

2053, als Koningin Amalia uit Engeland komt varen, wel een weerkaart voor 1813 zal zijn, niet alleen voor zeeniveau in NW Europa, maar ook voor 500 mb, het Zuidelijk Halfrond en de stratosfeer. We kunnen weerkaarten tot uit de 17^e eeuw tegemoet zien want de verzameling en digitalisering van met name scheeps-waarnemingen is in volle gang (Allan et al, 2011). De situatie in 1813 is trouwens iets gunstiger dan we boven beschreven. In 1813 werden ook in Delft en Haarlem waarnemingen gedaan en die stemmen gelukkig heel goed overeen met die van Zwaneburg qua temperatuur, windrichting en bewolking. Op twee van de drie stations werd toen ook al driemaal daags de luchtdruk gemeten.

We mogen ons optimisme natuurlijk niet overdrijven. Volgens Compo et al (2006) kan men, in het algemeen, de 3-dimensionale grote schaal toestand van de atmosfeer met een redelijke precisie reproduceren met slechts enkele tientallen tot honderden waarnemingen aan de grond. We benadrukken “in het algemeen”. De precisie varieert van dag tot dag en hangt van de stroming af en sommige synoptische situaties laten zich beter beschrijven met een handjevol waar-

nemingen (gedurende de laatste dagen tot en met nu) dan andere. Vooral als mesoschaal systemen actief zijn, en die kunnen het meest verwoestend zijn, moet men heel veel meer waarnemingen hebben. Dit is het dilemma van de analyse van uitgangstoestanden voor numerieke verwachtingen. Met een paar honderd strategische geplaatste waarnemingen kan men “in het algemeen” al 90% van de variantie verklaren. Vervolgens heeft men miljoenen waarnemingen nodig om tot 99% te komen.

De auteurs zijn Harry Geurts dankbaar voor de voorinzage van enkele zinnen over 1813 het komende boek van Jan Buisman. We zijn Dr. Frank Beyrich en Britta Bolzmann van de Deutsche Wetterdienst (DWD) dankbaar voor het beschikbaar stellen van de weerkaarten van de Seewarte Hamburg. De Historische Heranalyse-gegevens werden verstrekt door Dr Gil Compo in Boulder Colorado. De bibliotheek van het KNMI leende ons het boek van Kees Stal uit, en hielp zoeken naar weerkaartjes uit 1894 en 1897.

¹ Een zo grote uitdieping is genoeg om in moderne terminologie dit lagedrukgebied een ‘bom’ te noemen. Men zou dus kunnen zeggen dat de Scheveningse bommen door een bom zijn vernietigd. In werkelijkheid was de uitdieping wellicht minder omdat de luchtdruk op de 21e om 18 UTC al lager geweest kan zijn.

Literatuur

- Allan R, et al., 2011: The International Atmospheric Circulation Reconstructions over the Earth (ACRE) initiative. Bulletin of the American Meteorological Society, 92 no 11.
- Buisman, J, 2013 of later: Duizend jaren weer in de lage landen, deel VII (nog niet gepubliceerd, maar voor inzage via Harry Geurts).
- Compo, GP, JS Whitaker and PD Sardeshmukh, 2006: Feasibility of a 100-Year Reanalysis Using Only Surface Pressure Data. Bull. Amer. Meteor. Soc., 87, 175–190. Zie ook http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/20thC_Rean/ voor de data zelf.
- Compo, GP et al., 2011: The Twentieth Century Reanalysis Project. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 137, issue 654, January 2011, 1-28.
- Dool, H van den, 2012: Weather and the Fires of 1871. pages 129-141, i.e. Chapter 8 (pages 129-141) of book entitled, “Diverse Destinies, Dutch Kolonies in Wisconsin and the East”. Edited by N. Kennedy, M. Risseeuw and R.P.Swierenga. Printed by Van Raalte Press, Holland MI, 2012. Paper presented at the 18th Conference of the Association for the Advancement of Dutch American Studies in Sheboygan, Wisconsin, June 9-11, 2011.
- Saha, S et al., 2010: The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. Bull. Amer. Meteor. Soc., 91, (June 2010). <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2010BAMS3001.1>
- Stal, K, 1994: De storm van 1894, de ramp die Scheveningen een nieuw gezicht gaf, Elmar BV, Rijswijk, 77 p.

Windwaarnemingen uit ballonvaarten

CISCO DE BRUIJN (KNMI), SIEBREN DE HAAN (KNMI) EN PETER BARLO (BARLO BALLONVAARTEN)

De overgangen tussen stabiele, neutrale en onstabiele omstandigheden zijn een interessant onderzoeksterrein. Na zonsopkomst is er sprake van toenemende turbulentie, in de avond sterft de turbulentie uit. In de modelvergelijkingsstudie GABLS3 (Bosveld et al., 2012) werd deze overgang bestudeerd op één locatie, namelijk Cabauw. Trajectoriën van heteluchtballonnen vormen een nieuwe bron van wind informatie op enige hoogte boven het aardoppervlak. De verplaatsing van een ballon is een maat voor de windsnelheid en -richting. Een deel van deze windinformatie wordt verkregen in de grenslaag, juist waar over het algemeen weinig waarnemingen beschikbaar zijn. In Nederland zijn er 500 geregistreerde ballonnen en op jaarbasis worden er 8000 à 9000 vluchten gemaakt. Ballonvaarten duren ongeveer twee uur en vinden meestal na zonsopkomst en voor zonsondergang plaats. Overdag, als de thermiek eenmaal op gang komt, wordt ballonvaren te gevaarlijk, dan kunnen de opstijgende en dalende lucht de vorm van de ballon negatief beïnvloeden. De uit de ballonverplaatsing afgeleide gegevens kunnen gebruikt worden voor data assimilatie en modelvalidatie. In dit artikel beperken we ons tot een drietal ballonvaarten waarin we op basis van geregistreerde GPS-posities achteraf windsnelheden en -richtingen berekenen.

Meetmethode wind

Om de windsnelheid en -richting te bepalen, maken we gebruik van de verplaatsing van de heteluchtballon. Deze is ongeveer 30 m hoog en heeft een massa van ongeveer 500 kg (figuur 1). De piloot aan boord gebruikt meestal een GPS-ontvanger, die elke 3 seconden een positie berekent en opslaat in een computerbestand. De opeenvolgende posities in combinatie met het tijdsinterval leveren snelheden op die de stroming, waarin de

ballon drijft, weergeeft. Bij de berekening van de afstand tussen twee posities wordt een bolvormige aarde verondersteld en grootcirkels tussen twee punten. De vlieghoogte wordt door de piloot bepaald en bij de berekening van de trajectorie wordt de verticale coördinaat geleverd door de GPS-ontvanger. De meetgegevens van beneden de 10 m worden niet verwerkt, omdat deze bepaald worden door lokale omstandigheden die een weermodeel niet kan repre-

senteren. Verder is de vaart van de ballon lager dan 10 m niet gelijkmatig. Immers bij het opstijgen staan de branders op vol en schiet de ballon omhoog en bij het landen zal de ballon veel “voelen” van de windschering nabij het aardoppervlak.

Weermodeel

We hebben geëxperimenteerd met het HIRLAM model, dat hydrostatisch is en een horizontale resolutie heeft van 11 km. In de verticaal zijn er 60 lagen gedefini-



Figuur 1. Hete Lucht Ballon PH-PKB van Barlo Ballonvaarten.

eerd waarvan 10 lagen in de onderste 2 km. Relevante fysica onderdelen van het HIRLAM model zijn het turbulentie - en het bodemschema (Undén et al., 2002). Het turbulentschema beschrijft in het weermodel het transport van warmte, vocht en impuls van het aardoppervlak naar de vrije atmosfeer en andersom, uitgaande van een set vergelijkingen gebaseerd op de kinetische energie van de stroming. In het bodemschema wordt de energiebalans uitgerekend. De vochtinhoud van de bodem bepaalt hoe de netto beschikbare hoeveelheid straling verdeeld wordt over voelbare warmte, latente warmte en bodemwarmtestroom. Hierbij zijn bodemtype, vegetatie en grondgebruik belangrijke parameters. In onze experimenten werken we met twee versies van HIRLAM, H11 en U11. H11 beslaat een gebied zo groot als West-Europa en ontvangt randinformatie van het mondiale ECMWF-model. H11 draait elke drie uur en levert de rand-

informatie voor het U11-model dat op zijn beurt elk uur draait. Op deze manier kunnen er snel, dat wil zeggen elk uur nieuwe waarnemingen worden verwerkt. Het domein van U11 is Nederland en een stuk van de Noordzee (De Haan, 2013). De HIRLAM modelversies zijn geïmplementeerd op een BULL supercomputer op het KNMI en het berekenen van een 24-uursverwachting kost ongeveer 10 minuten. Voor de berekening van de trajectorie maken we gebruik van een lineaire tijdsinterpolatie, bilineaire ruimtelijke interpolatie en een log P(ressure) interpolatie in de verticaal (zie De Bruijn, 1996).

In dit artikel beschrijven we drie vluchten en vergelijken we de uit heteluchtballonnen afgeleide wind-gegevens met windverwachtingen uit U11. Tevens worden de uit de ballon verkregen windwaarnemingen in U11 geassimileerd om te kijken wat het effect is op de modelwindverwachting.

Resultaten ballonvaarten

De Bilt-Amersfoort 15 september 2012

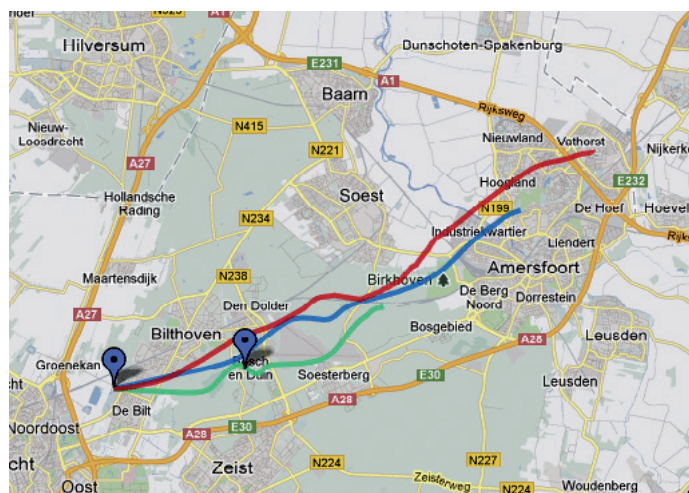
Deze vlucht ging in noordoostelijke richting (figuur 2), duurde ruim een uur waarin 19.5 km afgelegd werd. Om 16:30, als de ballon op zijn hoogste punt van 1428 m is (figuur 3 bovenste paneel), is er een opmerkelijke verandering van windrichting. De ballon stijgt naar een luchtlaag waar blijkbaar een ander regime heerst. Het is aannemelijk dat de ballon daar overgaat van de grenslaag naar de vrije troposfeer, alwaar de wind niet meer beïnvloed wordt door het aardoppervlak.

De trajectorie van de ballon (rood) en die van het referentie weermodel (groen, U11 zonder assimilatie) wijken sterk van elkaar af. Vooral de fout in de windsnel-

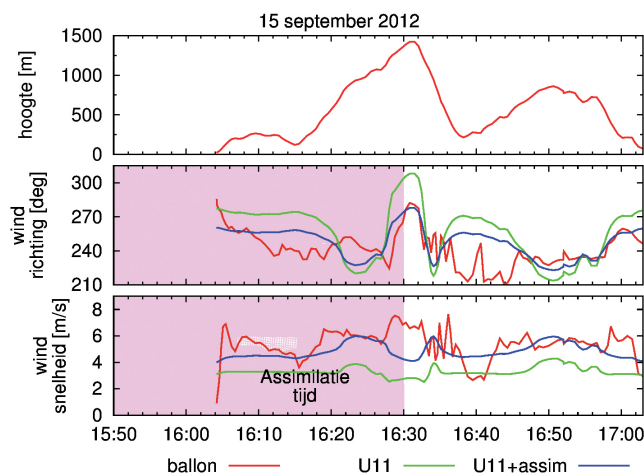
heid is opvallend. Het model heeft een te lage windsnelheid, hetgeen resulteert in een onderschatte totale verplaatsing. Verder laat het model, door een afwijking in de verwachte windrichting, de verwachte trajectorie van de ballon te veel naar het oosten gaan. Uit figuur 3 blijkt dat de ballontrajectorie niet overeenstemt met de verwachte trajectorie uit het model. We gaan nu proberen deze afwijking tussen modelverwachting en waarneming kleiner te maken door de ballonwinden, die in feite waarnemingen zijn, te gebruiken in de analyse van het model. De ballonwaarnemingen worden geassimileerd in HIRLAM U11 gedurende het eerste half uur van de vlucht (aangegeven met het gearceerde vlak in de onderste panelen van figuur 3). (In het 3DVAR assimilatie-schema van HIRLAM kunnen alleen standaard waarnemingen ingevoerd worden. We beschouwen de ballonwinden derhalve als een serie van PILOTS en bieden die ter verwerking aan). Tijdens de assimilatie periode zien we dat de trajectorie naar de waarneming wordt getrokken. In figuur 2 is duidelijk te zien dat de uiteindelijke voorspelde trajectorie (blauwe lijn), dichterbij de gevolgde weg van de hete lucht ballon is komen te liggen.

Culemborg-Barneveld 16 september 2012

Tijdens deze vlucht werd 36 km afgelegd (figuur 4). Het plafond lag op 1861 m (figuur 5). In het begin van deze vlucht geeft het model te veel wind, maar na 10 minuten op 300 m hoogte, gaat de ballon net zo snel als de wind afkomstig uit HIRLAM U11. Boven de 300m zijn de model- en ballonwindwaarneming meer met elkaar in overeenstemming. De ballon stijgt tot 1861 m en ondervindt



Figuur 2. Trajectoriën op 15 september 2012 volgens de ballon (rood), weermodel U11 (groen) en weermodel U11 (blauw) met ballonwinden geassimileerd in het eerste half uur van de vlucht aangegeven met het traject tussen de blauwe bolletjes.



Figuur 3. Tijd-hoogte diagram en corresponderende wind (snelheid en richting) gedurende de ballonvlucht De Bilt-Amersfoort op 15 september 2012, ballon (rood), weermodel U11 (groen) en weermodel U11 met ballonwaarneming geassimileerd (blauw). Tijd in UTC.



Figuur 4. Trajectoriën op 16 september 2012 volgens de ballon (rood), weermodel U11 (groen) en weermodel U11 (blauw) met ballonwinds geassimileerd in het eerste half uur van de vlucht aangegeven met het traject tussen de blauwe bolletjes.

daar windsnelheden van 16 m/s. In deze tijd wordt een flinke afstand overbrugd, namelijk: van Culemborg naar Scherpenzeel (figuur 4). Boven de bebouwing wordt lager gevlogen; de windrichting fluctueert hier behoorlijk en de windsnelheid wordt door het model overschat. Uiteraard wordt de wind hier sterk beïnvloed door het aardoppervlak. In het laatste gedeelte van de vlucht stijgt de ballon tot 1000m om vervolgens te landen ten noorden van Barneveld.

Door assimilatie van de wind afgeleid uit de ballonverplaatsingen gedurende de eerste 40 min van de vlucht zien we de modeltrajectorie verbeteren (figuur 4 blauwe lijn). Daarna, als de modeltrajectorie over gaat in een verwachting, vallen de verbeterde en opgetreden trajectoriën zelfs vrijwel met elkaar samen. Echter, de landingspositie wordt niet helemaal perfect verwacht.

De Bilt-Culemborg 22 september 2012

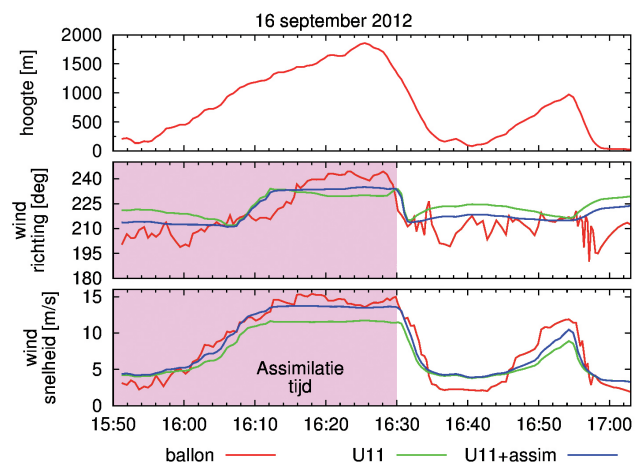
Deze vlucht gaat eerst in zuidzuidoostelijke richting (figuur 6) over een afstand van 20.5 km. De ballon stijgt tot ongeveer 1500 m en bevindt zich daar boven de grenslaag in de vrije atmosfeer. De wind komt daar uit het noordwesten (figuur 7). De ballon passeert de autosnelweg A12 en daalt vervolgens snel tot 200m. De wind ruimt en komt uit noordelijke richting (0 graden) en de windsnelheid is 5 m/s. In de laatste 10 min wordt er nog lager gevlogen. Het weermodel HIRLAM U11 heeft een bias in de windsnelheid en -richting gedurende het laatste half uur. Op lage hoogtes wordt de wind sterk door lokale omstandigheden bepaald zoals ruwheid, bodemtype en grondgebruik. Het weermodel kan met een horizontale resolutie van 11 km niet met alle details rekening houden.

Tijdens de assimilatieperiode, als de bal-

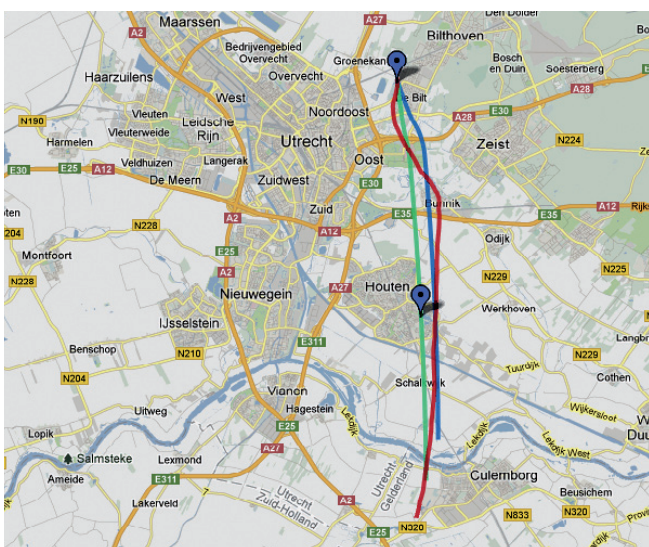
lon stijgt, wordt de afwijking in windsnelheid en richting kleiner. Daarna als de daling wordt ingezet, wordt de fout niet meer kleiner en neemt zelfs toe, althans voor de windsnelheid. De verwachte trajectorie eindigt uiteindelijk aan de verkeerde kant van de rivier op een afstand van ongeveer 4 km van de werkelijke landingsplaats. Dit resultaat zou verbeterd kunnen worden als we de ballonwinds alleen maar zouden assimileren gedurende de eerste 20 minuten van de vlucht. De optimale duur van de assimilatieperiode en het verwerpen, c.q. uitdunnen van de wind data moet nog verder worden onderzocht.

Conclusies en discussie

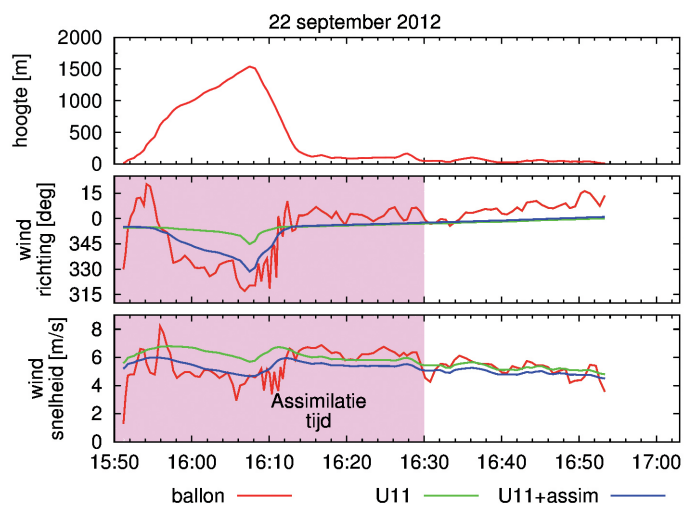
Ballonwinds kunnen bruikbaar zijn om de windverwachtingen van HIRLAM U11 te verbeteren. De ballonwinds worden door het data-assimilatiesysteem



Figuur 5. Tijd-hoogte diagram en corresponderende wind (snelheid en richting) gedurende de ballonvlucht Culemborg-Barneveld op 16 september 2012, ballon (rood), weermodel U11 (groen) en weermodel U11 met ballonwaarneming geassimileerd (blauw). Tijd in UTC.



Figuur 6. Trajectoriën op 22 september 2012 volgens de ballon (rood), HIRLAM U11 (groen) en HIRLAM U11 (blauw) met ballonwinds geassimileerd in het eerste half uur van de vlucht aangegeven met het traject tussen de blauwe bolletjes. Tijd in UTC.



Figuur 7. Tijd-hoogte diagram en corresponderende wind (snelheid en richting) gedurende de ballonvlucht De Bilt-Culemborg op 22 september 2012, ballon (rood), weermodel U11 (groen) en weermodel U11 met ballonwaarneming geassimileerd (blauw). Tijd in UTC.

verwerkt en kunnen effectief zijn omdat gedurende enige tijd waarnemingen worden gedaan in de onderste laag van de atmosfeer, waar normaal gesproken weinig observaties zijn. Tot nu is er alleen een kwalitatieve analyse op basis van drie vaarten gedaan. In een later stadium, als we beschikken over meer data, gaan we de gehele modeluitvoer verifiëren. Er zijn wel kanttekeningen te plaatsen bij deze meetmethode. Op lage hoogtes vindt er geen goede meting plaats, omdat de wind sterk bepaald wordt door lokale omstandigheden, die het model nooit kan representeren. Waarnemingen onder de 10 m worden om die reden buiten beschouwing gelaten. Verder worden scherpe gradiënten van het windprofiel niet goed gemeten, omdat, door de afmetingen van de ballon, de effectieve verticale meetresolutie circa 30m bedraagt. Kortstondige fluctuaties tijdens de vlucht zullen ten gevolge van de traagheid eveneens niet goed gemeten worden. De kleinste schalen worden door de ballon niet waargenomen, maar aangezien het model deze schalen ook niet goed kan oplossen, zullen de ballonwaarnemingen toch zinvolle informatie bevatten die goed aansluit op de afmetingen van de gridbox (11 bij 11 km).

Toekomstige ontwikkelingen

Om de ballonverwachtingen te verbeteren is het noodzakelijk dat de ballonposities real-time verwerkt worden. Ballonvaarders hebben vaak een transponder aan boord waarmee de Lucht Verkeers-

leiding Nederland (LVNL) de ballon kan volgen in verband met de veiligheid. Als de ballon niet hoger dan 400 voet vliegt, is er geen verplichting om een transponder te hebben. Wij zullen het gebruik van de transponder stimuleren bij ballonvaarders. Op het KNMI is de infrastructuur reeds aanwezig om de transponder data te verwerken. Deze infrastructuur is opgezet om transponder data van vliegtuigen (Mode-S Enhanced Surveillance) te verwerken (De Haan, 2011).

Wij willen graag meer cases verzamelen om een statistische analyse mogelijk te maken. Daartoe willen wij GPS-data van gedane vluchten opvragen bij ballonvaarders. Met de windgegevens uit ballonvluchten krijgen we metingen in een groeiende of inzakkende grenslaag over een veel groter gebied dan alleen puntmetingen op enkele locaties. Verder zijn wij geïnteresseerd in die gevallen, waarin de HIRLAM verwachting sterk afwijkt van de werkelijkheid. Met name zijn we op zoek naar situaties waarbij zeewind circulaties, stadseffecten, onverwachte thermiek en buien zijn opgetreden. Als we voldoende data beschikbaar hebben, kunnen wij de kwaliteit van deze nieuwe windmetingen vaststellen. Daartoe zullen we met andere waarnemingen gaan vergelijken zoals de meetmast data, radiosonde-oplatingen en windprofilers. Tenslotte willen wij de modellen volgens standaardmethoden verifiëren om vast te kunnen stellen of de ballonwaarnemingen leiden tot betere scores.

In een later stadium zouden wij ballonwindmetingen ook kunnen gaan verwerken in het assimilatie systeem van het HARMONIE model om zo de windverwachting in de grenslaag te verbeteren. Het HARMONIE model is niet-hydros-tatisch en heeft een horizontale resolutie van 2.5 km. Het model heeft een geavanceerd fysica pakket, waarbij turbulentie en convectie door één schema beschreven worden. Met name stijg- en daalbewegingen zullen beter beschreven worden.

De auteurs zijn Wouter Lablans (ex-KNMI) zeer erkentelijk voor zijn opbouwende kritiek bij de totstandkoming van dit artikel. Verder bedanken de auteurs drie reviewers voor hun waardevolle opmerkingen en commentaar die de kwaliteit van dit artikel ten goede is gekomen.

Literatuur

- Bosveld, F.C., P. Baas, G.J. Steeneveld, A.A.M. Holtslag, W.M. Angevine, E. Bazile, EIF de Bruijn, D. Deacu, J.M. Edwards, M. Ek, V.E. Larson, J.E. Pleim, M. Raschendorfer en G. Svensson, 2012: The GABLS Third Intercomparison Case for Boundary Layer Model Evaluation Part B: Results and Process Understanding, Bound.-Layer Meteorology in press.
- Bruijn, EIF de, 1996: Description and verification of the HIRLAM trajectory model, KNMI TR 191.
- Haan, S de, 2011: High-resolution wind and temperature observations from aircraft tracked by Mode-S air traffic control radar, J. Geophys. Res., 116.
- Haan, S de, 2013: Assimilation of GNSS ZTD and radar radial velocity for the benefit of very-short-range regional weather forecasts, Q.J.R. Meteorol. Soc., 1477-870X.
- Undén, P. and Coauthors, 2002: HIRLAM-5 scientific documentation. HIRLAM-5 project, SMHI, Norrköping, Sweden, 146p. [Beschikbaar online: http://www.hirlam.org/publications/SciDoc_Dec2002.pdf]

PROMOTIES

WIM VAN DEN BERG EN ROBERT MUREAU

Maar liefst drie studies betreffen het raakvlak hydrologie-meteorologie. Zou dit een trend aangeven? Hoe dan ook, dit keer een wat andere opzet van deze rubriek.

Nagekomen is het proefschrift van **Yijian Zeng**. Hij promoveerde al op 16 februari 2012 aan de Universiteit van Twente onder supervisie van onder andere promotor prof. Li Wan (Universiteit Geowetenschappen, Beijing). Yijian verkreeg voor één van zijn artikelen een WMO award. De (onder)titel van het proefschrift verklaart duidelijk waar zijn studie over ging: "Coupled dynamics in soil: Understanding the transport mechanism of liquid water, water vapor, dry air and heat by field experiments and

numerical simulation".

Zijn onderzoek toont aan, dat het, zeker in het geval van een droge bodem, van belang is om het watertransport in de bodem met een twee-fasenmodel te beschrijven. Niet alleen de vloeibare component blijkt van belang, ook de dampfase draagt bij. De dampflux wordt aangedreven door de diepte-afhankelijke dagelijkse gang in de bodemtemperatuur; als 's middags de toplaag warm is blijkt de dampflux neerwaarts, in de nacht en vroege ochtend is de dampflux juist opwaarts. Hoe efficiënt het watertransport (vloeibaar én damp) in de toplaag van de bodem verloopt, bepaalt hoe groot de runoff en de aanvulling van het grondwater is na een flinke regenbui; ook de verdamping hangt hiervan af.

Zonder een twee-fase aanpak wordt de verdamping flink onderschat en daardoor de sensibele warmteflux overschat.

Op 15 april promoveerde **Obbe Tuinenburg** aan Wageningen Universiteit met als promotor prof. P. Kabat en copromotor dr. R. Hutjes (WUR). Het onderzoek van Obbe betreft de gevolgen van grootschalige irrigatie in India op de moessoncirculatie en de bijbehorende (her)verdeling van regenval. Dit lijkt eenvoudig: een nattere bodem doet de verdamping toenemen, er komt meer vocht in de atmosfeer en dus is er meer kans op (buiige) neerslag. Maar in de droge tijd maakt het niet uit: de atmosfeer blijft te droog voor neerslag. Het effect is vooral van belang in de twee maanden voorafgaand aan de moesson, als de atmosfeer al wat vochtiger wordt,