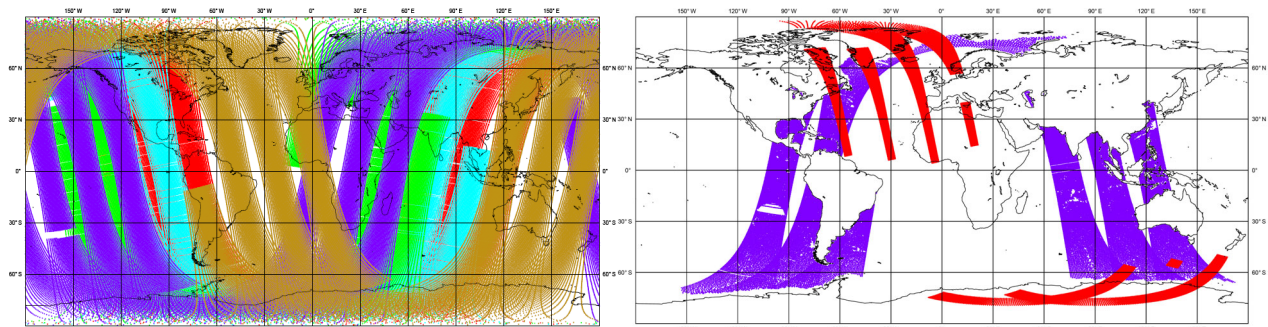


Scheepswaarnemingen voor numerieke weersverwachting – zinvol of achterhaald?

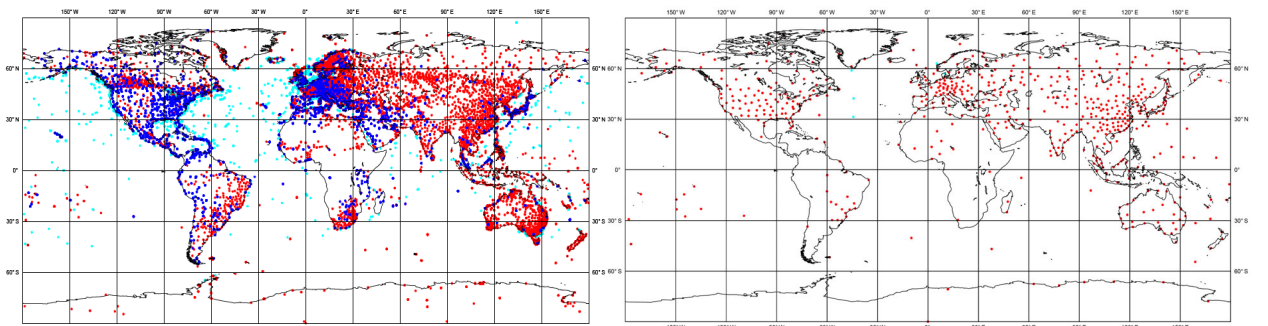
Gert-Jan Marseille, onderzoeker W-OZ

Numerieke weermodellen worden steeds geavanceerder en beter. Daarnaast is het aantal waarnemingen uit weersatellieten explosief gegroeid in de afgelopen decennia. Dit doet de vraag rijzen wat de toegevoegde waarde nog is van het relatief kleine aantal schep -en boeiwaarnemingen voor de numerieke weersvoorspelling.

Voordat weersatellieten hun intrede deden in de operationele meteorologie vertoonde het waarnemennetwerk grote gaten boven de oceanen. Een schip of boeiwaarneming bevatte dus relatief veel informatie omdat het de enige waarneming was in de weide omtrek. Met de komst van weersatellieten is deze situatie veranderd. Het ontstaan en de evolutie van weersystemen boven de oceanen kan tegenwoordig nauwkeurig gevolgd worden met geostationaire satellieten. Deze zijn op een vast punt boven de aarde gepositioneerd en produceren iedere 5 minuten beelden van vocht en wolken. Daarnaast groeit het leger aan polaire satellieten gestaag de laatste decennia. Deze cirkelen rondom de aarde en geven een globale bedekking voornamelijk temperatuur en vocht in de gehele troposfeer en lage stratosfeer en windmetingen aan het oceaanooppervlak, zie figuur 1. Zet dat eens af tegen de dichtheid van het grondnetwerk in figuur 2, dan kan al snel het beeld ontstaan dat de toegevoegde waarde van conventionele waarnemingsystemen, zoals radiosondes en schep –en boeiwaarnemingen minimaal zal zijn voor de numerieke weersverwachting. Is dat beeld terecht?



Figuur 1. Bedekking van waarnemingen van polaire satellieten over een periode van 6 uur op 17 april 2007. Links, 355324 temperatuur vocht waarnemingen van de Amerikaanse NOAA satellieten en de Europese METOP (bruin). Rechts, 79426 scatterometer windwaarnemingen aan het oceaanooppervlak van de Amerikaanse Quikscat (paars) en Europese ERS-2 (rood).



Figuur 2. Bedekking van waarnemingen van conventionele systemen over een periode van 6 uur op 17 April 2007. Links, oppervlakte waarnemingen van 15862 landstation (rood), 1852 schepen (lichtblauw) en

9678 luchthavens (donkerblauw). Rechts, profiel metingen van 614 radiosondes boven land (rood) en 5 vanaf schepen (lichtblauw)

Niet helemaal. In de eerste plaats is de interpretatie van satellietwaarnemingen niet altijd even simpel. Satellieten meten meestal niet direct meteorologische parameters zoals temperatuur, vocht en wind, maar meestal indirect in de vorm van radiantie of verstrooiing van het uitgezonden signaal aan het oceaan oppervlak. Complexe mathematische vergelijkingen zijn vervolgens nodig om de vertaalslag te maken. De hedendaagse modellen zijn daartoe steeds beter in staat, maar het vergelijken met conventionele waarnemingen waarvan we de karakteristieken goed kennen is een onmisbare schakel voor goed gebruik van satellietwaarnemingen in modellen.

Ten tweede zijn de huidige modellen niet goed in staat de informatie uit geostationaire satellieten op te nemen. Het assimileren van wolken –en vochtbeelden in numerieke weermodellen staat nog in de kinderschoenen en vereist veel onderzoek. De hoge tijdsresolutie van 5 minuten waarmee deze beelden worden geleverd zijn daarentegen zeer goed bruikbaar voor de operationele meteoroloog om weersontwikkelingen te volgen en een inschatting te maken van de evolutie op de korte termijn.

Tenslotte leveren de huidige satellieten onvoldoende informatie voor een globale bedekking van windmetingen. Scatterometers, zie figuur 1, meten de wind alleen aan het oceaan oppervlak. Op grotere hoogten kan wind informatie verkregen worden door het volgen van wolkenpatronen in de opeenvolgende wolkenplaatjes van geostationaire satellieten, maar dit levert een bedekking die zich beperkt tot locaties waar wolken aanwezig zijn en bovendien zijn de afgeleide winden niet zo nauwkeurig door onnauwkeurigheden in de bepaling van de wolkenhoogte. Ook windmetingen door vliegtuigen geven een beperkte bedekking. Deze zijn geconcentreerd langs vliegroutes en beperkt tot de vlieghoogte. De WMO (Wereld Meteorologische Organisatie) heeft gesteld dat het gebrek aan een globale bedekking van windwaarnemingen in de troposfeer de grootste tekortkoming is in het huidige meteorologische waarnemingsnetwerk. Windmetingen zijn vooral belangrijk voor een correcte beschrijving van de grootschalige dynamica in de tropen en voor de synoptische schalen in de extra-tropen. De ESA satelliet ADM-Aeolus[‡] vormt een eerste aanzet om dit “gat” in het waarnemingsnetwerk op te vullen. De geplande lancering van deze nieuwe satelliet is in 2009. Tot die tijd leveren alleen radiosonde oplatingen van schepen (o.a. ASAP) en olieboorplatformen informatie over de verticale opbouw van de atmosfeer boven de oceanen die van groot belang zijn voor de korte en middellange termijn verwachtingen. Maar waarschijnlijk ook na de lancering van ADM-Aeolus zullen deze waarnemingen een belangrijke rol in het netwerk blijven vervullen.

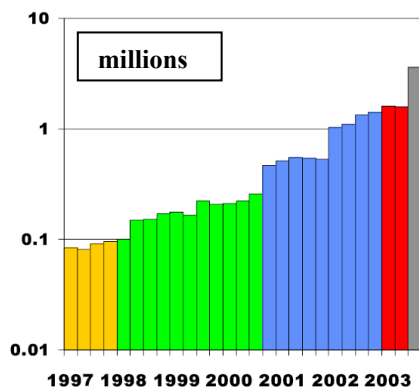
Impact van waarneemsystemen voor de numerieke weersverwachting

Bovenstaand kwalitatief verhaal schetst een beeld waarin het nut van schepen –en boeiwaarnemingen voor het maken van weersverwachtingen misschien niet onderschat moet worden. Kunnen we dit beeld niet wat harder maken en kwantitatief onderbouwen? Dat kan door het uitvoeren van experimenten waarmee de impact van waarneemsystemen wordt getest. Operationele weercentra voeren regelmatig deze zogenaamde OSE (Observing System Experiment) experimenten uit om te testen of de nieuwste versies van de modellen de waarnemingen nog goed kunnen verwerken, of nieuwe waarnemingen geen negatieve impact hebben of dat er eventuele redundantie bestaat tussen verschillende waarneemsystemen. In het vervolg van dit artikel zal ik de resultaten bespreken van een aantal OSE experimenten die het Europese weercentrum (ECMWF) in 2004 heeft uitgevoerd op verzoek van EUMETSAT, de Europese organisatie die verantwoordelijk is voor de exploitatie van operationele

[‡] <http://www.esa.int/esaLP/LPadmaeolus.html>

meteorologische satellieten. Ik baseer me daarbij op de presentatie van Jean-Noël Thépault en Graeme Kelly van het ECMWF die zij gaven op de “Third WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on NWP” in Alpbach, Oostenrijk van 9-12 maart, 2004[§]. EUMETSAT streeft een optimaal toekomstig netwerk van weersatellieten na en probeert daartoe een inschatting te maken van de te verwachten hiaten in het toekomstige netwerk en hoe die het beste zijn in te vullen met nieuwe satellieten. Met toekomstig moet gedacht worden aan 15 tot 20 jaar, de typische tijdspanne die nodig is voor de ontwikkeling en operationalisering van nieuwe satellieten. Met een OSE kun je de toegevoegde waarde van de *huidige* waarneemsystemen in relatie tot de andere waarneemsystemen bepalen voor de huidige modellen. Als je vervolgens in staat bent de vertaalslag naar de toekomst te maken dan geven de resultaten van OSE een beeld van welke satellietwaarnemingen het meest gewenst zijn voor de numerieke weersverwachting over 15 jaar. Deze vertaalslag is overigens niet zo simpel omdat we niet precies weten hoe goed de modellen tegen die tijd zijn. Daarnaast is het zeer aannemelijk dat de technieken voor het gebruik van waarnemingen in modellen zullen zijn verbeterd.

In het vervolg zal ik uitleggen hoe een OSE wordt uitgevoerd en resultaten presenteren van de impact van het huidige netwerk van oppervlakte waarnemingen boven de oceanen in een netwerk dat steeds meer gedomineerd wordt door satellietwaarnemingen, zie figuur 3.



Figuur 3. Aantal gebruikte waarnemingen in het ECMWF data assimilatie systeem. Nieuwe satellieten zorgen voor een explosieve groei van het aantal waarnemingen.

Waarneemsysteem impact experiment (OSE)

Een OSE bestaat uit twee experimenten, die beide dezelfde periode van een aantal maanden beslaan. Over die periode worden analyses en verwachtingen gemaakt met een recente versie van het model. Het eerste experiment, ook wel controle experiment genoemd, gebruikt alle beschikbare waarnemingen net als in de operationele praktijk. Het tweede experiment is hetzelfde, echter één waarneemsysteem wordt niet meegenomen, bijvoorbeeld alle scheepswaarnemingen. Door de analyses en verwachtingen van beide experimenten te vergelijken wordt een beeld verkregen van de toegevoegde waarde van dat specifieke waarneemsysteem. Belangrijk is op te merken dat het waarneemsysteem in competitie is met andere waarneemsystemen. Blijkt de toegevoegde waarde nihil of zelfs negatief dan zou men, in het kader van bezuinigingen, kunnen besluiten dit waarneemsysteem niet meer te gebruiken. Echter, het kan ook betekenen dat de huidige versie van het model de informatie van de

[§] http://www.wmo.int/files/www/GOS/Alpbach2004/1B_2ThepautJeanNoel.pdf

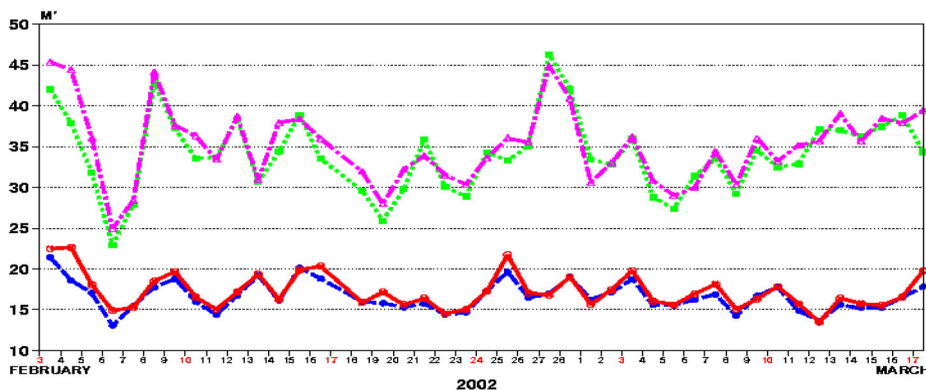
waarnemingen niet goed (meer) gebruikt of dat het model niet in staat is de informatie te verwerken (zoals het geval was met temperatuurmetingen van de eerste generatie polaire weersatellieten). De resultaten vormen dan aanleiding om het model te verbeteren.

Resultaten

Het ECMWF heeft in 2004 twee OSE experimenten uitgevoerd met het operationele model van 2003. Het eerste experiment besloeg een winter en zomerperiode van beide 7 weken en is uitgevoerd op T319L60 (60 km horizontale) resolutie. Het tweede experiment besloeg twee winter –en zomermaanden en is uitgevoerd op hogere T511L60 (40 km horizontale) resolutie.

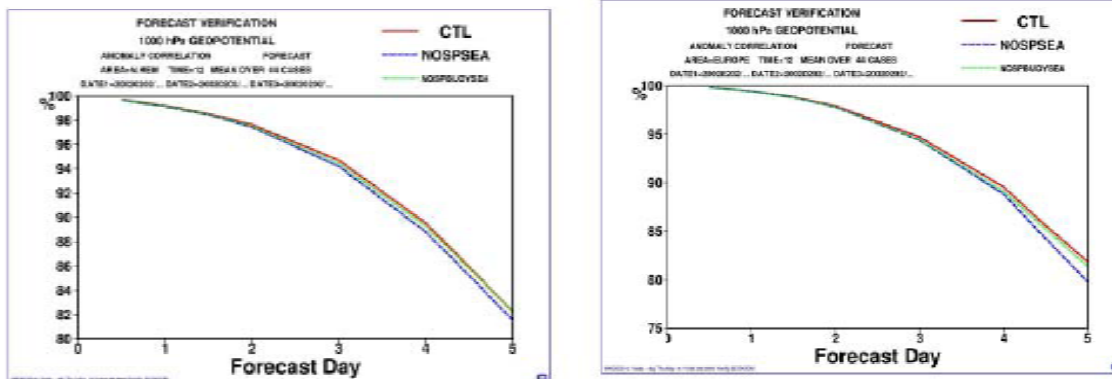
De conclusies zijn als volgt samen te vatten

- Oppervlakte waarnemingen (SYNOP, SHIP, BUOY, scatterometer) vormen een essentieel onderdeel van het huidige totale meetnetwerk. Het weglaten van alle oppervlakte waarnemingen boven zowel zee als land leidt tot relatief grote systematische fouten. Het toevoegen van oppervlakte windmetingen lost dat probleem slechts voor een klein deel op. Op het zuidelijk halfrond heeft het gebruik van alleen oppervlakte windmetingen (dus geen waarnemingen van oppervlakte druk en temperatuur) een grote negatieve impact.
- Het weglaten van oppervlakte drukwaarnemingen boven zee, in het vervolg aangeduid als het NOSPSEA experiment, levert substantieel slechtere verwachtingen. Het gebruik van alleen windmetingen boven zee en drukwaarnemingen boven land is dus onvoldoende, zoals figuur 4 laat zien. De verwachtingsfouten voor het NOSPSEA experiment zijn gemiddeld groter zijn dan voor het controle experiment.



Figuur 4. Tijdserie van de verwachtingsfout van het 1000 hPa geopotentiaal veld (in meters) voor het Noordelijk halfrond boven 20 graden. Fout in de 48/96-uurs verwachting voor het controle (alle waarnemingen gebruikt) experiment (blauw/groen) en NOSPSEA (alle waarnemingen behalve oppervlakte drukwaarnemingen boven zee) experiment (rood/rose).

- Oppervlakte drukmetingen van schepen en boeien hebben een marginaal grotere impact dan windmetingen van schepen, boeien en Quikscat boven het zeeoppervlak.
- Oppervlakte drukmetingen van boeien hebben een marginale toegevoegde waarde op het Noordelijk halfrond, zie figuur 5 (groen valt bijna samen met rood)
- Het weglaten van alle oppervlakte drukwaarnemingen boven zee verlaagt de scores substantieel (blauwe lijn in figuur 5), met een verslechtering van de 5-daagse verwachting voor Europa met een kwart tot een halve dag. Het toevoegen van oppervlakte drukwaarnemingen op schepen (groene lijn) en, in mindere mate, winden boven het zeeoppervlak verbetert de verwachting substantieel tot dicht bij het controle experiment (rode lijn).



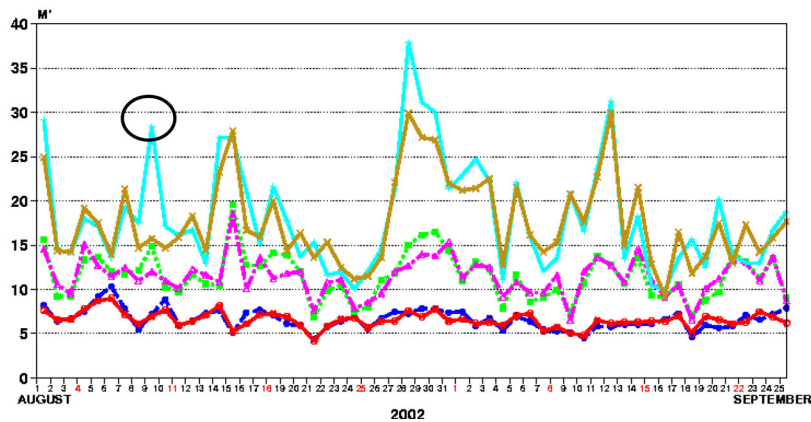
Figuur 5. Impact van oppervlakte drukmetingen van boeien en schepen op de 1-5 daagse verwachting van het 1000 hPa geopotential veld. Anomalie correlatie coëfficiënt gemiddeld over 44 dagen voor het Noordelijk halfrond (links) en Europa (rechts) voor het controle experiment (rood), NOSPSEA (blauw, alleen geen oppervlakte drukmetingen) en NOSPBUOYSEA (groen, alleen geen oppervlakte drukmetingen van boeien).

- De impact van boeien en schepen is ongeveer gelijk. De impact van schepen –en boei waarnemingen is groter in de winter dan in de zomer.
- Oppervlakte drukwaarnemingen zijn absoluut essentieel voor het goed verankeren van het grondruk veld. Voor een gegarandeerde positieve impact van oppervlakte windmetingen zijn oppervlakte drukmetingen vereist. Desondanks is op het Zuidelijk halfrond gemiddeld de impact van het oppervlakte windwaarneemsysteem (boeien, schepen, Quiksat) gelijk aan dat van het oppervlakte drukwaarneemsysteem (boeien, schepen). De toegevoegde waarde van het oppervlakte drukwaarneemsysteem is groter op het noordelijk halfrond
- In aanwezigheid van oppervlakte windmetingen levert een beperkt aantal nauwkeurige oppervlakte drukwaarnemingen van schepen een zeer substantiële positieve bijdrage in de verwachting.
- De meerwaarde van grondruk metingen is kleiner dan in voorgaande studies, wellicht het gevolg van verbeteringen in het model en/of assimilatiesysteem en/of nieuwe (satelliet) waarnemingsystemen.

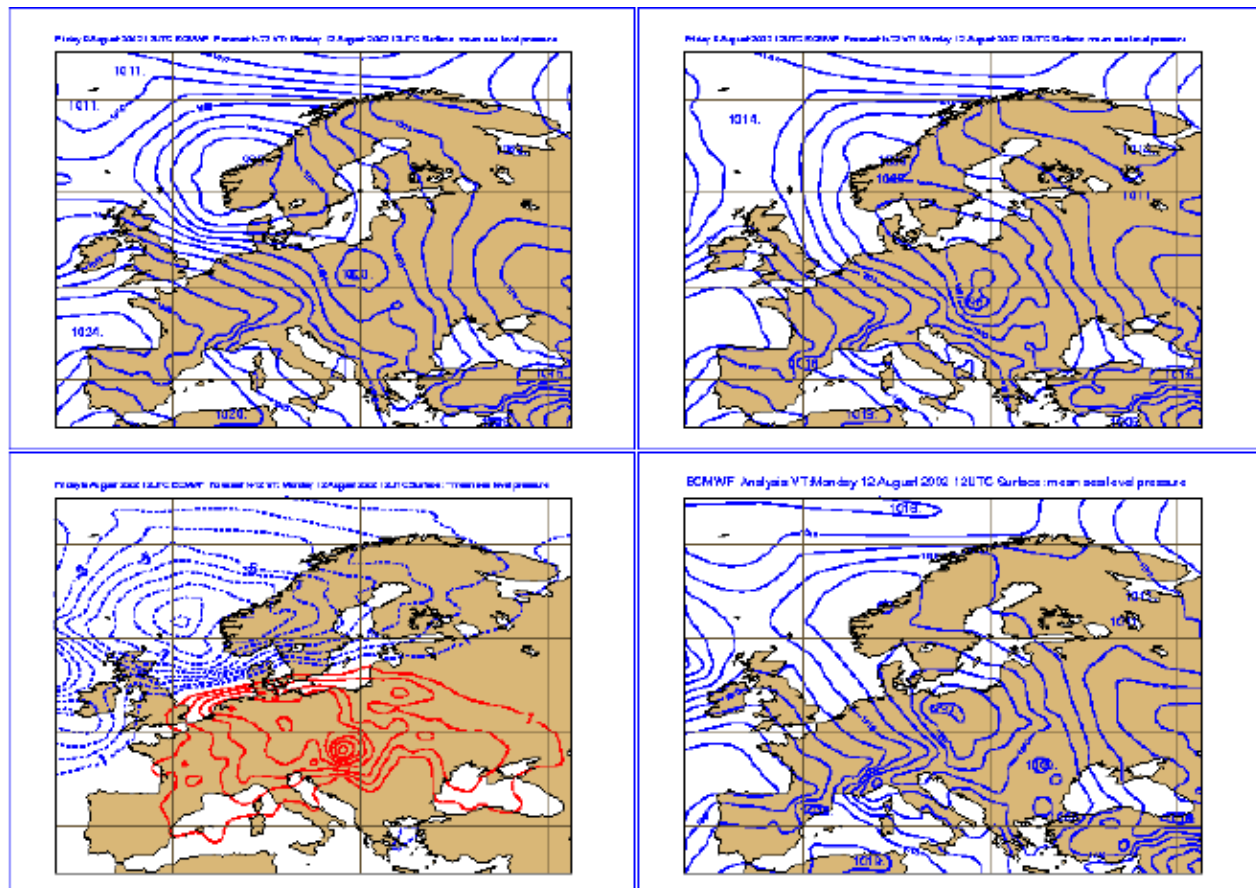
Case studie

Bovenstaande samenvatting van de resultaten van de experimenten geeft een gemiddeld en daarmee redelijk volledig beeld van de toegevoegde waarde van schepen en boeien voor de numerieke weersverwachting. De gemiddelde impact is niet heel groot, maximaal zo'n 6 tot 12 uur in de middellange termijn verwachting. Het gevaar van gemiddelde statistieken is dat het mogelijk interessante gevallen camoufleert waarin de meerwaarde zeer duidelijk is. Figuur 6 toont de tijdserie van de fout in de 1,2 en 3-daagse verwachting met daarin zo'n interessant geval op 9 augustus 2002 (omcirkelt). De fout in de 3-daagse verwachting voor 12 augustus wordt bijna verdubbeld wanneer geen schepen –en boeiwaarnemingen worden gebruikt. Figuur 7 laat inderdaad zien dat de 3-daagse controle verwachting (bruine lijn in Figuur 6) geïnitieerd op 9 augustus beter verifieert met de analyse 3 dagen later dan de verwachting waarin de schepen – en boeiwaarnemingen zijn weggelaten (lichtblauwe lijn in Figuur 6). Dit is terug te voeren op één of enkele scheepswaarnemingen voor de Amerikaanse oostkust, zie figuur 8, die wel in de controle run worden meegenomen en blijkbaar de oppervlakte druk van het modelveld op de

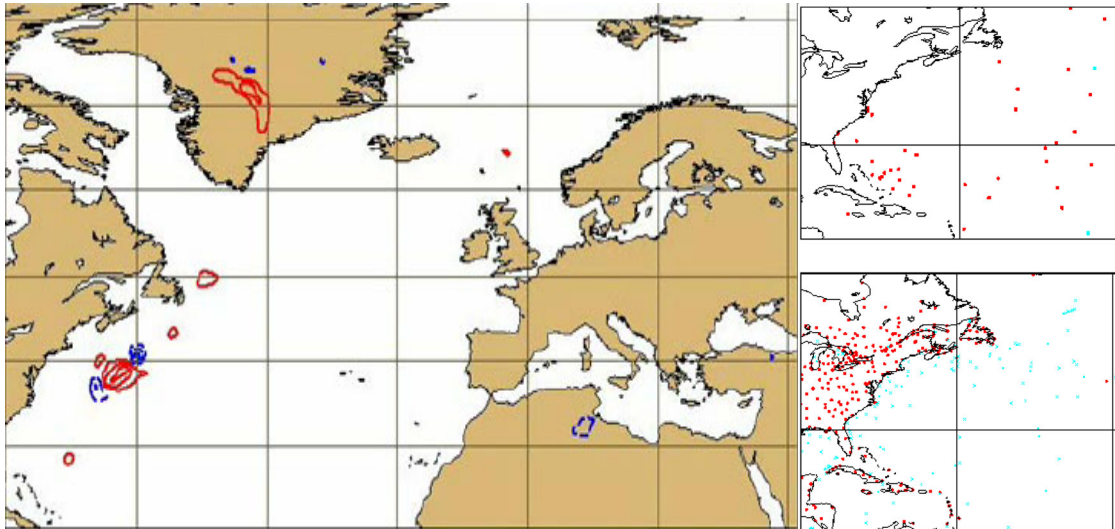
juiste manier corrigeren en wel zodanig dat de 3-daagse verwachting voor Europa aanzienlijk verbeterd. Dit voorbeeld laat ook duidelijk zien dat kleine correcties van de analyse grote gevolgen kunnen hebben voor de kwaliteit van de verwachting.



Figuur 6. Zie figuur 4, maar nu voor de 24/48/72 daagse verwachting voor het controle experiment en het experiment zonder scheep –en boeiwaarnemingen.



Figuur 7. Oppervlakte gronddruk voor 12 augustus 2002. Linksboven, 3-daagse verwachting wanneer geen scheep –en boeiwaarnemingen worden gebruikt. Rechtsboven, idem maar nu worden alle waarnemingen gebruikt (controle experiment). Linksonder, verschil tussen bovenstaande verwachtingen. Rechtsonder, de verificatie analyse van 12 augustus.



Figuur 8. Links, analyse verschil van de oppervlakte druk tussen de experimenten met (controle) en zonder schep –en boeiwaarnemingen. Rechts, boeilocaties (boven) en schiplocaties (onder) voor de Amerikaanse oostkust.

Concluderend kan gezegd worden dat de waarneemsysteem impact experimenten (OSE) van het ECMWF uit 2004 laten zien dat oppervlakte waarnemingen boven oceanen van schepen en boeien nog altijd een zeer belangrijke bijdrage leveren voor de numerieke weersverwachting. Een duidelijk onderscheid tussen het belang van boeien en schepen is niet te maken. Beide zijn even belangrijk. Ondanks hun relatief kleine aantal vormen ze een belangrijke component van het totale netwerk ondanks de groeiende impact van satelliet waarnemingen. Meer concreet kan een enkele waarneming in een meteorologisch gevoelig gebied, waar kleine veranderingen in de analyse snel kunnen groeien in de tijd, van cruciale waarde zijn voor de korte en middellange termijn verwachting. Vooral in deze gevallen is de meerwaarde van schepen en boeien het duidelijkst zichtbaar, hoewel op voorhand de beste locatie voor een dergelijke waarneming niet exact bekend is.