
Wortelzone in NHI

Verkennen van de mogelijkheden voor verbeteren van de verdampingsberekeningen

Frank van der Bolt, Ab Veldhuizen, Piet Groenendijk, Paul van Walsum, Harry Massop, Folkert de Vries, Henk Vroon, Joop Kroes, Iwan Supit en Jos van Dam.

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door de stuurgroep NHI.

Alterra Wageningen UR
Wageningen, september 2014

Trefwoorden: NHI, verdamping, wortelzone

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten').
Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek),
Postbus 47, 67030 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl,
www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research
centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport XXXX | ISSN 1566-7197

Inhoud

Contents

Inhoud	3	
Woord vooraf		5
1	Inleiding	7
	1.1 Probleemschets	7
	1.2 Werkwijze	7
2	Beworteling	10
	2.1 Maximale bewortelingsdiepte mais	10
	2.2 Bewortelbare diepte in NL	11
	2.3 Wortelzones in NHI	11
	2.4 Simuleren wortelontwikkeling	13
	2.5 Relevantie dikte van de wortelzone	14
3	Eigenschappen van de wortelzone	15
	3.1 Bodemfysische parameters wortelzone	15
	3.2 Storende lagen	15
	3.3 Oppervlakkige afstroming	16
	3.4 Aansluiten bij pilots	16
4	Conclusies en aanbevelingen	18
	4.1 Conclusies	18
	4.2 Aanbevelingen	18
Literatuur	20	

Woord vooraf

In februari 2014 heeft de wetenschappelijke klankbordgroep NHI een aantal aanbevelingen gedaan. Een aantal van deze aanbevelingen heeft betrekking op de verdamping:

- controle en waar nodig correctie van de dikte van de wortelzone voor gewassen waar de verdamping hiervoor erg gevoelig is;
- verdere analyse van de merites van de simulatie van diverse waterbalans termen landsdekkend met diverse regio's ter hand te nemen;
- bij specifieke toepassingen voor klimaatscenario's NHI verdampingsberekeningen in enigerlei handzame vorm expliciet te gaan koppelen aan een dynamisch gewasgroei-model;

In overleg met het programmaoverleg NHI is een selectie gemaakt van de aanbevelingen die het meest bijdragen aan verbetering van het modelinstrumentarium. Gekozen is om de eerste aanbeveling op te pakken in 2014. Besloten is om de uitwerking van de aanbevelingen nog niet te implementeren in het NHI, hier verder Landelijke Hydrologische Model genoemd (LHM). Er waren namelijk onvoldoende middelen om dergelijke, grotere aanpassingen, die goed moet worden getest en getoetst, mee te nemen. Besloten is wel nadere analyse te verrichten, zodat aanbevelingen worden gemaakt voor toekomstige verwerking in het NHI. Deze memo vormt de verslaglegging van deze analyse.

1 Inleiding

1.1 Probleemschets

In NHI wordt de verdampingsvraag van de atmosfeer bepaald door een als bovenrandvoorwaarde opgelegde tijdreeks van dagwaarden van de referentiegewasverdamping. Deze wordt bepaald volgens de formule van Makkink uit temperatuur en netto straling. Voor de berekeningen van de potentiële en actuele verdamping van verschillende vormen van landgebruik zijn gegevens nodig het verdampingsgedrag bepalen. De gevolgde werkwijze was opgelegd omdat dit de KNMI-methode is en omdat tot recent klimaatscenario's alleen op deze manier konden worden uitgerekend. Van Walsum en Van der Bolt (2012) hebben aangetoond dat de verschillen met Penman-Monteith na kalibratie minimaal zijn, althans op jaarbasis. Dat bleek ook op te gaan voor een extreem droog jaar. In 2014 zijn nieuwe klimaatscenario's beschikbaar gekomen waardoor nu zowel met Penman-Monteith als met Makkink (na kalibratie) gerekend kan worden. Naar de toekomst toe heeft de fysisch-deterministische Penman-Monteith methode de voorkeur omdat deze meer aanknopingspunten biedt voor het verder verbeteren van de evapotranspiratie berekeningen.

Voor zowel de verdampingsconcepten van Penman-Monteith als Makkink zijn de voorraad water in de wortelzone en daarmee de dikte van de wortelzone en de bodemfysische parameters sterk sturende parameters. Dat is in het Gevoeligheidsonderzoek DEMGEN al benoemd door Van der Giessen (1984). Voor de beperkte gevoeligheidsanalyse in Cabauw (Kroes et al. 2013) is de dikte van de wortelzone vergroot, als gevolg hiervan nam zoals verwacht de evapotranspiratie toe (er is meer water beschikbaar voor de plant) en nam het vochttekort af. Toepassen van het compensatiemechanisme (Jarvis 1989, 2011) leverde een vergelijkbaar resultaat als dikker maken van de wortelzone. Ook werd geconstateerd dat aanpassen van de parameters van de zogenoemde Feddes-reduciefunctie grote invloed had op de rekenresultaten.

Voor de toepassing in het LHM wordt soms een te snelle reductie van de verdamping berekend in (zeer) droge situaties (Hoogewoud et al. 2013, Caljé et al 2014). Van Walsum en Van der Bolt (2012) stelden de invoerparameter 'bewortelbare diepte' ter discussie aan de hand van maïs, als voorbeeld: in het LHM heeft 75% van het areaal maïs een bewortelbare diepte kleiner of gelijk aan 45 cm. Zelfs een 5 cm diepere wortelzone vergroot significant de beschikbare vochtvoorraad, kan enkele droge dagen al helpen overbruggen en reduceert de beregeningsbehoefte. De beste schatting van de bewortelbare dieptes moet beschikbaar moeten zijn voordat andere parameters en/of concepten kunnen worden aangepast.

De hoeveelheid beschikbaar bodemvocht wordt naast de dikte van de wortelzone natuurlijk bepaald door de voeding en wegzijging i.e. de waterbalans van de wortelzone. Dat impliceert dat om de verdamping adequaat te kunnen simuleren ook de neerslag, interceptieverdamping, oppervlakkige afstroming en transport in/door de bodem goed moeten worden gesimuleerd.

1.2 Werkwijze

Om de verdampingsberekeningen te kunnen verbeteren zijn de volgende, achtereenvolgens te doorlopen stappen geïdentificeerd:

1. Verkennen van de mogelijkheden om de schattingen van de wortelzonedieptes te verbeteren
2. Verkennen van mogelijke verbeteringen in schematisering en bodemfysische eigenschappen om de waterstroming in de wortelzone beter te simuleren.
3. Realisatie van de noodzakelijke/mogelijke aanpassingen ten aanzien van de diktes in de wortelzones.
4. Realiseren van een toets-protocol: uitgebreid testen en toetsen van de verdampingsresultaten van deze en de volgende stappen met behulp van een goed doordachte testbank is voor aanpassingen van het instrument noodzakelijk om te controleren of de veranderingen correct zijn doorgevoerd en of de veranderingen de beoogde effecten hebben.
5. Realisatie van de noodzakelijke/mogelijke aanpassingen ten aanzien van de schematisering en bodemfysische data om de waterstroming in de wortelzone beter te simuleren.
6. Weersafhankelijk maken van de zaai en opkomstdatum
7. Introductie van gecompenseerde wateropname in droge perioden conform Jarvis (2011).
8. Verbeteren van de Feddes-reduciefunctie door aanpassen van de parameters
9. Koppelen van WOFOST om klimaat robuust te kunnen rekenen.
10. Verkennen van de mogelijkheden om RS-data te gebruiken om effectieve parameters af te leiden op gedetailleerde tijd en ruimte schalen.

11. Identificeren van de te verbeteren transportprocessen in het bodem-water-plant-atmosfeer systeem

Dit verslag heeft betrekking op de eerste twee stappen: het verkennen van de mogelijkheden om de diepte en eigenschappen van de wortelzone te verbeteren. Het is van belang de dikte en de bodemfysische eigenschappen van de wortelzone goed te kennen omdat deze de voor de plant beschikbare vochtvoorraad bepaalt en de nalevering in de vorm van capillaire nalevering (via de afstand tot de grondwaterstand). Ook wordt een doorkijk gegeven naar het laatste punt: de mogelijk te verbeteren balansen / transportprocessen. Op basis van de resultaten moeten we besluiten of dit voldoende basis biedt om aanpassingen te plegen in de modelinvoer van NHI. Andere verbeterstappen kunnen hierna worden genomen.

2 Beworteling

Om onnodige discussies te voorkomen is het belangrijk de gebruikte begrippen vast te leggen. Daartoe is o.a. gebruik gemaakt van de door Ten Cate et al. (1995) gegeven (bodembkundige) beschrijvingen.

De **wortelzone** is de grondlaag waarin zich het overgrote deel van de plantenwortels bevindt.

De **maximale bewortelingsdiepte** is een plantenfysiologische maat voor de diepte die een gewas in een goed gestructureerde bodem zonder belemmeringen maximaal kan bereiken. Dit is de diepte waaronder slechts zeer sporadisch een wortel wordt gevonden. De bewortelingsdiepte verschilt van gewas tot gewas.

De **bewortelbare diepte** is een bodembkundige inschatting van de diepte tot waar plantenwortels kunnen doordringen. Limiterend zijn: de indringingsweerstand, de beluchting en de zuurgraad.

De eigenschappen van de bodem bepalen dus in sterke mate de mogelijkheden voor beworteling. Of het bewortelbare traject ook echt benut wordt door de begroeiing is afhankelijk van de groei-eigenschappen van het gewas.

De **(effectieve) bewortelingsdiepte** is de diepte tot waar een één- of tweejarig, volgroeid gewas nog juist voldoende wortels kan laten doordringen in een 10%-droog jaar. Dit is de diepte waarboven ongeveer 90% van de wortels voorkomt. Deze is arbitrair gelijk gesteld aan 4 wortels/dm² in een profielkuil.

Rijtema (1971) hanteerde een iets afwijkende definitie : het deel van de humushoudende bovengrond waarin 80% van de wortelmassa aanwezig is. Daardoor is de bewortelingsdiepte veelal gelijk aan de dikte van de A1.

De **werkelijke bewortelingsdiepte** is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het gewas. Bij akkerbouw- en tuinbouwgewassen neemt de beworteling gedurende het groeiseizoen toe totdat de maximale waarde is bereikt.

2.1 Maximale bewortelingsdiepte mais

Als eerste stap is gezocht naar internationale bronnen van de worteldieptes van mais. Patricio et al. (3x..) wijzen duidelijk op een bewortelingsdiepte van 150 cm voor mais. De FAO noemt voor mais een bewortelingsdiepte van ongeveer 100 a 150 cm¹, USDA geeft daarentegen veel ondiepere (24 inch) bewortelingsdiepte voor mais (gelijk aan de overige graangewassen^{2,3}). De universiteit Van Nebraska geeft een bewortelingsdiepte van 100 cm voor geïrrigeerde mais⁴, de bewortelingsdiepte bij geïrrigeerde mais is echter duidelijk ondieper dan die van rainfed mais. Volgens Dwyer, Stewart en Balchin (1987)⁵ is de bewortelingsdiepte van mais in Canada ongeveer gelijk aan die van gerst en zo'n 100cm, zie tabellen 1 en 5. Voor Zuid-Afrika is de bewortelingsdiepte voor mais is maximaal 2 m⁶ hetgeen overeenkomt met de 6 a 7 feet maximale bewortelingsdiepte voor mais die de US Extension

¹ <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0e.htm>, Fig. 85

² <http://www.soilandhealth.org/01aglibrary/010139fieldcroproots/010139ch9.html>

³ http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs141p2_017640.pdf

⁴ <http://www.ianrpubs.unl.edu/live/g1850/build/g1850.pdf>

⁵ <http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/cjss88-011>

⁶ http://www.arc.agric.za/uploads/images/0_maize-infopak.pdf

Service noemt⁷. Uit deze verkenning wordt geconcludeerd dat de bewortelingsdiepte van mais waarschijnlijk iets dieper is dan die van gerst en tarwe, maar alleen als het warm genoeg is (dus niet in koelere delen van Europa) en als de bodemkwaliteit goed is. De maximale worteldiepte voor mais zal in Nederland waarschijnlijk zo'n 100 tot 150 cm zijn maar de werkelijke worteldiepte kan veel kleiner zijn als gevolg van groeistadium of beperkingen in de bewortelbare diepte.

2.2 Bewortelbare diepte in NL

Ten Cate et al (1995) bouwt volledig voort op en presenteert dezelfde tabellen als Van Soesbergen et al. (1986) met daarin per bodem-eenheid de bewortelbare diepte, de gemiddelde bewortelingsdiepte en een traject van de bewortelingsdiepte voor gras, akkerbouw en bomen. Dit traject beschrijft de variatie die binnen de legenda-eenheid wordt aangetroffen. Voor diep wortelende akkerbouwgewassen (bijv. bieten, granen) ligt de gemiddelde bewortelingsdiepte dicht bij de onderkant van dit traject, bij de ondiep wortelende gewassen (bijv. aardappelen, uien) ligt die dicht bij de bovenkant van het traject. De dikte van de zode is voor permanent grasland veelal 20-25 cm, her ingezaaid grasland wortelt vergelijkbaar met die van een graangewas en kan tot 1,5 m diep gaan. 'Bij ondiep wortelende gewassen en blijvend grasland moeten we een correctie op de bewortelbare diepte toepassen'. Bomen hebben een diepere beworteling.

Bannink, Bles en Van Holst. (1985) hebben in Noord-Brabant de effectieve bewortelingsdiepte bepaald op basis van profielbeschrijvingen waarbij ze de definitie gegeven door Rijtema (1971) volgen: het deel van de humus houdende bovengrond waarin 80% van de wortelmassa aanwezig is. Daardoor is de bewortelingsdiepte veelal gelijk aan de dikte van de A1 waarbij voor grasland een maximale bewortelingsdiepte van 40 cm is gehanteerd. Bannink et al. presenteren de bewortelingsdiepte per kaartvlak voor grasland i.e. per bodemeenheid-Gt combinatie (géén gewassen) in Noord-Brabant. De bewortelingsdieptes van Bannink, Bles en Van Holst vallen binnen de ranges gegeven door Van Soesbergen et al. en zijn meestal klein.

2.3 Wortelzones in NHI

In SWAP en MetaSWAP worden de maximale bewortelingsdiepte van een gewas en de effectieve bewortelingsdiepte voor een bodemeenheid opgegeven. Wanneer de effectieve bewortelingsdiepte kleiner is dan de maximale bewortelingsdiepte wordt de effectieve worteldiepte aangehouden, anders de maximale. De werkelijke bewortelingsdiepte is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het gewas. Bij akkerbouw- en tuinbouwgewassen neemt de beworteling gedurende het groeiseizoen toe totdat de maximale waarde is bereikt. De in NHI gehanteerde maximale bewortelingsdiepte zijn ontleend aan de WOFOST-database.

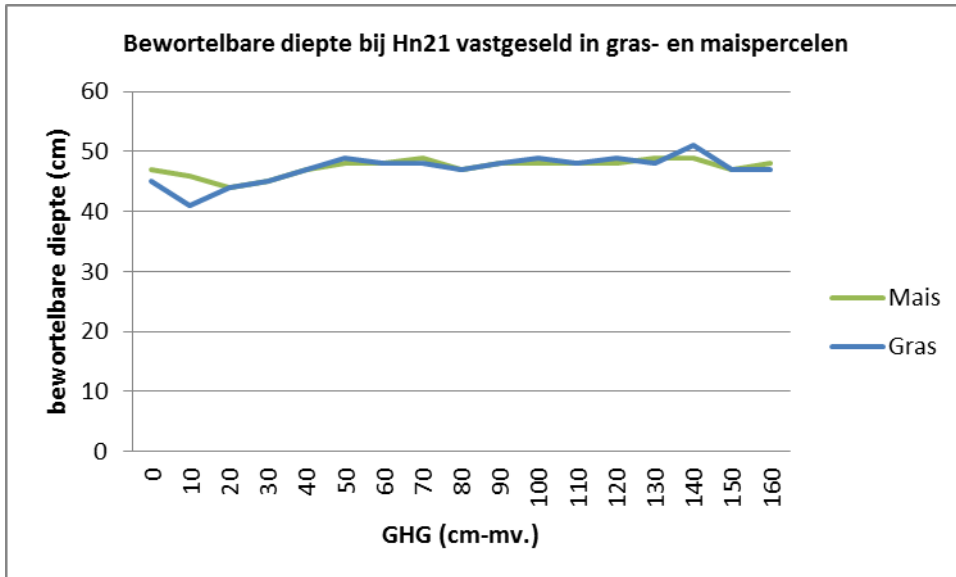
De schematiseringen van de effectieve wortelzone voor het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) zijn gemaakt (projectgroep NHI 2008: Nationaal Hydrologisch Instrumentarium NHI, deelrapport bodem; Hoogewoud et al, 2013: Veranderingsrapportage NHI 3.0; De Vries et al. 2013) op basis van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (Steur en Heijink, 1991) versie 2006. Aan alle eenheden van deze bodemkaart is voor de gidsgewassen gras, maïs, aardappelen, bieten, granen, groente, bollen, boomgaard en bos de bewortelingsdiepte toegekend op basis van:

- De tabellen met ranges voor beworteling per bodem/gewasgroep van Ten Cate et al. (1995).
- De gemiddelde diktes van de effectieve wortelzone voor verschillende Help-eenheden (Werkgroep Help, 1987).
- De geschatte bewortelingsdieptes bij ca. 300 000 boringen uit het Bodemkundig Informatiesysteem (BIS) van Alterra.

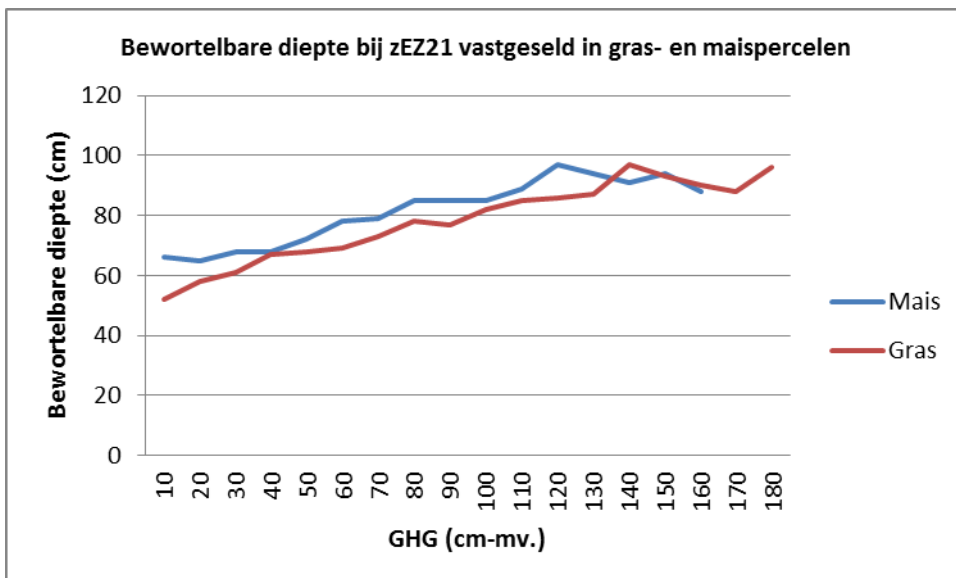
⁷ <http://www.extension.org/pages/14054/corn-growth-development>

Er is een systematiek op basis van gewaseigenschappen gevolgd: (permanent) grasland heeft de minst diepe beworteling, gevolgd door groenten, bollen en aardappelen. De wortels van mais, granen, niet-permanent gras, suikerbieten en fruitbomen reiken weer dieper. Bos heeft tot slot de diepste beworteling. Binnen een gewasgroep en binnen een gewas kunnen de kenmerken van het wortelstelsel van gewas tot gewas en van ras tot ras verschillen.

Bij het toekennen van de bewortelingsdieptes is rekening gehouden met bodemkenmerken (textuur en pakking, gelaagdheid, dikte humeuze bovengrond, zout, pH). De bewortelingsdieptes zijn toegekend als meervouden van 5 cm. De geschatte bewortelingsdieptes zijn gemiddelde waarden, lokaal zullen deze afwijken als gevolg van variaties in het bodemprofiel en de variaties in gewas en ras.



Figuur 2.1 Bewortelbare dieptes voor mais en gras voor een humusarme zandondergrond.



Figuur 2.2 Bewortelbare dieptes voor mais en gras voor een humeus bodemprofiel.

Voor twee veel voorkomende bodemtypen met mais en gras zijn de geschatte bewortelbare dieptes geselecteerd en gerangschikt naar GHG Geconstateerd wordt dat:

- Bij gronden met een humusarme zandondergrond (figuur 2.1) de GHG nauwelijks een beperking vormt.
- Bij diep humeuze profielen zoals enkeerdgronden (figuur 2.2) bij diepere GHG's ook grotere bewortelbare dieptes voorkomen.

- Bij kleigronden met diepere GHG's als gevolg van betere structuurvorming en diepere homogenisatie, ook grotere bewortelbare dieptes voorkomen.
- De schattingen tussen bewortelbare dieptes bij maispercelen of graspercelen elkaar nauwelijks ontlopen (fig. 2.1 en 2.2). Deze resultaten bevestigen dat de veldbodemkundige de bewortelbare diepte schat en niet de bewortelingsdiepte.

De bewortelingsdiepte van de bodemeenheden van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, zijn geschat op basis van de bodemkenmerken, er is niet gedifferentieerd naar Gt / grondwaterstandsverloop. Door de verminderde opneembaarheid onder natte omstandigheden is de effectieve bewortelingsdiepte bij natte gronden geringer dan bij gronden met een goede ontwatering. Voor de invloeden van het grondwaterregime zou gecorrigeerd moeten worden (Werkgroep Help, 1987).

De Vries (bijlage) heeft een impressie gegeven van de in het veld geschatte bewortelbare dieptes bij verschillende bodemtypen en GHG met landgebruik mais en gras. De bewortelbare diepte zijn ontleend aan BIS Nederland en zijn geschat bij het uitvoeren van de boringen. Deze resultaten laten zien dat er regionale/lokale verschillen bestaan in de bewortelbare diepte i.e. het voorkomen van storende lagen maar ook dat de gegevens beschikbaar zijn om de schematisering op basis van de boorbeschrijvingen te detailleren zoals eerder in regionale studies toegepast (Van der Bolt et al., Veldhuizen).

Bij deze werkwijze kunnen vragen worden gesteld:

- Niet alle haarwortels zullen bij de opnames zichtbaar zijn, de vraag wordt gesteld hoe relevant dit is en of een verdampingsflux van 3 mm wel door dergelijk dunne wortels kan worden getransporteerd. Ook dat is niet bekend.
- De afgelopen 50 jaar is de ploegdiepte geleidelijk toegenomen, tegelijkertijd is echter ook bodemverdichting ontstaan onder de ploegzool.
- Door bodemvormende processen kunnen laag gelegen nattere bodems een grotere bewortelbare diepte hebben dan drogere bodems van dezelfde eenheid (bijv. podzolen).
- De invloed van de Gt op de bewortelingsdiepte wordt in de huidige (per bodemeenheid-gewas gemiddelde) tabellen niet meegenomen, hoe relevant is dat? In verleden hebben Van Soestbergen et al. 1986 tabellen gemaakt waarbij de dikte van de wortelzone Gt-afhankelijk werd beschouwd.
- Verbeteren van de bodemfysische parameters kan belangrijker zijn / een groter effect hebben dan aanpassen van de dikten van de wortelzones; meenemen van hysteresis is bijv. een optie.

2.4 Simuleren wortelontwikkeling

WOFOST6.0 (Van Diepen et al. 1989, Supit et al. 1994)

WOFOST berekent de gewasgroei en -productie op basis van gewas- en omgevingskenmerken. De geabsorbeerde straling als functie van de Leaf Area Index wordt verdeeld over de wortels en bovengrondse delen. De hoeveelheid wortels wordt bepaald als de groei minus de afsterving. De verticale wortelgroei is afhankelijk van de vochtbeschikbaarheid en wordt begrensd door een maximale (groeistadium afhankelijke) dagelijkse lengte totdat de maximale worteldiepte wordt bereikt.

SWAP berekeningswijze beworteling (WaterWijzer)

1. Statisch: de ontwikkeling van de beworteling in de tijd wordt (analoog aan MetaSWAP) aan het model opgelegd. Deze gewaskenmerken veranderen opnieuw niet per jaar en de meteorologische omstandigheden hebben er geen invloed op.
 2. Dynamisch: via de interactie met WOFOST6.0 wordt bereikt dat de gewasontwikkeling, de beworteling en de evapotranspiratie variëren als gevolg van variaties in weer en vochtvoorraad. De kiem- en opkomstdatum van een gewas worden eveneens dynamisch berekend. Vocht-, zout- en zuurstofstress remmen de gewasgroei en beworteling.
- Het concept van de gecompenseerde wateropname (Jarvis 1989) is in SWAP geïmplementeerd. Recent is in overleg met Jarvis een schatting gemaakt voor de Nederlandse omstandigheden om dit goed mee te nemen. Momenteel wordt getest hoe dit uitwerkt op de simulatieresultaten.

MetaSWAP berekeningswijze beworteling (NHI)

1. Statisch (LHM V3.02): de wortelontwikkeling in de tijd wordt op dagelijkse basis opgelegd (berekend als gemiddelde van een 30-jarige WOFOST berekening. De wortelontwikkeling start op de opgelegde datum en is onafhankelijk van de vochtbeschikbaarheid i.e. de meteorologische omstandigheden over langere periode. De beworteling in WOFOST stopt bij het bereiken van de storende laag.
2. Dynamisch: via de interactie met WOFOST6.0 (Van Diepen et al. 1989, Supit et al. 1994, Van Walsum en Supit, 2012) om de dynamische wortelontwikkeling in Meta-SWAP toe te passen wordt de wortelzonedikte in 5cm stappen aangepast waardoor een herverdeling van het vochtprofiel in de wortelzone wordt gerealiseerd bij een sluitende waterbalans. Het herverdelen van vocht als gevolg van de dikte aanpassing is een ongewenst bij effect, maar is bij tests aan de hand van SWAP niet gebleken dat dit effect leidt tot een minder goede overeenstemming tussen de beide modellen als gekeken wordt naar de verdamping in jaarlijkse perioden.

Andere concepten

In ANIMO worden de groei en het afsterven van wortels gesimuleerd afhankelijk van vochtbeschikbaarheid, zuurstofbeschikbaarheid, nutriëntenbeschikbaarheid en pH. Dit concept zou tzt ook in WOFOST kunnen worden toegepast. Op dit moment wordt gewerkt aan het simuleren van het effect van de beschikbaarheid van nutriënten op de gewasgroei in WOFOST met een eenvoudiger concept (QEFTS).

2.5 Relevantie dikte van de wortelzone

De effectieve wortelzone bevat 90% van de wortels, dat betekent dat 10% van de wortels dieper in de bodem doordringt, de bewortelbare diepte is een bodemkundige maat voor de diepte waarop een sterk storende laag voorkomt, en de maximale bewortelingsdiepte is de diepte tot waar een gewas in een goed doorlatend profiel wortelt i.e. een gewas-fysiologische eigenschap. De maximale worteldiepte kan groter zijn dan de bewortelbare diepte, wanneer de maximale worteldiepte kleiner is dan de bewortelbare diepte zal ook de effectieve worteldiepte kleiner zijn dan de bewortelbare diepte, niet duidelijk is of de effectieve worteldiepte gelijk (of zelfs dieper) kan zijn dan de bewortelbare diepte i.e. in hoeverre een deel van de wortels door een storende laag kan groeien. In het laatste geval kan het simuleren van de wortelgroei worden verbeterd door naast de ontwikkeling binnen de effectieve wortelzone ook groei onder deze zone te simuleren. Het is dan wel zaak dat hier gegevens over beschikbaar komen.

Door het ontbreken van gegevens is ook niet bekend wat dit betekend voor de gewasopname en (het voorkomen van) droogteschade. De gecompenseerde opname volgens Jarvis (1989, 2011) poogt de gewasopname via diepere wortels in tijden van waterschaarste beter te simuleren. Het toepassen van dit concept is lastig door het ontbreken van parameterwaarden. In overleg met Jarvis is recent een standaard waarde geselecteerd waarmee in SWAP test-berekeningen worden uitgevoerd. Het Jarvis-concept is nog niet ingebouwd in MetaSWAP.

3 Eigenschappen van de wortelzone

3.1 Bodemfysische parameters wortelzone

Voor NHI versie 2.0 (en de opvolgers 2.1 en 2.2) is geconstateerd dat de gesimuleerde dynamiek van grondwaterstanden kleiner is dan wat in de praktijk wordt waargenomen. Het gaat daarbij vooral om de snelheid waarmee het model reageert op de omslag van neerslagtekort naar neerslagoverschot. Die tekortkoming is toegeschreven aan het feit dat de gebruikte bodemfysische parameters zijn gebaseerd op laboratoriumproeven met een uitdrogings situatie. Vóór de aanvang van de proeven is eerst gewacht totdat de monsters geheel verzadigd waren; dat kan enkele dagen tot zelfs enkele weken duren. Deze proeven zijn niet representatief voor een praktijk-vernattings situatie, want dan treedt hysteresis op, waardoor het enige tijd duurt tot dat de ingesloten lucht uit de grond is ontsnapt. Dat geldt ook voor situaties met een grondwaterstand: beneden de grondwaterstand kan er nog steeds lucht ingesloten zijn. Door de ingesloten lucht is de bergingscoëfficiënt lager dan van verzadigde grond, en ontstaat meer dynamiek van grondwaterstanden. Om dit effect te simuleren in het LHM is ervoor gekozen om alle vochtgehalten (en ook het poriënvolume) van bodemprofielen te vermenigvuldigen met een zogenaamde hysteresis-factor van 0.85. Dat is steeds gedaan voor het hele profiel, inclusief de wortelzone. Maar de wortelzone heeft gedurende een hele winter de tijd om zich met vocht op te laden. Door alle vochtgehalten met 15% te verkleinen wordt ook de beschikbaarheid van vocht voor verdamping verkleind, met als gevolg dat de actuele transpiratie omlaaggaat. Dat is een van de oorzaken van het feit dat de verdamping achterblijft bij de op basis van satellietwaarnemingen berekende verdamping (ook dit zijn resultaten van modellen). Dat geldt ook voor de 'metingen' via de Eddy correlatiemethode.

Een eerste stap om de vochtbeschikbaarheid op peil te houden en toch meer dynamiek van grondwaterstanden te blijven simuleren is door de hysteresis-factor niet op het hele profiel toe passen, maar bijvoorbeeld pas vanaf een diepte van 50 cm dan wel de bewortelbare diepte. Deze aanpassing kan eenvoudig op korte termijn worden uitgevoerd. Voor de langere termijn is het wenselijk om het hysteresis-proces in het model zelf beter te simuleren. De in SWAP (nog niet in MetaSWAP) beschikbare optie is daar niet geschikt voor omdat het concept er van uit gaat dat alle grond beneden de grondwaterstand geheel verzadigd is. Echter, de extra dynamiek van grondwaterstanden ontstaat vooral door ingesloten lucht beneden de grondwaterstand. Een nieuwe hysteresis-concept om te implementeren is beschikbaar (en is eind 2013 door Paul van Walsum) gepresenteerd aan de wetenschappelijke Klankbordgroep NHI (bijlage 2).

3.2 Storende lagen

De bewortelbare diepte is gedefinieerd als een bodemkundige inschatting van de diepte tot waar plantenwortels kunnen doordringen waarbij o.a. de fysische parameters indringingsweerstand en beluchting limiterend zijn voor de wortelgroei. De eigenschappen van deze lagen zijn toegekend op basis van de 1:50.000 bodemkaart (...) waarbij geen rekening is gehouden met verdichting van de ondergrond. Uit diverse onderzoeken blijkt ondertussen dat de machinale bewerking van landbouwbodems in Vlaanderen en Nederland leidt tot verdichting van de bodem, ook in de ondergrond (onder ploegdiepte). Een verdichte/storende bodemlaag kan een barrière vormen voor de groei van wortels gaat in principe gepaard met een verlaagde waterdoorlatendheid hetgeen leidt tot (meer) oppervlakkige afstroming en plasvorming, waarnemingen wijzen er sterk op dat bodemverdichting het watertransport belemmert. Kwantitatieve zijn (nog) niet beschikbaar.

In het project 'Goede grond voor een duurzaam watersysteem' worden op perceelschaal in de Gelderse Vallei en voor het stroomgebied van de Baakse Beek verkennende berekeningen uitgevoerd

(Groenendijk et al. 2014 in prep., Hendriks et al. 2014 in prep.) naar o.a. deze effecten van verdichting van de ondergrond.

In Vlaanderen blijkt een groot deel van het Vlaamse landbouwareaal risico's te hebben voor bodemverdichting, ook bij gebruik van standaard oogstmachines en onder normale vochtomstandigheden (Van de Vreken et al., 2009). Ook voor Nederland zijn de risico's op verdichting van de ondergrond in kaart gebracht (Van den Akker et al. 2012). Omdat er nauwelijks kwantitatieve gegevens zijn over de effecten van bodemverdichting op de vochtinhouding van de bodem, wordt in Vlaanderen momenteel door Alterra Wageningen UR, Universiteit Gent en VITO een onderzoek uitgevoerd om de gevolgen van bodemverdichting op het watertransport door een bodem te kwantificeren waarbij de bodemfysische karakteristieken en andere parameters worden bepaald (Van der Bolt 2015 in prep.).

Gezien de impact van verdichting van de ondergrond op de vochtbeschikbaarheid, verdamping, optreden van runoff en wateroverlast, en grondwateraanvulling is het cruciaal aandacht te geven aan de schematisering en parameterisering van de storende lagen en verdichting van de ondergrond direct onder de wortelzone zodat de dynamiek in de routes van het watertransport en daarmee de waterhuishouding beter kunnen worden begrepen en beschreven. In het verlengde hiervan volgt ook de urgentie om de optie voor schijnspiegels bij toepassen in LHM te testen en om de schematisering en parameters van de ondiepe ondergrond verder te verbeteren (bijvoorbeeld met Geotop).

3.3 Oppervlakkige afstroming

Omdat er weinig gegevens zijn over dit proces in Nederland is ook relatief weinig bekend over het vóórkomen van oppervlakkige afstroming. Toch levert oppervlakkige afstroming een grote bijdrage aan de belasting van het oppervlaktewater met o.a. nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen en zware metalen.

De risico's voor oppervlakkige afstroming zijn de laatste jaren o.a. bestudeerd in de fosfaatpilot in Noord-Limburg (Noij et al., 2006). De in de fosfaatpilot ontwikkelde methode is vervolgens toegepast in Noord-Limburg (Noij et al., 2009), Landbouw Centraal (<http://www.kennismoetstromen.nl/>) en het stroomgebied van de Hunze (Van Hattum et al., 2011).

Met het proefschrift van Appels (2013) is inmiddels ook het theoretische inzicht in het proces van maaiveldafvoer vergroot en zijn er nieuwe aanknopingspunten voor het karakteriseren van percelen in termen van afvoerrisico op basis van micro- en mesoreliëf. Microreliëf wordt op een lager schaalniveau (<0.1 m) gekarakteriseerd en wordt voornamelijk bepaald door het gebruik en de grondbewerkingen op het perceel. Microreliëf, is daardoor veel dynamischer dan mesoreliëf. In het proefschrift wordt ingegaan op de interactie tussen micro- en mesoreliëf en laat zien dat de grondbewerkingsrichting het risico van afspoeling kan vergroten of verkleinen. Op basis van de resultaten van Appels hebben Massop, Clement en Schuiling (2014) op basis van met Mesoreliëf de risico's voor plasmvorming en oppervlakkige afstroming naar ontwateringsmiddelen in kaart gebracht.

Omdat oppervlakkige afspoeling het beschikbare bodemvocht en/of de grondwateraanvulling verkleint is het gewenst om dit proces beter mee te nemen in het NHI om de verdamping en vochttekorten / waterbehoefte beter te kunnen benaderen.

3.4 Aansluiten bij pilots

De bodem en het landbouwkundig gebruik ervan worden in toenemende mate gezien als belangrijke factoren bij het toekomstige waterbeheer. Zowel op Europees niveau (het EIP-Water) als op nationaal niveau (Deltaplan hoge zandgronden) wordt gewezen op de bijdrage die de bodem kan leveren aan het behalen van de KRW-doelen, de verdrogingsproblematiek, wateroverlast en het robuuster maken

van ons watersysteem. Ook binnen de landbouw is er een toenemend bewustzijn van het belang van een goede bodem voor de agrarische bedrijfsvoering. Daartoe zijn de laatste jaren in Nederland diverse pilots 'duurzaam waterbeheer' opgestart gericht op extra berging, afname van de oppervlakkige afstroming, afname van de wateraanvoerbehoefte en het optreden van piekafvoeren. In deze pilots worden bodem indicatoren als organische stof gehalte, bulkdichtheid en bewortelingsdieptes gemonitord om de effecten van maatregelen adequaat te kunnen simuleren. Bodemfysische parameters en waterfluxen worden echter (nog) niet gemeten. Regionale hydrologische modeltoepassingen zijn nodig om de effecten van de pilots op te schalen naar stroomgebieden/regio's.

Tegelijkertijd bieden deze pilots (bij continueren) perspectief om aanvullende informatie te verzamelen tbv het verbeteren van de hydrologische modellering met NHI via parameters, data en concepten.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

In het LHM is een hysteresefactor van 0,85 geïntroduceerd, voor het hele bodemprofiel, inclusief de wortelzone. Op basis van nadere analyse van de verdamping wordt berekend dat deze factor niet voor de wortelzone moet worden toegepast. Dit is een eenvoudige aanpassing die op korte termijn kan worden gerealiseerd. Voor de langere termijn is het gewenst de processen, zoals hysteresis verder te verbeteren.

Er zijn geen gegevens beschikbaar om de huidige toegekende worteldieptes (met beperkte inspanning) te verbeteren.

De schematisering in gemiddelde bodemeenheden op basis van de bodemkaart 1:50.000 kan door gebruik te maken van de profielbeschrijvingen in BIS worden vervangen door regionale/lokale specificaties van de effectieve wortelzone in bodems.

Gezien de impact van verdichting van de ondergrond op de vochtbeschikbaarheid, verdamping, optreden van runoff en wateroverlast, en grondwateraanvulling is het cruciaal aandacht te geven aan de schematisering en parameterisering van de storende lagen en verdichting van de ondergrond in het NHI zodat de dynamiek in de routes van het watertransport en daarmee de waterhuishouding beter kunnen worden begrepen en beschreven.

In het verlengde hiervan volgt ook de urgentie om de voor MIPWA ontwikkelde (en in NHI opgenomen) optie voor schijnspiegels in LHM te testen en om de schematisering en parameters van de ondiepe ondergrond verder te verbeteren (bijvoorbeeld met Geotop).

Omdat oppervlakkige afspoeling het beschikbare bodemvocht en/of de grondwateraanvulling verkleint is het gewenst om dit proces beter mee te nemen in het NHI om de verdamping en vochttekorten / waterbehoefte beter te kunnen benaderen.

Voor aanvullende dataverzameling ten behoeve van de verbeterde modellering van watertransport in en rond de wortelzone via parameters, data en concepten (hysteresis, oppervlakkige afspoeling, storende lagen en verdichte ondergrond) kan worden aangesloten bij lopende, te continueren pilots.

4.2 Aanbevelingen

Omdat de hydrologische processen in en rond de wortelzone sterk sturend zijn wordt geadviseerd de volgende stappen successievelijk te doorlopen om de verdampingsberekeningen te verbeteren:

1. Herstel van de hysteresefactor voor de effectieve wortelzone
2. Realiseren van een toets-protocol: uitgebreid testen en toetsen van de verdampingsresultaten van deze en de volgende stappen is voor deze majeure aanpassingen van het instrument noodzakelijk om te controleren of de veranderingen correct zijn doorgevoerd en of de veranderingen de beoogde effecten hebben. Deze stap past volledig binnen B&O.
3. Weerafhankelijk maken van de zaai en opkomstdatum
4. Introductie van gecompenseerde wateropname in droge perioden conform Jarvis (1989, 2011) en overnemen van de parameters voor Nederlandse omstandigheden die momenteel voor SWAP worden geüpdatet voor toepassen in de Waterwijzer

-
5. Verbeteren van de van de Feddes-reductiefunctie door kalibreren van de parameters (dit kan pas wanneer alle andere stappen maximaal zijn gerealiseerd), of koppelen van het gewasgroeimodel WOFOST om klimaat robuust te kunnen rekenen.
 6. Gevoeligheidsanalyse om te identificeren welke meetgegevens met prioriteit (in de pilots ?) moeten worden verzameld om de processen rond de wortelzone beter te kunnen simuleren.
 7. Verkennen van de mogelijkheden om RS-data te gebruiken om effectieve parameters af te leiden op gedetailleerde tijd en ruimte schalen.

Aanvullend kunnen de nog resterende aanbevelingen van Van Bakel et al. (2008) worden gerealiseerd:

- De schematisering en bijbehorende parameters voor MetaSWAP uitbreiden naar alle gidsgewassen zoals opgenomen in SWAP.
- Nagaan of het hanteren van een reductiefactor voor de bewortelingsdiepte bij ondiepe grondwaterstanden operationeel is te maken.
- De uitvoer van MetaSWAP dient zodanig aan te passen dat onderscheid is te maken in de oorzaken van reductie van de gewasverdamping (te nat, te droog, te zout).

Literatuur

Appels

Bakel, P.J.T. van, J.G. Kroes, en F.G. de Vries 2008. NHI modelrapportage. Deelrapport Gewassenmerken. Deltares Delft/Utrecht.

Bannink, M.H., Bles, B.J. en A.F. van Holst, 1985. Bodemkundig-Agrohydrologisch onderzoek oostelijk Noord-Brabant, kaartblad 51 Oost. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1985. Rapport nr. 1777.

Caljé et al

Cate, J.A.M. ten, .F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretatie va bodemkundige gegevens voor divers vormen van bodemgebruik. DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995. Technisch Document 19D.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding voor bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Staring Centrum, Wageningen. Technisch document 19D

Diepen, C.A. van, Wolf, J., and Van Keulen, H.: WOFOST: a simulation model of crop production. Soil Use and Management 5, 16-24, 1989.

Dwyer, Stewart ...

Hoogewoud et al.

Jarvis, N.J., 1989. A simple empirical-model of root water-uptake. J. Hydrol. 107(1-4):57-72. doi:10.1016/0022-1694(89)90050-4

Jarvis, N. J.: Simple physics-based models of compensatory plant water uptake: concepts and eco-hydrological consequences, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 3431-3446, doi:10.5194/hess-30 15-3431-2011, 2011

Kroes, J.G., J.C. Van Dam, P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks, C.M.J. Jacobs, 2008. SWAP version 3.2. Theory description and user manual. Alterra Report 1649. Alterra, Wageningen.

Kroes, Hack-ten Broeke ,,, , 2013, Actualisatie Schadefuncties voor de landbouw, tussenfase 2a: plausibiliteitstoets SWAP. Discussienotitie

Massop, Clement en Schuiling

Patricio

Soesbergen, G.A. van, C. van Wallenburg, K.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1986. De interpretatie van bodemkundige gegevens. Systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1986. Rapport nr. 1967.

Steur, G.G.L. en W. Heijink, 1991. Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Algemene begrippen en indelingen. 4e Herziene uitgave. Stichting voor Bodemkartering. Wageningen)

Supit, I., Hooijer, A. A., and Van Diepen, C. A.: System description of the WOFOST 6.0 crop simulation model implemented in CGMS, Vol. 1: Theory and Algorithms, Joint Research Centre, Commission of the European Communities, EUR 15956 EN, Luxembourg, 146 pp, 1994. <http://www.supit.net> and <http://www.wofost.wur.nl>

Van den Akker, J.J.H., F. de Vries, G.D. Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten, 2012. Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2409. 80 blz

Van De Vreken, Ph., L. Van Holm, J. Diels en J. Van Orshoven, 2009. Verkennende studie betreffende bodemverdichting in Vlaanderen en afbakening van risicogebieden voor bodemverdichting: Eindrapport. Leuven, Katholieke Universiteit.

Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen, P.J.T. van Bakel, F.J.E. van der Bolt, P.E. Dik, P. Groenendijk, E.P. Querner and M.F.R. Smit, 2006. SIMGRO 6.0.3 Theory and model implementation. Alterra-report 913.1

Walsum, P.E.V. van, Supit, I., 2012. Influence of ecohydrologic feedbacks from simulated crop growth on integrated regional hydrologic simulations under climate scenarios. Hydrol. Earth Syst. Sci. 16, 1577-1593

Walsum, P.E.V. van en F.J.E. Van der Bolt, 2013. Sensitivity of the Delta model to evapotranspiration; Exploring structural uncertainties due to evapotranspiration concepts. Alterra rapport 2481, Wageningen

Werkgroep Help-tabel, 1987. De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Utrecht, Mededeling Landinrichtingdienst

Bijlage 1 Een impressie van de geschatte bewortelbare dieptes bij verschillende bodemtypen en GHG met landgebruik mais en gras. De bewortelbare diepte is geschat bij het uitvoeren van de boringen. Bron: BIS Nederland Folkert de Vries, mei 2014

zEZ30	Mais	140	33	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	15	24	30	46	55	79	82	94	97	100
zEZ30	Mais	170	13	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	31	31	46	46	77	92	92	92	100	100	100	100	100
zEZ30	Gras	100	21	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	29	43	57	67	71	81	81	95	95	100	100	100	100	100	100	100
zEZ30	Gras	110	13	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	62	77	85	85	92	92	92	92	100	100	100	100	100	100	100
zEZ30	Gras	120	17	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	29	53	53	65	65	82	82	88	88	100	100	100	100	100	100	100
zEZ30	Gras	130	14	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	36	50	79	79	86	86	93	100	100	100	100	100	100	100	100
zEZ30	Gras	140	79	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	17	19	32	37	53	62	81	82	96	99	100	100	100
zEZ30	Gras	150	51	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	24	28	39	43	69	75	92	92	98	98	98	98	98	98	100
zEZ30	Gras	160	28	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	18	32	32	46	54	82	89	100	100	100	100	100	100	100
zEZ30	Gras	170	41	83	0	0	0	0	0	0	2	5	5	7	10	15	17	32	34	46	49	71	73	98	98	100	100	100	100	100

Bijlage 2 Modelling van hysteresis met
luchtinsluiting beneden het
freatische niveau: een concept
met duale porositeit
(presentatie voor de
wetenschappelijke
Klankbordgroep NHI door Paul
van Walsum, mei 2013).

Modellering van hysteresis met luchtinsluiting beneden het freatische niveau: een concept met duale porositeit

Overzicht

- Inleiding
- Huidig hysteresis-concept in SWAP
- Hysteresis met luchtinsluiting beneden het freatische niveau
- Afronding

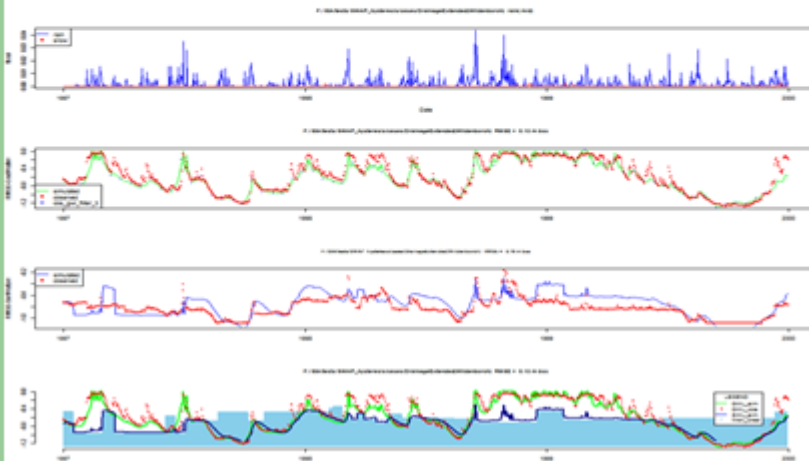
Inleiding

- Knotters en Van Walsum (1997), conclusie:

“The validation results of SWATRE were only slightly better in comparison with Transfer Noise models.”

Vervolgens heeft Knotters alleen nog TFN modellen gebruikt...

Inleiding (voorbeeld SWAP)



Inleiding (vervolg)

- Het NHI-model reageert in het najaar vaak te traag op de omslag naar N-overschot
- In het NHI model wordt vaak te weinig dynamiek gesimuleerd
- Noodoplossing: knijpen θ_{sat} ($\times 0.85$), maar dat heeft als nadeel het reduceren van beschikbaar bodemvocht

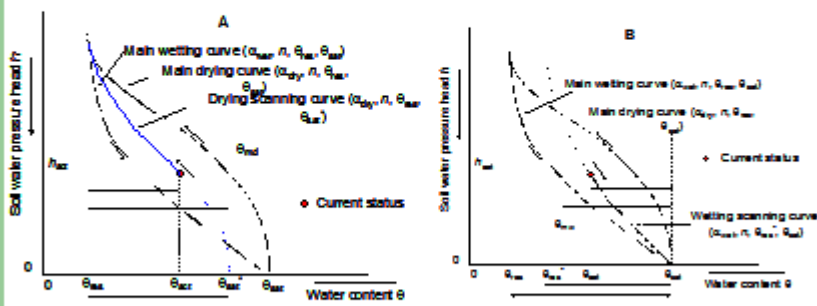
Inleiding (slot)

- Aanpassing modelconcept onverzadigde zone:
 - Preferente stroming, maar niet 'apart'

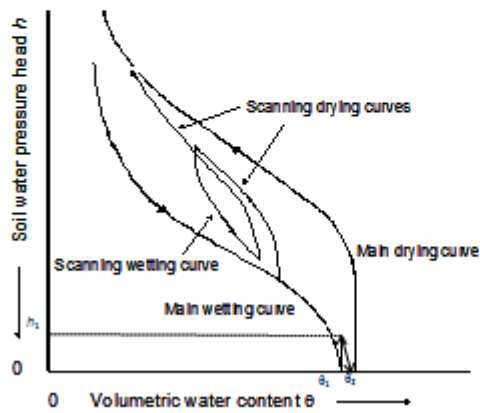
Inleiding (slot)

- Aanpassing modelconcept onverzadigde zone:
 - Preferente stroming, maar niet 'apart'
 - Totaalconcept van preferente stroming en hysteresis:
 - macroporiën in de vorm van scheuren;
 - macroporiën in de vorm van relatief grote poriën in de matrix;
 - microporiën in de vorm van relatief kleine poriën in de matrix.

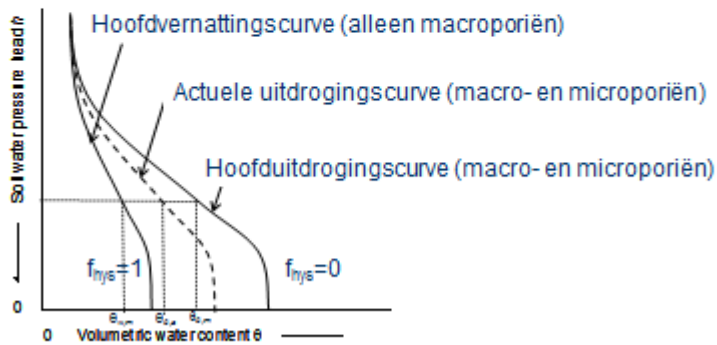
Huidig hysteresis concept in SWAP



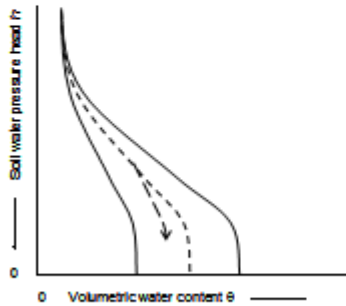
Hysteresese met luchtinsluiting beneden het freatische niveau



Vereenvoudigde bundel curves

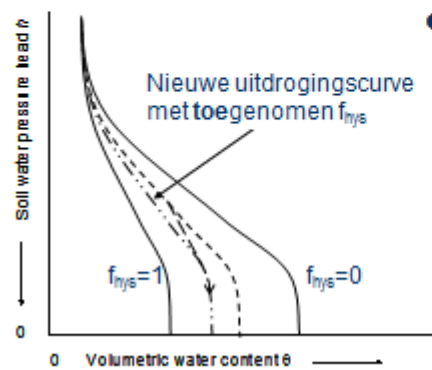


Vernatting via macroporiën



- Vernatting volgt curve met zelfde $d\theta/dh$ als de hoofdvernattingcurve

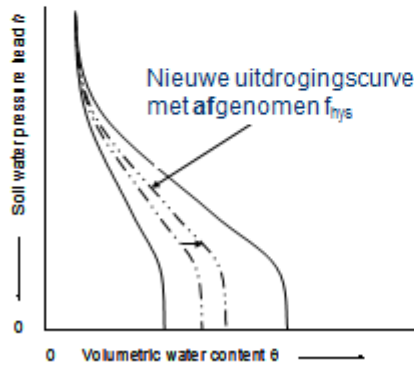
Bij vernatting neemt f_{hys} toe



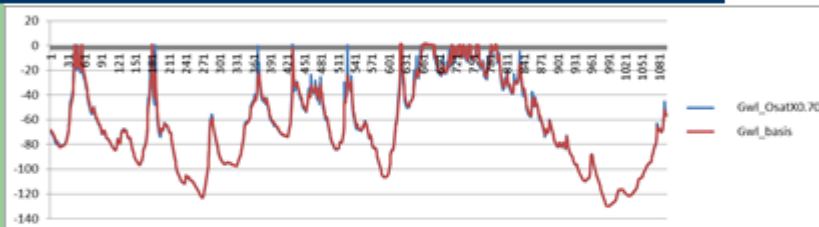
- Berekening nieuwe hysteresis factor agv vernatting

Tijdsafhankelijke afname van f_{hys}

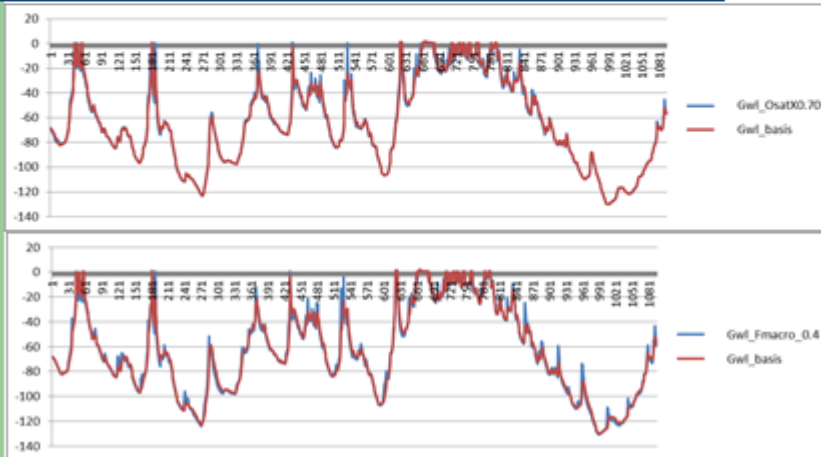
- Verandering hysteresis factor agv opname van water door microporiën



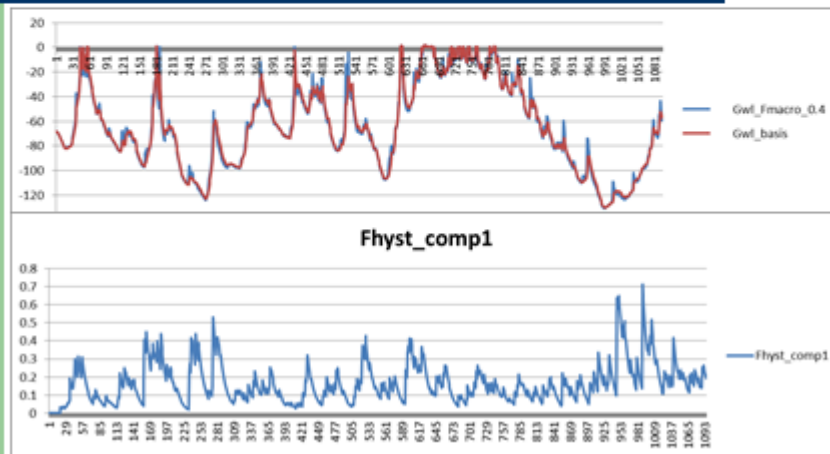
Resultaten prototype in SWAP



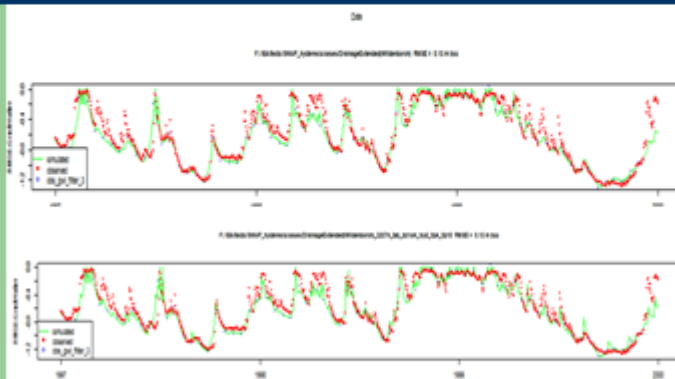
Resultaten prototype in SWAP



Resultaten prototype in SWAP



Resultaten prototype in SWAP



Basis

$F_{hys}=0.4$

Afronding

- Homogeen Richards concept voldoet vaak niet
- Uitbreiding modelconcept NHI naar meervoudige porositeit (scheuren/macro/microporiën) is op termijn een onvermijdelijke noodzaak
- Luchtinsluiting beneden freatische niveau nodig om 'ruis' in grondwaterstanden te verklaren

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport XXXX
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.