
Conceptualisatie en parameterisatie van landgebruik, bodem, beregening en buisdrainage in het NHI

A.A. Veldhuizen, P.J.T. van Bakel, T. Kroon, F. de Vries en H.Th.L. Massop¹

Inleiding

De hydrologie van Nederland wordt mede bepaald door de relatie tussen het grondwatersysteem en de atmosfeer. Daarbij is een rol weggelegd voor de bodem, de vegetatie en de gebruiker. Bij de modellering van de hydrologie van de bodem en het landgebruik in het NHI is voortgebouwd op de hydrologie voor STONE 2.3 (Van Bakel et al, 2008a). Bij STONE is Nederland landsdekkend gemodelleerd met behulp van een beperkt aantal (6405) plots. Een plot is een unieke combinatie van gewastypen, en geclassificeerde hydrologische eigenschappen en randvoorwaarden en bodemchemische eigenschappen.. Elke plot bestaat uit een aantal gridcellen van 250 bij 250 m; deze hoeven niet aangrenzend te zijn. Bij het bouwen van het NHI is deze plotbenadering verlaten. Dit betekent dat voor elke gridcel van 250 bij 250 m een model moet worden gebouwd van het gewas-onverzadigde zone deelsysteem. Daarbij is gebruik gemaakt van de modelcode metaSWAP (Van Walsum and Groenendijk, 2008), de onverzadigde zone module van SIMGRO (Van Walsum et al, 2006, 2008a, 2008b).

Voor de modellering met metaSWAP moeten per gridcel de volgende gegevens bekend zijn:

- het landgebruik en daaraan gekoppeld de verdampingskenmerken;
- de bodemfysische eenheid en daaraan gekoppeld de lagenopbouw in Staringreeksbouwstenen en per bouwsteen de bijbehorende bodemfysische eigenschappen (retentie- en doorlatendheidskarakteristieken);
- de bewortelingsdiepte, bepaald per combinatie van landgebruik en bodemfysische eenheid;
- is de gridcel wel of niet beregenbaar, hetzij uit oppervlaktewater hetzij uit grondwater;
- indien beregenbaar, wat zijn de beregeningscriteria: bij welke mate van uitdroging van de wortelzone wordt met beregenen gestart, welke bruto hoeveelheid wordt per keer toegediend en wat is de kortste lengte van de periode tussen 2 beregeningsgiften;
- is er wel of geen buisdrainage aanwezig.

In dit artikel zal zowel de conceptualisatie als de bijbehorende parameterisatie en de daarvoor gebruikte bestanden in meer detail worden beschreven.

¹ A.A. Veldhuizen, P.J.T. van Bakel, F. de Vries en H.Th.L. Massop zijn werkzaam bij Alterra, T. Kroon werkt bij Rijkswaterstaat Waterdienst. Correspondentie: ab.veldhuizen@wur.nl

Landgebruik en bijbehorende verdampingseigenschappen

Verdamping vormt, samen met de neerslag, de bovenrandvoorwaarde voor alle hydrologische modellen en dus ook voor het NHI. Het is daarom van groot belang de grootte en dynamiek ervan goed in model te brengen. Er zijn diverse methoden beschikbaar om de verdamping te bepalen, met gebruikmaking van meteorologische gegevens die op routinebasis worden verzameld en voor gebruik beschikbaar zijn. Het NHI maakt gebruik van metaSWAP om de verdamping te bepalen.

Allereerst wordt voor elke gridcel één vorm van landgebruik gedefinieerd dat vervolgens gedurende de gehele simulatieperiode blijft gehandhaafd (dus geen vruchtwisseling). Daarbij is gebruik gemaakt van het LGN5-bestand (Hazeu, 2005), aangevuld met de topografische kaart om boomteelt als klasse toe te voegen en de natuurkaart van het RIVM om onderscheid te kunnen maken tussen licht naaldbos en donker naaldbos (Veldhuizen, 2008). De basisgridbestanden zijn opgeschaald van 25x25 naar 250x250 meter, waarbij in principe het landgebruik met het grootste areaal binnen het opgeschaalde grid is gekozen. Omdat deze procedure leidt tot overschatting van landgebruiken met het grootste areaal is een correctie doorgevoerd om per gemeente op gemiddeld correcte arealen uit te komen. Stedelijk gebied (LGN5-codes 18,19,26) is verondersteld voor 40% verhard te zijn, hoofdwegen en spoorwegen (code 25) voor 80%. De cellen van het opgeschaalde grid met het grootste areaal verhard zijn op code 18 (stedelijk) gezet, zodanig dat het totale areaal stedelijk in m² overeenkomt met het LGN5-grid.

tabel 1: Landgebruikstypen en gidsgewassen en areaalverdeling in het NHI

NHI-code	NHI-beschrijving	Gidsgewas	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (%)
1	Gras	Gras	1629606	46.6
2	Maïs	Maïs	244163	7.0
3	Aardappelen	Akkerbouw	174500	5.0
4	Suikerbieten	Akkerbouw	103088	2.9
5	Granen	Akkerbouw	207125	5.9
6	Overige landbouw	Akkerbouw	159275	4.6
7	Boomteelt	Loofbos	18881	0.5
8	Glastuinbouw	Gglastuinbouw	14994	0.4
9	Boomgaard	Loofbos	28613	0.8
10	Bollen	Akkerbouw	22744	0.7
11	Loofbos	Loofbos	173981	5.0
12	licht naaldbos	Licht naaldbos	157944	4.5
13	natte natuur	Natte natuur	39575	1.1
14	Droge natuur	Droge natuur	124888	3.6
15	Kale grond	Kale grond	6094	0.2
16	Zoet water	Water	123031	3.5
17	Zout water	Water	9750	0.3
18	Stedelijk	Verhard gebied	236844	6.8
19	Donker naaldbos	Donker naaldbos	19969	0.6
Totaal			3495063	100.0

Vervolgens is aan elk vorm van landgebruik een gidsgewas toegekend waarvan de verdampingseigenschappen zijn verzameld ten behoeve van gewasbasisbestanden (Van

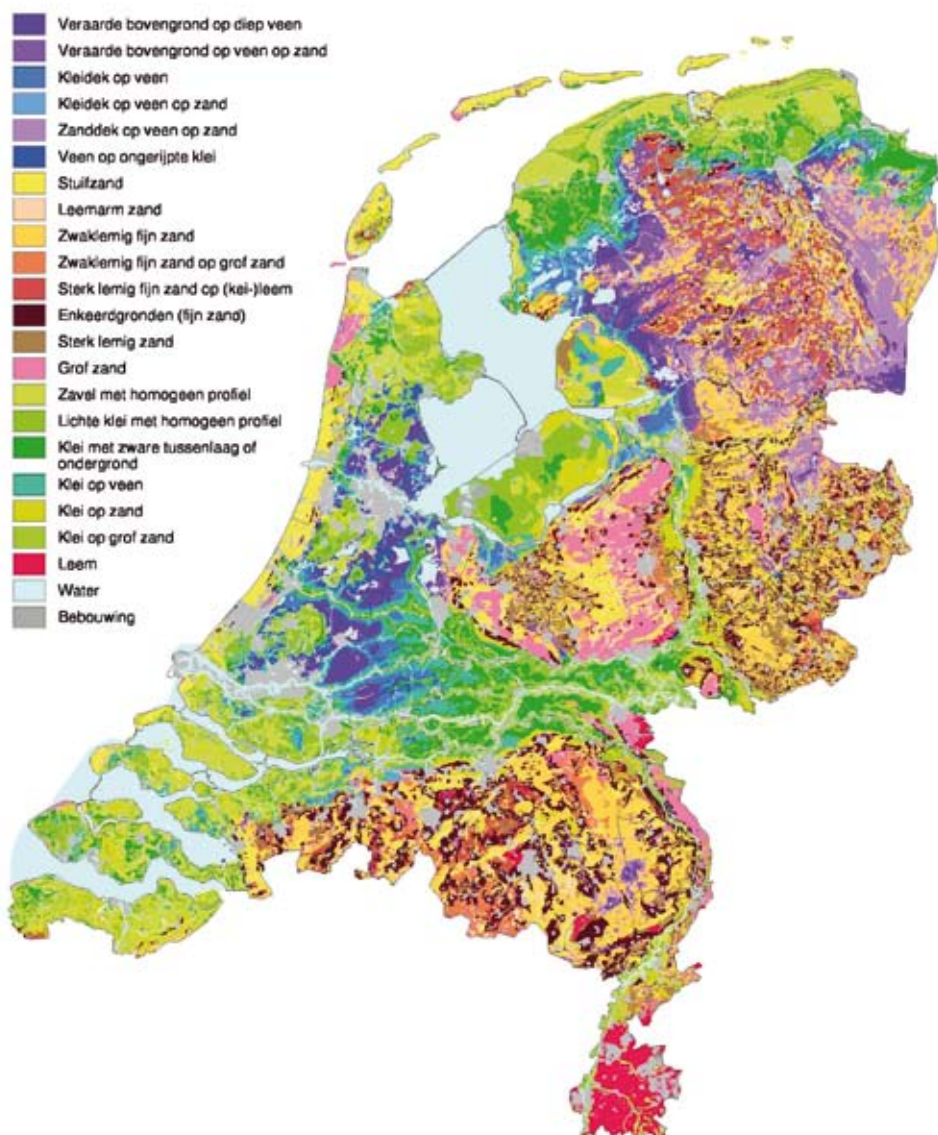
Bakel et al., 2008b). De gegevens worden gebruikt om de tijdsverlopen van de bodembe-
dekking gedurende het kalenderjaar af te leiden voor gebruik in de metaSWAP-modellen.
Deze zijn overgenomen uit de STONE-database, waarbij onderscheid is gemaakt is
grasland, maïs, akkerbouw, loofbos, licht naaldbos en donker naaldbos en aangevuld
met glastuinbouw, droge natuur, natte natuur, kale grond, verhard gebied en oppervlak-
tewater. In Tabel 1 is de lijst met landgebruiksvormen en gidsgewassen weergegeven,
tevens is de verdeling van het landgebruik in ha en procenten opgenomen in de tabel.
In Figuur 1 is een kaartje met het landgebruik opgenomen.



figuur 1: Landgebruik

Bodemfysische eigenschappen

De fysische eigenschappen van de bodem bepalen voor een belangrijk deel de dynamiek van het grondwatersysteem. Denk hierbij aan de bergingscoëfficiënt, capillaire opstijging en de relatie tussen vochtspanning in de wortelzone en voor de vegetatie beschikbare berging.



figuur 2: Bodemfysische kaart volgens de schematisatie van Wösten (1988)

tabel 2: Overzicht van eenheden op basis van bodemopbouw

Code bodem-opbouw	Omschrijving	Opmerkingen	Opeenvolgende bouwstenen Staringreeks
1	Veraarde bovengrond op diep veen		B18, O17
2	Veraarde bovengrond op veen op zand	Combinatie van veengronden en moerige gronden met zandondergrond. Associaties van moerige gronden en zandgronden vertaald naar zandgronden	B16, O17, O2
3	Kleidek op veen		B11, O17
4	Kleidek op veen op zand	Combinatie van veengronden en moerige gronden met kleidek en zandondergrond. Associaties van moerige gronden en zandgronden vertaald naar klei op zand (19)	B11, O17, O2
5	Zanddek op veen op zand	Combinatie van veengronden en moerige gronden met zanddek en zandondergrond. Associaties moerig en zand vertaald naar zand.	B2, O16, O2
6	Veen op ongerijpte klei	Combinatie van veengronden en moerige gronden met een kleiondergrond. Bij deze gronden kan het veen zowel als toplaag (Wo, Vk) en als tussenlaag (kVk, pVk) voorkomen. Associaties van moerige gronden met kleigronden zijn vertaald naar een kleigrond.	B18, O12
7	Stuifzand	Tot deze groep behoren de landduinen en de kustduinen, inclusief de stranden enz. Deze gronden hebben een laag leemgehalte en de humeuze bouwvoor ontbreekt veelal (Zd. en Zn..A)	O1
8	Leemarm zand	Hier gaat het vooral om de jonge dekzandruggen en om de uitgestoven laagtes temidden van landduinen. Deze gronden hebben wel een toplaag (Hd21, Y21 en Zn21)	B1, O1
9	Zwaklemig fijn zand	Met name de zwaklemige zandgronden (Hn21, pZn21, pZg21, enz.)	B2, O2
10	Zwaklemig fijn zand op grof zand	Zandgronden met grind of grof zand in de ondergrond. In de bovenlaag vooral zwak lemig, soms ook lemiger.	B2, O2, O5
11	Sterk lemig fijn zand op (kei-)leem	Zandgronden met keileem en of lössleem in de ondergrond (..x..t). In de bovenlaag vooral sterk lemig zand, soms ook minder lemig.	B3, O2, O6
12	Enkeerdgronden (fijn zand)	Enkeerdgronden, gronden met een dikke eerdlaag (> 50 cm), zowel lemig als zwak lemig en leemarm. Gronden met een matig dikke eerdlaag (cHn, cY.) ingedeeld op basis van leemgehalte.	B2, O2
13	Sterk lemig zand	Lemige zandgronden	B3, O3, O2
14	Grof zand	Alle grofzandige gronden	B1, O5
15	Zavel met homogeen profiel		B8, O9
16	Lichte klei met homogeen profiel		B10, O10
17	Klei met zware tussenlaag of ondergrond		B12, O13
18	Klei op veen	Begindiepte veenondergrond 40 – 120 cm-mv.	B12, O13, O17
19	Klei op zand	Begindiepte zandondergrond 25 – 80 cm-mv.	B8, O10, O2
20	Klei op grof zand	Begindiepte grofzandige ondergrond 25 – 120cm-mv.	B8, O10, O5
21	Leem	Alle leemgronden, inclusief keileemgronden (KX en KT)	O15

Voor landsdekkende en regionale studies wordt veelal gebruik gemaakt van de reeds ruim 20 jaar bestaande PAWN-schematisering (zie Figuur 2), waarbij op basis van de eenheden van de Bodemkaart 1 : 250.000 (samenvoegingen van eenheden van de Bodemkaart 1 : 50.000) 21 bodemfysische eenheden zijn gedefinieerd en per eenheid de lagenopbouw in zogenoemde Staringreeksbouwstenen (Wösten et al., 2001). Deze werkwijze is wel erg grofmazig en daarom is besloten in het kader van NHI een meer gedetailleerde schematisering te maken zowel qua aantal eenheden (ruim 300) als qua lagenopbouw, op basis van de eenheden van de Bodemkaart 1 : 50.000. Daarbij zijn wel de bekende Staringreeksboven- en ondergrondbouwstenen gehandhaafd. Deze actie is ook uitgevoerd (De Vries et al, 2008) maar implementatie in NHI stuitte (vooralsnog) op rekentechnische geheugenproblemen. Voorlopig wordt daarom gebruik gemaakt van de oude bodemfysische schematisatie van Wösten (1988).

Bewortelingsdiepte

De dikte van de wortelzone is om twee redenen van grote invloed op de berekening van de verdamping:

- de beschikbaarheid van bodemvocht voor de verdamping is recht evenredig is met de dikte van de wortelzone;
- de dikte van de wortelzone is van invloed op de capillaire opstijging vanaf de grondwaterstand: hoe dikker de wortelzone hoe kleiner de afstand, hoe gemakkelijker de opstijging.

De wortelzone is de grondlaag waarin zich het overgrote deel van de plantenwortels bevindt. De bewortelbare diepte, dit is de diepte waarin plantenwortels kunnen doordringen, is niet gelijk voor alle bodems. Deze diepte hangt af van beperkende factoren voor wortelgroei (Ten Cate et al., 1995) :

- pH of zuurgraad; bij pH (KCl)-waarden beneden 3,5 à 4 is vrijwel geen beworteling meer mogelijk.
- Aëratie of beluchting; aëratie speelt voornamelijk een rol bij veengronden, moerige gronden en sommige zavel- en kleigronden. Bij luchtgehalten van minder dan 10 à 15% wordt de beworteling sterk beperkt.
- Indringingsweerstand; dit is de voornaamste beperkende factor bij zand- en brikgronden. De kritische grens voor het bewortelen ligt bij een indringingsweerstand van 2,5 à 3 MPa.

De eigenschappen van de bodem bepalen dus in sterke mate de bewortelingsmogelijkheden. Er is niet gedifferentieerd naar grondwatertrappen. Of het bewortelbare traject ook echt benut wordt door de begroeiing is afhankelijk van de groei-eigenschappen van het gewas.

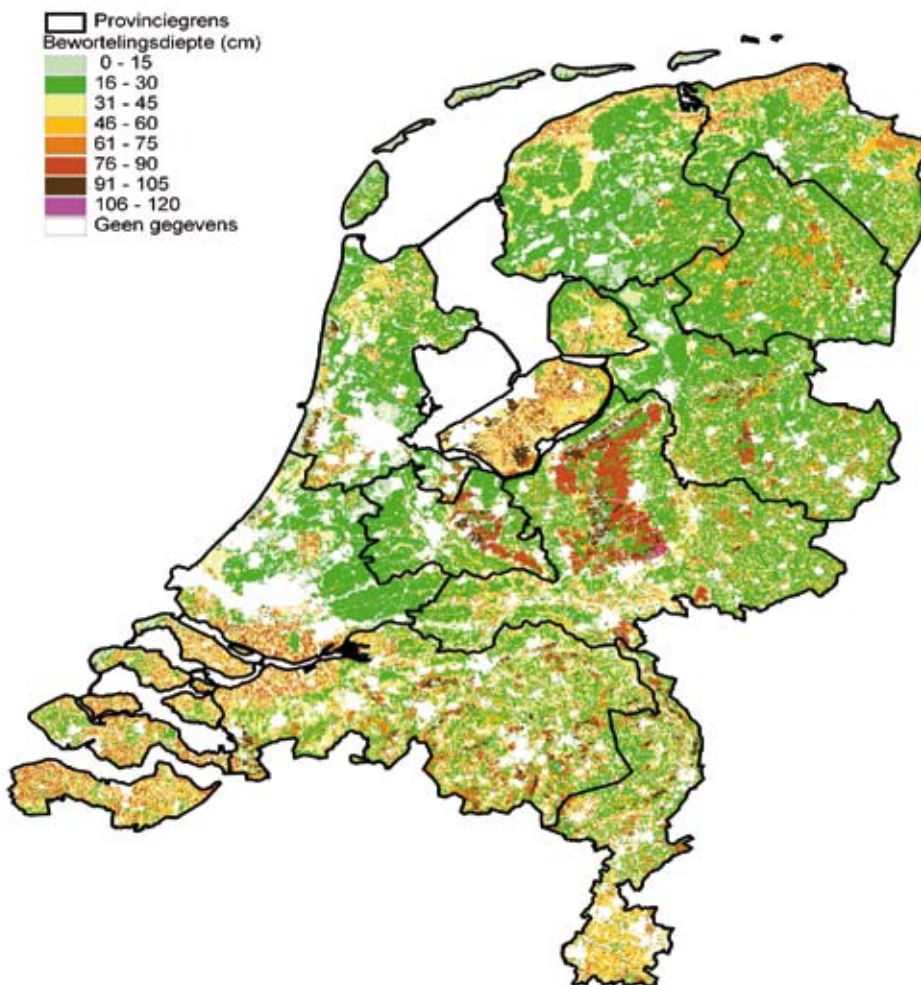
De gegeven bewortelingsdiepte geldt voor een volgroeid gewas. De werkelijke bewortelingsdiepte is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het gewas. Bij akkerbouw en tuinbouwgewassen neemt de beworteling in werkelijkheid gedurende het groeiseizoen toe totdat de maximale waarde is bereikt.

Bij het vaststellen van de bewortelingsdiepte is de volgende informatie gebruikt:

- tabellen met richtlijnen en normen voor bewortelingsmogelijkheden in de Handleiding voor karteringen (Ten Cate et al., 1995);
- overzichtstabel met gemiddelde diktes van de effectieve wortelzone voor verschillende HELP-eenheden (Werkgroep HELP, 1987);
- geschatte bewortelingsdieptes bij ca. 300.000 boringen uit het Bodemkundig InformatieSysteem (BIS) van Alterra.

Er is enige standaardisatie aangebracht, gras (blijvend grasland) heeft de minst diepe beworteling, gevolgd door groente, bollen en aardappelen. De wortels van maïs, granen en suikerbieten gaan dieper evenals die van fruitbomen. Bos heeft tot slot de diepste beworteling.

De geschatte bewortelingsdieptes zijn gemiddelde waarden voor de eenheden van de bodemkaart. Door lokale omstandigheden kunnen er afwijkingen zijn.



figuur 3: Bewortelingsdiepte (cm)

Beregening

In het NHI wordt de dynamiek van de waterhuishouding van de wortelzone, gesimuleerd met metaSWAP, bepaald door:

- de dagwaarden van de netto neerslag (bruto neerslag minus interceptieverdamping minus oppervlakte-afvoer), en
- de actuele verdamping (som van actuele bodemverdamping en actuele gewasverdamping).

Indien beregening mogelijk is wordt bij onderschrijden van een bepaalde drukhoogte een beregeningsgift gesimuleerd. Deze beregeningsgift wordt als neerslag voor de specifieke dag als bovenrandvoorwaarde ingevoerd. De gift is afkomstig uit grondwater en/of oppervlaktewater. Het is dus noodzakelijk te definiëren:

- waar beregening mogelijk is;
- de herkomst van het beregeningswater;
- wanneer beregening mogelijk is (tijd in het jaar);
- welke de criteria zijn voor wel niet beregenen indien beregening mogelijk is;
- wat de grootte is van de beregeningsgift.

Locatie en herkomst van beregening

Het LEI heeft in opdracht van het RIZA het maximaal beregende oppervlak per gemeente onderzocht. Hiervoor heeft het LEI van een aantal jaren waarover de data beschikbaar is, de grootst beregende oppervlakte per gemeente genomen. De som van de oppervlakten per gemeente kan groter zijn dan van de afzonderlijke jaren. Daarnaast heeft het LEI een verdeling in beregening gemaakt naar gewas.

De gegevens van het LEI geven alleen het maximaal areaal beregening per gemeente en de verdeling van de beregening over de gewassen per LEI-district. De gegevens zeggen niet waar er wordt beregend. Voor de verdeling van het beregende areaal over de gridcellen (250x250 meter) is een fortran-programma geschreven.

De toekenning van de beregening aan de plots gebeurt op basis van preferenties. De preferenties zijn gebaseerd op gewas, kwelklasse en bodemtype. De volgorde van gewassen is: bollen, aardappels, boomgaard, overige gewassen (inclusief graan), bieten, maïs en gras. De berekende hoeveelheid kwel wordt met behulp van een reclassificatietabel ingedeeld in deze zes klassen: beregening is waarschijnlijker bij wegzijging dan bij kwel. Tenslotte is de volgorde in bodemtypes: zand, klei, leem, veen.

De diverse preferenties zijn gecombineerd en uiteindelijk toegekend aan 250 m-gridcellen, op zodanige wijze dat de balansen van de beregende arealen per LEI-gebied, per gemeente en per type gewas zoveel mogelijk kloppend worden gemaakt.

De plots met de kleinste slootdichtheid (primair plus secundair) worden beregend uit grondwater. De overige plots worden beregend uit oppervlaktewater.

Het resultaat van de toekenning van beregening is weergegeven in Figuur 4. Potentieel kan er ongeveer 513.000 ha worden beregend, dit is ongeveer 20 % van het areaal landbouwgrond, waarvan 52% uit grondwater en 48% uit oppervlaktewater. Dit areaal is een overschatting van 30.000 ha van het officiële door LEI geregistreerde areaal, wat

voor een belangrijk deel wordt veroorzaakt door het additioneel toekennen van beregening aan glastuinbouw, boomteelt en bloembollen.

Definiëring beregeningsseizoen

Het beregeningsseizoen is de aaneengesloten periode in het jaar dat er behoefte kan zijn aan additionele watervoorziening via beregening. In modeltermen betekent dit dat in deze periode op basis van criteria wordt beslist of er wordt beregend.

Voor Nederlandse klimatologische omstandigheden is een beregeningsseizoen dat begint op 1 april en eindigt op 1 oktober een veel gebruikte keuze en is ook voor het NHI van toepassing.

Beregeningscriteria en grootte beregeningsgift

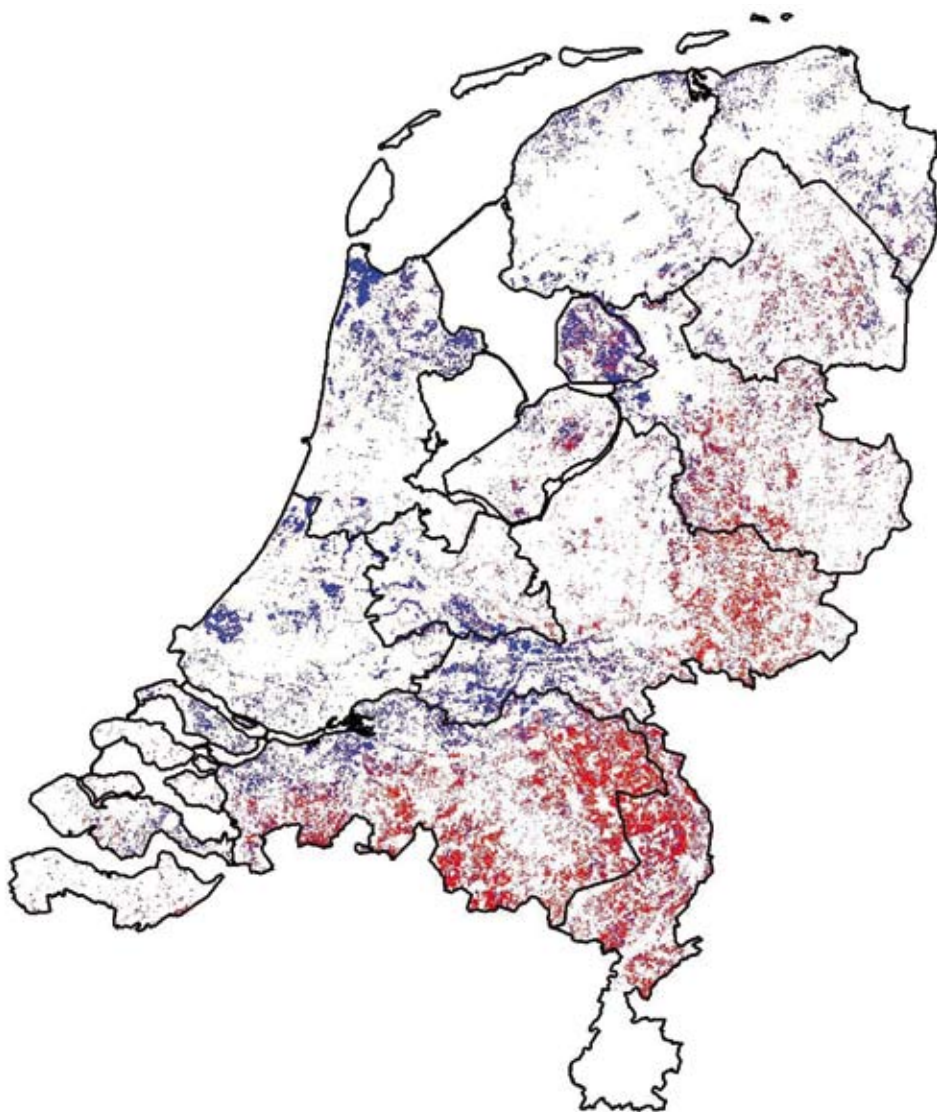
Voor metaSWAP zijn de volgende criteria gebruikt:

- kritieke drukhoogtes voor grasland, snijmaïs en overige landbouwgewassen, resp. -316, -500 en -200 cm (pF 2.5, 2.7, 2.3);
- de maximale beregeningsgift is 25 mm en het minimale beregeningsinterval is 7 dagen;
- beregening stopt als actuele drukhoogte in de wortelzone -100 cm is (ofwel pF 2.0 = veldcapaciteit).

Voor beregening geldt dat de praktijk behoorlijk kan afwijken van het model. De belangrijkste reden is dat beregening moet worden ingepast in de bedrijfsvoering, maar ook persoonlijke voorkeuren spelen een rol. Door projecten als “beregening op maat” wordt het gat tussen model en praktijk overigens wel steeds kleiner.

Discrepancie tussen model en praktijk komt ook voort uit actuele ontwikkelingen, zoals:

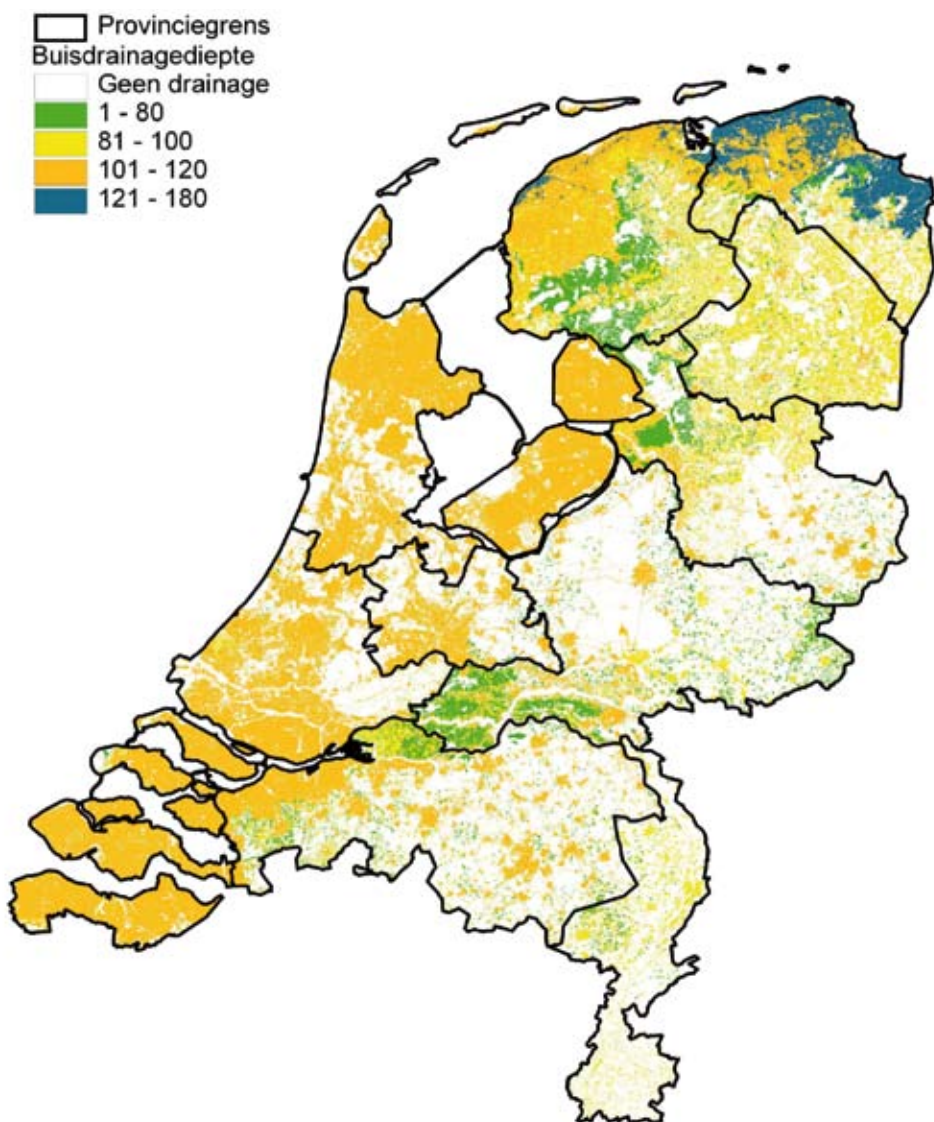
- het optreden van bruinrot (waardoor beregening van aardappels met oppervlaktewater steeds minder mogelijk is);
- de (sterke) verhoging van brandstofprijzen (waardoor beregening van laagsalderende gewassen als grasland minder aantrekkelijk wordt);
- de mestwetgeving (waardoor er een straf staat/stand op nutriëntenverliezen en de noodzaak tot beregening na mestinjectie groter is);
- beregeningsverboden (het beleid ten aanzien van beregening uit grondwater varieert per provincie/waterschap en is voortdurend aan veranderingen onderhevig);
- de praktijk van toestaan van beregening uit oppervlaktewater (het beleid ten aanzien van dit onderwerp is als gevolg van o.a. de Droogtestudie aan verandering onderhevig).



figuur 4: Potentiële beregeningslocaties vanuit grondwater (rood) en oppervlaktewater (blauw)

Aanwezigheid van buisdrainage

In Nederland is bijna 1 miljoen ha landbouwgrond voorzien van buisdrainage. Buisdrainage heeft een groot effect op vooral de grondwaterstanden in de winter en het is dus van groot belang voor elk landsdekkend of regionaal hydrologisch model te specificeren waar buisdrainage aanwezig is. In grote delen van Nederland is deze kennis echter maar beperkt aanwezig. In het kader van Hydrologie voor STONE zijn landsdekkende kaarten gemaakt die ten behoeve van NHI zijn geactualiseerd (Massop en Van Bakel, 2008). Figuur 5 geeft een beeld van de aanwezigheid van buisdrainage.



figuur 5: Aanwezigheid en diepteligging(cm -mv) van buisdrainage.

De drainafstand en draindiepte kunnen regionaal behoorlijk verschillen. In NHI wordt gebruik gemaakt van een geregionaliseerde experttabel, die een voortzetting is van de STONE-experttabel.

Om de hydrologie voor STONE te definiëren is aanvankelijk gebruik gemaakt van een eenvoudige kennistabel (Massop et al., 2000). De draindiepte is daarbij afhankelijk gesteld van de bodem en de drainageweerstand en volgt min of meer uit het drainage-criterium (7 mm/d afvoer bij een opbolling gelijk aan het verschil tussen draindiepte en vereiste ontwateringsdiepte bij die 7 mm/d).

Voor de waterschappen in Noord-Brabant is vervolgens een provinciedekkende kaart gemaakt (Massop, 2001). Daarbij is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gegevens over de daadwerkelijke ligging van gedraineerde percelen.

Voor de Verdrogingstudie is een landelijke kaart gemaakt met het voorkomen van buisdrainage (Massop, 2002). Hiervoor is een aantal proefgebieden geïnventariseerd waarvoor de buisdrainage gebiedsdekkend bekend was. Voor deze gebieden zijn vervolgens relaties gelegd tussen aanwezigheid van buisdrainage en karteerbare kenmerken zoals landgebruik, bodem en grondwatertrap.

De gevonden relaties zijn gebruikt om een landsdekkende kaart met buisdrainage te maken. Deze kaart is voorgelegd aan de waterschappen. De inbreng van de waterschappen heeft vervolgens tot een aantal aanpassingen geleid. De resulterende kaart is gebruikt in de Verdrogingstudie en ook in de hydrologie STONE ter vervanging van de kennistabel.

De landelijke buisdrainagekaart is sinds 2002 voor delen van Nederland verder verbeterd door:

- toevoeging van buisdrainage in gebieden met intensief grondgebruik;
- gebruik in (deels lopende) projecten gericht op een kleiner schaalniveau;
- toevoeging van beschikbare drainagekaarten.

De beschikbare buisdrainagekaart uit 2002 had alleen betrekking op landbouwgrond, terwijl ook infrastructuur en bepaalde intensieve vormen van grondgebruik zijn gedraineerd. Naast deze areaaluitbreiding zijn de kaarten opnieuw voorgelegd aan de betrokken waterschappen, veelal door middel van workshops. De informatie uit de workshops is in de landsdekkende buisdrainagekaart verwerkt. Voor Noord-Nederland is bovendien aanvullende informatie verkregen via een enquête van enkele draineerbedrijven (Boerefijn en De Graaf, 2006). Ook deze informatie is in de kaarten verwerkt.

De buisdrainagekaart is een statistische kaart, d.w.z. dat voor grotere gebieden het areaal buisdrainage ongeveer klopt, maar dat de exacte ligging van de drainage veelal niet bekend is. In recent uitgevoerde projecten in Noord-Nederland (Snepvangers en Berendrecht, 2007) en Limburg (Vermeulen et al., 2007) alsook bij in uitvoering zijnde projecten voor waterschappen Rivierenland (Van der Linden et al., 2008) en Rijn en IJssel (Van der Linden et al., 2008) is de buisdrainagekaart verbeterd en uitgebreid.

Of er gedraineerd is binnen de stedelijke omgeving is vooral afhankelijk van de hoogteligging c.q. de grondwatertrap (Gt). Echter voor oude woonwijken is de Gt niet gekarteerd. Deze zijn wel vaak op hogere delen gesitueerd, terwijl de meer recente uitbreidingen vaak in de nattere delen liggen. Door ophoging met zand, peilverlaging of buisdrainage zal aan vereiste drooglegging worden voldaan. Een ander probleem is dat mogelijk de hoogteligging van het maaiveld onvoldoende bekend is. Voor deze studie is aangenomen dat alle stedelijke gebieden gedraineerd zijn. Als echter de hoogteligging dusdanig hoog is dat buisdrainage overbodig is, dan zal de buisdrainage in het grondwatermodel ook niet werken.

Voor de bepaling van de ligging van stedelijk gebied en infrastructuur is de LGN5-kaart gebruikt.

Voor een aantal intensieve vormen van landgebruik (buiten het stedelijk gebied) is aangenomen dat deze voor 100% zijn gedraineerd. Deze landgebruikvormen zijn gepresenteerd in Tabel 3. Deze gedraineerde gebieden zijn mogelijk niet, of slechts gedeeltelijk meegenomen in de drainagekaart voor het landbouwgebied.

tabel 3: Additionele gedraineerde vormen van landgebruik

Landgebruik	Gebruikte kaart
Vliegvelden	Top10-vector
Boomgaarden	Top10-vector
Begraafplaatsen	Top10-vector
Boomkwekerij	Top10-vector
Fruittkwekerijen	Top10-vector
Golfterreinen en sportvelden	Separate kaart

De meeste van de in Tabel 3 genoemde landgebruikvormen zijn te selecteren binnen de Top10-vectorkaart. Voor golfterreinen en sportvelden zijn echter aparte kaarten gebruikt, aangezien deze niet voorkomen op de Top10-vector-kaart. De begrenzing van de vliegvelden is ingeschat aan de hand van de topografische kaart; vervolgens zijn de percelen binnen deze begrenzing geselecteerd.

Drainageweerstand

Om aan de vereiste ontwateringdiepte te kunnen voldoen bij een bepaalde afvoerintensiteit dient de drainageweerstand niet te hoog te zijn. Hiermee is rekening gehouden bij de toekenning van de drainageweerstand. Veelal is een drainageweerstand van 70 dagen toegepast. Bij diepere aanleg van buisdrainage hoort een grotere drainafstand en daarmee een grotere drainageweerstand. Een grotere drainageweerstand komt vooral voor in de noordelijke kleigebieden. In Tabel 4 zijn voor enkele draindiepten de gehanteerde weerstanden in Noord-Nederland weergegeven. Omgekeerd geldt eveneens dat bij zeer ondiep draineren de drainageweerstand lager wordt dan 70 dagen.

tabel 4: Drainageweerstand bij toenemende draindiepte behorend bij een drainageintensiteit van 7 mm/d

Draindiepte (cm-mv)	Maximale opbolling (cm)	Drainageweerstand (d)
140	90	130
150	100	140
170	120	170

De draindiepten uit Tabel 5 zijn aangehouden:

label 5: Draindiepte

Landgebruik	Draindiepten
Grasland op zand	80 cm
Bouwland op zand	100 cm
Bouwland op klei *	110 cm
Overige landbouw	120 cm
Stedelijk en infrastructuur	120 cm
Begraafplaatsen	170 cm

* m.u.v. de Droogmakerijen en de Wieringermeer: 120 cm- mv.

De kleigebieden in de Droogmakerijen zijn gedraineerd op 120 cm, met uitzondering van de IJsselmeerpolders. Voor de IJsselmeerpolders is, in afwijking van de hydrologie voor STONE, een diepte aangehouden van 110 cm -mv. De motivatie voor de keuze is dat de drains oorspronkelijk zijn aangelegd op een diepte van 120 cm -mv, maar dat de uiteindelijke diepte na inklinking 100 cm -mv zal bedragen. Daarom is een tussenliggende waarde van 110 cm -mv aangehouden (Schultz, 1992).

Uit een enquête bij draineerbedrijven in Noord-Nederland bleek dat in een aantal kleigebieden dieper is gedraineerd dan volgens het Cultuurtechnisch Vademecum is aangegeven. Deze informatie is gebruikt voor de kaart van Noord-Nederland. Zo komen in het gebied ten zuiden van de Dollard draindiepten van 150 cm -mv voor; in de kop van Groningen en een beperkt deel van Friesland zelfs tot 170 cm -mv. Verder zijn de kleigebieden in Groningen en Friesland veelal tot 110 cm -mv gedraineerd. Het zandgebied van Drenthe, Friesland en Groningen is veelal gedraineerd op 90 cm -mv. Het gebied van Blija Buitendijks in Friesland is niet gedraineerd. Het veengebied in Friesland is veelal gedraineerd op 80 cm -mv.

Elders in Nederland kunnen ook gebieden voorkomen waar dieper is gedraineerd dan 120 cm -mv, echter nadere informatie hierover ontbreekt.

Voorgenomen verbeteringen in fase 2

De bovenbeschreven functionaliteit is in fase 1 van het NHI-project doorgevoerd.

De belangrijkste verbeterpunten voor fase 2 zijn: verbetering van de SWAP-basisbestanden voor diverse gidsgewassen en omzetting daarvan naar parameters voor meta-SWAP; implementatie van de 300 bodemfysische eenheden en bijbehorende bodemfysische eigenschappen en bewortelingsdieptes; actualisatie van het beregeningsbestand. Door veranderingen in landgebruik, landbouw prijzen, energieprijzen maar ook verschijnselen als bruinrot is de omvang van berekening aan voortdurende veranderingen onderhevig; actualisatie van het buisdrainagebestand door het inbouwen van lokale kennis.

Referenties

- Akker, J.J.H. van den (2005)** *Maaiveldddaling en verdwijnende veengronden*; In Rienks, W.A. en A.L. Gerritsen, 2005, *Veenweide 25x belicht, Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen*; WUR, Wageningen.
- Bakel P.J.T. van, H. Th. M. Massop, J. van der Gaast en J. te Beest (2003)** *Ontwatering in beeld*; *H₂O*, 6-2003, 13- 15.
- Bakel P.J.T. van et al. (2007)**; *Reparatie Hydrologie voor STONE 2.1, Beschrijving reparatie-acties, analyseresultaten en beoordeling plausibiliteit*; WOT-werkdocument 81, Wageningen.
- Bakel, P.J.T. van, H.Th.L. Massop, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, M.J.H. Pastoors en T. Kroon (2008a)** *Actualisatie hydrologie voor STONE 2.3, Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP, en plausibiliteitstoets*; WOT-rapport 57, Wageningen.
- Bakel, P.J.T. van, J.G. Kroes en F. de Vries (2008b)** *Gewassenmerken, NHI-fase 1+ Deelrapport 12*; Deltares, Utrecht.
- Boerefijn M. en C. de Graaf (2006)** *Inventarisatie buisdrainage in het MIPWA projectgebied*; TAUW, Utrecht.
- Elsevier bedrijfsinformatie en Vereniging voor Landinrichting (2000)** *Cultuurtechnisch Vademecum, Handboek voor inrichting en beheer van het landelijk gebied*; Krips, Meppel.
- Hazeu, G.W. (2005)** *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN5), Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik*; Alterra-rapport 1213, Wageningen.
- Hoogeveen, M.W., K.H.M. van Bommel en G. Cotteleer (2003)** *Berekening in land- en tuinbouw*; *Rapport voor de Droogtestudie Nederland*; LEI-rapport 3.03.03, Den Haag.
- Kooistra K. (1989)** *Drainage en ander wijzen van ontwatering*, *Praktijkreeks Veehouderij*; Misset, Doetinchem.
- Kroes et al. (2001)** *Actualisatie van de Hydrologie voor STONE 2.0*; Alterra-rapport 298, Wageningen.
- Kekem, A.J. van, T. Hoogland & J.B.F. van der Horst (2005)** *Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart: Werkwijze en resultaten*; Alterra-rapport 1080, Wageningen.
- Linden van der et al. (2008)** *GGOR Instrumentarium Rijn en IJssel*; Deltares, Utrecht.
- Linden van der et al. (2008)** *Grondwatermodellering Rivierenland*. Deltares, Utrecht.
- Massop H.Th.L., T. Kroon, P.J.T van Bakel, W.J. de Lange, M.J.H. Pastoors en J. Huygen (2000)** *Hydrologie voor Stone, Schematisatie en parametrisatie*; Alterra-rapport 038, Reeks Milieuplanbureau 9, Wageningen.
- Massop H. Th. L. (2001)** *Drainagekaart Noord-Brabant. Toekenning van buisdrainage gebaseerd op statistische kenmerken uit veldonderzoek in een beperkt aantal proefgebieden, aangevuld met gebiedsdekkende inventarisaties en expert kennis*; Alterra, Wageningen.
- Massop, H.Th.L. (2002)** *Landelijke karakterisering buisdrainage*; Alterra, Wageningen.
- Massop, H.Th.L. en P.J.T. van Bakel (2008)** *Buisdrainage; NHI fase 1+ Deelrapport 8*; Deltares, Utrecht.
- RIZA, HKV, Arcadis, KIWA, Korbee en Hovelynck, D. Klopstra, R. Versteeg, T. Kroon (2005)** *Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland*; RIZA-rapport 2005.016, Lelystad.
- Schultz E. (1992)** *Waterbeheersing van de Nederlandse droogmakerijen in Nederland*, Van Zee tot Land 58; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad.
- Snepvangers J. en W. Berendrecht (2007)** *MIPWA, Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer*; TNO-rapport 2007-U-R0972/A, Utrecht.

- Veldhuizen, A.A. (2008)** *Landgebruik, NHI-fase 1+ Deelrapport 9; Deltares, Utrecht.*
- Veldhuizen, A.A. en P.J.T. van Bakel (2008)** *Berekening, NHI-fase 1+ Deelrapport 10; Deltares, Utrecht.*
- Vermeulen P., W. van der Linden, A. Veldhuizen, H. Massop, H. Vermulst en W. Swierstra (2007)** IBRAHYM, Grondwater Modelinstrumentarium Limburg; TNO-rapport 2007-U-R0193/B, Utrecht.
- Vries, F. de (1999)** *Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken; Staring Centrum Rapport 654, Wageningen.*
- Vries, F. de De Vries, F., W.J.M. de Groot, T. Hoogland en J. Denneboom (2003)** *De Bodem van Nederland digitaal, Toelichting bij inhoud, actualiteit en methodiek en korte beschrijving van additionele informatie; Alterra-rapport 811, Wageningen.*
- Vries, F. de (2008)** *Bodemfysische eigenschappen, NHI fase 1+ Deelrapport 11; Deltares, Utrecht.*
- Vries, F. de, P.J. Kuikman en C.M.A. Hendriks (2008)** *De veengronden in Hoog-Nederland verdwijnen; Tijdschrift Bodem, jaargang 18, nr 1 Februari 2008.*
- Vries, F. de, R.F.A. Hendriks, R.H. Kemmers en R. Wolleswinkel (2008)** *Het veen verdwijnt uit Drenthe, Omvang, oorzaken en gevolgen; Alterra-rapport 1661, Wageningen.*
- 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, Wageningen.*
- Walsum, P.E.V. van and P. Groenendijk (2008)** *Quasi Steady-state Simulation of the Unsaturated Zone in Groundwater Modeling of Lowland Regions; Vadose Zone Journal 7-2: 769-781.*
- Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen en W.J.M. Heijkers (2008)** *SIMGRO6: we maken de balans op; Deel 1; Stromingen 14-3.*
- Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen en W.J.M. Heijkers (2008)** *SIMGRO6: we maken de balans op; Deel 2; Stromingen 14-3.*
- Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst (1988)** *Generalisatie en bodemfysische vertaling van de Bodemkaart van Nederland, 1 : 250 000, ten behoeve van de Pawn-studie; Stiboka-rapport 2055, Wageningen.*
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte (2001)** *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks; Alterra-rapport 153, Wageningen.*