

MOET IK DAT GELOVEN?

Numerieke weersverwachtingen van het HIRLAM

Ben Wichers Schreur (KNMI)

De houding van operationele meteorologen tegenover numerieke weersmodellen is vaak ambivalent. Modellen hebben bewezen een onmisbaar hulpmiddel te zijn in de praktijk van het weerbedrijf, maar blijken met beleid en kennis van zaken gebruikt te moeten worden. De vraag is telkens weer in hoeverre de modelverwachtingen geloofd kunnen worden.

DE METEOROLOOG EN HET MODEL

John Ziman¹ schrijft, in zijn boek 'Reliable Knowledge: An Exploration of the Grounds for Belief in Science': 'To ask 'How much is to be believed?' is to invite oneself inside the scientific process, and to attempt oneself to contribute to the evolution of knowledge.' Door actief en kritisch gebruik van numerieke weersverwachtingsmodellen kweekt de meteoroloog niet alleen begrip van (voor) deze modellen, maar kan hij ook bijdragen aan verdere ontwikkelingen.

L.F. Richardson², de grondlegger van de numerieke weersverwachtingsmethodiek, becijferde dat voor het maken van een weersverwachting volgens zijn methode 64000 mensen nodig waren. Zo bezien leggen de numerieke verwachtingsmethoden het ruimschoots af tegen de meteoroloog. Toch is ook een meteoroloog maar een mens met uiteindelijk een begrensd voorstellings- en voorspellingsvermogen. De komst van de computer bood uitkomst. Sinds de eerste elektronische berekeningen van Von Neumann hebben de ontwikkelingen in de computertechniek en de ontwikkelingen in de numerieke weersverwachtingen elkaar sterk beïnvloed. Door de voortdurende toename van het rekenvermogen van de computers werden de modellen steeds concreter. De modellen zijn nu zo realistisch dat het beter is te spreken van simulatoren. De simulaties gaan zó ver, dat er meteorologen nodig zijn om het gedrag van de modelatmosfeer te begrijpen en te verklaren en hier uit af te leiden wat het nou eigenlijk voor weer wordt!

Het nut van numerieke verwachtingen in de meteorologische praktijk kan geïllustreerd worden aan de hand van de verwachtingen voor 5 juli 1993 van het HIRLAM, het korte termijn verwachtingsmodel in operationeel gebruik bij het KNMI. Een sterke frontale ontwikkeling

leidde op deze 5e juli tot hevige neerslag. In De Bilt werd in twaalf uur tijd meer dan 30 mm neerslag gemeten. Een enkel voorbeeld kan natuurlijk geen antwoord geven op de vraag in hoeverre een modelverwachting geloofd kan worden.

Hopelijk geeft het wel voldoende aanleiding om deze vraag brandend te houden en stimuleert het zo het kritisch gebruik van numerieke modellen.

HIRLAM

Het HIRLAM, High Resolution Limited Area Model, wordt sinds 1 juni 1993 door het KNMI gebruikt voor het maken van weersverwachtingen op de korte termijn, tot 36 uur vooruit. HIRLAM is ontwikkeld in een samenwerkingsproject tussen de meteorologische instituten van Finland, Zweden, Noorwegen, IJsland, Denemarken en Nederland. Het doel van dit project was een 'state of the art' korte termijn weersverwachtingsmodel af te leveren, dat operationeel inzetbaar moest zijn door de participerende weerdiensten. Het project leidde in 1987 tot het vastleggen van het HIRLAM 1 referentiesysteem. In de tweede fase van het project, waaraan ook de Ierse meteorologische dienst deelnam, werd, naast een verdergaande ontwikkeling van het model, de nadruk gelegd op de operationele implementatie. Het HIRLAM 2 referentiesysteem is nu in operationeel gebruik in Finland, Zweden, Denemarken en Nederland. De Spaanse meteorologische dienst heeft een licentie op het HIRLAM verworven en wil het binnenkort operationeel gaan inzetten. Het HIRLAM project bevindt zich nu in haar derde levensfase. In een onderzoeksverband met Météo-France wordt het model verder verbeterd, met speciale aandacht voor het toepassen van zeer hoge resoluties, op de meso-gamma schaal (1 tot 10 km in de horizontaal).

HIRLAM bestaat uit een analyse- en een voorspellingscomponent. In de analyse

worden meteorologische waarnemingen geassimileerd, op zo'n wijze dat de best mogelijke beschrijving van de toestand van de atmosfeer, in termen van het model, wordt verkregen. Deze analyse dient als beginvoorwaarde voor de voorspelling. In een volgend artikel zal aan de hand van de HIRLAM voorspelling van de ontwikkeling van de tropische cycloon Floyd nader worden ingegaan op aspecten van de HIRLAM analyse.

Het HIRLAM voorspellingsmodel is gebaseerd op de zogenaamde primitieve vergelijkingen: de stromingsvergelijkingen en de thermodynamische vergelijkingen. Deze vergelijkingen worden gediscretiseerd op een ruimtelijk rooster en in de tijd geïntegreerd. Verondersteld wordt dat de modelatmosfeer altijd in hydrostatische balans is. Deze benadering is geoorloofd, behalve in het geval van intense, kleinschalige ontwikkelingen. In principe wordt zo de horizontale resolutie van hydrostatische modellen beperkt, in de praktijk blijkt deze voorwaarde niet zo strikt. Processen, die zich afspelen op schalen kleiner dan op het rooster kunnen worden weergegeven, moeten worden geparameteriseerd, dat wil zeggen dat hun afhankelijkheid van de grootschalige stroming en hun invloed op deze stroming afzonderlijk moeten worden gemodelleerd. In HIRLAM worden stralingsprocessen, stratiforme condensatie, convectieve condensatie, verticale diffusie en oppervlakteprocessen geparameteriseerd.

Binnen het HIRLAM zorgen stratiforme en convectieve condensatie voor de verticale (her)verdeling van vocht, en zo, uiteindelijk, voor de neerslag. Als een modellaag oververzadigd is wordt de specifieke vochtigheid teruggebracht tot de verzadigingswaarde en wordt het excès aan vocht omgezet in stratiforme neerslag. Afhankelijk van de verzadigingsgraad van de onderliggende modellaag verdampert deze neerslag daar of regent verder uit. Terwijl er gemiddeld in een modeldoos nog geen sprake is van oververzadiging, kan er lokaal al oververzadiging optreden. Dit effect wordt weergegeven door de verzadigingswaarde lager te kiezen dan zij in werkelijkheid is.

Voor het modelleren van convectie wordt een schema gebruikt, zoals door Kuo werd ontwikkeld. Convectie treedt op in een potentieel onstabiele modellaag als er sprake is van een netto vochtconvergentie. Dit vocht wordt ten dele gebruikt voor het vormen van neerslag en ten dele voor het bevochtigen van de convectieve laag. De convectie zorgt ervoor dat de convectieve laag wordt opgewarmd en bevochtigd, terwijl door de evaporatie van neerslag onderliggende onverzadigde modellagen afgekoeld en bevochtigd worden. Beide condensatieprocessen beconcurreren elkaar. Het vocht dat als convectieve neerslag uit een modellaag verwijderd is kan niet meer gebruikt worden voor stratiforme condensatie, of voor de vorming van bewolking, die in het HIRLAM alleen stratiform is en afgeleid wordt uit de gemiddelde luchtvochtigheid in een modeldoos. Dit kan aanleiding zijn tot tegennatuurlijke fenomenen, zoals neerslag bij heldere hemel op zomerse dagen. De sterke convectie op zulke dagen wordt niet geremd door de invloed van convectieve bewolking op de instraling, omdat deze bewolking niet geproduceerd wordt door het Kuo schema. Dit probleem zal worden ondervangen door een vloeibaar water/wolken model, het Sundqvist schema, dat al ontwikkeld is voor het HIRLAM, maar nog niet geïmplementeerd.

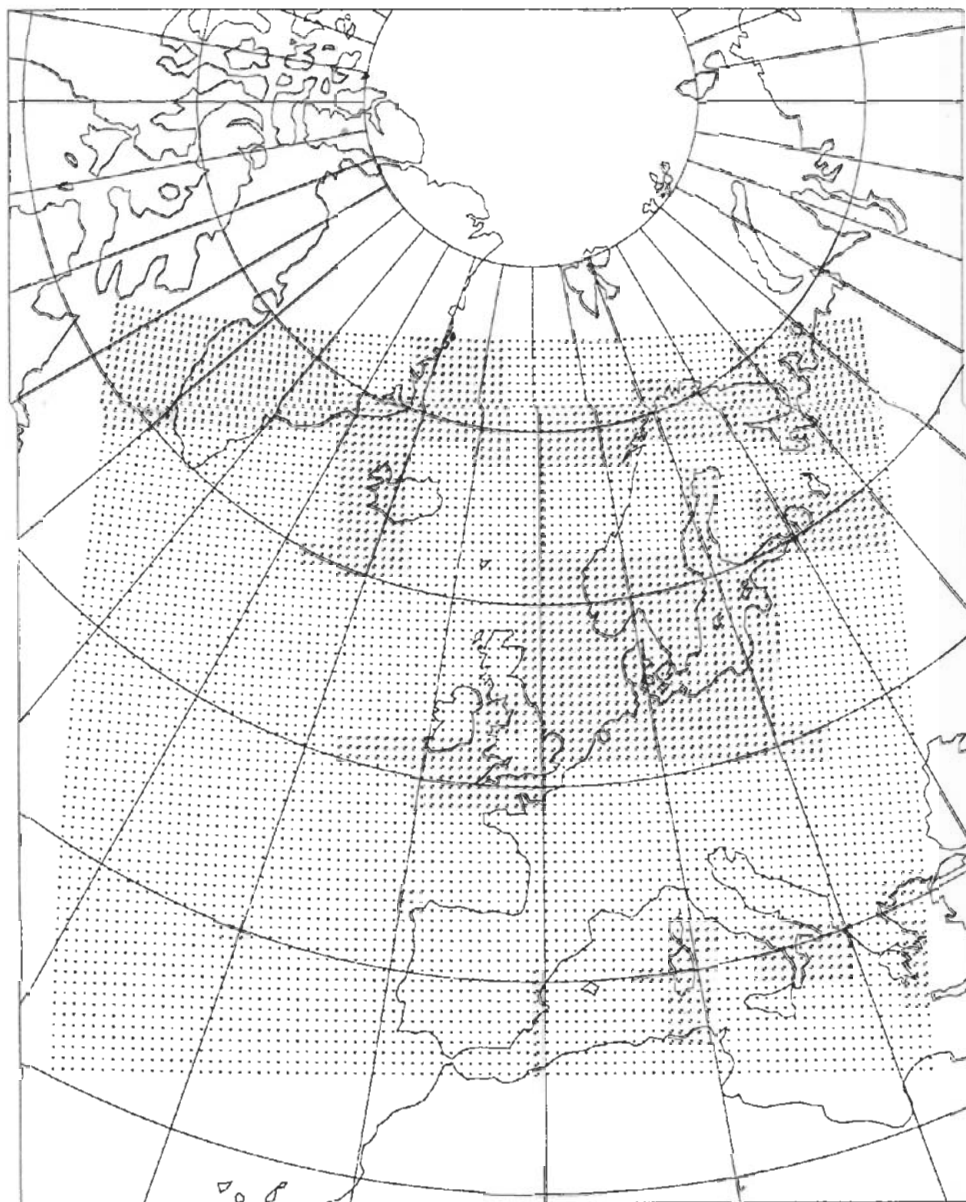
VERWACHTINGEN MET HIRLAM

Operationele verwachtingen met het HIRLAM worden op het KNMI gemaakt voor een gebied dat zich uitstrekt van Groenland tot Griekenland, zie figuur 1. Er wordt gebruik gemaakt van een verschoven pool rooster, een regelmatig lengte/breedte rooster, dat over de aardbol gedraaid is, zodanig dat de zuidpool op 30° zuiderbreedte ligt en de evenaar dus op 60° noorderbreedte. Hiermee wordt bereikt dat de resolutie over het voorspellingsgebied nagenoeg constant is, wat voordelig is voor de formulering van de parameterisaties, die immers afhankelijk zijn van de resolutie. De horizontale resolutie van het rooster is 0,5°, terwijl in de verticaal 16 niveaus gebruikt worden. De verticale coördinaat is een hybride coördinaat. De onderste modellaag op 30 meter volgt het terrein. Naar boven toe veranderen de modellen geleidelijk naar constante drukvlakken. Het bovenste modelniveau bevindt zich op 25 hPa. Elke drie uur maakt het HIRLAM een analyse, waarbij alle waarnemingen binnen een tijdsvenster van min en plus anderhalf uur rond de analysetijd gebruikt worden,

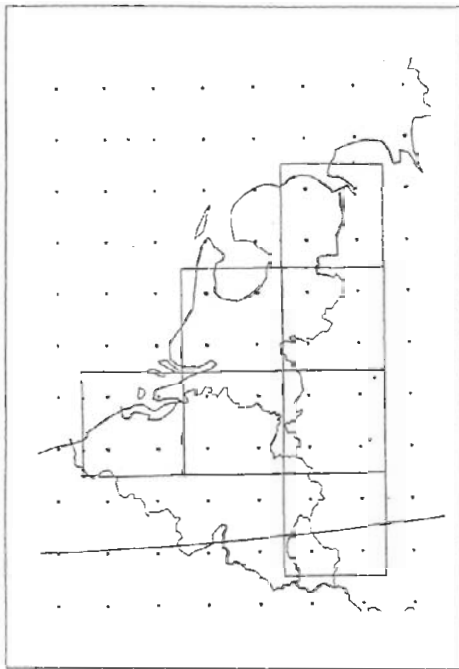
voor zover beschikbaar op het tijdstip waarop de analyse wordt gemaakt, twee uur na de analysetijd. Elke zes uur, om 00, 06, 12 en 18 UTC, wordt een 36-uurs verwachting gemaakt, die beschikbaar is drieënhalf uur na de analysetijd. De randen van het model worden geleverd door het mondiale model van het ECMWF, het Europees centrum voor middellange termijn verwachtingen. De uitvoer van het HIRLAM wordt in de weerkamers van het KNMI weergegeven op de grafische werkstations van de Automatische Productie Lijn.

De resultaten van het HIRLAM worden objectief geverifieerd, samen met de resultaten van de andere weersverwachtingsmodellen, die op het KNMI beschikbaar zijn. De druk op zeeniveau, de wind op 10 meter en de temperatuur op 2 meter worden op een gebied dat Nederland, Engeland, Ierland, de zuidelijke Noordzee en de noordelijke Noordzee omvat, verge-

leken met synoptische waarnemingen. De statistiek van het verschil tussen waarneming en model wordt geaccumuleerd en weergegeven in maandelijkse verificatie-rapporten. Voor de verificatie van de neerslag boven Nederland is gekozen voor een andere benadering. Nederland wordt hierbij bedekt met zeven blokken, zie figuur 2. In elk van deze blokken bevinden zich vier roosterpunten van het HIRLAM. De zes-uurlijkse neerslag, gemiddeld over deze vier punten, wordt vergeleken met de neerslag over dezelfde periode, gemiddeld over alle waarnemingen in een blok. In de tabellen 1a en 1b zijn de resultaten van de regenverificatie weergegeven voor de maand oktober van 1993 in de vorm van contingentietabellen. De HIRLAM voorspellingen blijken goed overeen te komen met de waarnemingen. De voorspellingstermijn blijkt bovendien niet van invloed op de verificatie. Naast de objectieve verificatie wordt het HIRLAM ook onderworpen aan een



Figuur 1. Het voorspellingsgebied en horizontale rooster van het operationele HIRLAM.



Figuur 2. Het regenv verificatiegebied.

subjectieve verificatie. De verwachtingen van het HIRLAM worden in de praktijk door de meteoroloog geëvalueerd en gevallen die interessant zijn vanwege de weersituatie of vanwege het modelgedrag worden nader beschouwd.

HET WEER VAN 5 JULI 1993

De hevige neerslag, die op de ochtend van 5 juli 1993 veroorzaakt werd door een intens koufront dat zich van zuidwest naar noordoost Nederland uitstrekte, en gepaard ging met onweer, verraste velen, niet in de laatste plaats de meteorologen.

In de reeks weerrecords van de afgelopen jaren kan de uitgegeven voorspelling voor deze ochtend wellicht worden bijgeschreven als de misser van de eeuw. Het HIRLAM echter bleek deze sterke frontale ontwikkeling goed te hebben voorspeld. In figuur 3 wordt het neerslagverloop van

de HIRLAM voorspelling van 5 juli 00 UTC weergegeven voor drie stations in Nederland: Den Helder, De Bilt en Beek. Terwijl het in Den Helder nagenoeg droog blijft, het in Beek regent, maar niet uitzonderlijk, valt er in de Bilt in 12 uur tijd meer dan 20 mm neerslag. Dit geeft aan dat het front intens en sterk begrensd is. Deze sterke frontale ontwikkeling was ook in eerdere HIRLAM voorspellingen al aanwezig, zoals blijkt uit de +18 voorspelling van het HIRLAM voor 06 UTC van 5 juli weergegeven in de figuren 4, 5 en 6. In figuur 4 geven de isotachen voor snelheden boven de 30 m/s op modelniveau 6, dat op ongeveer 300 hPa ligt en waarop de hoogste windsnelheden voorkomen, de positie van de straalstroom weer. De onstabieliteit in de straalstroom leidt tot een noordwaartse versnelling in de straalstroom boven Nederland en tot een samenstroming van koude, droge lucht uit het noordwesten en warmere, vochtige lucht uit het zuidwesten. Op het Meteosat waterdamp beeld is de droge lucht boven de Noordzee herkenbaar, figuur 7, terwijl op het infrarood beeld een dichte cirrusband zichtbaar is die over het Kanaal naar het noorden trekt, zie figuur 8. In figuur 5, waarin de stroming op het 500 hPa-vlak is weergegeven, is te zien hoe de samenstroming van deze luchtmassa's leidt tot scherpe gradienten

HIRLAM +6 verwachting

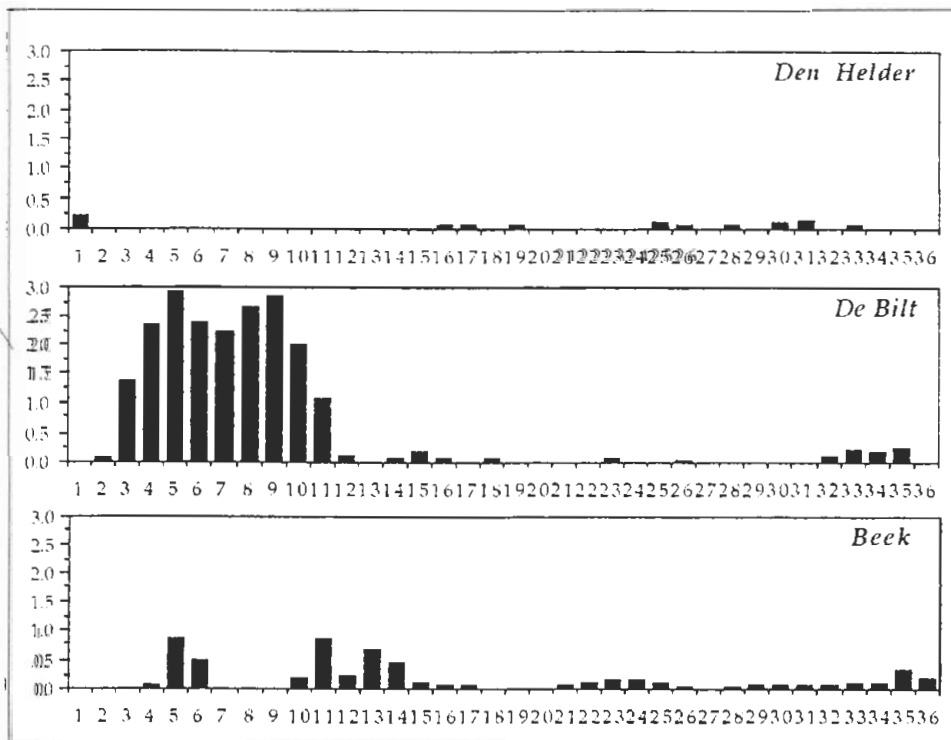
waarnemingen	0-0.3 mm	0.3-1 mm	1-3 mm	3-10 mm	10-30 mm	>30 mm
0-0.3 mm	281	47	13	3	0	0
0.3-1 mm	12	19	10	2	0	0
1-3 mm	14	9	17	8	0	0
3-10 mm	5	2	11	22	6	0
10-30 mm	0	0	0	6	1	0
>30 mm	0	0	0	0	0	0

Tabel 1. Contingentietabel van de HIRLAM +6 neerslagverwachting tegen waarnemingen voor de periode 24 september tot 31 oktober 1993. Uit de tabel is bijvoorbeeld af te lezen dat het HIRLAM in 47 gevallen 0.3 tot 1 mm regen voorspelde voor de komende 6 uur terwijl er minder dan 0.3 mm werd waargenomen.

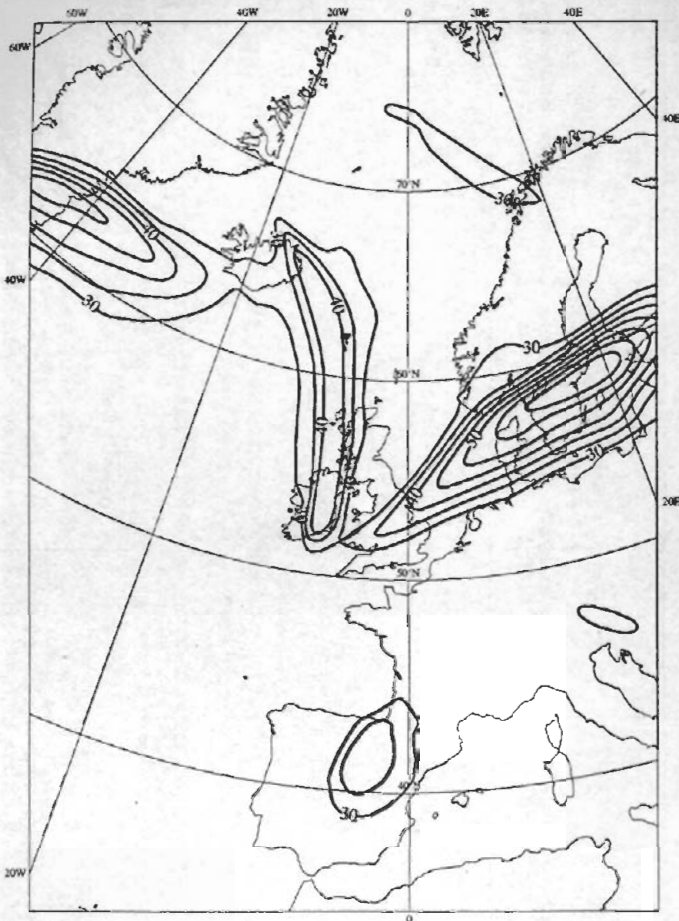
HIRLAM +24 verwachting

waarnemingen	0-0.3 mm	0.3-1 mm	1-3 mm	3-10 mm	10-30 mm	>30 mm
0-0.3 mm	285	44	11	5	0	0
0.3-1 mm	22	18	11	4	0	0
1-3 mm	17	14	14	7	1	0
3-10 mm	5	5	11	8	2	0
10-30 mm	0	0	3	3	7	0
>30 mm	0	0	0	0	0	0

Tabel 2. Contingentietabel van de HIRLAM +24 neerslagverwachting tegen waarnemingen voor de periode 24 september tot 31 oktober 1993.



Figuur 3. Tijdsreeks van de uurlijkse neerslag uit de HIRLAM verwachting van 00 UTC 5 juli 1993 voor Den Helder, De Bilt en Beek.



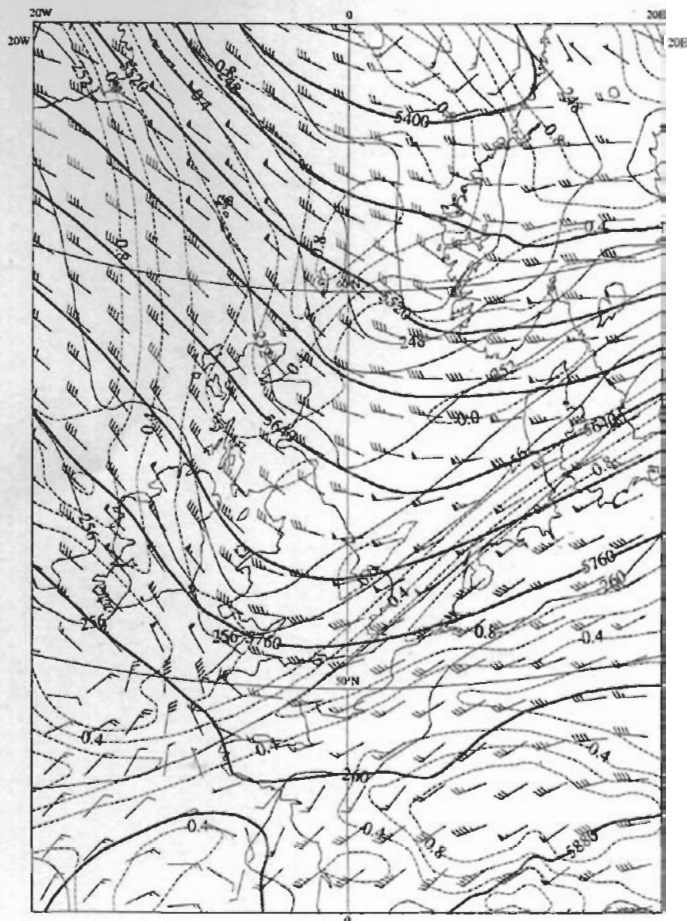
Figuur 4. HIRLAM +18 verwachting voor 06 UTC 5 juli 1993. Weergegeven zijn de isotachen voor windsnelheden groter dan 30 m/s op modelniveau 6. Op dit niveau, dat ongeveer overeenkomt met het 300 hPa vlak, komen de hoogste windsnelheden voor. Deze figuur geeft een indruk van de instabiliteit van de staalstroom.

in zowel de temperatuur als het vocht. De aanvoer en optilling van warme, vochtige lucht zorgt voor het aanzetten van sterke convectie, die uiteindelijk resulteert in de waargenomen, intensieve neerslag. De gradiënten in de modelvelden worden beperkt door de resolutie van het model. Daardoor wordt uiteindelijk ook de intensiteit van de frontale ontwikkeling begrensd. In het algemeen wordt aangenomen dat de kleinste schalen die door een roosterpuntmodel kunnen worden weergegeven 2 à 3 roosterpuntafstanden groot zijn. Voor het operationele HIRLAM betekent dit dat het front over 100 tot 150 km breed wordt uitgesmeerd. Niettemin geeft het HIRLAM een getrouw beeld van de frontale ontwikkeling, omdat deze uiteindelijk het gevolg is van ontwikkelingen op grotere schaal.

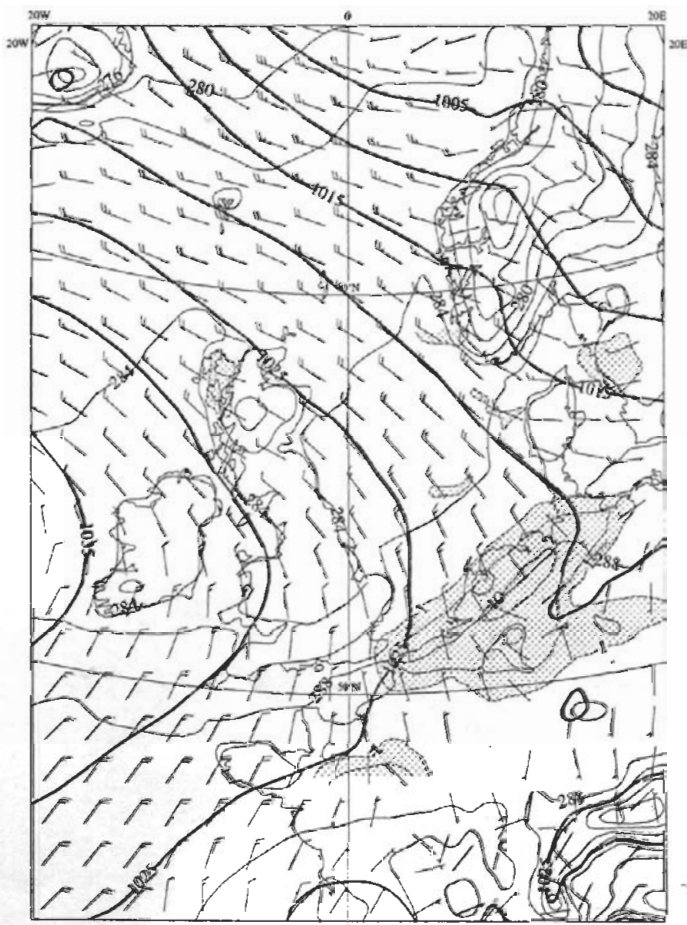
CONCLUSIE

Het moge duidelijk zijn uit dit voorbeeld dat het HIRLAM niet alleen een krachtig hulpmiddel is voor de meteoroloog bij het maken van operationele verwachtingen,

Figuur 6. Grondkaart uit de HIRLAM +18 verwachting voor 06 UTC 5 juli 1993. De zwaargetrokken lijnen zijn isobaren van de druk op zee-niveau (hPa), de dungetrokken lijnen zijn de isothermen van de temperatuur op 2 m (Kelvin) en de gebroken lijnen geven de neerslag over de periode 00 UTC tot 06 UTC weer (millimeter). Gebieden waarbinnen de zesuurlijkse neerslag meer dan 1 mm bedraagt zijn gestippeld. De windvane geven de wind op 10 meter (10 knopen per haak).



Figuur 5. De stroming op het 500 hPa vlak uit de HIRLAM +18 verwachting voor 06 UTC 5 juli 1993. De zwaargetrokken lijnen zijn lijnen van gelijke hoogte (meters), de dungetrokken lijnen zijn lijnen van gelijke temperatuur (Kelvin) en de gebroken lijnen zijn lijnen van gelijke relatieve luchtvochtigheid (fracties).



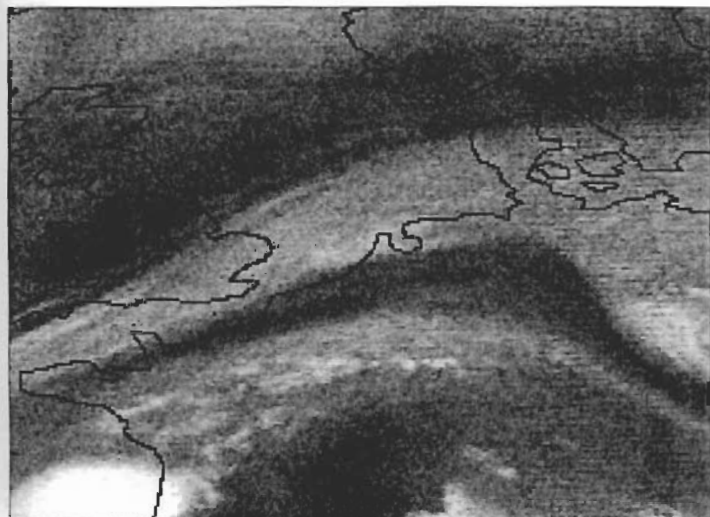
maar ook bij het achteraf analyseren van verrassende ontwikkelingen. Daarbij is het van belang dat de meteoroloog toegang heeft tot alle modelvelden van het HIRLAM. Het is daarom te betreuren dat de neerslagvelden van het HIRLAM op de 5e juli niet beschikbaar waren in de weerkamers van het KNMI. Van belang is ook dat de meteoroloog leert in hoeverre hij de

numerieke modellen, en het HIRLAM in het bijzonder, kan vertrouwen. Misschien dat dit artikel daartoe heeft bijgedragen.

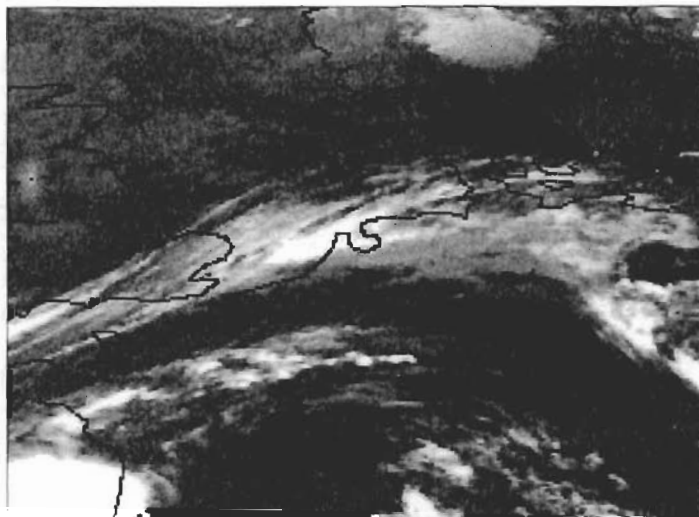
Met medewerking van Paul Citroen, Luchtvahrt Meteorologische Dienst, Schiphol en Wim de Rooy, afdeling Waarnemingen en Model data, KNMI.

Literatuur

1. Ziman, J.M., *Reliable Knowledge: An Exploration of the Grounds for Belief in Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1978.
2. Richardson, L.F., *Weather Prediction by Numerical Process*, Cambridge University Press, Cambridge, 1922, Dover reprint, 1965.



Figuur 7. Meteosat waterdamp beeld (WV) van 5 juli 1993 06 UTC. Zichtbaar is de cirrusband die zich vanaf het kanaal over Nederland uitstrekt.



Figuur 8. Meteosat infrarood beeld (IR) van 5 juli 1993 06 UTC. Zichtbaar is de koude droge lucht die over Engeland en de Noordzee wordt aangevoerd.