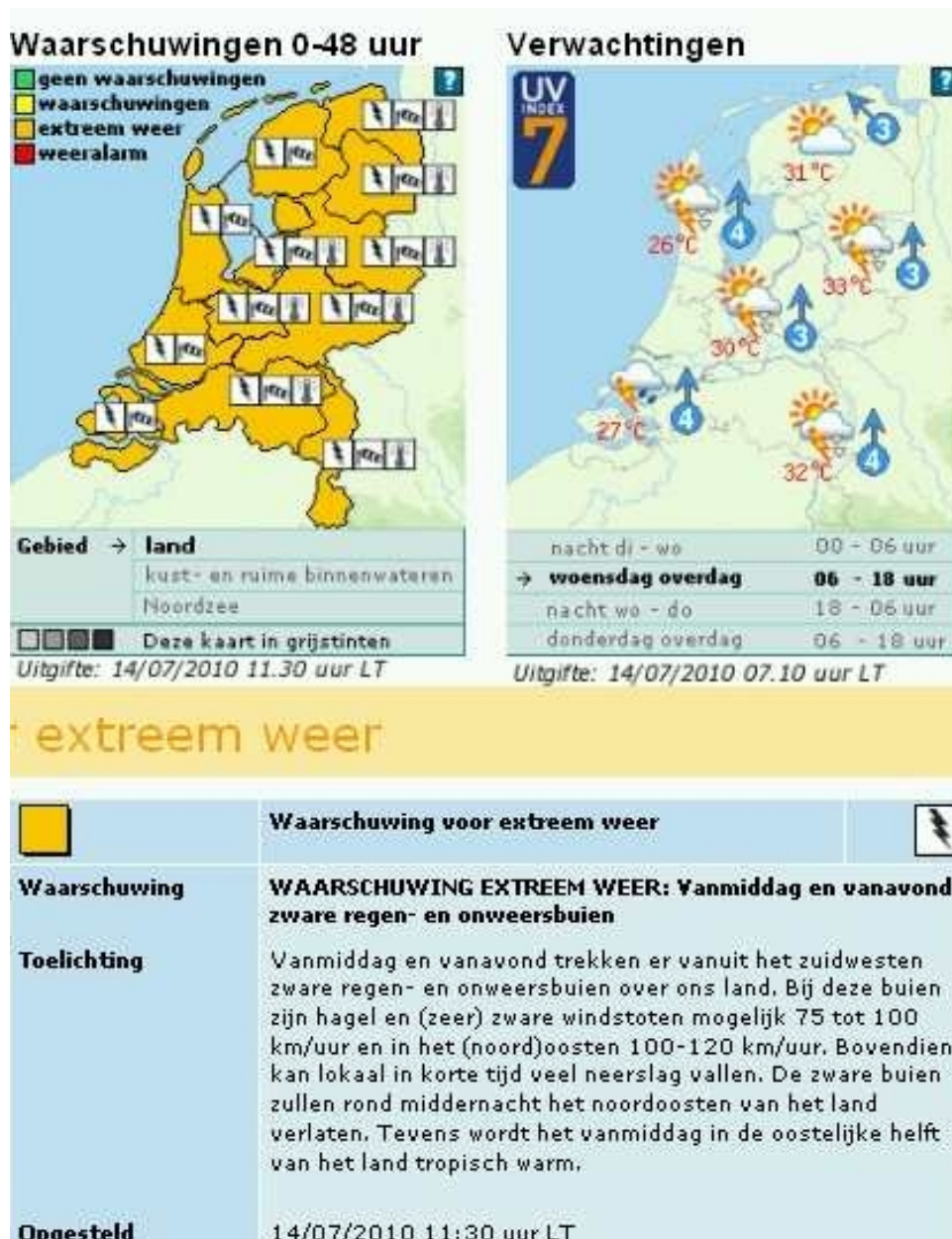
Figuur 20-21. Combinaties van satellietbeeld en radarbeeld met luchtdrukveld om 1800 en 1900 uur (1600 en 1700 UTC) (Bron: KNMI)

Uit de combinatie van satellietfoto en drukveld wordt duidelijk dat de omvang van het thermische lagedrukgebied zich uitstrekt tot buiten het zware buiencomplex. Het (noord)oostelijke deel van de depressie bevindt zich aanvankelijk in de warme lucht buiten de bewolkingzone. In de loop van de uren zien we dat de hoogste

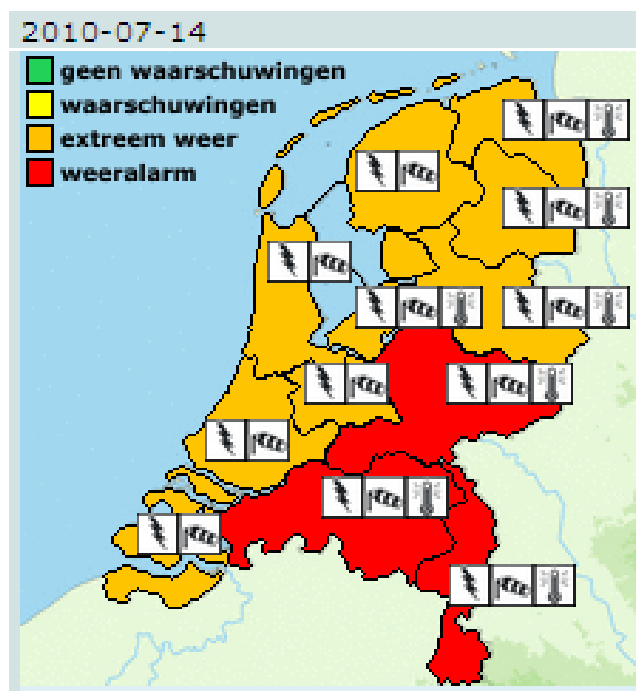
bewolking van het buiencomplex zich sneller naar het noordoosten uitbreidt en over het gehele lagedrukgebied heen komt te liggen. Dit komt doordat de windsnelheden op de hoogte van de buienkappen aanmerkelijk groter zijn dan de snelheid waarmee het druksysteem zich verplaatst. De combinatie van radarbeelden en drukvelden laat zien dat de zwaarste neerslagecho's aan de zuid- of zuidwestkant van de kern van het lagedrukgebied liggen, ontstaan aan de noordoostflank van het lagedrukgebied in de warme lucht door sterke opwaartse luchtstromingen. Dit gebied is gescheiden van de gebieden van de vallende koudere lucht met neerslag aan de zuid- en zuidwestflank met aan de grond zware windstoten in de radarecho's met zware neerslag en hoge bliksemactiviteit.

4.6 Waarschuwing en weeralarm

Al in de nacht van 13 op 14 juli gaf het KNMI een waarschuwing uit voor Extreem Weer in de middag en avond. In figuur 22 een weergave van een deel van de KNMI-website aan het eind van de ochtend.



Figuur 22. Waarschuwing voor extreem weer op de website van het KNMI om 1130 uur (Bron: KNMI)



Figuur 23. Kaartje van het weeralarm voor het oosten en zuidoosten van het land (Bron: KNMI)

Op 14 juli om 1724 uur zomertijd wordt de waarschuwing voor Extreem Weer omgezet in een Weeralarm voor het oosten en zuidoosten van het land (figuur 23), verwoord met de volgende tekst:

WEERALARM ZUIDOOSTEN EN OOSTEN: Zware regen- en onweersbuien, zeer zware windstoten Zware regen- en onweersbuien boven het zuiden en zuidoosten van het land trekken vanavond naar het noordoosten. Bij deze buien zijn hagel en (zeer) zware windstoten mogelijk van 75 tot 100 km/uur. In het (noord)oosten 100-120 km/u. Bovendien kan lokaal in korte tijd veel neerslag vallen. De zware buien zullen rond middernacht het noordoosten van het land verlaten. Tevens is het in de oostelijke helft van het land tropisch warm.

Het KNMI geeft een weeralarm voor windstoten uit, wanneer de kans op windstoten van meer dan 120 kilometer per uur groter is dan 90 procent. Dit criterium geldt voor een gebied van minimaal 50 bij 50 kilometer. Het KNMI geeft een weeralarm maximaal twaalf uur van tevoren uit en dit gebeurt nadat het KNMI de relevante maatschappelijke partners heeft geconsulteerd. Het Weeralarm, uitgegeven om 1724 uur, werd om 1859 uur aangepast, hierbij werd ook de sterke onweersactiviteit benadrukt (figuur 24):

	Weeralarm	
Waarschuwing	WEERALARM OOSTEN: Zware regen- en onweersbuien, zeer zware windstoten	
Toelichting	<p>Zware regen- en onweersbuien boven Gelderland trekken vanavond naar het noordoosten. Bij deze buien zijn hagel en (zeer) zware windstoten mogelijk van 75 tot 100 km/uur. Bovendien kan lokaal in korte tijd veel neerslag vallen. De zware buien zullen rond middernacht het noordoosten van het land verlaten. Ook elders in het land komen verspreid regen- en onweersbuien voor.</p> <p>Mogelijke gevolgen zwaar onweer: Er bestaat een groot risico om door de bliksem getroffen te worden. Het risico op blikseminslag is vooral groot in het open veld, op of aan het water en in de buurt van hoge bomen. Het onweer gaat vaak vergezeld van veel wind en/of (zeer) zware windstoten. Ook kan er hagel voorkomen.</p> <p>Het KNMI geeft een weeralarm voor onweer uit wanneer de kans op meer dan 500 ontladingen in vijf minuten groter is dan 90 procent. Dit criterium geldt voor een gebied van minimaal 50 bij 50 kilometer. Het KNMI geeft een weeralarm maximaal twaalf uur van tevoren uit. Dit gebeurt nadat het KNMI de relevante maatschappelijke partners heeft geconsulteerd.</p>	
Opgesteld	14/07/2010 18:59 uur LT	
Volgend bericht uiterlijk	woensdag 14 juli 2010 21:30 uur	

Figuur 24. Tekst van het weeralarm op de website van het KNMI om 1859 uur (Bron: KNMI)

De meteorologen in de weerkamer van het KNMI volgden de gebeurtenissen op de avond van de 14e juli op de voet (figuur 25).



Figuur 25. KNMI-meteorologen bewaken het weer en volgen het nieuws tijdens het noodweer in de namiddag van 14 juli 2010 (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

Uit België kwamen veel berichten binnen over schade aan gebouwen en op sommige plaatsen was grote overlast ontstaan door de enorme hoeveelheden neerslag die in korte tijd naar beneden komen. Dat ook Nederland met een zeldzaam zwaar onweersbuiencomplex te maken had, werd extra duidelijk toen de televisiebeelden met de schade rond Vethuizen werden uitgezonden.

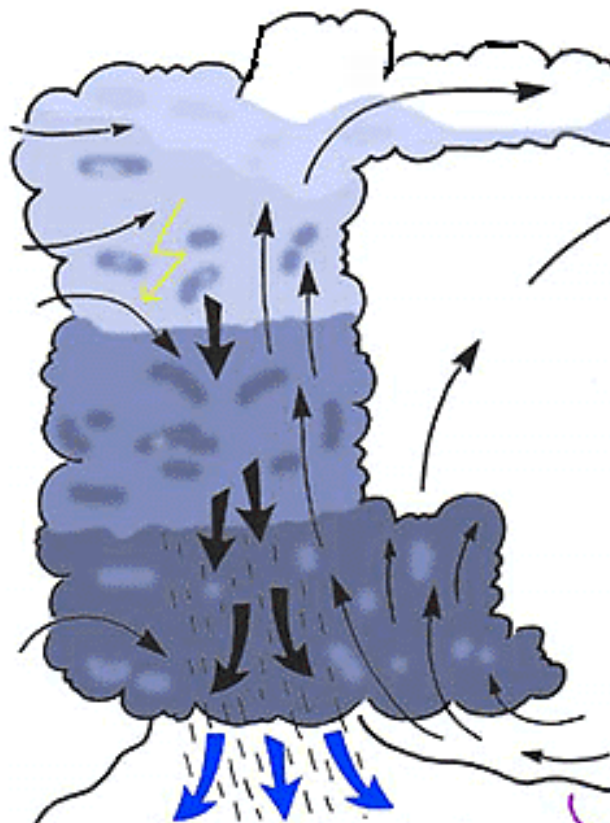
Om 2030 uur werd het weeralarm ingetrokken omdat de criteria hiervoor niet langer werden gehaald. De zwaarste buiencomplexen waren in intensiteit afgenomen. Wel bleven waarschuwingen voor gevaarlijk weer van kracht totdat later in de avond alle onweershaarden uit het land waren verdwenen.

In bijlage 9 wordt tot het synoptisch onderzoek in detail beschreven.

Hoofdstuk 5

Theoretische achtergrond

Regelmatig komt het voor dat tijdens buien door wind aanzienlijke schade wordt aangericht aan gebouwen en bomen. De schade is zo omvangrijk (daken ontzet, bomen om, auto's verschoven) dat vrijwel onmiddellijk de term "windhoos" valt. Na onderzoek blijkt echter dat er in heel veel gevallen sprake was van zogenaamde valwinden. De windsnelheden die kunnen optreden in valwinden zijn vergelijkbaar met die van een flinke windhoos.



*Figuur 26. Zijaanzicht van een actieve bui en de luchtstromingen
(Bron: KNMI)*

5.1 Valwinden

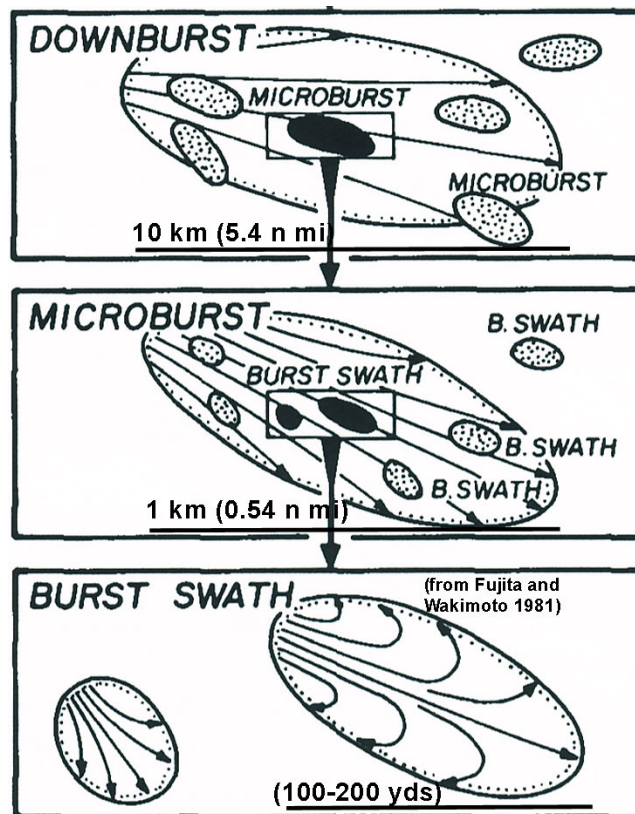
Een valwind (in vaktermen downburst) is een lokale neerwaarts gerichte koude luchtstroming uit de bui. Die lucht komt van grote hoogte waar de lucht koud is, de top van de bui is erg koud en bestaat uit ijskristallen. Smelten en verdampen van vallende neerslag koelt de lucht af en daardoor versnelt de valsnelheid op weg naar het aardoppervlak. Zware hagel kan de valsnelheid nog meer versterken.

Deze neergaande luchtstroom in de valwind is bij zware buien vaak zeer scherp begrensd en de verticale valsnelheid is dan hoog. De uitstromende koude lucht tilt aan de voorkant de warme lucht op, zoals wordt weergegeven in een zijaanzicht van een bui in figuur 26. Dit proces creëert grote verticale luchtbewegingen in tegengestelde richtingen met veel wervelstructuren.

Valwind, in vaktermen downburst genoemd, wordt ook wel onderverdeeld in micro- en macroburst. Een microburst heeft een typische omvang van ongeveer 1 km en een maximale omvang tot 4 km, een macroburst is meestal groter dan 4 km. Een microburst is meestal tussen de 5 en 15 minuten actief, een macroburst kan wel 30 minuten aanhouden. Aangezien een bui meestal beweegt kan het gebied waar schade optreedt door valwinden kan soms enkele kilometers breed zijn en zich uitstrekken over een tiental kilometers.

De windsnelheden in een microburst kunnen in zeldzame gevallen oplopen tot circa 70 m/s (250 km/u), tijdens een macroburst zijn snelheden tot 60 m/s (215 km/u) gemeten. Deze snelheden komen dan overeen met een zogenaamde F2-tornado. De schade die door downburst kan worden aangericht is aanzienlijk en is soms vergelijkbaar met die van windhozen. Denk hierbij aan omgewaaide bomen, schade aan daken, omgewaaide caravans en vrachtauto's.

5.2 Microburst en swath



Figuur 27. Conceptueel beeld van de downburst, microburst en swath (Bron: Fujita en Wakimoto)

In het conceptueel model van een downburst met een schaal van 10 km zien we de verschillende schalen van de subfenomenen binnen een downburst. Zoals een microburst die typisch op een schaal van 1 km opereert en daarbinnen de swath, de uitstromende valwind (figuur 27). Wat daarin opvalt is de sterk uitwaaiende en draaiende (divergerende) structuur aan de buitenkant van de swath, veroorzaakt door de sterke horizontale windsnelheidsveranderingen (windschering). In het systeem kan de wind aan de rand dus 180 afwijken t.o.v. de richting van de microburst-uitstroom. Als deze lucht de grond bereikt zal die zich horizontaal verplaatsen en daarna weer in een werveling gaan opstijgen. De horizontale luchtstroom van een krachtige downburst kan leiden tot plaatselijke windsnelheden boven 50 m/s ofwel meer dan 180 km/u. De wervelingen van de stijgende lucht zijn tot een hoogte van 500-600 meter nog merkbaar.

De wervelingen aan de rand van het windstotenfront ("gustfront") kunnen in een geconcentreerde werveling (rotatiecel) nabij het aardoppervlak leiden tot een zogenaamde gustnado. Gustnado's hebben, in tegelstelling tot hozen of tornado, geen zichtbare verbinding met de bui en ontstaan nabij het aardoppervlak aan de randen

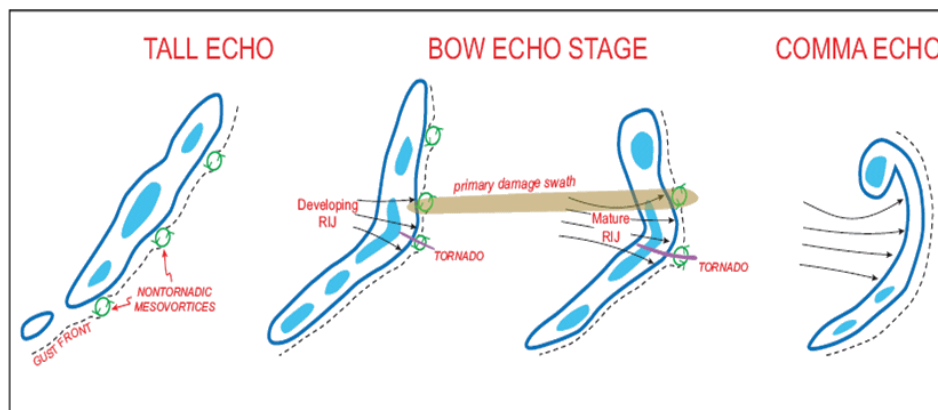
van het windstotenfront. Deze draaikolken duren enkele seconden tot hooguit enkele minuten en hebben een hoogte van een meter tot enkele tientallen meters. De gustnado versterkt de windsnelheid en veroorzaakt daardoor soms grotere schade.

5.3 Boog-echo, komma-echo en vortex

Op het beeld van de weeradar is in opvolgende beelden bij zware buien soms een vormverandering zichtbaar, die kenmerkend is voor de buien zoals bij Vethuizen en Neerkant van 14 juli 2010. Daarbij verandert de vorm van een rechte lijn ("tall echo") en een boogvormige lijn ("bow echo") die eindigt in een komma-vorm ("comma echo"), zoals wordt weergegeven in figuur 28.

In de bui ontstaan lokaal met sterke horizontale en verticale windsnelheidsverschillen, leidend tot rotaties (mesovortex). In literatuur (Weisman, M. L. and R. J. Trapp, 2003) worden daarbij twee typen mesovortices onderscheiden. De eerste ontstaat op de inhammen op de voorkant van de boogecho, vlak achter het windstotenfront, door de kanteling van de as van de rotatie van horizontaal naar vertikaal. Deze kanteling ontstaat als gevolg van sterk opstijgende en dalende luchtstromen (updraft en downdraft). Een enkele keer vormt zich vanuit een dergelijke mesovortex een tornado. De tweede soort ontstaat uit de horizontale windschering aan beiden zijden van de rear inflow jet (zie 5.4) bij de vorming van de komma echo. De mesovortices langs de kop van deze jet zijn aan de linkerkant van de as linksdraaiend (cyclonale vortex) en aan de andere kant rechtsdraaiend (anticyclonale vortex), uiteindelijk blijft de cyclonale vortex (als gevolg van de corioliskracht) over.

In figuur 28 zijn de mesovortices van de eerste soort aangegeven als kleine groene cirkels in de linker plaatjes, in de middelste plaatjes ook een voorkeurslocatie voor een tornado. Ook is als "primary damage swath" de schadeveroorzakende voorkeursbaan van de buienecho aangegeven. De mesovortex van de tweede soort komt voor in het rechterdeel van figuur 28, net onder de kop van de komma.



Figuur 28. Evolutie van een buienlijn van rechte lijn naar komma vorm (Bron: Weisman 1992)

5.4 Miso vortex

Een vortex met een kleinere diameter worden misovortex genoemd. Het opspinnen van een misovortex heeft sterke gelijkenissen met het ontstaansmechanisme van een waterhoos. Bij een waterhoos wordt een gebied met achtergrondrotatie (zoals bij een mesovortex met een typische diameter van 2-3 km) versterkt als het samenvalt met een opstijgende luchtstroming (updraft) van een zich vormende convectieve wolk (Cumulus congestus of Cumulonimbus). De hoos vormt zich dan in de intensiverende vortex met toenemende draaisnelheid en kleiner wordende diameter.

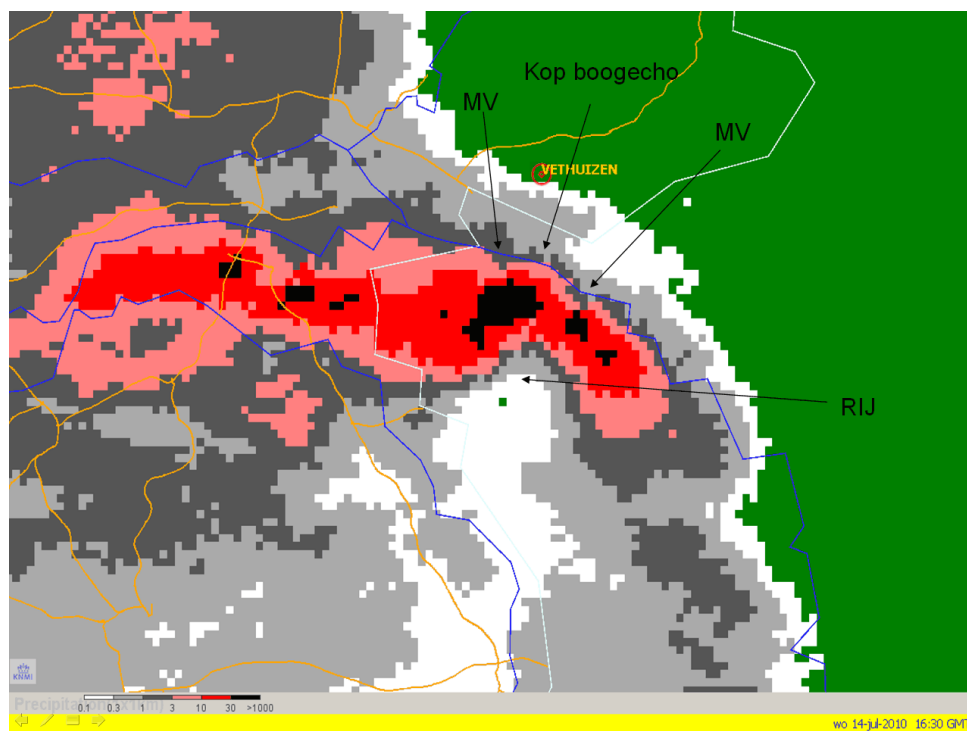
De misovortex op het gustfront van een boogsegment kan in diameter sterk afnemen doordat de aan de grond komende harde bovenluchtstroming ("rear inflow jet") in een korte tijd (enkele minuten) tot sterk samen-vloeiende lucht leidt ("convergentie"). Hierdoor kan kortstondig een intensiverende misovortex (kleinschalige) schade aan het aardoppervlak genereren, die vergelijkbaar is met (grootschalige) schade veroorzaakt door een tornado. Daarbij hoeft niet altijd een slurf zichtbaar te zijn.

5.5 Rear inflow jet

De boogvorm in figuur 28 is dus het gevolg van het ontstaan van een versterkte luchtstroom aan de achterkant van de bui, de "Rear Inflow Jet" (RIJ) genoemd. De RIJ wordt voornamelijk opgewekt door de krachten die ontstaan op het grensvlak van de omgevinglucht en de afgekoelde lucht onder de bui. Op dit grensvlak vormen zich twee rotatiecentra die tegengesteld aan elkaar roteren en waartussen de RIJ zich op een hoogte van 1 tot 3 kilometer ontwikkelt.

Feitelijk zit de RIJ dus ingeklemd tussen beide rotatiecentra en dit genereert aan de binnenkant een versterking en aan de buitenkant een afzwakking van de rotatie in de centra. Op enige afstand achter het windstotenfront, stroomopwaarts ongeveer 2 tot 4 kilometer, is de RIJ op enige hoogte niet meer meetbaar ten opzichte van de omgevingsstroming.

Aan de voorkant van de boogecho genereert de RIJ in combinatie met de vallende koude lucht met de neerslag een bijzonder krachtig windstotenfront.



Figuur 29. Ingezoomd radarbeeld, 14 juli 2010 om 1830 uur (1630 UTC) zomertijd, MV=mesovortex, RIJ=rear inflow jet (Bron: KNMI)

Figuur 29 is een detail van het beeld van de buienradar van 1830 uur (1630 UTC) ten tijde van de naderende buien bij Vethuizen met mogelijke locaties van de mesovortex in het buiencomplex en de positie van de RIJ achter de boogecho. Vethuizen kreeg kort na Neerkant de buienlijn tussen 1830 uur te verwerken. We zien op het ingezoomde radarbeeld over het zuiden van Gelderland de sterk ontwikkelde buienlijn in een west-oost oriëntatie, de zwarte echo's wijzen op zware neerslag met een intensiteit van meer dan 30 mm/uur.

Het radarbeeld laat een boogsegment ('bowsegment') zien op de kop van de buienlijn. Aan de achterzijde is een inkeping ('notch') herkenbaar. Dit is een zone met minder sterke echo's, in deze combinatie een aanwijzing voor een sterke windband op lagere hoogte aan de achterkant van het boogsegment. Deze sterke horizontale sterke windband op lagere hoogte, de "rear inflow jet" (RIJ), veroorzaakt op hoogte door sterke luchtstromingen rotaties of luchtwervelingen ("vortices"), die zijn ingebed in de structuur van de uitstromende RIJ.

In combinatie met de zware neerslag komt de rear inflow jet onder de bui als valwind naar het aardoppervlak. Uitstromend aan het aardoppervlak veroorzaken de valwinden een windstotenfront ("gustfront") met ook in de onderste tientallen meters boven het aardoppervlak door horizontale windsnelheidsverschillen rotaties, de van de bui losgekoppelde gustnado's.

5.6 Kenmerken schadespoor Neerkant en Vethuizen

In de zone met schade in Neerkant en Vethuizen, onder het gebied van de boogecho, zien we dat de schade in stroken is terug te vinden in het landschap waarbij zware schade wordt afgewisseld door gebieden met nauwelijks schade. De zwaarste schade wordt volgens analyse in het veldonderzoek veroorzaakt door:

1. zeer zware windstoten als gevolg van valwinden,
2. versterkte valwinden vanuit de rear inflow jet
3. rotaties langs het windstotenfront (meso- of misovortex, of gustnado),
4. combinaties van fenomenen

De buienlijn heeft in een zone van Noord-België via Brabant/Limburg, Gelderland/Achterhoek tot over de Veluwe valwinden geproduceerd.

5.7 Verschillen in de schadesporen van downburst en windhoos

Er zijn veel aanwijzingen dat de schade in Vethuizen en Neerkant is veroorzaakt door valwind en niet door een windhoos. Een windhoos (of tornado) is een snel draaiende luchtkolom die als een trechtervormige slurf onder een onweerswolk zichtbaar is. De hoos trekt met de bui mee en laat door veel wind en grote luchtdrukverschillen een spoor van vernielingen achter, objecten worden opgezogen. De zichtbare slurf bestaat uit minieme waterdruppeltjes of eventueel uit opgezogen stof. Op beide locaties is geen slurf door ooggetuigen waargenomen, wel sterk teruglopend zicht, waarschijnlijk het gevolg van zeer snelle condensatie door afkoelende warme en vochtige lucht bij menging met de binnenvallende koele lucht. De windsnelheden bij een windhoos kunnen zeer lokaal oplopen tot enkele honderden kilometers per uur en de passage van een hoos gaat gepaard met een enorm lawaai. Een downburst en een windhoos hebben een verschillend schadeprofiel, weergegeven in de volgende tabel.

Downburst	Windhoos
Het schadespoor is meestal vele honderden meters tot enkele kilometers breed en is minder scherp begrensd.	Het schadespoor is slechts enkele tientallen meters tot maximaal enkele honderden meters breed en is meestal zeer scherp begrensd.
De schade kan zich over enkele kilometers lengte uitstrekken.	Het schadespoor kan zich over een aantal kilometers uitstrekken en is, al dan niet onderbroken, over een afstand van enkele honderden tot soms tientallen kilometers te volgen.
Het schadepatroon waaiert naar zijkanten uit ("divergent"). Materiaal wordt niet opgezogen en wordt in de nabijheid teruggevonden.	Materiaal wordt opgezogen en kan vele tientallen kilometers verder worden teruggevonden. Objecten (b.v. bomen) liggen daardoor op korte afstand onder verschillende hoeken, meestal in spiraalvormige patronen.

In de VS worden downbursts ook wel "straight line winds" genoemd. Dit slaat op het schadepatroon, objecten zoals bomen liggen dan in min of meer rechte lijnen, parallel aan de windrichting. Bij een windhoos is er sprake van een indraaiende luchtstroom en dat is een aantal gevallen herkenbaar aan de spiraalvormige schadepatronen.

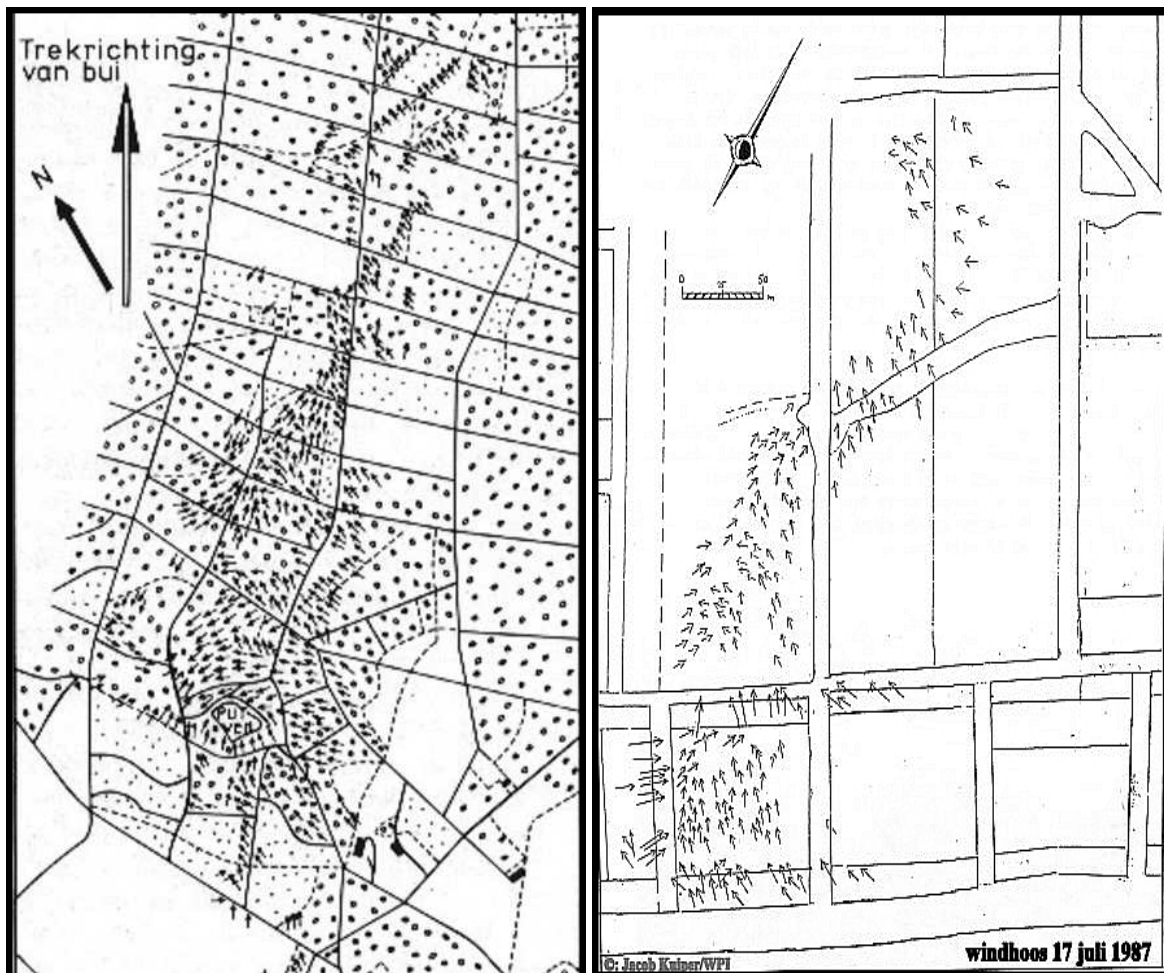
Soms worden "uitgedraaide" boomkronen gezien als bewijs dat er sprake was van een windhoos. Dat kan echter ook door een downburst worden veroorzaakt omdat bomen meestal niet symmetrisch zijn (takken steken uit e.d.). Bij veel wind zal de winddruk daardoor niet gelijkmatig verdeeld zijn en kunnen (delen van) kronen worden uitgedraaid.

5.8 Twee voorbeelden van schadetekeningen bij een windhoos

Van enkele windhozen uit het verleden zijn schadetekeningen gemaakt, waarbij de valrichting van bomen op een groot aantal plaatsen in kaart is gebracht. Van de windhoos van Chaam op 25 juni 1967 is een dergelijk schadetekening gemaakt (detail in figuur 30). Hierop is het effect van een overtrekkende windhoos goed weergegeven. De pijlen geven de valrichtingen van bomen aan, de bomen liggen onder diverse hoeken en met een min of meer spiraalvormig (cyclonaal, linksom draaiend) schadepatroon.

Bij een windhoos die op 17 juli 1987 over de Veluwe trok, is door Jacob Kuiper ook een valpatroon in kaart gebracht voor een tiental locaties. Boven een deel van het artillerieschietkamp Oldebroek ontwortelde deze hoos enkele duizenden bomen, voornamelijk dennen. Aan de hand van luchtfoto's en door kompasmetingen op de grond zijn destijds op meerdere locaties kaarten met valrichtingen gemaakt. Daar is veel minder het spiraalvormige valpatroon herkenbaar dan in de situatie van 25 juni 1967 (voorbeeld in figuur 31).

Er kunnen diverse oorzaken zijn voor het al of niet ontstaan van een duidelijk "cyclonaal" valpatroon. De treksnelheid van de hoos en van het buiencomplex als geheel is daarbij van belang. Bij erg hoge treksnelheden is de kans op het aantreffen van bomen die "tegen-de-stromingsrichting-in" zijn gevallen kleiner in vergelijking met hozen die zich langzamer verplaatsen. Ook de kracht van een hoos kan gedurende de passage over een traject sterk verschillen. Op plaatsen waar de hoos vermindert in kracht kunnen bomen een meer eenduidige valrichting vertonen, vaak gelijk aan de trekrichting van de hoos. Het ontbreken van een cyclonaal valpatroon in bosopstanden is dus nog geen bewijs dat de schade niet is veroorzaakt voor een windhoos, vooral niet als beeldopnames en ooggetuigen hiervan bewijsvoering opleveren.



Figuren 30 en 31. Detailtekeningen van schadepatronen van windhozen op 25 juni 1967 in Chaam en op 17 juli 1987 op het artillerieschietkamp Oldebroek
(Bronnen: H. Wessels, Zenit, 1976-3, resp. Jacob Kuiper, VOM-scriptie)

5.9 Theoretisch maximale windstoten

In bijlage 9 wordt uitgelegd dat een geavanceerde schatting van de maximale windstoten aan de grond als gevolg van de uitspreidende valwind mogelijk is.

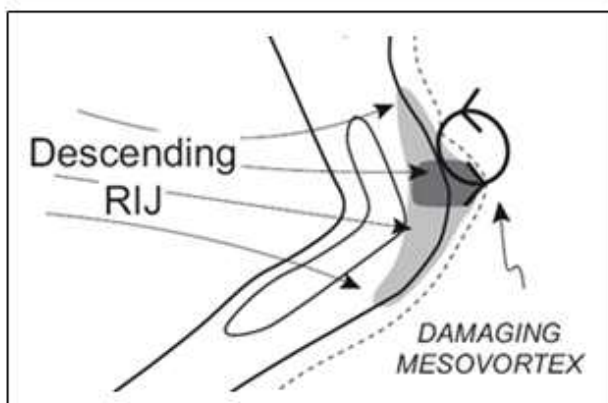
De schatting is gebaseerd op een berekening met drie termen, mogelijk aangevuld door een versterking van de derde term:

Term 1. Verdampen en smelten

Term 2. Regenintensiteit

Term 3. Sterkte Rear Inflow Jet, mogelijk versterkt door een mesovortex

Combinatie van de drie termen (zonder de versterking van een mesovortex) levert een schatting van de theoretische windstoot rond 50 m/s (circa 180 km/u).



Figuur 32. Cyclonale mesovortex aan de linkeruitgang van de dalende rear inflow jet (Bron: Doswell)

Een mogelijke extra bijdrage kan komen uit een zgn. cyclonale mesovortex (figuur 32), die een extra versnelling kan geven aan de RIJ. Als laagste schatting wordt hiervoor op 14 juli 2010 in het schadegebied bij Neerkant en Vethuizen 15 m/s genomen. Als deze factor wordt meegewogen dan kunnen de theoretische windstoten maximaal 55 m/s (circa 200 km/u) zijn, maar het blijft onzeker of deze waarden ook feitelijk zijn gehaald. Het samenvallen van de genoemde termen tot een maximale ontwikkeling van de sterke windstoten met bijkomende verschijnselen komt ook slechts zeer lokaal tot stand, qua oppervlakte valt te denken aan één of enkele gebieden met een oppervlak van enkele vierkante kilometers.

De berekende maximale wind, 50 of 55 m/s, is de snelheid die de lucht met de genoemde factoren maximaal kan bereiken op enige hoogte boven het aardoppervlak. Nabij het aardoppervlak zal de wind worden geremd door het landschap, de mate van remming door ruwheid wordt bepaald door de lokale ruwheidskenmerken zoals de omvang van gebouwen en bossages. De wrijving van het landschap kan dan lokaal oplopen tot enkele tientallen procenten bij het uitstromen van de valwinden. De genoemde getallen worden gezien als een theoretisch maximum met minimale invloed van wrijving door het landschap.

Samengevat: de theoretisch maximale windstoten op zeer lokale schaal bij de buien van 14 juli 2010 in het zuidoosten en oosten van het land worden geschat op circa 180 tot 200 km/u in een omgeving waar de wind nauwelijks wordt geremd door de ruwheid van het landschap.

Hoofdstuk 6

Conclusies

- Voor het onderzoek naar de extreme windschade rond Vethuizen en Neerkant op 14 juli 2010 zijn vele bronnen gebruikt, zoals het KNMI waarneemnetwerk, opnamen vanuit de lucht, informatie van internet, gesprekken met ooggetuigen en lokaal veldwerk om schade aan have en goed in kaart te brengen.
- Om een goed beeld van de schade te krijgen was het belangrijk om zo snel mogelijk ter plekke te zijn met een team van minimaal drie experts. Voor het vastleggen van meteorologische informatie en het naspeuren van andere bronnen was simultane inspanning op het instituut noodzakelijk.
- Hoewel het schadebeeld in het onderzochte gebied complex was, heeft het onderzoek een groot aantal aanknopingspunten opgeleverd om de conclusies in dit rapport te ondersteunen
- In een brede strook zijn op 14 juli 2010 in beide gebieden sterke valwinden met zeer zware windstoten opgetreden, veroorzaakt door intensieve neerslag en sterke luchtstromingen op 1-3 km hoogte, de Rear Inflow Jet (RIJ). De sterke stromingen op 1-3 km hoogte hebben zich op sommige plaatsen tot aan de grond uitgebreid, zowel in Neerkant als in Vethuizen.
- In Neerkant heeft zich aan de zijkant van het windstotengebied waarschijnlijk ook een zogenaamde meso- of misovortex gevormd. Een vortex kan in combinatie met naburige 'valwinden' lokaal extra schade veroorzaken in een relatief groot gebied.
- De hoogste gemeten windstoot is 34,2 m/s (123 km/u) op vliegbasis Volkel op. Als alle termen in de berekening van de theoretisch maximale windstoot samenvallen dan zou deze op 14 juli 2010 in het beschouwde gebied 50 tot 55 m/s (circa 180-200 km/u) kunnen zijn, maar het blijft onzeker of deze waarden ook feitelijk zijn gehaald. Het samenvallen van alle termen komt ook slechts zeer lokaal tot stand met een kleine kans van optreden en in een beperkt oppervlak, hooguit enkele vierkante kilometers. De berekende maximale wind is de snelheid die de lucht met de genoemde factoren maximaal kan bereiken op enige hoogte boven het aardoppervlak en zonder remming door de ruwheid van het landschap mee te rekenen. Door ruwheid gaat er nog een deel van de snelheid af, maar dit is sterk afhankelijk van het lokale landschap. De remming van de windstoten door wrijving van het landschap kan lokaal oplopen tot enkele tientallen procenten. De genoemde getallen worden daarom gezien als een theoretisch maximum met minimale invloed van wrijving door het landschap.
- Het onderzoek heeft nieuwe inzichten opgeleverd in het gedrag van valwinden. Zo zijn we in staat beter te begrijpen hoe de opbouw van de atmosfeer tijdens zware onweersbuien invloed heeft op de weersomstandigheden aan het aardoppervlak. We hebben bijvoorbeeld geconstateerd dat valwinden acute condensatie (mist) kunnen veroorzaken. Ook zien we dat de schade van een meso- of misovortex of een gustnado over flinke gebieden of in een lange strook vergelijkbaar kan zijn met een F1/F2 tornado. Dit type onderzoek levert in een combinatie van theorie, onderzoeksmateriaal en veldwerk een flinke bijdrage aan kennisvergroting en kan mogelijk bijdragen aan modelversterking en goede voorlichting.
- Enkele uren na het noodweer in Zuidoost-Nederland zijn in Friesland (Appelscha, Oosterwolde en Schiermonnikoog) meerdere waarnemingen van een windhoos gedaan. Het is niet ongebruikelijk dat op dagen met dergelijke zware onweerscomplexen, meerdere windfenomenen optreden.

Hoofdstuk 7

Dankwoord

Tijdens het veldonderzoek in de omgeving van Vethuizen en elders in de gemeente Montferland en in Neerkant en Helenaveen zijn de KNMI onderzoekers op zeer positieve wijze in de gelegenheid gesteld hun werk te doen.

Wij willen in de eerste plaats de ooggetuigen en de door ernstige schade getroffen inwoners en bedrijfseigenaren in Vethuizen en Neerkant bedanken voor hun bereidheid om hun ervaringen met ons te delen. Verlies van goederen en soms ook het leed van directe bekenden en vrienden komt zeer hard aan. Om in zo'n situatie toch over de situatie met ons als onderzoekers te praten getuigd van veel moed.

Ook de autoriteiten die wij spraken tijdens ons veldonderzoek willen we bedanken voor de welwillendheid waarmee men ons op de terreinen die getroffen waren, wilde toelaten. Onze dank gaat daarbij speciaal uit naar de gemeente Deurne, die de heer J. Mennen in de gelegenheid stelde ons een hele dag langs het schadespoor te begeleiden. Zonder die mogelijkheid om ter plekke kennis te vergaren, zou ons onderzoek een stuk minder hebben opgeleverd.

Onze hartelijke dank gaat ook uit naar de afdeling Luchtfotografie van de Vliegdiens van de KLPD, de heren F. Gilhuys en F. Boks, die ons relevante luchtfoto's ter beschikking gesteld hebben van beide locaties voor gebruik in het onderzoek, deze luchtopnamen zijn een belangrijke extra informatiebron. Daarnaast kwam via de media (internet) veel belangrijk foto en filmmateriaal beschikbaar, waar dankbaar gebruik van is gemaakt. Met name willen we de bijdragen op de website <http://www.weerwoord.be> vermelden.

Onze dank gaat mede uit naar de directie van het KNMI voor de instemming met de onderzoeksopdracht. Van mensen binnen en buiten het KNMI kregen we waardevolle informatie. Van KNMI-collega's vooral meteorologische informatie, van buitenaf vooral nieuw beeldmateriaal van het noodweer uit hun omgeving.

Mede door de bereidheid van allen is het volgens ons gelukt om een vrij sluitend beeld te krijgen van de meteorologische achtergrond van het noodweer in Vethuizen en Neerkant op 14 juli 2010.

Hoofdstuk 8

Bijlagen

8.1 Detailbeschrijvingen van het veldonderzoek te Vethuizen e.o.

8.1.1 Aanpak

Drie leden van het onderzoeksteam van KNMI hebben op 15 juli 2010 onderzoek verricht in Vethuizen en omgeving, een gebied dat ruwweg ligt tussen de plaatsen Doetinchem, Ulft en Zeddam.

Het onderzoek werd geconcentreerd rond het gebied met de zwaarste schade, op vijf specifieke plaatsen is deze schade uitgebreid vastgelegd en zijn ooggetuigen opgespoord die hun ervaringen wilden vertellen.

Bij het interviewen van ooggetuigen (voorbeeld in figuur 1) is voorzichtig te werk gegaan. De betrokkenen waren vaak eigenaar van zwaar beschadigde bezittingen en soms waren de emotionele aspecten groot. Vooral op de locatie Kemperplas in Vethuizen speelde dit een extra grote rol, aangezien hier op persoonlijk gebied veel leed is geschied en slachtoffers zijn gevallen. In dit rapport zijn de ooggetuigen geanonimiseerd.

De toegang tot sommige locaties werd door de autoriteiten continue gecontroleerd, maar het KNMI-team heeft na identificatie en uitleg van het doel van het onderzoek in alle gevallen positieve medewerking gekregen om haar werk te kunnen doen.

Het getroffen gebied werd per auto doorkruist, waarbij geen grote problemen werden ondervonden. Bomen, die de wegen vlak na het noodweer op veel plaatsen blokkeerden, waren door de brandweer overal al verwijderd.

In het gebied werden vijf hoogspanningsmasten geveld, de gevallen hoogspanningslijnen vormden op de wegen ook geen probleem meer voor de doorgang. Wel waren veel lokale wegen door de autoriteiten nog voorzien van verbodsborden om toestroom van 'ramptoeristen' te voorkomen.

Gedetailleerd veldwerk kost veel tijd en daardoor werd doorgewerkt zolang het licht was. Tegen middernacht keerde het team na een lange dag terug naar De Bilt.

8.1.2 Overzicht

In figuur 2 wordt een overzicht gegeven van de bezochte locaties in Vethuizen. De hoofdletters verwijzen naar detailbeschrijvingen in dit rapport. Op punt 5 is de foto van figuur 33 gemaakt door mevrouw van der Heijden, de fotorichting is de blauwe pijl. De omgevallen bomen worden weergegeven als cirkel en de valrichtingen als streepjes, als er een kompasrichting bepaald kon worden, dan is die aan het eind van het streepje weergegeven.

8.1.3 Observaties

Het gebied met ernstige schade is ongeveer 1,3 km breed en 2,5 km lang, afgebakend in figuur 2 door de rode lijnen.

Beschrijving van de locaties op figuur 19:

A: Provinciale weg N335 tot T-kruising met Langeboomseweg.

Weinig grote schade, vooral veel afgebroken takken van populieren. Ook eventuele sporen van opruiming waren er niet. Hierbij moeten we wel aantekenen dat de provinciale weg een belangrijke weg is, zodat we er van uit kunnen gaan dat eventuele schade snel opgeruimd is en dat we daardoor wellicht ten onrechte de indruk hebben gekregen dat er weinig grote schade is.

B: Boerderij aan de Langeboomseweg. Deze locatie wordt ook in detail beschreven in de bijlage 8.1.5.

Aanzienlijke schade, zie figuur 3. Dakpannen weggeblazen, schoorsteen afgebroken, achtermuur van boerderij (ZW) ingeblazen. Bomen ontworteld of afgeknapt.

C: Schade aan bomen. Bomen onttopt, grote takken afgebroken.

D: Schade aan bomen met ruwweg met dezelfde valrichting, één boom was echter in vrijwel tegengestelde richting gevallen. Woning relatief weinig schade, dak nog intact. Maar vanaf de weg was wel te zien dat aan de achterkant van het huis (Z), een stuk dak van een schuur was op het dak terecht gekomen.

E: Slechts een paar omgewaaide bomen te zien. Ook uit getuigenis van getuige 6 bleek dat de buurman gemeld had slechts weinig schade te hebben, afgezien van een paar omgewaaide bomen.

F: Moderne woning, enige schade zichtbaar was omgewaaide boom, die een stukje dakrand beschadigd had.

G: Grote schade aan bomen. Veel populieren onttopt of ontworteld. Valrichting allemaal in dezelfde richting (NW). Schuur waar twee paarden stonden voor tweedeede vernield, maar de paarden hebben het overleefd.

H: Deze locatie wordt ook in detail beschreven in de bijlage 8.1.6.

De populieren waren zwaar beschadigd (figuur 32). Een aantal populieren was afgebroken of ontworteld. Deze locatie wordt ook in detail beschreven in de bijlage. Er was grote schade aan het stalgedeelte door een omgewaaide berk. Veel dakpannen waren weggerukt. Dit zou kunnen komen doordat de wind onder het dak heeft kunnen slaan, nadat de berk al op het dak was gewaaid. Ook de andere daken hebben veel schade (dakpannen). In de tuin lagen bijna alle bomen om, inclusief sterk goed wortelende walnootbomen. Opmerkelijk was dat er ook een paar ongeschonden bomen, waaronder berken, aan de rand van de tuin stonden, tussen omgewaaide bomen in. Deze bomen hadden wel een wat dunnere stam, maar hadden ook weinig houtschade.

I: Hotel/restaurant, deze locatie wordt ook in detail beschreven in de bijlage 8.1.7.

Het hotel/restaurant aan de Langeboomsestraat had grote schade aan bomen en gebouwen. Van een schuur die werd omgebouwd tot kamers is het complete rieten dak weggeslagen. Het pannendak van deze schuur aan de loefzijde van de wind is vrijwel ongeschonden, op hier en daar een paar pannen na. Is dit een gevolg van luchtdrukdaling aan de lijzijde van een obstakel? Of wellicht een algehele luchtdrukdaling? Het dak as doorboord met boomtakken, maar het dak was al hersteld. Er is van een dubbelglas ruit waarvan de binnenruit naar buiten toe gesprongen, de glassplinters liggen tussen beide ruiten (figuur 5). Hier zijn duidelijk effecten van drukschommelingen waargenomen.



Figuur 33. Luchtopname bij locatie J (Bron: KLPD)

J: Op deze locatie grote schade aan gebouwen zoals ook te zien is aan de luchtopname (figuur 33). De bovenverdieping van het voorhuis was weggeslagen en veel dakpannen waren weggeblazen.

K: Camping, deze locatie wordt ook in detail beschreven in de bijlage 8.1.8.

Hier vielen uiteindelijk twee doden en acht gewonden te betreuren. Caravans zijn van zuid naar noord in het meer geblazen. Gebouwen hebben weinig schade, slechts wat dakpannen die ontbreken. Bomen liggen hier vooral in richting NNO/NO. Veel kleine voorwerpen liggen nog op de camping zelf en zijn juist niet over grote afstanden verplaatst, maar een lege koelkastomhulling was echter opgetild, circa 140 meter door de lucht verplaatst en aan de overzijde van de plas terecht gekomen.

L: Vanaf de weg was moderne bebouwing te zien, met geen zichtbare schade. De bomen in deze straat hadden wel veel takken verloren, maar de meeste toppen zaten er nog in.

M: Deze boerderij leek op het oog, voor zover we van de weg konden zien, vooral beschadigd door de hoogspanningsdraden die precies op de boerderij zijn gevallen. De bomen hadden lichte schade in de vorm van afgevallen takken.

N: Aan de Warmseweg viel weinig schade te ontdekken, behalve veel afgerukte takken en bij een huis enkele geheel ontwortelde bomen.

O: Hoogspanningsmasten, deze locatie wordt ook in detail beschreven in de bijlage 8.1.9. Over de hoogspanningsmasten valt op te merken dat we er van uit kunnen gaan dat deze zijn omgevallen door het effect van de zeer zware windstoten en niet doordat voorwerpen tegen de masten of op de kabels terecht zijn gekomen. Dit wordt later ook bevestigd door onderzoek door KEMA in opdracht van Tennet.

P: Bosje. In dit bosje was nog wel veel houtschade te zien, vooral in de toppen van de bomen.



Figuur 34. Zuilvormige onderzijde van een zware bui, richting van de foto aangegeven bij punt 5 in figuur 19. (Bron: mevr. van der Heijden)

8.1.4 Getuigenissen

1: Getuige 1, onderweg van Braamt naar Zeddum, ziet in de richting Vethuizen enkele verticale draaiende wervelingen.

2: Getuige 2, wonende aan de Warmseweg, ziet een verticale zuil naderen, zonder rotatie. Hij heeft slecht zicht waargenomen ten tijde van het noodweer, geschat wordt dat het hooguit één meter was. Zie details in de bijlage.

3: Getuige 3, wonende aan de Warmseweg, meldt een horizontaal ronddraaiende wolk te hebben zien naderen. Zijn omschrijving doet ons denken aan een rolwolk. Hij verklaart geen hoos te hebben waargenomen,

alleen een horizontaal roterende wolk. Hij meldt dat bij het omvallen van de hoogspanningsmasten een steekvlam te zien was van 50m.

4: Getuige 4 meldt ook het enorm beperkte zicht te hebben ervaren (zie bijlage voor de details van locatie B, getuige 4). Van haar huis zijn naar eigen zeggen slechts een paar dakpannen weggewaaid.

5: Mevrouw van der Heijden, wonende aan de Broekzijde in Zeddam, stuurde enkele foto's zoals de op afstand passerende bui in figuur 34. De richting waarin onderstaande foto werd genomen is d.m.v. een blauwe pijl aangegeven in figuur 2.

8.1.5 Details van locatie B

De locaties worden hier aangegeven in figuur 35. In de detailkaarten worden de omgevallen bomen weergegeven als cirkel en de valrichtingen als streepjes.

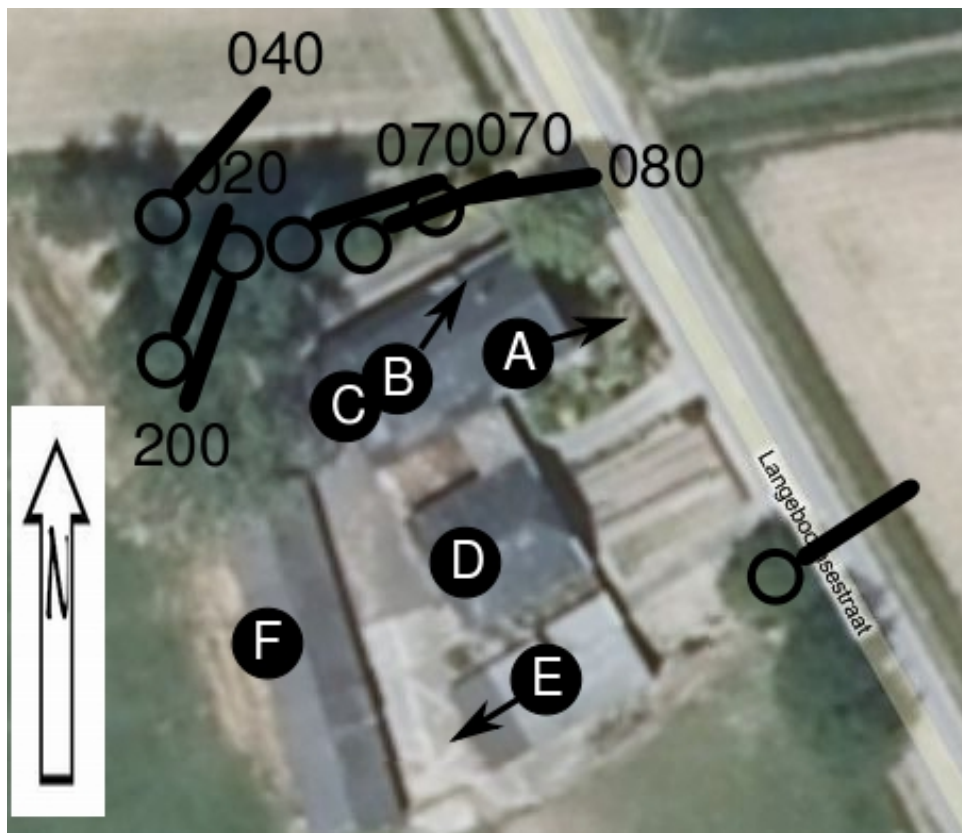
Woonhuis aan de Langeboomsestraat, annex veestal en enkele schuren. Het betreffende perceel staat in open terrein (weiland) en heeft aan de west en zuidzijde enkele (fruit)bomen. Het is een boerderij uit 1931.

Getuigenissen

We spraken de bewoonster (getuige 5). Ze sliep op het moment dat het gebeurde, maar werd wakker door een luide klap en ze hoorde ook veel neerslag vallen. Tijdstip schat ze op ongeveer half zeven/kwart voor zeven. Ze vertelt dat er buurtbewoners zijn geweest die een draaikolk gezien zouden hebben.

Interessant was in dit geval ook dat ze vermeldde dat de luiken op de benedenverdieping niet hebben staan klapperen. Volgens haar gebeurt dat normaal gesproken wel als het waait.

We spreken ook een andere mevrouw (getuige 4). Ze woont in een boerderij op ongeveer 500m ONO-waards (locatie 4). Ze meldt dat ten tijde van het noodweer het zicht heel slecht was. Mistig, net een wolk, alsof je in een vliegtuig door een wolk vliegt. Ze schat het zicht op één meter. Volgens haar viel er ook hagel op dat moment, daarna kwam de regen en heel harde wind.



Figuur 35. Overzicht van locatie B (Bron: Bing maps)

Observaties boerderij Langeboomseweg:

Van het woonhuis/veestal is het achterste deel zwaar beschadigd (zie figuur 3).

A: De schoorsteen was van het dak gewaaid. De schoorsteen heeft pal ten westen van de waar die stond een gat in het dak veroorzaakt, waarna de restanten van de schoorsteen aan de zuidoostkant van het huis in de tuin belandden.

B: Vrijwel alle dakpannen van het achterhuis (stalgedeelte) zijn door winddruk- en zuigefecten van het dak verdwenen en aan weerszijden van het gebouw terecht gekomen, maar voor het grootste gedeelte aan de noordkant terechtgekomen. Op het woonhuis waren slechts een beperkt aantal dakpannen verdwenen. Oorzaak is waarschijnlijk dat dit gedeelte van het dak een houten dakbeschot onder de pannen heeft, waardoor de winddrukeffecten minder gevolgen hebben gehad.

C: De muur aan de achterkant (zuidwestzijde) was voor een deel weggeslagen. De restanten waren duidelijk naar binnen geduwd. Ook de grote deuren op de begane grond waren naar binnen ontzet.

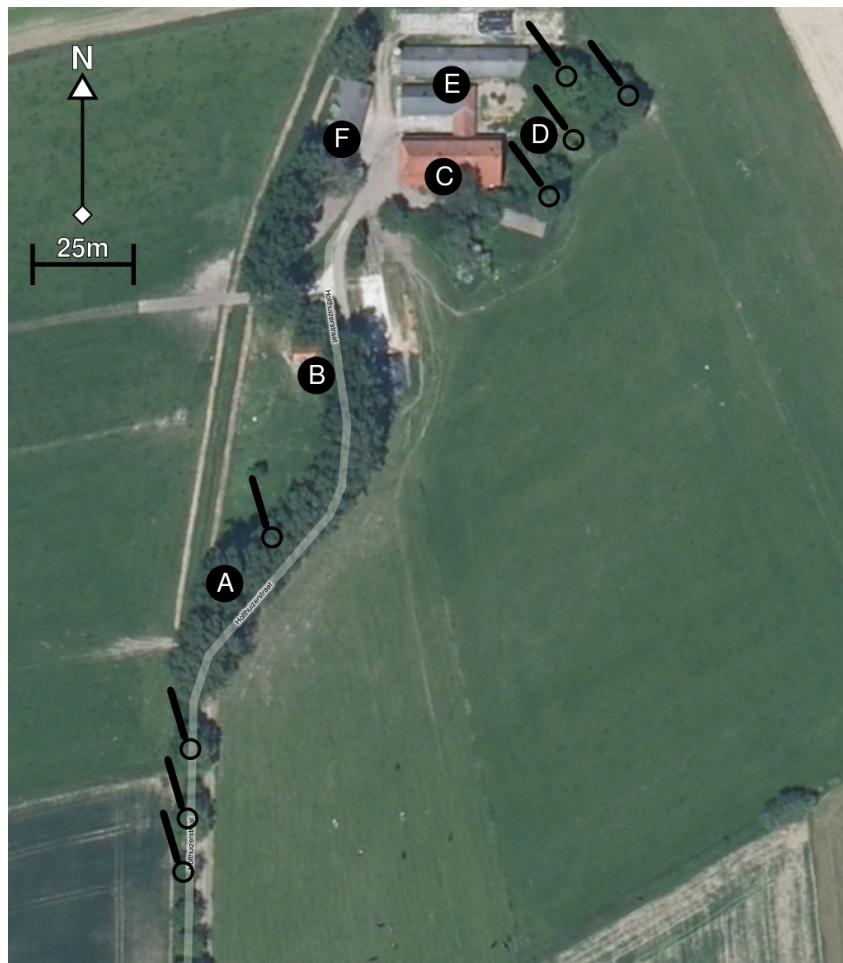
D: Aan de zuidwestkant van deze aangebouwde schuur waren veel dakpannen weggeblazen, aan beide kanten van het dak.

E: Dit bijgebouw had een dak bestaande uit dakplaten. Een dakplaat was losgekomen en lag ten zuidwesten van de originele locatie op het dak (zie pijl figuur 26).

F: Van dit bijgebouw waren ook enkele dakplaten weggewaaid.

We konden verschillen in valrichting vaststellen van de bomen en dakpannen en -platen, zoals aangegeven in het overzichtskaartje. Dit type schade ontstaat als er een (verticaal) roterend systeem (zoals een tornado of een gustnado) overtrekt. Het is echter ook denkbaar dat de windrichting in de directe omgeving van de boerderij is beïnvloed door turbulente stroming en wervelingen rond de gebouwen, zoals dat altijd optreedt bij luchtstromingen rond objecten. Eén populierentak was in zo-lijke richting geblazen, een boom met wortel en al uit de grond gerukt en circa 1 a 2 meter verderop terecht gekomen, een boom enigszins getordeerd met kruin richting ZO, alle andere bomen meest naar N.

8.1.6 Details van locatie H



Figuur 36. Overzicht van locatie H, Holthuiserstraat (Bron: Bing maps).

In de detailkaarten worden de omgevallen bomen weergegeven als cirkel en de valrichtingen als streepjes.

De bewoonster (getuige 6) van de boerderij aan de Holthuizerstraat in Zeddam (overzicht in figuur 36) verklaart dat het noodweer rond 1900 uur plaatsvond en ongeveer een halve minuut duurde. Het begon eerst heel hard te regenen. Ze verklaart: "Je zag niks, het was helemaal wit buiten, zo hard regende het. Maar er zat geen regen tegen het raam". We hebben hier even over doorgevraagd, omdat volgens de valrichting van de bomen in de tuin, de regen wel tegen het raam zou hebben moeten komen. Op onze opmerking dat het ook een witte waas als gevolg van mist en condensatie zou kunnen zijn, gaf ze aan dat dit ook zou kunnen. In de tuin liet ze zien dat van een bakstenen BBQ met erop aan beide kanten een stapel tegels, slechts één stapel tegels is weggewaaid. Ze dacht dat dit kwam door een windhoos. Nadat de wind wat was afgenomen, was er nog wel wat regen en wind. Ze gingen daarom nog niet naar buiten.

Observaties bij de boerderij aan de Holthuizerstraat

A: De populieren waren zwaar beschadigd (figuren 37 en 38). De toppen waren er uit en meestal waren alleen nog delen van de primaire takken aanwezig (deze hingen soms ook gebroken nog hoog in de bomen). Een aantal populieren was omgevallen, soms afgebroken, soms ontworteld. Geschatte ouderdom van deze grote bomen is circa 40 tot 70 jaar. De hoofdvalrichting in dit gebied was in de richting NNW-NW.

B: Op deze locatie in figuur 35 stond een schuur met 2 paarden erin. Deze schuur is voor circa 2/3 vernietigd door een omvallende boom, de paarden hebben het overleefd.

C: Een grote berk is op het stalgedeelte van het gebouw gevallen. De dakconstructie is onbeschadigd gebleven, maar er zijn wel veel dakpannen verdwenen, zowel aan de zuid- als de noordzijde van het gebouw. Het is niet vast te stellen of hier zuigkracht heeft geheerst. Het kan ook zijn dat door de beschadigingen aan het dak van de omvallende boom, de wind onder de pannen heeft kunnen komen en zo steeds meer pannen van het dak heeft geblazen.

D: In de tuin waren vrijwel alle bomen (lindes, notenbomen) omgewaaid. Opmerkelijk was dat maïskolven in de moestuin waren platgeslagen, terwijl tomatenplanten overeind waren blijven staan en geen zichtbare schade hadden. Deze tomatenplanten stonden aan bamboestokken vast, die volgens mevrouw (getuige 6) een flink stuk (tot 1-2m) in de grond stonden. Hoofdvalrichting richting NW.

E: De daken van deze bijgebouwen waren beschadigd, vooral dakpanshade en weggewaaide dakpannen.

F: Dit bijgebouw, voor een deel garage, was zwaar beschadigd. In de zuidwesthoek was de garagedeur met sponning en al naar binnen gedrukt. De eigenaar vertelde dat dit kwam doordat er takken tegenaan zijn gewaaid. Naast deze garagedeur was een gedeelte van het gebouw open. Hier stond de auto onder geparkeerd, die volgens de eigenaar geen enkele schade heeft. Het complete dak van dit schuurdeel is weggewaaid, waarschijnlijk door de winddruk in de open constructie.



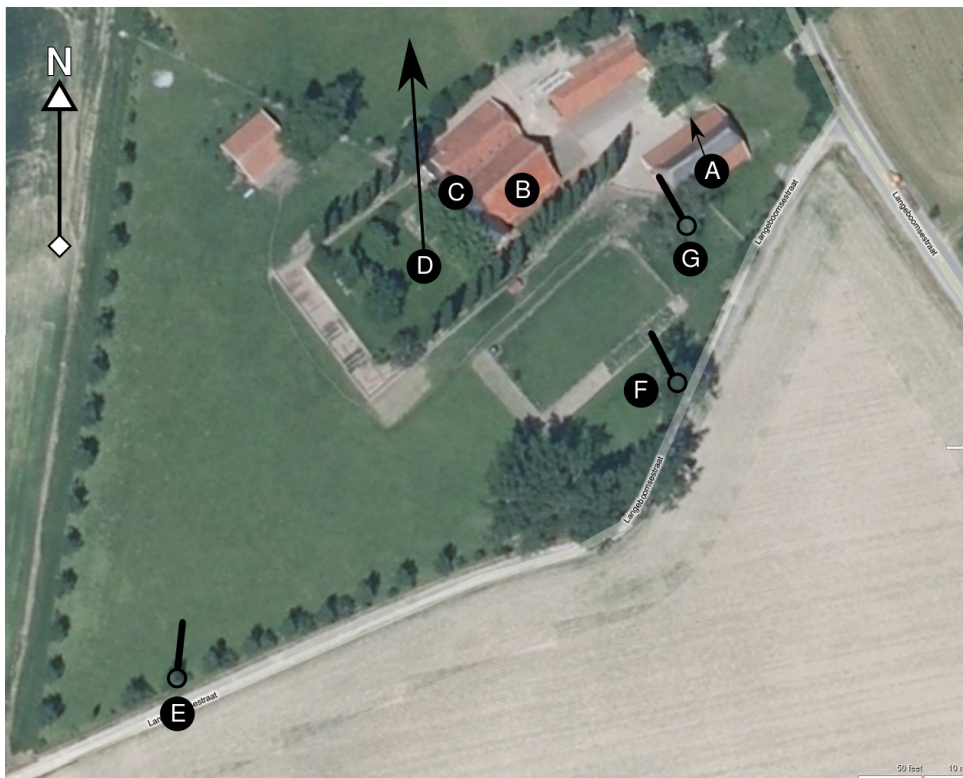
Figuur 37. Details van de schade aan de populieren (Bron: Jacob Kuiper/KNMI)



Figuur 38. Restanten van de populieren langs de Holthuiserstraat (Bron: Jacob Kuiper/KNMI)

8.1.7 Details van locatie I

In figuur 39 een overzicht van de locatie van het hotel-restaurant aan de Langeboomsestraat. In de detailkaarten worden de omgevallen bomen weergegeven als cirkel en de valrichtingen als streepjes.



Figuur 39. Overzicht van locatie I, Langeboomsestraat (Bron: Bing maps)

Getuigenissen

De eigenaar (getuige 7) verklaart dat iedereen binnen in het restaurant zat. Plotseling kwam er een grijze muur op hen af. Het zicht nam af tot hooguit 2 meter ten tijde van het noodweer en alle deuren sloegen open. Op onze vraag of deze deuren naar buiten open gaan, antwoordde hij bevestigend. Hij verklaart ook allerlei drukveranderingen te hebben waargenomen uit een vreemd gevoel in de oren. De ruiten zouden bol hebben gestaan. Van een ruit dubbelglas is het binnenglas gesprongen, waarbij een stuk glas tussen beide glazen terecht gekomen is. Er is binnen ook veel lekkage geweest. Er zit o.a. water in de elektrische leidingen.

Van een schuur uit 1786 is het rietendak weggeslagen. Het dak van het hoofdgebouw is doorspiesd met takken (die tot wel 2m diep doordrongen). We hebben dat zelf niet kunnen waarnemen, omdat de schade al hersteld was toen wij ter plaatse waren. Er werd met 30 man gewerkt om de schade te herstellen.

Observaties hotel-restaurant aan de Langeboomsestraat

A: Van deze schuur was het rietendak weggeslagen (figuur 40). De noordkant van het gebouw was half ingestort. De zuidkant had opmerkelijk weinig schade. Ook het onderste stuk dak, dat uit pannen bestond, was vrijwel intact.



Figuur 40. Rietendak weggeslagen op locatie A (Bron: Jacob Kuiper/KNMI)

B: Dit gedeelte van het dak van het hoofdgebouw was doorspiesd met takken. Volgens de eigenaar (getuige 7) staken sommige takken wel 2m door het dak heen.

C: Op deze locatie, op de begane grond, was het binnenglas van een dubbelglas-raam gesprongen (figuur 5). Daarbij waren scherven tussen de beide ruiten terecht gekomen.



Figuur 41. Schadesporen bij het hotel-restaurant op locatie A (Bron: KLPD)

D: Tuinmeubilair is weggeblazen en in het weiland ten noorden van het gebouw terecht gekomen (zie pijl). In de luchtopname's die 's ochtends gemaakt zijn is ook rommel te zien in het weiland ten noorden van het hoofdgebouw (figuur 41). Het meubilair was totaal verwrongen en beschadigd. Helaas is ons nu onbekend hoe zwaar het meubilair was, en uit wat voor voorwerpen het bestond.

E/F: De schade langs dit pad was erg onregelmatig. Bij E was tenminste één boom omgegaan. Verderop was weer minder schade, vooral afgewaaide takken. Bij F en G waren grote bomen omgegaan. Dit is te zien in figuur 42, samenstelsel van verschillende frames uit de luchtopname's.



Figuur 42. Schade aan de bomen langs het pad op locatie E,F en G in figuur 30 (Bron:RTL-nieuws)

G: Deze boom is rakelings langs de schuur gegaan en helpt ons bij een bepaling van de richting. Het is echter niet uitgesloten dat deze boom wellicht eerst op de schuur is gevallen, en daarna is weggerold. Maar het schadebeeld lijkt hier vooral N-NW-waarts gericht te zijn.

8.1.8 Details van locaties K en O

Getuigenissen van de eigenaren van de boerderij en de camping aan de Hoge Veldweg te Vethuizen, zie figuur 43. In de detailkaarten worden de omgevallen bomen weergegeven als cirkel en de valrichtingen als streepjes.



Figuur 43. Overzicht van locatie K. O en P te Vethuizen (Bron: GoogleMaps)

De eigenaren waren koeien aan het melken in de stal. Het slechte weer kwam snel opzetten, in de lucht waren wolken in horizontale lagen te zien. De wolken rolden bij het aankomen. Bij navragen ging dit om een horizontale rotatie. Vrijwel direct met de wind kwam de regen en hagel. De hagel heeft bij een aantal campinggasten de huid beschadigd.

De eigenaren stonden voor het raam, maar konden nauwelijks iets zien. Het leek mistig buiten. Ook in de stal was het zicht slecht, de koeien achter in de stal waren niet te zien. Opgemerkt moet worden dat de stal rondom open is aan de zijkant (hoogte opening: ca. 1,5 m). De wind kwam vanaf de richting 's Heerenberg.

Na afloop verbeterde het zicht langzaam aan steeds een beetje meer. Er is nauwelijks onweer waargenomen. Slechts van te voren een paar ontladingen. Vlak voor en tijdens het noodweer renden de koeien die niet op stal stonden rond in de wei.

Vooralsnog kon de boer niet aangeven of de koeien door de lucht waren gevlogen (in een krantenartikel zou daar namelijk sprake zijn, maar dit was mogelijk op een andere locatie). De boer heeft de koeien nog onderzocht, maar geen van de koeien had verwondingen opgelopen.

Bij nader doorvragen, meldden ze nog:

- ze hebben geen pijn of druk in de oren gevoeld.
- het dak van de melkschuur bij de burens is een stukje (10-20cm) opgetild.
- er zou door campinggasten een draaikolk zijn waargenomen.
- getuigen op de camping zouden hebben waargenomen hoe de zuidelijke rij caravans over de noordelijke rij caravans heen is geblazen (figuur 6).

Getuigenissen van campinggasten:

We hebben ook nog een paar campinggasten kunnen interviewen. Ze gaven aan weinig gezien te hebben, omdat ze vooral bezig waren met het redden van hun tent, caravan en andere spullen. Ze hadden vanuit hun positie geen zicht op het grootste deel van de camping en ook geen zicht in de richting waaruit het noodweer naderde. Ze waren unaniem dat de wind en regen tegelijkertijd kwam opzetten. Van te voren was het nog nauwelijks aan waaien en onweer is nauwelijks waargenomen. Na afloop is er nog wel een bliksem en donder geweest, met een tussenpoos van 20 seconden. Deze campinggasten hebben verklaard dat de caravans zijn gaan rollen, uit hun getuigenissen bleek niet dat de caravans echt door de lucht waren gevlogen. Een andere campinggast merkte nog op dat ze een roodgekleurde lucht had waargenomen.

We spraken ook nog iemand die via de brandweer bij de hulpverlening was betrokken. Hij liet weten gehoord te hebben dat de caravans zijn gaan rollen. Het eerste dodelijke slachtoffer is bekneld geraakt onder een kantelende caravan.

Een meneer (getuige 8), werkzaam bij de gemeente Montferland, stond op 15 juli bij de ingang van het campingterrein de bezoekers te controleren. Hij gaf aan dat getuigen verteld hebben dat er caravans tot halverwege het meer door de lucht zijn gevlogen en daarna half rollend en stuitend over het water tot aan de noordelijke oever zijn geblazen.

Observaties camping

Omgeving:

A: De bomen op deze locatie in figuur 43, vooral populieren, had weinig schade, behalve veel afgewaaid takken. Kruinen nog meest intact. In tegenstelling hiermee waren enkele berken aan de westkant van het meer geknakt (figuur 44).

B: Melkstal. Vrijwel geen schade, maar is ook deels open constructie. Slechts wat dakplaten leken weggevaaid.

C: Boerderij. Weinig schade, afgezien van slechts enkele afgewaaid dakpannen. Een mevrouw (getuige 10) gaf wel aan op basis van de weersverwachting al veel maatregelen te hebben genomen, zoals rolluiken sluiten, en losse spullen binnenhalen.

Op de camping: Veel gasten waren al vertrokken toen wij langs kwamen. Daarnaast zijn de hulpdiensten vlak na de gebeurtenis ook flink in de weer geweest. Zo hoorden we dat er ook al weer caravans uit het water getrokken zijn. Ook stonden er veel bandensporen langs de oever van de hulpdiensten, zodat we niet konden bepalen of de begroeiing beschadigd was door de caravans die het meer in werden geblazen. We kunnen er dus niet vanuit gaan dat het schadebeeld (figuur 45) is, zoals direct na het noodweer.



Figuur 44. Geknakte berken bij het meer (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)



Figuur 45. Impressie vanaf de camping (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

Figuur 46 is een foto, genomen in zuidoostelijke richting (de camping bevindt zich op 2 km in noordoostelijke richting) voor de passage van de buienlijn. Erop is de naderende rolwolk te zien met vlak daarachter de kenmerken van een zich vormende valwind ("downburst en microburst") als dicht neerslagscherm met aan de rechtekant een scherpe begrenzing.



Figuur 46. Naderende buienlijn met rolwolk en microburst bij de camping (Bron: Y.v.d.Heijden)

D: Op deze locatie stonden tijdens ons bezoek nog 2 caravans die intact leken. Op de luchtopnames die 's ochtends zijn gemaakt, stonden in dit gedeelte nog veel caravans. We merken op dat dit gedeelte in de luwte van de boerderij ligt, gegeven een windrichting van ZZW-NNO. Tevens staat er een heg aan de loefzijde.

E: Op dit terrein van de camping was het volgens ooggetuigen wild toegegaan. Er stonden 2 rijen caravans. We hebben mensen gesproken van de hulpverlening en campinggasten. Ze schetsten het beeld dat de zuidelijke rij caravans is gaan rollen en tegen de noordelijke rij caravans is aangebots. Er werd geen duidelijke indicatie gegeven dat de caravans ook een flink stuk zijn opgetild.

F: Een meneer (getuige 8), werkzaam bij de gemeente Montferland, stond bij de ingang van het campingterrein de bezoekers te controleren. Hij gaf aan dat getuigen verteld hebben dat er caravans tot halverwege in het meer terecht zijn gekomen, die daarna half rollend en stuiterend over het water tot aan de noordelijke oever zijn geblazen.

G: De broer van de eigenaar heeft ongeveer op deze locatie een luchtbed gevonden. Hij geeft aan dat dit meest waarschijnlijk vanaf de camping gekomen is.

H: Hier is een koelkast gevonden, zonder inhoud, zonder deur, en zonder motor. Naar verluidt is deze op de camping, bij (E), gaan schuiven tegen een auto aan en daarna door de wind over het meer heen geblazen. Gewicht van de koelkast schatten we op 15 kg. De koelkast is tenminste 140 meter verplaatst.

I: Hier werd een stuk tentdoek aangetroffen dat helemaal vastzat in het struikgewas.

J: Ongeveer op deze locatie is nog een stuk van een caravan aangetroffen (circa 2 kg). Opmerkelijk was dat dit stuk om het prikkeldraad was gevouwen, en ook op de plek van het prikkeldraad circa 20cm was ingescheurd. Dit stuk was duidelijk met grote kracht in het prikkeldraad geblazen.

K: Hier lag een object, dat leek op een bestekbak. Zeer waarschijnlijk afkomstig van de camping.

L: Hier werd nog een stuk van een caravan aangetroffen, van circa 1 kg. Het leek op hetzelfde materiaal als wat bij (J) gevonden is.

M: Opvallend was dat ten westen van deze zwarte lijn, nauwelijks spullen van de camping zijn aangetroffen. Veel kleine en lichtgewicht voorwerpen lagen nog op het campingterrein. Aan de noordkant van het meer lagen veel voorwerpen, maar die leken vooral afkomstig van de caravans die in het meer terecht zijn gekomen. Het zou kunnen zijn dat er al opgeruimd is, maar die indruk hadden we bij ons bezoek niet.

N: Deze boom was net niet omgegaan. Mogelijke valrichting is weergegeven. Een worteltak was al uit de grond gerukt.

Samenvatting schade camping en directe omgeving:

- Vele kleine voorwerpen lagen nog op de camping. Ze lagen niet wijd verspreid over het gebied.
- Er lagen slechts sporadisch brokstukken op meer dan 100m van de camping. De brokstukken die we aantreffen lagen in richting N.
- Het gedeelte van de camping ten NNO (bij D) van de boerderij leek redelijk gespaard. Gegeven de trekrichting van het systeem ligt dit gedeelte in de luwte van de boerderij ligt, beschermt achter manshoge bosjes aan de zuidzijde. Op de luchtbeelden die 's ochtends zijn gemaakt, is te zien dat daar nog een aantal caravans staan, terwijl bij E alles is weggeblazen.
- De verhalen over wat er precies met de caravans is gebeurd, zijn niet eenduidig. Sommige getuigen hebben verteld dat de caravans zijn gaan rollen en tegen elkaar gebotst zijn, andere getuigen spreken erover dat de caravans door de lucht gevlogen zijn.
- Er zijn verhalen uit 2e hand dat mensen een draaiende verticale kolom hebben waargenomen.
- Het schadebeeld aan de bomen vertoont een divergerend (uitwaaierend) patroon. De bomen aan de westkant van het meer lagen in richting NNO, terwijl we een boom aan de oostkant aantreffen die in richting NO lag.

8.1.9 Details locatie O



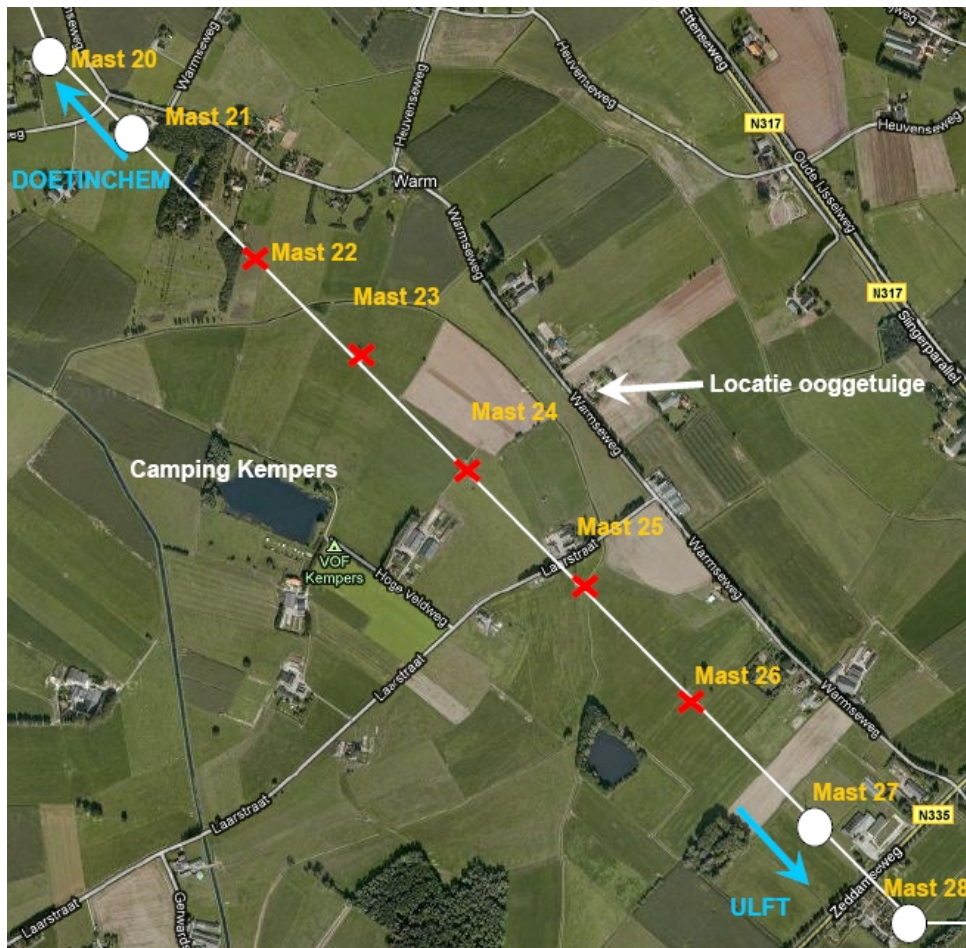
*Figuur 47. Foto van de zuilvormige onderzijde van de bui
(Bron: Y.v.d.Heijden)*

Getuigenissen

Bij de meest noordwestelijke van de omgevallen hoogspanningsmasten spraken we nog enkele ooggetuigen. We spraken hen rond 2100 uur. Een meneer (getuige 2), wonende aan de Warmseweg in Etten, verklaarde nog het noodweer te hebben zien naderen. We spraken hem rond 9 uur 's avonds bij de meest NW-lijk omgevallen mast. Vanuit hun huis zag hij een lange verticale zuil aankomen, zoals ook te zien is in figuur 47, de foto van dezelfde bui vanaf een andere locatie met de herkenbare zuil-vorm.

Bij navragen gaf getuige 2 aan geen rotatie om een verticale as gezien te hebben. Uit zijn verklaring blijkt de zuil vanuit zijn positie ongeveer 16 graden breed te zijn geweest (ter plaatse op zijn aanwijzingen ingeschat met hand-en-arm-methode), terwijl de zuil net ten zuiden van de camping was. Dat zou inhouden dat de werkelijke

breedte van de zuil dan tussen de 150 en 200 meter kon bedragen. Volgens hem werd het zicht heel slecht, naar schatting niet meer dan 1 meter. Hij had het idee dat er vlokjes door de lucht dreven, alsof het sneeuw was. Tegelijkertijd voelde de lucht plotseling erg koud aan. De vrouw van getuige 2 (getuige 9) meldt nog dat ze in de woonkamer zat en dat ze merkte dat de regen en hagel aan beide zijden van de woonkamer tegen de ruiten sloeg. Ze vond dat vreemd, omdat de ramen tegenover elkaar zitten.



Figuur 48. Situatieschets met de bezweken masten
(Bron: Tennet/KEMA/GoogleMaps)

Observaties

O: Vijf hoogspanningsmasten zijn neergegaan (figuren 48-50). De valrichting van een mast heeft het KNMI-team weliswaar ingetekend in figuur 42, maar we verwachten dat de mast vanwege de verbindingen met de andere masten, alleen loodrecht op de leiding kan omknakken. Daardoor is dit geen indicatie voor de windrichting. We hebben geen objecten aangetroffen die tegen (een van) de mast(en) zijn opgebotst of gewaaid. Eventuele verzwakkingen door slechte staat van een van de masten is ons onbekend. Tot zover moeten we er dus vanuit gaan dat de windsnelheid hiervan de oorzaak is.

KEMA-onderzoek

Tennet heeft KEMA een expert onderzoek laten uitvoeren naar de oorzaak van het bezwijken van de hoogspanningsmasten nabij Vethuizen en komt op basis van dit onderzoek op 18 november met de conclusie:

“Volgens KEMA is een extreem harde valwind die maar zeer incidenteel in ons land voorkomt, de oorzaak geweest van het bezwijken van de masten. Daarbij kunnen excessieve windsnelheden (tot 200 kilometer per uur) worden gehaald. De krachten die hierbij ontstaan zijn ruim hoger dan de ontwerpbelasting van de masten. In de directe omgeving van de omgevallen masten was er hierdoor sprake van grote schade; onder meer een camping werd zwaar getroffen. In het onderzoek wordt tevens aangegeven dat er geen domino-effect heeft plaatsgevonden, de omvallende masten hebben dus niet andere masten meegetrokken in hun val: alle vijf

masten zijn gelijktijdig omgewaaid. Dit wordt onder meer gebaseerd op de ligging van de masten na de val, allemaal haaks op de bestaande verbinding”.



Figuur 49. Luchtopname van de omgevallen mast nr.23 met de camping op de achtergrond (Bron: KLPD)



Figuur 50. Omgevallen hoogspanningsmast (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

8.1.10 Samenvatting Vethuizen e.o.

- Door sommige ooggetuigen wordt gesproken van verticale ronddraaiende wervels (aanwijzing voor tornado's en/of gustnado's).
- Door vele ooggetuigen wordt gesproken van horizontale ronddraaiende wolken in lagen (aanwijzing voor zogenaamde rolwolk) of van het voortrollen (met horizontale as) van de aanstormende kolom lucht met een grijze of bruine waas.
- Veel ooggetuigen geven aan dat er vooraf vrij weinig of helemaal geen wind was en dat de omslag naar de enorme klap wind en/of regen, zeer abrupt was. Veel ooggetuigen geven aan dat de wind en neerslag duidelijk tegelijkertijd begon.

- In het hele getroffen gebied wordt door meerdere getuigen verteld dat tijdens de gebeurtenis het zicht zeer sterk terugliep, tot hooguit enkele meters (aanwijzing voor het optreden van acute condensatie). Veel ooggetuigen spreken over een grijze muur die snel op hun af kwam zetten.
- Er is een ooggetuige die iets dwarrelend had waargenomen toen de zuil hem bereikte, het leek wat op sneeuwvlokjes. Deze getuige meldde ook dat de lucht erg koud aanvoelde toen hij dat moment meemaakte.
- Op een locatie (Hotel-Restaurant aan de Langeboomsestraat) spreekt een ooggetuige over drukveranderingen in de oren. De deuren die naar buiten opengaan zijn opengeslagen, de ruiten stonden bol en de binnenruit van een dubbelglas-raam is naar buiten toe gesprongen (glassplinters zitten tussen beide ruiten in).
- Er is slechts weinig onweersactiviteit waargenomen en dan vooral op grote afstand. Er zijn ooggetuigen die hagel hebben waargenomen.
- Het gebied met ernstige schade is breed (ca. 1.3 km) en ten opzichte van de breedte relatief kort (ca. 2.5km). Door tijdgebrek zijn we niet in staat geweest stroomopwaarts en stroomafwaarts van dit gebied te kijken of het schadespoor nog langer is.
- Over het gehele gebied gezien is een enigszins uitwaaierende (divergerende) valrichting van bomen te zien, aan de westkant van het getroffen gebied liggen de bomen richting NW en NNW, aan de oostkant richting NNO en NO. Maar lokaal zijn op korte afstand van elkaar ook zeer wisselende valpatronen te vinden.
- De gebouwen aan de rand van het getroffen gebied lijken zwaarder beschadigd dan gebouwen middenin het gebied.
- In het gebied zijn voorbeelden van zuigende werking en drukeffecten geobserveerd door getuigen. Ook lijkt sommige schade in deze richting te wijzen. Voorbeelden hiervan zijn een dak dat een tiental cm wordt opgetild (buren van locatie K, onduidelijk welke afstand), het rieten dak van het bijgebouw van het hotel-restaurant aan de Langeboomsestraat en het raam van dubbelglas dat gesprongen is (locatie I).
- Er zijn geen duidelijk geroteerde schadesporen gevonden in gewassen, van afgebroken takken en van stammen van omgevallen bomen. Bij een boerderij (locatie B) zijn wel bomen gevonden die op korte afstand in verschillende richtingen zijn gevallen.
- Het puin van gebouwen en voorwerpen en de bladeren, takken en ander hout van bomen ligt voor het grootste gedeelte in het verlengde van de overheersende windrichting. Op de camping zijn vele kleine voorwerpen juist niet weggeblazen.
- Op camping Kemperplas staat langs een deel van de waterkant een lage heg. Op plaatsen waar hier caravans in het water terecht zijn gekomen, lijkt deze heg geen schade te hebben opgelopen. De betreffende objecten zijn echter zwaar genoeg om schadesporen achter te laten aan deze heg als ze er tegenaan zouden zijn geblazen.

Deze observaties en getuigenissen maken het zeer waarschijnlijk dat de schade in het gebied voor het grootste deel is ontstaan door zogenaamde “straight-line winds” veroorzaakt door een sterke valwind (“downburst”). De uitdrukking “straight-line winds” komt voort uit een vrijwel gelijkgericht schadespoor. De schadepatronen aan de rand van het getroffen gebied en de verslagen van ooggetuigen geven aanwijzingen dat er mogelijk en zeer lokaal sprake is van verticaal roterende winden (“gustnado”), welke de schade hebben versterkt. Meer theoretische achtergronden over deze fenomenen vindt u in hoofdstuk 5 en bijlage 9.

8.2 Detailbeschrijvingen van het veldonderzoek te Neerkant e.o.

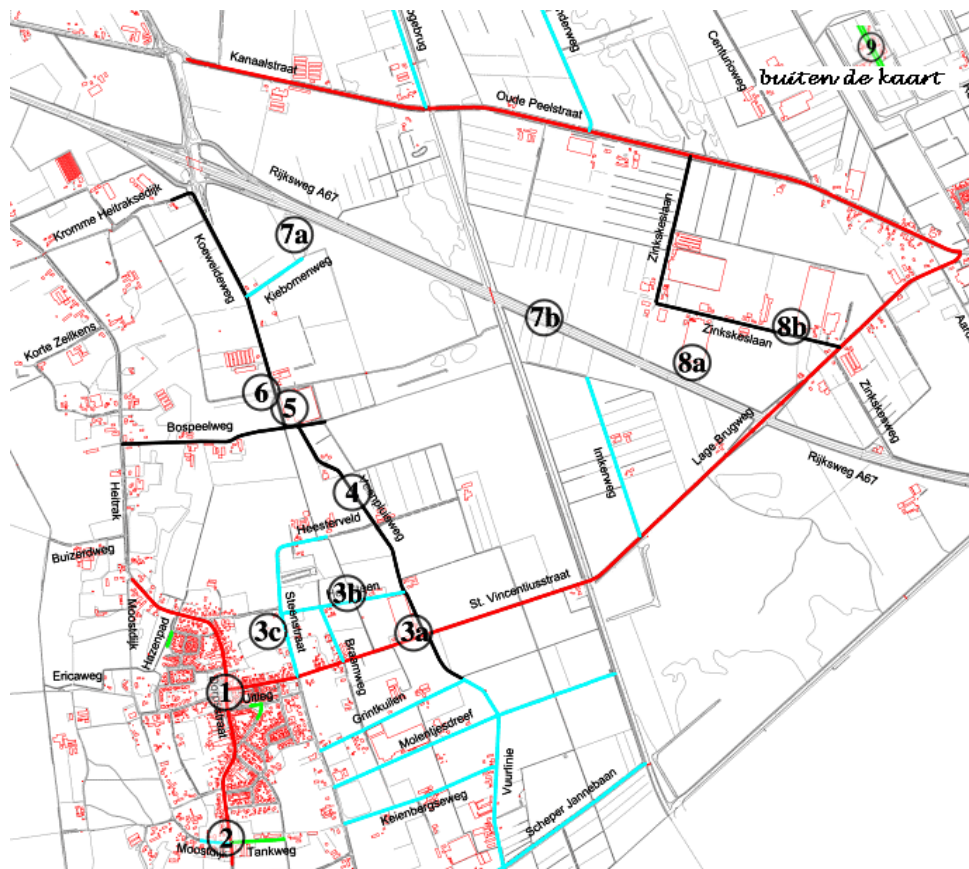
8.2.1 Inleiding

Bij het KNMI kwamen kort na 14 juli veel vragen binnen van de gemeente Deurne, waar men zich afvroeg wat de grote schade had veroorzaakt, vooral rondom het dorp Neerkant. In overleg met de heer G. Annevelink van de Gemeente Deurne werd besloten daar een veldonderzoek te doen. Drie leden van het KNMI-team werden door de heer J. Mennen van de gemeente Deurne op donderdag 29 juli (15 dagen na het voorval) de hele dag begeleid in Neerkant, de Deurnese Peel en Helenaveen. Hij heeft ze ook in contact gebracht met enkele ooggetuigen. Het dorp Neerkant ligt ongeveer 30 km ten oosten van Eindhoven en 14 km ten zuiden van Deurne, aan de zuidkant van de A67. Op vier km afstand in oostnoordoostelijke richting ligt Helenaveen aan de noordzijde van de A67 (figuur 51).



Figuur 51. Overzicht Neerkant en Helenaveen (Bron: GoogleMaps)

8.2.2 Beschrijving van de schadelocaties



Figuur 52. Deel van het schadeoverzicht Neerkant en Helenaveen (Bron: Gemeente Deurne)

Van de gemeente Deurne werd een overzichtskaart ontvangen met daarop aangegeven de gebieden met de grootste schade, een deel hiervan is weergegeven in figuur 52. Het schadegebied in de gemeente beslaat ongeveer 5x9 km². De kleuren in de kaart vertegenwoordigen de door de gemeente ingestelde prioriteit bij het herstellen van de stormschade aan openbare weg.

Veelal ging de eerste zorg uit naar het herstellen van de openbare weg door het afvoeren van omgewaaide bomen. In dat licht bezien geeft deze prioriteitenlijst ook een overzicht over de ernst van de schade. Rood heeft in het overzichtskaartje van figuur 51 de hoogste prioriteit, bruin de tweede, groen de derde en blauw de laagste prioriteit.

In het kort wordt nu ingegaan op de opgetreden en nog zichtbare schade, zoals door het onderzoeksteam aangetroffen.

De cijfers op de kaart komen overeen met de volgende schadebeschrijvingen:

1. Bij de kerk in de Dorpsstraat waren al veel omgewaaide bomen afgevoerd. Schuin tegenover de kerk, aan de overkant, was een boom omgewaaid en juist naast de brandweerkazerne gevallen. Voor zover we konden nagaan zijn alle bomen in de richting 010-040 graden gevallen.

2. Op de zuidelijkste hoek van de Moostdijk en de Keulsebaan had de eigenaar van de hoekwoning reeds 30 bomen laten weghalen, die omgewaaid waren en op de provinciale weg terecht waren gekomen. Deze bomen waren gevallen in de richting 050-070 graden (figuur 53). Daaronder waren enkele dikke populieren (50 cm) en berken van 20-25 cm doorsnede. Het huis zelf vertoonde dakschade aan de rechterszijde, vermoedelijk veroorzaakt door takken van de vallende bomen. Tegenover dit huis waren aan de overkant van de Moostdijk ook bomen omgewaaid en afgeknapt. Op dat perceel, Keulsebaan 30, zijn circa 25 bomen vernietigd, een aantal afgebroken, sommige omgegaan of ontworteld, terwijl ze soms nauwelijks brede takken hadden (beperkte windvangers). Een grote walnotenboom naast het huis is geheel ontworteld. De eigenaar van het terrein was thuis terwijl het noodweer passeerde.

Zijn verhaal: "Het begint te waaien, te regenen en het wordt zwart, binnen een halve minuut gebeurd, daarna weer licht. Er kwam zo'n enorme laag water, alsof de brandweer tegen de ramen stond te spuiten. Geen andere geluiden gehoord dan alleen het geraas van de regen. Geen hoofdpijn of andere effecten ervaren die

duiden op drukveranderingen. Heel klein beetje hagel, kleine steentjes, tijdens dat moment. In de buurt is een topgevel van kunststofschootjes en die vertoont vele gaten, zelfs tegen de muur onder de overkapping die een halve meter uitsteekt en bijna volledig vrijwaring zou moeten bieden tegen neerslag. Een bewijs dat de wind alle hageldeeltjes grotendeels horizontaal verplaatste". Beide locaties zijn in figuur 52 verwerkt, waarbij de valrichtingen van de bomen met gele pijlen worden aangegeven.



Figuur 53. Valrichtingen van bomen op de kruising Keulsebaan en Moostdijk (Bron: Google Earth)

Aan de Moostdijk waren tot op ongeveer 200m van de hoek aan dezelfde kant diverse bomen omgewaaid in de richting 050-070 graden en was een schuur neergegaan. De wind heeft van deze kant uit vrij spel over een maïsveld. De eerste beschutting wordt verderop gevormd door een klein bos op ongeveer één km afstand, aan de Hoefbladweg. In dit bos troffen we aan de noordoostkant ook omgewaaide bomen liggend aan in noordoostelijke richting, één boom had echter een sterk afwijkende valrichting (figuur 54). Dit gebied ligt zuid van de dorpskern van Neerkant.



Figuur 54. Valrichtingen van bomen aan de Hoefbladweg (Bron: Google Earth)

Tijdens het bekijken van de schade binnen en buiten de bebouwde kom van Neerkant informeert de heer Mennen ons over verdere bijzonderheden die hij vlak na het noodweer heeft gezien. In bebouwde kom Neerkant stonden bij de Uitleg een stuk of drie grote platanen (40 jaar oud) waarvan kroon was getordeerd (uitgedraaid) maar die niet waren ontworteld. Rijdend in de richting van het kassencomplex aan de Veenpluisweg blijkt nog maar een kwart van het oorspronkelijke aantal laanbomen overeind te staan. De meeste bomen langs deze weg, eiken, zijn vooral getordeerd, op 2 a 3 meter hoogte. Een stuk aluminium van de kas zit hoog in een eikenboom vast.

3a. Kassencomplex op de hoek van de Veenpluisweg en de St. Vincentiusstraat, rechtsonder in het overzichtskaartje van figuur 55 en 56. In figuur 54 is ook het kassencomplex bij punt 5 nog zichtbaar (middenboven)



Figuur 55. Overzichtskaart met de kascomplexen 3a en 5 (Bron: GoogleMaps)



Figuur 56. In deze figuur is in detail de kas bij punt 3a aangegeven. In aparte kleuren worden details uit de tekst aangegeven. (Bron: Google Earth)

In deze figuur is in detail de kas bij punt 3a aangegeven. In aparte kleuren worden details uit de tekst aangegeven. (Bron: Google Earth)

Dit kassencomplex bestaat uit twee afzonderlijke kassen, die achter of naast elkaar in noordelijke richting zijn gebouwd tussen 1970 en 1980. Aan de straatkant (Vincentiusstraat) bevindt zich een grote, veel hogere schuur met aan de linker en rechterkant de woonhuizen van de eigenaren.

Volgens de ooggetuigen is de wind uit WZW-lijke richting in de achterzijde van de kassen binnen gekomen en heeft daarbij de achterwand van de eerste kas een meter of acht in ONO-lijke richting verplaatst. De achterzijde is als het ware 'gerold' over het midden en rechter deel. Duidelijk was te zien dat die achterzijde uit de fundering was getrokken (figuur 8). Dit kasdeel is rood gekleurd in figuur 55. In dit volledig verwoeste deel van de kas trof de eigenaar na de tijd een paard aan, dat afkomstig was uit het naastgelegen weiland. Hoe het daar terecht kwam is een raadsel. Het paard had wellicht uit angst zijn behoefte gedaan op de plek waar eerst nog de kas stond. Als het beest niet door de lucht is verplaatst vanwege het noodweer dan moet het wel een enorme 'noodsprong' gemaakt hebben over een omheining. Het schrikdraad van ruim één meter hoogte was nog intact.

Aan het woonhuis rechts (geel gekleurd in figuur 56) was veel materiële schade, stormschade van voorwerpen en glassplinters, die tegen het huis waren aangeblazen. Glassplinters waren door de rolluiken en ook door thermopane beglazing heen geslagen. Het rolluik op eerste verdieping was uit de sponning naar buiten gedrukt in westelijke richting!

Tussen het woonhuis rechts en de grote schuur staat een deel van de kas in de luwte van de schuur met alleen glasschade. Ook de schuur zelf vertoonde weinig schadesporen. Vele glasscherven waren om het woonhuis en aan de overzijde van de Veenpluisweg te vinden. Tot in de weide schuin tegenover het woonhuis was weggeslingerd glas te vinden, meer dan 90 graden ten opzichte van de trekrichting van de bui. In paarsblauw is in figuur 56 het gebied aangegeven waar glassplinters werden gevonden. De noordelijk gelegen kas vertoonde alleen grote glasschade. Een geluk bij een ongeluk is het feit dat arbeiders, die 's ochtends en 's middags in de kas werken, al naar huis waren toen het noodweer overtrok.

3b. Dit woonhuis vertoonde zware structurele schade, de westelijke muur was 20 cm naar binnen verschoven.

3c. In de Steenstraat waren in een bos meer dan 800 bomen omgegaan.

4. De Veenpluisweg was oorspronkelijk een weg met aan de rechterzijde veel bomen. Na de storm was bijna 75% van de bomen omgewaaid in noordoostelijke richting. De bomen aan de Veenpluisweg waren vrijwel allemaal eiken van waarschijnlijk meer dan 50 jaar oud. "Van diverse bomen was de kruin afgerukt of getordeerd", volgens de heer Mennen, "op één plaats leek het of de bomen zelfs met wortel en al iets omhoog waren getild en iets verplaatst weer rechtop is neergezet".



Figuur 57. Overzichtsfoto van 15 juli 2010 bij A67 met links het driehoekig bosje en rechts de Zinkskeslaan (Bron: KLPD)

Figuur 57 toont een overzicht van het gebied in de volgende detailbeschrijvingen. Het buiencomplex trok in noord tot noordoostelijke richting over dit gebied, van linksonder naar boven. Bij cirkel 1 vinden we de kas, die in de alinea hierna wordt beschreven. Daarna wordt cirkel 5 in figuur 57, door de onderzoekers bestempeld

tot Kuiperbosje, behandeld. Het kleine bosgebied aangeven als cirkel 2, in de vorm van een driehoek is onderdeel van een groter bosgebied aan het eind van de Koeweideweg (cirkel 3). De grijsachtige verkleuring van de bomen verraadt de omgevallen bomen vooral aan de west en noordkant van het hele bos. De A67 loopt dwars door dit gebied, iets ten oosten van het driehoekbosje steekt het schadespoor de snelweg over en op dit punt zijn enkele vrachtauto's omgewaaid. Rechtsonder vinden we bij het cirkel 4 het kassengebied aan de Zinkskeslaan met grote schade aan de meest zuidelijke kas. Een beetje westelijker, aan de overkant van de A67, valt opnieuw een markant schadespoor te onderkennen. Aan de Kiebomenweg zelf waren vanaf de zuidgrens van het driehoekbosje de meeste omgewaaide bomen al verwijderd ten tijde van de luchtopname in figuur 57.

5. Een tweede kassencomplex, kwekerij Driessen (cirkel 1 in figuur 57), op de hoek van de Bospeelweg en de Koeweideweg, een praktisch nieuwe kas gebouwd in 2005, stond nog overeind, maar het glas was eruit geblazen of uitgezogen (figuur 9). Volgens de eigenaar was de wind vanuit de Veenpluisweg en Bospeelweg in N- tot NO-lijke richting er weer uit gegaan. Opvallend was dat het glas uit de sponningen omhoog is gezogen en niet ingedrukt is.



Figuur 58. De eigenaar van de kassen toont een van de metalen poten van de trampoline die door de wind werd meegenomen over de loods en teruggevonden werd in de kas (Bron: KNMI/Jacob Kuiper).

De eigenaar geeft het volgende ooggetuigenverslag:

“Tachtig procent van het dekglas is uit de kas gezogen. De computerinstallatie heeft een fabrieksinstelling waarbij boven 12 m/sec windsnelheid de kasramen automatisch in stormstand worden gezet. Ramen worden op 3 cm na gesloten, zodat voorkomen wordt dat de kas zelf vacuüm kan worden getrokken, maar tegelijkertijd de wind er ook niet volop in kan zodat een ‘explosie-effect’ wordt vermeden. Handmatig was op 14 juli al voordat het noodweer er aan kwam de kas op stormstand ingesteld. Ramen lagen eerst 10% open. Achteraf bleek dat dus niet afdoende. Alle ruiten zijn 4-zijdig opgelegd, d.w.z. dat zowel de zijkanten als de boven- en onderkant volledig ingesloten zijn in een sponning. Het kasglas kan in principe nergens naar toe en zit zo sterk in de sponning dat je bijna letterlijk op de ruiten zou kunnen lopen. Nu is tot 150 m verderop in het omringende weiland glas gevonden. Eerst, kwart voor zes dachten we nog dat de lucht vooral boven Meyel hing, toen ging het zo snel, in een paar minuten tijd, luchtstroom uit het westen en een stroom uit het oosten, die kwamen bij elkaar. De hemel was eerst oranje, rood en daarna zwart, geen 2cm zicht meer, regen, wind hagel, alles tegelijk. Twee a drie minuten heeft het hooguit geduurd, daarna vrij snel opklarend. Er zijn geen luchtdrukeffecten gemerkt. Ooggetuige stond binnen in de loods, deur was dicht. Ontzettende herrie, vooral regen en wind en later neerkletterend glas. Er is niets gehoord van omvallende bomen, terwijl

er in directe omgeving talrijke zijn omgegaan of geknakt. Vanuit de loods was het huis niet meer te zien. Verzekeringmensen vonden het heel typisch dat het aluminium kasframe is blijven staan, terwijl de ruiten er wel uitgezogen zijn. Over een deel van de kas 89-90% glas eruit, meer naar links (westkant) zit er nog wat meer glas in. Vee opdrukstangen, die de kasramen op en neer bewegen, zijn verbogen, met de kromming omhoog gericht. Veel glas is vooral in noordelijke richting teruggevonden, in een heel wijde bocht om het bedrijf heen. De windmeterregistratie verloren gegaan door stroomuitval. De eigenaar heeft wel vaker 12, 14 -15 m/sec gehad, meestal schadevrij, soms 20-25 ruiten kapot meer niet. Om 1745 uur was de trampoline van de kinderen uit voorzorg tegen de schuur aangezet. De twee metalen poten van de trampoline zijn later 25 meter ver in de kas teruggevonden. Daarbij moeten de 2 buizen eerst over de loods heen verplaatst zijn, die is 6,5 meter hoog en 16 meter breed. Een buis weegt tenminste 6 kg (figuur 58). Alleen de twee metalen framedelen van het trampolineonderstel waren zover verplaatst het trampolinezeil lag nog praktisch op de plaats waar men het eerst uit voorzorg had neergelegd”.

Aan de zuidkant van de kas zijn een aantal verticale kasruiten kapot. Hier is de winddruk het eerst op de kas gekomen. Of de binnenstromende lucht vervolgens in staat is geweest om over zo'n groot deel de kas van zijn dekglas te ontdoen is moeilijk na te gaan. Alles gebeurde in slechts zeer korte tijd. Het uit hun sponning zuigen van de dekglasten kan twee oorzaken hebben, overdruk in de kas als gevolg van de binnenstormende zware koude lucht of door plotselinge drukverlaging buiten de kas (Wet van Bernoulli, of bij het passeren van een compact gebied met veel lagere druk, zoals bij hozen).

6. Klein bosje, veel omgevallen bomen van diverse soorten, liggen in alle richtingen (cirkel 5 in figuur 57). Opmerkelijk was dat hier volledig tegengestelde valrichtingen binnen een afstand van enkele meters te vinden waren (figuren 59 en 60), dat doet denken aan een wervelvormige oorzaak, er is geen hooswaarneming bekend.

7a1. Kiebomenweg. De bomen aan deze weg vertoonden alle grote schade of waren afgeknapt en/of ontworteld. Ook hiervan vertoonden enkele bomen (o.a. berk in figuur 61 en eik in figuur 62) een opmerkelijk gedraaid patroon op de plaats waar de boom was geknapt. Van een grote eik was een deel van de kruin weggerukt en in N-lijke richting gevallen, het resterende deel van de kruin hing geknakt in Z-ZO-lijke richting (figuur 62).



*Figuur 59. De smalle strook bomen bij "het Kuiper-bosje".
Bomen zijn in verschillende richtingen geknakt (Bron: Jacob Kuiper/KNMI)*



Figuur 60. In het "Kuiper-bosje" sporen van schade door rotatie (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)



Figuur 61. Getordeerde berk (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

7a2. Aan het eind van de Kieboomseweg is een bos in de vorm van een driehoek, aan de noordzijde begrenst door de A-67en aan de zuidzijde door de Bospeelweg (cirkel 2 in figuur 57), de Heittrakse Peel. In figuur 63 zijn enkele valrichtingen langs de Kieboomseweg en in de Heittrakse Peel aangegeven.

De zuidrand van dit bos ligt vrij aan open landerijen, waarbij de eerste bomenrand grotendeel is ontworteld (valrichting 350 graden). Het betreffende bosperceel is niet alleen aan de rand maar ook binnenin zwaar gehavend. De richting waarin de bomen zijn gevallen varieert van NO aan de oostzijde tot NW aan de rand bij de A-67.

Opvallend is verder dat de manshoge varens in het bos alle waren platgeslagen. Het bood de KNMI-onderzoekers de kans om het hele perceel te bekijken wat anders vrijwel niet mogelijk was geweest, gezien de dichte begroeiing.

De lucht kan hier over bouwland vrij aanstromen. Een rij bomen aan de Kiebomenweg is omgevallen in noordelijke richting (350 graden, ongeveer 30 graden naar rechts t.o.v. de richting van de weg). Het driehoekige bos kenmerkt zich door niet alleen veel omgevallen bomen aan de windkant, maar ook in het bos tot aan de A67. De richting waarin de bomen zijn gevallen varieert in een uitwaaiierend patroon tussen het noordoosten (rechts vanuit de bui) en het noordwesten (links vanuit de bui). Een dergelijk schadepatroon komt sterk overeen meteen zogenaamde "burst-swath" vanuit een microbust in een sterke valwind (figuren 10 en 27).

Verder is opvallend dat alle, manshoge varen-planten, platgeslagen op de grond liggen en daardoor konden we het bos betreden.

Aan de overzijde van de A67 nauwelijks of geen schade. De westkant van de Deurnese Peel vertoont aan de rand ook weer veel omgevallen bomen in noordoostelijke richting, het bos in!

Op locatie 7b in figuur 52, tussen cirkels 3 en 4 in van figuur 57, zijn twee vrachtauto's omgewaaid als gevolg van de windeffecten bij de zware buien.



Figuur 62. Van de eik wijzen geknakte delen van de kruin in een andere richting dan de overige valrichtingen (Bron: Jacob Kuiper/KNMI)



Figuur 63. Overzicht valrichtingen westelijkste stuk bos van Heitrakse Peel. (Bron: Google Earth)

8a. Zinkskeslaan nr 11 (cirkel 4 in figuur 57). Aan de overkant van de A67, aan de Zinkskeslaan, is ook weer grote schade opgetreden aan kassen. Het zuidelijkst gelegen deel van de kas op dit perceel staat het dichtst bij de A-67 en had de ramen in NNO-ZZW-lijke richting opgelijnd, dit deel is vanuit het westen platgedrukt. De kas is daarbij 2 tot 3 meter opgeschoven in oostelijke richting, tot over het wandelpad heen. De aanpalende kas heeft een ramenstructuur die WNW-OZO is opgelijnd. Deze kas heeft alleen uitgebreide glasschade, de constructie is blijven staan.

8b. Zinkskeslaan nr 6. Ten noordoosten van deze kas staat de kas van kwekerij Bakker. Hier was nauwelijks schade aan de kas opgetreden, wel aan het maïsveld aan de westkant. De meer dan manshoge maïsstengels vertoonden aan de voet een duidelijke boog naar rechts, die alleen ontstaan kan zijn door kortstondige grote druk (figuur 64). Vooral in de onmiddellijke nabijheid van de kas waren de stengels vrijwel allemaal omgebogen, wellicht doordat de lucht hier door de hoge kas gedwongen werd een uitweg te zoeken.



Figuur 64. Weggebogen maïs door winddruk (Bron:Jacob Kuiper/KNMI)

De zoon van de kaseigenaar was ooggetuige. Zijn verslag: *“Ik was binnen in huis. Het water kwam onder het kozijn door, pannen van dak, op zolder ook water naar binnen. Het dak van het hondenhok was weg. Van de kas waren 120 ruiten weg. Alles is naar schatting in 5 minuten gebeurd. Half zes, in westen donkerblauwe, bijna zwarte lucht. Vijf voor zes zou het noodweer volgens hem boven hem zijn losgebarsten. Ik kon geen 4 meter ver kijken door de regen. De kas stond al in de stormstand omdat men de weerwaarschuwingen had gehoord. Geen bijzondere geluiden gehoord naast het geweld van wind en regen. Geen drukeffecten gemerkt. Alle dakpannen op het woonhuis zijn t.o.v. de nokpannen 2 cm verschoven”.*

Het lijkt of het huis door de plotselinge winddruk even iets opzij is geduwd om vervolgens weer in de oorspronkelijke stand te komen. De dakpanverplaatsing zou dan het bewijs hiervoor moeten zijn. Aan de westkant was aan de kas een windmeter geplaatst, die vervangen werd op de dag van ons bezoek. De windmeter is op 14 juli in werking gebleven, omdat hij nadat de stroom overal uitviel, toch op de noodstroomvoorziening door bleef meten. De laatst beschikbare waarneming van het instrument registreerde, met een updatefrequentie van 5 minuten, een maximale windstoot van 28,4 m/s (102 km/u) uit het westen, 270 graden.

9. De schade langs de hele Soemeersingel en de Koolweg bestaat uit incidenteel omgevallen oude, dikke eikenbomen zowel aan de westkant als aan de oostkant van het water. Op sommige plaatsen was hierdoor gevaar ontstaan voor overstroming van het achterliggende land. Dijkversterkingen waren inmiddels aangebracht. De zandzakken moesten tevens voorkomen dat gebiedsvreemd water in dit natuurgebied door zou dringen en de specifieke plantensoorten zou bedreigen.

In de omgeving van de Rector Nuytsstraat staan een aantal kleinere tuinbouwbedrijven. De meeste waren uitgerust met windmeters, maar helaas kon van de bestaande apparatuur geen registraties van 14 juli 2010 worden achterhaald, waardoor detailonderzoek met lokale metingen onmogelijk werd. Buiten het kaartgebied moesten in de Oude Peelstraat veel bomen geruimd worden, maar in het bosgebied tussen Hogebrug en Einderweg was relatief geringe schade opgetreden.

8.2.3 Ooggetuigenrapport medewerker gemeente Deurne



Figuur 65. Locaties kwekerij, driehoekig bos en ooggetuige gemeente Deurne (Bron:GoogleEarth)

Een gedetailleerd ooggetuigenverslag werd ontvangen van een medewerker van de Gemeente Deurne. Hij bevond zich tijdens de nadering van de bui 1300 meter ten noorden van de A-67, in de nabijheid van de kruising Snoertsebaan en Wilgenroosweg, in figuur 65 aangegeven met het cijfer 1. Zijn verslag:

De naderende bui had een bijzonder donker uiterlijk, waarbij opviel dat er een soort "punt"wolk herkenbaar was. Die was erg donker getint en op enige hoogte boven de grond draaide de beweging rond en weer enigszins omhoog, waarbij losse wolkenflarden soms ook weer oplosten. Opvallender was echter dat aan weerszijden van die puntwolk op het grondniveau meerdere malen kleine witte pluimen ontstonden. Het leken pluimen zoals we dat bij een fabrieksschoorsteen ook wel zien. Ze duurden niet al te lang, verdwenen weer, maar vormden zich later opnieuw. Ze vielen op door hun witte uiterlijk, tegen de donkere hemelachtergrond maar ze reikten niet zo heel hoog. Het leken soms nog meer een verzameling van wat witte plukken dan een aaneengesloten 'pluimwolk' (tekening van de ooggetuige in figuur 66). Toen ik iets later met de auto verder reed in noordelijke richting, kwam ik in het actieve gedeelte van de bui terecht. Wat ik me heel goed herinner is dat ik plotseling in een dichte mist terecht kwam, en pas een aantal seconden later de regen op de autoruiten kreeg. Die mist was zeer dicht, naar schatting kon ik nog amper 10 tot 15 meter zien. Ik kon die afstand schatten omdat er nog een auto achter me reed. Ik reed op dat moment 10 tot 15 km/uur. Het moment waarop ik in die mist terecht kwam was vlak voor de rotonde van de Eikenlaan en de Snoertsebaan (in de figuur aangegeven met cijfer 2).

In figuur 65 staan ook de posities van locaties die veel schade hebben opgelopen, bij A de kas van kwekerij Driessen (nummer 5 in figuur 52), bij B het driehoekige bos van de Heitrakse Peel en de Kiebornenweg (nummer 7a in figuur 52).



Figuur 66. Tekening van de draaiende beweging onder de bewoking met aan weerszijden meerdere kortstondige kleine witte pluimen. (Bron: Ooggetuige)

8.2.4 Samenvatting Neerkant e.o.

Het schadespoor in de omgeving van Neerkant lijkt in noordoostelijke richting steeds breder te worden. Zuid van Neerkant beslaat het een breedte van hooguit 150 meter tot een breedte van enkele kilometers ten noorden van de A-67. Daarbij wordt aangetekend dat we geen schadeonderzoek in de zuidwestelijker gelegen Grootte Peel hebben verricht.

De kassen op de locaties 3a en 8a lijken goed op een lijn te liggen in het verlengde van de punten met meeste schade in de bebouwde kom van Neerkant. Het kassencomplex bij 5 en het bosperceel bij 7a liggen ver buiten die lijn. Dit geeft de onderzoekers de indruk dat hier meerdere meteorologische fenomenen vrijwel gelijktijdig zijn opgetreden, ieder in een verschillend pad schade aanrichtend.

De schadepatronen in de betreffende locaties zijn qua detail ook verschillend. De lijn tussen punten 3a en 8a geven sterke aanwijzingen voor schade veroorzaakt door valwinden. De schade langs de punten 5 en 7a duidt ook op roterende wervels om verticale as.

Uit de vakliteratuur blijkt dat in gebieden met valwinden aan de randen verticaal roterende wervels, de zogenaamde mesovortices, kunnen ontstaan. Een mesovortex levert extra schade op zeer lokale schaal. De getordeerde boomkruinen, de scherpe verschillen in boom-valrichtingen en de zuigende werking van de wind op kascomplex locatie 5, leveren aanwijzingen voor het optreden van een mogelijke gustnado en misovortex.

8.3 Analyse van de waargenomen zichtvermindering

Zowel in Vethuizen als in Neerkant zijn meerdere ooggetuigen gevonden die tijdens het passeren van de zone met buien een zeer sterke zichtvermindering rapporteerden. Zichtvermindering die soms zo sterk was dat voorwerpen op slechts enkele meters afstand of soms nog minder niet konden worden waargenomen. Dergelijke geringe zichtwaarden kunnen moeilijk door zware regen worden gehaald, maar een dichte wolk mistdruppeltjes is hier wel toe in staat.

Mist ontstaat wanneer de temperatuur van de lucht zodanig wordt verlaagd dat de daarin aanwezige waterdamp niet meer volledig in gasvorm kan verblijven, maar voor een deel condenseert. De afkoeling van de lucht kan op diverse manieren gebeuren, onder andere door uitstraling in de avond en nacht of door acute drukverlaging. Ook kan een extra toevoer van waterdamp ervoor zorgen dat lucht die eerder te droog was voor mistvorming, plotseling toch verzadigd raakt.

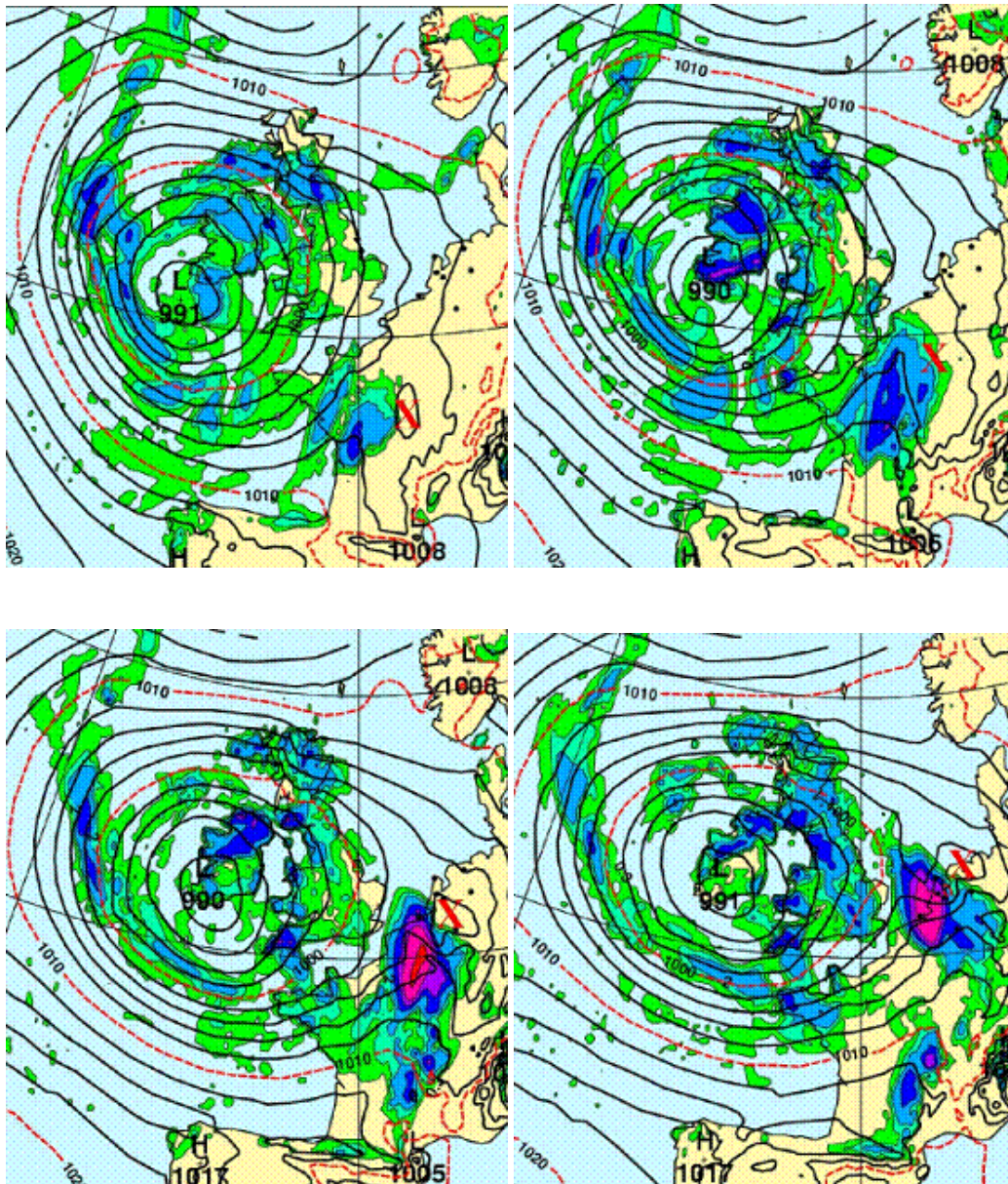
Bij zware onweersbuien zijn er twee verschijnselen die aanleiding kunnen geven tot melding van "mist":

1. Bij de vorming van een hoos kan de uit de wolk reikende slurf zich soms tot aan het aardoppervlak uitbreiden. De slurf bestaat uit een nevel van fijne waterdruppeltjes en wordt soms door waarnemers als een snel verplaatsende mistwolk gezien.
2. Bij menging van zeer koude en vochtige lucht die uit een bui omlaag stort, met de aangrenzende warme lucht die voor de bui aanwezig is, kan lucht acuut verzadigd raken met waterdamp en mist opleveren.

Uit de meeste waarnemingen in Vethuizen en Neerkant lijkt de verklaring bij punt 2 het meest voor de hand te liggen. Met name de ooggetuige die in Neerkant met zijn auto een 'mistgordijn' binnen reed en pas enkele seconden daarna in de zware neerslag terecht kwam, is een goed voorbeeld hiervan. Mistvorming als gevolg van het aan de grond passeren van de zichtbare condensatie van een slurf lijkt voor de meeste waarnemingen in dit geval niet waarschijnlijk.

8.4 Synoptische situatie

8.4.1 Aan de grond



Figuren 67-70. ECMWF-verwachtingen voor 0900, 1200, 1500 en 1800 UTC (1100, 1400, 1700 en 2000 uur) op 14 juli 2010. De positie van het thermisch lagedrukgebied is aangegeven met X (Bron: KNMI)

Op de grondweerkarten (figuren 11 en 12) van 0600 UTC (0800 uur) en 1800 UTC (2000 uur) ligt het lagedrukgebied met een kernwaarde iets lager dan 990hPa zuidwest van Ierland op de Atlantische Oceaan. Samen met een krachtig hogedrukgebied boven Oost-Europa zorgt het voor een zuidelijke stroming. De zuidelijke wind voert zeer warme lucht aan uit Frankrijk en de Middellandse Zee. De voorzijde van de koude lucht boven de Atlantische Oceaan, het koufront (blauwe lijn met gesloten driehoekjes), ligt aan het begin van de dag van Wales via Bretagne naar het zuidwesten van Portugal. De combinatie van de twee weerkarten laat duidelijk de ontwikkelingen van deze dag zien. Daarin is te zien, dat een golf in het polaire front op de Oceaan uitdiept en zuidoostwaarts trekt. Het hogedrukgebied boven Groenland beweegt zuidwaarts. Deze ontwikkeling leidt er toe dat het lagedrukgebied bij Ierland langzaam naar het noorden trekt. Op haar zuidflank stroomt de koelere lucht boven de Oceaan en de Golf van Biskaje versneld in oostelijke richting.

Boven Europa bevindt zich al enige dagen continentale warme lucht waarin de maximum temperatuur oploopt tot boven de 30 graden. De toename van de temperatuurverschillen boven West Europa leidt tot intensivering van de weersystemen boven Frankrijk. De warmste lucht voor het koufront is aangegeven met de rode lijn. Hierlangs neemt de onstabielheid van de lucht al in de nacht van 13 op 14 juli toe. Hierin ontstaat een klein lagedrukgebied ten noorden van de Pyreneeën, in vaktermen aangeduid als een "thermisch lagedrukgebied" doordat het voortkomt uit de hoge luchttemperaturen van Zuid Frankrijk of het Spaanse hoogland.

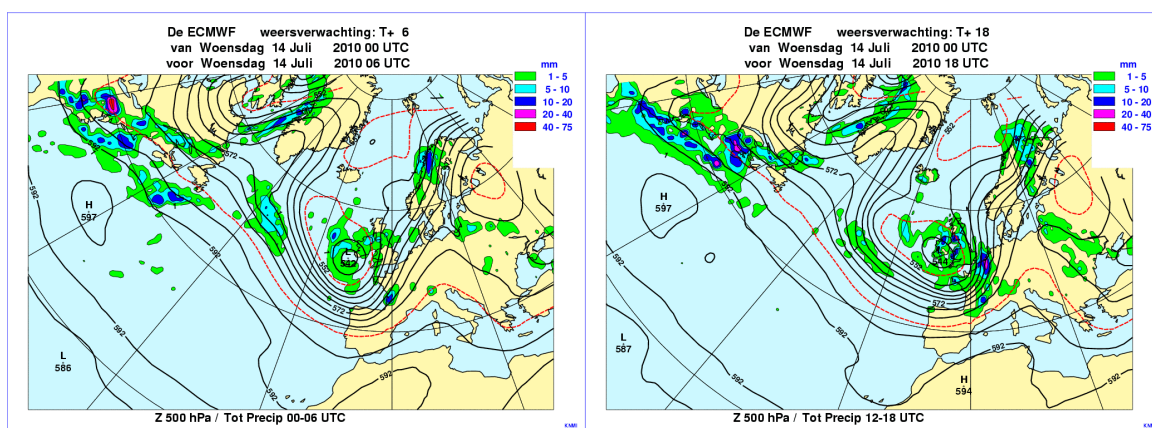
De kaartjes van het ECMWF-model gedurende 14 juli 2010 om 09, 12, 15 en 18 UTC in figuren 67-70 laten met luchtdruklijnen (isobaren) en de neerslagberekening de ontwikkeling van het thermische lagedrukgebied

(aangegeven met X) gedurende de dag zien. De kaartjes zijn gebaseerd op de modeluitvoer van 06, resp. 12 UTC en zijn dus prognoses voor de komende 3 of 6 uur.

Kort na 15 UTC is op detailkaarten (zie 9.3) te zien dat het thermisch lagedrukgebied boven Zuid-Nederland aangekomen en trekt in zes uur over het oosten van het land noordwaarts. In de kaartjes wordt de verwachte hoeveelheid neerslag (mm) aangegeven met gekleurde gebieden, de intensievere neerslag is donkerblauw (5-10 mm), paars (10-20 mm) of rood (50-75 mm). Het zwaarste neerslaggebied in de computerberekeningen geeft aan dat de verwachte buienactiviteit zeer intensief kan worden.

8.4.2 De bovenlucht

In figuren 71 en 72 wordt de luchtstroming op 500 hPa, 5 km hoogte, getoond in de ochtend en avond van 14 juli 2010.



Figuren 71 en 72 Prognoses van de luchtstroming op 500 hPa (5km) en neerslaghoeveelheid van 14 juli 2010 om 0600 en 1800 UTC (08 en 20 uur) van het ECMWF-model 2 (Bron KNMI)

De wind waait evenwijdig aan de zwarte lijnen, de hoogtelijnen van het 500 hPa drukvlak (in decameters). De afstand tussen de hoogtelijnen geeft een indicatie van de windsterkte op die hoogte. Boven de Golf van Biskaje draait de wind in de loop van de periode van zuidwest naar west terwijl boven de Benelux en Frankrijk de stromingsrichting nog niet verandert, maar de snelheid neemt wel flink toe. Deze ontwikkeling versterkt de verticale optilling en aanleiding geeft tot een verhoogde buienactiviteit. Het feit dat ook in de vroege morgen al regenbuien verwacht worden in het zuidwesten van Frankrijk duidt ook op de grote mate van onstabiliteit van de weersituatie, want onder normale omstandigheden vallen de eerste buien pas na genoeg warmte aan het aardoppervlak, in de loop van de middag.

8.4.3 Waarnemingen en analyses

De voorgaande hoofdstukken geven een weerbeeld aan de hand van modelberekeningen, de opgetreden weersituatie zal hier nooit in detail mee overeenkomen. In dit hoofdstuk worden de details van het opgetreden weer met de beschikbare waarnemingen onderzocht. Een grondige analyse op grond van deze waarnemingen levert meer meteorologische details op van het verloop van het noodweer en vormt de basis voor een aantal conclusies in dit rapport. Het noodweer heeft zich boven de Benelux afgespeeld binnen de periode 1400-1700 UTC (1600-1900 uur zomertijd). Aan bod komen de waarnemingen uit het synoptisch netwerk, de radarbeelden, de satellietfoto's en de radiosondemetingen.

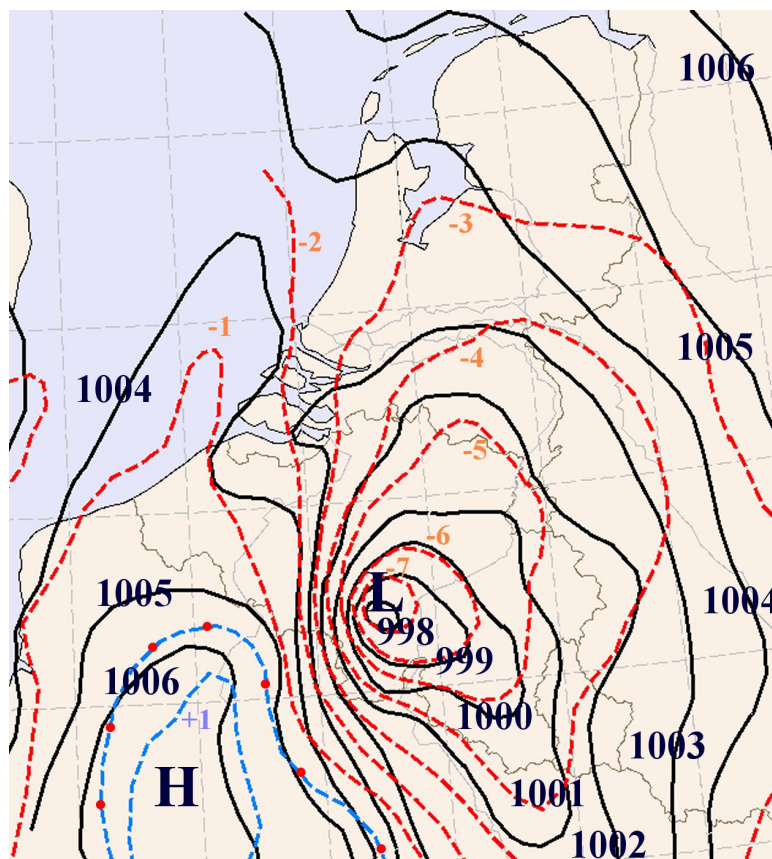
De waarnemingen uit het synoptisch netwerk.

Wereldwijd worden op vele duizenden meetstations weerkundige waarnemingen volgens een cast protocol verricht. De gegevens worden uurlijks, of soms nog frequenter, uitgewisseld tussen de deelnemende landen. Daardoor is een nauwkeurige analyse van het weer mogelijk, die een basis vormt voor de verwachting. Een van

de belangrijkste weerkundige metingen is die van de luchtdruk, de basis voor de analyse van de weerkaarten. Veranderingen in de tijd in luchtdruk geven aanwijzingen voor weersontwikkelingen. Luchtdrukverschillen en drukveranderingen zijn een basis voor uitspraken over de grootte van sommige meteorologische grootheden, zoals windsnelheid.

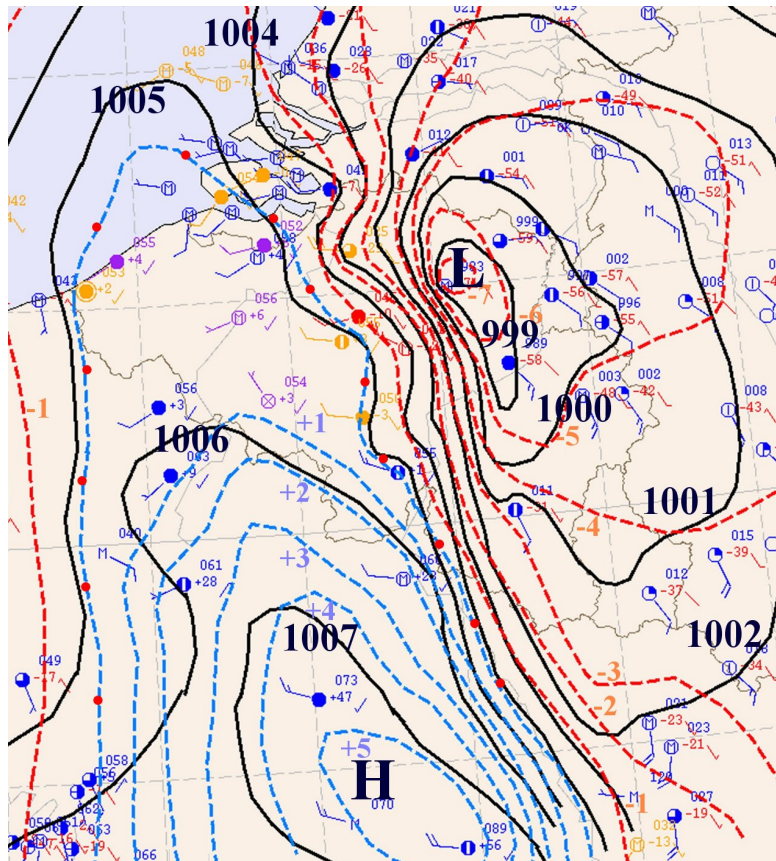
In het volgende onderdeel vindt u de uurlijkse analyse tussen 1400 en 1700 UTC van de luchtdrukverdeling en drukverandering boven delen van België, Nederland, Luxemburg en het aangrenzende deel van Duitsland en noordelijk Frankrijk. De luchtdrukverdeling is per hectopascal (hPa), overeenkomend met de oude eenheid voor luchtdruk, millibar. De drukverandering in de voorgaande 3 uur wordt weergegeven door rode en blauwe lijnen voor dalende, resp. stijgende luchtdruk.

Om 1400 UTC (1600 uur zomertijd) ligt de kern van het thermisch lagedrukgebied in België in de omgeving van Charleroi (figuur 73). Opvallend is de sterke luchtdrukverdeling (gradiënt) aan de westzijde van de kern. De grootste luchtdrukdalingen, 7 hPa per drie uur, zijn net noord van de kern, terwijl boven Noord-Frankrijk de grootste drukstijgingen in de orde van 1 hPa zijn.



Figuur 73. Analyse weerkaart 14 juli 2010 om 1600 uur (1400 UTC) (Bron: KNMI).

Om 1500 UTC (figuur 74) ligt de kern van het lagedrukgebied in België net ten noordwesten van Hasselt. De sterke gradiënt en de luchtdrukdalingen zijn nauwelijks veranderd. Het maximum van de drukstijgingen, 5 hPa per drie uur, ligt nu boven Noordoost-Frankrijk, in de buurt van Reims. Om een indruk te geven van de waarnemingsstations van het internationale meteorologisch netwerk zijn op deze kaart ook de stationswaarnemingen van windrichting, windsnelheid, bewolking, luchtdruk en luchtdrukverandering zichtbaar. De bewolkingshoogte staat als cirkel in het centrum, de lijn vanuit de bewolking geeft aan waar de wind vandaan komt. De windsnelheid wordt als dwarslijntjes aangegeven (bijvoorbeeld geven twee volledige dwarslijnen een windsnelheid aan van 10 m/s, 36 km/uur). De getallen rechts van de bewolking geven luchtdruk (in tienden, 089 staat bijvoorbeeld voor 1008,9 hPa), de mate en vorm van de drukverandering over de afgelopen drie uur staat eronder.



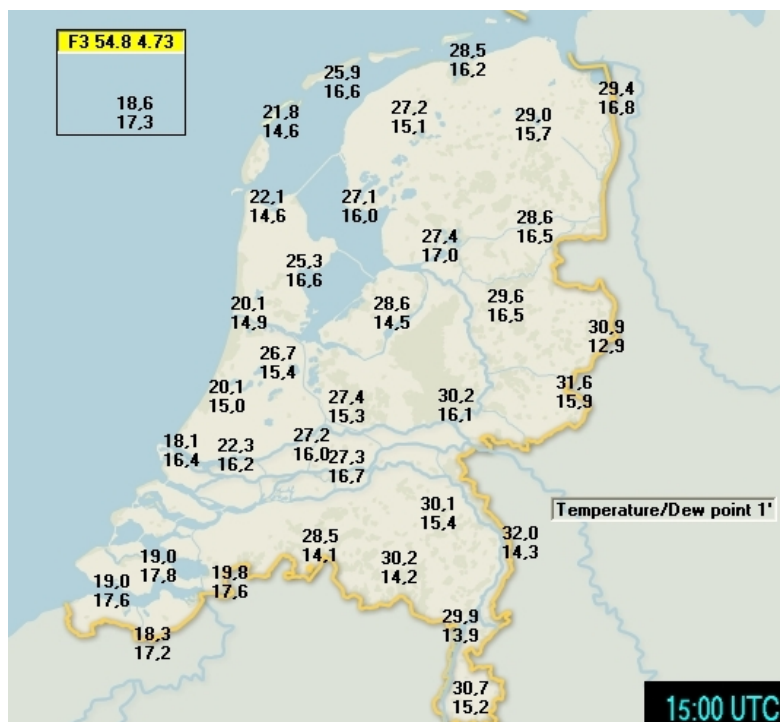
Figuur 74. Analyse weerkaart 14 juli 2010 om 1700 uur (1500 UTC) (Bron: KNMI).



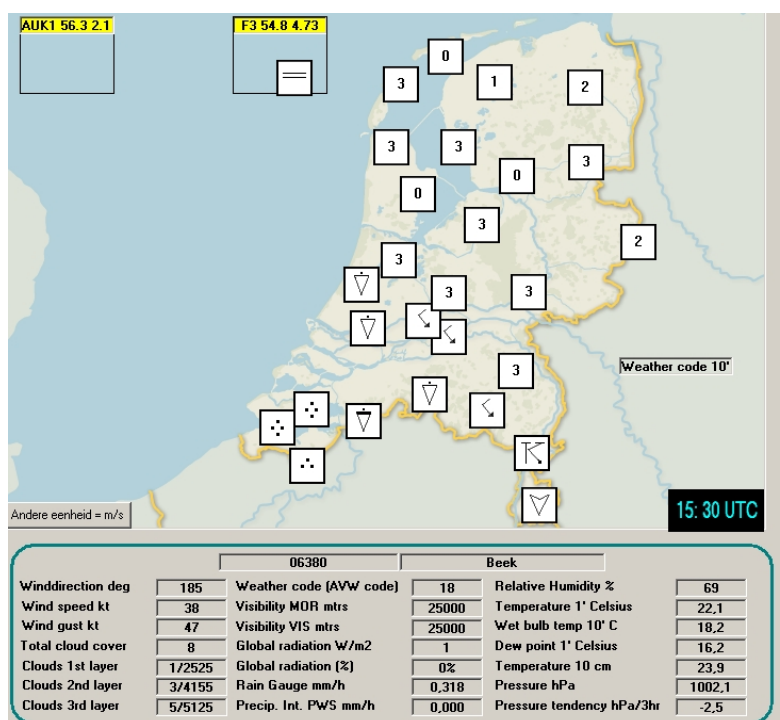
Figuur 75. Windrichting en snelheid 14 juli om 1700 uur (1500 UTC) (Bron: KNMI)

De wind-waarnemingen van 1700 uur van de automatische meetstations van het Nederlandse waarnemingsnetwerk worden gepresenteerd in figuur 75. De gemiddelde windsnelheid in de voorafgaande 10 minuten is in knopen (halve m/s) vermeld, de pijl geeft aan waar de wind vandaan komt. Het verschil in windrichting tussen de stations in Oostelijk Noord Brabant en Zeeland is groot, aan weerszijden van de kern van het lagedrukgebied staan tegengestelde stromingen, versterkt door de ontwikkelende buien, die ook aan de grond windverandering opleveren.

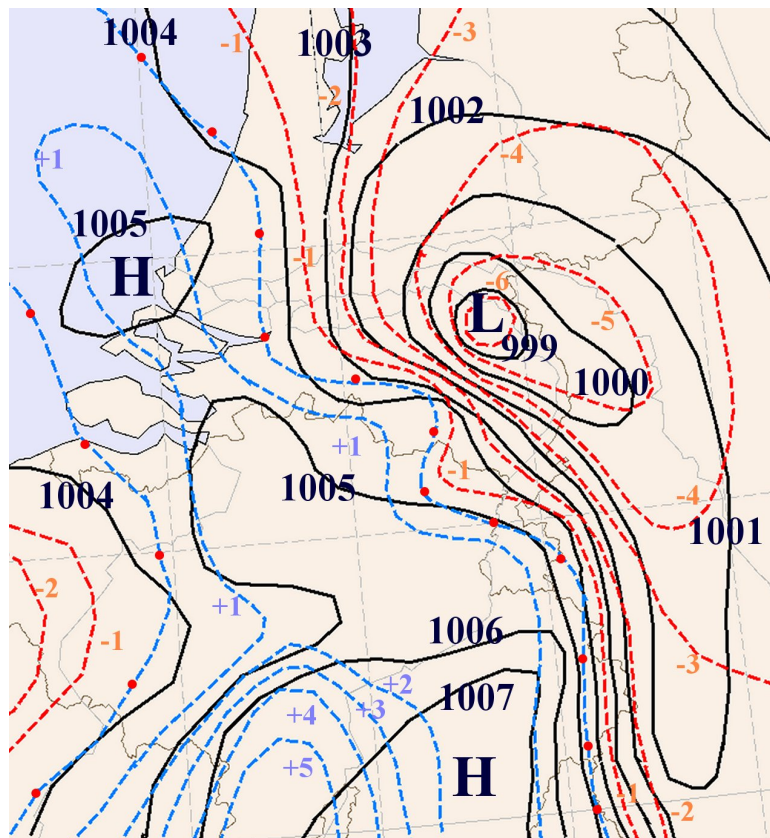
In figuur 76 is de temperatuur en dauwpuntstemperatuur van de waarnemingsstations te vinden. Het verschil tussen beiden is een maat voor de relatieve vochtigheid. Opvallend is het verschil in luchttemperatuur tussen Zeeland en het oosten van Brabant en Limburg. De westenwind stuwt koele zeelucht van amper 19 graden landinwaarts, terwijl de lucht in het oosten nog een temperatuur van ruim 30 graden heeft. In figuur 77 staan de weerfenomenen die om 1530 UTC werden vastgelegd. In symbolenvorm vinden we in de zuidelijke provincies het meest actieve weer. In Zeeland matige tot zware regen, in Noord Brabant en Limburg buien, soms met onweer. De cijfers in de overige symboolvakjes duiden op veranderingen in de totale bewolgingsgraad. Iedere 10 minuten worden op deze manier door de automatische waarnemingsstations van het KNMI en van Defensie waarnemingen gegenereerd.



Figuur 76. Temperatuur en dauwpuntstemperatuur om 1700 uur (1500 UTC) (Bron: KNMI)



Figuur 77. Waarnemingen om 1730 uur, onderaan de situatie in Beek (Bron: KNMI)



Figuur 78. Analyse weerkaart 14 juli 2010 om 1800 uur (1600 UTC) (Bron: KNMI).

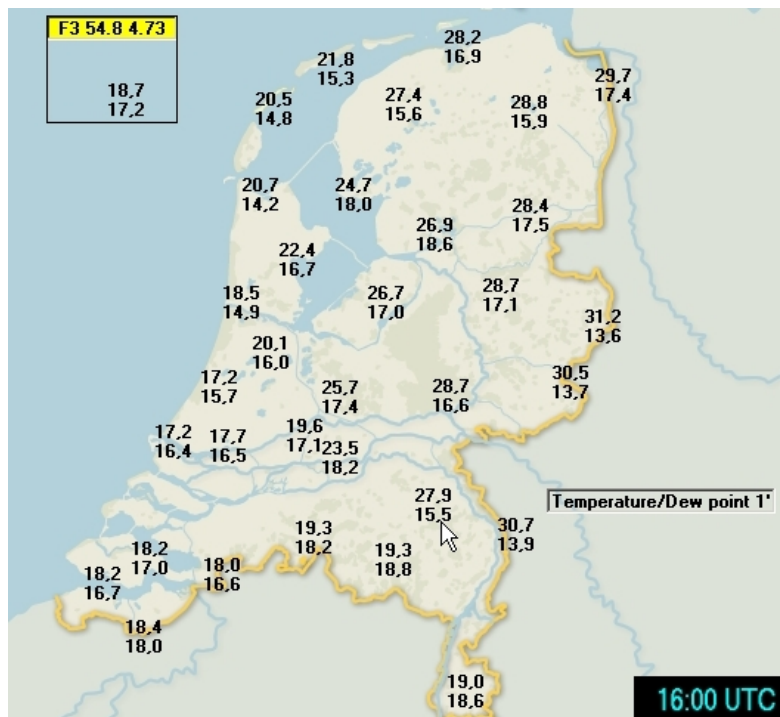
In figuur 78 zien we dat de kern van het thermisch lagedrukgebied zich heeft verplaatst naar de omgeving van Volkel in Noord Brabant. De luchtdrukgradiënt aan de zuidwestzijde van het lagedrukgebied is nog steeds opmerkelijk groot. Rond deze tijd vinden de zwaarste weersverschijnselen plaats, zoals later blijkt uit de radarbeelden. Boven centraal en oostelijk België is de luchtdruk sterk aan het stijgen. De drukstijgingen aan de zuidwestkant van het lagedrukgebied en de drukkalingen bij het lagedrukcentrum zijn bijna gelijk, indicatie dat het lagedrukgebied snel verplaatst en nog maar weinig uitdiept. Boven West-België is een ander gebied met drukkalingen te vinden.



Figuur 79. Windrichting en snelheid 14 juli om 1800 uur (1600 UTC) (Bron: KNMI).

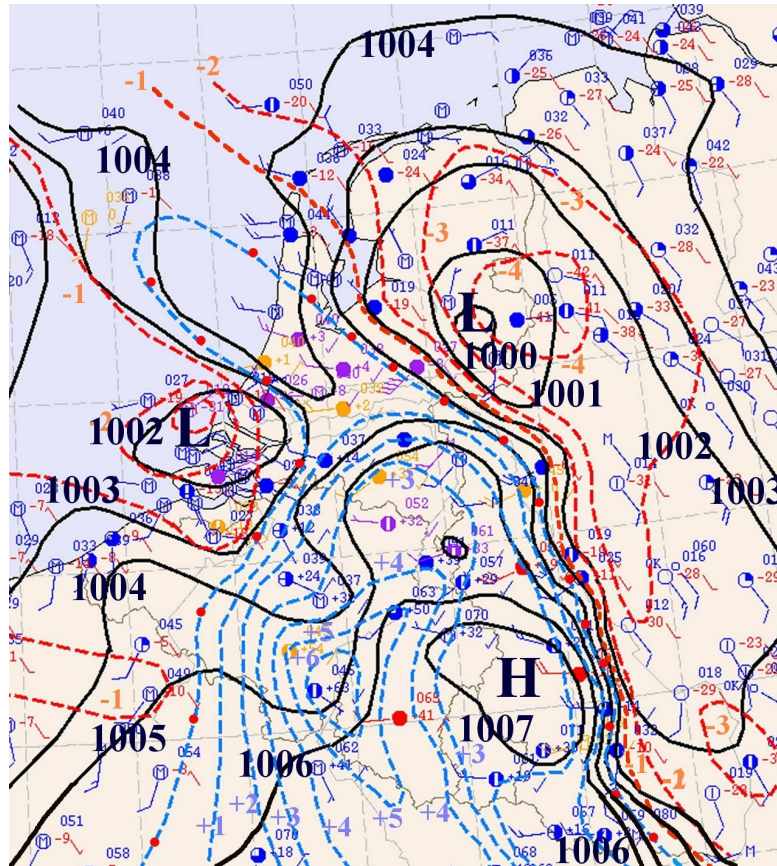
Het gebied met hoogste windsnelheden heeft zich in het afgelopen uur verplaatst over België naar ZO-Nederland. Om 1532 UTC passeerde het windstotenfront de windmeter op vliegveld Maastricht-Aachen in

Beek. De windsnelheid in de hoogste uitschieters loopt op tot 60 knopen (31 m/s, 111 km/uur). De omgeving van de Gemeente Deurne krijgt een half uur later de zwaarste klappen te verwerken, vrijwel samenvallend met het kaarttijdstip van 1600 UTC, 1800 uur zomertijd. In figuren 79 en 80 zijn van dit tijdstip de wind en temperaturen van de Nederlandse waarnemingsstations weergegeven. Daarin zijn opnieuw de opmerkelijke contrasten aan weerszijden van het buiencomplex in het thermisch lagedrukgebied te zien. Illustratief voor de abrupte daling van de temperatuur tijdens het passeren van de zwaarste buien is de registratie van vliegveld Maastricht-Aachen. Om 1527 UTC is de temperatuur nog 30,6 graden Celsius, slechts 7 minuten later is die gedaald naar 18,7 graden. Aan de noordwestflank van de kern van het lagedrukgebied zijn ook sterke tegenstellingen in windrichting en temperatuur te vinden. Daar bevinden zich ook enkele buiencomplexen, maar deze buien zijn minder zwaar dan in Zuidoost-Nederland.

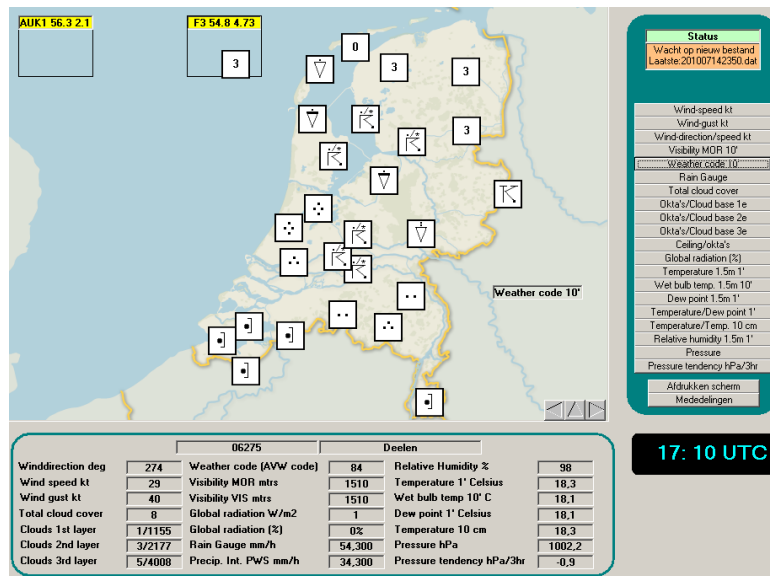


Figuur 80. Temperatuur en dauwpuntstemperatuur om 1800 uur (1600 UTC) (Bron: KNMI).

In de weerkaart van 1900 uur (1700 UTC) in figuur 81 ligt de kern van het laag dicht bij Deventer.



Figuur 81. Analyse weerkaart 14 juli 2010 om 1900 UTC (1700 UTC)(Bron: KNMI).



Figuur 82. Waarnemingen om 1910 uur, onderaan de situatie in Deelen (Bron: KNMI).

De luchtdruk in de kern is om 1900 uur inmiddels iets gestegen ten opzichte van de voorgaande weerkaart. Van de waarnemingsstations zijn op deze kaart ook de symbolen voor windrichting, windsnelheid, bewolking, luchtdruk en luchtdrukverandering zichtbaar.

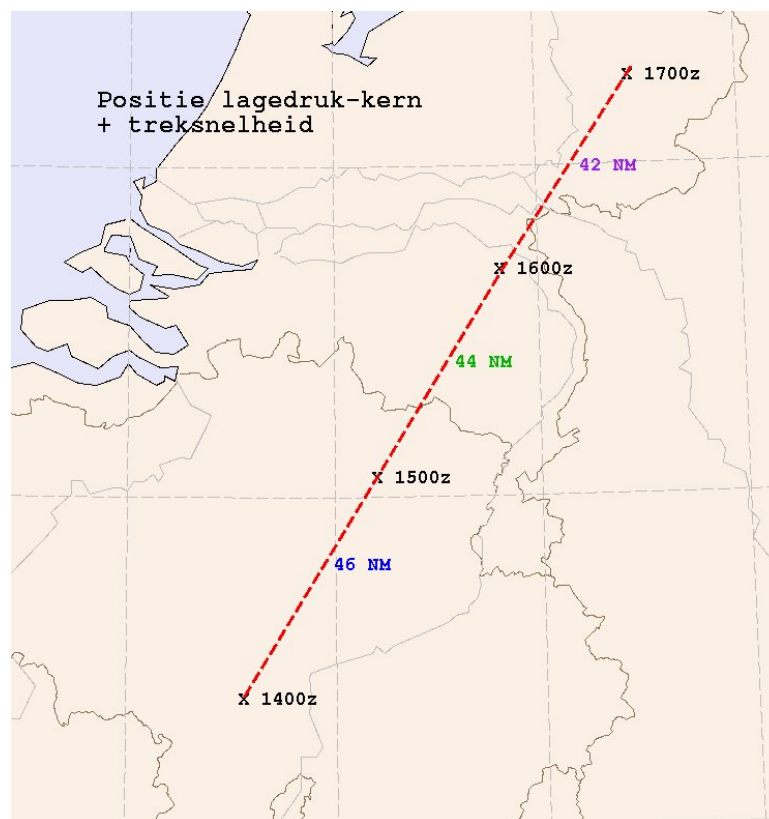
De sterkste drukdalingen liggen rond dit tijdstip ten noordoosten van de kern, circa 4 hPa, de grootste drukstijgingen boven Zuid-België zijn ruim 6 hPa. De hogere drukstijgingen duiden erop dat de activiteit van het weersysteem gaat afnemen en dat het systeem snel trekt. De drukdalingen aan de voorzijde van het laaggedrukgebied in de afgelopen uren zijn ook het gevolg van de krachtige stijgbewegingen in de buienzone. Aan de zuidwestzijde van de kern is nog steeds de sterke drukgradiënt te vinden, de zone die ongeveer 20 minuten eerder over de Achterhoek getrokken is en een ravage heeft aangericht in de omgeving van Vethuizen.

In de synoptische analyses van 1400 tot en met 1700 UTC zijn de druktendensen steeds aangegeven, samen met de lijnen van gelijke luchtdruk. De luchtdrukcontrasten boven Nederland waren om 1600 UTC erg groot. Vliegbasis Volkel meldt met luchtdrukwaarde van 998.5 hPa, ruim 30 km naar het zuidwesten op het vliegveld Eindhoven, was op dezelfde tijd de luchtdruk 1004.4 hPa. Zulke luchtdrukverschillen over zo'n korte afstand komen alleen voor bij tropische cyclonen voor of in tornado's.

Op het waarnemingsstation Deelen op de Veluwe wordt op dit tijdstip een gemiddelde wind van 40 knopen (21 m/s, 75 km/u) geregistreerd. Het windstotenfront komt daar juist op het waarnemingstijdstip voorbij. Tussen 1653 UTC en 1656 UTC neemt de windsnelheid dramatisch snel toe, van hooguit 8 knopen (4 m/s, 15 km/u) naar uitschieters tot 56 knopen (29 m/s, 104 km/uur). In figuur 82 met de weersymbolen van 1710 UTC (1910 uur zomertijd) zien we vooral in het westen de symbolen van zware neerslag. In Zeeland geeft het symbool aan dat het daar overwegend droog is geworden. Bliksemtekens zien we rond het IJsselmeer en in Twente. Alleen in het uiterste noordoosten is op dat moment de zomer nog in volle gang.

8.4.4 Baan van de thermische depressie en treksnelheden

In figuur 83 is de baan die de depressiekern tussen 1600 en 1900 uur heeft afgelegd. We zien dat de baan zeer gelijkmatig is verlopen, maar dat de treksnelheid in de opeenvolgende uren langzaam afneemt. Om 1600 uur is de treksnelheid nog 85 km/uur, om 1900 uur is deze afgenomen tot 78 km.



Figuur 83. Baan van de kern van het thermisch lagedrukgebied tussen 1600 en 1900 uur met treksnelheid (in zeemijlen) (Bron: KNMI).

Na 1900 uur (1700 UTC) trekt het hele systeem verder noordnoordoostwaarts, maar verminderd de intensiteit van dit buiencomplex flink. Wel komen boven noordelijk Nederland nieuwe onweersbuien tot ontwikkeling, deze buien produceren onder andere tussen Appelscha en Schiermonnikoog een windhoos.

Om 2300 uur (2100 uur zomertijd) heeft het buiensysteem Nederland geheel verlaten.

8.4.5 Weer- en wolkenbeeld

De veranderingen in de namiddag en avond in het weer volgen elkaar snel op. Aan de zuidelijke hemel verschijnen de snel dikker wordende hoge sluierwolken al snel gevolgd door een dreigende, zwarte lucht.

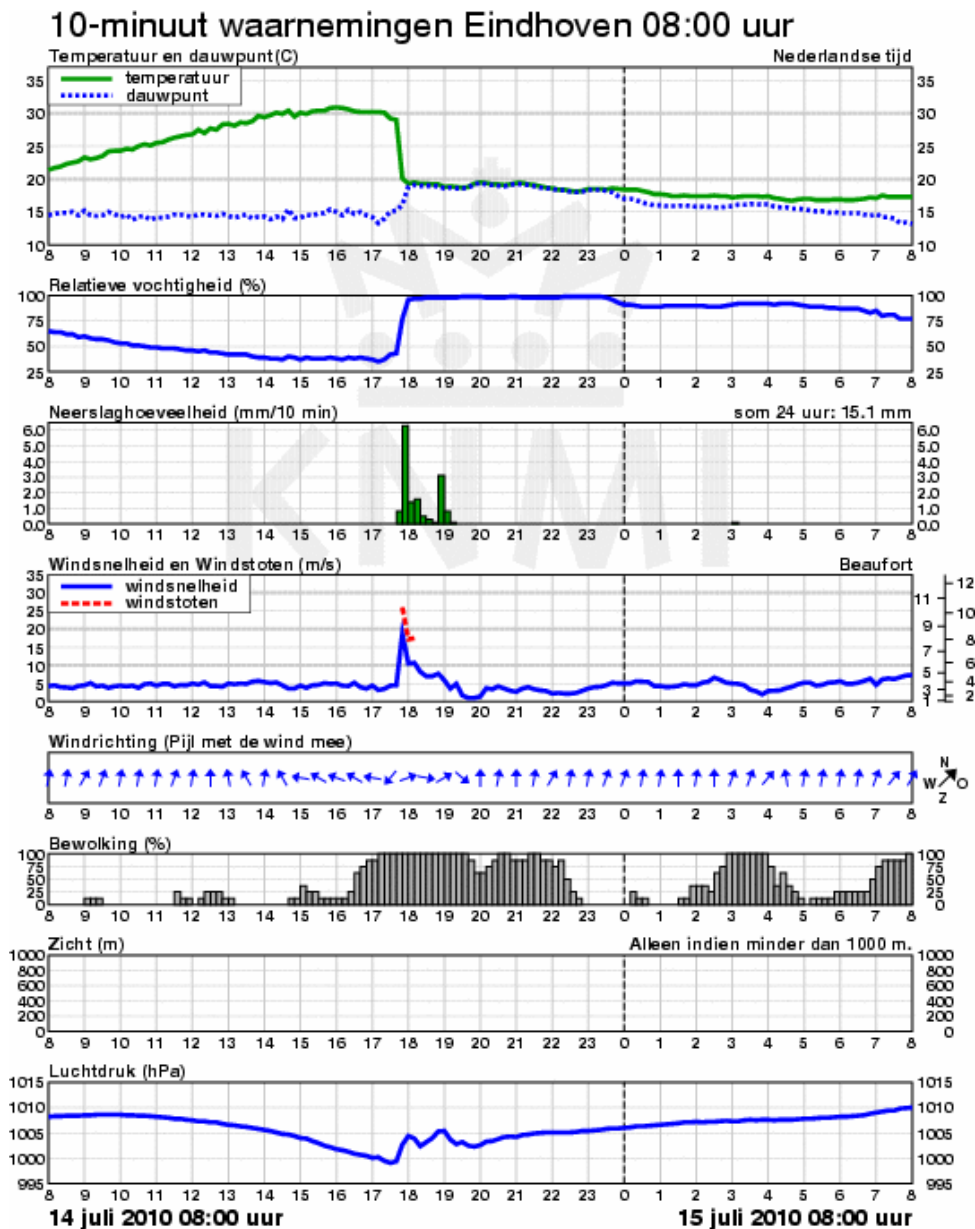
Aan de zuidelijke hemel verschijnen in Limburg de snel dikker wordende hoge sluierwolken, de voorboden van de ijskap aan de top van de naderende buien. Al snel worden de sluierwolken gevolgd door een dreigende, zwarte lucht. In figuur 61 wordt dit veranderende weerbeeld goed weergegeven. Linksonder op de foto in figuur 84 is de heldere, onbewolkte lucht nog zichtbaar, rechts de typische rolwolk van de zware onweersbuien. Onder de rolwolk is de uitstromende valwind met aan het aardoppervlak de zware windstoten in beeld gebracht door het opwaaiende stof aan het aardoppervlak aan de voorkant van de bui. De snelheid waarmee de weersverandering zich voltrok was zeer opmerkelijk, het gevolg van de grote treksnelheid van de buienlijn.



Figuur 84. Zware buien boven Limburg, dicht bij de grond is opwaaiend stof door windstoten zichtbaar (Bron: Nathan Elshout)

8.4.6 Tijdreeks waarnemingen Eindhoven

In figuur 85 wordt een voorbeeld van een tijdreeks over een periode van 24 uur van de tien-minuut waarnemingen van vliegveld Eindhoven weergegeven. De passage van de onweerslijn springt eruit. Tussen 1730 en 1800 uur passeert de buienlijn de meetlocatie Eindhoven. De bovenste twee grafieken vertonen enerzijds een scherpe daling van temperatuur van 30 naar 20 graden, de dauwpuntstemperatuur loopt op en dat leidt in de tweede grafiek naar een relatieve vochtigheid van 100%. In de derde grafiek is te zien dat in korte tijd 6 mm neerslag valt. Daaronder wordt de wind weergegeven, de windsnelheid neemt zeer snel toe van 5 m/s naar 20 m/s met windstoten tot rond 26 m/s of 94 km/uur. De windrichting wordt met behulp van de pijltjes aangegeven vanaf 0800 uur staat er een zuidelijke wind, vlak voor de buien komt de wind uit noordoostelijke richting en korte tijd later wordt een scherpe draaiing naar westelijke richting geregistreerd op het moment dat de zware buienlijn passeert. Daarna wordt de zuidelijke richting de hoofdrichting. Onder de windrichting wordt de hoeveelheid bewolking geregistreerd, te zien is hierin hoe in korte tijd de hemel bedekt raakt op nadering van de buien. Het zicht neemt op de buienlijn op enkele plaatsen dramatisch af tot slecht zicht, minder dan 1000 meter, maar dat is op de locatie in Eindhoven niet waargenomen. In de laatste grafiek tenslotte wordt de typische luchtdrukverandering bij zware buien weergegeven, al vroeg aankondigt door de dalende luchtdruktendens en rond 1745 uur omgezet in de krachtige drukstijging als gevolg van de hele koude en zware lucht die uit het achterste gedeelte van de bui omlaag komt, een luchtmassa gevuld met veel regen en hagel.



Figuur 85. Waarnemingen van meetlocatie vliegbasis Eindhoven, de buienlijn passeert rond 1740 uur (Bron: KNMI)

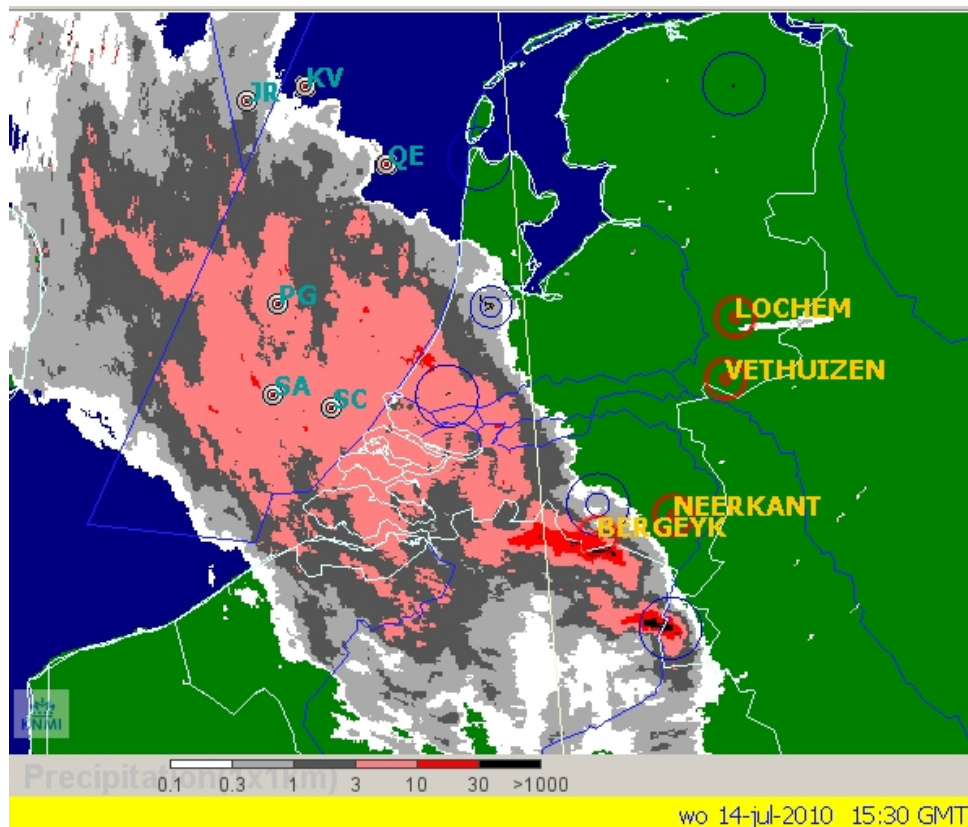
8.4.7 Zeer zware windstoten

Een van de meest in het oog springende weersverschijnselen bij de passage van het noodweer, waren de zeer zware windstoten. Op meerdere meetstations werd de grens voor het criterium “zeer zware” windstoot, meer dan 56 knopen (circa 104 km/u) ruimschoots gehaald. In figuur 17 is in kaart gebracht wat de hoogste windstoot (in m/s) op 14 juli op een waarnemingsstation is geweest. Om 1732 uur krijgt als eerste Nederlandse waarnemingsstation, vliegveld Aachen Maastricht (Beek) een windstoot van 31 m/s te verwerken. De hoogste windstoten worden gemeten op vliegbasis Volkel, 34,2 m/s (123 km/u), vlak voordat dit waarnemingsstation uitvalt door blikseminslag.

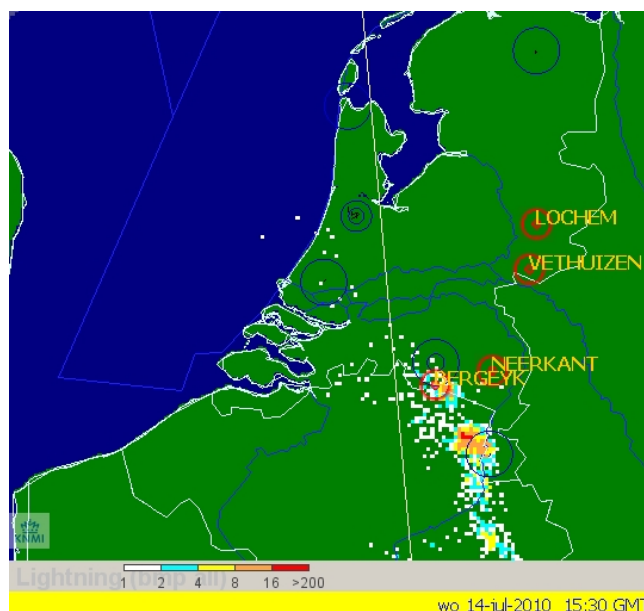
8.4.8 Weerradar en bliksemdetectie

In figuur 86 is in het radarbeeld van 1730 uur te zien dat intensiteit van de neerslag hoog is. Een groot gebied boven de Noordzee, het zuidwesten en zuiden tot zuidoosten van het land is minimaal roze, niveau 4 en hoger. Daarbinnen valt het kleinere gebied met niveau 5 intensiteit, waarbinnen nog kleine zwarte gebieden met niveau 6 intensiteit (meer dan 30 mm/uur neerslag) wordt geregistreerd. Door de hoge verplaatsingssnelheid blijft de lokaal gemeten neerslag in het onderzochte schadegebied beperkt tot 15-25 mm. Op het radarbeeld

zijn boogsegmenten waarneembaar bij de meest intensieve rode en zwarte echo's, kenmerkend voor sterke luchtstromingen op een hoogte van 1 tot 3 kilometer aan de achterzijde van het buiencomplex.



Figuur 86. Neerslagradar om 1730 uur (1530 UTC) (Bron: KNMI)



Figuur 87. Aantal ontladingen tussen 1729 en 1730 uur (Bron: KNMI)

Het aantal ontladingen op dat moment wordt weergegeven in figuur 87, ten noordwesten van Maastricht soms meer dan 200 ontladingen per minuut. De voorzijde van het neerslaggebied is zeer scherp begrensd en dat komt overeen met het waargenomen weerbeeld: “Snel opkomend zwaar weer, zeer krachtige windvlagen vrijwel meteen gevolgd door de zware regen en/of hagel”. Voor het criterium voor een weeralarm voor onweer geldt dat binnen een gebied van 50x50 km meer dan 500 ontladingen per 5 minuten wordt geregistreerd door het bliksemmeetnetwerk. Hieraan wordt korte tijd later op onze landsgrens voldaan (figuur 88) en deze activiteit bleef in het daarop volgende uur binnen Nederland hoog.



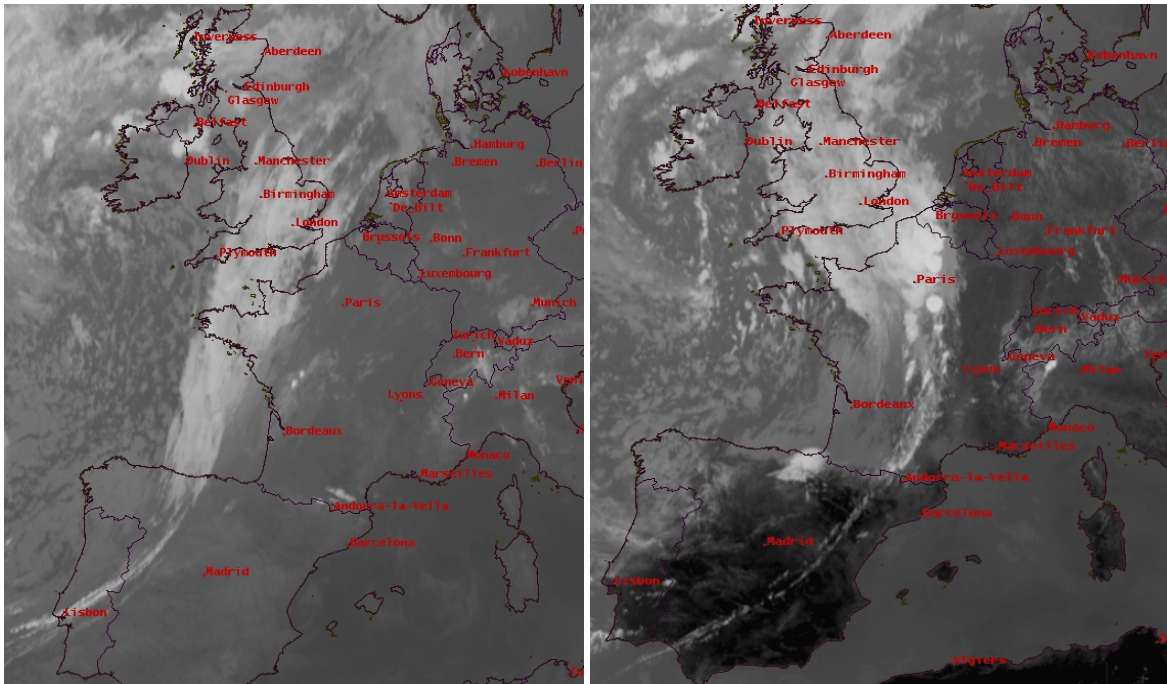
Figuur 88. Aantal ontladingen in een gebied van 50x50 km, in het vierkantje om 1734 uur 867 ontladingen (Bron: KNMI)

8.4.9 Vanuit de ruimte.

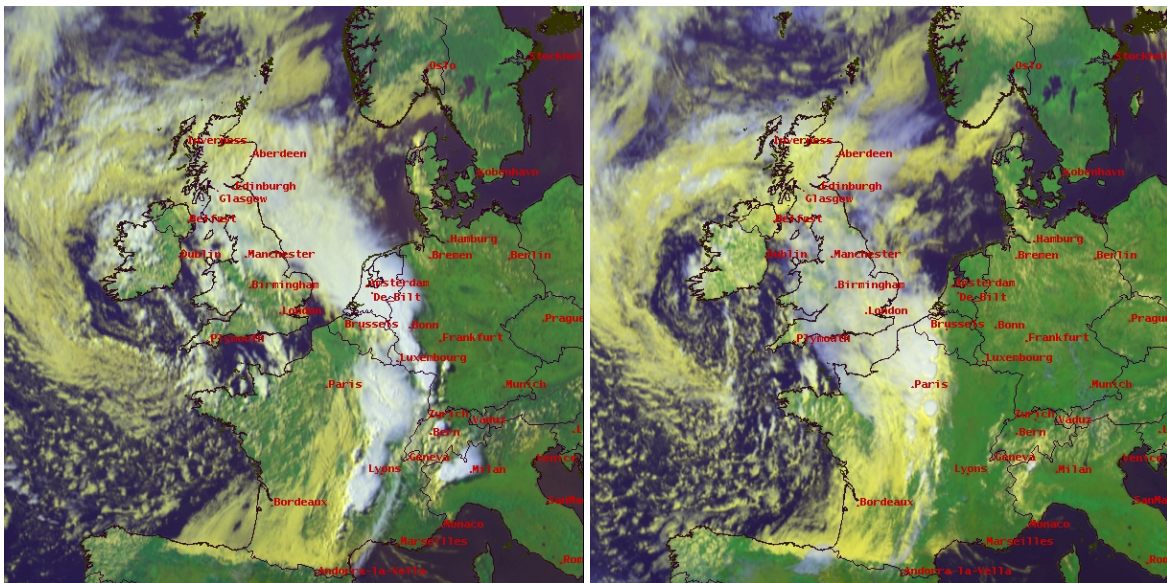
Op de beelden, ontvangen van de geostationaire satelliet Meteosat-9, werd het begin van de ontwikkeling al goed zichtbaar. Figuren 89 en 90 zijn infraroodopnames (temperatuurbeelden) van 0430 en 1345 uur, waarbij de wittere tinten koudere wolkengebieden hoog in de atmosfeer aangeven.

De frontale zone wordt gemarkeerd door de witte wolkenband, van het zuiden van Engeland over de Golf van Biscaye naar Lissabon. Ten noorden van Bordeaux zijn om 0430 uur de kleinere witte toppen van de eerste buien zichtbaar, die voor het koufront uit in de warme lucht ontstaan. Om 1345 uur is te zien dat de buien verder zijn ontwikkeld in een periode van 10 uur tot zware buien, herkenbaar aan de grotere cirkelvormige en intens witte (koude) toppen van de buien juist ten noorden en zuiden van Parijs. De toppen worden naar de vorm "aambeelden" genoemd. Het valt ook op dat de frontale zone zich heeft verbreed over het zuiden van het Verenigd Koninkrijk tot over de Noordzee en het westen van België. In het zuiden is het front minder actief geworden, alleen lagere bewolking ten noorden van de Pyreneeën verraden de restanten. Het oorspronkelijke koufront is nog slechts zichtbaar als een dunne wolkenband boven Spanje, waar de zwarte tinten aangeven dat het aardoppervlak flink is opgewarmd in de loop van de dag.

In de figuren 91 en 92 wordt de beeldinformatie van Meteosat-9 van het zichtbare licht (HRV) gecombineerd met een infrarood kanaal (IR10.8). Figuur 88 is een beeld van 1430 uur en figuur 89 van 1830 uur zomertijd. Op deze opnames zijn de witte wolken de hoge en koude wolken, de gele wolken de lagere minder koude wolken en het onderliggende warme land is groen gekleurd. Hierop is de ontwikkeling van de buien op de middag en vroege avond van 14 juli 2010 goed zichtbaar. In de foto van half drie 's middags (figuur 88) zijn zware buien nabij Parijs duidelijk herkenbare aan de intens witte aambeelden. De frontale zone ten zuidwesten hiervan is breder geworden en strekt zich uit van het zuiden van het Verenigd Koninkrijk tot over de Noordzee en het westen van België. In de situatie om half zeven 's avonds (figuur 89) is de frontale zone versmald tot een langgerekt gebied boven de Noordzee en Nederland. Individuele buientoppen zijn daarin niet goed te lokaliseren. Dat is wel het geval boven het westen van Duitsland waar zich een nieuwe buienlijn heeft gevormd op het windstotenfront van de eerste buien. Om een goed beeld te krijgen van het buiencomplex worden hierna de details van de opnames van de weersatelliet in meerdere waarnemingsbanden (kanalen) rond het tijdstip van de maximale ontwikkeling boven ons land onderzocht.

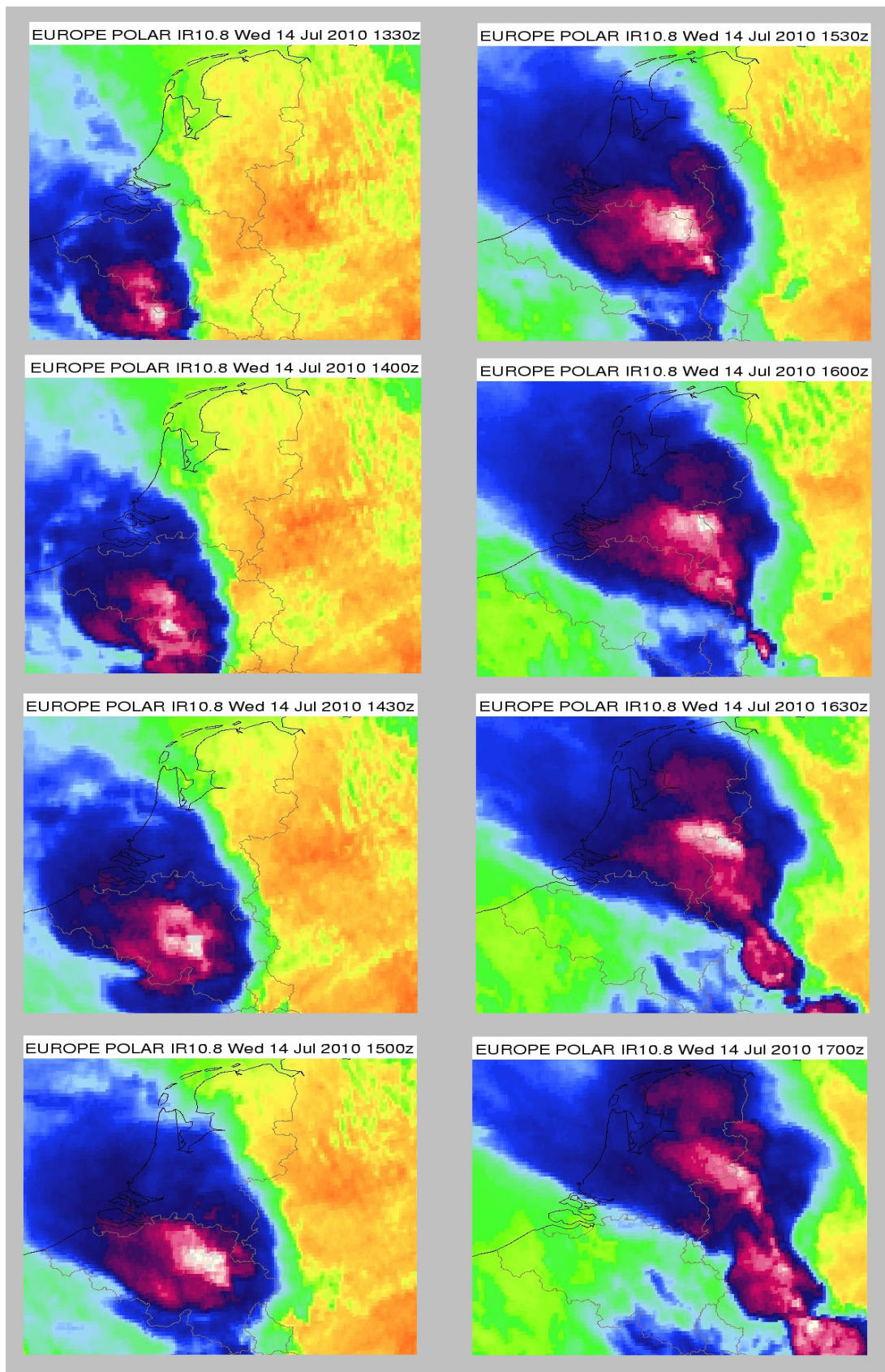


Figuren 89 en 90. Meteosat-9 infrarood opnames (IR10.8) op 14 juli 2010 om 0430 en 1345 uur (0230 en 1245 UTC) (Bron: KNMI/Eumetsat)



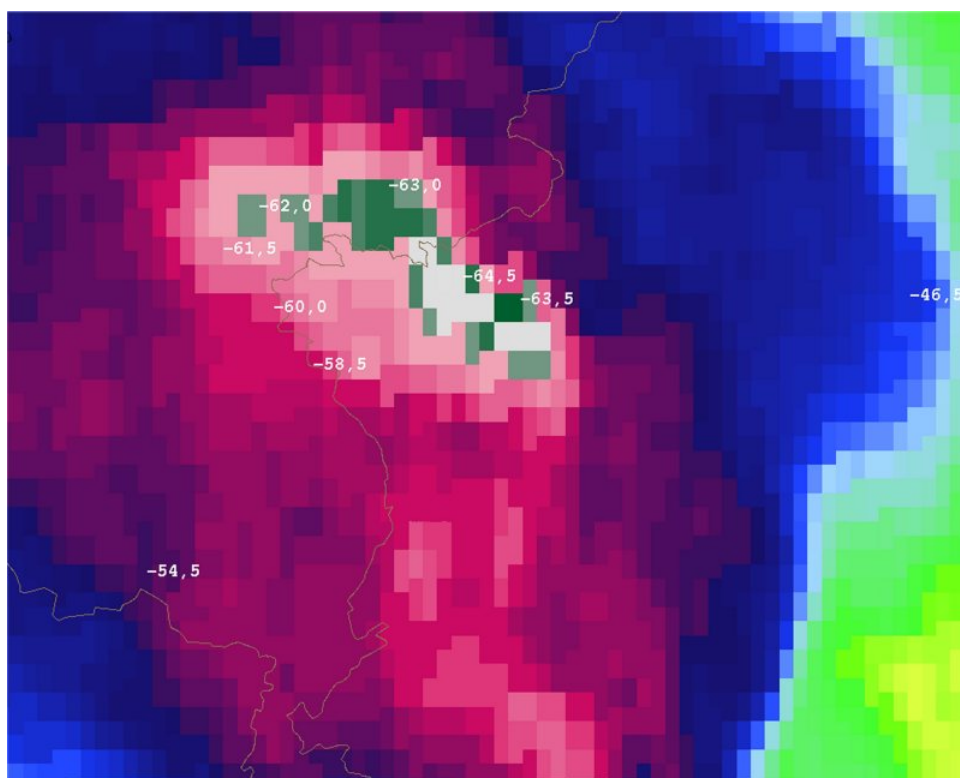
Figuren 91 en 92. Satellietbeeld van Meteosat-9 om 1430 uur (1230 UTC) en 1830 uur (1630 UTC), gecombineerd uit HRV+IR10.8-kanalen (Bron: Eumetsat/KNMI)

8.4.10 Temperatuur aan de top van de buien



Figuren 93. Meteosat-9 satellietopnamen (Infrarood-kanaal 10.8) op 14 juli 2010 van 1530 tot 1900 uur (1330 UTC tot 1700 UTC) per half uur. De rood/geel/oranje tinten in het oosten laten de temperatuur aan de grond zien van het onbewolkte land, ruim $+30^{\circ}\text{C}$. De groen/blauwe kleuren wijzen op bewolking, daarbinnen zijn de witte tinten de hoogste en koudste wolke toppen (Bron: KNMI/Eumetsat)

Vooral de hoge ijskoude wolkentop levert in het infraroodkanaal veel informatie op. Deze temperatuurinformatie van de buientoppen kan worden vergeleken met de metingen die de radiosondemetingen hebben geleverd. De radiosondes, die met behulp van een weerballon iedere dag rond 1200 UTC worden opgelaten in Europa, leveren waarnemingen van luchtvochtigheid en temperatuur tot 20 à 25 kilometer hoogte. De buienwolken reiken, ook bij zeer zware onweersbuien, meestal niet hoger dan 15 kilometer. Door de temperatuur van de satellietmetingen en de radiosondes naast elkaar te leggen kan op die manier een inschatting worden gemaakt tot hoe hoog de buien in de atmosfeer reikten. Tijdens het ontstaan van een onweersbui is de lucht in de wolk sterk aan het stijgen. Die stijgstroom zorgt dat de wolk tot steeds grotere hoogte ontwikkelt. Hoe hoger de wolkentop in de atmosfeer reikt, des te kouder de top van de wolkentop meestal is. Door van de satellietopnames ieder half uur de toptemperatuur te meten, is goed het verloop in ontwikkeling van de betreffende bui te volgen. In figuur 93 worden de warmtebeelden van Meteosat-9 tussen 1530 uur en 1900 uur (1330-1700 UTC) per half uur getoond. Daarop is te zien dat de koudste delen van de buientoppen een temperatuur hebben van -60 tot -65°C . In de fotoserie is goed te zien dat tussen 1500 UTC en 1630 UTC de toppen van de buiencomplexen hun grootste activiteit hadden. Een groter deel van de buienkap, het zogenaamde aambeeld, heeft een temperatuur van ongeveer -58°C (figuur 94). Het niveau van het aambeeld reikt tot bijna 12 kilometer hoogte, een niveau waar de temperatuur niet langer daalt (in vaktermen de tropopauze) en dat fungeert als een natuurlijk deksel tot waar een buienwolk kan groeien. Binnen het buiencomplex van 14 juli breken op sommige plaatsen sterk stijgende luchtstromingen door de tropopauze heen, de doorschietende toppen ("overshooting tops") bereiken een hoogte van ongeveer 13 kilometer.



Figuur 94. Meteosat-9 satellietopnamen (Infrarood-kanaal 10.8) op 14 juli 2010 van 1630 uur (1430 UTC). De witte en groene tinten geven de hoogste en koudste wolkentoppen aan met een temperatuur nabij -64.5°C op en hoogte rond 13 kilometer (Bron: KNMI/Eumetsat)

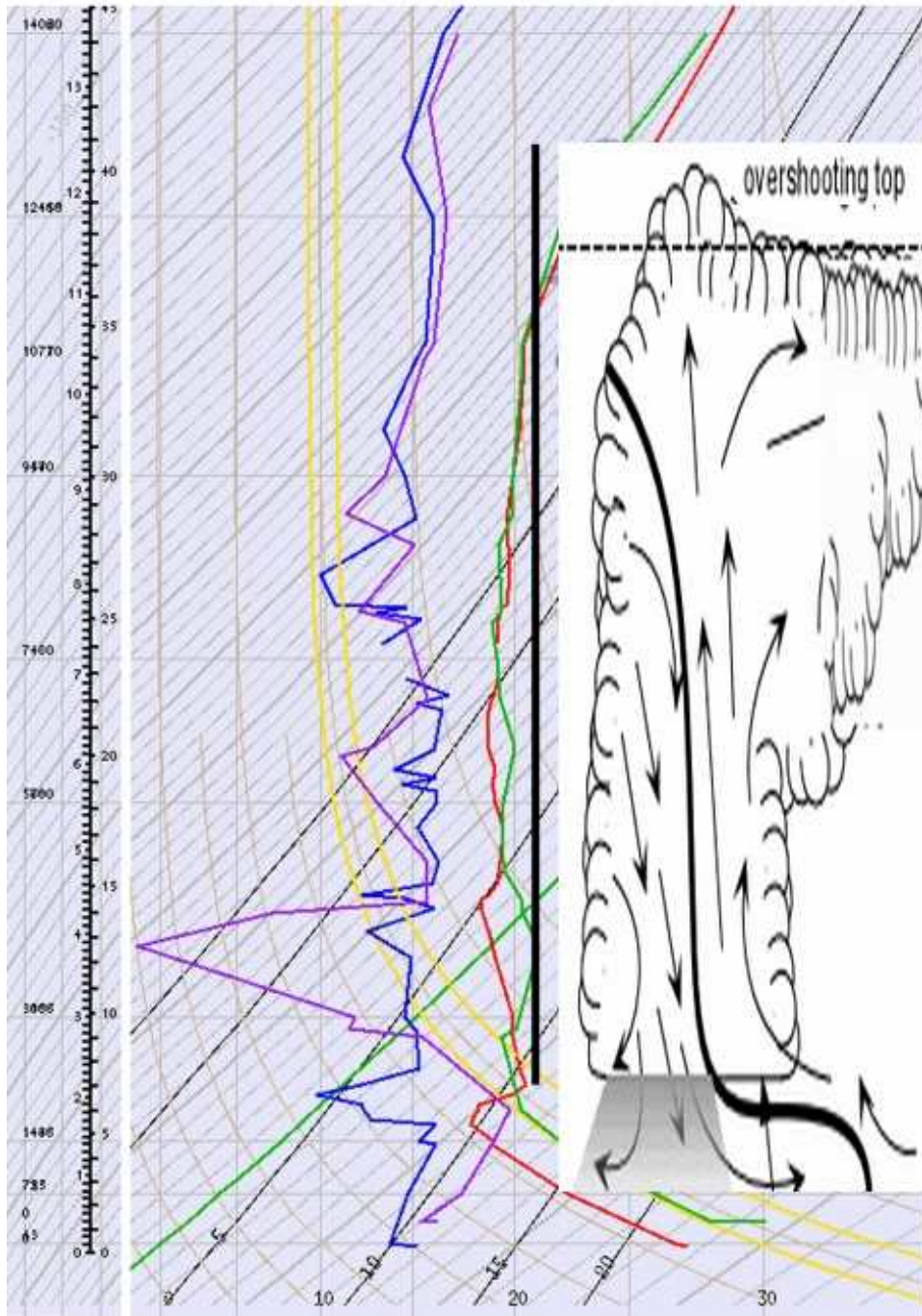
8.4.11 Radiosonde

Ook uit radiosondemetingen, waarmee wind, temperatuur en vochtigheid van de bovenlucht worden gemeten, is af te leiden hoe hoog de buien kunnen worden en welke temperaturen daarbij worden bereikt. Omdat de weerballon die om 1200 UTC werd opgelaten, nog niet in de nabijheid van de buiencomplexen lag, is ook het Duitse station ten oosten van de Ardennen, Idar Oberstein, weergegeven.

Uit de combinatie van beide metingen kan een beeld van het temperatuurverloop en de maximale hoogte van de buien worden verkregen, schetsmatig weergegeven met de dikke zwarte lijn in figuur 95. De zwarte verticale lijn geeft aan op welke hoogte de bui zal gaan ontstaan (wolkenbasis) en tot hoe hoog hij in de atmosfeer zal kunnen reiken (wolkentop). Aan de rechterzijde van de grafiek is gevisualiseerd hoe een buienwolk zich dan

voor zou doen. De top is aangegeven als de karakteristieke aambeeldvorm, de doorschietende wolketoppen als opbollend wolkensegment erboven.

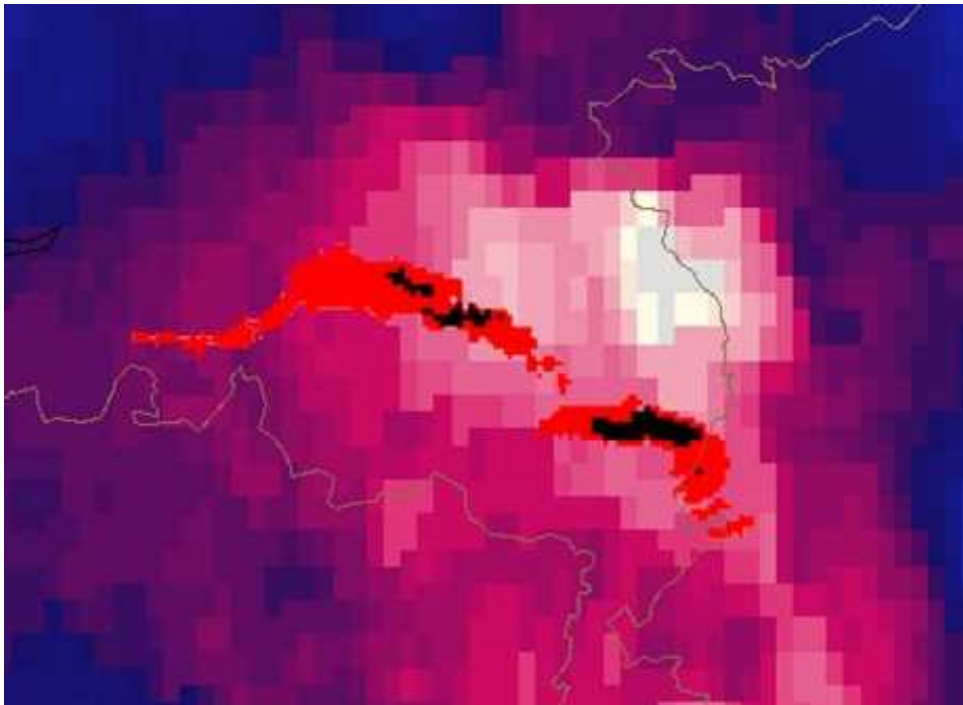
Nadere uitleg over het onderliggende diagram: de temperatuurlijnen lopen diagonaal van rechtsonder naar linksboven, per twee graden, de nul-lijn is groen gemaakt. De minder hellende dunne zwarte lijnen zijn lijnen van gelijke mengverhouding (aantal grammen waterdamp per kilo droge lucht). De gekromde okerlijnen van linksonder naar rechtsboven geven aan hoe droge opstijgende lucht afkoelt, de gele lijnen een beeld hiervan bij de maximumtemperatuur. De dunne verticale lijnen geven aan hoe verzadigde lucht zal afkoelen (in bewolking). Tot slot worden in horizontale lijnen drukvlakken aangegeven en staat aan de linkerkant een hoogteschaal.



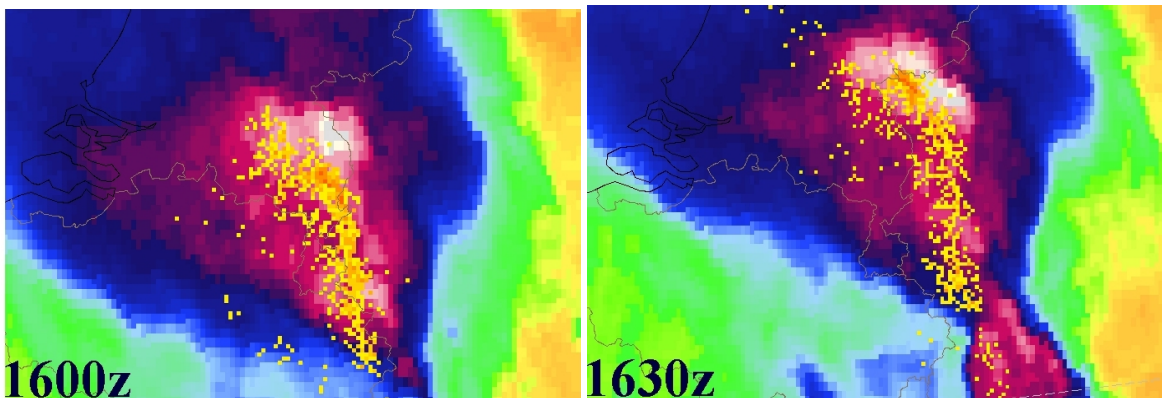
Figuur 95. Grafiek met het verticale verloop van de temperatuur (rood=De Bilt, groen=Idar Oberstein) en de dauwpuntstemperatuur (blauw =De Bilt, paars=Idar Oberstein). De verticale dikke zwarte lijn is een geschat temperatuurverloop in de zware buien, rechts een schetsmatige doorsnede van de bui (Bron: KNMI)

8.4.12 Gecombineerd beeld uit satelliet en radar.

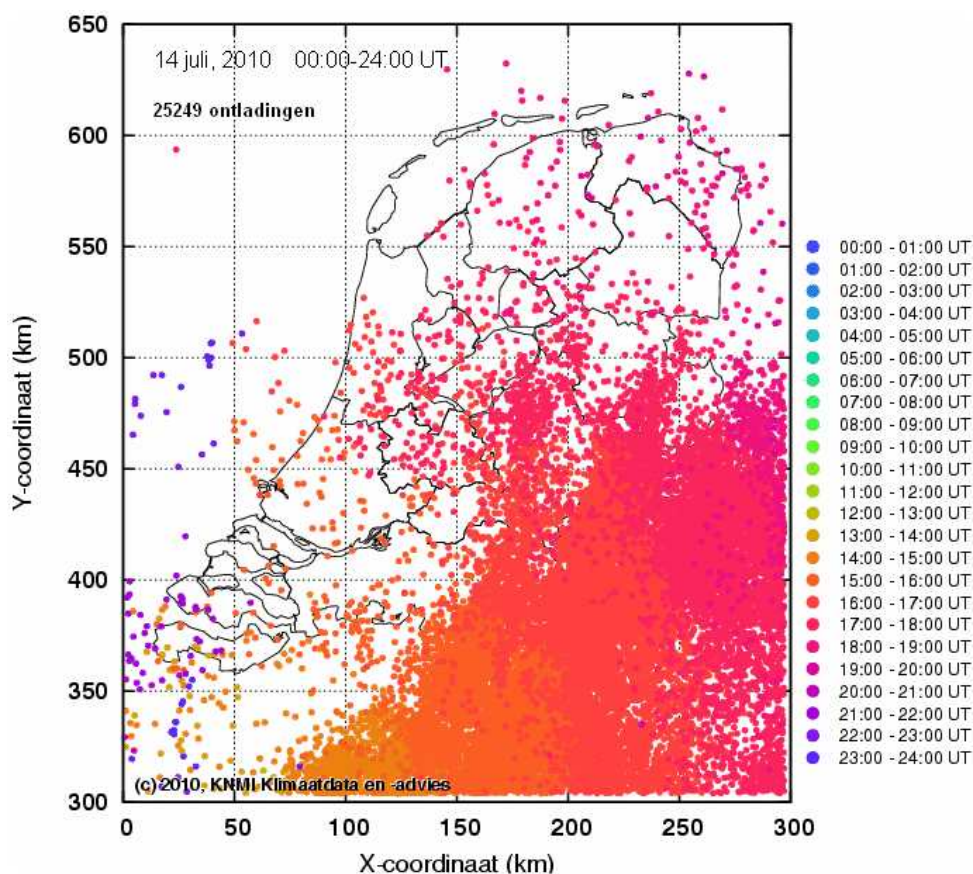
Uit infraroodbeelden van de satelliet en de neerslaginformatie van de buienradar kan ook worden vastgesteld op welke plaats de sterkste stijg- en de grootste daalstromen in de buien aanwezig zijn. Bij groei van een onweerscomplex zoals op 14 juli 2010 zijn deze tegenstelde verticale stromingen van elkaar gescheiden en fungeren meerdere uren als een "wolkenmachine", die nauwelijks aan kracht verliest gedurende de verplaatsing. In figuur 96 is de temperatuuropname van Meteosat-9 van 1600 UTC gecombineerd met de zwaarste echo's van de buienradar. Hierin is te zien dat onder de buientop (witte tinten), die ontstaat door de sterkste opgaande luchtstromingen, nog nauwelijks neerslagproductie plaatsvindt. Aan de zuidwestzijde hiervan valt de intensieve neerslag, komen de valwinden tot stand en worden talrijke bliksemontladingen geregistreerd. Naast de radar beschikt het KNMI ook over de informatie van het bliksemmeetstelsel. In korte tijdseenheden worden bliksemontladingen gemeten en de positie van de afzonderlijke ontladingen in kaart gebracht. In figuur 97 is de blikseminformatie toegevoegd aan de infraroodfoto's van 1600 en 1630 UTC, de tijden dat het buiencomplex over de gemeente Deurne trok en aankwam bij de Achterhoek. In deze figuren is te zien dat de zwaarste bliksemfrequentie ten zuidwesten van de hoogste buientoppen ligt, in het gebied van de meest intensieve neerslag en de grootste valbewegingen en met de sterkste elektrische ladingsverdeling. In totaal werden door het bliksemmeetnetwerk van het KNMI in de middag en avond van 14 juli 2010 25429 ontladingen gemeten (figuur 98)



Figuur 96. Meteosat-9 satellietopnamen (Infrarood-kanaal 10.8) op 14 juli 2010 om 1600 UTC, gecombineerd met de meest intensieve neerslagniveaus van de buienradar (Bron: KNMI/Eumetsat)



Figuur 97. Meteosat-9 satellietopnamen (Infrarood-kanaal 10.8) op 14 juli 2010 om 1600 en 1630 UTC, gecombineerd met de metingen van het bliksemmeetnetwerk (Bron: KNMI/Eumetsat)



Figuur 98. Metingen van het bliksemmeetnetwerk op 14 juli 2010 (Bron: KNMI)

Voorgaande beschouwingen laten ook zien dat voor een goed beeld van de zware onweerscomplexen het nodig is om satellietinformatie en radarinformatie te combineren met de weerkaarten.

De waarnemingen aan de grond geven de ligging van het thermische lagedrukgebied precies weer binnen de omvangrijke wolkenmassa, zoals die vanuit de ruimte wordt waargenomen. De neerslagecho's van de buienradar versterken, geprojecteerd op de drukverdeling, het inzichtelijk beeld van de opbouw van het buiencomplex. In de analyse zijn satellietfoto's van Meteosat-9 in het hoge-resolutie zichtbaar-licht kanaal (HRES-VIS) gebruikt. Van de radarbeelden zijn alleen de drie hoogste neerslagecho-niveaus gebruikt, waar de neerslagintensiteiten respectievelijk 5-10, 10-30 en > 30 mm/uur zijn. Samen met het luchtdrukveld zijn in de figuren 18-21 deze bronnen per uur weergegeven voor de periode 1600-1900 uur (1400-1700 UTC).

Uit de combinatie van satellietfoto en drukveld wordt duidelijk dat de omvang van het thermische lagedrukgebied zich uitstrekt tot buiten het zware buiencomplex. Het (noord)oostelijke deel van de depressie bevindt zich aanvankelijk zelfs geheel buiten de bewolkingzone.

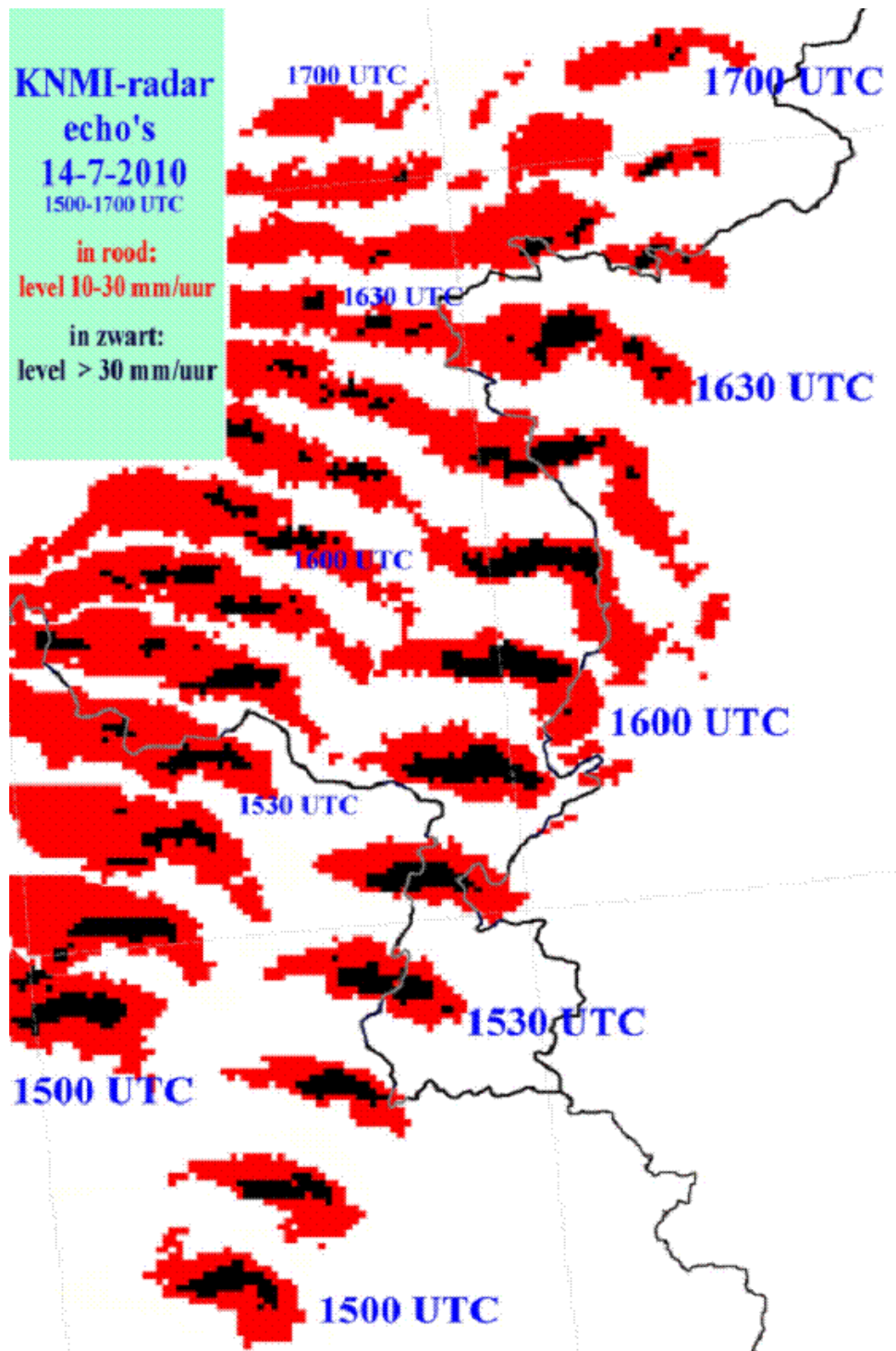
In de loop van de uren zien we dat de hoogste bewolking van het buiencomplex zich sneller naar het noordoosten uitbreidt en over het gehele lagedrukgebied heen komt te liggen. Dit komt doordat de windsnelheden op de hoogte van de buienkappen aanmerkelijk groter zijn dan de snelheid waarmee het druksysteem zich verplaatst.

De combinatie van radarbeelden en drukvelden laat zien dat de zwaarste neerslagecho's altijd aan de zuid- of zuidwestkant van de kern van het lagedrukgebied liggen. Dit komt aan de noordoostflank van het lagedrukgebied de warme lucht zit waarmee de buien worden gevormd door sterke opwaartse luchtstromingen, dit gebied is gescheiden van de gebieden waar de met de radar zichtbaar gemaakte neerslag valt. Opvallend is dat de zware neerslagecho die aanvankelijk het meest zuidelijk ligt, met een veel hogere snelheid noordnoordoostwaarts trekt, vergeleken met de zware echo's aan de west- en zuidwestkant van de lagedrukkern.

8.4.13 Opvolgende radarbeelden

De hogere treksnelheid van de buien in het oosten wordt nog eens extra duidelijk wanneer van alle radarbeelden tussen 1700 en 1900 uur (1500 en 1700 UTC) de twee hoogste neerslagniveaus in een kaart worden samengevoegd (figuur 99). De oostelijkste echo's heeft in twee uren een afstand afgelegd van 202 km, in

NNO-lijke richting (022 graden). De westelijker echo heeft in diezelfde tijd 142 km afgelegd, in een iets meer noordelijker koers (013 graden). Op grond van de stromingen in de hogere luchtlagen trekt de westelijke echo met de snelheid van de stroming op 5 km hoogte (500 hPa), op dat niveau staat minder wind in het oosten. Op grond daarvan kan de snellere verplaatsing niet worden verklaard, het verschil tussen bovenstroming en treksnelheid, ongeveer 30 km/uur, vormt voor de oostelijke buien mede een aanwijzing voor de rear inflow jet, die op lagere hoogte in het buienlichaam is ontstaan (zie 9.13).

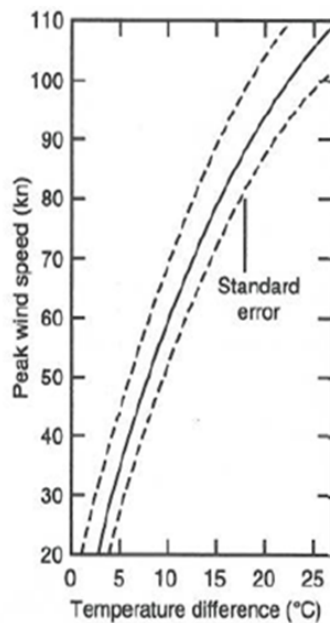


Figuur 99. Radarbeeld, samengesteld uit de hoogste neerslagniveaus, tussen 1500 en 1700 UTC per tien minuten (Bron: KNMI)

In de evolutie van de boogecho domineerde later op de avond de cyclonale mesovortex en de buienlijn krijgt de vorm van een komma boven Overijssel en het noorden van Gelderland. De structuur van het bowsegment, zoals we die zagen bij Neerkant en Vethuizen is dan verdwenen. Op de kop van de komma (zie rechterecho om 1700 UTC) kwam het tot de vorming van de windhoos in Friesland.

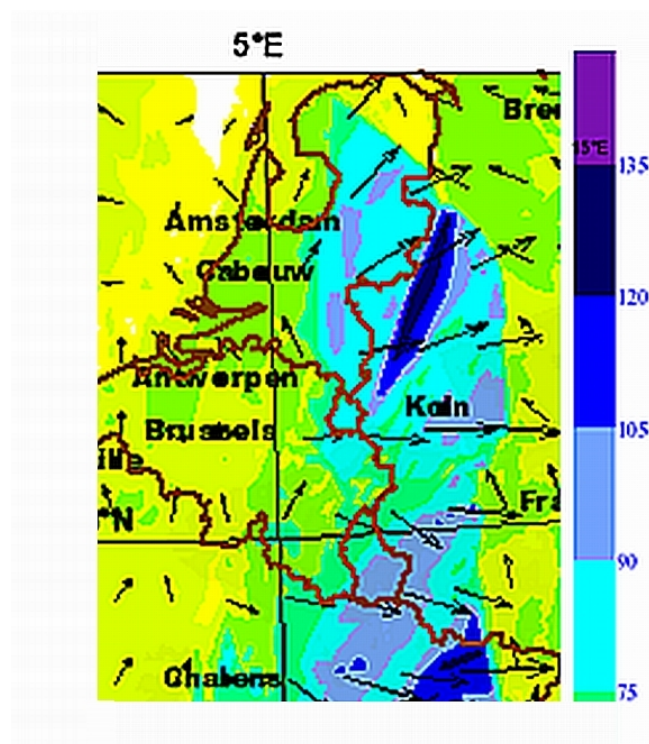
8.5 Theoretisch maximale windstoten

Het temperatuurverschil tijdens de passage kan ook een indicatie zijn voor mogelijke windstoten. In figuur 100 is af te lezen dat in deze situatie maximale windstoten mogelijk kunnen zijn van 34-40 m/s (70-80 knopen).



Figuur 100. Verband tussen het temperatuurverschil en de maximale windstoten (in knopen) bij buien (Bron: NN)

De jongste generatie meteorologische modellen kunnen ook een indicatie geven van de mogelijke grootte van de windstoten. Het non-hydrostatische hoge resolutie model Arome van de Franse meteorologische dienst wordt in Nederland gebruikt bij de ontwikkeling van het Harmonie-model. Op basis van het Arome-model bleken op 14 juli maximale windstoten mogelijk tot 105 km/u, opvallend is dat de modelberekeningen ten oosten van ons land een indicatie geven voor maximale windstoten tot 135 km/u (figuur 101). De hoogste gemeten windstoot die dag was in Volkel, 123 km/u.



Figuur 101. Maximale windstoten (in km/u) op 14 juli 2010 in het Arome-model (Bron: KNMI/MeteoFrance)

Een geavanceerde methode voor de schatting van de maximale windstoten gaat uit van meer grootheden. De sterkte van de windstoten aan de grond als gevolg van de uitspreidende valwind wordt hierbij bepaald door de drie termen (bron: I. Holleman):

- Term 1. Verdampen en smelten
- Term 2. Regenintensiteit
- Term 3. Sterkte Rear Inflow Jet

Term 1 wordt in vaktermen als Negative Available Potential Energy (NAPE) aangeduid, term 2 als Waterload (L) en term 3 als Maximum Horizontal Momentum (HMOM).

$$\text{Maximale windstoot} = \sqrt{2 * [term1 + term2 + (term3)/2]}$$

Mogelijk wordt er ook nog extra snelheid aan term 3 meegegeven door de aanwezigheid van een mesovortex.

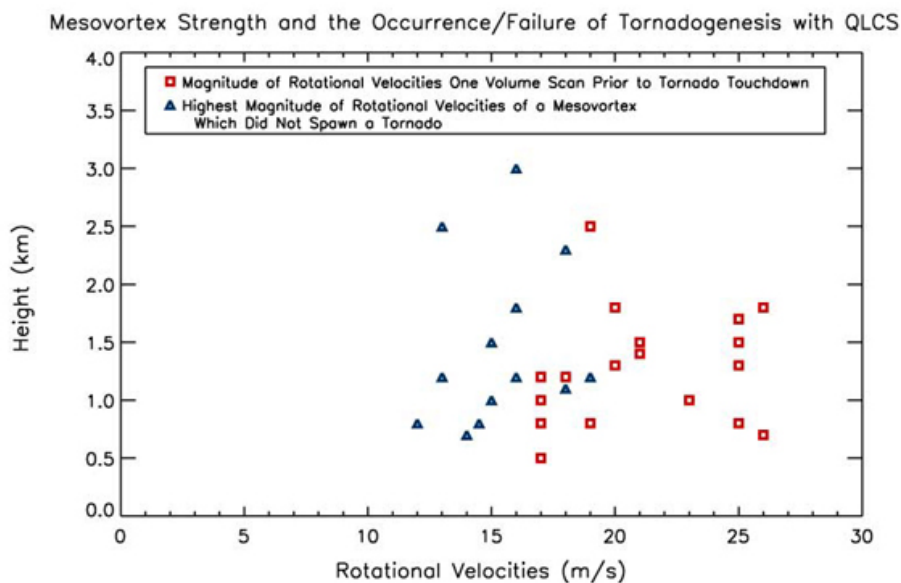
Term 1. Met de bovenluchtmetingen van De Bilt van 12 UTC, gecorrigeerd voor de extra opwarming in het oosten, wordt een temperatuurverschil berekend van gemiddeld 9-10 K over een hoogteverschil van ongeveer 2 km, NAPE is dan:

$$(DT/T_{gem}) * g * DZ = (10/300) * 10 * 2000 = 666 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

Term 2. De waterinhoud per kilogram lucht wordt geschat op 10 g/kg en dat komt overeen met 3K temperatuurverschil (0.3K per 1g/kg). Bij deze maximalisatie van de waterinhoud:

$$L = (DT/T_{gem}) * g * DZ = (3/300) * 10 * 2000 = 200 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

Term 3. Deze term is gelijk aan het kwadraat van de horizontale windsnelheid op de hoogte van de RIJ, tussen 1 en 3 km hoogte. De RIJ is geschat door uit de uitvoer van het Arôme-France model de windsnelheid op 1900 meter hoogte te gebruiken, uitkomend op 30 m/s. Aan deze term kan nog worden bijgedragen door de rotatiecomponent van de cyclonale mesovortex, vectoriëel opgeteld bij de RIJ, ervan uitgaande dat er op enkele honderden meters boven het aardoppervlak een hoek is tussen beide vectoren, de RIJ is op die hoogte deels naar beneden gericht. Deze extra bijdrage wordt op basis van Amerikaans onderzoek als laagste waarde geschat op 15 m/s genomen van een mesovortex die niet overgaat in een hoos/tornado in een Quasi Linear Convective System (QLCS) (figuur 102).



Figuur 102. Waargenomen rotatiesnelheden in mesovortex met/zonder tornado-vorming (Bron: NOAA)

Combinatie van de drie termen levert een schatting van de theoretische windstoot rond 50 m/s, 180 km/u, als de extra factor in de derde term wordt meegenomen dan luidt de berekening:

$$\text{Maximale windstoot} = \sqrt{2 * [666 + 200 + (900/2) + (225/2)]} = 53,5 \text{ m/s}$$

De schatting van de grootte van theoretische maximum wordt afgerond naar circa 200 km/u, 55 m/s. Het blijft onzeker of deze waardes ook feitelijk zijn gehaald. Het samenvallen van de genoemde termen tot een maximale ontwikkeling van de sterke windstoten met bijkomende verschijnselen komt in ieder geval slechts zeer lokaal tot stand met een kleine kans van optreden, qua oppervlakte valt te denken aan één of enkele gebieden met een oppervlak van enkele vierkante kilometers met pulsgewijs schadesporen. De berekende maximale wind, 50 of 55 m/s, is de snelheid die de lucht met de genoemde factoren maximaal kan bereiken op enige hoogte boven het aardoppervlak en zonder remming door de ruwheid van het landschap mee te rekenen. Door ruwheid gaat er dan direct een deel van de snelheid af, maar dit is sterk afhankelijk van het lokale landschap, de wrijving van het landschap kan lokaal oplopen tot enkele tientallen procenten. *De berekende waarden voor de maximale windstoten op 14 juli 2010 in de onderzochte buien, 180 tot 200 km/uur, worden gezien als een schatting van theoretisch maximum op zeer lokale schaal zonder de remmende invloed van wrijving door het landschap.*

Hoofdstuk 9

Literatuur

- Atkins, Nolan T., 2005: Quasi-idealized simulations of Bow Echoes, WRF/MM5 Users workshop.
- Berg, R. van den, 2000: Het ontstaan van tornado's, Weermagazine no. 1.
- Fujita, T., 1977: Anticyclonic Tornadoes. *Weatherwise* April 1977 51-64.
- Holleman, I, 2001: Estimation of the maximum velocity of convective wind gusts, KNMI IR-2001-02
- Moene, A., B. Michels en B. Holtslag, 2004: Twisters: rotatie in de atmosfeer- deel 1: linksom of rechtsom?, *NVOX* 3, 133-135.
- Moene, A., B. Michels en B. Holtslag, 2004: Twisters: rotatie in de atmosfeer- deel 2: twisters in soorten en maten, *NVOX* 5, 251-254.
- Groenland, R.M., 2001: De boogecho van 07 juni 1997. *Meteorologica* nr.1 15-19.
- Groenland, R.M., 2007: Enkele moderne inzichten in tornadogenesis. *Meteorologica* nr.4 4-9.
- Schrier, G. van der en R.M. Groenland, 2007: De zomerstorm van 1674, *Meteorologica* 16 nr 2 pp-pp.
- Smith, R., Non-supercell tornadoes: a review for forecasters
Internet: <http://www.srh.noaa.gov/topics/attach/html/ssd96-8.htm>
- Tenneset, 2010: Extreme windbelasting oorzaak bezwijken masten,
Internet: http://www.tenneset.org/images/10-2002%20PFI-Vethuizen%20versie%201-1%2020101110_tcm41-19615.pdf
- Weerwoord, 2010: Internet <http://www.weerwoord.be>, archief 14 juli 2010
- Weisman, M.L., 1993: The Genesis of Severe, Long-Lived Bow Echoes, *J.Atmos. Sci.*, 50, 645-670.
- Weisman, M.L., 1992: The Role of Convectively Generated Rear-Inflow Jets in the Evolution of Long-Lived Mesoconvective Systems, *J.Atmos. Sci.*, 49, 1826-1847.
- Weisman, M.L. and C. Davis, 1998: Mechanisms for the generation of mesoscale vortices within quasi-linear convective systems, *J.Atmos. Sci.*, 55, 2603-2622.
- Weisman, M. L. and R. J. Trapp, 2003: Low-niveau mesovortices within squall lines and bow echoes: Part I. Overview and dependence on environmental shear. *Mon Wea Rev*, 131, 2779-2803.
- Weisman, M. L. and R. J. Trapp, 2003: Low-niveau mesovortices within squall lines and bow echoes. Part 2, *Mon. Wea. Rev.*, 131, 2804-2823.
- Wolff, R: Classification of Quasi Linear Convective Systems (QLCS), <http://www.crh.noaa.gov/lx/?n=qlcslatest>
- Wakimoto, R. M. and J. W. Wilson, 1989: Non-supercell tornadoes. *Mon. Wea. Rev.*, 117, 1113-1140.
- Zwart, B en Steenhuizen, A, 1995: Inleiding tot de algemene meteorologie, KNMI-publicatie 184a.

