

Een kwantitatieve vergelijking van METCAST en CINECAST forecasts

Sibbo van der Veen en Paul de Valk

KNMI Internal report = intern rapport; IR 2007-05

De Bilt, 2007

PO Box 201
3730 AE De Bilt
Wilhelminalaan 10
De Bilt
The Netherlands
<http://www.knmi.nl>
Telephone +31(0)30-220 69 11
Telefax +31(0)30-221 04 07

Authors: Veen, S. van der
Valk, P. de



Een kwantitatieve vergelijking van MetCast en Cinesat forecasts

in het kader van het project 'Verwachtingen voor mist en lage stratus',
onderdeel van het programma 'Gevaarlijk Weer'

Sibbo van der Veen en Paul de Valk

De Bilt, september 2007

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding	4
2. Modellen	4
3. Verificatie	6
4. Evaluatie	23
5. Aanbevelingen	24
6. Referenties	25
Appendix	27

Samenvatting

In dit rapport zijn model forecasts van MetCast en Cinesat vergeleken. Het doel van deze vergelijking is een kwantitatieve analyse van de prestaties van MetCast en Cinesat.

De forecasts zijn maximaal berekend tot 3 uur vooruit voor Cinesat en tot 6 uur voor MetCast. Om de interpretatie eenduidig te maken zijn beide modellen op dezelfde resolutie gedraaid, en exact hetzelfde geïnitieerd. Er is uitsluitend gekeken naar de bedekkingsgraad van lage bewolking.

De initiële bedekkingsgraad in beide modellen is berekend uit een combinatie van wolkendetectie uit de MSG satelliet en wolkenbasishoogtes uit synop waarnemingen.

De kwaliteit van de modellen is beoordeeld door vergelijking met synop waarnemingen, en vergelijking met modelinitialisaties.

Het bleek dat beide modellen een toegevoegde waarde hebben ten opzichte van 'random' voorspellingen. De kwaliteitsverschillen zijn de eerste twee uur niet groot, toch zijn verificatie scores soms duidelijk verschillend. Afhankelijk van de verificatie methode valt dit uit in het voordeel van MetCast of van Cinesat.

1. Inleiding

In het kader van het programma 'Gevaarlijk Weer' en het project 'Verwachtingen voor mist en lage stratus' is een studie uitgevoerd waarin MetCast en Cinesat resultaten vergeleken zijn.

In de voorliggende studie is gekeken naar de resultaten van de MetCast verwachtingen en de Cinesat verwachtingen, gebaseerd op in MetCast geanalyseerde beelden. De resultaten worden ook vergeleken met de persistentie van synop en modelinitialisaties.

In dit rapport worden het doel en de beschrijving van beide verwachtingstechnieken (-modellen) MetCast en Cinesat gegeven. Dan volgt een beschrijving van de gekozen methodiek om de verschillende modellen te verifiëren, gevolgd door de behaalde resultaten. Een evaluatie van deze resultaten en een aantal aanbevelingen besluiten dit rapport.

Het doel van deze studie is na te gaan op welke manier nowcasting van lage bewolking en mist verbeterd zou kunnen worden met behulp van bestaande modellen. Hiervoor dient eerst geïnventariseerd te worden waartoe de huidige beschikbare modellen in staat zijn.

2. Modellen

Het KNMI beschikt over verschillende modellen voor lage bewolking verwachting:

Het Hirlam model (forecasts tot 48 uur), het MetCast model (forecasts tot 12 uur) en het Cinesat systeem (forecasts tot 2 uur).

Een vergelijking met Hirlam is geruime tijd geleden uitgevoerd (ref 1).

In deze studie wordt alleen een vergelijking gemaakt tussen de modellen MetCast en Cinesat. Deze modellen worden nu kort beschreven.

Cinesat

CineSat (ref 2) is een multifunctioneel display systeem, bij uitstek geschikt voor nowcasting. Het kan MSG (Meteosat Second Generation) beelden en andere grote beeldbestanden tonen, en efficiënt kleurencomposieten aanmaken.

Maar het Cinesat systeem kan meer dan alleen satelliet beelden tonen. Het heeft de mogelijkheid om ontwikkelingen van patronen of wolken te herkennen en te analyseren. Van de (wolken)patronen in de beelden kan zowel de relatieve ontwikkeling, bijvoorbeeld de intensivering van convectie, als verplaatsing (advection) in de tijd bepaald worden.

Cinesat is een uitgebreide 2D beeld analyse applicatie, waarvan slechts een deel in de huidige studie gebruikt is. Er wordt gebruik gemaakt van de afleiding van bewegingsvectoren en de mogelijkheid om beelden in de toekomst te verwachten.

Voor het afleiden van de bewegingsvectoren worden twee opeenvolgende beelden met elkaar vergeleken. Met een statistische techniek worden de variaties in grijswaarden in elk beeld bepaald. Deze variaties in grijswaarden van het ene beeld worden met het andere beeld vergeleken. Daar waar een hoge correlatie tussen twee deelgebieden gemaakt kan worden, wordt de gerelateerde verplaatsingsvector bepaald. Deze verplaatsingsvector voldoet aan een aantal vooraf gestelde randvoorwaarden -bijvoorbeeld niet te lang- om tot fysisch realistische oplossingen te komen. Deze techniek wordt uitgevoerd op een regelmatig rooster in het beeld, wat tot een vectorveld leidt.

Dit vectorveld wordt gebruikt om beelden te verwachten. Hiertoe worden de grijswaarden conform het afgeleide vectorveld verplaatst.

De Cinesat ontwikkelaars geven aan dat de betrouwbaarheid van de verwachtingen afneemt na twee uur. Uit interne KNMI tests (niet expliciet gerapporteerd) volgde dat de termijn van bruikbare verwachtingen van infrarood beelden rond de 90 minuten ligt.

Voor waterdamp beelden is de verwachtingstermijn langer. Dit is inherent aan het geobserveerde beeld. Wolken die duidelijk in het infrarood beeld zichtbaar zijn hebben een korte bestaanscyclus. De in het waterdampbeeld zichtbare patronen bestaan over het algemeen langer dan wolken.

De verwachtingstermijnen zijn bepaald met beelden die een frequentie hebben van 4 per uur. Lagere frequenties (zoals de 1 per uur in deze studie) kunnen de kwaliteit van de verwachtingen negatief beïnvloeden.

MetCast

Anders dan Cinesat (2D) is MetCast een 3D model met 3D advection waarbij verdamping en condensatie van wolken, als gevolg van verticale beweging, expliciet worden berekend.

Het model simuleert verticale diffusie als gevolg van turbulentie (bijvoorbeeld in de grenslaag). Voor de advection worden Hirlam windvelden als invoer gebruikt. MetCast kan tot ongeveer 12 uur vooruit gebruikt worden.

Een belangrijk aspect van MetCast is de initialisatie van het 3D waterdamp en vloeibaar water veld; dit is eigenlijk ook de moeilijkste schakel bij het gebruik van het model omdat zulke 3D beelden niet worden waargenomen. In MetCast worden aanvankelijk de waterdamp- en temperatuurvelden van Hirlam genomen. Vervolgens worden de waterdamp- en vloeibaar water velden zodanig gewijzigd, dat er overeenstemming ontstaat met de waarnemingen van MSG en synop wolkenbasishoogtes.

De MetCast bedekkingsgraad wordt bepaald met het 'cloud mask' product van de Nowcasting SAF (ref 3), gebaseerd op MSG observaties, en met de hoogte van de laagst waargenomen wolkenbasis gemeld in de synop. Uit het 10.8 μm MSG kanaal wordt de wolkentop temperatuur vastgesteld. Deze temperatuur kan via verticale temperatuur profielen afkomstig uit Hirlam gerelateerd worden aan een wolkentophoogte. Tussen de synop stations in wordt geïnterpoleerd, zodanig dat voornamelijk het dichtstbijzijnde synop station meetelt, tenzij zo'n station te ver weg ligt. In dat laatste geval wordt een wolkenbasishoogte uit Hirlam gehaald.

Vervolgens wordt de wolk in de vertikaal tussen wolkenbasishoogte en wolkentophoogte met een constante bedekkingsgraad opgevuld.

MetCast wordt dus met één wolkenlaag geïntialiseerd. Hiervoor zijn inmiddels verbeterde procedures ontwikkeld, die zijn echter niet in deze MetCast versie geïmplementeerd.

Tenslotte wordt in MetCast ook nog regenval gesimuleerd. Kort gezegd komt dit erop neer dat als de vloeibaar water mengverhouding een bepaalde grenswaarde overschrijdt een vast percentage van het vloeibaar water uit de wolk valt. Deze procedure wordt 2 x per uur uitgevoerd en begint al gelijk op tijdstip nul (initialisatie). Hierdoor kunnen de wolkenvelden in het model op tijdstip nul een iets andere bedekkingsgraad krijgen dan uit MSG zou volgen; zie voor meer informatie de Appendix.

MetCast heeft een horizontale resolutie van 11 km en een verticale resolutie van 200 m. Er is voor gezorgd dat ook Cinesat op ongeveer 11 km resolutie heeft gedraaid.

MetCast en Cinesat

De overeenkomsten tussen MetCast en Cinesat zijn gelegen in het feit dat beide modellen 2D beelden kunnen voorspellen, zoals bijvoorbeeld bedekkingsgraad, wolkentophoogtes of thermisch IR.

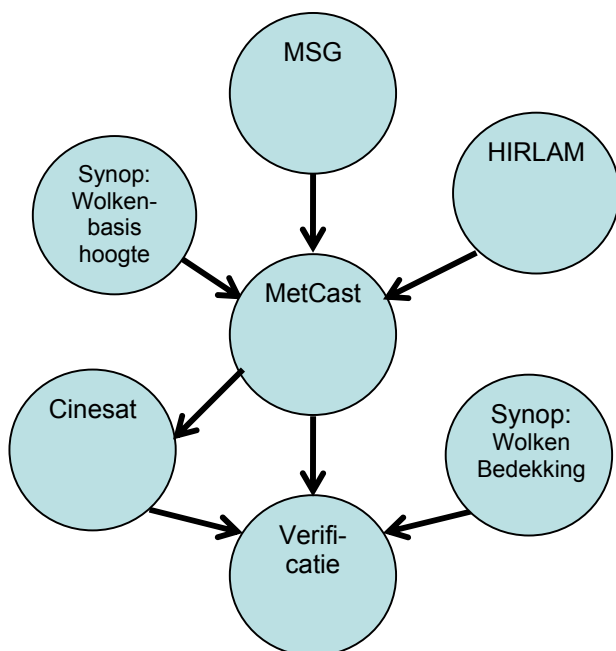
Er zijn echter ook verschillen. Zoals gezegd is Cinesat 2D en MetCast 3D. Cinesat maakt forecasts door extrapolatie in de tijd, terwijl MetCast expliciet fysische processen zoals condensatie en verdamping berekent. Omdat MetCast 3D is genereert MetCast meer output: onder meer wolkenbasishoogtes en wolkentophoogtes van wolkenlagen.

3. Verificatie

Datapreparatie

Voor de verificatie was het noodzakelijk om een aantal verschillen tussen de twee systemen te begrijpen en weg te nemen. Daarvoor waren een aantal stappen vereist om:

- tot eenzelfde set van data te komen, vooral aan de randen van de periodes traden er verschillen op in het aantal gebruikte files.
- het studie gebied exact te definiëren
- tot een gelijke resolutie te komen, daar het MetCast rooster iets gedraaid is ten opzichte van het veld gebruikt in Cinesat kan dat niet perfect.
- de grens te bepalen voor de dichotomische uitspraak van het optreden van mist of lage bewolking. Er was voor gekozen om gevallen kleiner dan of gelijk aan 4 okta onbewolkt te beschouwen en groter dan 4 okta als bewolkt. Later zijn ook andere grenswaarden doorgerekend, teneinde het beeld van het onderscheidend vermogen van de modellen vollediger te maken.



Figuur 1 Schema van de diverse informatiestromen.

In figuur 1 zijn de relevante datastromen weergegeven: MSG en synop wolkenbasishoogte data leveren invoer voor de wolkeninitialisatie in MetCast, en HIRLAM levert de advection snelheden voor MetCast. De MetCast uitvoer wordt geverifieerd, en hij wordt gebruikt door Cinesat voor advection berekeningen, die ook geverifieerd worden. De verificatie vindt plaats door vergelijking met synop waarnemingen van de bedekkingsgraad.

Voorbeeld 16 december 2006

Hieronder zijn ter illustratie de resultaten te zien van MetCast en Cinesat initialisaties en forecasts voor 16 december 2006, zie fig. 2. In alle afbeeldingen is de helderheid van het beeld een maat voor de totale bedekkingsgraad van uitsluitend de lage bewolking.

In de middelste kolom in fig. 2 zien we in de door MetCast geïnitieerde beelden een wolkenband van noordwest naar zuidoost bewegen. Deze beweging is ook te volgen in de forecasts van MetCast, zie de rechter kolom in fig. 2.

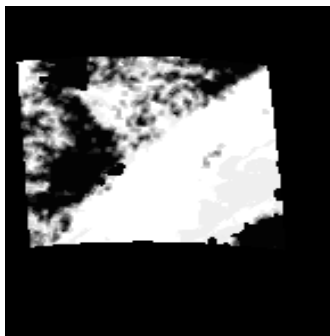
Ook in de forecasts van Cinesat (linker kolom in fig. 2) is die beweging te volgen. Er is echter wel een verschil met de beweging in MetCast: in Cinesat wordt alleen het middengedeelte van het beeld verplaatst, de randen blijven gefixeerd omdat daar geen bewegingsvectoren kunnen worden berekend. Doordat de verificatie bepaald wordt op een klein binnengebied rond Nederland en vanwege de beperkte forecast tijd (3 uur) heeft dit randeffect geen invloed op de resultaten.

De bepaling van bewegingsvectoren en verwachte beelden van Cinesat is hier toegepast op de initiële MetCast beelden. De MetCast beelden geven de bedekkingsgraad in deci-okta's (i.e. tienden van okta's) van de laagste (onder de twee km) bewolgingslaag. In de gebruikte initiële MetCast beelden kan Cinesat geen ontwikkeling (los van de advectie) detecteren.

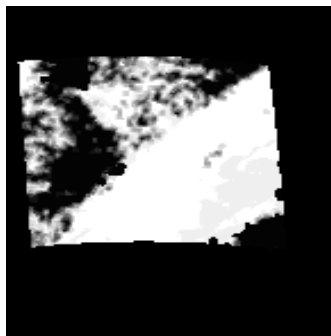
De keuze van de 2 km grens is in de beginfase van de studie, januari 2007, gemaakt om te focussen op lage stratus en mist.

De keuze voor de onderste bewolgingslaag genereert in de gebruikte MetCast velden soms gaten in het wolkendeck voor die synop stations die een wolkenbasis boven de twee kilometer melden. Deze gaten veranderen de grijswaarden in het beeld instantaan. Dit heeft effect op de statistische correlatie techniek die Cinesat gebruikt om verplaatsingsvectoren te bepalen.

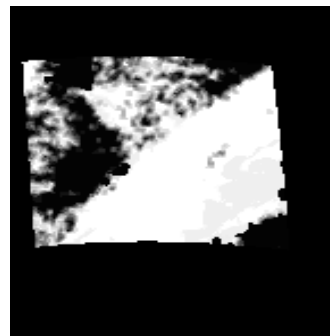
Tussen de advectie snelheden in dit voorbeeld van Cinesat en MetCast forecasts treden geen significante verschillen op.



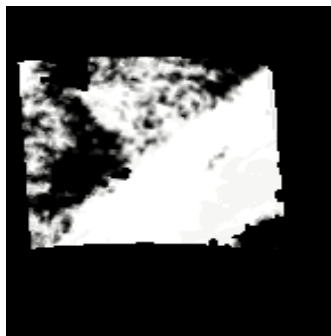
Figuur 2a Cinesat 12 + 00 h



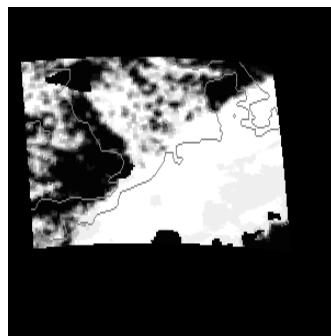
Figuur 2b MetCast 12 + 00 h



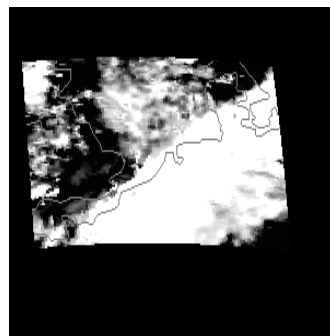
Figuur 2c MetCast 12 + 00 h



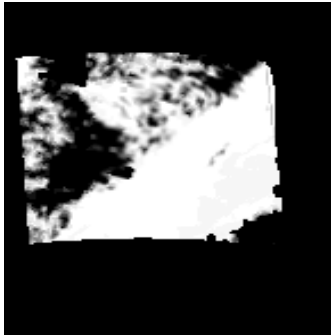
Figuur 2d Cinesat 12 + 01 h



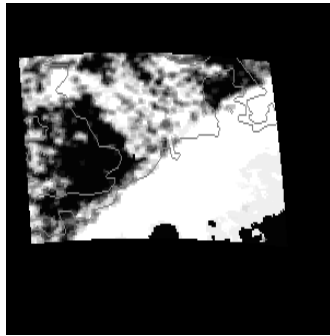
Figuur 2e MetCast 13 + 00 h



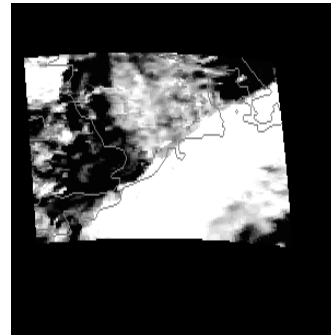
Figuur 2f MetCast 12 + 01 h



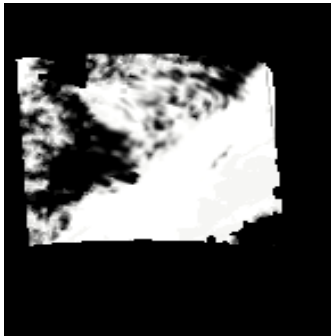
Figuur 2g Cinesat 12 + 02 h



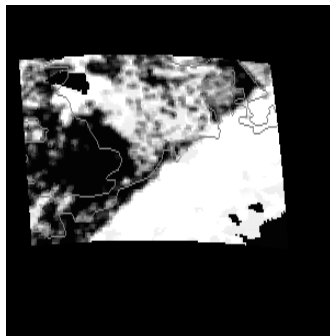
Figuur 2h MetCast 14 + 00 h



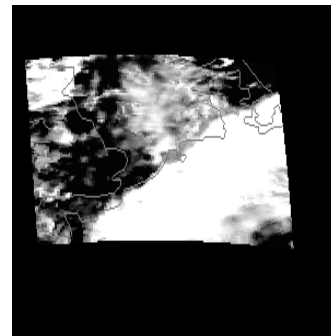
Figuur 2i MetCast 12 + 02 h



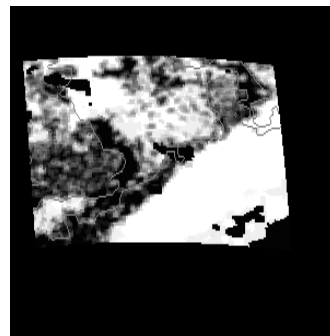
Figuur 2j Cinesat 12 + 03 h



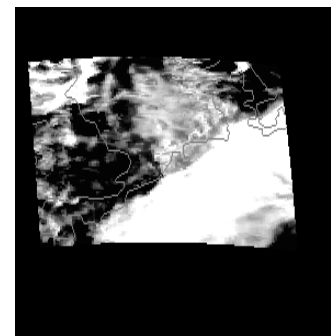
Figuur 2k MetCast 15 + 00 h



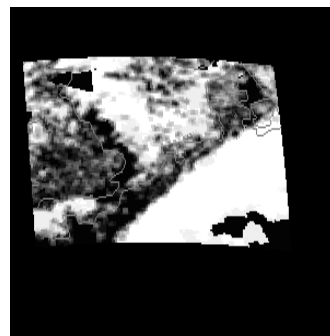
Figuur 2l MetCast 12 + 03 h



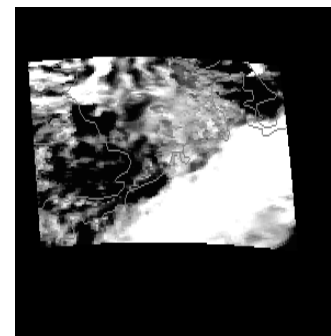
Figuur 2m MetCast 16 + 00 h



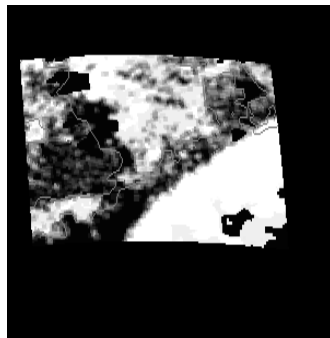
Figuur 2n MetCast 12 + 04 h



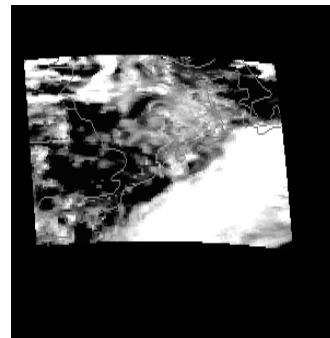
Figuur 2o MetCast 17 + 00 h



Figuur2p MetCast 12 + 05 h



Figuur 2q MetCast 18 + 00 h



Figuur 2r MetCast 12 + 06 h

Studie periode

Voor de studie zijn een aantal periodes geselecteerd, verdeeld over de seizoenen zomer, herfst en winter, waarin vaak mist en/of lage bewolking was gerapporteerd. Hierbij is getracht om verschillende vormen van mist mee te nemen: stralingsmist, advectieve mist en zeemist.

Voor de volgende periodes is de vergelijking gebaseerd op de uurlijkse beelden:

24-31 juli 2006: gevallen van zeemist

24-31 oktober 2006: periodes met mist en lage bewolking

29 november 2006: periodes met mist en lage bewolking

10-20 december 2006: periodes met mist en lage bewolking

24-25 januari: periodes met mist en lage bewolking

De forecasts van Cinesat en MetCast rekenen tot +3 vooruit. Voor analyse tijdstippen die veelvoudig van drie zijn (0, 3, 6, enz.) is MetCast tot +6 uur vooruit geverifieerd.

Het verificatiegebied is gekozen tussen 2.5 en 8 graden Oost en 51 en 56 Noord. Dit is Nederland plus een groot deel van de zuidelijke Noordzee. Het gebied is klein genoeg zodat randeffecten bij MetCast en/of Cinesat niet relevant zijn, gegeven de gebruikte forecast lengtes, en groot genoeg om voor het studiegebied significante conclusies te kunnen trekken.

De statistische scores

Mist of lage bewolking kan beschouwd worden als een dichotomisch verschijnsel indien men een bepaalde (willekeurig te kiezen) grenswaarde van de bedekkingsgraad kiest, die dan bepaalt of het 'bewolkt' is of niet.

Zo'n grens heeft ook een praktische betekenis, bijvoorbeeld in de luchtvaart wordt de wolkenbasishoogte bij een bedekkingsgraad van 5 okta's of meer aangeduid als 'ceiling'.

Met een gekozen grenswaarde is het vervolgens mogelijk om een 2x2 contingentie tabel te bepalen:

	<i>waargenomen ja</i>	<i>waargenomen nee</i>
<i>verwacht ja</i>	Hits (a)	False Alarms (b)
<i>verwacht nee</i>	Misses (c)	Correct Negatives (d)

Tabel 1 contingentie tabel, met definitie van de symbolen a, b, c en d.

Een aantal statistische score technieken (ref 4 en 5) zijn gebaseerd op de contingentie tabel. De interpretatie van de scores moet wel met de nodige voorzichtigheid gedaan worden, zeker als het verschil klein is tussen de behaalde resultaten van de twee modellen.

De volgende drie statistische fout parameters zijn berekend: bias fout, gemiddelde kwadratische fout (MSE), Hanssen Kuiper score (HKS) en '1^{ste} tem HKS' als functie van '2^{de} term HKS'. Deze zijn als volgt gedefinieerd:

- Bias
$$BIAS = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (N_{fc,i} - N_{obs,i})$$

- MSE
$$MSE = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (N_{fc,i} - N_{obs,i})^2$$

- HKS
$$HKS = \frac{a}{a+c} - \frac{b}{b+d} = POD - POFD$$

Waarin $N_{fc,i}$ de verwachte model bedekkingsgraad is, $N_{obs,i}$ de waargenomen bedekkingsgraad, K het aantal vergelijkingen en i de sommatie index over alle roosterpunten of synop stations, en over alle periodes en alle analyse tijdstippen. Het linkerdeel van de HKS wordt ook wel aangeduid als 'Probability of Detection' en het rechterdeel als 'Probability of False Detection'.

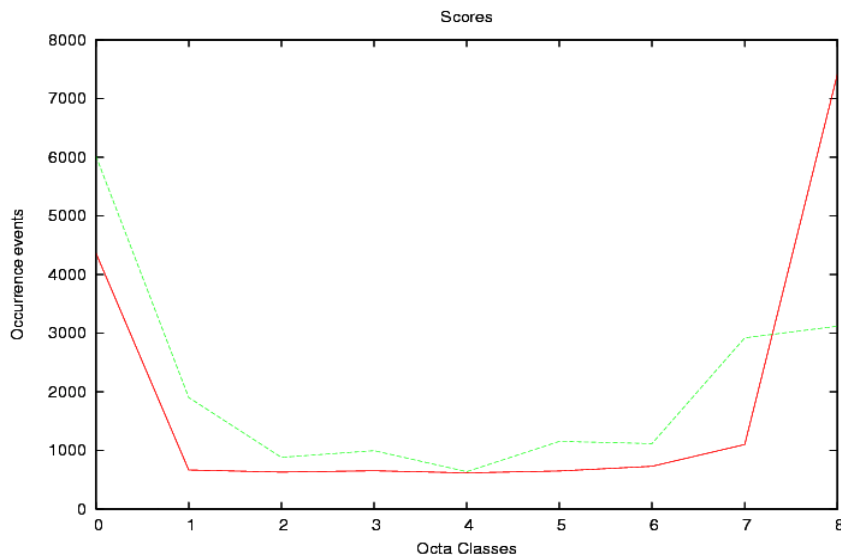
De Resultaten

Frequentieverdelingen

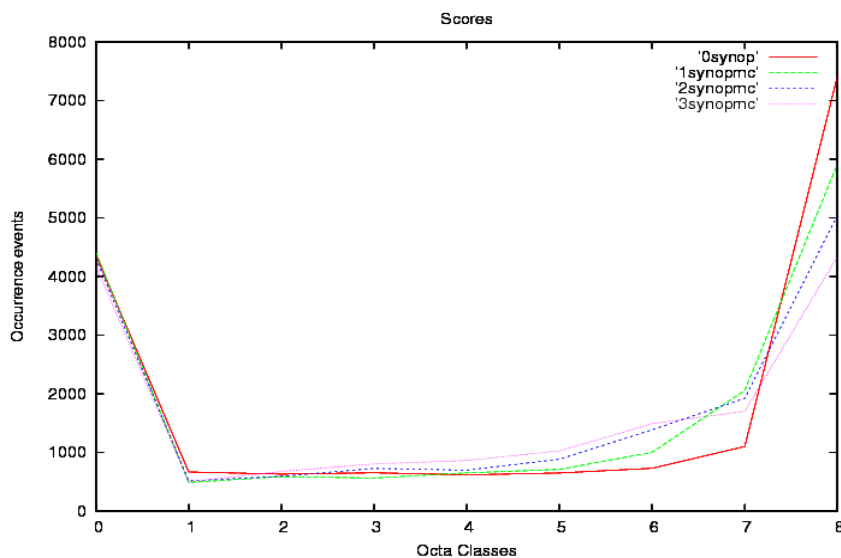
De model forecasts en de persistentie van de modelinitialisaties zijn vergeleken met de synop waarnemingen, en met de gebruikte modelinitialisaties.

De persistentie van de synop is (uiteraard) alleen vergeleken met de synop waarnemingen.

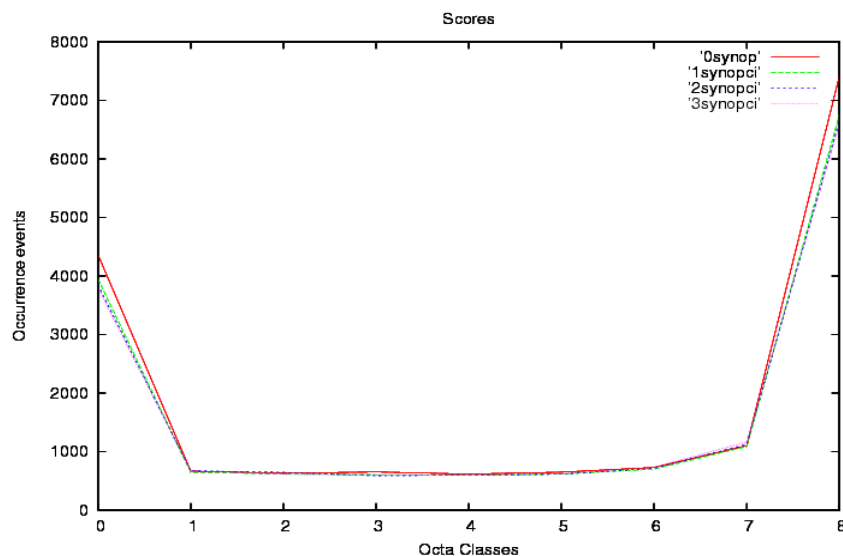
Om de resultaten te kunnen bediscussiëren is in fig. 3 de frequentieverdeling van de synop als functie van de okta klassen weergegeven samen met de verdelingen van MetCast en Cinesat.



Figuur 3a Frequentieverdeling van verschillende bedekkingsgraden in okta's. MetCast geïntialiseerde beelden (rood), en de synop waarnemingen (groen).



Figuur 3b Frequentieverdeling van verschillende bedekkingsgraden in okta's in de MetCast forecasts: +0 h (rood), +1 h (groen), +2 h (blauw), +3 h (violet). In de Appendix is dezelfde figuur nogmaals weergegeven in deci-okta's.

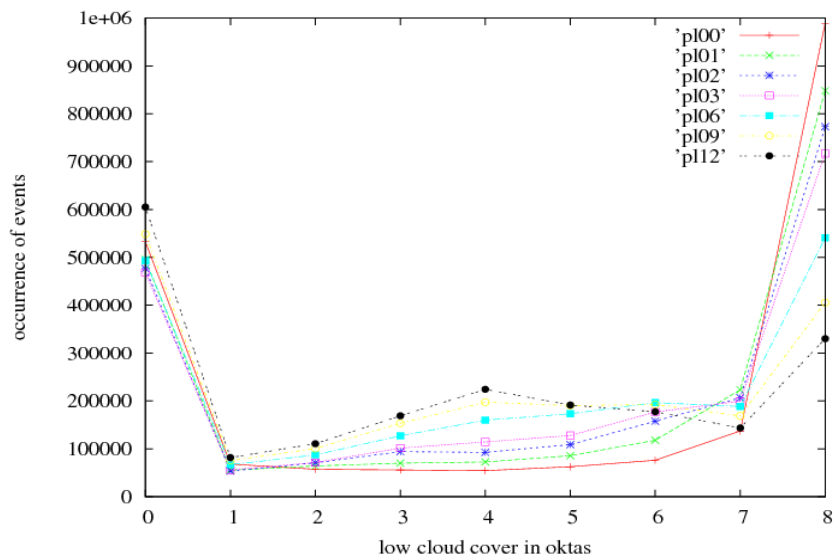


Figuur 3c Frequentieverdeling van verschillende bedekkingsgraden in okta's in Cinesat forecasts: +0 h (rood), +1 h (groen), +2 h (blauw), +3 (violet). In de Appendix is dezelfde figuur nogmaals weergegeven in deci-okta's.

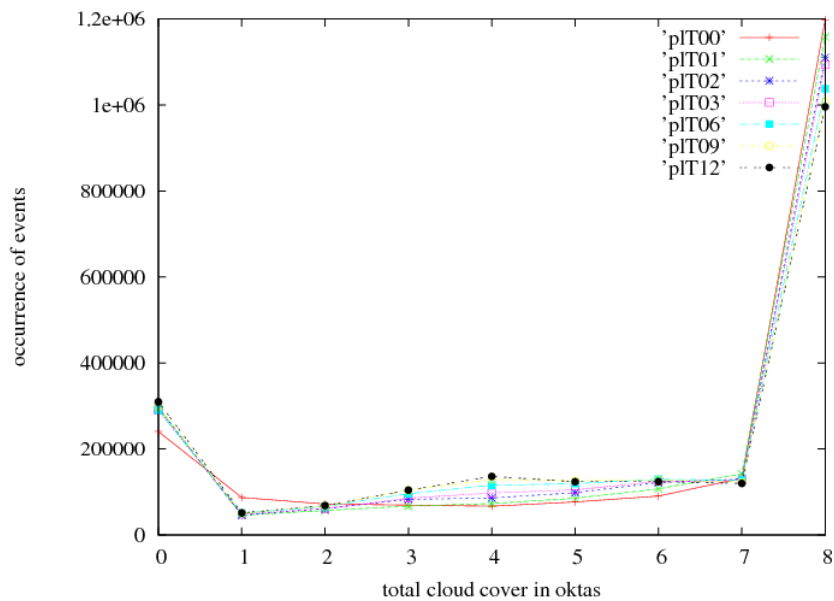
In fig. 3a is de frequentieverdeling over de okta klassen van de synop weergegeven voor alle studie data, samen met de frequentieverdeling van de MetCast analyse. De synop verdeling laat een onverklaarbare gesuperponeerde fluctuatie zien. Bij de MetCast verdeling zijn alle gevallen per hele okta klassen opgeteld. Hierdoor is niet te zien dat de initiële bedekkingsgraad gebaseerd is op veelvoud van 1/15, die overigens enigszins verschoven kunnen zijn. Dit is zichtbaar in de figuren in de Appendix: fig. A1 en fig. A2. De structuur is een gevolg van de berekening van de bedekkingsgraad uit het Nowcasting SAF wolkenmasker en van de berekening van regenval in het model, zie de Appendix voor meer informatie. De frequentie van bedekkingsgraden in de Metcast analyse is altijd lager dan de synop frequentie behalve voor de 'synop is 8 okta' klasse. De MetCast verdeling heeft een vlak verloop over de okta klassen 2 tot 6. Beide verdelingen verschillen significant, hetgeen waarschijnlijk invloed heeft op de verificatie resultaten.

De strikte scheiding tussen okta klassen 7 en 8 in de synop definitie kan wellicht verklaren waarom er een groot verschil optreedt tussen de beide frequentie verdelingen rondom okta klasse 8. De op de satelliet gebaseerde analyse kan mogelijk een significant deel van de bijna geheel bewolkte gevallen niet onderscheiden van okta klasse 8. Dit komt deels door de resolutie [3x5 km] van het satelliet pixel en de kijkgeometrie die relatief ongunstig is voor de geografische breedte van het studiegebied. Opvallend is overigens nog dat 14/15 veel vaker voorkomt dan kleinere aangrenzende bedekkingsgraden; desondanks komt 14/15 een factor 2 minder voor dan 15/15. Waarschijnlijk is deze verdeling veroorzaakt door neerslag vorming in gebieden met 15/15 wolken bedekking, zie de Appendix en fig. A1.

Er is een verschil in ontwikkeling van de frequentieverdeling met toenemende forecast tijd tussen beide modellen, MetCast en Cinesat. Dit is weergegeven in figuren 3b en 3c. De Cinesat forecast heeft een minimale ontwikkeling, daar waar MetCast juist veel ontwikkeling laat zien, met name in de hogere okta klassen. De frequentie van okta klasse 8 neemt significant af met toenemende forecast tijd. Sterker nog, naarmate de forecast lengte toeneemt, lijkt de verdeling van door MetCast gegenereerde bewolking steeds meer op de waargenomen synop verdeling van de bewolking. Dit hoeft uiteraard nog niet te betekenen dat de bewolking altijd op de juiste locaties wordt berekend. Voor langere forecast tijden (+6 uur, +9 uur en +12 uur) zet deze trend zich voort, zie fig. 3d dat overigens voor een wat groter gebied is berekend, en nu voor alle model roosterpunten. Opvallend is dat 'totale bedekking' steeds minder voorkomt bij toenemende forecast lengte, terwijl 'onbewolkt' geleidelijk aan wat meer voorkomt. Dit verschil in gedrag tussen beide modellen draagt ongetwijfeld bij aan verschillen in verificatie scores, zoals te zien is in de volgende figuren. In de figuren 4 t/m 9 worden de verificatie resultaten voor de studie periode getoond.



Figuur 3d Voorkomen verschillende bedekkingsgraden lage bewolking in MetCast. Rood: +0h, groen: +1h, donkerblauw: +2h, violet: +3h, lichtblauw: +6h, geel: +9h en zwart: + 12 h.

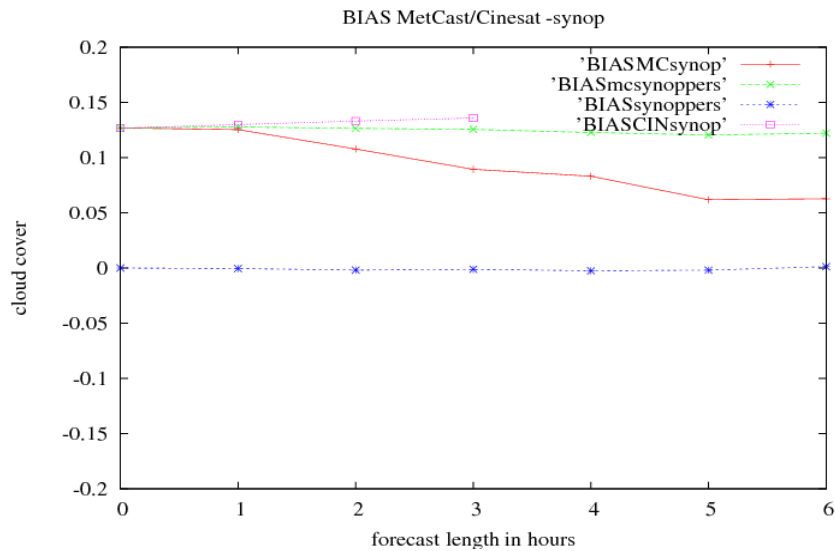


Figuur 3e Voorkomen verschillende bedekkingsgraden totale bewolking in MetCast. Rood: +0h, groen: +1h, donkerblauw: +2h, violet: +3h, lichtblauw: +6h, geel: +9h en zwart: + 12 h.

Tenslotte is nog in fig. 3e de frequentieverdeling te zien van de bedekkingsgraad van de totale bewolking (0 -11 km hoogte) als functie van de forecast lengte. Een opvallend verschil met de lage bewolking is dat er nu in MetCast vrijwel geen ontwikkeling zit in de frequentieverdeling. Een vergelijking met de frequentieverdeling van synoptische totale bedekkingsgraden in hetzelfde gebied en voor dezelfde periodes liet een opvallend goede gelijkheid zien. Dit betekent dat het wolkenmasker uit MSG qua klimatologie goed overeenkomt met de werkelijkheid, en dat MetCast forecasts die klimatologie tot en met de + 12 uur forecasts ook intact laten.

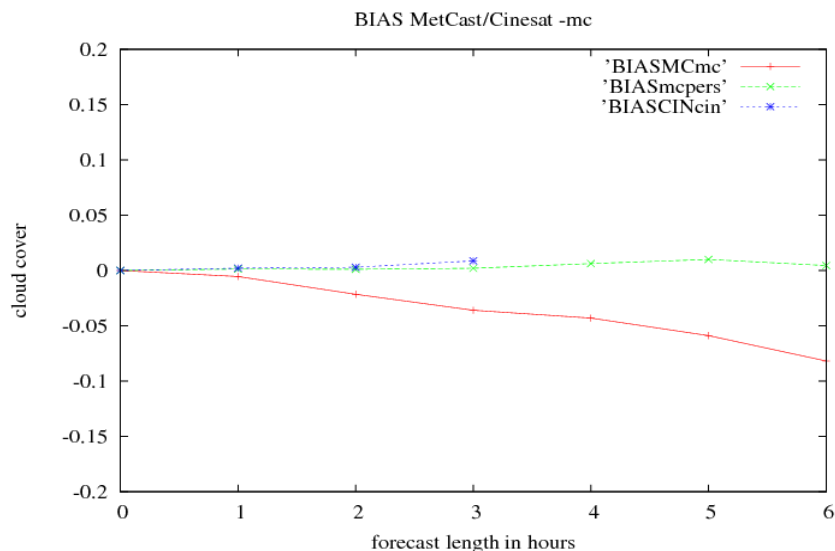
BIAS en MSE

In de figuren hieronder is 'cloud cover is 0' onbewolkt, en 'cloud cover is 1' is geheel bewolkt. Voor elke verificatie dag zijn de forecasts voor elk heel uur gestart. Er is slechts een geringe dagelijkse



Figuur 4a bias MetCast forecasts (rood), MetCast/Cinesat persistentie (groen), Cinesat forecasts (violet) en synop persistentie (blauw), alle vergeleken met synop.

gang gebleken in de kwaliteit van de forecasts. In fig. 4 is de bias van de forecasts te zien. In fig. 4a is te



Figuur 4b bias MetCast forecasts (rood), Cinesat forecasts (blauw) en MetCast/Cinesat persistentie (groen), alle vergeleken met MetCast +00 h beelden.

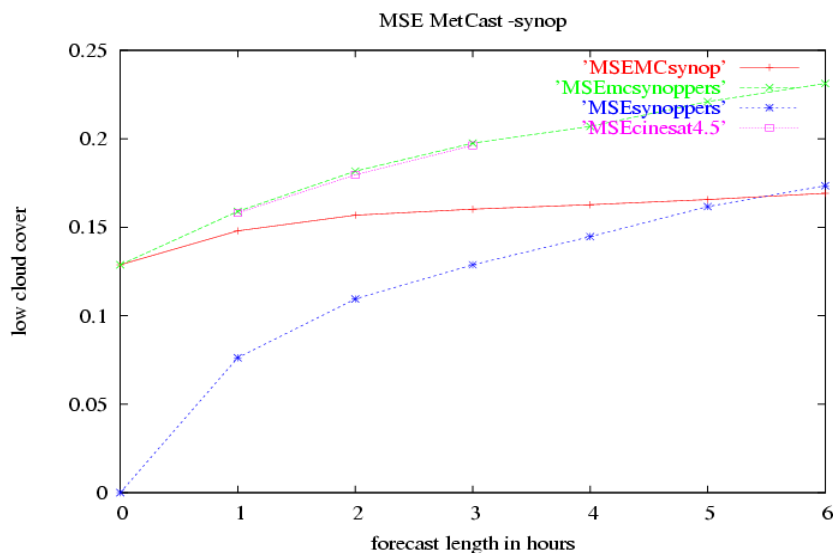
zien dat de persistentie van de synop (blauwe curve), vergeleken met de synop zelf een bias nul heeft. Dit is te verwachten, omdat de verandering van synop waarnemingen in de tijd uitmiddelt. Verder is in de

figuur te zien dat op het analyse tijdstip gemiddeld 1 okta te veel lage bewolking wordt geanalyseerd, zie ook figuur 3. De initiële bewolking in MetCast wordt uitsluitend bepaald door de totale bewolking uit MSG te combineren met waargenomen wolkenbasishoogtes. Doordat het MSG wolkenmasker de totale bewolking geeft is te verwachten dat de totale bedekkingsgraad uit MSG groter of gelijk is aan de bedekkingsgraad van de lage bewolking, en de positieve bias van de lage bewolking (t.o.v. de synop) die is geconstateerd bevestigt dit.

De groene curve laat de bias van de persistentie van de modelinitialisatie zien. We zien hier een (zeer) lichte daling van de bias als functie van de forecast tijd.

Cinesat bias toont een licht toename met de forecast periode, weergegeven in violet.

Tot slot laat de rode curve in fig. 4a zien dat de bias in MetCast gedurende toenemende forecast lengte steeds verder afneemt. Mogelijk zorgt de dynamica in MetCast ervoor dat de bias fout steeds kleiner wordt: dit zou in overeenstemming zijn met het feit dat de gemiddelde bedekkingsgraad verdeling van MetCast steeds meer op de werkelijkheid gaat lijken bij toenemende forecast lengte (zie fig. 3b en 3d). In figuur 4b is te zien wat de bias van model forecasts is vergeleken met de modelinitialisaties. De persistentie van de modelinitialisatie geeft gemiddeld geen bias in de vergelijking met de modelinitialisaties, maar model forecasts laten een steeds sterkere negatieve bias zien omdat MetCast het 'teveel' aan bewolking geleidelijk aan laat verdwijnen. Cinesat laat geen significante ontwikkeling zien ten opzichte van de persistentie.



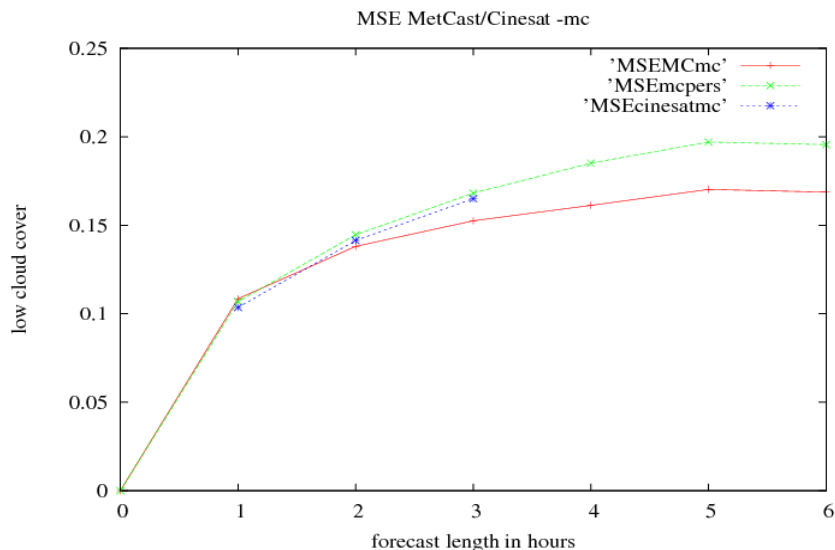
Figuur 5a De gemiddelde kwadratische fout forecasts MetCast (rood) en Cinesat (violet), MetCast/Cineast persistentie (groen), en persistentie synop (blauw), alle vergeleken met synop waarnemingen.

In figuur 5 zijn vervolgens de gemiddelde kwadratische fouten in de bedekkingsgraad van lage bewolking berekend; deze variëren tussen 0 en 1. In fig. 5a is te zien dat MetCast (rode curve) een duidelijk kleinere fout heeft dan Cinesat en persistentie (respectievelijk violet en groen) bij vergelijking met synop waarnemingen van de lage bewolking bedekkingsgraad. Dit verschil neemt toe met toenemende forecast lengte. Verder is te zien dat synop persistentie de eerste 5.5 uur de kleinste fout heeft, daarna MetCast.

In fig. 5a is een vrij grote initiële fout voor MetCast/Cinesat te zien, die vervolgens geleidelijk toeneemt voor MetCast en Cinesat. Een interessante vraag zou zijn hoe de fouten van beide modellen zouden toenemen bij (bijvoorbeeld) een halvering van de beginfout. Zou dan een even snelle toename van de fout optreden dan zouden de forecasts aanzienlijk beter worden. Dit is mogelijk een interessant experiment voor de toekomst; de moeilijkheid hierbij is de vraag hoe je een betere 2D/3D modelinitialisatie kunt realiseren.

In fig. 5b is hetzelfde te zien als in fig. 5a, alleen zijn de model forecasts nu vergeleken met modelinitialisaties in plaats van met synop waarnemingen. We zien hetzelfde beeld, alleen zijn de

verschillen nu duidelijk kleiner. De eerste twee uur van de forecasts (Cinesat is buiten die termijn niet bruikbaar) zijn er helemaal geen kwaliteitsverschillen met MetCast, althans als men de modelinitialisatie als representatie van de werkelijkheid ziet.

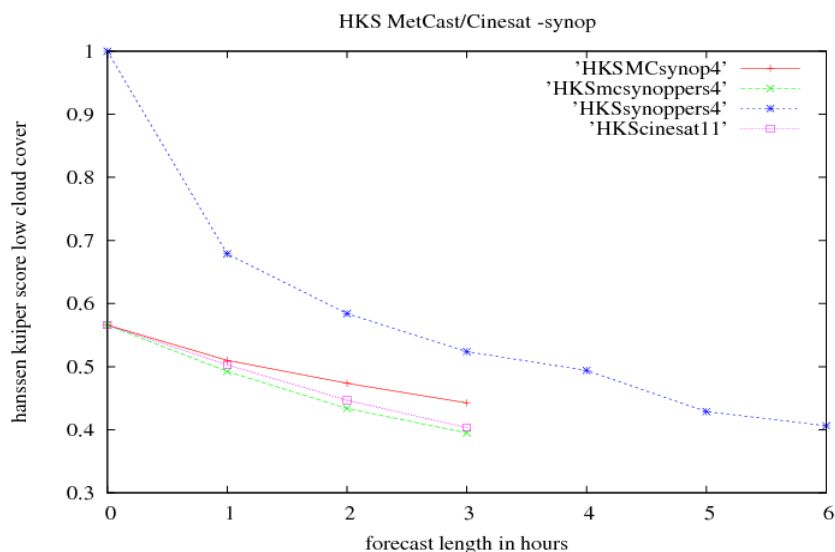


Figuur 5b gemiddelde kwadratische fout forecasts van MetCast (rood) en Cinesat (blauw), en MetCast/Cinesat persistentie (groen), alle vergeleken met de MetCast/Cinesat + 0 h forecast.

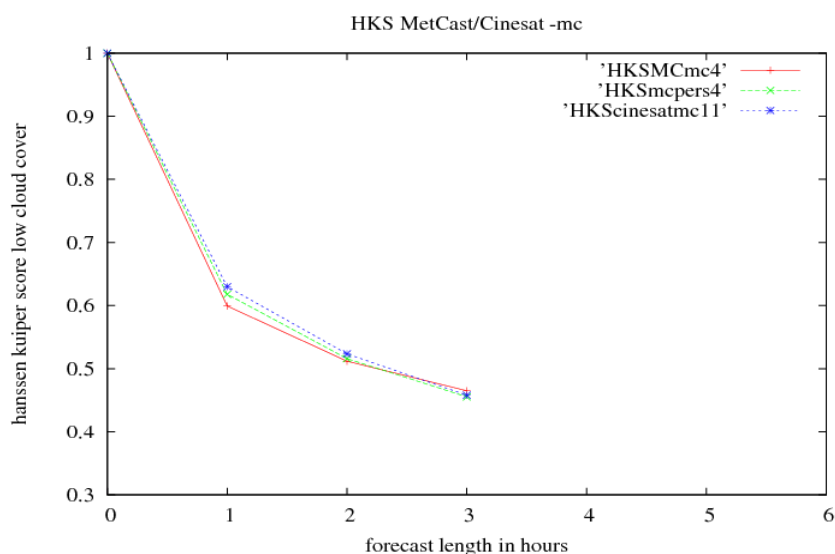
Hanssen Kuiper score

De resultaten van de Hanssen Kuiper score zijn weergegeven in fig. 6. De grens van de lage bewolking ligt bij 4 okta. Een perfect model heeft HKS score 1, een nutteloos model heeft score nul, en bij -1 is er sprake van anticorrelatie. Fig. 6a toont resultaten voor modelvergelijking met synop. De rode kromme correspondeert met MetCast (hoogste score), de violette met Cinesat, en de modelpersistentie is groen (laagste score). Persistentie van synop (blauw) scoort ook hier het best. Met uitzondering van deze laatste zijn de kwaliteitsverschillen vrij klein.

In fig. 6b is weer hetzelfde te zien als in fig. 6a, maar nu is met modelinitialisaties vergeleken. De kwaliteitsverschillen zijn hier zeer klein, waarbij Cinesat (blauw) de eerste 2 uur nu iets beter is dan MetCast (rood), en de modelpersistentie (groen) zit er tussenin.



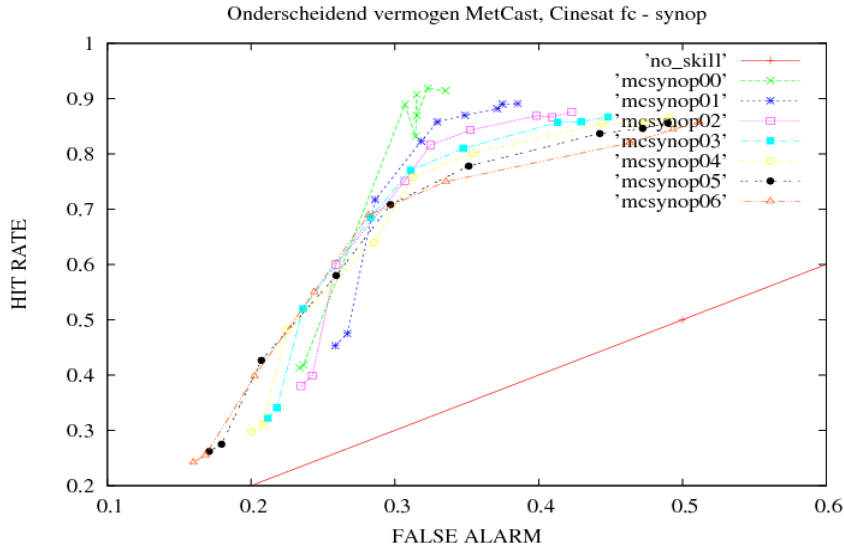
Figuur 6a Hanssen Kuiper score forecasts MetCast (rood) en Cinesat (violet), MetCast/Cinesat persistentie (groen), en persistentie synop (blauw), alle vergeleken met synop. Grenswaarde voor de bedekkingsgraad 4 okta.



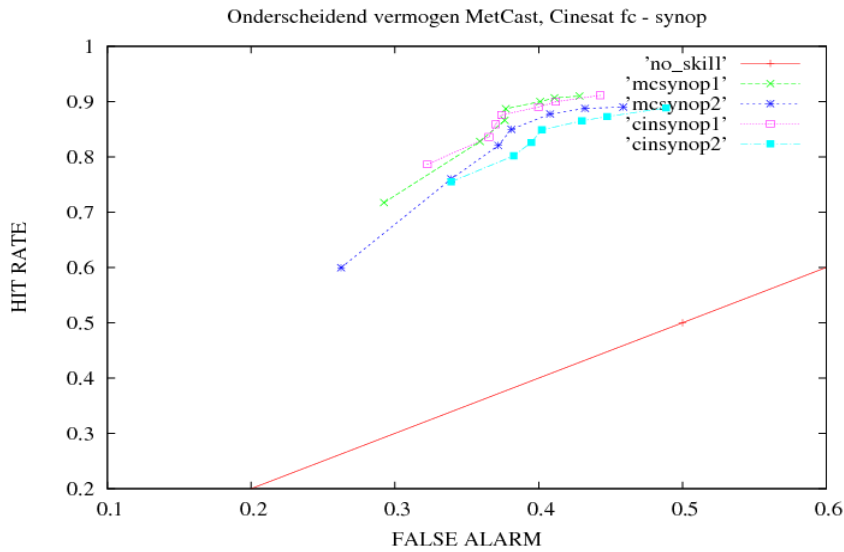
Figuur 6b Hanssen Kuiper score forecasts MetCast (rood) en Cinesat (blauw), en MetCast/Cinesat persistentie (groen), alle vergeleken met MetCast/Cinesat +0 forecast. Grenswaarde voor de bedekkingsgraad 4 okta.

Tot slot kijken we naar de HIT RATE (of POD, ref 4 en 5) als functie van de FALSE ALARM (of POFD) van MetCast en Cinesat. Men kan deze score in een figuur afbeelden (zie fig. 7) door voor een aantal verschillende grenzen (bijv. 1 t/m 7 okta) het aantal hits als percentage van alle bewolkte gevallen uit te zetten tegen het percentage false alarms van alle onbewolkte gevallen. Dit is voor beide systemen gedaan. Voor een perfect model loopt de kromme van de onderste hoek langs de linker verticale as en dan over de bovenste horizontale as naar de rechter bovenhoek (beide assen tussen 0 en 1). Een model zonder toegevoegde waarde volgt de rode lijn.

Het oppervlak onder de getekende krommen in fig. 7 is een maat voor het onderscheidend vermogen van het model, gegeven een aantal verschillende grenzen die 'bewolkt' en 'onbewolkt' definiëren. Bij een model zonder 'skill' is dat oppervlak 0.5, bij een perfect model is het 1.



Figuur 7a HIT RATE als functie van FALSE ALARM voor forecasts van MetCast bij toenemende forecast lengtes: + 00 h (groen), +01 h (donkerblauw), +02 h (violet), + 03 h (lichtblauw), + 04 h (geel), +05 h (zwart) en +06 h (vermiljoen) en lijn van 'no skill' (rood).

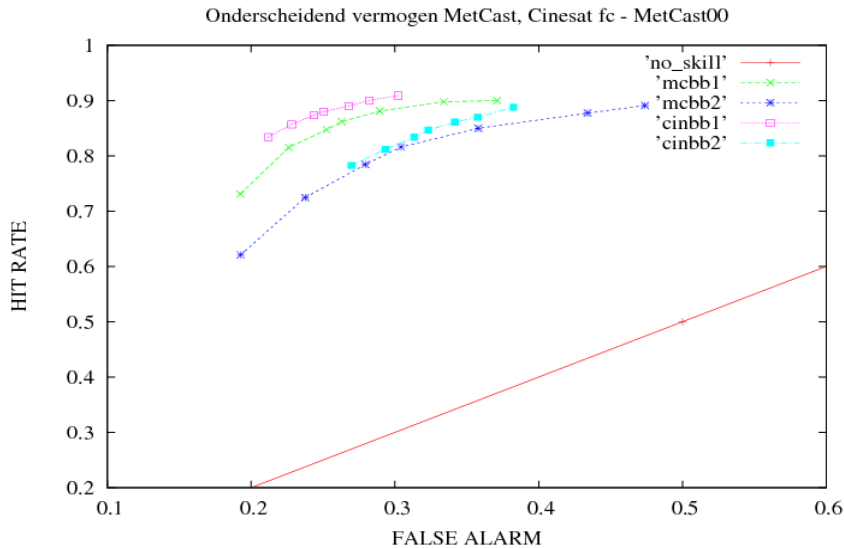


Figuur 7b HIT RATE als functie van FALSE ALARM voor forecasts van MetCast +01 h (groen), Cinesat +01 h (violet), MetCast + 02 h (donkerblauw) en Cinesat + 02 h (lichtblauw), alle vergeleken met synop waarnemingen.

In fig. 7a zijn de curven geplott voor het MetCast model vergeleken met synop waarnemingen, bij forecast lengtes van 0 t/m 6 uur. Het oppervlak onder de curves neemt af met de forecast periode.

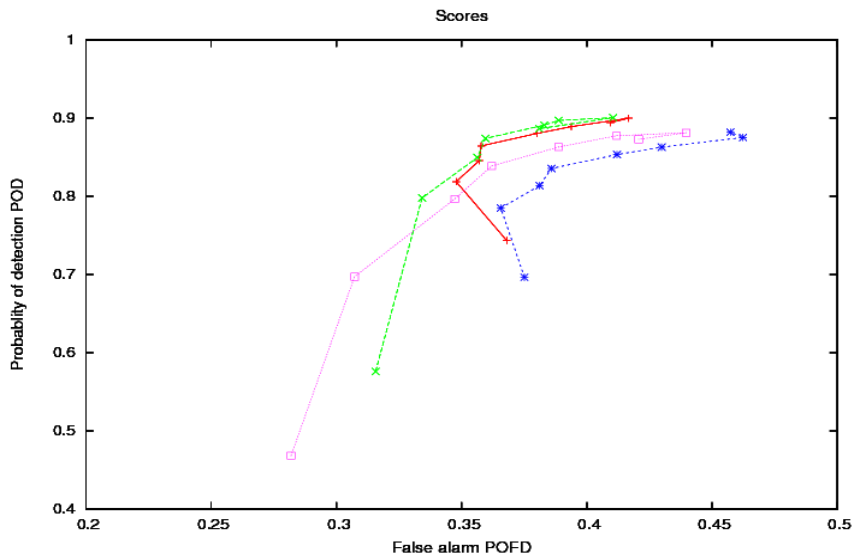
In fig. 7b zijn (bij iets andere grenzen vergeleken met fig. 7a) de curven voor MetCast en Cinesat forecasts van + 1 en + 2 uur getekend. Voor + 1h is de kwaliteit van de modellen vrijwel gelijk, voor + 2 uur is MetCast iets beter.

In fig. 7c is hetzelfde te zien als in fig. 7b, behalve dat nu is vergeleken met modelinitialisaties in plaats van met synop waarnemingen. Hier is bij de +1 h forecast Cinesat duidelijk beter dan MetCast, terwijl bij de +2h de verschillen erg klein zijn.

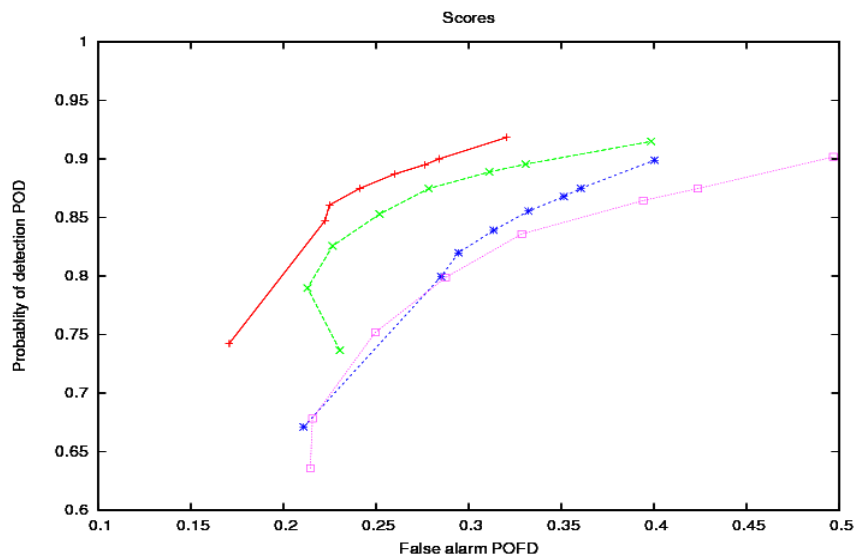


Figuur 7c HIT RATE als functie van FALSE ALARM voor forecasts MetCast +01 h (groen), Cinesat + 01 h (violet), MetCast + 02 h (donkerblauw) en Cinesat + 02 h (lichtblauw), alle vergeleken met MetCast/Cinesat initialisatie.

Tenslotte is in fig. 8a en 8b nog te zien hoe fig 7b en 7c veranderen, als weer iets andere grenzen worden gekozen. In fig. 8a wordt vergeleken met synop, in fig. 8b wordt vergeleken met modelinitialisatie. De kwaliteitsverschillen tussen Cinesat en MetCast zijn in fig. 7 en 8 erg klein, maar ook is te zien dat de krommes gevoelig zijn voor de keuze van de grenzen die gemaakt wordt.



Figuur 8a POD als functie van POFD voor vergelijking met de synop met grenswaarden 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, de laagste POD geeft de hoogste okta grens. Rood Cinesat 1 uur forecast, groen MetCast 1 uur forecast, blauw Cinesat 2 uur forecast, violet MetCast 2 uur forecast.

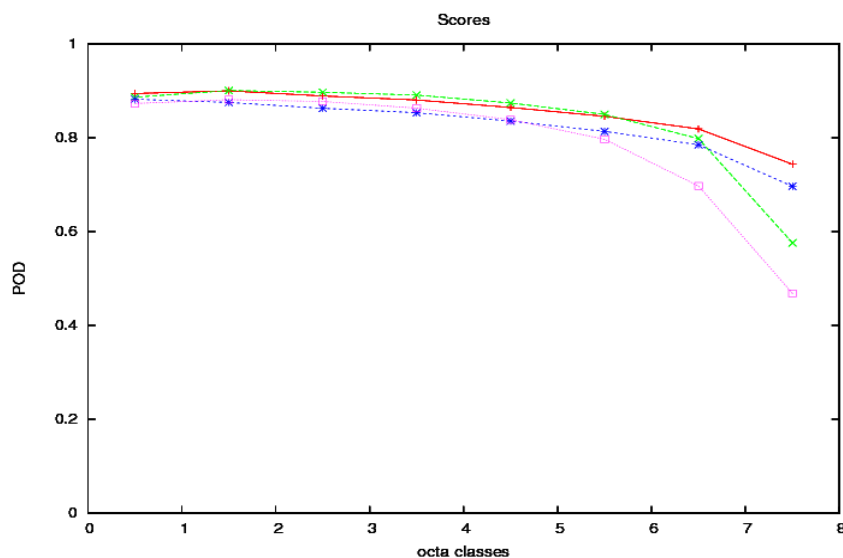


Figuur 8b POD als functie van POFD voor de vergelijking met de model initialisatie met grenswaarden 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, de laagste POD geeft de hoogste okta grens. Rood cinesat 1 uur forecast, groen MetCast 1 uur forecast, blauw cinesat 2 uur forecast, violet MetCast 2 uur forecast.

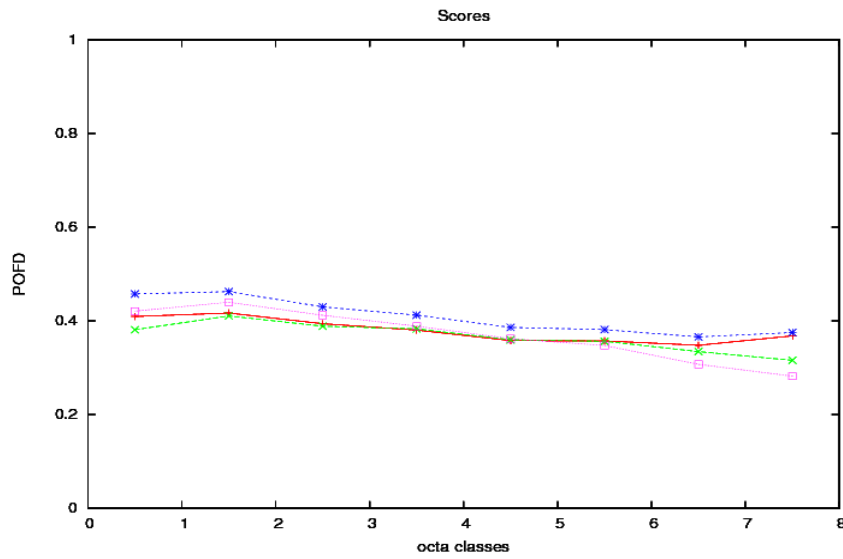
Ter aanvulling zijn de 'probability of detection' (POD) en de 'probability of false detection' (POFD) te zien als functie van de bedekkingsgraad grens in fig. 9. In fig 9a en fig 9b is vergeleken met de synop, in fig. 9c en 9d met de modelinitialisatie.

Het is interessant te zien dat bij vergelijking met de synop zowel de +1 h als de +2 h forecasts van Cinesat beter zijn qua detectie van bewolking, terwijl MetCast juist minder onterechte detecties laat zien. Dit is conform fig. 3.

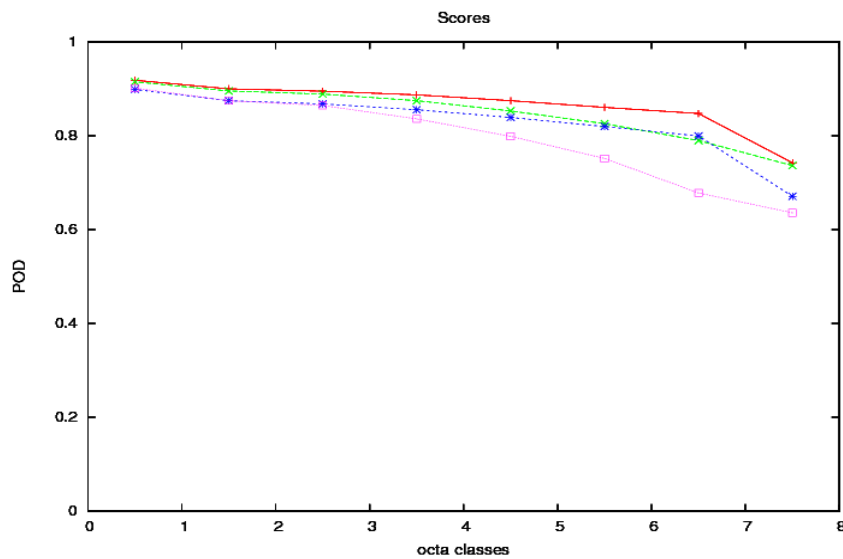
Bij de vergelijking met de modelinitialisatie is de +1 h forecast van Cinesat in beide gevallen (POD en POFD) beter, bij de +2 h alleen voor de POD.



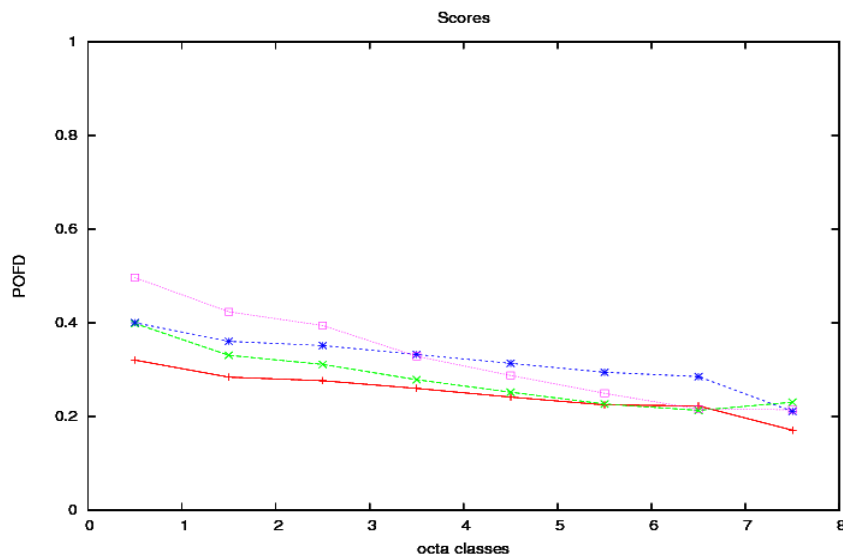
Figuur 9a POD als functie van bedekkingsgraad. Rood cinesat 1 uur forecast, groen MetCast 1 uur forecast, blauw cinesat 2 uur forecast, violet MetCast 2 uur forecast. Vergelijking is met synop.



Figuur 9b PODF als functie van bedekkingsgraad. Rood cinesat 1 uur forecast, groen MetCast 1 uur forecast, blauw cinesat 2 uur forecast, violet MetCast 2 uur forecast. Vergelijking is met synop.



Figuur 9c POD als functie van bedekkingsgraad. Rood cinesat 1 uur forecast, groen MetCast 1 uur forecast, blauw cinesat 2 uur forecast, violet MetCast 2 uur forecast. Vergelijking is met modelinitialisatie.



Figuur 9d POFD als functie van bedekkingsgraad. Rood cinesat 1 uur forecast, groen MetCast 1 uur forecast, blauw cinesat 2 uur forecast, violet MetCast 2 uur forecast. Vergelijking is met modelinitialisatie.

Samenvatting

De MetCast initialisatie van lage bewolking heeft een vrij grote positieve bias van ongeveer 1 okta; deze bias is na 6 uur vrijwel gehalveerd in de vergelijking met de synop. Wanneer de MetCast forecasts worden vergeleken met de MetCast initialisaties is het beeld omgekeerd: aanvankelijk is er geen bias; deze wordt geleidelijk aan negatief omdat vergeleken wordt met analyses die teveel bewolking bevatten.

Het is nog interessant te vermelden dat de initiële bedekkingsgraad in MetCast uitsluitend door Meteosat (MSG cloud mask nowcasting SAF) wordt bepaald, gemodificeerd daar waar de synop een wolkenbasis boven de twee kilometer aangeeft, terwijl verificatie is gedaan met onafhankelijke synop waarnemingen.

Cinesat heeft een bias die nagenoeg gelijk is aan de bias van de persistentie bij de synop vergelijking. Dit geldt ook voor de vergelijking met de MetCast initialisatie.

De conclusie gebaseerd op de gemiddelde kwadratische fouten in de bedekkingsgraad van de lage bewolking is dat uit de vergelijking met de synop blijkt dat de persistentie van de synop de kleinste fout heeft, daarna heeft MetCast de kleinste fout, en een duidelijk grotere fout hebben persistentie van het model en Cinesat forecasts, waarbij Cinesat niet significant afwijkt van de persistentie.

Vergelijking met de modelinitialisatie geeft een vergelijkbaar beeld, zij het dat de verschillen niet significant zijn: MetCast heeft een kleinere fout, terwijl Cinesat en persistentie van het model een wat grotere fout hebben. De verschillen zijn te klein voor eenduidige conclusies.

Uit de Hanssen Kuiper Score, met grenswaarde 4 okta volgt:

Vergeleken met de synop heeft de synop persistentie weer de hoogste kwaliteit.

MetCast, Cinesat en persistentie van het model laten geen significante grote verschillen zien, voor zowel de vergelijking met de synop als met de modelinitialisaties.

Voor de HIT RATE als functie van de FALSE ALARM bij de twee modellen is de conclusie dat het oplossend vermogen van MetCast afneemt bij toenemende forecast lengte als vergeleken wordt met synop waarnemingen. De vergelijking van MetCast en Cinesat met de synop waarnemingen laat zien dat MetCast iets beter is dan Cinesat voor de +2h forecasts.

De vergelijking met de modelinitialisaties laat zien dat Cinesat beter is dan MetCast voor de +1h forecast, voor de +2h forecasts zijn de scores bijna gelijk.

4. Evaluatie

Bij de interpretatie van de resultaten is het belangrijk te benadrukken dat de conclusies geldig zijn voor lage bewolking. De relevantie voor mist is beperkt gezien het feit dat de verticale resolutie van MetCast ongeveer 200 m bedroeg. Eventuele gedetecteerde mist zal zich daarom vaak te hoog in het model bevinden, met als gevolg meestal een te snelle advection met de wind.

Een modelverificatie is sterk afhankelijk van eventuele gebruikerseisen.

We hebben de keuze gemaakt lage bewolking te verifiëren. Men kan ook andere keuzes maken, afhankelijk van de eisen die men aan een wolkenverwachtingsmodel stelt.

Een belangrijke vraag bij de verificatie is welke 'waarneming' -de synop of de modelinitialisatie- gemiddeld genomen het best de werkelijkheid zou benaderen. De synop waarnemingen, als ze voldoen aan een eis van een standaarddeviatie van 1 okta en geen bias, hebben dan een kwadratische fout van 0.016. Dit betekent dat de hier berekende MSE fouten in MetCast en Cinesat waarschijnlijk kleiner zijn dan in de getoonde figuren. Hiervan is een schatting te maken als we de plausibele aanname maken dat fouten in de bedekkingsgraad van de synop (vergeleken met de werkelijkheid) en die van MetCast/Cinesat (ook vergeleken met de werkelijkheid) ongecorrleerd zijn. We kunnen dan de 0.016 aftrekken van de berekende kwadratische fouten (dit is in de orde van 12% van de initiële (kwadratische) fouten in MetCast / Cinesat).

Waarschijnlijk zijn de modelinitialisaties (gemiddeld) een slechtere benadering van de bedekkingsgraad dan de synop waarnemingen, omdat de modelinitialisaties een grotere fout te zien geven dan $2 \times 0.016 = 0.032$. Als dit inderdaad zo is dan geeft vergelijking met de synop meer informatie over de kwaliteit van de modellen dan de vergelijking met modelinitialisaties. De synop is echter beperkt tot puntwaarnemingen en bedekt de zee slecht.

In ieder geval zal de beginfout (kwadratisch) in de MetCast bedekkingsgraad minstens 0.001 zijn; dit volgt uit het feit dat die bedekkingsgraad met een resolutie van stappen van 1/15 wordt berekend.

Er zijn ook nog andere redenen waarom model en synop niet dezelfde bedekkingsgraad weergeven. In vrijwel alle gevallen zal bijvoorbeeld de synop waarneming een ander gebied representeren dan de uitvoer van een model roosterpunt.

Wat betreft de verschillen tussen Cinesat en MetCast kan nog vermeld worden dat in MetCast vaak de wat grotere schalen domineren (bewolking is geassocieerd met hoge- en lagedrukgebieden). Dit verschil wordt pas later in de forecast van belang, aangezien de twee modellen identiek geïnitieerd worden. In het algemeen geven grootschalige fenomenen betere verificatie resultaten te zien.

De kwaliteitsverschillen tussen MetCast en Cinesat forecasts zijn vrij klein, en vallen bij verificatie van bias en MSE in het voordeel uit van MetCast bij vergelijking met synop waarnemingen.

Bij de POD verificatie scoort echter Cinesat beter bij vergelijking met synop. Bij vergelijking met modelinitialisaties zijn de verschillen nog kleiner bij de POD verificatie, en bij de +1 h forecasts in het voordeel van Cinesat.

De kwaliteit van de input is cruciaal voor Cinesat. Een initialisatie met een random veld zou in Cinesat tot onbruikbare resultaten leiden, en dat leidt tot de (juiste) conclusie dat Cinesat niet in staat is tot wolkenadvection berekeningen uit twee ongecorrleerde beelden.

MetCast zou in zo'n geval nog wel realistische wolkenpatronen kunnen genereren; deze worden geforceerd door de verticale beweging in het model. Wellicht is dat ook een reden dat MetCast bij de synop vergelijking vaak (niet altijd) wat beter scoort dan Cinesat. Deze betere score is mogelijk ook deels te relateren aan de diffusie in MetCast van het initiële veld zoals blijkt uit figuur 3.

Uit de studie volgt dat voor gevallen waar MetCast en Cinesat dezelfde modelvariabele verwachten het onderscheid niet significant is en beiden bruikbaar zijn vanaf de +0 h forecast. Daar MetCast langer vooruit kan rekenen is het dus zinvol om alleen MetCast te gebruiken indien men geïnteresseerd is in forecasts langer dan 2 uur vooruit. Hierbij dient wel de kanttekening geplaatst te worden dat Hirlam vanaf een zekere forecast lengte beter is dan MetCast. Waar die grens precies ligt zou (opnieuw) onderzocht moeten worden. Het heeft geen toegevoegde waarde om Cinesat voor 0-2 uur vooruit te gebruiken en

MetCast dan te gebruiken voor bijvoorbeeld 2-6 of 2-12 uur vooruit (althans wanneer beide modellen dezelfde variabele verwachten).

Is de gebruikersinteresse alleen voor modeluitvoer tot +2 h vooruit dan is Cinesat te prefereren omdat dan minder computer resources nodig zijn.

5. Aanbevelingen

Aanbevelingen voor een eventueel vervolg zijn hier weergegeven.

Allereerst is het zinvol een inventarisatie bij eindgebruikers uit te voeren, zodat duidelijk is wat een wolken verwachtingsmodel precies moet bijdragen, wil het ook gebruikt worden.

Andere verbeteringen van nowcasting van lage bewolking en mist betreffen nog een viertal terreinen, te weten: verificatie, wetenschappelijk onderzoek, model ontwikkeling en operationaliseren van modellen.

1) Verificatie

Het is nuttig om ook de verwachtingen door Hirlam van lage bewolking te verifiëren, daar de laatste vergelijking tussen MetCast en Hirlam uit 1998 is. Beide modellen zijn in die tijd verbeterd, onder meer door resolutie verhoging. MetCast gebruikt inmiddels de MSG cloud mask in plaats van MetClock (zie ook ref 6).

2) Wetenschappelijk onderzoek

Verder zou de 3-D initialisatie van MetCast verbeterd moeten worden, zoals blijkt uit dit rapport. Hiervoor zijn al experimentele procedures beschikbaar, maar die zijn in het semi-operationele MetCast niet geïmplementeerd. Het is aanbevelenswaardig case studies te doen om de impact van die initialisatie procedures te bepalen, en die resultaten te vergelijken met het huidige MetCast.

Voor mist nowcasting -een belangrijk onderwerp binnen het Gevaarlijk Weer Programma- is het noodzakelijk om, bij MetCast gebruik, op een hogere verticale resolutie te rekenen (orde ~ 10 m).

In het voorjaar van 2006 zijn enkele studies gedaan, zie ref 7. Hieruit bleek dat het goed mogelijk is om advection mist met MetCast te voorspellen. Een case study (oktober 2005) is doorgerekend waarbij mist die in Duitsland was ontstaan, vervolgens onverwacht door de wind naar Nederland werd getransporteerd. Uit deze studie blijkt overigens niet dat het voorspellen van mist een opgelost probleem is. Met name het ontstaan en oplossen van mist is moeilijk in een model te simuleren en te voorspellen.

Zulke modellen bestaan wel, bijv. het 1D Cobel model (zie ref 8). De vorming of het oplossen van mist is vaak minstens even relevant als de advection term.

In 'COBEL' is geavanceerde stralingsfysica ingebouwd. Hiermee is het probleem van advection mist waarschijnlijk niet opgelost. Ook is een goede Cobel initialisatie een probleem, behalve op de enkele plaats (Cabauw) waar voldoende verticale profielen in de atmosferische grenslaag gemeten kunnen worden.

Voor het verbeteren van nowcasting van lage bewolking en mist moet het volgende gebeuren:

- 1) Verbeteren (3D) wolkeninitialisatie
- 2) Verbeteren simulatie (stabiele) grenslaagprocessen, inclusief straling
- 3) Verbeteren advection in numerieke weermodellen (vloeibaar water zeer gevoelig voor keuzes numerieke schema's)
- 4) Verfijnen topografie en betere randvoorwaarden vocht en temperatuur aard- en zeeoppervlak.

Aan 2) wordt al gewerkt (Mesomod, Cobel), daarnaast is het nuttig om het onderzoek ook te richten op 1) en 4).

3) is gerealiseerd in MetCast, maar zou in de toekomst ook in Hirlam / Arome moeten worden verbeterd.

Naast deze studie blijkt uit een separate studie (ref 9) dat MetCast in het algemeen te lage wolken-top temperaturen voorspelt bij hogere bewolking. Verder lijkt het erop dat als je bewolkingsverwachtingen van Cinesat en MetCast van hogere bewolking met elkaar vergelijkt MetCast beter is dan Cinesat als het gaat om de advection van de voorspelde wolken, maar dat Cinesat de wolken-top temperaturen, structuur en vorm beter voorspelt.

Het 'concept MetCast' is min of meer uitontwikkeld: het is nu duidelijk wat het belang is van accurate numerieke procedures bij wolkenadvection in een weermodel. Het is nu van belang dit concept ook daar te gaan testen en indien nodig toe te passen.

MetCast is geschikt om 3D wolkeninitialisaties te testen op kwaliteit, omdat dit onmiddellijk terug te zien is in de kwaliteit van de MetCast forecasts bij vergelijking met synop waarnemingen. De metingen van de Cabauw toren kunnen ook hiervoor gebruikt worden, maar zijn beperkt qua lokatie.

De onderzoeksuitdaging blijft het vinden van een optimale combinatie van synop waarnemingen en MSG producten, radar, enz. om tot een zo realistisch mogelijke 3D wolkenverdeling te komen. Daarna komt de volgende stap: wolken assimilatie in weermodellen met state of the art analyse tools.

3) Model ontwikkeling

Concentreren op nowcasting van mist zou idealiter het meso-schaal Hirlam/Arome als uitgangpunt nemen, waarin dan de uitgebreide (stralings)fysica van het COBEL model ingebouwd gaat worden. Verdere implementatie behelst accurate advection procedures voor vocht en warmte, en inzetten van een geoptimaliseerde 3D wolkeninitialisatie module. Hieraan gerelateerd is een goed bodemschema, met frequente waarnemingen van vocht en temperatuur aan het aardoppervlak. Kortom, verschillende aspecten van het verwachtingsmodel moeten gelijktijdig aan hoge eisen voldoen. Lage bewolking vraagt eenzelfde aanpak, maar bodemprocessen en straling zijn minder relevant, hoewel niet verwaarloosbaar.

4) Operationaliseren

Indien men MetCast operationeel wil maken is het een optie om de runs tot + 6 uur te beperken, dat beperkt de benodigde rekentijd. Bovendien lijkt de meerwaarde t.o.v. Hirlam dan het grootst. Ook moet de presentatie vergelijkbaar worden met die van Hirlam.

Een andere optie is om MetCast niet te operationaliseren maar ervoor te zorgen dat MSG informatie zo snel mogelijk in het mesoschaal NH Hirlam/Arome (Harmonie) wordt gebruikt. De numerieke procedures voor vochtadvection in Harmonie moeten dan misschien aangepast worden, en dit zal extra tijd (en rekentijd!) gaan kosten. Nader onderzoek is hier gewenst. Een voordeel hiervan is dat de meteoroloog niet twee modellen gepresenteerd krijgt, en als het goed is wordt MetCast in de toekomst overbodig. Maar MetCast is nu beschikbaar, en biedt nog meerwaarde.

6. Referenties

(1) S. H. van der Veen, 'Zeer korte termijn bewolkingsverwachting met behulp van METCAST', *Technisch rapport KNMI; TR-213, De Bilt, 1998.*

(2) <http://www.cinesat.com>

(3) <http://www.eumetsat.int>

(4) http://www.bom.gov.au/bmrc/wefor/staff/eee/verif/verif_web_page.html

(5) Daniel S. Wilks, 'Statistical methods in the Atmospheric Sciences', *Academic Press, Elsevier, 2006. ISBN 13: 978-0-12-751966-1, ISBN 10: 0-12-751966-1.*

(6) Feijt, A. J., de Valk, J. P. J. M. M., and van der Veen, S. H., 'Cloud detection using Meteosat imagery and Numerical Weather Prediction model data', *Journal of Applied Meteorology*, pp 1017-1030, 2000.

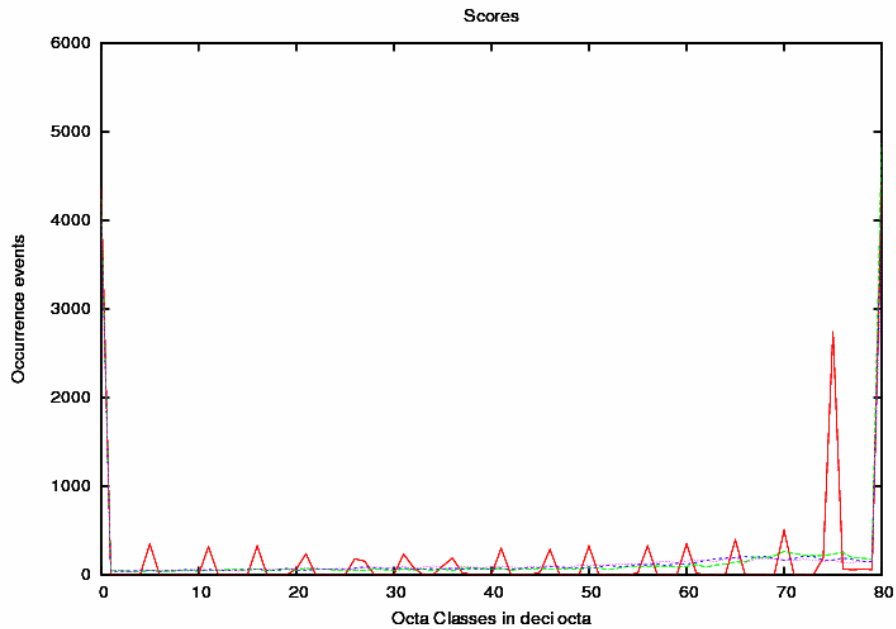
(7) Sibbo van der Veen, 'Nowcasting fog and low clouds with Meteosat Second Generation', *Proceedings 2006 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Helsinki, Finland, 12-16 June*.

(8) COBEL model (COuche Brouillard Eau Liquide): 1D mistverwachtingsmodel toegespitst op turbulente processen in stabiele grenslaag en uitgebreide stralingsberekeningen.

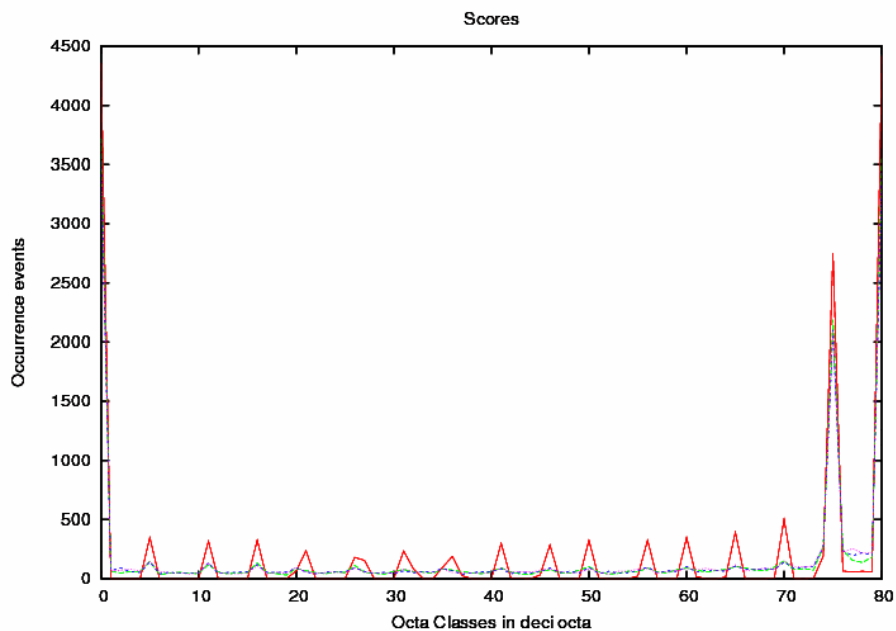
http://www.rap.ucar.edu/staff/tardif/COBEL/Docum/COBEL_INTRODUCTION.html

(9) G. Delgado, P. de Valk, A. Redano, S. van der Veen, J. Lorente, 'Verification of a MSG Image Forecast Model: METCAST', *Weather and Forecasting, opgestuurd in juni 2007*.

Appendix



Figuur A1 Gerelateerd aan fig. 3 in het rapport. Frequentieverdeling van verschillende bedekkingsgraden in deci-okta's in de MetCast forecasts: +0 h (rood), +1 h (groen), +2 h (blauw), +3 h (violet). MetCast laat een snelle afname van de 7.5 okta verdeling zien. MetCast lijkt een sterker diffusief schema te gebruiken in vergelijking met Cinesat, waardoor de initiële pieken binnen een uur forecast tijd glad gestreken zijn.



Figuur A2 Gerelateerd aan fig. 3 in het rapport. Frequentieverdeling van verschillende bedekkingsgraden in deci-okta's in de Cinesat forecasts: +0 h (rood), +1 h (groen), +2 h (blauw), +3 h (violet). Cinesat laat de 7.5 okta klasse minder snel verdwijnen dan MetCast. Cinesat lijkt minder last van diffusie te hebben dan MetCast.

De rode curves in fig. A1 en fig. A2 geven de frequentie verdeling aan van de bedekkingsgraad van de modelinitialisaties van MetCast en Cinesat. De bedekkingsgraad wordt als volgt berekend uit het nowcasting SAF wolkenmasker: in elk pixel van het MSG beeld wordt in een rechthoek van 3x5 pixels waar dit pixel het middelpunt van is de bedekkingsgraad berekend door het aantal als bewolkt aangemerkte pixels te delen door 15. Dientengevolge zijn bedekkingsgraden veelvoud van 1/15. Vervolgens wordt in MetCast op tijdstip nul nog neerslag berekend: als de vloeibaar water mengverhouding een bepaalde grenswaarde overschrijdt dan wordt een vast percentage van het vloeibaar water verwijderd. Aangezien in MetCast de bedekkingsgraad een op een is gekoppeld aan het vloeibaar water (behalve bij totale bedekking, dan is er geen bovengrens aan het vloeibaar water) zal deze procedure leiden tot een verschuiving (en vervorming) naar lagere bedekkingsgraden. Het is waarschijnlijk dat bij geringe bedekkingsgraden eerder genoemde grenswaarde niet wordt bereikt, zodat die bedekkingsgraden onveranderd blijven. Dit blijkt ook uit fig. A1 waar te zien is dat voor bedekkingsgraden groter dan ongeveer 3.5 okta een verschuiving naar links optreedt als gevolg van regenval. Deze verschuiving neemt toe met toenemende bedekkingsgraad en treedt ook op bij 8 okta, maar omdat de waterinhoud bij 8 okta niet naar boven begrensd is blijft 8 okta zelf ook gewoon aanwezig. Hierdoor ontstaan 17 pieken, en geen 16 zoals bij afwezigheid van regenval het geval zou zijn.

