

Verificatie van de SODAR bij Kerncentrale Borssele

Iwan Holleman en Frank Kroonenberg

Intern Rapport, KNMI IR-2007-05

Inhoudsopgave

1	Aanleiding	5
2	Beschikbare gegevens	7
2.1	SODAR windgegevens	7
2.2	HIRLAM modelgegevens	9
3	Resultaten	11
3.1	Beschikbaarheid	11
3.2	Verdeling van windvectoren	11
3.3	Verificatie als functie van hoogte	13
3.4	Evaluatie van grenslaaghoogtes	15
4	Conclusies en Aanbevelingen	17

Hoofdstuk 1

Aanleiding

De aanleiding voor het valideren van de SODAR waarnemingen van de Kerncentrale Borssele (KCB) is tweeledig. Ten eerste bestond er zowel vanuit KCB als vanuit de Nationale Kern Ongevallen bestrijding (NPK) geruime tijd de wens tot validatie. Dit met het oog op de kwaliteitseisen gesteld binnen beide organisaties. De directe aanleiding om tot validatie over te gaan heeft te maken met de laatste Nationale Staf Oefening nucleair (NSOn). In het Back Office Radiologische Informatie (BORI) ontstond discussie over de juistheid van de grenslaaghoogte die door KCB aan de Kernfysische Dienst (KFD) was doorgegeven.

De NSOn was de directe aanleiding voor deze validatie waaraan met hulp van het RIVM en vooral dankzij de meer dan bereidwillige medewerking van de KCB, middels deze rapportage, invulling is gegeven.

Dit rapport beschrijft de verificatie van de SODAR van Kerncentrale Borssele tegen het operationele weermodel van het KNMI, HIRLAM. De vergelijking tussen de SODAR gegevens en de HIRLAM profielen is uitgevoerd over de periode 1 November tot en met 30 November 2007. Over deze periode zijn de halfuurlijkse SODAR waarnemingen en de uurlijkse HIRLAM profielen verzameld en vergeleken. De resultaten van de vergelijking worden beschreven in het derde hoofdstuk en het laatste hoofdstuk geeft conclusies en aanbevelingen.

Hoofdstuk 2

Beschikbare gegevens

De vergelijking tussen de SODAR van Kerncentrale Borssele en de HIRLAM profielen is uitgevoerd over de periode 1 November tot en met 30 November 2007. Over deze periode zijn de halfuurlijkse SODAR waarnemingen en de uurlijkse HIRLAM profielen verzameld en vergeleken. Hieronder volgt een korte beschrijving van de beschikbare gegevens.

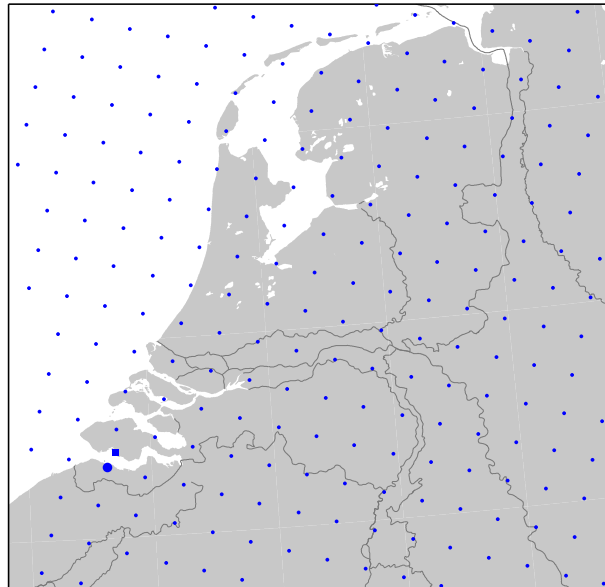
2.1 SODAR windgegevens

De windprofielen bij de Kerncentral Borssele worden waargenomen met een SODAR van REMTECH Inc (Type PA2). Deze SODAR is halverwege jaren 90 geïnstalleerd op het dak van een kantoorgebouw bij de Kerncentrale (3.713°E en 51.433°N, hoogte ongeveer 15 meter boven maaiveld). De locatie van de SODAR is gemarkeerd op de bovenste luchtfoto in figuur 2.1. De SODAR bestaat uit een array van 14×14 luidsprekers/microfoons (zie de foto linksonder in figuur 2.1) en gebruikt een geluidsfrequentie van 2250 Hz. De array zendt geluidspulsen uit met een duur van 0.2 seconde in drie verschillende richtingen: recht omhoog, 30° gekanteld naar oost-west, en 30° gekanteld naar noord-zuid. Uit de Doppler verschuivingen van de terugontvangen echos worden (onder andere) de windsnelheid, windrichting, en de verticale snelheid bepaald. Het tijdsverschil tussen zenden en ontvangen geeft de hoogte van de waarnemingen. De SODAR waarnemingen worden gemiddeld over 30 minuten en in 50 meter hoogteblokken.

De SODAR van REMTECH biedt ook de mogelijkheid om de grenslaaghoogte te bepalen en deze grootte wordt ook gebruikt in verspreidingsberekeningen bij calamiteiten. De grenslaaghoogte wordt bepaald uit het frequentiespectrum van de waargenomen verticale snelheden voor verschillende hoogtes. Uit deze frequentiespectra wordt de karakteristieke frequentieschaal



Figuur 2.1: Drie fotos van de SODAR bij de Kerncentrale in Borssele. De bovenste luchtfoto van Google Earth geeft de locatie van de SODAR op het terrein van de Kerncentrale. De foto linksonder laat de SODAR op het dak van het kantoorgebouw zien en de foto rechtsonder toont de luidsprekers/microfoon array van de SODAR.



Figuur 2.2: Kaart met de roosterpunten van HIRLAM-22 boven Nederland. Het blauwe vierkantje markeert de locatie van de SODAR bij de Kerncentrale Borssele en het grotere blauwe rondje het dichtsbijzijnde roosterpunt van HIRLAM.

bepaald van de sterkste turbulente wervelingen. Het product van de bijbehorende tijdschaal en de verticale snelheid levert uiteindelijk een benadering voor de grenslaaghoogte. Deze grenslaaghoogte kan hoger zijn dan het hoogtebereik van de SODAR. Op deze wijze levert de SODAR elk halfuur ook een waarde voor de grenslaaghoogte.

2.2 HIRLAM modelgegevens

Het operationele numerieke weermodel van het KNMI, HIRLAM, is ontwikkeld in samenwerking met een groot aantal Europese weerdiensten. Met het model wordt vier keer per dag een weersverwachting gemaakt voor 0 – 48 uur vooruit. HIRLAM-22 is een regionaal model met een ruimtelijke resolutie van 22 km en het bestrijkt een gebied van de oostkust van de Verenigde Staten tot midden Rusland en van de Noordpool tot Noord Africa. Het model gebruikt 61 verticale lagen waarvan er ongeveer 8 in de onderste 500 m van de atmosfeer liggen. Acht keer per dag analyseert het model de toestand van de atmosfeer op basis van de +03 uur verwachting van de vorige model run en de beschikbare actuele waarnemingen. De roosterpunten van het HIRLAM-22

model boven Nederland zijn weergegeven in figuur 2.2. Het blauwe vierkantje markeert de locatie van de SODAR bij de Kerncentrale Borssele en het grotere blauwe rondje het dichtsbijzijnde roosterpunt (9.6 km van de SODAR) van HIRLAM (3.64°E en 51.36°N). Voor dit roosterpunt zijn de uurlijkse profielen (verwachtingen 0 – 6 uur) gebruikt voor de vergelijking met de SODAR. Elke 3 uur produceert HIRLAM ook een veld met de grenslaaghoogtes met behulp van het algoritme van Vogelezang en Holtslag. De grenslaaghoogtes voor het HIRLAM roosterpunt bij Borssele zijn ook verzameld voor de vergelijking.

Hoofdstuk 3

Resultaten

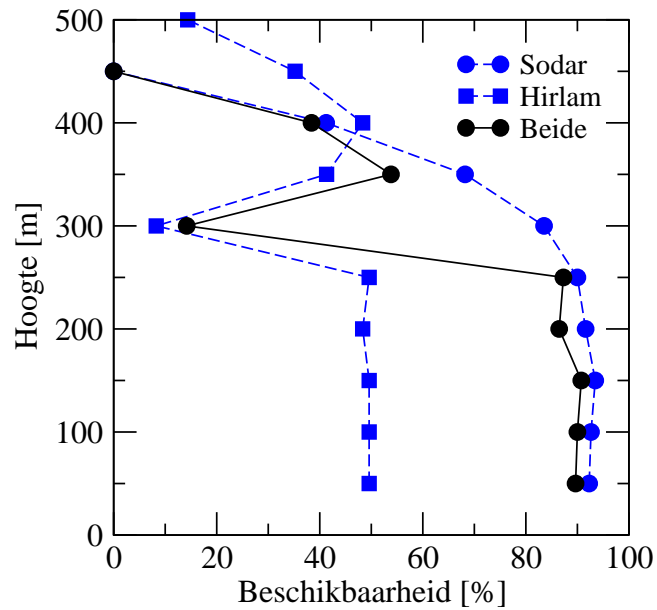
In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de vergelijking van de SODAR windgegevens met de HIRLAM profielen over de periode 1 November tot en met 30 November 2007. Daarnaast worden ook de afgeleide grenslaaghoogtes geevalueerd.

3.1 Beschikbaarheid

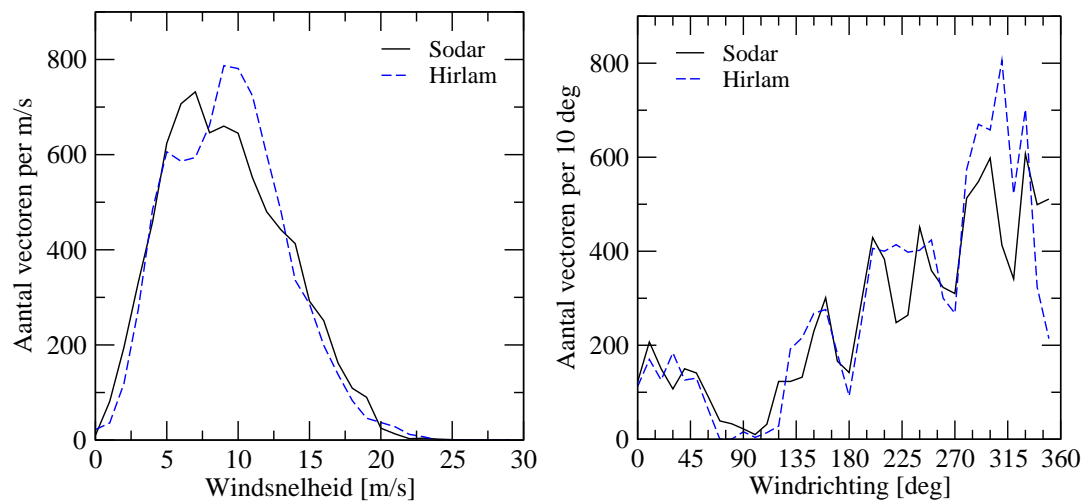
De beschikbaarheid van de SODAR windvectoren, de HIRLAM profielen, en de gecombineerde SODAR-HIRLAM gegevens zijn bepaald als functie van de hoogte. Het aantal halfuurlijkse profielen voor een November maand is $30 \times 48 = 1440$ en dit aantal is gebruikt als referentie. De gerealiseerde beschikbaarheid voor November 2007 is weergegeven in figuur 3.1. Voor de SODAR is meer dan 92% van de gegevens beschikbaar en voor HIRLAM is 100% van de uurlijkse (!) profielen verzameld. De beschikbaarheid is bepaald in hoogteblokken van 50 m. Boven de 400 m is beschikbaarheid van de SODAR nul omdat het bereik dan terugloopt en deze gegevens niet zijn opgeslagen. Door het beperkte aantal niveaus van het HIRLAM model (waarvan de precieze hoogte afhankelijk is van de gronddruk) is de beschikbaarheid van HIRLAM op sommige hoogtes een stuk lager. Met name op 300 m hoogte valt er een gat. De gecombineerde beschikbaarheid van SODAR en HIRLAM is weergegeven met de zwarte lijn en geeft aan dat tussen 50 en 400 m een vergelijking mogelijk is.

3.2 Verdeling van windvectoren

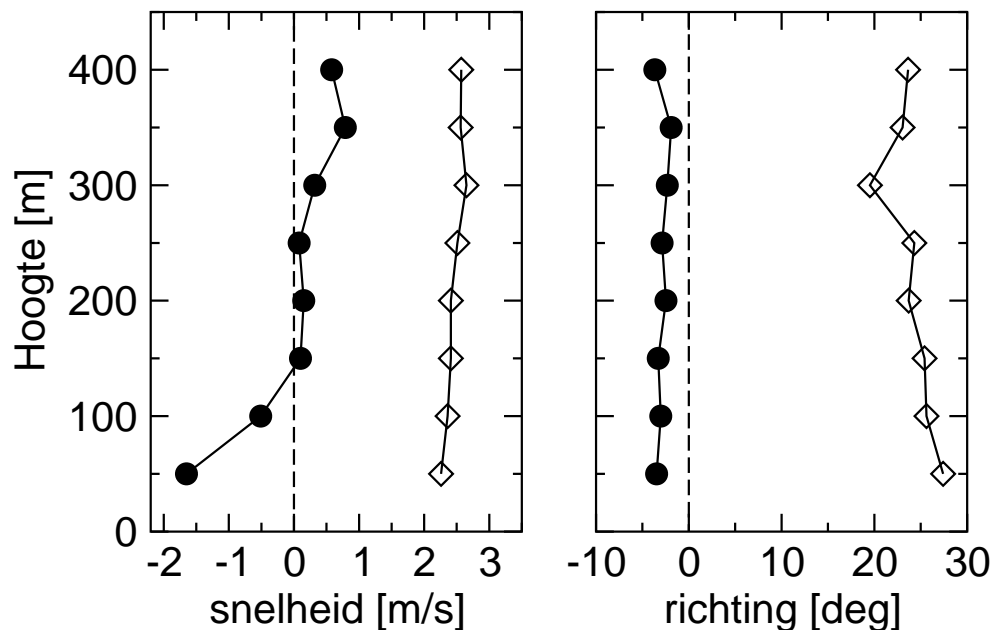
Figuur 3.2 geeft histogrammen weer van de waargenomen snelheden (links) en richtingen (rechts) door de SODAR (zwart) en de windsnelheden en -



Figuur 3.1: Beschikbaarheid van de SODAR windwaarnemingen, HIRLAM profielen, en gecombineerde SODAR-HIRLAM data als functie van de hoogte voor November 2007.



Figuur 3.2: Histogrammen van de waargenomen windsnelheden (links) en windrichtingen (rechts) door de SODAR en de HIRLAM windsnelheden voor November 2007.

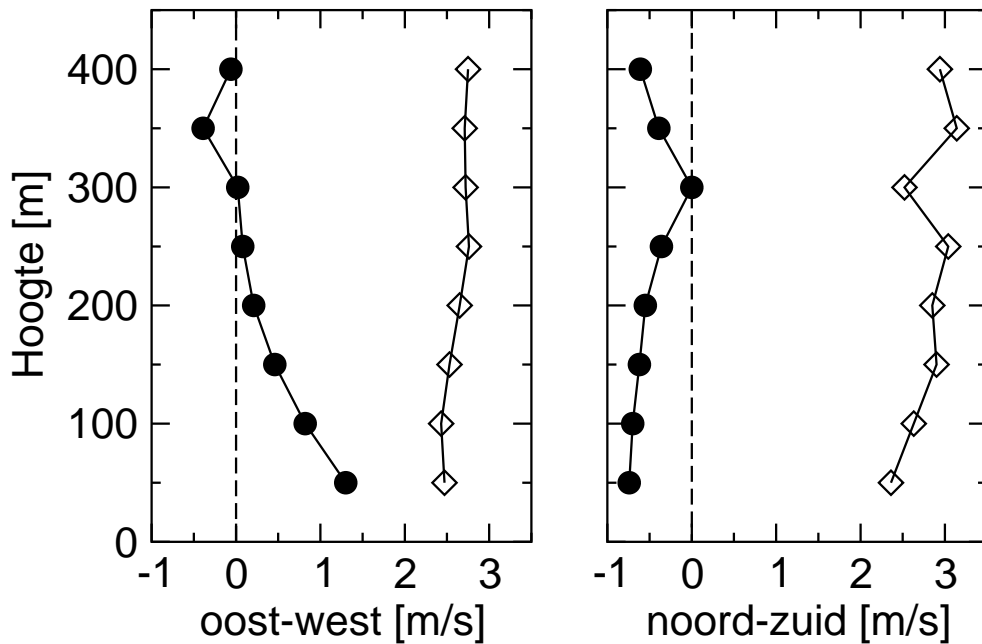


Figuur 3.3: Profielen van de bias (●) en de standaard afwijking (◇) van de windsnelheid en windrichting uit de verificatie van de SODAR data tegen het HIRLAM model.

richtingen uit het HIRLAM weermodel (blauw). De snelheidshistogrammen zijn gemaakt met snelheidsblokken van 1 m/s en met alle beschikbare gecombineerde gegevens en alle hoogtes. Het is duidelijk dat de algemene vorm, breedte, en staart van de verdelingen goed overeenstemmen. Over de piek van de snelheidsverdeling (bij 10 m/s, windkracht 5) is er een verschil tussen beide systemen. Wellicht kan dit verklaard worden door verschillen in representativiteit: het gebruikte HIRLAM roosterpunt ligt aan de andere kant van de Westerschelde dan de SODAR. De richtingshistogrammen zijn gemaakt met windrichtingsblokken van 10°. Ook hier stemt de algemene vorm overeen en bovendien is duidelijk dat de wind voornamelijk uit het zuidwesten kwam in November 2007 maar dat de meeste andere richtingen ook zijn opgetreden.

3.3 Verificatie als functie van hoogte

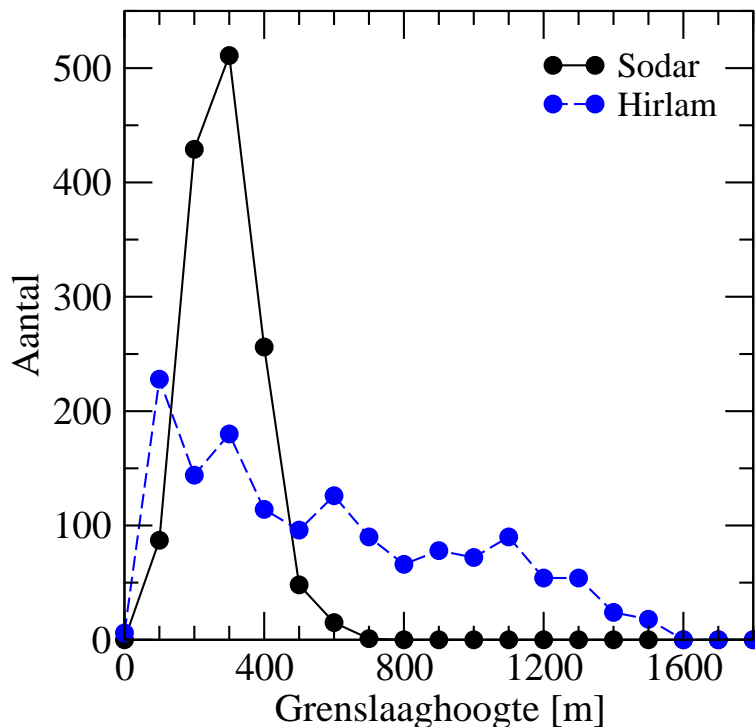
De windsnelheid en windrichting uit de SODAR zijn vergeleken met de dichtsbijzijnde (in tijd en hoogte) HIRLAM windvectoren als functie van de hoogte over de periode 1 November tot en met 30 November 2007. Figuur 3.3 toont de bias (●) en de standaard afwijking (◇) van de windsnelheid en windrich-



Figuur 3.4: Profielen van de bias (\bullet) en de standaard afwijking (\diamond) van de Cartesische oost-west (u) en noord-zuid (v) componenten uit de verificatie van de SODAR data tegen het HIRLAM model.

ting uit de SODAR ten opzichte van HIRLAM als functie van de hoogte. Boven de 150 meter is de bias van de SODAR windsnelheden ten opzichte van de HIRLAM windsnelheden gering terwijl aan de grond een onderschatting lijkt op te treden. Deze onderschatting wordt waarschijnlijk veroorzaakt door beperkte representativiteit van het gebruikte HIRLAM roosterpunt en dit uit zich met name dicht aan het oppervlak. De standaard afwijking van de windsnelheid loopt langzaam op van 2.3 m/s aan de grond tot 2.6 m/s op 400 m hoogte. Deze waarden zijn vergelijkbaar met die van de windprofielen van de Doppler weerradars van het KNMI ten opzichte van HIRLAM. De windrichting laat een kleine maar consistente bias zien van ongeveer 3° . De standaard afwijking van de windrichting is in overeenstemming met die van de windprofielen van de KNMI Doppler weerradars op geringe hoogtes.

In plaats van de windsnelheid en windrichting kunnen ook de Cartesische oost-west (u) en noord-zuid (v) componenten van de windvectoren geverifieerd worden tegen HIRLAM. In figuur 3.4 zijn de resultaten voor de bias (\bullet) en standaard afwijking (\diamond) weergegeven. De oost-west component van de SODAR heeft dichtbij het oppervlak een positieve bias ten opzichte van HIRLAM, terwijl de noord-zuid component een negatieve bias heeft voor alle



Figuur 3.5: Histogram van de afgeleide grenslaaghoogtes uit de SODAR waarnemingen en het HIRLAM model voor November 2007. Omdat de HIRLAM grenslaaghoogtes per 3-uur beschikbaar zijn en de SODAR hoogtes elk halfuur, is het histogram voor HIRLAM een factor 6 opgeschaald.

hoogtes. De verschillen worden waarschijnlijk veroorzaakt door wisselende land-zee fracties in de aanvoerrichtingen voor de SODAR en het HIRLAM roosterpunt aan de andere kant van de Westerschelde.

3.4 Evaluatie van grenslaaghoogtes

Histogrammen van de grenslaaghoogtes uit de SODAR en HIRLAM over de periode 1 November tot en met 30 November 2007 zijn weergegeven in figuur 3.5. Voor de SODAR ligt de meerderheid van de afgeleide grenslaaghoogtes tussen de 100 en 400 meter met een maximum bij 300 m. Terwijl het histogram van de grenslaaghoogtes uit HIRLAM veel breder is met waarden tot 1500 meter. Het lijkt er op dat de verdeling van de grenslaaghoogtes uit de SODAR veel te smal is en de natuurlijke variatie niet volgt. Waarschijnlijk komt dit door het geringe hoogtebereik van de SODAR.

Hoofdstuk 4

Conclusies en Aanbevelingen

In dit rapport zijn de resultaten gepresenteerd van een vergelijking tussen de SODAR waarnemingen bij Kerncentrale Borssele en profielen uit het operationele numerieke weermodel HIRLAM. De vergelijking is uitgevoerd over de periode 1 November tot en met 30 November 2007. Het gebruikte roosterpunt van HIRLAM ligt op 9.6 km van de SODAR maar wel aan de overkant van de Westerschelde. Uit de vergelijking kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De overeenstemming tussen SODAR en HIRLAM windvectoren is erg goed en eigenlijk beter dan verwacht. Door het geringe hoogtebereik en lokale factoren hadden de verschillen veel groter kunnen zijn.
- De windrichting laat een klein maar consistent verschil zien van ongeveer 3° .
- De standaard afwijking van de SODAR ten opzichte van HIRLAM is vergelijkbaar met die van de windprofielen uit de Doppler weerradars van het KNMI.
- De verdeling van grenslaaghoogtes uit de SODAR is veel smaller dan die uit HIRLAM. Het maximum van de verdeling ligt voor de SODAR bij 300 meter terwijl hirlam hoogtes tot 1500 meter berekent.

Vanwege de goede kwaliteit van de SODAR windmetingen van de Kerncentrale Borssele is er geen reden tot verdere actie op dat vlak. Onze aanbevelingen beperken zich tot het verbeteren van de toepasbaarheid van de grenslaaghoogte uit de SODAR ten behoeve van het doen van verspreidingsberekeningen. Vanwege de beperkingen om vanuit de SODAR een altijd even toepasbare grenslaaghoogte af te leiden zou het KNMI het volgende aanbod willen doen:

- Er wordt voor de korte termijn een operationele afspraak tussen KCB en de weerkamer van het KNMI gemaakt. Binnen deze afspraak kan KCB, zodra er om wat voor reden dan ook behoefte is aan een actuele en/of verwachte grenslaaghoogte op locatie van de kerncentrale Borssele, deze telefonisch opvragen bij de weerkamer van het KNMI (7 × 24 uren beschikbaar). In geval van BORI opschaling zal de KNMI-meteoroloog op het BORI de grenslaaghoogte verstrekken.
- Het KNMI gaat kijken of er op de wat langere termijn mogelijk op routinebasis een gevalideerde grenslaaghoogte (bijvoorbeeld die uit HIRLAM) kan worden geleverd aan KCB.
- Indien een real-time verzending van de SODAR gegevens naar het KNMI wordt gerealiseerd, kan de KNMI-meteoroloog een doorlopende feedback verstrekken op de kwaliteit van de waarnemingen. Bovendien beschikt het KNMI dan in geval van een calamiteit over relevante windgegevens.

Dankbetuiging

De auteurs stellen de medewerking bij deze evaluatie van Jan Brevoord (KCB), Menno Craje (KCB) en Freek Aldenkamp zeer op prijs. Daarnaast bedanken de auteurs Toon Moene, Kees Kok, Sander Tijm en Hannelore Bloemink (allen van KNMI) voor hun bijdrage.