



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

De windstoot van 64 m/s te Hansweert op 5 februari 2013 - analyse van een meting

R.M. Groenland, R. Sluijter, J.P. van der Meulen, S. de Haan en A. Kraai

De Bilt, 2013 | Technical report; TR-339

De windstoot van 64 m/s te Hansweert op 5 februari 2013 - analyse van een meting

Versie 1.0

Datum	19 juli 2013
Status	Definitief

Colofon

Titel	De windstoot van 64 m/s te Hansweert op 5 februari 2013 - analyse van een meting
Contactpersoon	Rob Groenland Rob.Groenland@knmi.nl

Inhoud

	De windstoot van 64 m/s te Hansweert op 5 februari 2013 - analyse van een meting—1
	R.M. Groenland, R. Sluijter, J.P. van der Meulen, S. de Haan, A. Kraai—1
	De Bilt, 2013 Technical report; TR-339—1
	Colofon—5
	Samenvatting—9
1	Inleiding—10
2	Analyse situatie—11
2.1	Synoptische situatie—11
2.2	Waarnemingen—16
2.3	Klimatologie—23
2.4	Verklaring hoge windsnelheid zonder schade—25
3	Conclusies—26
4	Aanbevelingen—27
5	Dankbetuiging—28
6	Literatuurlijst—29
7	Bijlage A. Analyses van radarbeelden—30

Samenvatting

Op meetlocatie Hansweert is op 5 februari 2013 om 5:24 uur lokale tijd een windsnelheid gemeten van 64 m/s (herleide waarde naar een hoogte van 10m). Dit is de hoogste windstoot ooit gemeten in het Nederlandse meetnet sinds het begin van de metingen. De meting is vanuit een synoptisch, klimatologisch en instrumenteel (meetkundig) perspectief onderzocht. In dit rapport is de situatie vanuit deze perspectieven beschreven.

Een analyse van de 12 seconde data van het station Hansweert op 5 februari 2013 laat geen verdacht verloop zien van de windsnelheid en windrichting. De absolute windsnelheid is echter extreem en niet eerder in het Nederlandse meetnet gemeten. De synoptische situatie liet het ontstaan van zeer zware windstoten toe. Hierbij was sprake van lijnconvectie met bowsegmenten waarbij zich volgens het conceptuele model van een downburst een Rear Inflow Jet (RIJ) zich mogelijk tot aan het oppervlak heeft uitgebreid. Dit kan worden ondersteund door de bestudering van de Doppler radarbeelden van het Belgische radarstation Jabbeke. Deze laten de mogelijkheid van een extreme downburst toe.

De windstoot van 64 m/s kan derhalve op deze gronden niet worden gefalsificeerd. Echter het feit dat er geen schade is opgetreden in de directe omgeving van Hansweert maakt de meting verdacht. Snelheid en tijdsduur van de meting leiden tot een dimensie van de situatie die zonder schade moeilijk verklaard kan worden en alleen aan de rand van het eerder genoemde conceptuele model reëel is. De afgelopen jaren zijn vaker zeer hoge windstoten gemeten op stations in de land-zee overgang, steeds tijdens de passage van actieve buien (lijnconvectie, trog) waarbij vaste neerslag (hagel, sneeuw) werd gerapporteerd. Deze gebeurtenissen verdienen nadere studie.

1 Inleiding

Op meetlocatie Hansweert is op 5 februari 2013 om 5:24 uur lokale tijd een windsnelheid gemeten van 64 m/s (herleide waarde naar een hoogte van 10m). Dit is de hoogste windstoot ooit gemeten in het Nederlandse meetnet sinds het begin van de metingen.

De meetlocatie Hansweert is onderdeel van het Landelijk Meetnet Water van Rijkswaterstaat. De windsensoren behoren tot de instrumentenpool van het KNMI en zijn gelijk aan de sensoren op de KNMI windmeetlocaties. Figuur 1 en 2 laten een foto en overzicht van de locatie van de meetpaal in Hansweert zien.



Figuur 1. Windpaal in het water ten zuiden van Hansweert



Figuur 2. Globale ligging van het meetpunt Hansweert (gele ster).

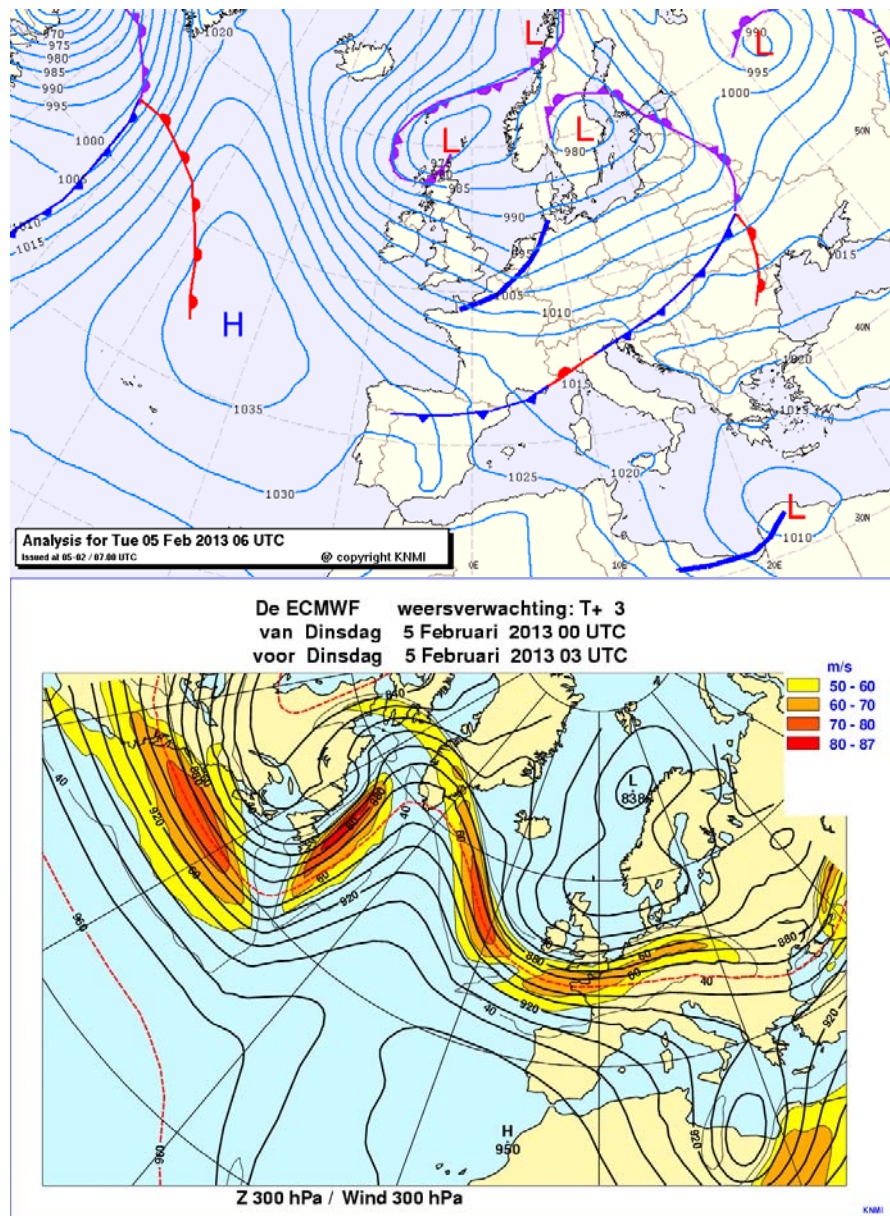
2 Analyse situatie

De windsnelheidsmeting van 64m/s is vanuit een synoptisch, klimatologisch en instrumenteel (meetkundig) perspectief onderzocht. Hieronder is de situatie vanuit deze perspectieven beschreven.

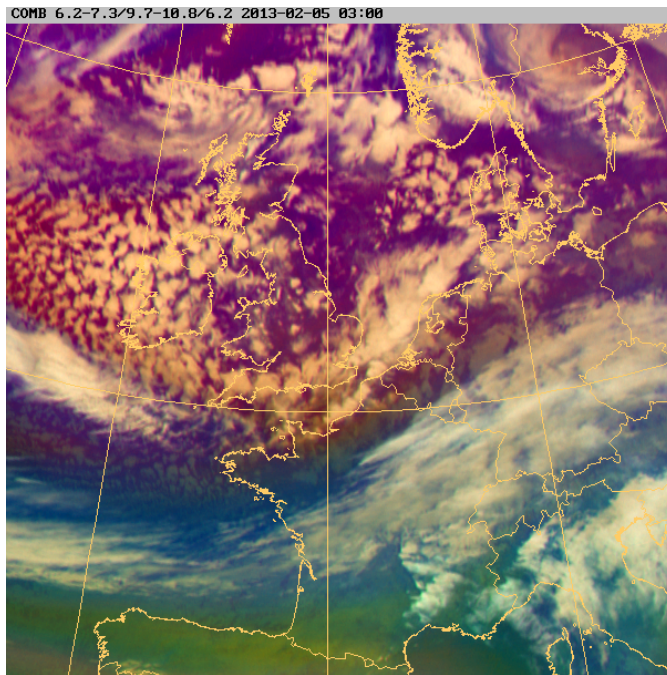
2.1 Synoptische situatie

Algemene grootschalige situatie:

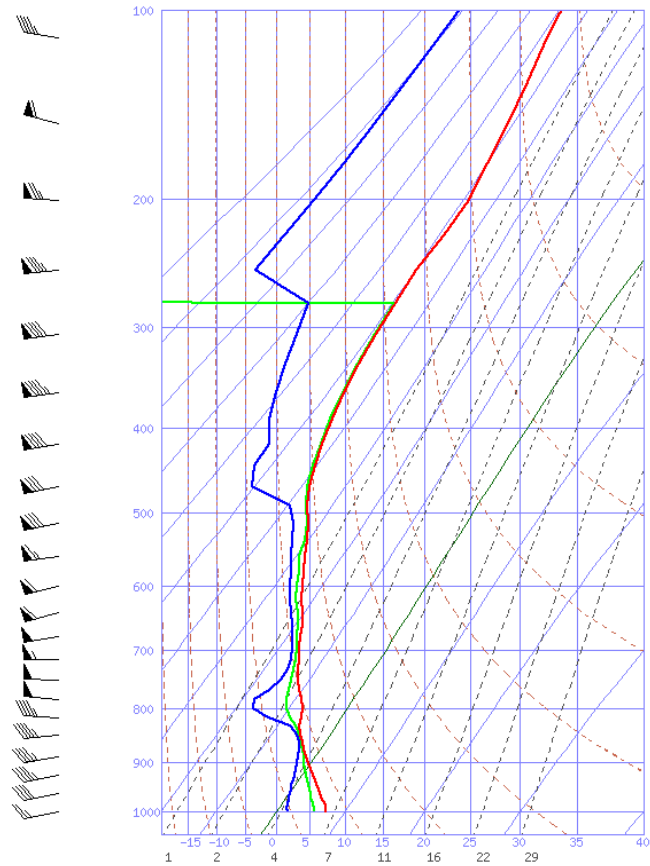
Op 5 februari 2013 was er boven West-Europa sprake van een brede en zeer krachtige westelijke stroming waarmee polaire lucht werd aangevoerd. Een trog, op 4 februari boven de Britse Eilanden, trok naar het oosten en bereikte Nederland in de vroege ochtend van 5 februari (zie figuur 3a). Op de 300 hPa prognose van het ECMWF-model is rond dat moment een krachtige straalstroom te zien die via het uiterste zuiden van de UK richting het kanaal en België loopt (figuur 1b). Een linker uitgang van de straalstroom lag boven het westen van België. De aangevoerde lucht werd gekenmerkt door relatief lage CAPE (Convective Available Potential Energy)-waarden in de orde van enkele honderden joule/kg. Er was sprake van verticale sterkte-schering (zie figuur 4b en 3). Vlak voor de bovenluchttrog nam de wind met hoogte nog verder toe. Bovendien zorgde de linkeruitgang van de straalstroom boven België, voor extra optilling aldaar. De provincie Zeeland lijkt daar net buiten te vallen, maar ook daar is langs de trog voldoende stijgbeweging aanwezig om een zone met lijnconvectie te doen laten ontwikkelen. Deze lijn is ook duidelijk te zien op de satellietfoto van 03 UTC (figuur 4a).



Figuur 3a en b. Grondweerkarta van 06 UTC respectievelijk 300hPa prognose van ECMWF (run 05022013, 00 UTC, +3 uur).

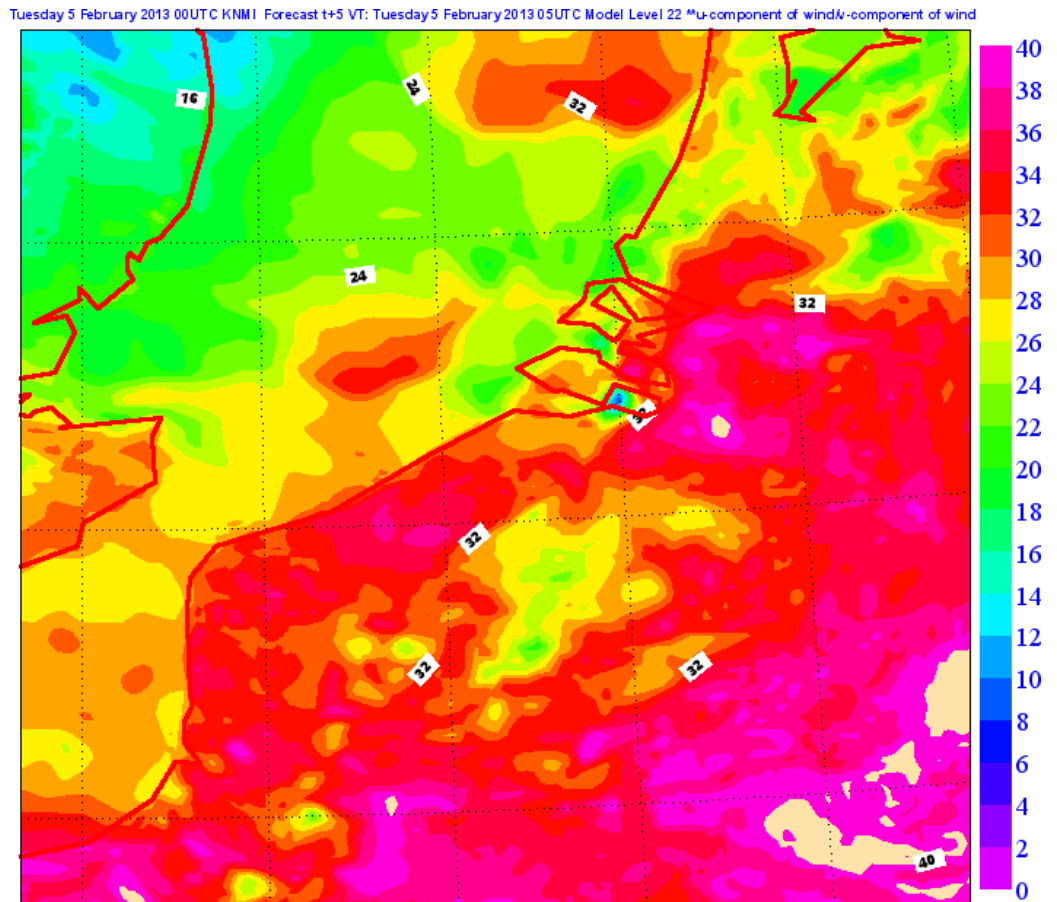


KNMI Temp: HARM36_EHFS_20130205_04.vv0



Figuur 4a en b.

Meteosat-9-satellietbeeld van 5 februari om 03 UTC respectievelijk de verwachting van de verticale opbouw van de atmosfeer (temp 06 UTC, model Harmonie, run 05022013, 00 UTC, +03 uur) in Vlissingen.

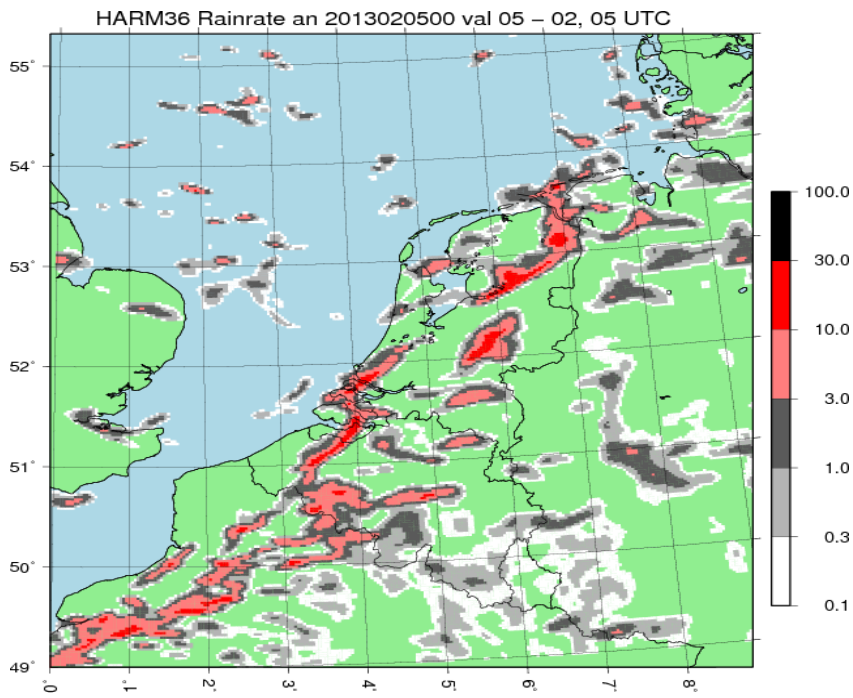


Figuur 5. Verticale windscherping (0-6 km) in m/s berekend met Harmonie. (Run 05022013, 00 UTC +5 uur)

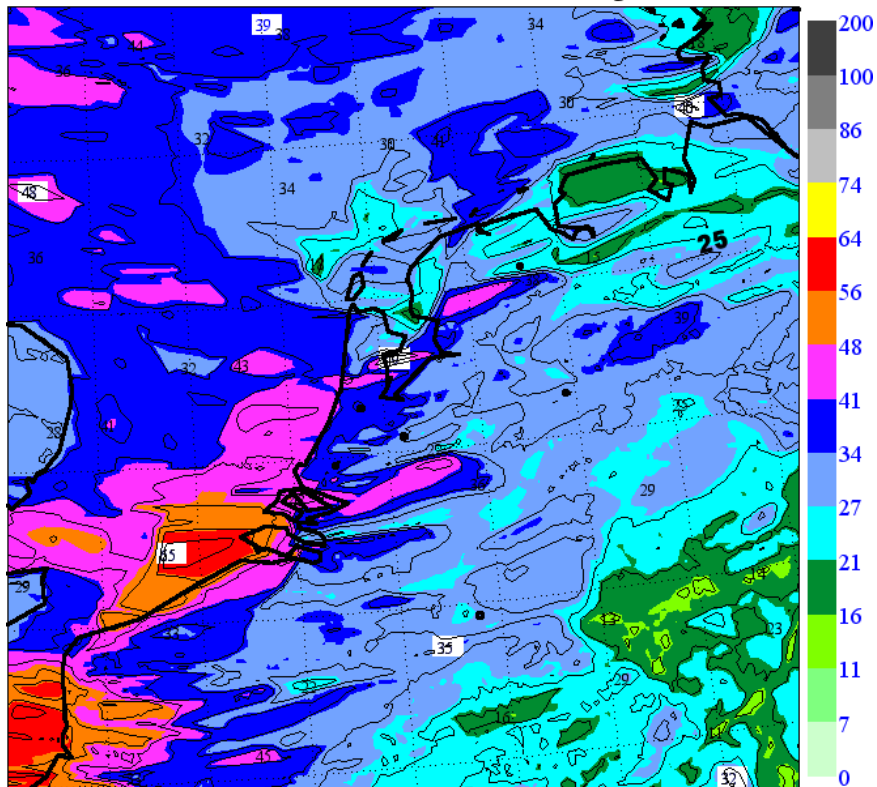
Ontwikkeling van de buienlijn:

Boven de zuidelijke Noordzee en het Kanaal heeft zich na 02 UTC een gebied met lijnconvectie ontwikkeld. Die buienlijn trok tussen 04 en 07 uur UTC over België en Nederland. Bij inzoomen van de beelden van de neerslagradar zijn diverse kleine 'bowsegmenten' te zien (zie reflectiviteitsbeeld in figuur 7). Dit zijn de locaties langs de voorkant van de buienlijn waar de zwaarste windstoten kunnen optreden (zie literatuur 1, 2, 3 en 4). Wel is het zo dat de duidelijkste bowsegmenten boven België optraden ten gevolge van iets meer stijgbeweging bij de linkeruitgang van de straalstroom. Bij deze buien is ook aanzienlijke schade aangericht. De segmenten in de buienlijn boven Zeeland zijn kleiner en vallen onder de zogeheten LEWP (Line Echo Wave Pattern, zie referentie 4), ook langs de voorkant van dit soort segmenten kunnen downbursts en een RIJ optreden. Het model Harmonie berekende precies op hetzelfde tijdstip van de gemeten windstoot bij Hansweert een actieve lijn met bowsegment (en convectieve windstoten) (zie figuur 6a en b).

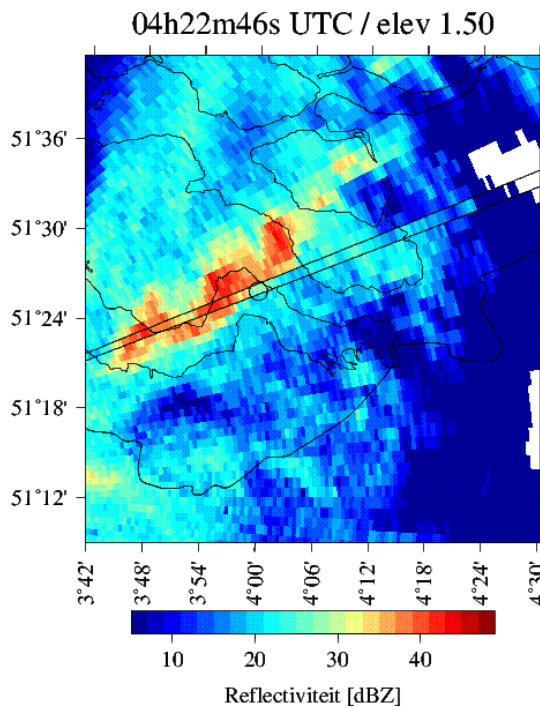
Uit literatuurstudie (zie referenties 2, 3, 4 en 5) blijkt dat in een dergelijk geval zeer zware windstoten kunnen optreden van boven de 120 km/uur in een downburst waarbij pad enkele honderden meters breed en een kilometer lang kan zijn (zie ook paragraaf 2.4). Opvallend aan de lijn die over Hansweert trok is verder dat deze hierna zeer snel in activiteit afnam en verder stroomafwaarts van de locatie al aanzienlijk minder activiteit vertoonde.



**HARMONIE 36H1 t+5 10m Wind gust (kt)
forecast VT:5 UTC on 5 February 2013**



Figuur 6 a en b. Harmonieberekening van zowel regenintensiteit als windstoten om 05 UTC (run 05022013, 00 UTC).



Figuur 7. Radarbeeld van 4.22 UTC ingezoomd boven Zeeland. Radargegevens van KMI van radar te Jabbeke.

2.2

Waarnemingen

De maximale windstoten, zoals deze zijn gemeten op alle KNMI-stations op 5 februari 2013, zijn weergegeven in figuur 8. Niet alleen in Hansweert, maar ook in Vlissingen werd een zeer zware windstoot geregistreerd (32 m/s).

Figuur 9 geeft elke 12 seconde de gemeten windsnelheid en windrichting in de tijd weer op het station Hansweert. Uit deze data van windsnelheid en windrichting kan geen onnatuurlijk gedrag afgeleid worden. Afgezien van het feit dat de vlaag in zeer rap tempo binnenkomt (als een muur van 17 m/s naar 47 m/s) en daarna weer zeer abrupt wegvalt (van 44 m/s naar 17 m/s) en dat binnen 72 s.

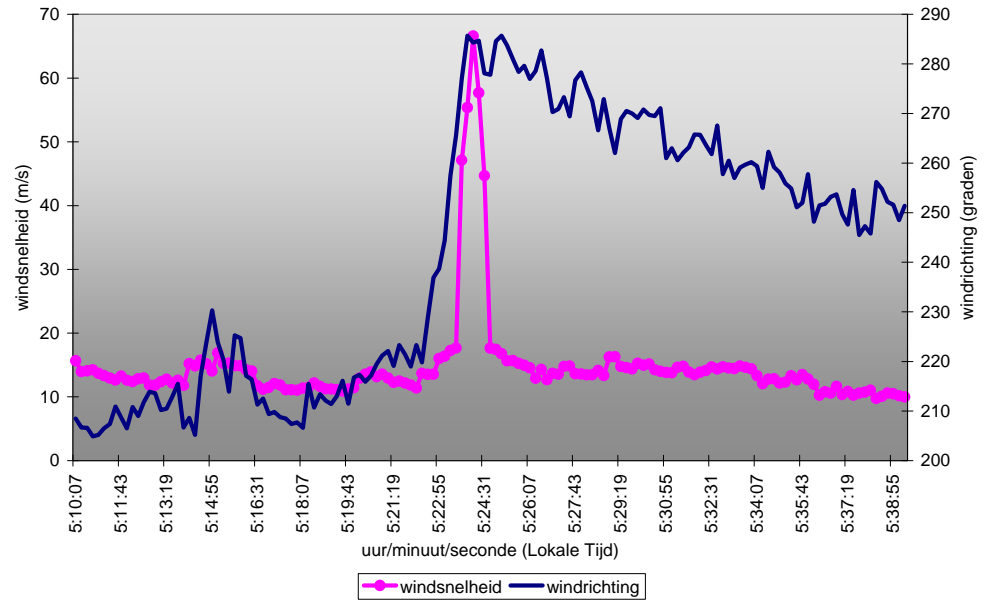
De 12-seconde data is verder geanalyseerd met een methode welke wordt gebruikt om kunstmatige windstoten te constateren, zoals die zich kunnen voordoen bij windvortexen van vliegtuigen langs landingsbanen. De methode is gebaseerd op de bepaling van de (dimensieloze) genormaliseerde wind: $u[n] = (u - U)/\sigma(U)$ (zie ook referentie 6 en 7). Hierbij is u de instantane wind (in dit geval het 12 s sample uit de SIAM), U het 10 min gemiddelde van de windsnelheid en $\sigma(U)$ de bij dit gemiddelde behorende standaard deviatie. $u(12\text{ s})$, $U(10\text{ min})$ en $\sigma(10\text{ min})$ komen uit de SIAM en staan in het geanalyseerde databestand.

In figuur 10 zijn de genormaliseerde waarden van de windsnelheid weergegeven. Bij stevige wind, ook met sterke vlagen blijft de genormaliseerde wind $u(n)$ altijd binnen de circa -2 tot +4. Dit is afhankelijk van de plaatselijke ruwheidslengte. De ruwheidslengte is bij Hansweert met open water kort. Het meetpunt heeft op tijdstip 5:23:43 een extreem hoge waarde voor $u(n)$. Dit datasample is het eerste waarbij de wind binnen 12 s extreem is toegenomen, wat verklaarbaar is omdat de $\sigma(U)$ en ook U wat na-ijlen. De daaropvolgende datasamples, waaronder het maximum op tijdstip 5:24:07, ligt de genormaliseerde waarde $u(n)$ op circa 2.6 wat een acceptabele waarde is. Dit geeft aan dat de gemeten waarden geen vreemd onnatuurlijk gedrag laten zien, mede gelet op de sterke verandering van de windrichting, welke bijna 65 graden ruimt. Blijft het gegeven dat dit verschijnsel zich

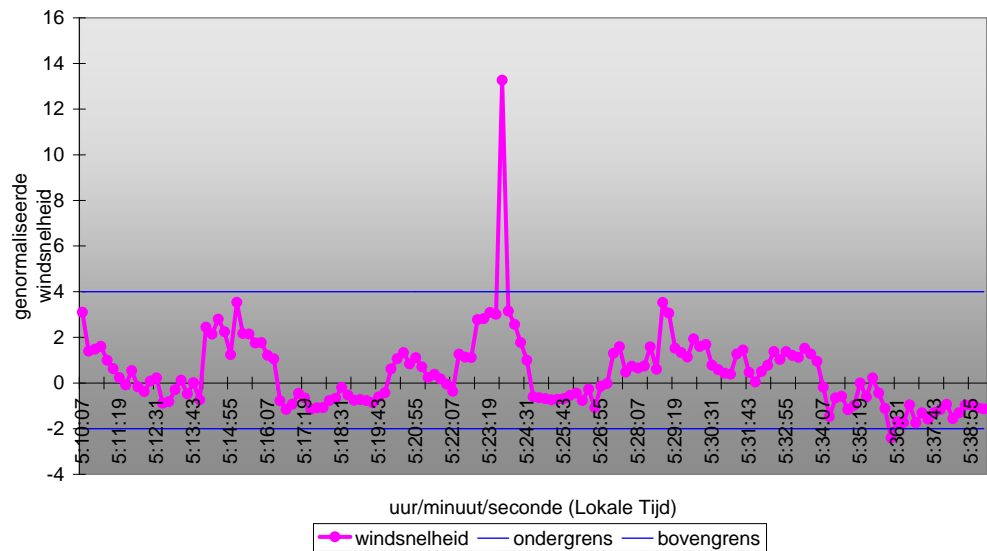
binnen de 72 s heeft afgespeeld, wat op een sterke werveling zou kunnen duiden. Dit laatste is echter niet terug te zien in de windrichting. Schade meldingen uit de omgeving van Hansweert zijn niet aanwezig. Het kaartje met de locatie van de windmast (figuur 11) laat zien dat bij de windrichting van 285 graden, waarbij de maximale windsnelheid optrad, de wind een deel langs bebouwing (een loods) heen waait. Hier is geen schademelding van ontvangen. Daarnaast is ook navraag gedaan bij de reddingsbrigade van Hansweert, maar er kan geen schade aangegeven worden. Wel komt uit Bergenschoek nabij Rotterdam een schademelding aan een kas. Uit België wordt schade aan huizen gemeld. Het KMI meldt: "Een analyse van de Doppler-radarbeelden doet ons vermoeden dat er zich zeer waarschijnlijk een plaatselijke windhoos voordeed op het grondgebied van Meulebeke en Oostrozebeke".



Figuur 8. Maximale windstoot (m/s), 5 februari 2013.



Figuur 9. Windsnelheid en windrichting (12 seconden metingen) te Hansweert, 5 februari 2013.



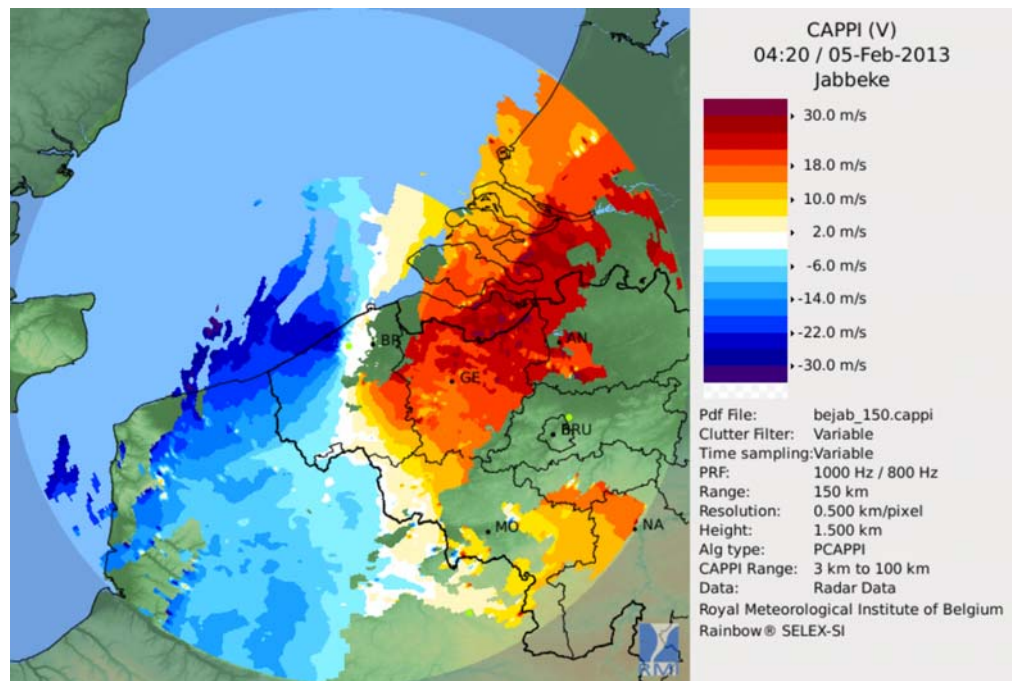
Figuur 10. Genormaliseerde windsnelheid, Hansweert 5 februari 2013.



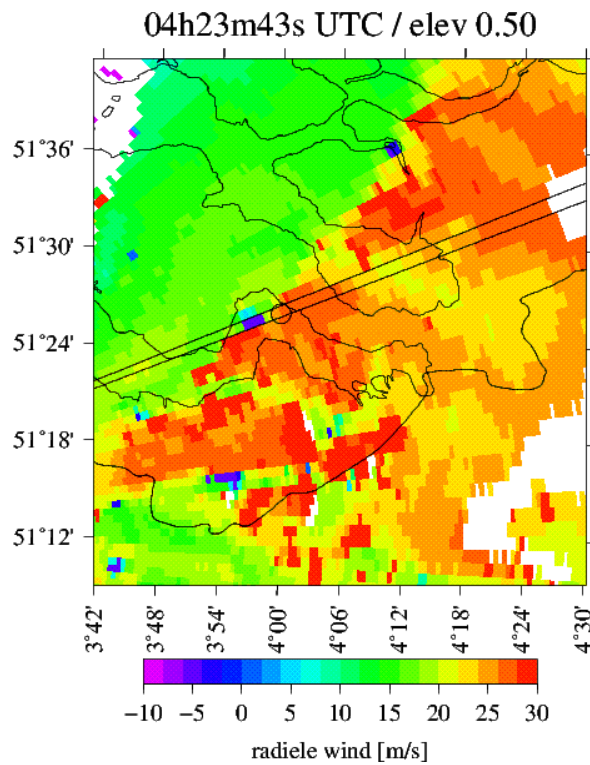
Figuur 11. De ligging van het meetpunt Hansweert (gele bol). De gele pijl geeft de windrichting aan tijdens de maximale windstoot (285°). Op circa 465 m afstand van het meetpunt bevindt zich bebouwing (rode cirkel).

De radiale winden van de Belgische Doppler neerslagradar in Jabbeke zijn bestudeerd (zie figuur 12). Radiale winden zijn Doppler metingen van de snelheid van de druppeltjes in de richting van of naar de radar toe. De druppeltjes weerkaatsten de radargolven. Door de snelheid van de druppeltjes wordt de radargolf teruggekaatst met een verschoven fase (de zogenaamde Doppler verschuiving). Uit het fase verschil tussen de verzonden radargolf en de teruggekaatste (ontvangen) radargolf wordt de radiale component van de wind berekend. Er treedt echter een ambiguïteit op wanneer de radiale wind erg groot is en de fase verschuiving meer dan 360 graden is. De windsnelheid waarop dit optreedt, hangt af van de instellingen van de radar en wordt ambiguïteit genoemd. Uiteindelijk worden radiale windsnelheden gemeten modulo 2 maal de maximaal ambiguïteit. De ambiguïteit in de wind hangt af van de uitgezonden frequentie van de radar golven. Een Doppler radar kan radar golven met verschillende Pulse Repetition Frequenties (PRF) uitzenden en ontvangen. Door een combinatie van meerdere PRF signalen kan een de radiale wind over een groter meetbereik en afstand eenduidig worden bepaald (zie referentie 8). De radar van Jabbeke gebruikt twee PRF's, te weten 800Hz en 1000Hz. De ambiguïteit voor de Jabbeke radar is derhalve 54 m/s, en dus is het meetbereik van deze radar van -54 m/s tot +54 m/s. Wanneer een radiale windsnelheid van 70 m/s optreedt, dan detecteert de Jabbeke radar dit als een radiale wind van -38 m/s (namelijk $70 = -38 + 2 \cdot 54$). De faseverschuiving bij een radiale windsnelheid van -38 m/s is identiek aan de faseverschuiving bij een radiale windsnelheid van +70 m/s. Figuur 12 laat een opvallend gebied zien van plotselinge radiale wind rond 0 m/s terwijl zuidelijk daarvan nog ruim 25 m/s gemeten wordt (zie ook figuur 13 en 14). Er kunnen een aantal verklaringen voor deze plotselinge verandering in radiale wind zijn. Het zijn hoogstwaarschijnlijk geen grondecho's (zogenaamde clutter) want dan zouden de locaties waar ze optreden onveranderd blijven met de tijd, hetgeen niet het geval is. Een tweede mogelijkheid is dat gemeten waarde zijn oorsprong heeft in een extreme windschering. Omdat de twee bundels van de dual-Doppler radar nooit perfect over elkaar heen kunnen vallen waardoor de "dual-Doppler" techniek niet goed werkt. In dit geval is de ambiguïteit in de wind hoogstwaarschijnlijk minder

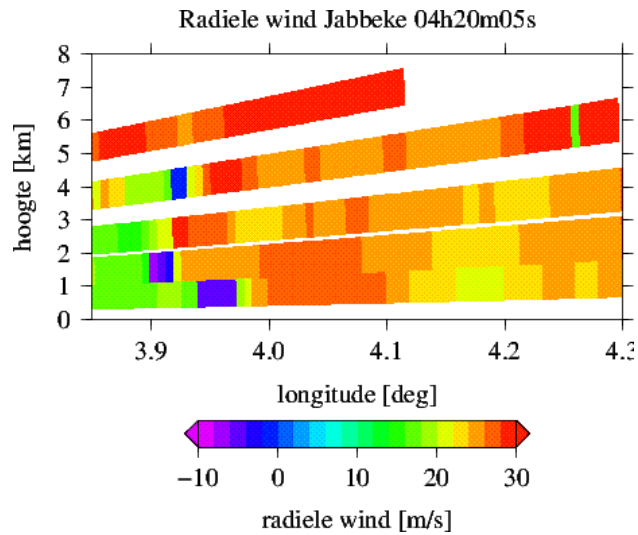
dan 54 m/s. Een goede schatting van de werkelijke radiale wind is niet te geven. Het fenomeen kan ook een netjes "opgevouwen" radiale wind meting zijn tengevolge van de ambiguïteit van de wind, wat zou betekenen dat de radiale wind op de blauwe puntjes meer dan 100 m/s is geweest, want 0 (gemeten wind) + $2 \cdot 54 = 108$ m/s. Letwel, dit is een zeer extreem hoge windsnelheid. Opvallend is echter wel dat het een aantal aaneensluitende volume pixels betreft waarvoor deze radiale wind zich voordoet en dat het op meerdere elevaties voorkomt (zie figuur 14 en bijlage A). Bijlage A toont meerdere figuren van reflectiviteit en radiale wind gemeten met de neerslagradar te Jabbeke voor verschillende hoogtes en tijdstippen. Figuur 15 is een conceptuele modelvoorstelling van een Rear Inflow Jet (RIJ). De hoogste reflectiviteit wordt aan de voorkant gemeten. De RIJ komt daar aan de grond en zit verder naar achter op een iets hoger niveau (typisch 1-3 km). Dit komt overeen met de radaranalyse van Jabbeke, waarin we een component van de RIJ terugzien in de onderste twee elevaties (zie figuur 14 en bijlage A).



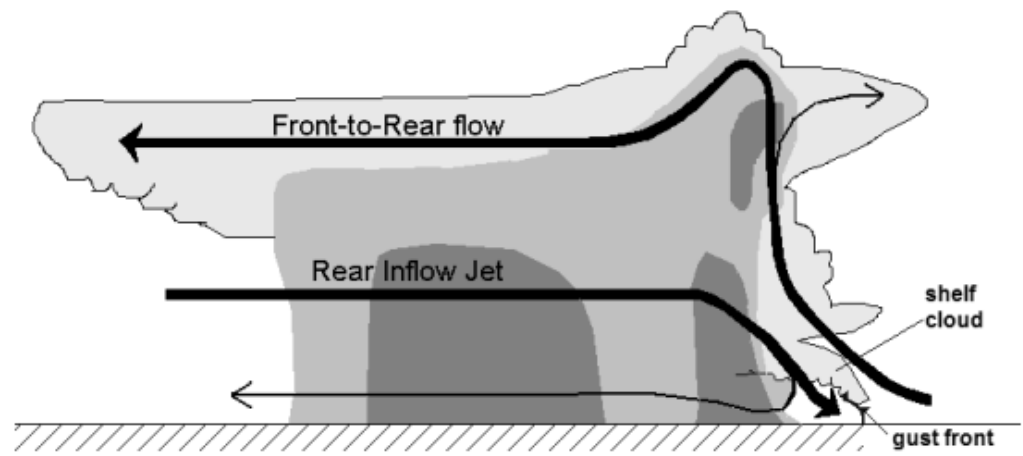
Figuur 12. Officiële radiale windproduct van KMI.



Figuur 13. Radiale wind op de onderste elevatie hoek, uitvergroot rond de locatie "Hansweert" (cirkel). De hoogte van de meting is rond de 900meter. De grijze lijn geeft de gekozen azimut hoek om een doorsnede te bepalen (zie figuur 14).



Figuur 14. Doorsneden van de radiale winden voor verschillende elevaties.



Figuur 15. Conceptueel modelvoorstelling RIJ. Dwarsdoorsnede van een buienlijn met daarin de belangrijkste luchtstromingen aangegeven.

2.3

Klimatologie

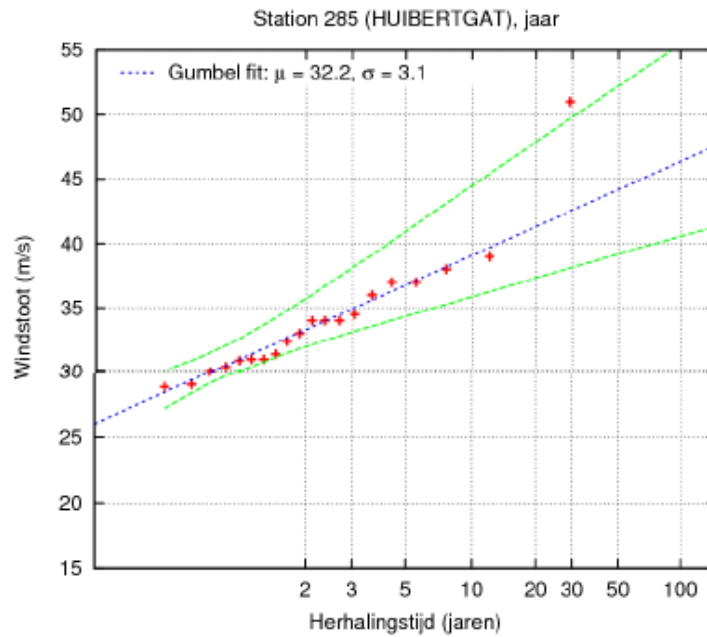
In het verleden zijn op meerdere momenten en meetlocaties hoge windstoten gemeten. Vanaf het jaar 2000 zijn er 5 voorvallen geweest met een windsnelheid hoger dan 44 m/s (zie ook tabel 1). De windstoot gemeten bij Hansweert is de 6e extreme waarde sinds 2000. Deze windstoot is met 64 m/s, herleid naar een hoogte van 10 meter, een nieuw Nederlands record. Een aantal overeenkomsten zijn aan te wijzen voor deze extreme windstoten in het verleden:

- Deze extremen deden zich steeds voor tijdens de passage van actieve buien (lijnconvectie, trog) waarbij ook vaste neerslag (hagel, sneeuw) werd gerapporteerd.
- De gebeurtenissen vonden steeds plaats op stations die gelegen zijn in de nabijheid van de land/zee overgang.
- In de gumbel-fit komen deze extreme waarden altijd buiten de lijn voor de 95% betrouwbaarheidsinterval te liggen. In figuur 16 is dit te zien (voorbeeld) voor de extreme windstoot voor Huibertgat gemeten in 2005.

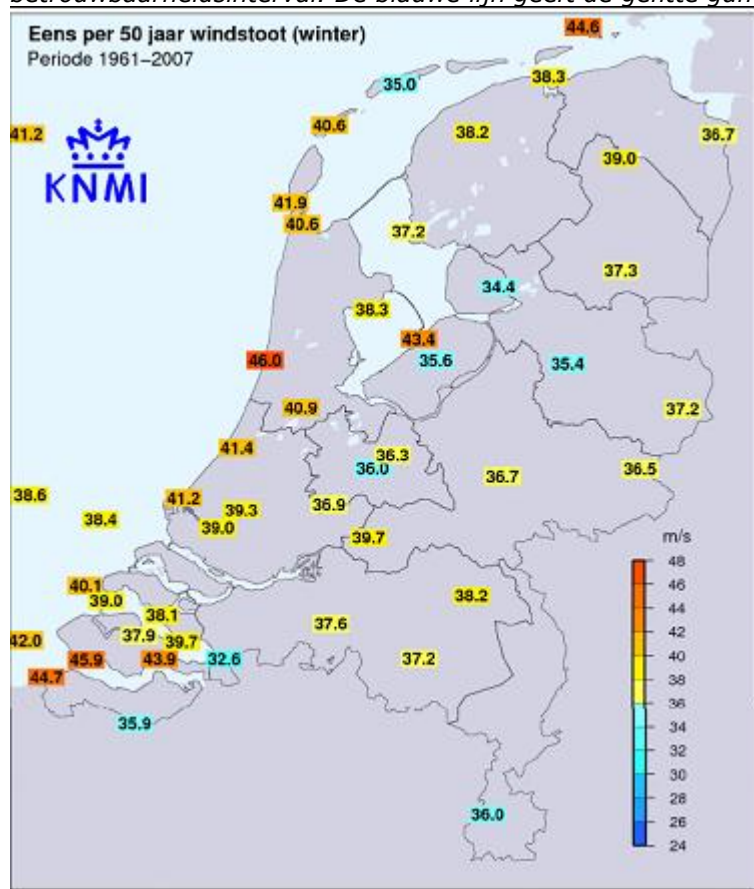
Figuur 17 laat de meest "extreme" windstotenkaart van Nederland zien. Deze figuur komt uit het technische rapport van N. Wever (zie referentie 9). In de onderliggende analyse zijn de extreme metingen in Huibertgat, IJmuiden, Oosterschelde en Hoek van Holland meegenomen. Er is geen onderscheid gemaakt op grond van achterliggend fysisch proces (windstoot, vortex).

Tabel 1. Situaties met extreme windstoten vanaf het jaar 2000.

A	28 dec 2001	IJmuiden	44 m/s
B	9 mrt 2002	Oosterschelde	44 m/s
C	7 april 2005	Huibertgat	51 m/s
D	25 nov 2005	Hoek van Holland	48 m/s
E	3 jan 2012	IJmuiden	48 m/s
F	5 februari 2013	Hansweert	64 m/s



Figuur 16. Windstoot en herhalingstijd voor windstoot bij Huibertgat in 2005 tegen elkaar zijn uitgezet in Gumbel fit. Groene lijnen is het 95%-betrouwbaarheidsinterval. De blauwe lijn geeft de gefitte gumbel-verdeling weer.



Figuur 17. Windstotenkaart van Nederland eens per 50jaar voorkomend (zie ook referentie 9).

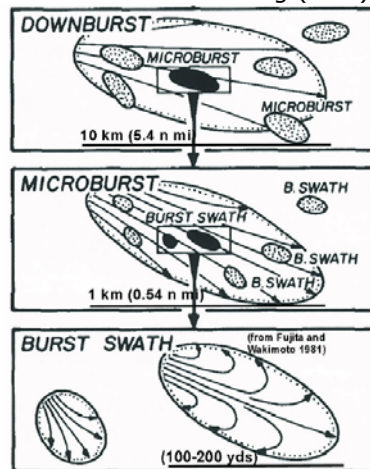
2.4

Verklaring hoge windsnelheid zonder schade

Uit de omgeving van Hansweert is geen enkele schademelding bekend. Toch is de meetopstelling niet ver verwijderd van het dorp Hansweert en een aantal loodsen (zie ook figuur 11). Hoe kan dit worden verklaard?

De gemeten maximale windsnelheid bedroeg 64 m/s (circa 230 km/uur). Uitgaande van deze snelheid zou het fenomeen (de hoge windsnelheid) de loodsen binnen acht seconden hebben bereikt. Gezien het ontbreken van schade was het windfenomeen binnen acht seconden verdwenen of heeft de bebouwing geheel gemist.

Het eerste is onwaarschijnlijk, immers de hoge windsnelheden op het meetpunt houden meer dan een minuut aan en zouden dan de loods moeten hebben bereikt. Geconcludeerd moet worden dat de hoogste windsnelheid de bebouwing heeft gemist. In figuur 11 is de windrichting ingetekend die optrad tijdens de zwaarste stoten, deze raakt de bebouwing niet. Een eventuele vortex kan dus zijn opgetreden en geen schade hebben veroorzaakt doordat deze boven water/open gebied bleef. In het geval van een downburst kan de meting alleen worden verklaard indien het meetstation zich op de linkerflank van een 'swath' van de burst heeft bevonden. Op de flanken van de swath kan de windsnelheid eventueel nog verder zijn opgelopen door het optreden van kleine wervelingen, geïnduceerd door het cyclonaal 'wegdraaien' van lucht. Echter wat opvalt, is dat er geen duidelijke fluctuaties in de windrichtingsverandering zijn waargenomen tijdens de meting, wat de verwachting is op de flank van een swatch. Mogelijk heeft dit te maken met de resolutie van de meting (12 s)



Figuur 18. Conceptueel beeld van downburst, microburst en swath (Bron: Fujita en Wakimoto (referentie 10)).

In het conceptueel model van een downburst met een schaal van 10 km (zie figuur 18 en referentie 10) zijn de verschillende schalen van de subfenomenen binnen een downburst te zien. Deze subfenomenen zijn de microburst die typisch op een schaal van 1 km opereert en daarbinnen de swath, de uitstromende valwind. Daarin valt op de sterk uitwaaierende 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 ten opzichten van de richting van de microburst-uitstroom. Als deze lucht de grond bereikt zal deze 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. Toch moet ook worden geconcludeerd dat de dimensie in tijd en ruimte van een downburst zodanig is dat de meting van Hansweert zonder schade in de omgeving moeilijk verklaard kan worden.

3 Conclusies

Een analyse van de 12 seconde data van het station Hansweert op 5 februari 2013 laat geen verdacht verloop zien van de windsnelheid en windrichting. De absolute windsnelheid is echter extreem en niet eerder in het Nederlandse meetnet gemeten. De synoptische situatie liet het ontstaan van zeer zware windstoten toe. Hierbij was sprake van lijnconvectorie met bowsegmenten waarbij zich volgens het conceptuele model van een downburst een Rear Inflow Jet (RIJ) zich mogelijk tot aan het oppervlak heeft uitgebreid. Dit kan worden ondersteund door de bestudering van de Doppler radarbeelden van het Belgische radarstation Jabbeke. Deze laten de mogelijkheid van een extreme downburst toe.

De windstoot van 64 m/s kan derhalve op deze gronden niet worden gefalsificeerd. Echter het feit dat er geen schade is opgetreden in de directe omgeving van Hansweert maakt de meting verdacht. Snelheid en tijdsduur van de meting leiden tot een dimensie van de situatie die zonder schade moeilijk verklaard kan worden en alleen aan de rand van het eerder genoemde conceptuele model reëel is. De afgelopen jaren zijn vaker zeer hoge windstoten gemeten op stations in de land-zee overgang, steeds tijdens de passage van actieve buien (lijnconvectorie, trog) waarbij vaste neerslag (hagel, sneeuw) werd gerapporteerd. Deze gebeurtenissen verdienen nadere studie.

4 Aanbevelingen

- Opslaan van alle 12 s meetdata
- Onderzoek naar de extreme windstoten die sinds 2000 zijn opgetreden, met name op het gebied van windsensoren en radiale windsnelheid.

5 Dankbetuiging

De auteurs zijn het KMI en met name Laurant DeLobbe en Maarten Reyniers zeer erkentelijk voor het beschikbaar stellen van de ruwe radar volume data van de Belgische radar.

Daarnaast zijn de auteurs het Landelijk meetnet water van Rijkswaterstaat zeer erkentelijk voor de 12 seconde data van de meetlocatie Hansweert.

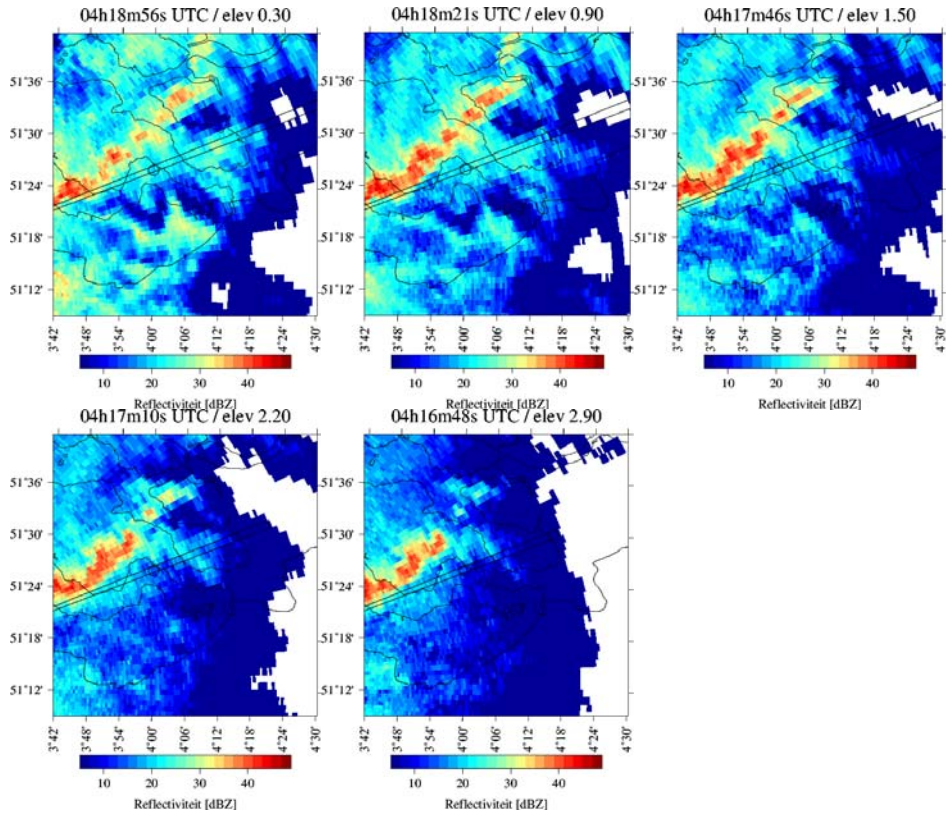
Onze collega's Sander Tijm, Rutger Boonstra en Paulien Flierman worden bedankt voor de review van dit rapport. Iwan Holleman en Hidde Leijnse worden bedankt voor de terugkoppeling over radardata en interpretatie.

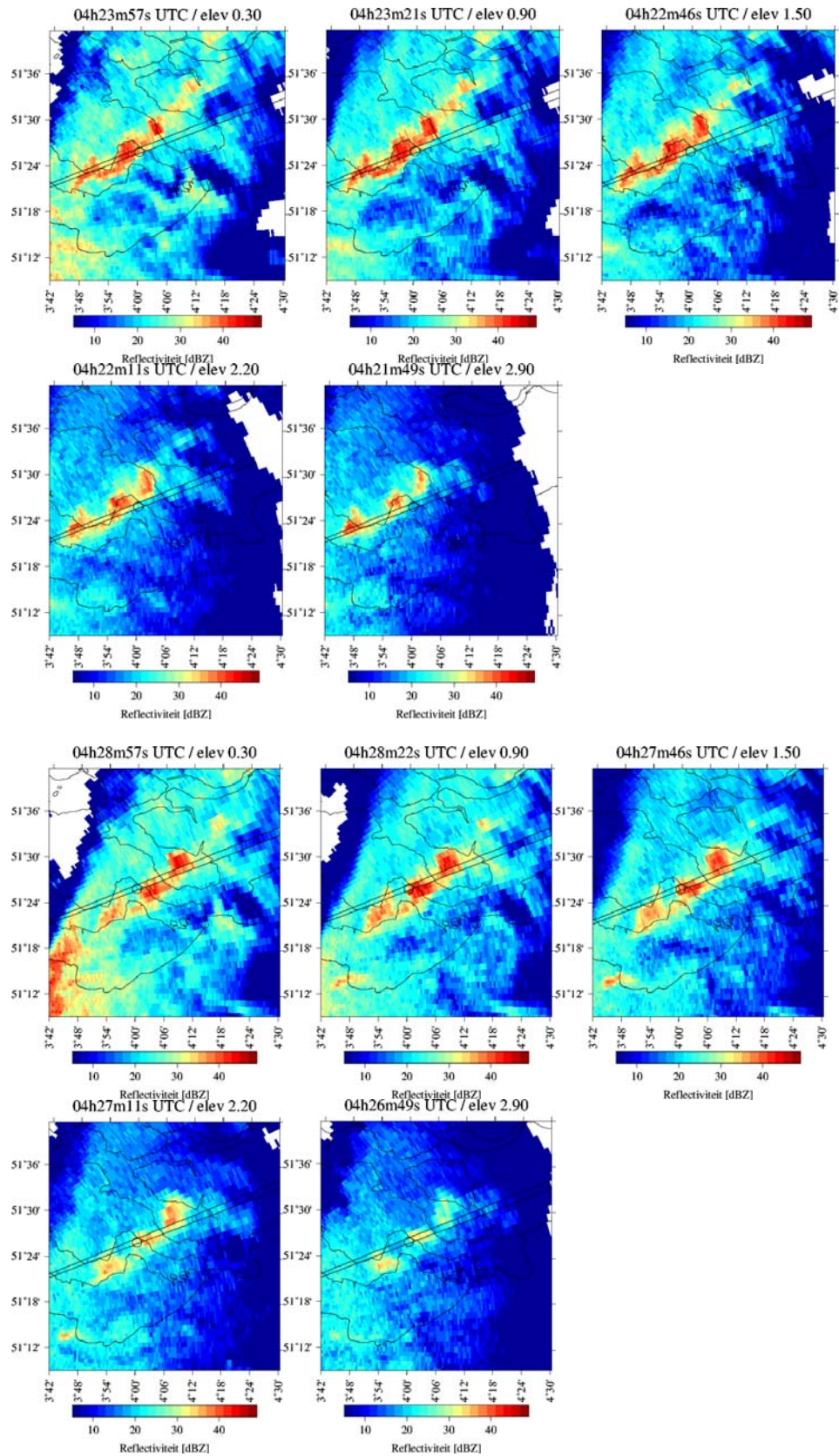
6 Literatuurlijst

- 1 <http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubmetnummer/knmipub228.pdf>
- 2 <http://www.knmi.nl/~groenlan/knmipub228.pdf>
- 3 <http://www.knmi.nl/~groenlan/ArtikelTornadogenesis.pdf>
- 4 Groenemeijer, P. H., 2003: Three events of strong deep moist convection in The Netherlands. (KNMI report), pagina 19.
- 5 <http://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/wind/types/>
- 6 http://www.knmi.nl/~meulenvd/wmo/TECO2000/tc00_wind.pdf
- 7 <http://www.knmi.nl/~meulenvd/wmo/TECO1998/tc98wind.pdf>.
- 8 Holleman, I. en H. Beekhuis, 2003: Analysis and Correction of Dual-PRF Velocity Data, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 20, 443-453.
- 9 <http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubTR/TR306.pdf>
- 10 Fujita, T. T., and R. M. Wakimoto, 1981: Five scales of airflow associated with a series of downbursts on 16 July 1980. *Monthly Weather Review*, **109**, 1438-1456.

7 Bijlage A. Analyses van radarbeelden

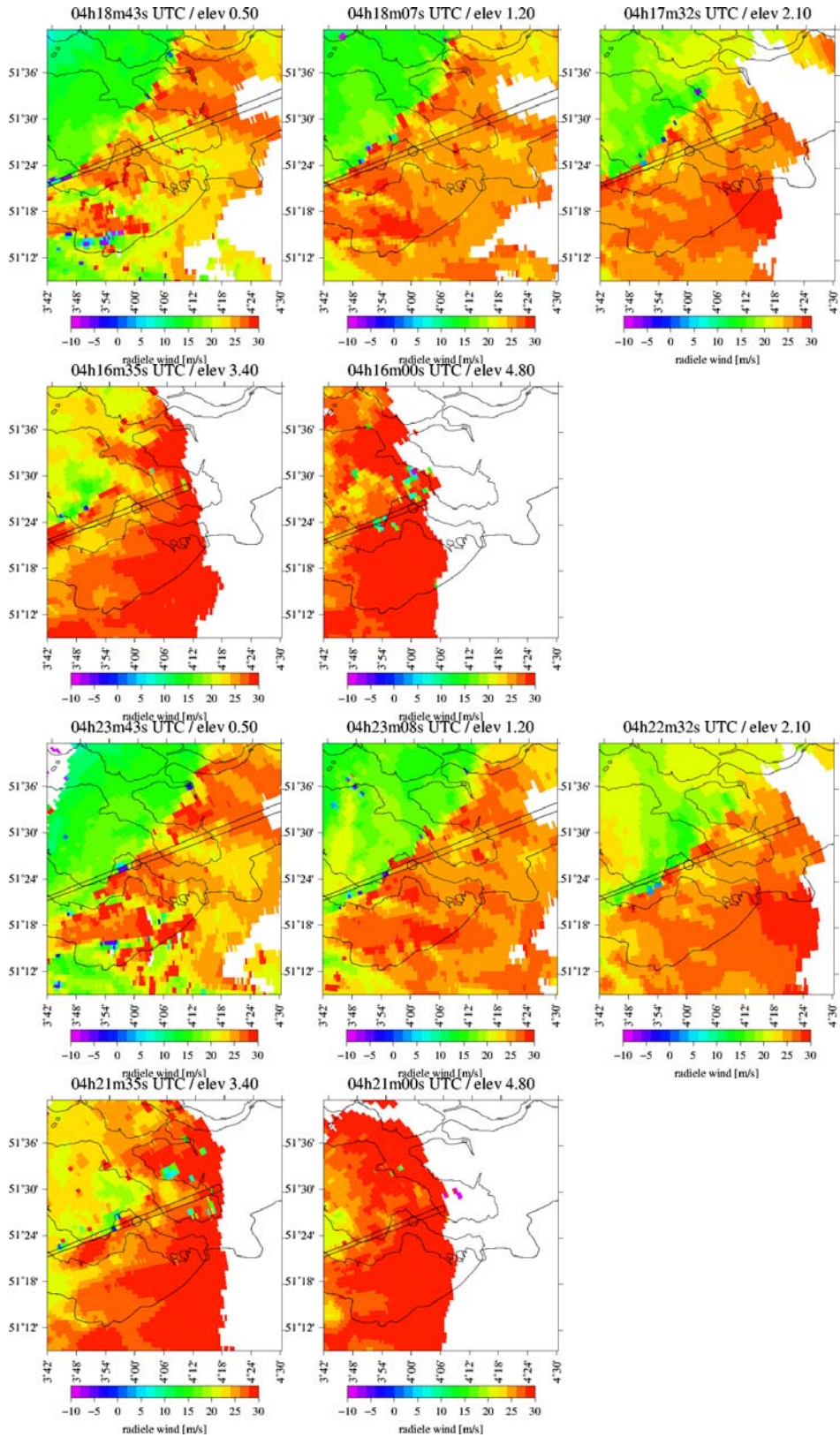
Hieronder staan de plaatjes met reflectiviteit met oplopende elevatie hoek. Elke elevatie heeft een eigen referentie tijdstip.

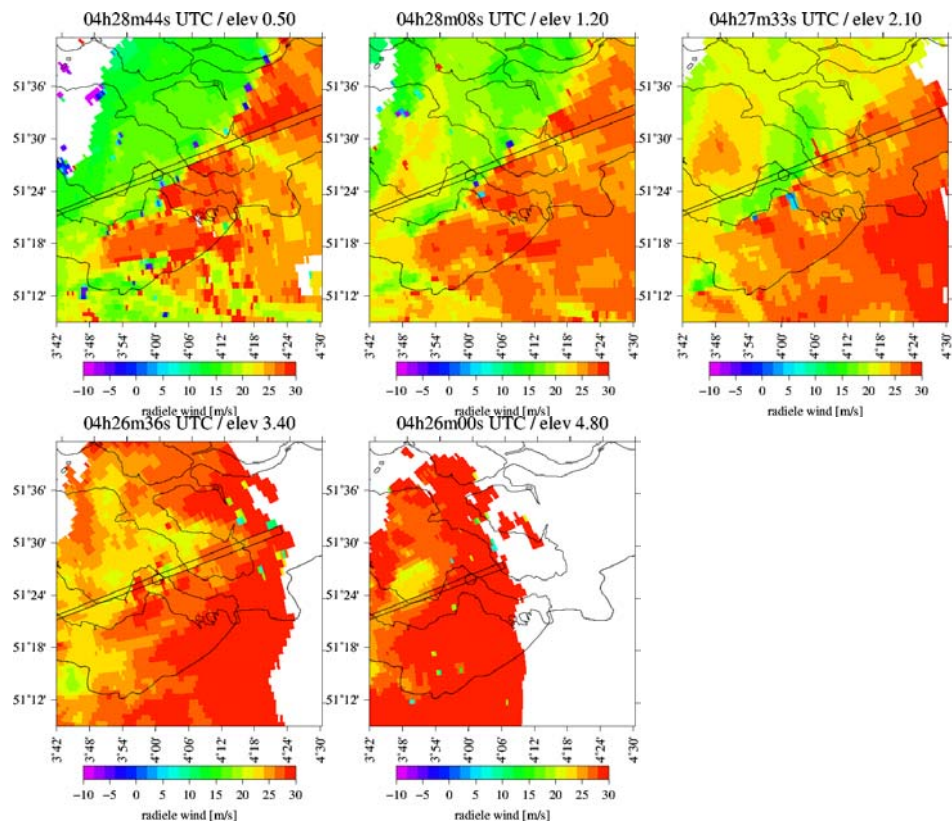




Figuur A1. Reflectiviteitsbeelden over 3 perioden op 5 verschillende hoogtes..

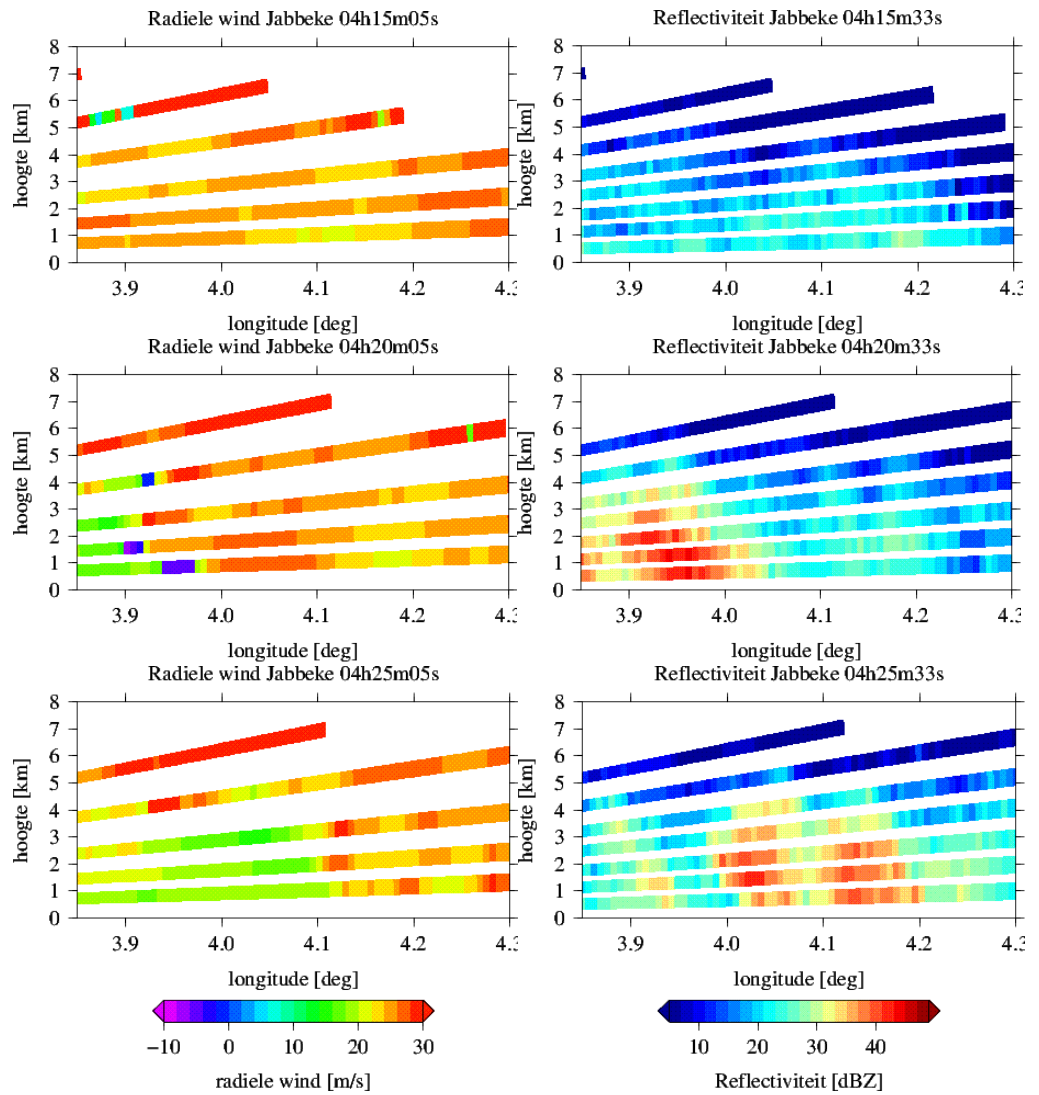
Hieronder staan de radiale wind snelheden. Let wel de elevaties zijn anders dan bij de reflectie waarnemingen.





Figuur A2. Radiale windsnelheden over 3 perioden op 5 verschillende hoogtes.

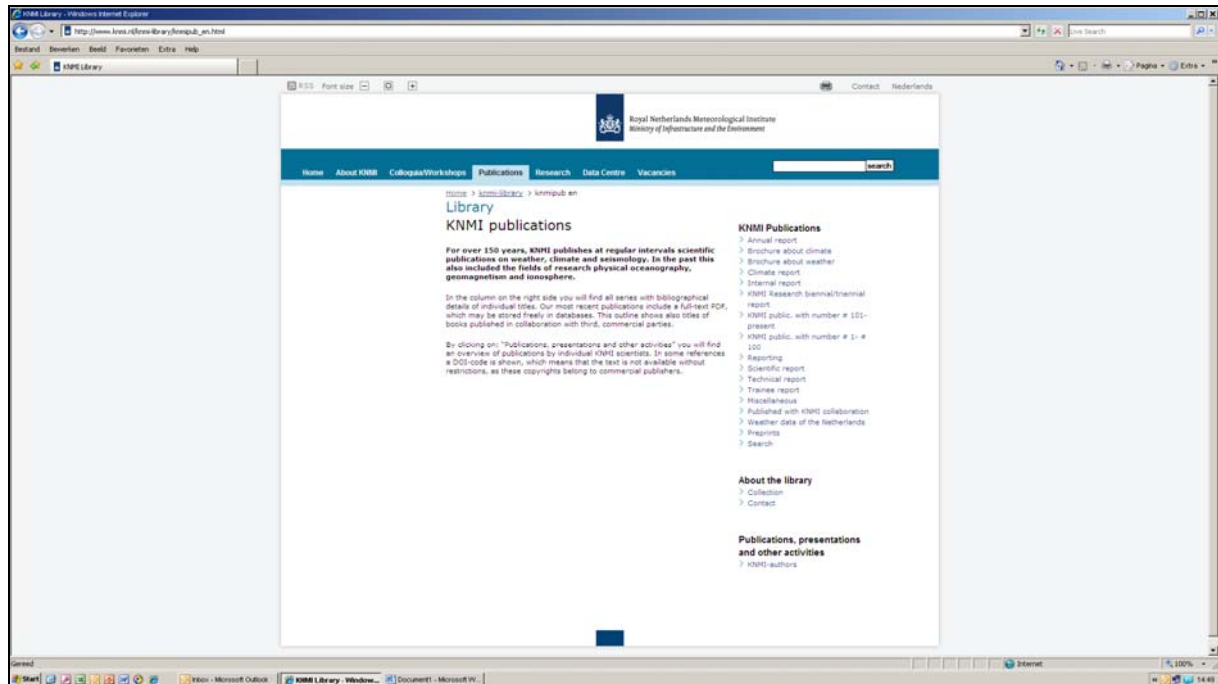
Hieronder staan de doorsnedes voor verschillen tijdstippen (van boven naar beneden) en parameters (radiale wind en reflectiviteit, van links naar rechts)



Figuur A3. Doorsnedes voor radiale wind en reflectiviteit.

A complete list of all KNMI -publications (1854 – present) can be found on our website

www.knmi.nl/knmi-library/knmipub_en.html



The most recent reports are available as a PDF on this site.

