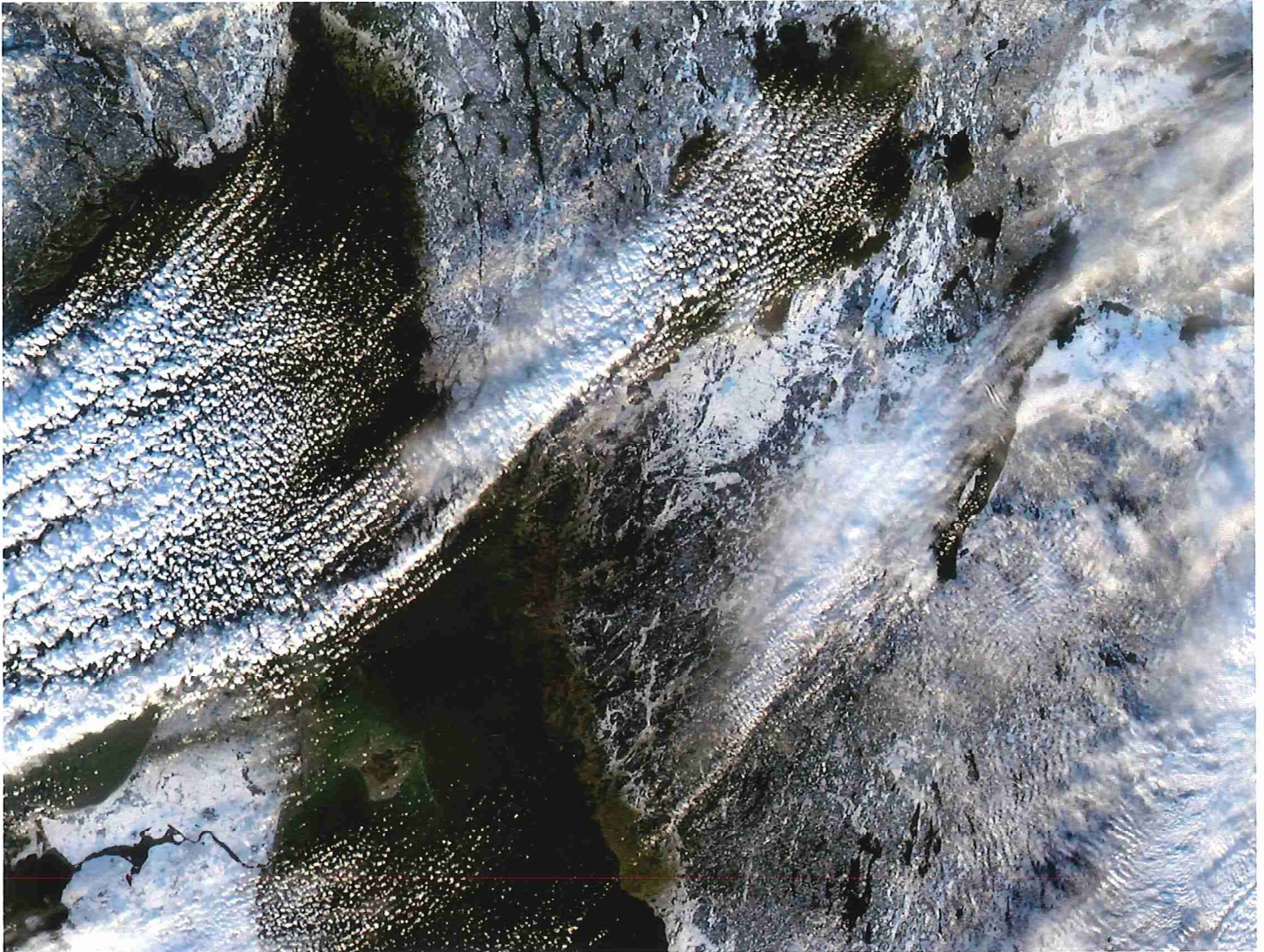


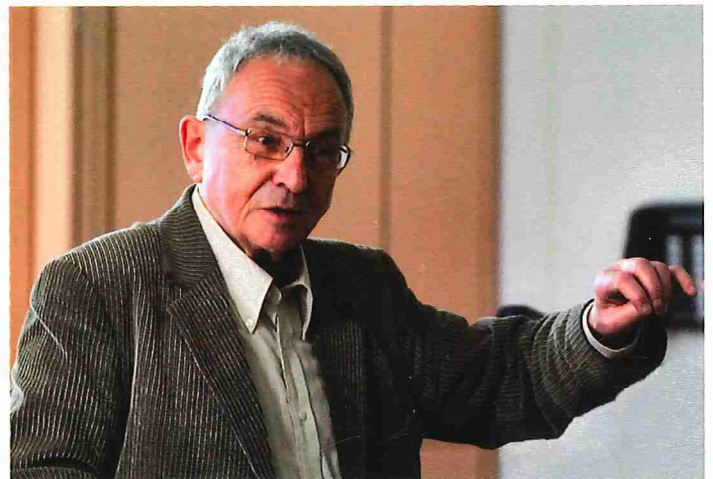
METEOROLOGICA



Sneeuwbuien veroorzaakt door “warm” zeewater



Nieuwe verklaring voor het gedrag van de wind op rustige avonden



**Jan Buisman 85 jaar:
“Ik ga nog wel even mee”**

Warmwatereffect boven de Noordzee

KES FLOOR

Bij 'lake-effect snow' denken we in eerste instantie aan de Grote Meren van de Verenigde Staten en Canada. Het warmwatereffect treedt echter af en toe eveneens op boven de Noordzee. Met satellietbeelden in valse kleuren zijn de warmwatersneeuw en andere sneeuw goed te zien.

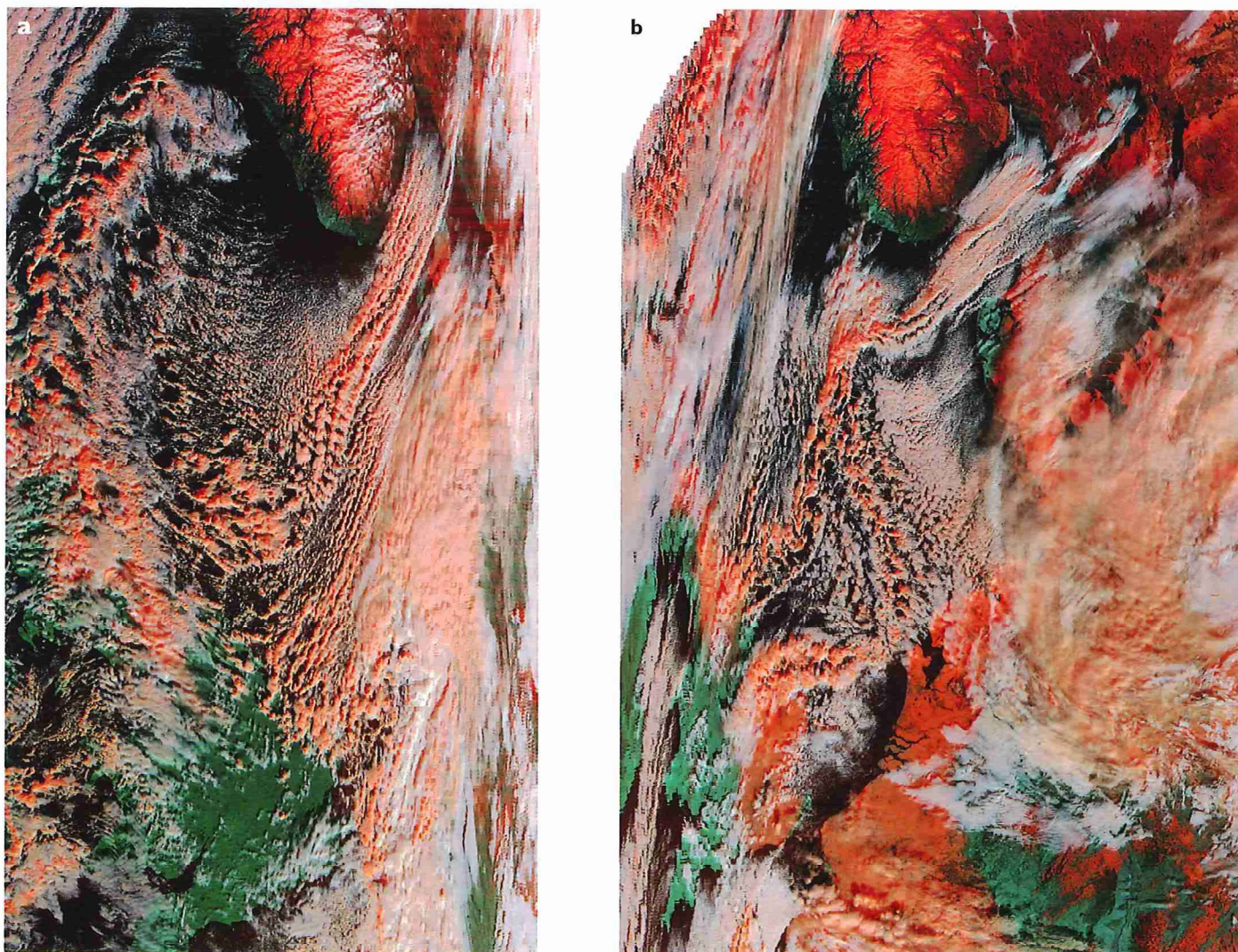
Vanuit de Verenigde Staten bereiken ons elk jaar in de late herfst en in de winter weer berichten over zware sneeuwval in de buurt van de Grote Meren. De sneeuwval doet zich voor als koude, uit de poolstreken afkomstige lucht over de omvangrijke, nog relatief warme wateroppervlakken strijkt. Door convectie ontstaan buien; deze organiseren zich in lijnen en kunnen zich vooral bij langere trajecten over water sterk ontwikkelen. De topografie van het landschap geeft de buien als ze het water achter zich hebben gelaten, vaak een extra impuls. De overlast die de sneeuwbuien kunnen veroorzaken, is enorm en varieert sterk van plaats tot plaats.

Het optreden van dit zogeheten 'lake-effect' blijft echter niet beperkt tot het Grote-Merengebied in de Verenigde Staten en Canada. Boven de Japanse Zee, de Gele Zee, de Oostzee, de Botnische Golf, de Finse Golf en zelfs onze eigen Noordzee is het warmwatereffect tijdens koude perioden af en toe waar te nemen.

Warmwatereffect

De ontwikkeling van de wolken- en buienstraten hangt af van verscheidene factoren. Zo moet de opbouw van de onderste lagen van de atmosfeer onstabiel zijn. Als maat voor die onstabielheid geldt het temperatuurverschil tussen het water en de luchttemperatuur op 850 hPa;

dat verschil moet ten minste 13 graden bedragen. Als de inversie niet hoger ligt dan 1000 meter, is de grenslaag te ondiep voor de vorming van fikse buien. Is de grenslaag dieper dan 2500 meter, dan valt er gewoonlijk een dik pak sneeuw. Verder moet er voldoende wind staan om de arctische lucht over water te kunnen doen uitstromen en om de lucht de tegenoverliggende oever of kust op te voeren. Bij meer wind is de uitwisseling tussen het relatief warme water en de koude lucht die eroverheen strijkt, effectiever. Het mag ook weer niet te hard waaien; als de arctische lucht te snel over het water van de Grote Meren, of in ons geval het Noordzeewater, wordt gejaagd,

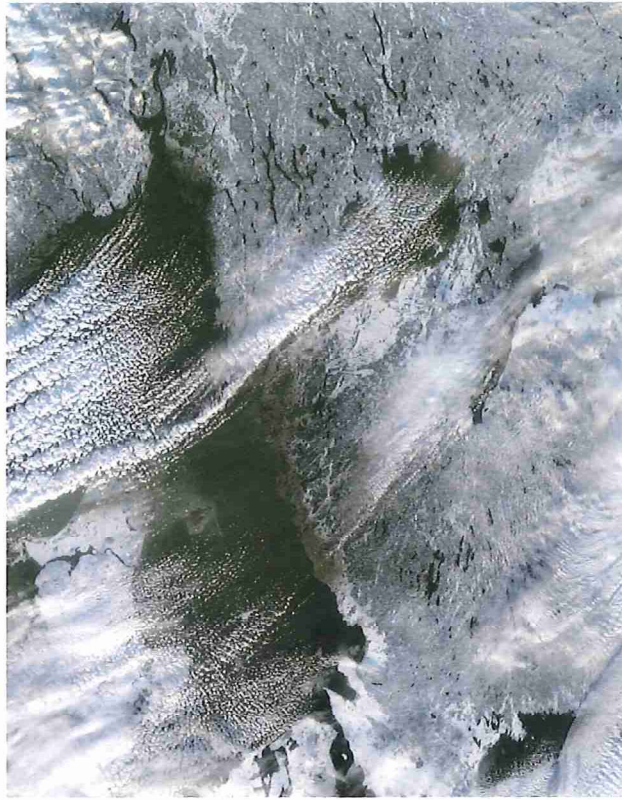


Figuur 1. Warmwatereffect boven de Noordzee, 17 (a) en 18 (b) december 2009. Sneeuw heeft een rode tint; ook bewolking met ijs wordt rood weergegeven. Vegetatie is groen; in de groene gebieden ligt dus geen sneeuw. Instrument: MODIS, banden 3, 6 en 7. Satelliet: Terra (bron: NASA/GSFC, MODIS Rapid Response).

is er te weinig tijd om vocht en warmte op te pikken.

De windrichting op 850 hPa bepaalt waar de sneeuwbuien zullen toeslaan. De windrichting legt ook de zogeheten strijklenkte (Engels: fetch) vast, de afstand waarover de koude lucht in contact is met het relatief warme water van meren of zeeën. Hoe groter de afstand die de arctische lucht over het warme water aflegt, des te actiever worden de sneeuwbuien. Om flinke convectie te krijgen, moet de strijklenkte ten minste 80 km bedragen. Duidelijke, goed georganiseerde wolken- en buienstraten blijken zich alleen voor te doen als het verschil in windrichting tussen het aardoppervlak en 700 hPa niet meer dan 30 booggraden bedraagt.

De vochtigheid van de lucht is eveneens van belang. In vochtige lucht komt het eerder tot condensatie en krijgen de buien meer 'voeding'. Als de lucht die over een wateroppervlak strijkt, ook eerder al over een meer met relatief warm water is gevoerd, kunnen door het 'meer-op-meer-effect' de wolken- en buienstraten zich opnieuw ontwikkelen of



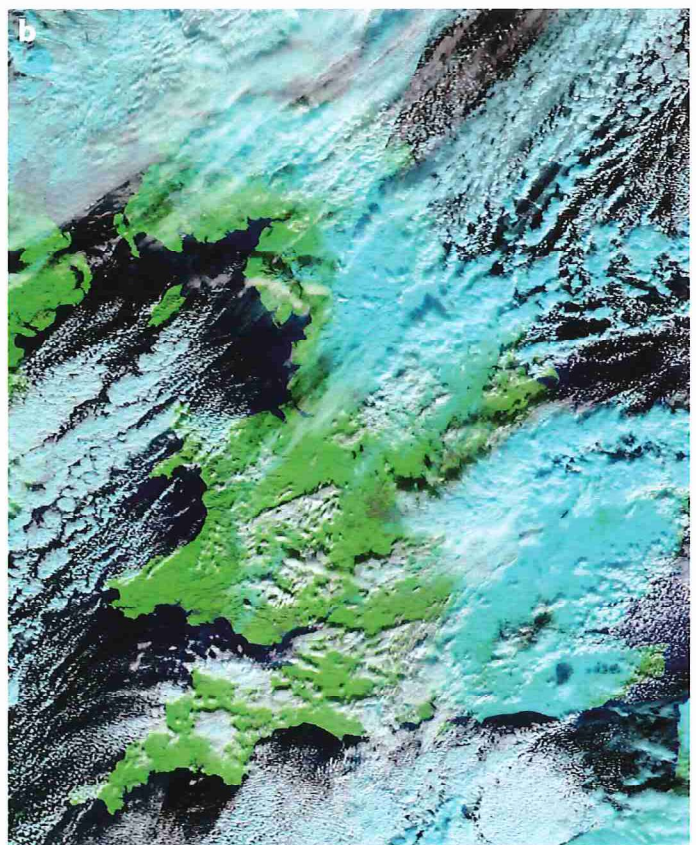
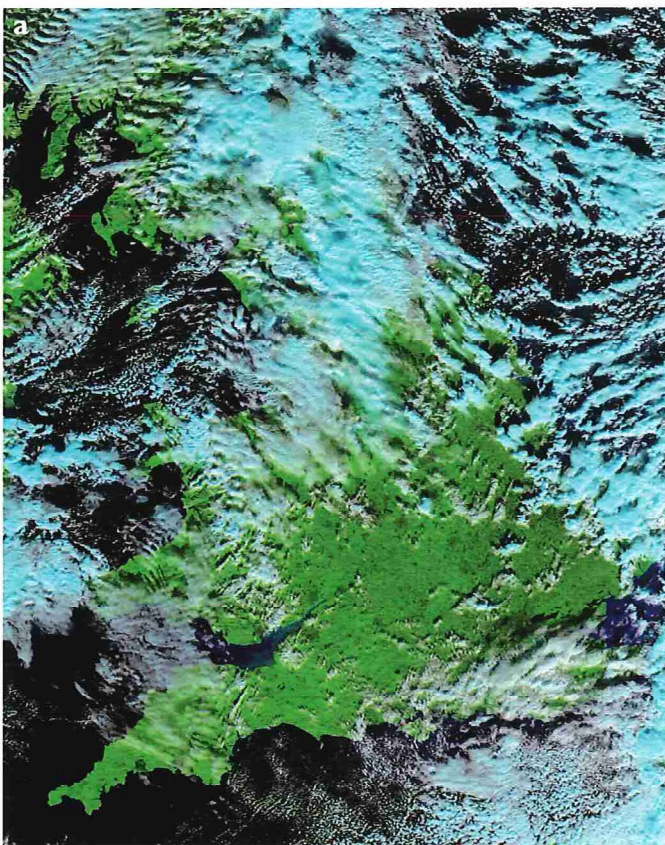
Figuur 2. Satellietbeeld in natuurlijke kleuren van het Kattegat, de Oslofjord en delen van Denemarken, Noorwegen en Zweden, 17 december 2009. Boven Vänern, het grootste meer van Zweden en in omvang het derde meer van Europa, treedt het zogeheten 'lake-effect' of warmwatereffect op. De wolken- en buienstraten vinden een voortzetting boven het Kattegat en – zoals zichtbaar op figuur 1 – de Noordzee: het meer-op-meer-effect. Instrument: MODIS, banden 1, 4 en 3. Satelliet: Aqua (bron: NASA/GSFC, MODIS Rapid Response).

verder activeren. De synoptische situatie kan tevens een rol spelen. De eigenschappen van het terrein aan de overliggende oever of kust zijn eveneens van belang. Hoe ruwer daar het landschap, des te meer de luchtstroming afgeremd wordt. De nieuw aanstromende lucht moet dan naar boven uitwijken, wat eventuele buien een extra stimulans geeft. Als de oevers enkele honderden meters boven het niveau van het meer of de zee liggen, krijgen buien ook nog eens een impuls doordat de lucht gedwongen wordt tegen de bergen of heuvels op te stijgen.

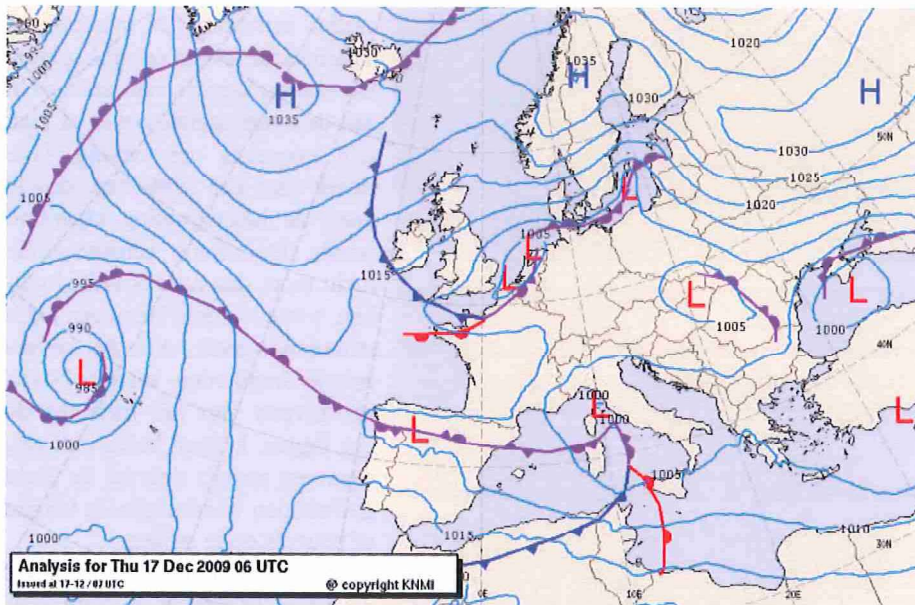
Wanneer later in het winterseizoen de Grote Meren in de Verenigde Staten zijn dichtgevroren, is het daar doorgaans met het lake-effect gedaan. Hetzelfde geldt voor de Oostzee, de Botnische Golf en de Finse Golf. Het dichtvriezen van het gedeelte van de Noordzee waar het warmwatereffect kan optreden, is vooralsnog geen reële optie.

MODIS

Boven de Noordzee konden we het warmwatereffect de afgelopen winter weer eens waarnemen (figuur 1). Met de satellietdata van



Figuur 3. Satellietbeeld van de Britse Eilanden, 17 (a) en 18 (b) december 2009. De blauwgroene tinten duiden op sneeuw of bewolking met ijs. Vegetatie is groen; in de groene gebieden ligt dus geen sneeuw. Op 18 december is er heel wat sneeuw bij gevallen, deels door het warmwatereffect (Noord-Engeland), deels door een storing boven de Zuidelijke Noordzee, die in Nederland, België en Zuidoost-Engeland sneeuw bracht. Instrument: MODIS, banden 7, 2 en 1. Satelliet: Terra (bron: NASA/GSFC, MODIS Rapid Response).



Figuur 4. Weerkaart van 17 december 2009, 06 UTC (bron: KNMI).

de Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) op de Amerikaanse satellieten Terra en Aqua is het verschijnsel goed in kaart te brengen. Het instrument, dat nu tien jaar in de lucht is, neemt de aarde waar in 36 golflengtegebieden of banden, waarvan er voor de constructie van de beelden veelal drie worden gebruikt. Zichtbaarlichtbeelden, zoals figuur 2, tonen de meeste overeenkomst met een gewone foto; ze laten de aarde zien zo ongeveer als we die ook zelf vanuit de satelliet zouden waarnemen. Ze zijn gebaseerd op waarnemingen in de banden 1, 4 en 3, die rood, groen en blauw door de aarde gereflecteerd zonlicht registreren (zie tabel 1). Door de meetgegevens op de voor de hand liggende manier door te sluisen naar de RGB-ingang van een beeldscherm, beamer of printer, ontstaan de fraaie kleurenbeelden van delen van het aardoppervlak en de bewolking daarboven.

Bij het genereren van de figuren 1a en 1b zijn de MODIS-banden 3, 6 en 7 gebruikt. Band 3 meet zoals we reeds zagen blauw zichtbaar licht; banden 6 en 7 registreren straling in het kortgolvig infrarood (IR-B). In de uiteindelijke beelden is de kleur rood toegewezen aan informatie uit band 3, terwijl band 6 en 7 respectievelijk de kleuren groen en blauw van de monitor aansturen. Sneeuw en ijs reflecteren zeer goed in het zichtbaar licht en absorberen licht in het kortgolvig infrarood. Doordat band 3 de enige is die gereflecteerd zichtbaar licht toont, komt een sneeuwdek in beeld met een opvallende rode kleur. Water van zeeën, meren en rivieren stuurt in geen van de drie genoemde banden licht terug naar de sensoren op de satelliet en is daardoor donker van tint. De kleine waterdruppeltjes waaruit

bewolking bestaat, verstrooien het licht in alle drie de banden en zijn daardoor wit. Het kleurcontrast tussen de witte wolken en de kunstmatig roodgekleurde sneeuw is dan ook groot. Alleen als de bewolking zeer koud is en ook ijs bevat, komen er rode tinten in voor. Vegetatie reflecteert in band 6; in de beide andere banden absorbeert ze. Doordat band 6 het groen in het beeld aanstuurt, overheersen bij vegetatie, en meestal dus ook bij een sneeuwvrije bodem, de groene tinten.

Voor het uit elkaar houden van sneeuw en bewolking zijn ook nog beelden uit een combinatie van banden 7, 2 en 1 geschikt. Bij het construeren van de satellietbeelden van de figuren 3a en 3b zijn deze banden gebruikt. Ze sturen weer respectievelijk het blauw, het groen en het rood aan bij de samenstelling van het digitale beeld. Band 1 meet straling in het rood zichtbaar licht. Band 2 registreert gereflecteerde straling in het nabij-infrarood (IR-A). Water is, net als

bij een op de kanalen 3, 6 en 7 gebaseerd beeld, donker. Vegetatie reflecteert sterk in het nabij-infrarood en absorbeert in de beide andere kanalen; daardoor heeft het een heldere groene kleur. Sneeuw en ijs reflecteren goed in band 1 en 2, maar absorberen het licht in het kortgolvig infrarood (IR-B) van golflengteband 7. Op die manier krijgt het sneeuwdek op deze beelden een markante blauwgroene tint.

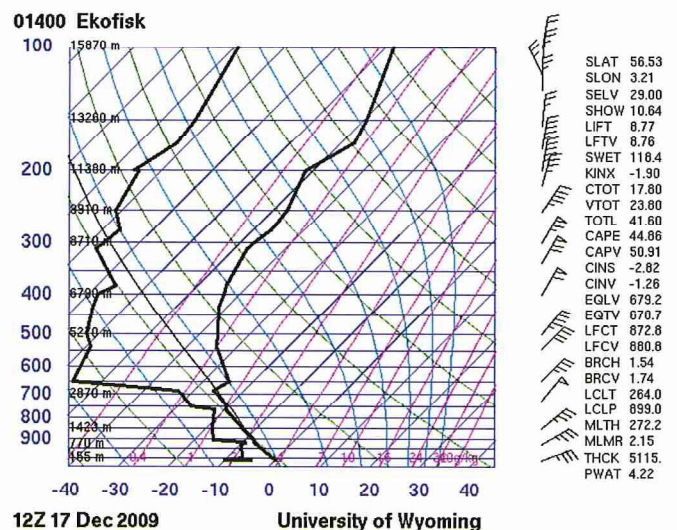
We kunnen de MODIS-beelden dus goed gebruiken om de situatie te bekijken en te bepalen of het warmwatereffect (*lake-effect*) inderdaad heeft geleid tot de vorming van warmwatersneeuw (*lake-effect snow*).

Noordzee

Het satellietbeeld van figuur 1a geeft de weersituatie op 17 december aan het eind van de ochtend. Tussen een hogedrukgebied boven Scandinavië en een actieve sneeuwstoring boven onze omgeving stond op dat moment een strakke noord-oostelijke stroming, zoals de weerkaart van die ochtend laat zien (figuur 4). De temperatuur van het zeewater bedroeg rond die tijd in het noordelijk deel van de Noordzee ongeveer 7 graden. Ekofisk rapporteerde tegelijkertijd een temperatuur op 850 hPa van -12,7 graden (figuur 5), dus aan het criterium voor voldoende onstabieleit werd ruimschoots voldaan. Ook de dikte van de grenslaag werkte goed mee; deze bedroeg ruim 3 kilometer. Er stond een stevige wind: 35 knopen op 29 meter hoogte. De windrichting aan de grond was 70 graden; op 700 hPa was de windrichting 40 graden, dus de windschering was net binnen de toegelaten grens.

Boven het relatief warme water ontstonden wolkenstraten, overgaand in buienstraten en in celvormige patronen met bewolking en buien, zoals op het satellietbeeld van 17 december (figuur 1a) is te zien. De zwaarste buien zaten bij de oostkust van Noord-Engeland. De lucht heeft daar het langste traject over zee afgelegd.

Deze wolkenstraten zijn terug te traceren tot in de Oslofjord en het aansluitend deel van de Noorse en Zweedse kustwateren van het Skagerrak. De meest



Figuur 5. TEMP van Ekofisk (01400), 17 december 2009, 12 UTC (bron: DMI/University of Wyoming).

Tabel 1. De voor het genereren van de satellietbeelden bij dit artikel gebruikte MODIS-banden met bijbehorende golflengten en 'kleuren'.

Band	Golflengte (µm)	'Kleur'
1	0,670	Rood
2	0,876	Nabij IR (IR-A)
3	0,479	Blauw
4	0,565	Groen
6	1,652	Kortgolvig IR (SWIR, IR-B)
7	2,155	Kortgolvig IR (SWIR, IR-B)

zuidelijke van de wolkenstraten die ten noorden van Jutland langslopen, lijken nog weer iets beter ontwikkeld dan de overige. Ze liggen in het verlengde van andere wolkenstraten die zich eerder ontwikkelden boven Väneren, het grootste meer van Zweden en in omvang het derde meer van Europa (figuur 2). Het verschijnsel is dus op te vatten als een voorbeeld van het 'meer-op-meer-effect'. De strijklengte van de lucht over het meer bedroeg meer dan 80 kilometer,

van Jutland. De buien stroomafwaarts zijn door de kortere strijklengte minder actief, maar hebben desondanks ongetwijfeld ook sneeuw in petto. Op het satellietbeeld van 24 uur later (figuur 1b) is die sneeuw boven Engeland inderdaad te zien; ter herinnering: de sneeuw heeft op de beelden een rode tint. Ook Nederland, België en Scandinavië zijn grotendeels bedekt met sneeuw; Luxemburg en delen van de Belgische Ardennen zijn sneeuwvrij.

zodat ook daar werd voldaan aan een van de voorwaarden voor het optreden van het warmwater-effect.

Meer zuidelijk op de Noordzee begint het voor het warmwater-effect karakteristieke wolkenpatroon bij de westkust

In de figuren 3a en 3b, eveneens van respectievelijk 17 en 18 december, is meer ingezoomd op de sneeuw in Engeland. De meetgegevens zijn omgezet naar een standaard kaartprojectie en er is informatie gebruikt van MODIS-banden 7, 2 en 1. Vegetatie, en daardoor ook de sneeuwvrije gebieden, zijn weliswaar weer groen, maar het sneeuwdek is nu blauwgroen. De door het warmwater-effect veroorzaakte sneeuwval langs de kust van Noord-Engeland is weer goed te zien. In gebieden langs de oostkust van Engeland en Schotland ligt namelijk sneeuw (blauwgroen) op plaatsen waar een dag eerder de groene tinten van sneeuwvrije vegetatie nog domineerden. Overigens kan alleen de sneeuwval in het noorden van Engeland worden toegeschreven aan het 'lake-effect' of warmwater-effect. De sneeuw op Zuidoost-Engeland, Nederland en België, die ook boven de Noordzee was 'voorgekookt', heeft een andere oorzaak.

Gesprek met Jan Buisman in een Kleine IJstijd

“Ik ben van kindsbeen achtervolgd door het weer”

HARRY GEURTS (KNMI)

De avond van de achtste november 1939, München: Hitler spreekt zijn strijdmakers toe maar verlaat enkele minuten eerder dan gepland het spreekgestoelte. Er is hem ingefluisterd dat het erg mistig is en dat zijn vlucht naar Berlijn daarom is afgelast. Hij moet de trein nemen. Kort na zijn vertrek ontploft een bom die Hitler vrijwel zeker gedood zou hebben. Stel je voor dat die mist er niet was geweest en Hitler gewoon zijn toespraak op de geplande tijd had gehouden. Dan had de wereld er mogelijk heel anders uitgezien. Misschien wel geen Tweede Wereldoorlog geweest.....

Een gesprek met weerhistoricus en spraakwaterfall Jan Buisman (figuur 1) staat gegarandeerd bol van anekdotes uit maar liefst duizend jaar weergeschiedenis in voornamelijk de Lage Landen. We spraken af op een dag in januari bij het Rijksmuseum in Amsterdam. Daar was de afgelopen winter een overzichtstentoonstelling te zien van de winterlandschappen van de beroemde Hendrick Avercamp (1585-1634). Hadden we toch nog wat winter als decor (figuur 2)!

Wie schetst onze verbazing toen uitgerekend daags voor onze afspraak Amsterdam bedolven werd onder een pak sneeuw zoals de hoofdstad in tientallen jaren niet had meegeemaakt. De Amsterdamse sneeuwbuï en het verkeersinfarct dat daarvan het gevolg was krijgt zeker een plaats in deel acht van “Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen”,



Figuur 1. Jan Buisman, een uitermate boeiende persoonlijkheid in woord en geschrift.

het magnum opus dat historisch geograaf Jan Buisman wereldfaam bezorgt (figuur 3). Ook wetenschappers hebben grote waardering voor zijn werk, getuige het artikel van historische klimaatonderzoekers Nanne Weber en Sanne Aarsen over 1000 jaar vulkaanuitbarstingen en de temperatuur in de Lage Landen onlangs in *Meteorologica* (september 2009). “Iedereen is altijd heel positief, ik wil wel eens horen wat ik niet goed doe”, zegt Buisman die openstaat voor opbouwende kritiek.

Wat zou die kritiek dan moeten zijn? Buisman gaat altijd uit van originele bronnen, haalt die bronnen talloze malen door de zeef, gaat systematisch te werk, is origineel en beschikt over een meteorologisch geheugen dat niemand kan evenaren, laat anderen zijn copij kritisch lezen en heeft geen rust voor de tekst met bijna