



Golfhoogteverwachtingen voor de Zuidelijke Noordzee

*een korte vergelijking van het ECMWF golfmodel
(EPS en operationeel),
de nautische gidsverwachting, Nedwam en
meteoroloog*

D.H.P. Vogelesang en C.J. Kok

Technisch rapport = Technical report; TR-223

De Bilt, 1999

Postbus 201
3730 AE De Bilt
Wilhelminalaan 10
Telefoon 030-220 69 11
Telefax 030-221 04 07

Auteurs: D.H.P. Vogelesang en C.J. Kok

UDC: 551.46.062.5
551.466.33
(261.26)

ISSN: 0169-1708

ISBN: 90-369-2167-8



Golfhoogteverwachtingen voor de Zuidelijke Noordzee

*Een korte vergelijking van het ECMWFgolfmodel (EPS en operationeel),
de nautische gidsverwachting, Nedwam en meteoroloog*

D.H.P. Vogelezang

C.J. Kok

Inhoud

1 Inleiding en Doel	3
2 De gegevens	4
2.1 Het ECMWF golfmodel	4
2.2 De Nautische Gids (NAUT)	4
2.3 Nedwam en meteoroloog	7
2.4 Waarnemingen	7
3 Vergelijking modellen	8
3.1 Correlatie en Scatter	8
3.2 Bias en standaarddeviatie	13
4 Het golfhoogte-ensemble	16
4.1 Spreiding van het ensemble	16
4.2 Spread-skill relatie (voor K13)	17
4.3 Reliability (bias in de kansverwachting)	19
5 Statistische nabewerking (van de golfhoogteverwachtingen)	20
6 Samenvatting resultaten en conclusies	22
7 Presentatie EPS golfmodellen	23
Dankwoord	24
Literatuur	24

1 Inleiding en Doel

Sinds 27 juni 1998 is het operationele ECMWF atmosfeermodel tweezijdig gekoppeld aan het ECMWF golfmodel (Janssen, 1998). Deze tweezijdige koppeling houdt in dat het golfmodel beïnvloed wordt door het windveld van het atmosfeermodel, maar ook omgekeerd. Naast de operationele versie wordt dagelijks ook een ensemble met 51 leden gedraaid op een lagere horizontale resolutie. In dit onderzoek worden voor de periode oktober 1998 - februari 1999 berekeningen voor de significante golfhoogte van beide modellen vergeleken met waarnemingen voor twee stations op de Noordzee, K13 en platform Euro (zie Fig. 1b). Waar mogelijk, worden ook verwachtingen van Nedwam, de meteorologen van de MMD en de Nautische Gids (Wijngaard en Kok, 1997) in deze vergelijking meegenomen. Globaal gezien willen we een idee krijgen over de performance en bruikbaarheid van de modellen in deterministische zin over deze periode. Daarnaast bekijken we of de spreiding van het ensemble informatie biedt over onzekerheden in het golfmodel en of het golfensemble direct te interpreteren is als een kansverdeling (probabilistisch model). Directe aanleiding van dit werk is het sinds kort beschikbaar zijn van EPS golfhoogtes via intranet.

In hoofdstuk twee worden de gegevens van de modellen gepresenteerd. In hoofdstuk drie vergelijken we deze gegevens met waargenomen golfhoogtes, waarbij gekeken wordt naar standaard verificatiematen als correlatie, bias en standaarddeviatie. In hoofdstuk vier worden enkele aspecten van het ensemble onder de loupe genomen. In hoofdstuk vijf wordt getracht de uitvoer van ECMWF te verbeteren met een statistische nabewerking op die ECMWF uitvoer. Samenvatting van de resultaten en conclusies zijn te vinden in hoofdstuk 6.

2 De Gegevens

2.1 Het ECMWF golfmodel

Het gekoppelde oceaans-atmosfeermodel van het ECMWF (atmosfeermodel: T319L31) draait sinds 27 juni 1998 in de operationele suite dagelijks tot 10 dagen (+240) vooruit vanaf de 12 UTC analyses. Het golfmodel draait op een equidistant rooster met een constante roosterpuntsafstand van 52 km* (zie Fig. 1a). Daarnaast wordt een versie in ensemble mode gedraaid op een lagere resolutie (atmosfeermodel: T159L31), met 1 onverstoord en 50 verstoord analyses. Het EPS golfmodel draait op een regelmatig 1.5x1.5 graad lat-lon rooster (Fig. 1b). Oceaansmodel en atmosfeermodel zijn tweezijdig gekoppeld: het atmosferische windveld beïnvloedt de ontwikkeling van het golfveld; het golfveld beïnvloedt het windveld middels een variabele momentum-weerstand (de Charnock parameter). De koppelingstijdstap is 1 uur. Beide golfmodellen verschillen enigszins in de zin dat het deterministische hoge resolutie model gebruik maakt van standaard ondiep-water vergelijkingen, terwijl het EPS alleen het diep-water gedeelte van het model gebruikt (J. Bidlot, pers.comm.). Dit verschil kan van belang zijn in de Zuidelijke Noordzee. De ondiep-water vergelijkingen leggen namelijk in ondiep water een beperking op aan de hoogte van de golven.

De data van beide golfmodellen is uit het ECMWF MARS archief geëxtraheerd, geïnterpoleerd op een regelmatig rooster van 0.5x0.5 graad. Voor zowel K13 als Euro is vervolgens uit dit rooster het punt gekozen dat het dichtst bij het station ligt. Het gebied van onderzoek, de Zuidelijke Noordzee, is vrij smal met maar enkele punten in het originele rooster in oost-west richting voor het operationele model. Het aantal punten in EPS is helemaal karig. Dit gegeven, plus het voornoemde verschil in fysica van beide modellen kunnen nogal van invloed zijn op de statistiek van de modeluitvoer.

2.2 De Nautische Gids (NAUT)

Al enige tijd worden op het KNMI gidsverwachtingen gemaakt ten behoeve van MMD meteorologen voor 5 stations op de Noordzee, waaronder K13 en Euro (Wijngaard en Kok, 1997). Deze gids, gebaseerd op de Model Output Statistics (MOS) techniek, levert verwachtingen om de 12 uur voor de termijn +36 tot en met +144 (ten opzichte van de ECMWF-analyse) voor windsnelheid, max. wind en windrichting, alsmede significante golfhoogte en golfperiode. In dit rapport wordt de +36 van de NAUT niet in de verificatie betrokken omdat de MMD deze verwachtingen niet ontvangt. Deze gids maakt geen gebruik van informatie uit welk golfmodel dan ook, maar is louter gebaseerd op uitvoer van het atmosfeermodel van het ECMWF. Voor de significante golfhoogteverwachtingen worden als "predictoren" voornamelijk windsnelheden, al of niet gekwadrateerd, van het ECMWF model en van de gids zelf gebruikt. De data waarop deze gids is afgeleid betreft de jaren 92 tot en met 95. De deiningcomponent van de golfhoogte is in deze gids niet expliciet meegenomen. In Wijngaard en Kok (1997) wordt betoogd dat hiervan enige verbetering verwacht mag worden. Een nog grotere verbetering zou kunnen worden bewerkstelligd door gebruik te maken van golfmodeluitvoer, naast atmosfeermodelgrootheden, als input voor de gidsvergelijkingen. Doordat dit tot op heden niet het geval is kunnen de golfverwachtingen van de Nautische gids beschouwd worden als onafhankelijk golfmodel (hoewel hetzelfde atmosfeermodel gebruikt wordt), maar zonder dat er golfphysica aan te pas komt.

* Er is ook een versie met 26 km roosterpuntsafstand.

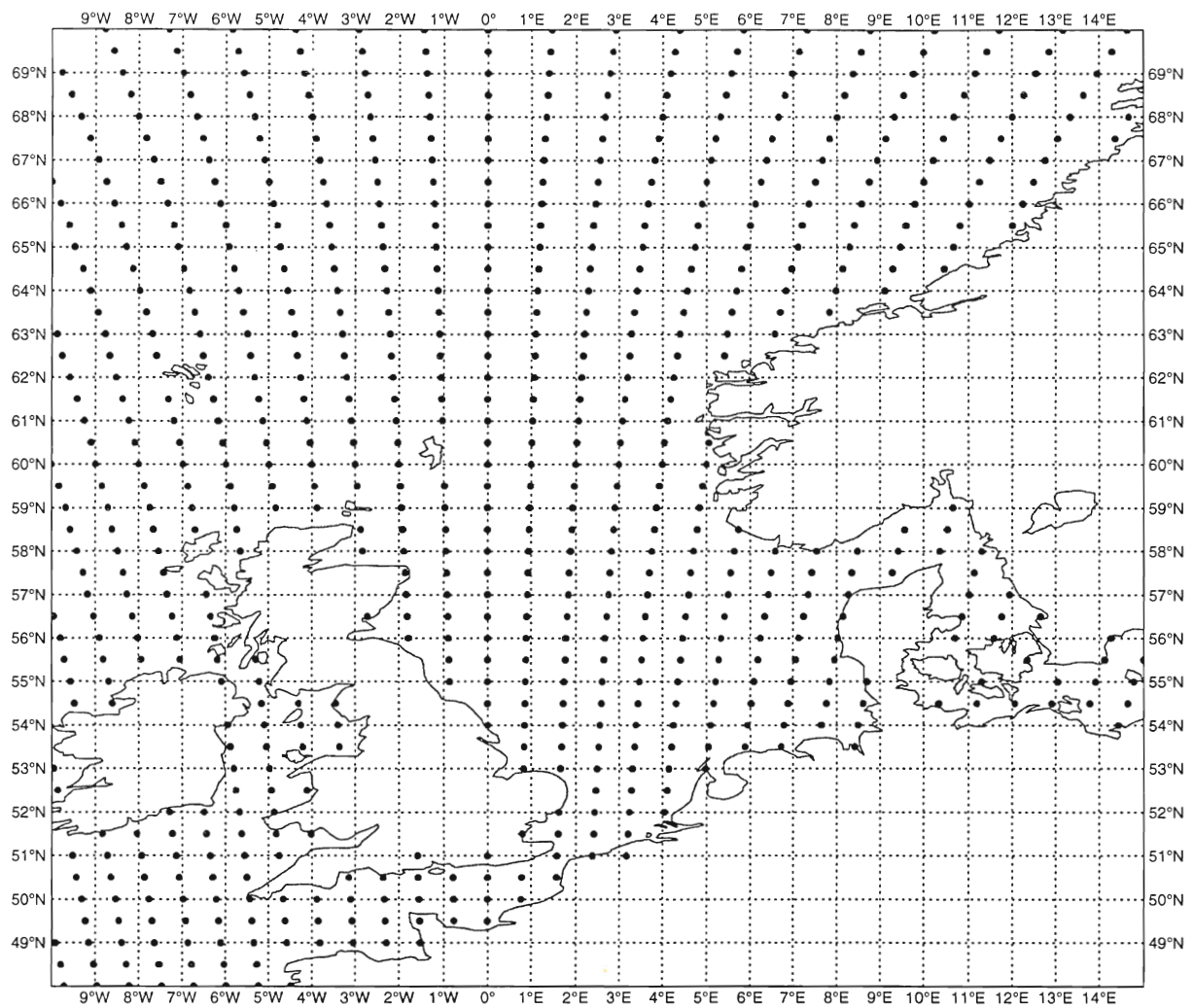


Fig. 1a: Lokatie van de roosterpunten waarop het operationele ECMWF golfmodel rekent; onregelmatig latitude-longitude met constante roosterpuntsafstand (52 km).

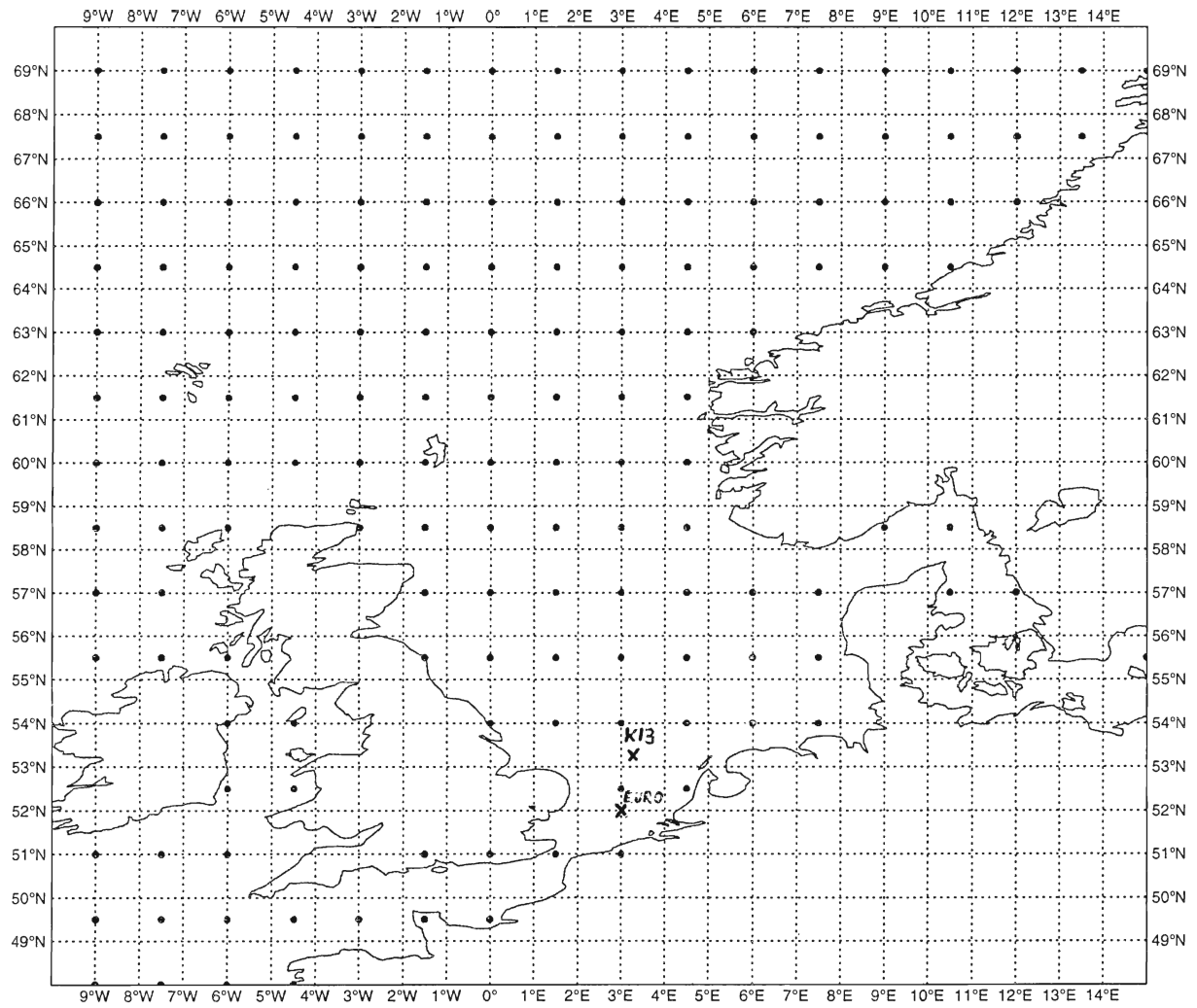


Fig. 1b: Lokatie van de roosterpunten waarop het EPS golfmodel rekt; regelmatig latitude-longitude van 1.5 x 1.5 graden.

2.3 Nedwam en meteoroloog

Het golfmodel van het KNMI, Nedwam, levert al enige jaren golfverwachtingen voor de Noordzee. Op dit moment draait Nedwam vier maal per dag met invoer van het atmosfeermodel Hirlam. Uitvoer komt beschikbaar rond 4, 10, 16 en 22 UTC. Van Nedwam zijn alleen de runs met analysetijd 12 UTC in de vergelijking meegenomen (om 12 UTC wordt door de MMD wel een verwachting gemaakt voor Euro, maar niet voor K13). Deze keuze levert weliswaar een eerlijk beeld over de kwaliteit van de modellen als functie van de voorspeltermijn, maar geeft geen oordeel over welk model op welk moment van de dag het best bruikbaar is. Om hier enigszins aan tegemoet te komen wordt ook vergeleken hoe rond 4 UTC (ongeveer de uitgiftetijd van ECMWF en Nedwam run 00 UTC) de diverse modellen en de meteoroloog scores.

2.4 Waarnemingen

Waarnemingen van stations K13 (53.22 °N, 3.22 °O) en Europlatform (51.99 °N, 3.27 °O) (zie Fig. 1b) zijn gebruikt om de verwachtingen te verifiëren. Hierbij zijn alleen de waarnemingen voor de tijdstippen 00 UTC en 12 UTC gebruikt. Globaal gezien komen we in de beschouwde periode uit op een gemiddelde golfhoogte van ruim 2.5 meter, met maxima rond de 5.5 meter. Het ietwat kleine sample met daarbij een klein verschil in deze twee waarnemingssets kan in sommige verificatiematen een kleine dagelijkse gang introduceren.

We bekijken hier de winterperiode van oktober 1998 t/m februari 1999. Behoudens ontbrekende data (vooral waarnemingen) komen we dan op een totaal van rond de 140 dagen uit.

3 Vergelijking modellen

3.1 Correlatie en scatter

Een eerste indruk van de kwaliteit en bruikbaarheid van modellen is te krijgen door te kijken naar de relatie tussen de verwachte en de opgetreden golfhoogtes. Voor de deterministische modellen en de MMD-verwachting is hiervan de correlatie bepaald en uitgezet tegen de forecasttijd (zie Fig. 2). In de figuren en de rest van dit verhaal worden de volgende afkortingen gebruikt: operationele run ECMWF = OPER, controle run = CTRL, ensemble gemiddelde = ENSG, nautische gid = NAUT, Nedwam model = NEDW en meteoroloog = MMD.

Kijken we naar de periode +12 tot +84, dan ontlopen de meeste modellen elkaar weinig, met vooral bij Euro een gering voordeel voor OPER. ENSG en CTRL vertonen een vrijwel identiek verloop. De correlaties voor NEDW en MMD zijn op +12 even hoog als die van de op ECMWF gebaseerde modellen, maar tonen een groter verval tot +36. De Nautische Gids begint op +48 en geeft tot +84 lagere correlaties dan de andere drie modellen. Van +120 tot +144 is de correlatie van NAUT vergelijkbaar met OPER en CTRL, terwijl ENSG dan duidelijk beter scoort. Voor station Euro zien we een opmerkelijke dip in de correlatie van NAUT op +60 en +72, waarna vanaf +96 de lijn van de andere drie weer wordt gevolgd. Voor de lange termijn tot +240 blijven alle correlaties positief waarbij die van OPER duidelijk het laagst zijn. Een eenduidige verklaring voor het gevonden gedrag kan niet worden gegeven. Daartoe zouden onder meer de kwaliteit van het windveld en de correlaties tussen windveld en golfveld onderzocht moeten worden. Dat valt buiten het bestek van dit verhaal.

Een correlatie toont weliswaar een algemeen beeld waarbij alle verwachtingen bij elkaar geveegd zijn, maar een gebruiker is wellicht meer geïnteresseerd in het specifieke gedrag bij hoge of lage golven. Uit Fig. 3 is te zien dat voor station Euro voor zowel +12 als +36 de resultaten van NEDW en MMD weinig verschillen. Het opvallendste aspect is dat de hogere golven bij NEDW systematisch te hoog zijn, terwijl dit bij MMD veel minder het geval is (zie ook §3.2). Zoals eerder vermeld, wordt dit vermoedelijk veroorzaakt doordat het HIRLAM-model waarmee NEDWAM wordt aangedreven, in de onderzochte periode een ongewone positieve bias in de windsnelheid vertoonde voor de Zuidelijke Noordzee (Stam, priv. comm.). De meteoroloog is kennelijk redelijk in staat geweest om een inschatting van de te hoge wind bij Euro te maken en de golfprognoses van NEDWAM daarmee te corrigeren. Fig. 4a en 4b geven voor K13 voor de forecasttermijnen +60, +144 en +240 de verwachtingen versus waarneming voor OPER, ENSG (Fig. 4a) en NAUT (Fig. 4b, NAUT geen +240). Zoals in Fig. 2 is ook hier het beeld van afnemende correlatie met forecasttijd duidelijk terug te vinden. Wat verder opvalt is dat de verdelingsfuncties van NAUT en ENSG smaller worden met de forecasttijd. Het ensemble gemiddelde laat op +240 slechts hoogtes zien tussen 1 en 3m, waar dit op +60 nog grofweg tussen 0.5 en 5.5 was. Dit fenomeen is een algemene eigenschap van het ensemble gemiddelde en wordt veroorzaakt door het feit dat de kansverdeling van het hele ensemble bij toenemende forecasttijd steeds meer op de klimatologische kansverdeling gaat lijken: de individuele leden gaan gezamenlijk min of meer de klimatologische kansverdeling vormen waarbij het gemiddelde van alle leden richting een constante waarde schuift. Bij dit proces wordt de verdelingsfunctie van het ensemble gemiddelde steeds smaller.

Ook bij gidsen zien we in het algemeen het spectrum versmallen bij toenemende forecasttijd. Voor de Nautische Gids neemt vooral het maximum af, van 5m op +60 tot 3.5 op +144. Dit smaller worden wordt veroorzaakt door het feit dat de (lineaire) regressievergelijking, waarop de gidsverwachting is gebaseerd, steeds vlakker wordt met toenemende forecasttijd. Lineaire regressie op een dataset minimaliseert de som van

gekwadrateerde fouten. Met toenemende forecasttijd worden de fouten vaak groter. Kleinere regressiecoëfficiënten zijn het gevolg, wat resulteert in een smal spectrum voor de verwachte verdeling. Men dient op dit alles zeker bedacht te zijn bij het vergelijken van verschillende deterministische modellen.

Kort samengevat gaat de hogere correlatie van ENSG dus gepaard met een kleiner bereik in golfhoogte. Daarnaast geldt dat het bereik van OPER constant blijft bij toenemende forecasttijd, maar dat dit slechts grotere fouten in de verwachting tot gevolg heeft en dus een lagere correlatie. Een keuze voor ENSG ligt dan meer voor de hand.

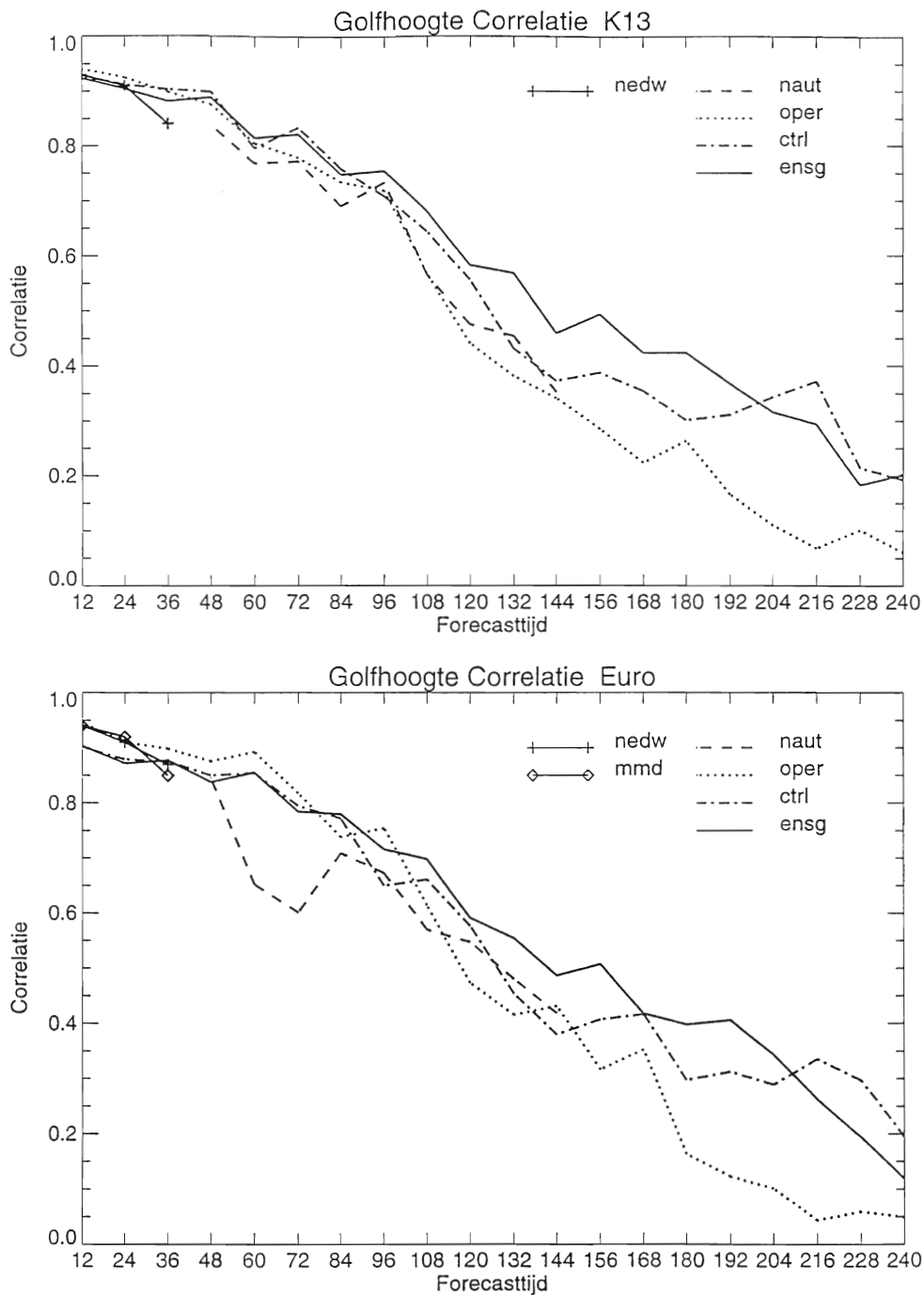


Fig. 2: De correlatie van waargenomen golfhoogtes met modelverwachtingen als functie van de forecasttijd; (boven K13, onder Euro).

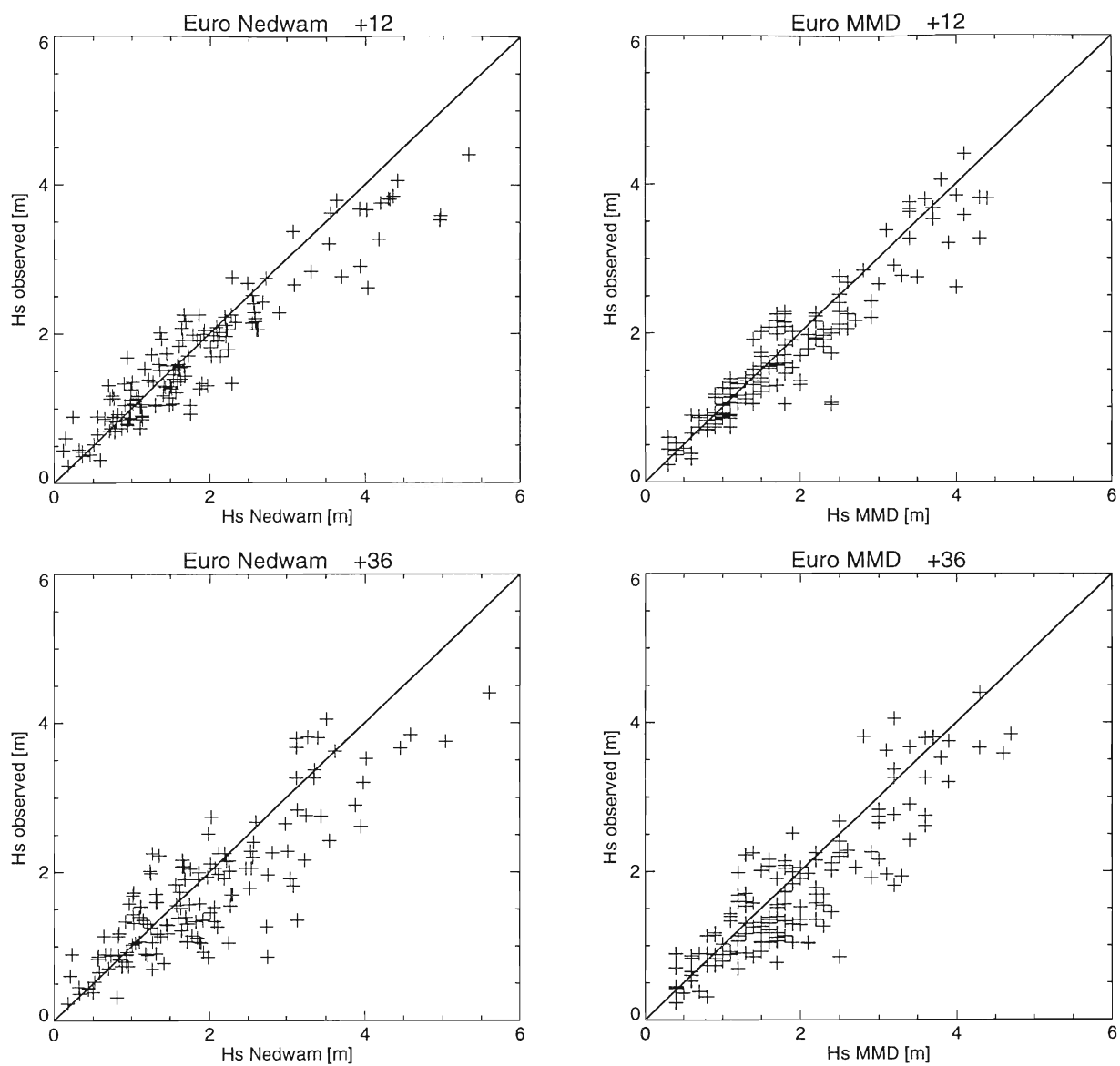


Fig. 3: Verwachting versus waargenomen golfhoogte voor +12 (a) en +36 (b), (links Nedwam, rechts MMD)

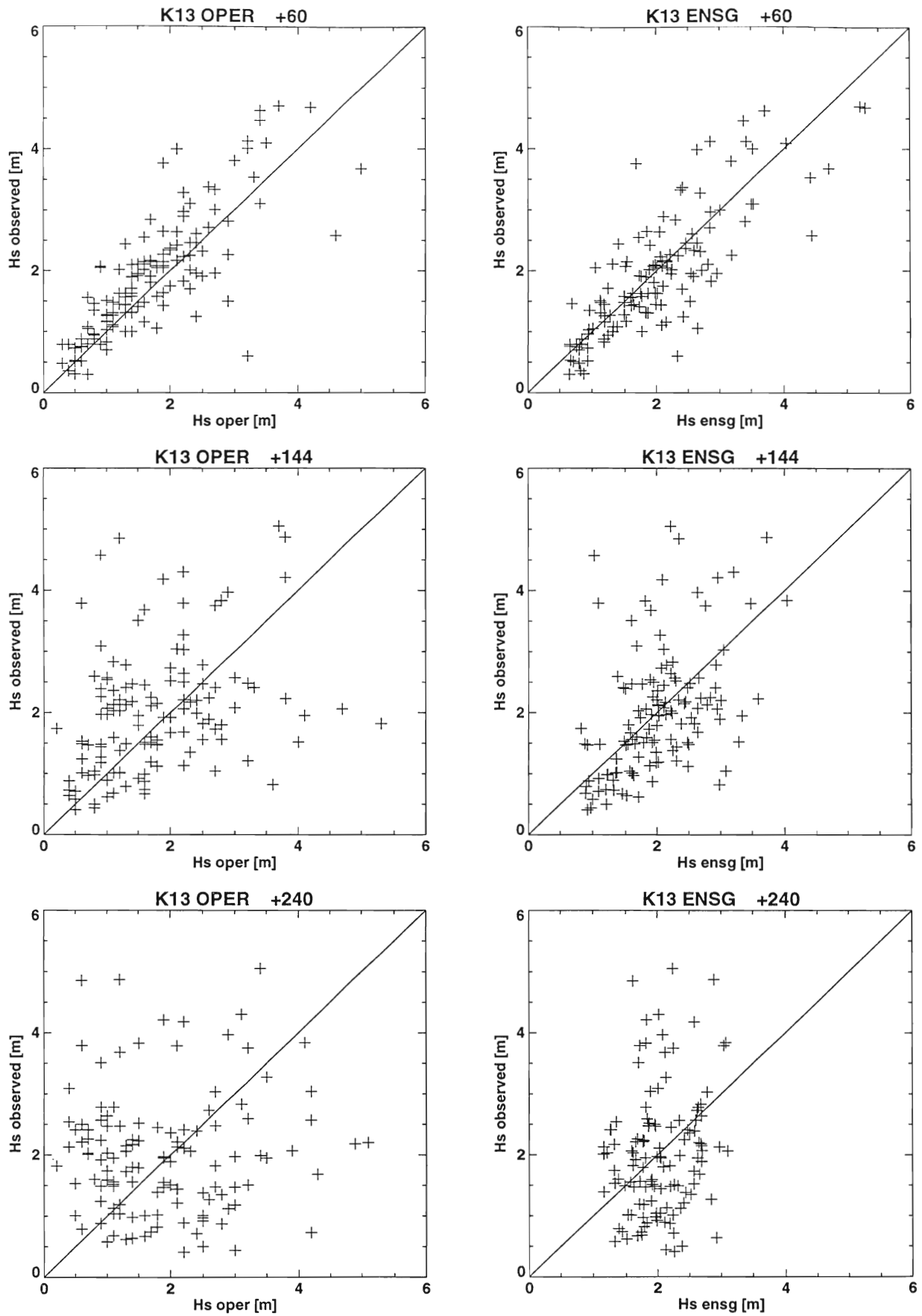


Fig. 4a: Verwachting versus waargenomen golfhoogte voor +60, +144 en +240, (links Operationeel model, rechts Ensemble gemiddelde)

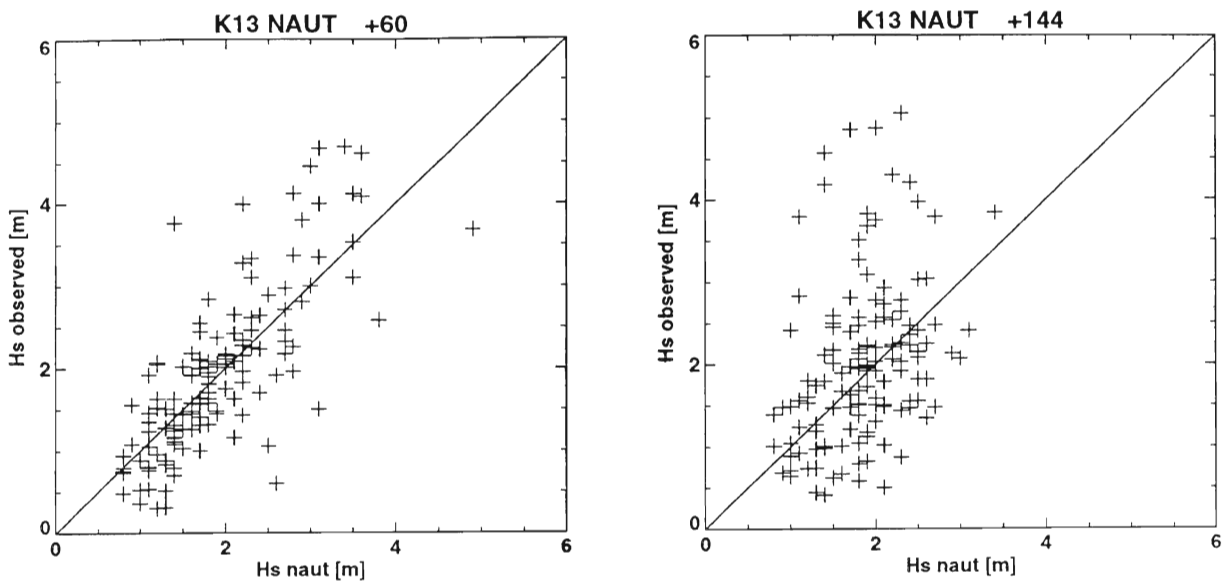


Fig. 4b: Verwachting Nautische gids versus waargenomen golfhoogte voor +60 en +144.

3.2 Bias en standaarddeviatie

Naast correlatie tussen waarneming en model geven ook bias (gemiddelde fout) en standaarddeviatie (SD) van een verwachting een idee over de modelkwaliteit. Fig. 5 geeft deze maten als functie van de forecasttijd. K13 en Euro vertonen min of meer hetzelfde beeld. De bias van NEDW en MMD is licht positief (zo'n 10-20 cm tussen +12 en +36) en ontloopt elkaar weinig. De biases van CTRL, ENSG en NAUT zijn onderling vergelijkbaar en iets minder dan NEDW en MMD. Het verschil in bias tussen OPER en de overige modellen is voor Euro iets groter dan voor K13. Het operationele model verschilt duidelijk van de andere modellen en vertoont een negatieve bias van rond de 3 decimeter. NEDW gebruikt hetzelfde golfmodel als OPER maar geeft voor de onderzochte periode een positieve bias. Dit blijkt sterk afwijkend van verificaties van NEDW over andere periodes waarbij veelal een negatieve bias vergelijkbaar met OPER werd gevonden (Bouws, pers. comm.). De in de onderzochte periode ongewoon grote positieve bias in de windsnelheid van het HIRLAM-model welke NEDWAM aandrijft is zeer waarschijnlijk de oorzaak van deze afwijkende bevindingen. Het verschil in bias tussen enerzijds OPER en anderzijds CTRL en ENSG komt mogelijk door het gebruik van andere fysica (geen ondiep-water gedeelte) en een lagere resolutie in het EPS golfmodel waar de resultaten van CTRL en ENSG uit afkomstig zijn. Overigens is de geconstateerde bias nauwelijks afhankelijk van de forecasttijd. Bij direct gebruik van het operationele model voor een verwachting ligt een algemene biascorrectie dus voor de hand (zie ook hoofdstuk 5). De bias van NAUT vertoont een dalende trend naar langere forecasttijd.

Voor de korte termijn (tot +36) zijn voor K13 de standaarddeviaties van NEDW duidelijk groter dan die van de ECMWF verwachtingen. Voor Euro is dit verschil kleiner. Ook blijkt voor Euro de verwachting van MMD iets beter dan NEDW. In het algemeen blijkt analyse van de standaarddeviaties het beeld van de correlaties te bevestigen. We zien wederom kleine verschillen tot +96, met een licht voordeel voor OPER. De 'hobbel' in de SD van NAUT op +60 en +72 voor Euro is uiteraard vergelijkbaar met de 'dip' in de correlatie in Fig. 2. Na +96 nemen SD van OPER en CTRL nog toe, terwijl NAUT en ENSG naar verzadiging neigen. Dit laatste kan worden verklaard door het in 3.1 al beschreven 'middelingseffect'. NAUT, en vooral ENSG, presteren voor de middellange en lange termijn dus beter.

Om de bruikbaarheid van modellen in de operationele praktijk te kunnen bepalen is het ook van belang de beschikbaarheidstijd van de modellen te weten. De tijd tussen analyse en beschikbaar komen van modeluitvoer is namelijk inmiddels verstreken. Als (enig) voorbeeld nemen we hier de tijd rond 4 UTC. Rond die tijd komen de ECMWF run (12 UTC) en de Nedwam run van 00 UTC beschikbaar. In Tabel 1 is te zien dat voor de verwachting voor 12 UTC (+8 uur), MMD de laagste standaarddeviatie heeft, maar dat voor 00 UTC (+20) en 12 UTC (+32) daaropvolgend het ECMWF de laagste standaarddeviatie heeft. De bias van MMD en NEDW zijn beide ongeveer 10-20 cm positief. De bias van ECMWF is ongeveer 30cm negatief.

model/verificatietijd	12 UTC	termijn	00 UTC	termijn	12 UTC	termijn
ECMWF	0.38	+24	0.40	+36	0.45	+48
NEDWAM	0.42	+12	0.44	+24	0.52	+36
MMD	0.33	+12	0.42	+24	0.49	+36

Tabel 1. Standaarddeviaties voor beschikbaarheidstijd 4 UTC. De laagste waarden per tijdstip zijn grijs gearceerd.

Samenvattend mogen we concluderen dat voor de korte termijn het operationele model het iets beter doet, terwijl voor de middellange en lange termijn een keuze voor het ensemble

gemiddelde meer voor de hand ligt, hoewel dan rekening moet worden gehouden met het smallere spectrum ervan. Uit de geanalyseerde data blijkt verder dat de verwachtingen van Nedwam gemiddeld minder goed zijn dan die van ECMWF, ook indien rekening wordt gehouden met de beschikbaarheidstijden. Alhoewel dit een serieuze vingerwijzing is, is het trekken van algemene conclusies echter voorbarig. Hiervoor is een uitgebreidere verificatie nodig waarbij ook apart gekeken moet worden naar de verificatie van hoge golven en andere aspecten van golfverwachtingen zoals richting en spectrum. Deze aspecten vallen buiten het bestek van dit onderzoek, maar zijn zeker noodzakelijk voor een goed afgewogen oordeel over de modelprestaties.

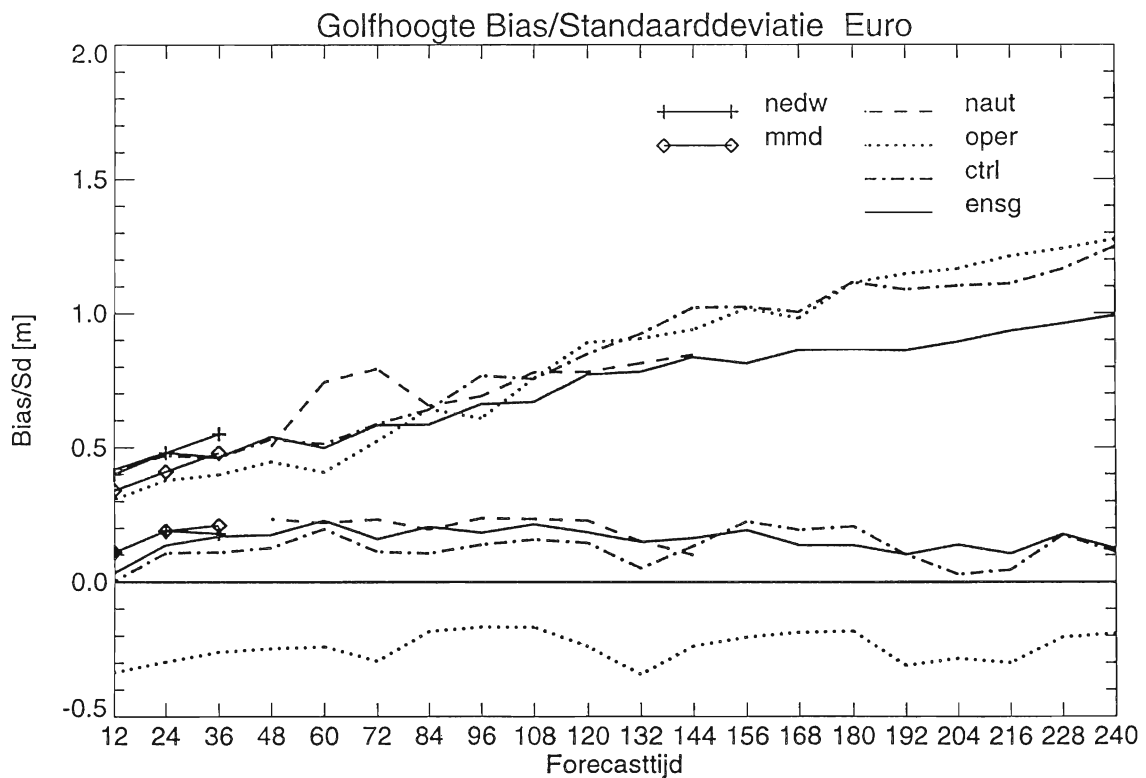
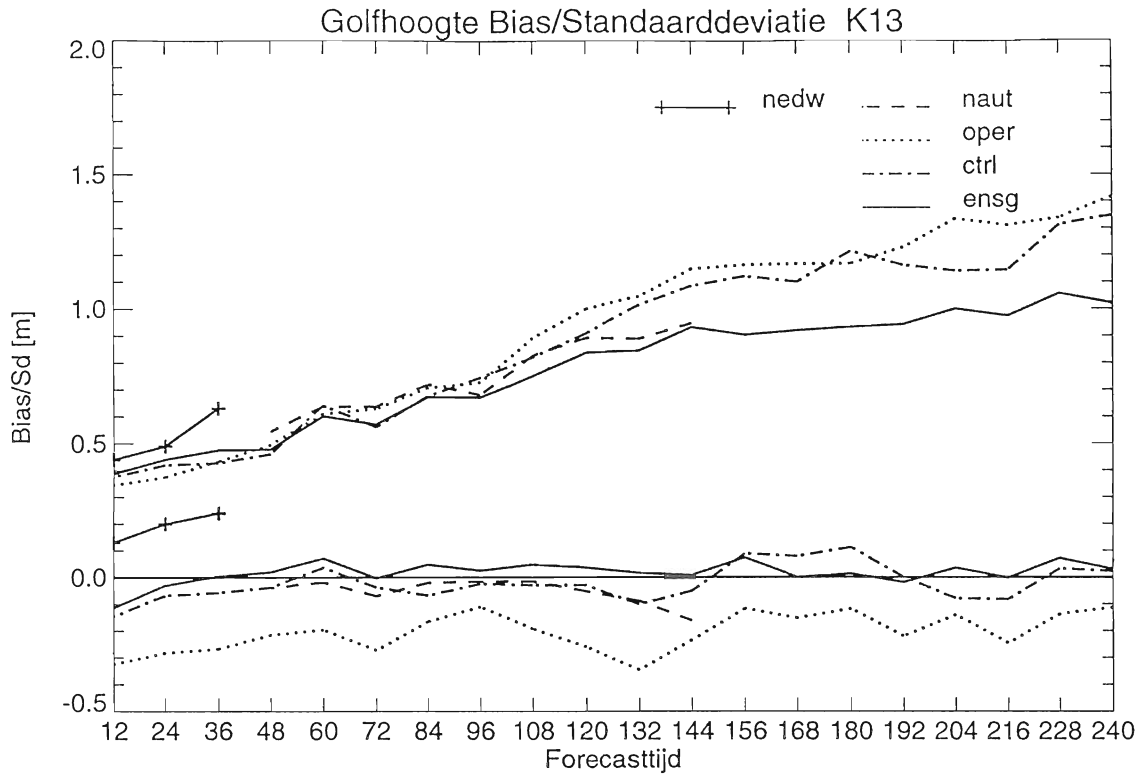


Fig. 5: Gemiddelde bias en standaarddeviatie als functie van de forecasttijd; De bovenste lijnen zijn standaarddeviatie, de onderste lijnen de bias; stippellijn: operationele model; punt-streep: controle run; doorgetrokken lijn: ensemble gemiddelde; gestreept: nautische gids (van +48 tot +144), lijn met kruisjes: Nedwam (+12 tot +36); lijn met ruitjes: MMD verwachting (+12 tot +36), (boven K13, onder Euro).

4 Het Golfhoogte-ensemble

4.1 Spreiding van het ensemble

Een gewenste eigenschap van een ensemble is dat het de waargenomen frekwentieverdeling zo goed mogelijk representeert. Het is niet acceptabel als te veel waarnemingen buiten de range van het ensemble vallen, of als het ensemble altijd te breed is, dus nietszeggend. Fig. 6 laat zien dat voor beide stations het percentage waarnemingen dat buiten de range van het ensemble valt afneemt met de voorspeltermijn. Voor korte voorspeltijd, tot zo'n +60, is de spreiding duidelijk (te) smal, maar dit is ook niet de periode waarin het EPS van nut beoogt te zijn. Vanaf +60 valt voor K13 minder dan 15% van de waarnemingen buiten de pluim. Tot +240 is dit percentage vrij constant tussen ongeveer 5 en 10%. Vergeleken met K13 liggen voor Euro de percentages de gehele forecasttijd iets hoger en blijft een lichte afname van de 'outliers' te zien tot en met +240. Wanneer elk lid van het ensemble overeen zou komen met een kans van $1/51$ op een bepaalde golfhoogte, dan zou in circa 4% van alle gevallen de waarneming buiten de range van het ensemble mogen vallen. In dat opzicht lijkt de spreiding van het golfhoogte-ensemble vanaf +96 redelijk, alhoewel nog iets te klein. Mocht blijken dat het systeem bruikbaar is voor kansverwachtingen dan geldt in ieder geval dat van +12 tot +96 de spreiding te klein is, maar dat na die periode het bereik van de waarnemingen voldoende wordt 'gedekt'. In die zin doet het ensemble dan ook wat ervan wordt verwacht. Ook voor het EPS dat ensemble-verwachtingen maakt voor atmosferische parameters blijkt de spreiding rond +120 pas voldoende te zijn toegenomen.

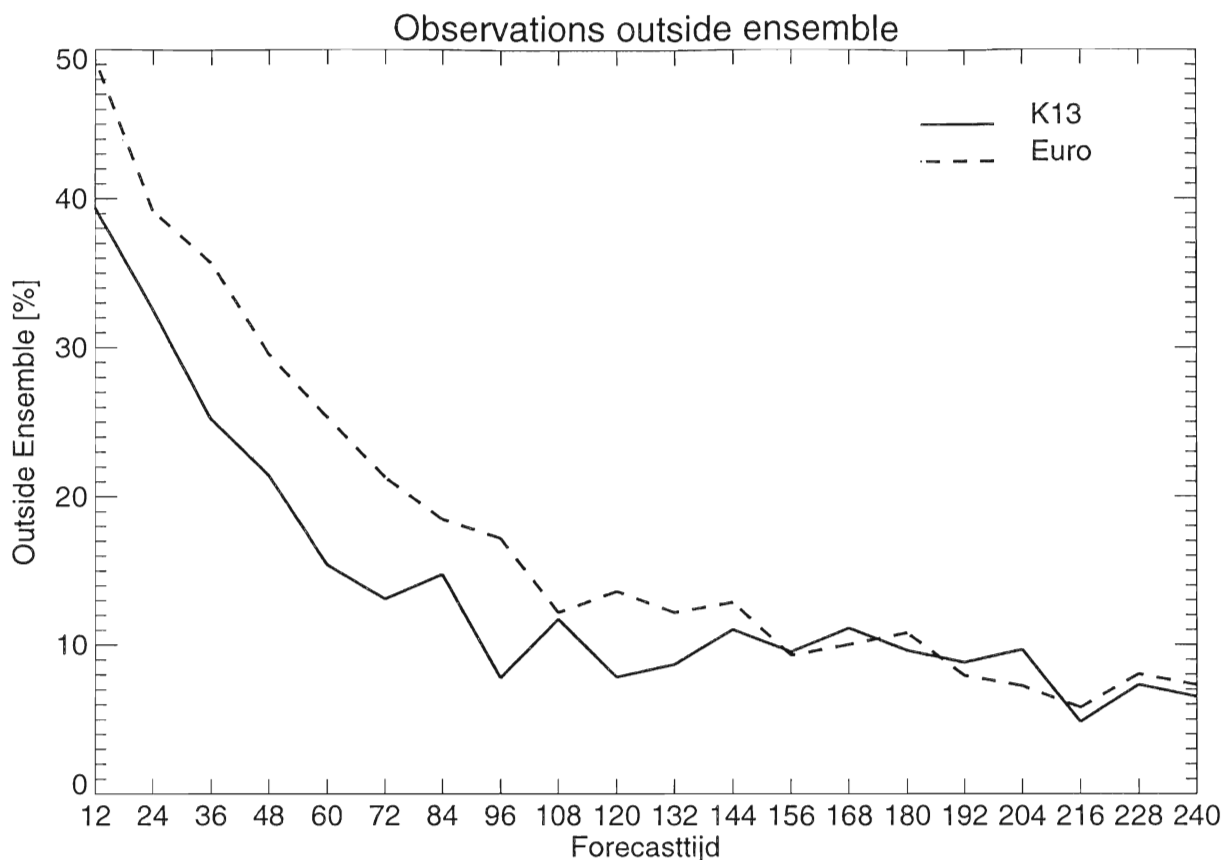


Fig. 6: Percentage van de waarnemingen dat buiten het ensemble valt als functie van de forecasttijd; doorgetrokken lijn: K13, onderbroken lijn: Euro.

4.2 Spread-skill relatie (voor K13)

Een andere manier van gebruik van een ensemble is dat de grootte van de spreiding op een of andere manier gerelateerd is aan onzekerheden in een deterministische verwachting, zoals operationele run of controle run. Een grotere spreiding zou gemiddeld gesproken grotere onzekerheden (lees: fouten) in een deterministische run moeten betekenen. Als maat voor de spreiding nemen we hier de standaarddeviatie van het ensemble. Fig. 7 laat zien dat de correlatie tussen de absolute fout in de verwachting van het deterministische operationele model en deze spreiding gedurende de gehele forecasttijd licht positief is, maar te laag om rechtstreeks in een verwachting van nut te zijn.

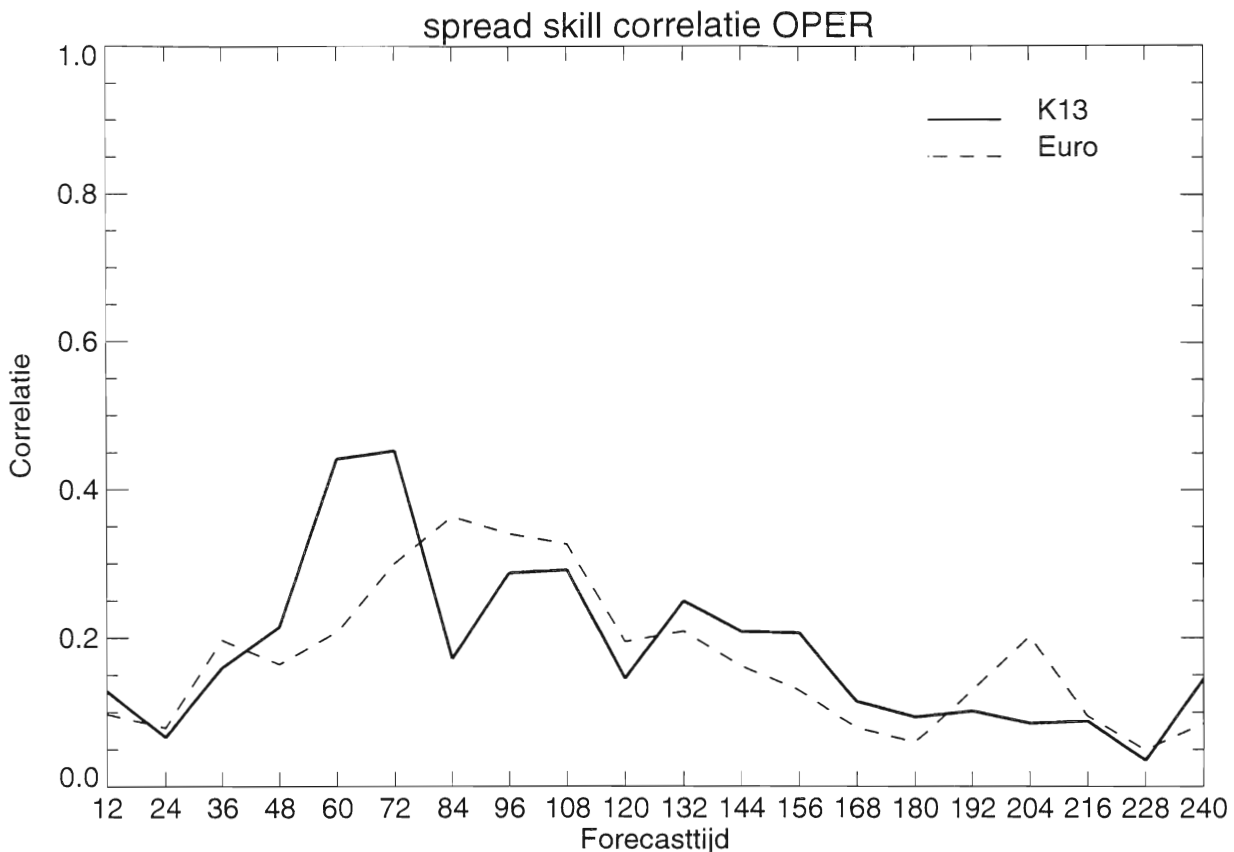


Fig. 7: Gemiddelde correlatie tussen de absolute fout in de operationele verwachting en de standaarddeviatie van het ensemble (spreiding) als functie van de forecasttijd.

Fig. 8 toont de specifieke gevallen uit Fig. 7 voor de termijnen +72, +144 en +240. Voor +72 (de termijn met de hoogste spread-skill correlatie) zien we dat bij een kleine spreiding geen gevallen zijn met een grote fout in OPER. Voor de hogere forecasttijden geldt dit niet meer: een aantal gevallen heeft een kleine spreiding samen met een grote absolute fout in de verwachting, tot zelfs meer dan drie meter voor +144. Een ander opvallend verschijnsel is het kleiner worden van de range in de spreiding met toenemende forecasttijd. Ook dit heeft te maken met de tendens van ensemble verwachtingen om voor langere forecasttijd de klimatologische verdeling te produceren. Uit de spread-skill analyse kunnen we dus concluderen dat de spreiding in de golfhoogtepluimen, met uitzondering van de periode tussen ongeveer +60 en +108, in het algemeen (nog) niet rechtstreeks bruikbaar is als maat voor de onzekerheid in operationele verwachtingen.

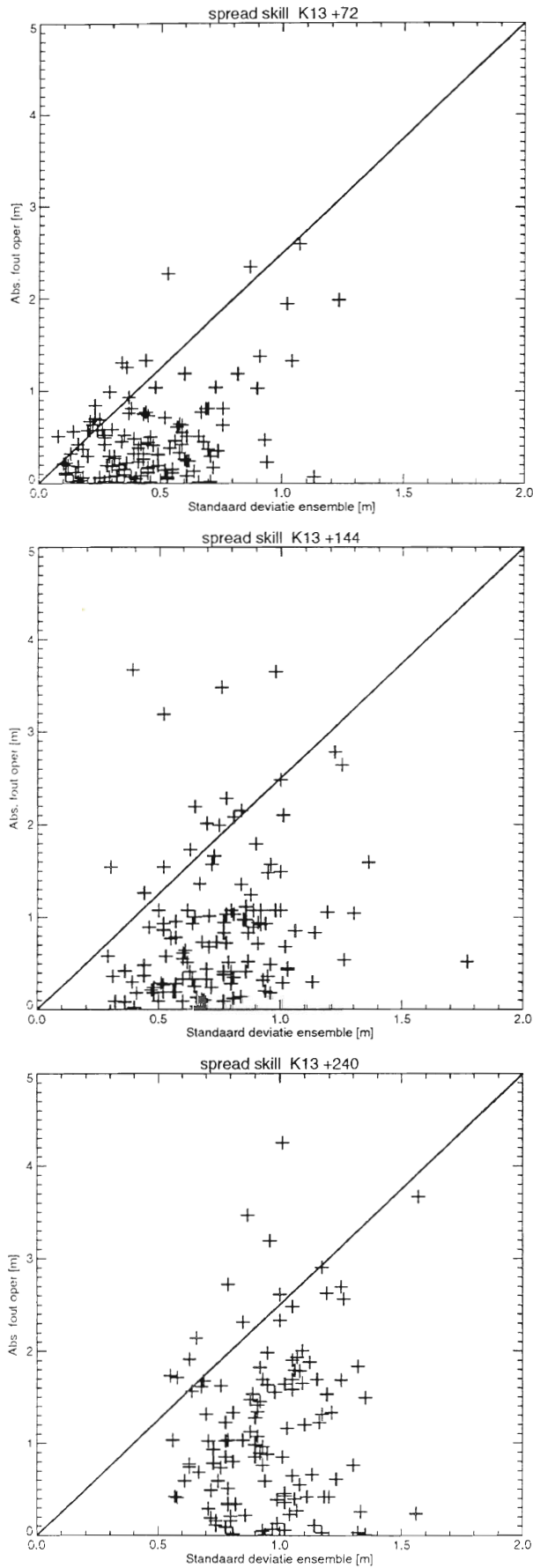


Fig. 8: Voor station K13: Spreiding in ensemble versus absolute fout in operationele verwachting voor +72, +144 en +240.

4.3 Reliability (bias in de kansverwachting)

Naast het gebruik van EPS als informatiebron voor de betrouwbaarheid van een deterministische verwachting, kan men het ensemble ook gebruiken om kansverwachtingen te maken. Men kan bijvoorbeeld stellen dat ieder lid een kans van 1/51 op een bepaalde golfhoogte weergeeft. Stel dat 10 van de 51 leden een golfhoogte van 3 meter of hoger geven. Kunnen we dan zeggen dat de kans op golven groter dan 3 meter 20% is? Om die vraag te kunnen beantwoorden worden alle gevallen in het verleden waarin geselecteerd waarbij 10 van de 51 leden 3 meter of hoger voorspelden. De verwachting is dat dan in 20% van die gevallen de waargenomen hoogte 3 meter of meer was. Dan geldt dat verwachte kans en opgetreden frekwentie gelijk zijn. Geldt dit voor alle kansen tussen 0 en 100%, dan is het systeem 'reliable'. Als voorbeeld hebben we voor onze dataset de 'reliability' onderzocht voor de kans op overschrijding van golfhoogtes van 3 meter voor de termijn van +144 uur. Een reliabilitydiagram construeren we door de verwachte kansen in intervallen te splitsen en uit te zetten tegen de werkelijk opgetreden frekwentie. Voor een kansverwachtingssysteem dat perfect reliable is, liggen alle punten op de diagonaal. Voor punten onder de diagonaal worden de kansen overschat en voor punten erboven onderschat. Fig. 9 toont de resultaten van deze exercitie. Omdat de spreiding van de voorspelde kansen niet homogeen tussen nul en honderd procent is, zijn bij de lagere kansen de intervallen smaller gekozen. Het algemene beeld van de reliability analyse geeft aan dat lagere kansen (0-40%) vaak worden onderschat en hogere kansen (60-100%) vaak overschat. Een denkbeeldige lijn door de punten loopt veel vlakker dan de diagonaal. Het beeld voor andere forecasttijden is vergelijkbaar. Hierbij moet opgemerkt worden dat het sample wat aan de magere kant is om een verantwoorde reliability-analyse te doen.

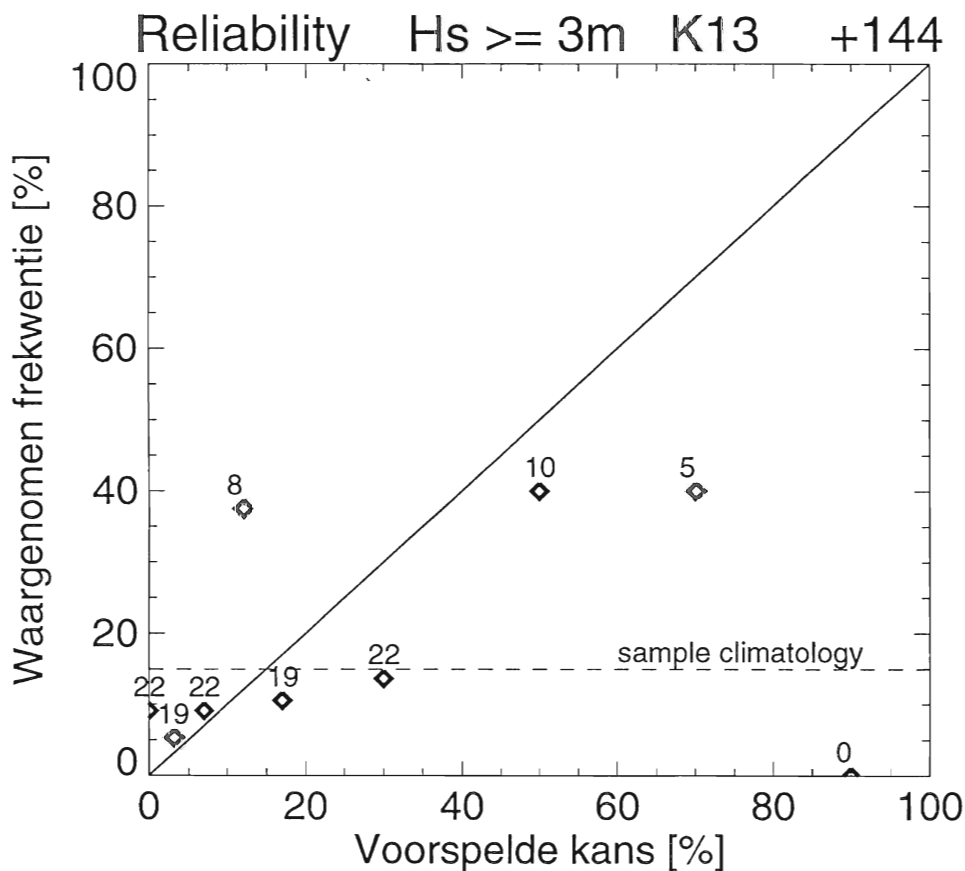


Fig. 9: Reliability-diagram van kans op golfhoogtes groter/gelijk aan 3 meter voor +144 (K13).

5 Statistische nabewerking (van de golfhoogteverwachtingen)

Zoals in de vorige hoofdstukken besproken is, is in de onderzochte periode de kwaliteit van de Nautische gids, die gebaseerd is op louter informatie van het ECMWF atmosfeermodel, gelijkwaardig tot maar iets slechter dan de verwachtingen van de fysische golfmodellen. Hierbij moet ook bedacht worden dat de gids afgeleid is op data van de winterperioden oktober 1992 t/m maart 1995. Het ligt dan ook voor de hand zich af te vragen wat een gids afgeleid op een recentere periode en met gebruikmaking van golfmodeldata in kwaliteit zou toevoegen ten opzichte van de beschikbare golfmodellen. De in dit rapport beschreven dataset is nog te klein om hier een gedegen studie naar te doen en valt ook buiten het doel van dit rapport, maar er is wel gepoogd om met behulp van simpele statistische technieken alvast een eerste indicatie te krijgen wat op dit moment al behaald zou kunnen worden. Een aantal opties is nagegaan. In alle gevallen is alleen gebruik gemaakt van bovenstaande set van ca. 140 dagen. We hebben allereerst experimenten gedaan met een automatische biascorrectie, toegepast, voor iedere forecasttijd apart, op de golfhoogtes van het operationele golfmodel en op de ensemble gemiddelde golfhoogte. Hierbij wordt na iedere verifiërende verwachting de gemiddelde fout van alle verwachtingen tot aan dat moment recursief bepaald en gebruikt als correctie in de eerstvolgende verwachting. De middelingsperiode kan constant genomen worden, maar gezien de korte dataset is hier gekozen voor een middeling over de hele periode die op een bepaalde dag beschikbaar is. Deze gemiddelde fout (bias) zal daarom in het algemeen na een bepaalde aanlooptijd stabiliseren rond een min of meer constante waarde.

Een tweede set experimenten betreft recursieve regressie (zie Kok en van Vliet, 1994) toegepast op dezelfde modeluitvoer als boven. (In feite kan de biascorrectie gezien worden als speciaal geval van recursieve regressie). De regressie is hier steeds toegepast op één predictor, namelijk respectievelijk op de golfhoogte van het operationele model en op die van de ensemble gemiddelde golfhoogte. Ook hier werden de coëfficiënten (nu twee stuks) na iedere verifiërende verwachting recursief aangepast en weer gebruikt bij de eerstvolgende verwachting, etc. Voor details wordt verwezen naar Kok en van Vliet (1994).

De verificatie van de biascorrectie en de recursieve regressie experimenten gebeurt op de laatste 100 gevallen en wordt uiteraard vergeleken met de verificatieresultaten over dezelfde gevallen van de niet aangepaste verwachtingen. De eerste maand wordt gebruikt om de betreffende coëfficiënten zich te laten stabiliseren. Zoals te verwachten is kan door middel van een lopende biascorrectie de bias inderdaad grotendeels weggewerkt worden. De al kleine bias van de ensemble gemiddelde golfhoogte wordt ongeveer gehalveerd terwijl de bias van het operationele golfmodel van rond de min 3 decimeter licht positief wordt. Dit geldt voor beide stations en, op een enkele uitzondering na, voor alle forecasttijden. De biascorrectie procedure heeft hoegenaamd geen invloed op de standaarddeviatie en de correlatie.

Resultaten van de recursieve regressie op de operationele golven verschillen voor forecastperioden tot ongeveer de +96 weinig van die van het toepassen van alleen een biascorrectie. Hetzelfde geldt voor regressie op alleen het ensemble gemiddelde. Voor hogere forecasttijden wordt de regressie op de operationele golfhoogtes duidelijk beter maar blijft iets minder in kwaliteit dan het ensemble gemiddelde. Hierbij moet wel bedacht worden dat door de regressie de range van voorspelde waarden steeds smaller wordt, net als bij het nemen van het ensemble gemiddelde als verwachting. Dit versmallen is inherent aan het feit dat met toenemende forecasttijd de skill van deterministische verwachtingen snel afneemt.

Samenvattend kunnen we stellen dat op een zo korte dataset aanpassing van de bias ten behoeve van een verbetering van de deterministische verwachting vooral zin heeft voor de operationele run en dan met name voor het begin van de forecastperiode. Voor de hogere forecasttijden vanaf ongeveer +108 kan beter het ensemble gemiddelde genomen worden

waarop een biascorrectie slechts een marginale verbetering kan bewerkstelligen. Regressies blijken op een zo kleine set weinig toe te voegen. Op voorhand kan aangenomen worden dat de ontwikkeling van een gids (op liefst een aantal seizoenen gegevens) met zowel atmosferische als golfmodelinformatie alsmede (voor de korte forecasttijden) recente observaties in ieder geval beter zou moeten scoren dan de golfmodellen. Een verdere verbetering dan de bovengenoemde biascorrectie kon op deze kleine set met de 2 hier beschreven experimenten niet aangetoond worden. Toekomstig onderzoek moet duidelijk maken of en welke verdere verbeteringen mogelijk zijn.

6 Samenvatting resultaten en conclusies

In dit rapport is voor de periode oktober 1998 - februari 1999 voor de stations K13 en Euro een vergelijking beschreven tussen golfhoogtes van een vijftal modelverwachtingen en de verwachting door de meteoroloog. De modelverwachtingen betreffen de verwachtingen van Nedwam (+12 tot +36), het operationele ECMWF golfmodel (+12 tot +240), de controle run van het ECMWF EPS golfmodel, het ensemble gemiddelde van EPS en de Nautische gids (+48 tot +144).

Voor de korte termijn (+12 tot +36) is er weinig verschil in kwaliteit tussen de diverse verwachtingen. De verwachtingen van Nedwam vertonen een positieve systematische afwijking, voornamelijk door overschatting van golfhoogtes van 3 meter en meer. De meteoroloog blijkt deze bias voor een deel weg te werken, maar heeft op het moment van uitgifte ook een aantal uren extra informatie ten opzichte van Nedwam. Het operationele ECMWF model komt voor die periode, gezien zijn kleinere standaarddeviatie en iets hogere correlatie, als iets beter uit de bus. In de praktijk komt de data van ECMWF pas beschikbaar rond 4 UTC (16 uur na analysetijd). Voor de onderzochte periode blijkt op dat moment het operationele model al beter te scoren dan de op dat moment beschikbare Nedwam data. Verder vertoont het operationele model een vrij constante bias, welke eenvoudig grotendeels te corrigeren blijkt.

Ook voor de middellange termijn (+48 tot +96) vertonen in de onderzochte periode bias en standaarddeviatie van alle modellen geen grote onderlinge verschillen waarbij nog steeds OPER de kleinste fouten heeft. De nautische gids vertoont voor +60 en +72 een slecht verklaarbare piek in de standaarddeviatie (voor Euro). Aan het einde van de middellange termijn zien we vooral bij het ensemble gemiddelde maar ook bij de nautische gids, dat de range in voorspelde waarden steeds kleiner wordt, samenhangend met de neiging van beide systemen om op langere termijn de klimatologisch gemiddelde waarde te verwachten. Uit het oogpunt van consistentie met de korte termijn ligt ook voor de middellange termijn het gebruik van het operationele ECMWF model het meest voor de hand.

Richting lange termijn (+96 tot +240) is de situatie iets anders. De prestaties van het ensemble gemiddelde worden dan beter dan die van het operationele model, echter met als neveneffect een toenemende versmalling van het spectrum. Echter, de meer extreme waarden die het operationele model verwacht, hebben voor de lange termijn dus geen skill meer en verminderen juist de prestaties ervan.

De grootte van de spreiding van het ensemble voldoet redelijk: vanaf ongeveer +72 lijkt een voldoende groot percentage van de waarnemingen binnen het ensemble te vallen. Dit percentage neemt toe met toenemende forecasttijd. Uit verdere analyse blijkt echter een lage spread-skill correlatie, ofwel dat de grootte van de spreiding niet gerelateerd kan worden aan de (on)zekerheid in het deterministische operationele model, met uitzondering van de periode rond +72.

De Nautische gids (Kok en Wijngaard, 1997) maakt alleen nog gebruik van data uit het ECMWF atmosfeermodel en niet van golfmodelgegevens. Een aantal korte experimenten waarbij ook golfdata als invoer voor gidsverwachtingen diende, laat zien dat voor de korte termijn met een biascorrectie al een kwaliteitsverbetering van de operationele verwachting valt te behalen. Vanaf ongeveer +108 blijkt het ensemble gemiddelde de beste resultaten te leveren, waarbij een correctie van de (reeds kleine) bias niet nodig is. Vanwege de korte dataset bleken standaard regressietechnieken nog weinig verbeteringen hierop te geven. Men mag echter verwachten dat een gids met zowel atmosfeer- als golfmodelinformatie alsmede (voor de korte forecasttijden) recente observaties beter zal scoren dan de golfmodellen.

Een zeer korte analyse van het ensemble, gebruikt als kansverwachtingssysteem voor golven hoger dan 3 meter voor +144, wekt de indruk dat de "reliability" niet erg groot is. Lage kansen worden onderschat en hoge kansen overschat. Aangezien de (operationele) deterministische verwachtingen voor de langere termijn vrijwel geen waarde meer hebben, verdient het aanbeveling te kijken naar welke rol probabilistische verwachtingen op deze termijn kunnen spelen. Men kan denken aan kansverwachtingen voor overschrijding van bepaalde golfhoogtes of verwachtingen van kansverdelingen etc. Nader onderzoek met vooral een grotere dataset is echter noodzakelijk.

7 Presentatie EPS golfhoogtes

Via KNMI intranet worden op dit moment de verwachtingen van het EPS golfmodel gepresenteerd in de vorm van een tijdreeks van significante golfhoogte voor diverse lokaties op de Noordzee. Fig. 10 geeft een voorbeeld van deze presentatie voor een willekeurige dag. De intranet pagina is momenteel bereikbaar via <http://info.knmi.nl/~vogeleza/epsgh.html>. In de toekomst worden waarschijnlijk ook andere parameters zoals golfrichting en -spectrum toegevoegd. Let wel dat de datainwinning en presentatie nog niet operationeel gegarandeerd is.

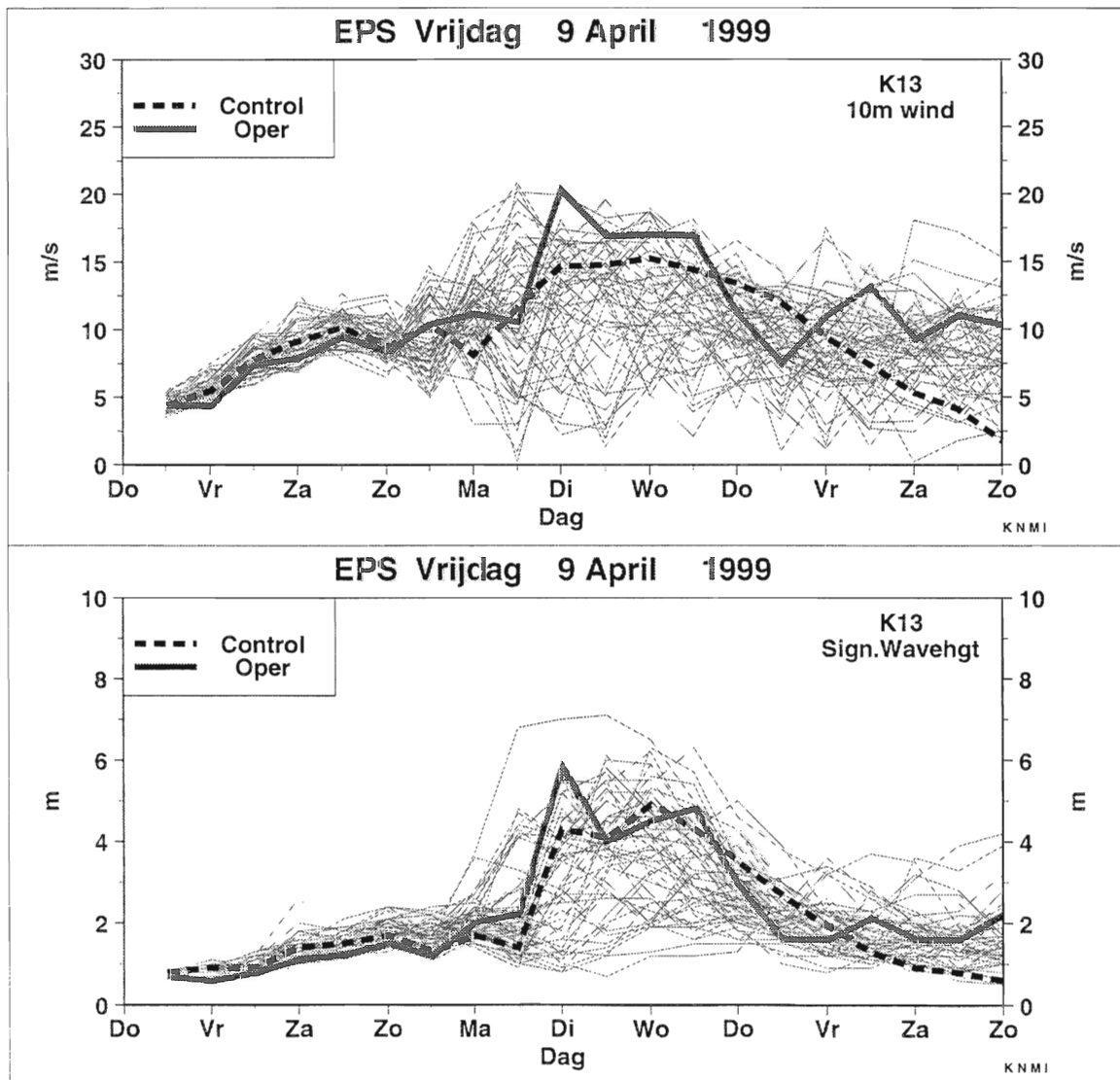


Fig. 10: Voorbeeld van intranetpresentatie EPS golfhoogteverwachtingen

Dankwoord

We willen J.R. Bidlot (ECMWF) bedanken voor enkele waardevolle opmerkingen over het ECMWF golfmodel, alsook voor het beschikbaar stellen van Fig. 1. Daarnaast willen we Martin Stam (KNMI) bedanken voor het aanleveren van de verwachtingen van Nedwam en MMD. Ten slotte willen we Janet Wijngaard, Evert Bouws Seijo Kruizinga en Jeanette Onvlee (KNMI) bedanken voor hun commentaar op een eerdere versie van dit manuscript.

Literatuur

P.A.E.M. Janssen, 1998; Progress with wind-wave interaction. ECMWF Newsletter number 80 Summer 1998 p. 2-7

Kees Kok en Kees van Vliet, 1994; Gids ten behoeve van de weersverwachting tijdens WK94. KNMI Memorandum WM 94-13.

Bernard Strauss and Andreas Lanzinger, 1996; Verification of the Ensemble Prediction System (EPS). ECMWF Newsletter number 72 Summer 1996 p. 9-15

Janet Wijngaard en Kees Kok, 1997; Statistical guidance for the North Sea. KNMI Technical Report TR-202.

KNMI-PUBLICATIES, VERSCHENEN SEDERT 1996

Een overzicht van eerder verschenen publicaties, wordt verzoek toegezonden door de Bibliotheek van het KNMI, postbus 201, 3730 AE De Bilt, tel. 030 - 2 206 855, fax. 030 - 2 210 407; e-mail: biblio@knmi.nl

▼ KNMI-PUBLICATIE MET NUMMER

- 150-28 Sneeuwdek in Nederland 1961-1990 / A.M.G. Klein Tank
- 180a List of acronyms in environmental sciences : revised edition / [compiled by P. Geerders and M. Waterborg]
- 181b FM12 SYNOP internationale en nationale regelgeving voor het coderen van de groepen 7wwW1W2 en 960ww; derde druk
- 183-1 Rainfall in New Guinea (Irian Jaya) / T.B. Ridder
- 183-2 Vergelijking van zware regens te Hollandia (Nieuw Guinea), thans Jayapura (Irian Jaya) met zware regens te De Bilt / T. B. Ridder
- 183-3 Verdamping in Nieuw-Guinea, vergelijking van gemeten hoeveelheden met berekende hoeveelheden / T.B. Ridder
- 183-4 Beschrijving van het klimaat te Merauke, Nieuw Guinea, in verband met de eventuele vestiging van een zoutwinningsbedrijf / T.B. Ridder a.o.
- 183-5 Overzicht van klimatologische en geofysische publikaties betreffende Nieuw-Guinea / T.B. Ridder
- 184a Inleiding tot de algemene meteorologie : studie-uitgave ; 2e druk / B. Zwart, A. Steenhuisen, m.m.v. H.J. Krijnen
- 185a Handleiding voor het gebruik van sectie 2 van de FM 13-X SHIP-code voor waarnemers op zee / KNMI; KLu; KM
- 186-I Rainfall generator for the Rhine Basin: single-site generation of weather variables by nearest-neighbour resampling / T. Brandsma a.o.
- 187 De wind in de rug: KNMI-weerman schaatst de Elfstedentocht / H. van Dorp
- 188 SODA workshop on chemical data assimilation: proceedings; 9-10 December 1998, KNMI, De Bilt, The Netherlands

▼ TECHNISCH RAPPORT – TECHNICAL REPORT (TR)

- 170 DARR-94 / C.P.G. Lomme
- 171 EFEDA-91: documentation of measurements obtained by KNMI / W.A.A. Monna a.o.
- 172 Cloud lidar research at the Royal Netherlands Meteorological Institute KNMI2B2, version 2 cloud lidar analysis / A.Y. Fong a.o.
- 173 Measurement of the structure parameter of vertical wind-velocity in the atmospheric boundary layer / R. van der Ploeg
- 174 Report of the ASGASEX'94 workshop / ed. by W.A. Oost
- 175 Over slecht zicht, bewolking, windstoten en gladheid / J. Terpstra
- 176 Verification of the WAQUA/CSM-16 model for the winters 1992-93 and 1993-94 / J.W. de Vries
- 177 Nauwkeuriger nettostraling meten / M.K. van der Molen en W. Kohsiek
- 178 Neerslag in het stroomgebied van de Maas in januari 1995: waarnemingen en verificatie van modelprognoses / R.Jilderda a.o.
- 179 First field experience with 600PA phased array sodar / H. Klein Baltink
- 180 Een Kalman-correctieschema voor de wegdektemperatuurverwachtingen van het VAISALA-model / A. Jacobs
- 181 Calibration study of the K-Gill propeller vane / Marcel Bottema
- 182 Ontwikkeling van een spectraal UV-meetinstrument / Frank Helderman
- 183 Rainfall generator for the Rhine catchment : a feasibility study / T. Adri Buishand and Theo Brandsma
- 184 Parametrisatie van mooi-weer cumulus / M.C. van Zanten
- 185 Interim report on the KNMI contributions to the second phase of the AERO-project / Wiel Wauben, Paul Fortuin a.o.
- 186 Seismische analyse van de aardbevingen bij Middelstum (30 juli 1994) en Annen (16 augustus '94 en 31 januari '95) / [SO]
- 187 Analyse wenselijkheid overname RIVM-windmeetlocaties door KNMI / H. Benschop
- 188 Windsnelheidsmetingen op zee stations en kuststations: herleiding waarden windsnelheden naar 10-meter niveau / H. Benschop
- 189 On the KNMI calibration of net radiometers / W. Kohsiek
- 190 NEDWAM statistics over the period October 1994 - April 1995 / F.B. Koek
- 191 Description and verification of the HIRLAM trajectory model / E. de Bruijn
- 192 Tiltmeting . een alternatief voor waterpassing ? / H.W. Haak
- 193 Error modelling of scatterometer, in-situ and ECMWF model winds; a calibration refinement / Ad Stoffelen
- 194 KNMI contribution to the European project POPSCLE / Theo Brandsma a.o.
- 195 ECBILT a coupled atmosphere ocean sea-ice model for climate predictability studies / R.J. Haarsma a.o.
- 196 Environmental and climatic consequences of aviation: final report of the KNMI contributions to the AERO-project / W. Wauben a.o.
- 197 Global radiation measurements in the operational KNMI meteorological network: effects of pollution and ventilation / F. Kuik
- 198 KALCORR: a kalman-correction model for real-time road surface temperature forecasting / A. Jacobs
- 199 Macro-seismische waarnemingen Roswinkel 19-2-1997 / B. Dost e.a.
- 200 Operationele UV-metingen bij het KNMI / F. Kuik
- 201 Vergelijking van de Vaisala's HMP233 en HMP243 relatieve luchtvochtigheidsmeters / F. Kuik
- 202 Statistical guidance for the North Sea / Janet Wijngaard and Kees Kok
- 203 UV-intercomparison SUSPEN / Foeke Kuik and Wiel Wauben

- 204 Temperature corrections on radiation measurements using Modtran 3 / D.A. Bunschoek, A.C.A.P. van Lammeren and A.J. Feijt
- 205 Seismisch risico in Noord-Nederland / Th. De Crook, H.W. Haak en B. Dost
- 206 The HIRLAM-STAT-archive and its application programs / Albert Jacobs
- 207 Retrieval of aerosol properties from multispectral direct sun measurements / O.P. Hasekamp
- 208 The KNMI Garderen Experiment, micro-meteorological observations 1988-1989; instruments and data / F.C. Bosveld a.o.
- 209 CO2 in water and air during ASGAMAGE: concentration measurements and consensus data / Cor M.J. Jacobs, Gerard J. Kunz, Detlev Sprung a.o.
- 210 Elf jaar Cabauw-metingen / J.G. van der Vliet
- 211 Indices die de variabiliteit en de extremen van het klimaat beschrijven / E.J. Klok
- 212 First guess TAF-FGTAF: semi-automation in TAF production / Albert Jacobs
- 213 Zeer korte termijn bewolkingsverwachting met behulp van METCAST: een verificatie en beschrijving model-uitvoer / S.H. van der Veen
- 214 The implementation of two mixed-layer schemes in the HOPE ocean general circulation model / M. van Eijk
- 215 Stratosphere-troposphere exchange of ozone, diagnosed from an ECMWF ozone simulation experiment / Harm Luykx
- 216 Evaluatierapport Automatisering Visuele Waarnemingen Ontwikkeling Meestsysteem / Wiel Wauben en Hans de Jongh
- 217 Verificatie TAF en TREND / Hans van Bruggen
- 218 LEO-LSG and ECBILT coupled through OASIS: description and manual / A. Sterl
- 219 De invloed van de grondwaterstand, wind, temperatuur en dauwpunt op de vorming van stralingsmist: een kwantitatieve benadering / J. Terpstra
- 220 Back-up modellering van windmeetmasten op luchthavens / Ilja Smits
- 221 PV-mixing around the tropopause in an extratropical cyclone / M. Sigmund
- 222 NPK-TIG oefendag 16 december 1998 / G.T. Geertsema, H. van Dorp e.a.

▼ WETENSCHAPPELIJK RAPPORT – SCIENTIFIC REPORT (WR)

- 96-01 A new algorithm for total ozone retrieval from direct sun measurements with a filter instrument / W.M.F. Wauben
- 96-02 Chaos and coupling: a coupled atmosphere ocean-boxmodel for coupled behaviour studies / G. Zondervan
- 96-03 An acoustical array for subsonic signals / H.W. Haak
- 96-04 Transformation of wind in the coastal zone / V.N. Kudryavtsev a.o.
- 96-05 Simulations of the response of the ocean waves in the North Atlantic and North Sea to CO2 doubling in the atmosphere / K. Rider a.o.
- 96-06 Microbarograph systems for the infrasonic detection of nuclear explosions / H.W. Haak and G.J. de Wilde
- 96-07 An ozone climatology based on ozonesonde measurements / J.P.F. Fortuin
- 96-08 COME validation at KNMI and collaborating institutes / ed. P. Stammes a.o.
- 97-01 The adjoint of the WAM model / H. Hersbach
- 97-02 Optimal interpolation of partitions: a data assimilation scheme for NEDWAM-4; description and evaluation of the period November 1995 - October 1996 / A. Voorrips
- 97-03 SATVIEW: a semi-physical scatterometer algorithm / J.A.M. Janssen a.o.
- 97-04 GPS water vapour meteorology status report / H. Derks a.o.
- 97-05 Climatological spinup of the ECBILT oceanmodel / Arie Kattenberg a.o.
- 97-06 Direct determination of the air-sea transfer velocity of CO2 during ASGAMAGE / J.C.M. Jacobs, W. Kohsiek and W.A. Oost
- 97-07 Scattering matrices of ice crystals / M. Hess, P. Stammes a.o.
- 97-08 Experiments with horizontal diffusion and advection in a nested fine mesh mesoscale model / E.I.F. de Bruijn
- 97-09 On the assimilation of ozone into an atmospheric model / E. Valur Hólm
- 98-01 Steady state analysis of a coupled atmosphere ocean-boxmodel / F.A. Bakker
- 98-02 The ASGAMAGE workshop, September 22-25, 1997 / ed. W.A. Oost
- 98-03 Experimenting with a similarity measure for atmospheric flows / R.A. Pasmanter and X.-L. Wang
- 98-04 Evaluation of a radio interferometry lightning positioning system / H.R.A. Wessels
- 98-05 Literature study of climate effects of contrails caused by aircraft emissions / V.E. Pultau
- 99-01 Enhancement of solar and ultraviolet surface irradiance under partial cloudy conditions / Serdal Tunç
- 99-02 Turbulent air flow over sea waves: simplified model for applications / V.N. Kudryavtsev, V.K. Makin and J.F. Meirink
- 99-03 The KNMI Garderen experiment, micro-meteorological observations 1988-1989: corrections / Fred C. Bosveld
- 99-04 ASGAMAGE: the ASGASEX MAGE experiment final report / ed. W.A. Oost

