Vergelijking van enkele schattingsmethoden voor de actuele verdamping

W. Beekman[1], R. Caljé[1], F. Schaars[1] en J. Heijkers[2]

Schattingen van de verdamping, zoals worden berekend met het NHI en met regionale grondwatermodellen, blijken sterk te verschillen met schattingen die gebaseerd zijn op veldobservaties. Vooral in de zomermaanden blijkt de berekende droogtestress slecht te corresponderen met onafhankelijke methoden om de actuele verdamping te bepalen. De hydrologische modellen zijn onderling redelijk unaniem in de toedeling van verdampingsreductie: die hanteren dan ook globaal het zelfde concept voor de berekening hiervan. Schattingen van de actuele verdamping uit satellietbeelden en uit veldmetingen met de eddy-correlatiemethode zijn onderling ook consistent. De vergelijkingsresultaten tussen de verschillende methoden roept om nader onderzoek om de verschillen te verklaren en om uiteindelijk tot een sluitender concept voor het berekenen van de actuele verdamping te komen. Verdamping is uiteindelijk na neerslag de belangrijkste term in de waterbalans waarop ons waterbeheer is gestoeld.

Inleiding

Verdamping vormt samen met neerslag de atmosferische randvoorwaarde van het hydrologische systeem. Het is een relatief ongrijpbare term en kan alleen op allerlei indirecte manieren worden bepaald. Meer nog dan andere termen in de waterbalans is de verdampingsflux sterk afhankelijk van de schaal waarop je naar het proces kijkt. Bij het verdisconteren van de verdamping in de hydrologische modellering krijg je daarom te maken met de volgende vragen:

- Welke metingen staan ons ter beschikking waaruit de verdampingsflux kan worden afgeleid en hoe nauwkeurig zijn die metingen?
- Welke veronderstellingen worden gedaan bij de omzetting van metingen in een verdampingsflux en hoeveel onzekerheid wordt daarmee toegevoegd?
- Hoe verloopt de aggregatie tussen de verschillende schaalniveaus en hoeveel onzekerheid voegt die stap toe?

De werkgroep verdamping onder de vlag van de NHV doet een moedige poging om een en ander in kaart te brengen (Bartholomeus, e.a., 2013). Ook vele anderen hebben

[1] Artesia
[2] HDSR

aspecten van de complexiteit van het schatten van de verdamping voor het voetlicht gebracht onder andere (Spieksma e.a., 1997) en (Dolman e.a., 1993). In dit artikel wordt een bijdrage aan het verdampingsonderzoek geleverd, door de uitkomsten van verschillende bepalingsmethoden onderling te vergelijken. De omvang en timing van afwijkingen tussen de berekende verdampingsfluxen kan helpen bij het analyseren van de oorzaken van de verschillen tussen en bij het waarderen van de betrouwbaarheid van de verdampingsschattingen.

Huidige praktijk

In regionale hydrologische modellen worden verschillende benaderingen toegepast om de verdamping te schatten. De gangbare praktijk bestaat uit drie mogelijke bepalingen (Bartholomeus e.a., 2013):

1. De verdampingsflux wordt extern opgelegd, berekend uit de gemeten Makkink referentiegewasverdamping, al dan niet gecorrigeerd voor het landgebruik. Deze aanpak wordt vooral in ad-hoc modellen toegepast
2. De verdamping wordt binnen het hydrologische model berekend, dat wil zeggen de potentiële gewasverdamping wordt gereduceerd met een stressfunctie gebaseerd op berekende hydrologische grootheden, zoals de grondwaterstand of (geavanceerder) de bodemvochtspanning. Deze aanpak wordt in het NHI en de andere in de vergelijking opgenomen modellen toegepast.
3. De actuele verdamping wordt opgelegd op basis van satelliet gebaseerde berekende verdampingsfluxen. Deze aanpak wordt onder meer gebruikt in de “Haalbaarheids-studie Nowcasting Actuele Bodemberging” (STOWA, in voorbereiding).

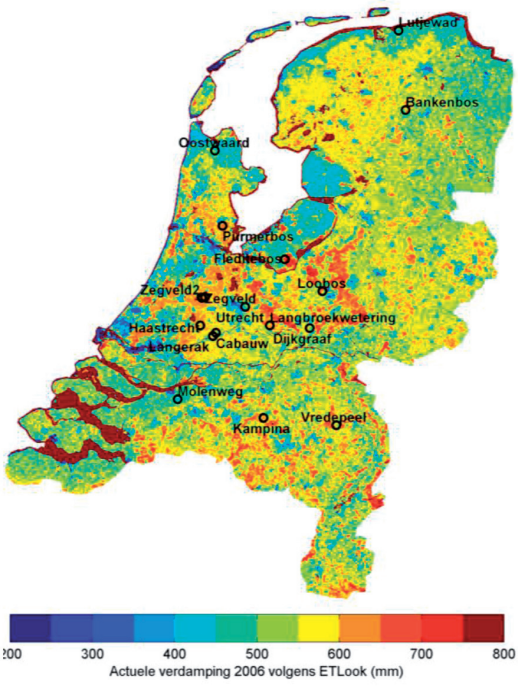
Naast deze ruimtelijk dekkende methoden om de verdampingsflux te schatten zijn er ook meetopstellingen waar op veldschaal de verdampingsflux wordt bepaald. In Nederland zijn lysimeters en de zogenaamde eddy-correlatiemetingen (Elbers e.a., 2009) de meest toegepaste meetopstellingen.

Inperking van de vergelijking

Dit artikel is gebaseerd op onderzoek van (Caljé e.a., 2013). In dit onderzoek zijn de actuele verdampingsfluxen, zoals berekend in de modellen NHI 3.0 (nationaal), HYDROMEDAH (Utrecht), het Brabantmodel en IBRAHYM (Limburg)[3] onderling vergeleken. Daarnaast zijn uitkomsten van de modellen vergeleken met twee onafhankelijke typen bepalingen van de actuele verdamping:

- Satelliet gebaseerde verdamping met een ruimtelijke resolutie van 250 m en een temporele resolutie van één dag, berekend met het ETLook-model (Bastiaanssen e.a., 2012) (Afbeelding 1).
- Eddy-correlatiemetingen (Elbers e.a., 2009) op 17 meetvlakken verdeeld over het land (Afbeelding 1). De footprint van deze metingen wordt geschat op een cirkel met een straal van 50 tot 500 m (Bosveld e.a., 2013).

[3] De regionale modellen zijn permanent in ontwikkeling, maar nog niet ondergebracht in een versie-beheer. De modelversies uit 2012 zijn gebruikt.



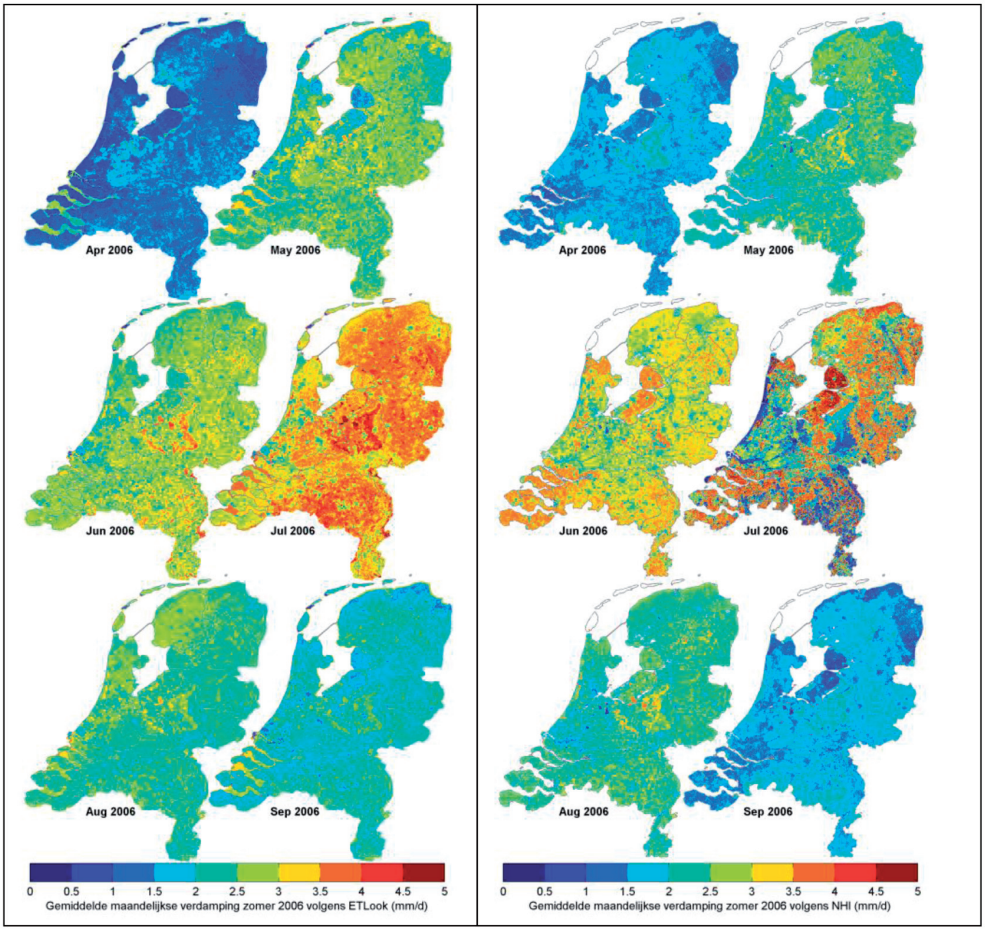
Afbeelding 1: Beeld van de jaarverdamping volgens ETLook in 2006 met de eddy-correlatie meetlocaties.

In dit artikel beperken we ons tot enkele exemplarische voorbeelden. Voor de vergelijking is het jaar 2006 gekozen, vanwege de overlap in dat jaar van de beschikbare metingen, alsmede de interessante meteorologisch condities in dat jaar, namelijk twee droge zomermaanden.

Ruimtelijke resultaten van de vergelijking

De metingen en de modellering hanteren niet dezelfde discretisatie in de tijd. De NHI-uitvoer was beschikbaar in tijdstappen van tien dagen, HYDROMEDAH en ETLook hebben een tijddiscretisatie van één dag. De eddy-correlatiemetingen worden geaggregeerd tot dagwaarden, maar hebben een basisaggregatie in de orde van 10 tot 30 minuten en een vrijwel continue registratie van de modelvariabelen. Wel worden de metingen veelvuldig verstoord. De daardoor ontstane gaten in de meetreeksen worden met statistische technieken of vervangende modelschattingen gevuld. Elbers e.a. (2009) lichten de constructie van de meetreeksen nader toe. Ten behoeve van de vergelijking zijn de metingen verder geaggregeerd tot maandtotalen van de verdamping.

Uit de vergelijking van de ruimtelijke weergave van de maandresultaten van NHI versus ETLook (Afbeelding 2) blijken ruimtelijk interessante verschillen op te treden. De range van de verschillen in de zomermaanden (-2.5 tot 2.5 mm/d) is in dezelfde orde van grootte als de verdamping zelf (0 tot 5 mm/d). Het meest markant is de maand juli, waarin volgens het NHI de verdamping in grote delen van het land vrijwel stilvalt,



Afbeelding 2: Vergelijking van de gemiddelde maand-verdamping in mm/d volgens ETLook (links) en het NHI (rechts) voor zes maanden in 2006.

terwijl volgens ETLook er geen grootschalige droogte heerst. Vooral in de polders is het NHI juist weer optimistischer over de vochtvoorziening van de gewassen. Ook in de andere maanden vertonen de patronen opmerkelijke verschillen, maar zijn de verschillen in absolute termen minder groot.

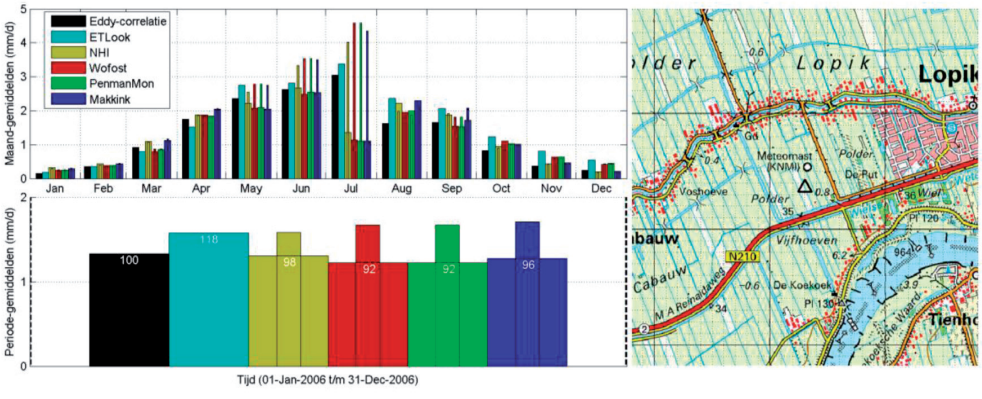
Resultaten van de vergelijking ter plaatse van het meetpunt Cabauw

Cabauw is een volledig uitgerust weerstation. Sinds 1987 wordt hier de actuele verdamping gemeten, in eerste instantie met de Bowen-Ratio methode en sinds 1995 met de eddy-correlatiemethode. We gaan er van uit, gezien de meetexpertise en controlemogelijkheden op dit station, dat de metingen relatief goed zijn uitgevoerd. Vanwege de complexiteit van de metingen moet aan deze condities een groot belang worden gehecht (Allen e.a., 2011).

Deze metingen zijn vergeleken met de berekende verdampingsflux volgens respectievelijk ETLook, NHI en HYDROMEDAH. Binnen HYDROMEDAH is de verdamping nog eens op drie verschillende manieren berekend, respectievelijk volgens:

- Makkink (gebaseerd op energie uit de inkomende kortgolvige straling),
- Penman-Monteith (gebaseerd op een completere benadering van de energiebalans) en
- WOFOST (een model waarin ook dynamische gewasontwikkeling is opgenomen).

Uit Afbeelding 3 blijkt dat de verdamping volgens de verschillende hydrologische modelbenaderingen niet veel verschillen. Er is wel een uitgesproken verschil tussen het temporele verloop van de verdamping volgens de hydrologische modellen enerzijds en de metingen volgens ETLook en eddy-correlatie anderzijds: de sterke verdampingsreductie in de zomermaanden die de hydrologische modellen berekenen wordt in de metingen niet waargenomen. In de jaartotalen komt alles weer dicht bij elkaar, waarbij de schatting volgens ETLook dicht tegen de referentie-gewasverdamping volgens de modelbenaderingen aanzit.



Afbeelding 3: Vergelijking van de berekende verdamping op meetstation Cabauw. In de grafieken links-onder is de actuele verdamping in de dikke staven weergegeven en de referentiegewasverdamping met de dunne staven.

Conclusies

In dit artikel zijn de resultaten van drie onafhankelijke methoden om de verdamping te bepalen vergeleken: hydrologische modellen, remote sensing van het landoppervlak (ETlook) en atmosferische fluxmetingen (eddy-correlatie) op enkele discrete locaties. Uit deze vergelijking blijkt dat de verschillen soms aanzienlijk zijn.

Uit de ruimtelijke vergelijking blijkt dat de verdampingspatronen in de hydrologische modellen onderling sterk overeenkomen (niet getoond). Tussen de hydrologische modellen en de ETLook-metingen zijn de verschillen in de verdampingspatronen relatief groot. Er is sprake van een sterke ruimtelijke samenhang. Op de Veluwe en in de IJsselmeerpolders zijn de verschillen bijzonder uitgesproken, maar dat geldt ook voor andere kleinere gebieden.

Uit de temporele vergelijking blijkt dat de verschillen tussen de hydrologische modellen

en ETLook vooral in de zomer sterk kunnen oplopen. Het inbrengen van hydrologisch gedreven reductie van de verdamping, zoals in de regionale grondwatermodellen gebeurt, blijkt zich veel minder te manifesteren in de eddy-correlatie schattingen en in de met ETLook bepaalde verdamping. De diverse verdampingsconcepten binnen de hydrologische modellen blijken onderling geen grote verschillen in de verdampingsflux op te leveren.

Discussie

Deze studie daagt uit om de waargenomen verschillen te verklaren. Daartoe kunnen verschillende ingangen worden gekozen. Gebleken is dat de discrepantie tussen de 'observatieve' methoden en de gemodelleerde methoden vaak oploopt op het moment dat verdampingsreductie optreedt in de hydrologische modellen. De verdampings-reductie in die modellen treedt vrij abrupt over een groter gebied op, terwijl bij de remote sensing- en de eddy-correlatiemethode geen sterke overgangen in de tijd zijn waargenomen.

De vraag is wel waar het water vandaan komt dat volgens de eddy-correlatiemethode in die omstandigheden wordt afgevoerd naar de hogere luchtlagen. Daarbij liggen volgens ons drie mogelijkheden voor de hand:

1. De bodem/gewascombinatie weet toch meer vocht te produceren:
   a. De gewassen kunnen beter gebruik maken van het grondwater.
   b. De verdampingsreductiefunctie is te stringent, al dan niet in combinatie met de energiehuishouding van de bodem.
   c. De vochtbergingscapaciteit van de bodem gedraagt zich dynamischer dan aangenomen.
   d. Er vindt meer damptransport plaats door de bodem.
   e. De vochtproductie door afbraak van organisch materiaal wordt onderschat.
2. Er vindt laterale aanvoer plaats van vocht via de onderste luchtlagen, vanuit open water en beregende percelen.
3. We vergeten iets in de eddy-correlatiemetingen, waardoor de netto–flux kleiner is dan gedacht.

Het probleem dat wij in dit artikel (en de achterliggende rapportage) constateren is door STOWA vertaald in een aanvullende vraagstelling in het kader van de 'actualisering van het instrumentarium voor het bepalen van de relatie tussen waterhuishoudkundige condities en landbouwopbrengsten'. Dit is voortvarend opgepakt en uitgewerkt in de STOWA publicatie 2013-37 (Hack-ten Broeke e.a., 2013). In deze STOWA-publicatie wordt de oplossing voor de verdampingsreductie in de zomer bij Cabauw in 2006 gevonden in een aanpassing van de worteldiepte en de introductie van een extra compensatiemechanisme voor de wortelopnamefunctie (oplossing 1a). Daarmee wordt gesteld dat het model 'plausibel' is. Mogelijke andere oorzaken zijn niet verkend, noch zijn de gevolgen van de aanpassing voor de waterbalans en het grondwaterstandsver-loop beschreven. Deze oplossing geeft aan hoe gevoelig parameterkeuzes kunnen zijn. Tevens zijn we kennelijk vaak niet in staat om deze parameters te meten: er blijkt een verdubbeling van de worteldiepte nodig (ten opzichte van de initiële schatting) om het gemeten verdampingsverloop te simuleren.

Wij denken dat deze aanpak exemplarisch is voor de drang naar cosmetische oplossingen. In een parameterrijk modelconcept is het over het algemeen niet moeilijk een redelijk met de metingen matchende combinatie te vinden. Daarmee neemt de kans dat er voorspellende waarden aan de modelresultaten kunnen worden toegekend onder wijzigende omstandigheden, zoals klimaatverandering, niet toe. De waargenomen verschillen in tijd en ruimte geven voldoende aanleiding om het gehele systeem van metingen en schematisatie van het verdampingsproces nader te analyseren. Daarbij ligt onze primaire houvast bij de waterbalans, maar ook verder onderzoek naar de interactie tussen de water- en energiebalans biedt kansen op een beter begrip van het verdampingsproces.

Erkenning

De studie die aan dit artikel ten grondslag heeft gelegen was een idee van het SAT-WATER consortium. Zie voor meer informatie over SAT-WATER: www.satwater.nl. Dit consortium heeft samen met STOWA voor de financiering van dit onderzoek gezorgd. De studie is begeleid door een STOWA Begeleidingscommissie bestaande uit Timo Kroon (Rijkswaterstaat) en Durk Klopstra (HKV, voorheen ook STOWA). Zowel op het rapport als op dit artikel hebben ze nuttig commentaar geleverd, waarvoor dank. Het rapport is uitgebracht als STOWA-publicatie en beschikbaar op: http://waterwijzer.stowa.nl/upload/publicatie2014/STOWA%202014%2018_LR%20webversie%2011%20april.pdf

Literatuur

Allen, R.G., L.S. Pereira, T.A. Howell en M.E. Jensen (2011) Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy; in: *Agricultural Water Management*, vol 98(6), pag 899-920

Bartholomeus, R, M. Bierkens, F. Bosveld, P. Droogers, J. Heijkers, E. Moors, G. van den Eertwegh, W. Immerzeel en H. Schuurmans (2013) werkgroep-verdamping ; http://www.nhv.nu/werkgroep-verdamping

Bastiaanssen, W.G.M., M.J.M. Cheema, W.W. Immerzeel, IJ. Miltenburg en H. Pelgrum (2012) Surface energy balance and actual evapotranspiration of the transboundary indus basin estimated from satellite measurements and the ETLook model; in: *Water Resources Research* (48)

Bosveld, F. en E.J. Moors (2013) http://www.nhv.nu/files/symposia/Verdamping/het_meten_van_verdamping_v13.pdf

Caljé, R., F.W. Schaars en J. Heijkers (2013) Vergelijking van enkele schattings-methoden voor de actuele verdamping; Artesia, Schoonhoven

Dolman, A.J., E.J. Moors en J.A. Elbers (1993) Verdamping van kale grond in de winter; in: *Stromingen*

Elbers, J.A., E.J. Moors en C.M.J. Jacobs (2009) Gemeten actuele verdamping voor 12 locaties in Nederland; Alterra, Wageningen

Hack-ten Broeke, M., J. Kroes, R. Hendriks, R. Bartholomeus, J. van Bakel en I. Hoving (2013) Actualisatie schadefuncties voor de landbouw, tussenfase 2a: plausibiliteitstoets SWAP en enkele verkennende berekeningen; STOWA, Amersfoort

Spieksma, J.F.M., A.J. Dolman en J.M. Schouwenaars (1997) De verdamping van natuurterreinen; *Stromingen*, nr 1