

MET GRAAN MEER GRONDWATER HOE OP HOGER GELEGEN ZANDGRONDEN DE LANDBOUW ZICH KAN AANPASSEN AAN DROGE ZOMERS

*Jan-Philip Witte, Gé A.P.H. van den Eertwegh, Dion van Deijl**

■ De droogte van 2018, 2019 en 2022 heeft aanzienlijke schade veroorzaakt aan landbouw, natuur, bebouwing, infrastructuur en cultureel erfgoed. Waterbeheerders en beleidsmakers denken daarom na over manieren om dergelijke schade voortaan zoveel mogelijk te voorkomen. De voorgestelde oplossingen grijpen vooral actief in op de waterbeheersing: in de winter minder afvoeren zodat we met een hoger peil het voorjaar ingaan; minder grondwater oppompen voor drinkwater, industrie en beregening van landbouwgewassen; hergebruik van afvalwater; regelbare drainage met subirrigatie; druppelirrigatie (Adviescommissie Droogte, 2022; De Louw *et al.*, 2022b; Van den Eertwegh *et al.*, 2021; Witte *et al.*, 2020). Deze maatregelen gaan vooral uit van voortzetting van het huidige landgebruik, deels met een grotere afhankelijkheid van techniek.

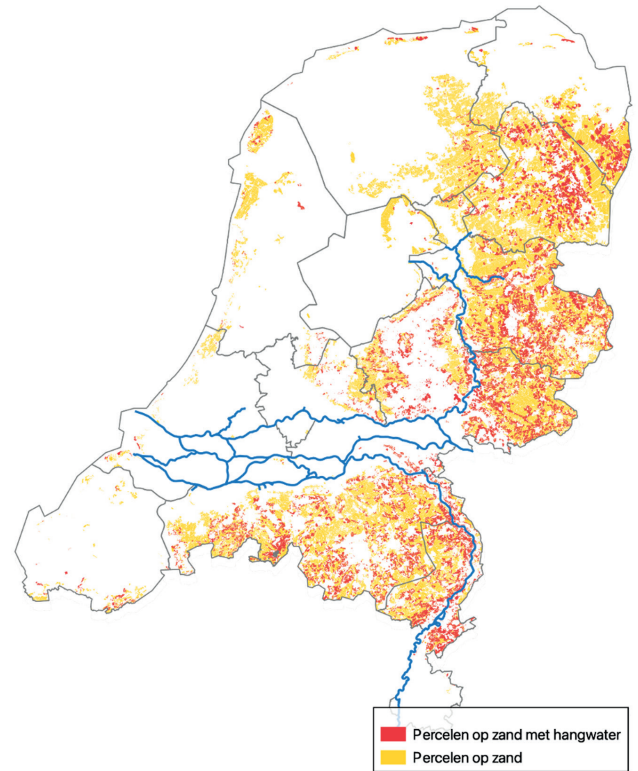
Dat landgebruik kan echter ook worden aangepast, indachtig de titels van de twee rapporten die het Adviescollege Stikstofproblematiek onlangs uitbracht: 'Niet alles kan' (2019) en 'Niet alles kan overal' (2020). Accepteren dat we in ons druk bevolkte land met vaak tegengestelde belangen niet altijd door kunnen gaan met wat we altijd al deden, maar dat we ons soms ook moeten aanpassen. Een van de adaptieve maatregelen om droogteschade te voorkomen is zorgen voor een begroeiing die minder water nodig heeft voor de verdamping. Voordeel is dat er dan een groter neerslagoverschot kan doorsijpelen naar het grondwater. Deze oplossing is vooral genoemd in verband met bos- en natuurterreinen: naaldbos vervangen door loofbos of, nog effectiever, hei en stuifzand (De Niet *et al.*, 2021; Gehrels, 1999; Van Engelenburg *et al.*, 2017; Voortman *et al.*, 2018; Witte, 2022). Een lagere verdamping realiseren in de land- en tuinbouw door de teelt van gewassen die minder water vragen, heeft tot nu toe echter nauwelijks aandacht gekregen (maar zie: Stolte *et al.*, 1998). Deze oplossing komt erop neer dat de landbouwpraktijk en teeltkeuze worden aangepast aan bodem, water en

het veranderend klimaat. Dat past in de wens van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (Rijksoverheid, 2022) en in de kamerbrief van minister Harbers en staatssecretaris Heijnen (ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) van 25 november 2022 om bodem en water sturend te laten zijn in de ruimtelijke ordening. Of, zoals voormalig dijkgraaf Tanja Klip van Waterschap Vallei & Veluwe het in 2019 tijdens een symposium over de Veluwe verwoordde, dat functie voortaan peil dient te volgen, in plaats van andersom.

De gewaskeuze dus aanpassen aan de hoeveelheid water die 'van nature' aanwezig is. Om te illustreren hoeveel water met de teelt van andere gewassen zou kunnen worden bespaard, richten we ons in dit artikel op zandgronden met een hangwaterprofiel, dat wil zeggen op zandbodems waarvan de wortelzone niet wordt aangevuld via capillaire nalevering vanuit het grondwater. Gewassen op deze gronden, met een grondwatertrap VII of VIII, zijn geheel afhankelijk van de neerslag, eventueel aangevuld met beregeningswater. Afbeelding 1 geeft weer waar in Nederland zulke gronden voorkomen; het gaat 2296 km² landbouwgrond.

* **Jan-Philip Witte**, Onderzoeker bij Flip Witte Ecohydrologie; **Gé A.P.H. van den Eertwegh**, Hydroloog bij KnowH2O; **Dion van Deijl**, Hydroloog bij KnowH2O.

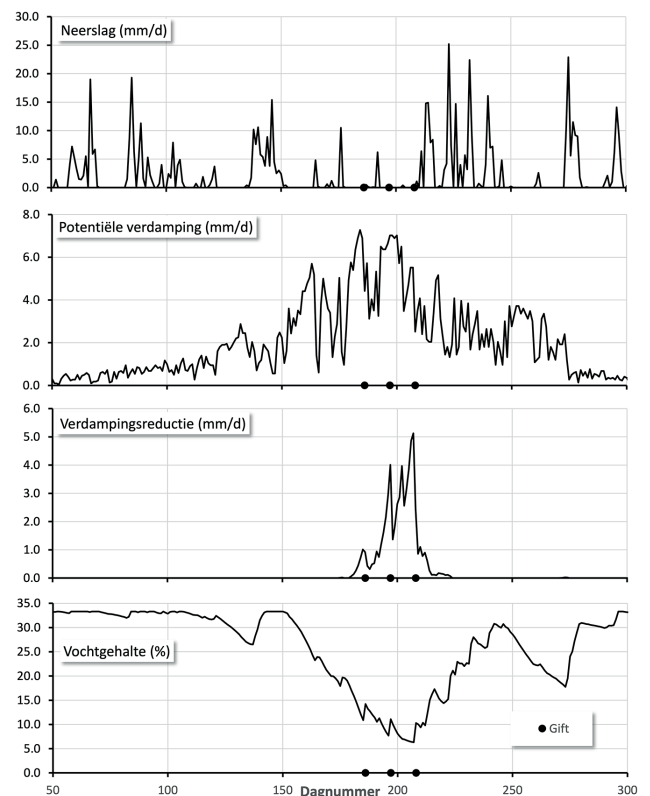
Afbeelding 1. Landbouwpercelen op zand en daarbinnen de percelen met een hangwaterprofiel (Gt VII en VIII), afgeleid van de basisregistratie gewaspercelen BRP-2020.



De grondwateraanvulling onder een aantal gewassen en beregeningsscenario's

Voor het berekenen van het watergebruik van gewassen en de grondwateraanvulling van die gewassen bouwden we een eenvoudig simulatiemodel (zie groene kader op pagina 54). Als voorbeeld van de modeluitvoer toont afbeelding 2 voor snijmaïs met een worteldiepte van 50 cm op 'sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand' en een bepaald beregeningsscenario voor dag 50 (19 februari) tot en met dag 300 (27 oktober) in 2006: de neerslag en potentiële verdamping, de gesimuleerde verdampingsreductie en het vochtgehalte van de wortelzone. Met stippen is het moment van een beregeningsgift aangegeven; dat zijn er in dit voorbeeld drie. De gesimuleerde verdamping en grondwateraanvulling bedragen in dit voorbeeld respectievelijk 486 en 309 mm. Met dit model simuleerden we de grondwateraanvulling voor de combinaties van alle vijf door Wösten *et al.* (2001) onderscheiden bovengronden van zandbodems (aangeduid met de code B1 t/m B5, met een beschikbare hoeveelheid bodemvocht van respectievelijk 20, 25, 29, 26 en 8%), vier gewassen (gras, snijmaïs, graan, luzerne), en drie beregeningsscenario's. In die scenario's gebeurt beregening in giften van 25 mm per keer. Op drogere zandgronden komt die beregening uit grondwater dat is opgepompt onder de beregende percelen. Op basis van Van den Eertwegh *et al.* (2020) wordt aangenomen dat hiervan 80% ten goede komt aan de wortelzone; 10% verdampt (direct van het beregende perceel én na verwaaing) en 10% sijpelt weer naar het grondwater. In onze toepassing zijn drie beregeningsscenario's doorgerekend (zie kader op pagina 54 voor een technische specificatie):

- 1 **Kwistig beregenen:** de beregeningsgift (25 mm) wordt toegediend op de dag nadat verdampingsreductie is geconstateerd;
- 2 **Normaal beregenen:** de beregeningsgift (25 mm) wordt toegediend op de dag nadat verdampingsreductie van meer dan 20% is vastgesteld en niet eerder dan 10 dagen na de vorige beregeningsbeurt (aanname is dat de boer onvoldoende apparatuur en tijd heeft om zodra er vochttekort dreigt onverwijld de beregeningsput te gebruiken);



Afbeelding 2. Uitvoer van het simulatiemodel (jaar 2006) voor snijmaïs met een worteldiepte van 50 cm op 'sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand' en het beregeningsscenario 'normaal beregenen' (meteorologische gegevens van KNMI-station De Bilt: neerslag 807 mm, referentie-gewasverdamping 601 mm). Uitkomsten model: potentiële verdamping 543 mm, werkelijke verdamping 484 mm, beregening 75 mm, verdamping- en driftverlies 7,5 mm, grondwateraanvulling 316 mm.

	2006				2018			
	Gras	Maïs	Graan	Luzerne	Gras	Maïs	Graan	Luzerne
Kwistig beregenen								
B01 Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	187 (8)	242 (9)	375 (4)	361 (6)	-126(15)	-51(14)	122 (7)	86(10)
B02 Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	187 (8)	242 (9)	354 (4)	360 (6)	-126(15)	-53(14)	125 (7)	88 (9)
B03 Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	189 (7)	242 (9)	357 (3)	363 (5)	-124(14)	-54(14)	106 (7)	88 (9)
B04 Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	189 (7)	244 (8)	360 (3)	393 (5)	-124(14)	-54(14)	117 (7)	88 (9)
B05 Grof zand	176(13)	262(12)	398 (6)	421 (9)	-131(18)	-49(16)	156 (8)	110(11)
<i>Gemiddeld</i>	<i>186 (9)</i>	<i>246 (9)</i>	<i>369 (4)</i>	<i>380 (6)</i>	<i>-126 (15)</i>	<i>-52 (14)</i>	<i>125 (7)</i>	<i>92 (10)</i>
Normaal beregenen								
B01 Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	251 (4)	332 (3)	412 (2)	402 (4)	6 (8)	126 (6)	212 (3)	186 (5)
B02 Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	246 (3)	328 (3)	413 (1)	398 (3)	10 (7)	132 (5)	215 (2)	174 (5)
B03 Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	234 (3)	316 (3)	416 (0)	386 (3)	2 (7)	119 (5)	196 (2)	172 (4)
B04 Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	242 (3)	323 (3)	428 (0)	389 (3)	4 (7)	122 (5)	207 (2)	180 (4)
B05 Grof zand	267 (7)	378 (5)	450 (3)	417 (6)	1(10)	121 (8)	213 (5)	186 (7)
<i>Gemiddeld</i>	<i>248 (4)</i>	<i>335 (3)</i>	<i>424 (1)</i>	<i>398 (4)</i>	<i>5 (8)</i>	<i>124 (6)</i>	<i>209 (3)</i>	<i>180 (5)</i>
Niet beregenen								
B01 Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	326 (0)	406 (0)	456 (0)	474 (0)	167 (0)	257 (0)	280 (0)	297 (0)
B02 Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	306 (0)	390 (0)	435 (0)	453 (0)	148 (0)	243 (0)	260 (0)	276 (0)
B03 Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	287 (0)	373 (0)	416 (0)	433 (0)	130 (0)	228 (0)	241 (0)	257 (0)
B04 Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	298 (0)	381 (0)	428 (0)	445 (0)	139 (0)	232 (0)	252 (0)	268 (0)
B05 Grof zand	399 (0)	472 (0)	517 (0)	529 (0)	212 (0)	298 (0)	326 (0)	344 (0)
<i>Gemiddeld</i>	<i>323 (0)</i>	<i>404 (0)</i>	<i>450 (0)</i>	<i>467 (0)</i>	<i>159 (0)</i>	<i>252 (0)</i>	<i>272 (0)</i>	<i>288 (0)</i>

Tabel 1. Gesimuleerde grondwateraanvulling (mm/jaar) onder verschillende combinaties van gewas, bodem en beregeningsscenario (tussen haakjes het aantal giften van 25 mm) in 2006 (enigszins droog jaar) en in 2018 (extreem droog en warm jaar) (meteorologische gegevens van KNMI-station De Bilt). Gewassen ontleend aan BRP-2020, bodemfysische eenheden aan BOFEK-2020.

3 Niet beregenen.

We nemen aan dat grasland altijd kan worden beregend, maar dat de berekening bij graan, snijmaïs en luzerne niet meer gebeurt vanaf respectievelijk 1 juli, 1 september en 1 augustus.

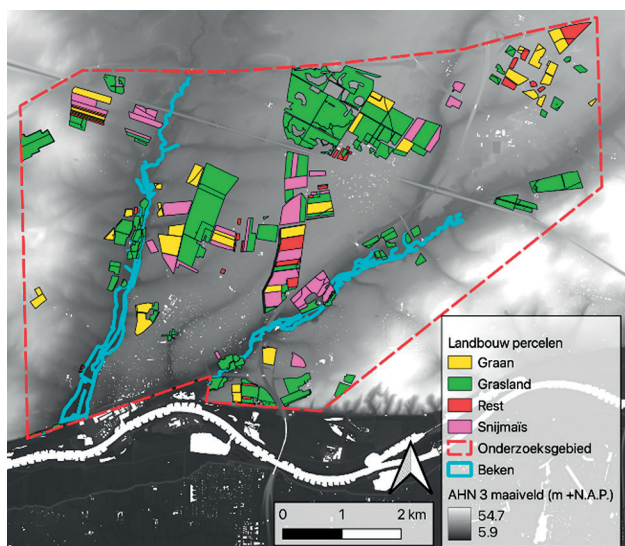
Over de diepte waarop gewassen wortelen bestaat veel onzekerheid. Daarom houden we voor alle vier gewassen eenzelfde worteldiepte van 50 cm aan. Dit is de 'bewortelbare diepte' voor gras- en maïspercelen op een arme zandgrond (veldpodzol) die bij alle grondwaterstandsdiepten (GHG) werd gevonden door Van der Bolt *et al.* (2014). Dagwaarden van neerslag en referentiegewasverdamping gebruiken we van KNMI-station De Bilt (nr. 260; gemiddeld over 1991-2020: neerslag = 854 mm, referentiegewasverdamping = 581 mm).

Tabel 1 geeft de gesimuleerde grondwateraanvulling voor het enigszins droge jaar 2006 (neerslag = 807 mm, referentiegewasverdamping = 601 mm) en het extreem droge jaar 2018 (neerslag = 582 mm, referentiegewasverdamping = 671 mm). Tussen haakjes staat het aantal beregeningsgiften vermeld. Over de tabel willen we het volgende opmerken:

- Ondanks 'kwistig beregenen' treden er binnen ieder gewas variaties in grondwateraanvulling op. De werkelijke verdamping is dus niet altijd potentieel. Dat komt door kleine verdampingsreducties die ontstaan doordat de beregeningsinstallatie in het model pas aangaat op de

dag nadat verdampingsreductie is geconstateerd. Het hangt, net als bij het scenario 'normaal beregenen', enigszins van het toeval af wanneer de gift wordt toegediend; dat kan variëren van de dag nadat een uiterst kleine reductie is geconstateerd, tot de dag nadat er nog net geen reductie is opgetreden (zodat de dag daarop een relatief grote verdampingsreductie kan ontstaan).

- In 2018 is de grondwateraanvulling onder gras en snijmaïs bij kwistig beregenen negatief: de percelen onttrekken meer aan het grondwater dan er in dat jaar wordt aangevuld. Bij normaal beregenen is de aanvulling van grasland in 2018 verwaarloosbaar klein.
- De invloed van de bodem wordt groter naarmate er minder wordt beregend. Die invloed bedraagt maximaal 112 mm/jaar (verschil tussen B05 en B03 bij niet beregend grasland in 2006: 399-287 mm).
- De gewaskeuze heeft grote invloed op de grondwateraanvulling (aanvulling gras < snijmaïs < luzerne en graan), al wordt die invloed gedempt naarmate er minder wordt beregend. Zo is bij kwistig beregenen in 2018 de grondwateraanvulling onder graan, gemiddeld over alle vijf bodemtypen, 251 mm groter dan onder gras; bij normaal en bij niet beregenen daalt dat verschil naar respectievelijk 204 en 113 mm. Voor het minder extreme jaar 2006 zijn de verschillen tussen graan en gras kleiner en bedragen de gemiddelde cijfers respectievelijk 183, 176 en 127 mm.



Afbeelding 3. Hoogtekaart van het interessegebied met daaroverheen geprojecteerd ons onderzoeksgebied, de beken, en de landbouwgronden in vier klassen, afgeleid van de basisregistratie gewaspercelen BRP-2020.

- Hoe minder beregening, des te groter de aanvulling, vooral in een droog jaar als 2018. Zo is in dat jaar op een bodem met grof zand (B05) de aanvulling van een niet beregend grasland 343 mm groter dan van grasland dat kwistig wordt beregend.
- Grootste winst voor de aanvulling kan worden bereikt door aanpassing van beregening én gewas. Op een grove zandbodem (B05) levert de overgang van kwistig beregend grasland naar niet beregend graan in 2006 een winst op van 341 mm, en in 2018 van 457 mm.

Voorbeeld van een andere landbouwpraktijk in het stroomgebied van twee beken

We illustreren de mogelijke bijdrage van een andere landbouwpraktijk aan de hand van het stroomgebied van twee bekenstelsels op de Zuidelijke Veluwe: dat van de Renkumse beken en dat van de Heelsumse beek (afbeelding 3).

Dit gebied is niet het meest voor de hand liggend om de waterwinst van een andere landbouwpraktijk te illustreren, want het landgebruik bestaat er overwegend uit bos en natuur. Toch is het om meerdere redenen interessant. Allereerst staan beide beekstelsels in de belangstelling omdat ze de afgelopen jaren over een groot traject zijn drooggevallen. Ten tweede is er over het stroomgebied een gebiedsproces gaande onder de noemer 'Het Gletsjerparadijs' (Pinkers, 2022). Een van de belangrijkste doelen van dat proces is meer water in de beken te krijgen. Ten slotte is dit gebied als voorbeeld van belang omdat de stichting GraanGeluk



Afbeelding 4. Akkeronkruiden in een graanakker van GraanGeluk.

hier op zoek is naar grond voor de verbouw van graan "met daartussen welig tierende akkerkruiden" (www.graangeluk.nl; afbeelding 4). GraanGeluk werkt zonder chemische bestrijdingsmiddelen, zonder kunstmest en, belangrijk voor ons verhaal, zonder beregening. Graanakkers passen in het cultuurhistorische landschap (daaraan dankt de Korenmarkt in Arnhem haar naam) en biologisch geteelde graanakkers kunnen positief bijdragen aan de biodiversiteit (voedselbron voor tal van vogels en insecten, habitat van sterk bedreigde akkerflora). Andere biologische graanakkers in Nederland worden bijvoorbeeld nagestreefd door Veld en Beek in Renkum (www.veldenbeek.nl/), het Platform Natuurinclusieve Landbouw Gelderland (www.natuurinclusivelandbouw gelderland.nl) en door de Stichting de Ortolaan (vernoemd naar een in ons land uitgestorven vogel die sterk gebonden was aan roggeakkers; <https://stichtingortolaan.nl>).

De Heelsumse beek ligt pal ten noorden van de stuwwal van Doorwerth naar Rozendaal en ten westen van de stuwwal van Rozendaal naar Apeldoorn; de Renkumse beken liggen aangeschurkt tegen de oostkant van de stuwwal van Wageningen naar Lunteren. Tussen de stuwwallen ligt de grootste spoelzandvlakte van Europa: een zeer doorlatende ondergrond van grind en grof zand waaruit het grondwater gemakkelijk wegstroomt. De beken worden gevoed met grondwater uit deze 'sandr' en ieder ook door zijn eigen stuwwal. De beken worden

	Gras	Maïs	Graan	Rest	Totaal	%
B01 Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	6	0	0	0	6	1
B02 Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	71	10	22	2	104	13
B03 Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	12	2	0	1	14	2
B05 Grof zand	400	130	106	51	687	85
Totaal	489	141	128	54	811	100
%	60	17	16	7	100	

Tabel 2. Nabij de Renkumse en Heelsumse beken aanwezige oppervlakten, in hectare, van bodem-gewascombinaties.

omgeven door Europees beschermde natuur (Natura 2000). Landbouw nabij de beken is schaars en de effectiefste maatregel om de verdamping te beperken om zo meer water in de beken te krijgen is dan ook het massaal omzetten van naaldbos naar hei en stuifzand of een graanakker. Maar het onderwerp van ons verhaal gaat over veranderingen in de huidige landbouw.

De precieze begrenzing van het stroomgebied is niet bekend en daarom hebben we in afbeelding 3 slechts zeer indicatief het gebied aangeven waarvan we vermoeden dat de landbouw er van invloed is op de beken. Het gaat om een studiegebied van 4850 ha, waarvan 811 ha (17%) landbouwkundig wordt gebruikt. Van de landbouwgrond is 77% bestemd voor grasland en maïs, 16% voor graan en 7% voor andere gewassen. De gewassen groeien vooral (85%) op grof zand (B05), dat wil zeggen op bodems met een zeer gering vochtleverend vermogen (Tabel 2). Er staan verschillende beregeningsputten in het gebied en waargenomen is dat daaruit de afgelopen droge jaren flink is beregend, maar wanneer en hoeveel dat was, is door de gebrekkige registraties niet bekend. Voor deze putten is nooit een verbod op het onttrekken van grondwater ingesteld, zelfs niet toen de beken in de afgelopen jaren droogvielen. Hoe de gewaskeuze en de beregening zich in de toekomst gaan ontwikkelen, is onbekend. Gezien deze onzekerheden volstaan we hier met een gevoeligheidsanalyse, waarbij we, met de meteorologische gegevens van KNMI-station Deelen (nr. 275; gemiddeld over 1991-2020: neerslag = 867 mm, referentiegewasverdamping = 570 mm), het totale volume aan grondwateraanvulling (dus aantal kuub) voor 2006 (neerslag = 772 mm, referentiegewasverdamping = 582 mm) en 2018 (neerslag = 657 mm, referentiegewasverdamping = 677 mm) simuleren voor de volgende scenario's:

- 1 Zuinig landgebruik**, waarbij overal graan wordt verbouwd zonder te beregenen;
- 2 Huidig landgebruik** (Tabel 2), waarbij we aannemen dat 40% van het areaal normaal en 60% niet wordt beregend;
- 3 Kwistig landgebruik**, waarbij 70% grasland en 30% snijmaïs wordt verbouwd en waarbij kwistig wordt beregend.

Al deze scenario's achten we realistisch. Worden er geen restricties opgelegd, dan kan de hoeveelheid beregening

die in Nederland wordt onttrokken aan het grondwater oplopen tot 650 miljoen kuub tijdens een extreem droge zomer in 2050 (Mens *et al.*, 2020) (ter vergelijking: in 2018 werd volgens het CBS 225 miljoen kuub grondwater voor beregening opgepompt). Scenario 'Kwistig landgebruik' wordt dan bewaarheid. Gaan we daarentegen uit van een provinciaal beleid dat zich helemaal richt op waterbesparing en waardering voor het cultuurhistorische en soortenrijke agrarische landschap, dan kan scenario 'Zuinig landgebruik' uitkomen. Dat kan best die richting uitgaan, want de Provincie Gelderland (2022) wil haar beleid gaan baseren op een studie die momenteel wordt uitgevoerd naar de mogelijkheden voor natuurherstel van de Veluwe.

Volgens onze modelsimulaties bedraagt de totale grondwateraanvulling van het landbouwgebied onder het huidige landgebruik 2,9 miljoen kuub in een enigszins droog jaar (2006) en 1,7 miljoen kuub in een extreem droog jaar (2018). Gaan we over op 'Zuinig landgebruik', dan bedraagt de waterwinst respectievelijk 1,0 en 1,2 miljoen kuub (Tabel 3). Afgezet tegen alle grote grondwateronttrekkers in de buurt lijkt dit klein bier. Maar we kunnen er ook anders tegenaan kijken: een winst van 1,2 miljoen kuub komt bijna overeen met het leidingwatergebruik van de hele gemeente Renkum (dertigduizend inwoners) en met het gemiddelde debiet van de Renkumse beken (i.e. 40-50 liter per seconde, maar de afgelopen drie jaar teruggelopen tot 15 ca. liter per seconde; m.m. Johan de Putter). Bovendien wordt de waterwinst vooral behaald in de droogste periode van het jaar, ongeveer vier maanden, zodat een vergelijking met jaarcijfers van grote onttrekkers het belang van de waterwinst maskeert. Zo pompt papierfabriek Smurfit

Van ↓	Naar →					
	2006			2018		
	Zuinig	Huidig	Kwistig	Zuinig	Huidig	Kwistig
Zuinig	-	-1,0	-2,4	-	-1,2	-3,0
Huidig	1,0	-	-1,4	1,2	-	-1,8
Kwistig	2,4	1,4	-	3,0	1,8	-

Tabel 3. Verschil in berekende grondwateraanvulling (miljoen kuub) in een enigszins droog jaar (2006) en in een extreem droog jaar (2018) tussen drie landgebruiksscenario's voor het stroomgebied van de Renkumse en Heelsumse beken. De gesimuleerde grondwateraanvulling onder de huidige landbouw bedraagt 2,9 miljoen kuub in 2006 en 1,7 miljoen kuub in 2018.



Afbeelding 5. Vanuit een satelliet gezien zijn hier, in het oosten van provincie Noord-Brabant, twee beregeninginstallaties in werking. Met nieuwe technieken van beeldherkenning zijn daarvan de sproeiers en de haspels automatisch op te sporen.

Kappa Parenco, gelegen aan de monding van de Renkumse beken, in die vier maanden ongeveer eenzelfde hoeveelheid grondwater op als met de waterwinst wordt behaald. Vooral de Renkumse beken reageren sterk op het weer, waarschijnlijk omdat die vooral worden gevoed door de sandr. Dat betekent dat verdampingsreductie daar snel kan doorwerken in de watervoerendheid van de beken.

Laten we het beregeningsbeleid en de ontwikkeling van de intensieve landbouw helemaal los (scenario 'Kwistig landgebruik'), dan verdrogen de beken nog verder omdat de grondwateraanvulling dan met 1,4 (2006) en 1,8 (2018) miljoen kuub daalt (Tabel 3). Het verschil tussen beide uiterste scenario's (Zuinig landgebruik en Kwistig landgebruik) is driemiljoen kuub, gelijk aan het jaarlijkse waterleidinggebruik van achtenzestig duizend mensen en een afvoer van 95 liter per seconde. Het maakt dus veel uit hoe het landschap zich ontwikkelt: voor beleidsmakers valt er wat te kiezen, zelfs voor dit stroomgebied waarin de landbouw een bescheiden aandeel heeft.

Discussie

Beperkingen van deze studie

Het door ons gebruikte model is gebaseerd op aanzienlijke vereenvoudigingen. Ten eerste maakt het geen onderscheid tussen de drie verdampingscomponenten (transpiratie, interceptieverdamping en bodemverdamping). Dat onderscheid is vooral van belang voor het schatten van de interceptieverdamping, een post die afhankelijk is van de gewasbedekking en het patroon en de intensiteit

van de neerslag en de beregening. Ten tweede, en dat is van meer gewicht, houdt het model geen rekening met de ontwikkeling van het gewas nadat dat in het groeiseizoen door droogteschade is aangetast (vervolgschade). Na die droogteschade zal het gewas zich eerst moeten herstellen voordat het weer potentieel kan verdampen, terwijl ons model ervan uitgaat dat de verdamping meteen weer potentieel is zodra er voldoende bodemvocht beschikbaar is. Aannemelijk is dus dat de verdampingsreductie en daarmee de grondwateraanvulling bij de scenario's 'niet beregenen' en 'normaal beregenen' hoger had uitgedrukt als we een model hadden gebruikt dat wél rekening houdt met vervolgschade.

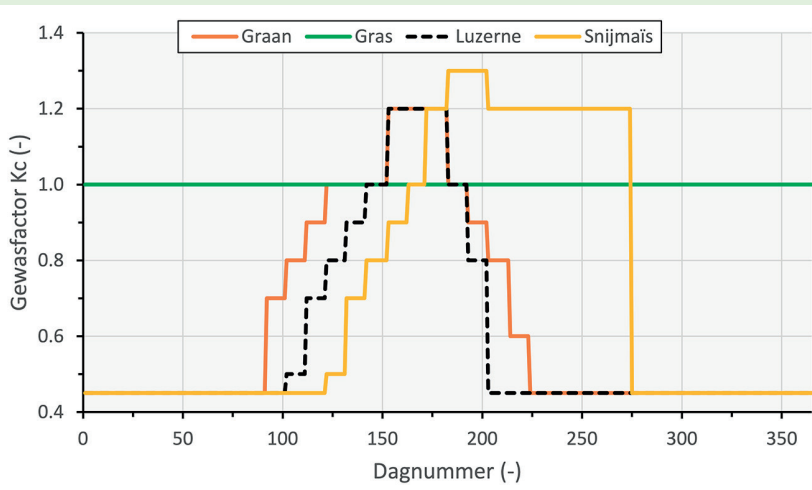
Er zijn complexere modellen die het verdampingsproces en de gewasgroei wel expliciet simuleren. Toepassing van deze modellen vereist grote kennis over onderliggende mechanismen en de waarden van verschillende parameters. De grootste onzekerheid zit waarschijnlijk in de diepte van de beworteling. Die diepte is niet alleen afhankelijk van het gewas, maar ook van het bodemtype, van de grondbewerking, van de voorgeschiedenis (is het bijvoorbeeld net ingezaaid gras of permanent grasland), en van de bodemvochtcondities zelf. Bovendien menen wij, mede op basis van een vergelijkende studie (Hooghart, 1984), dat een model waarin processen beter zijn uitgewerkt niet tot wezenlijk andere conclusies zou hebben geleid.

Een beperking van het scenario 'normaal beregenen' is dat we onvoldoende inzicht hebben in de hoeveelheid

EEN EENVOUDIG MODEL VOOR DE BEREKENING VAN DE GRONDWATERAANVULLING

Voor de schatting van de werkelijke verdamping en de grondwateraanvulling op een zandgrond met een hangwaterprofiel gebruiken we een eenvoudig model in MS Excel. In dit model stellen we de wortelzone voor als een bakje waaruit het gewas water onttrekt. Drukhoogte h in dit bakje hangt via de pF-curve af van het vochtgehalte θ . Deze $\theta(h)$ curve wordt beschreven met de functie van Van Genuchten (1980), met bodemafhankelijke parameters overgenomen van Wösten *et al.* (2001). De grootte van het bakje is gelijk aan de dikte van de wortelzone vermenigvuldigd met het verschil tussen het vochtgehalte bij veldcapaciteit ($h = -100$ cm, pF2.0) en dat bij verwelkingspunt (standaard: $h_4 = -16000$ cm, pF4.2). Als de wortelzone op veldcapaciteit is, is het bakje vol en komt alle neerslag die dan op de bodem valt ten goede aan de grondwateraanvulling. We veronderstellen daarbij dat de infiltratiecapaciteit zo hoog is dat maaiveldafvoer niet voorkomt. Waterverlies uit het bakje geschiedt door verdamping. Die is potentieel (ET_{pot}) als er voldoende water is. ET_{pot} is het product van de referentiegewasverdamping volgens Makkink (ET_{ref}) en een gewasfactor K_c : $ET_{pot} = K_c \cdot ET_{ref}$. Waarden van K_c voor de verschillende gewassen zijn

overgenomen van Feddes (1987); voor waarden buiten het groeiseizoen is $K_c = 0,45$ aangehouden: zie afbeelding hieronder. Als de drukhoogte h kleiner is dan een kritieke waarde h_3 wordt ET_{pot} lineair gereduceerd tot de werkelijke verdamping ET_{act} volgens de reductiefunctie van Feddes *et al.* (1978). Aannahme daarbij is dat tijdens zulke droge perioden de verdamping alleen uit de transpiratiepost bestaat (op de droge bodem en het droge gewas zijn bodemverdamping en transpiratie te verwaarlozen). Kritieke waarden h_3 komen van Taylor & Ashcroft (1972) (fide Kroes *et al.* (2017)), waarbij het gemiddelde van de door hen vermelde twee cijfers is genomen). Voor het verwelkingspunt is $h_4 = -16.000$ m aangehouden behalve, in navolging van Wesseling (1991), voor snijmaïs een waarde van $h_4 = -8.000$ cm (pF3.9). Berekening simuleert het model aan de hand van een opgegeven watergift en door het moment van berekening te laten afhangen van zowel h als de tijd die is gepasseerd sinds de vorige beregeningsgift. De beregeningsinstallatie gaat aan op de dag nadat een h kleiner is geworden dan een drempelwaarde h_r . In het artikel wordt voor het scenario 'kwistig beregenen' uitgegaan van $h_r = h_3$ en voor het scenario 'normaal beregenen' van $h_r = 0.8h_3 - 0.2 \cdot 10^4$.



beregeningswater die boeren normaal toedienen, en dat we daardoor noodgedwongen enkele aannamen hebben moeten doen. Die aannamen zijn weliswaar gefundeerd op recent onderzoek (Van den Eertwegh *et al.*, 2020), maar onze kennis over de praktijk van berekening kan nog zeker worden verbeterd. Wat zou helpen is als waterschappen serieus werk gaan maken met de registratie van de hoeveelheid grondwater die wordt onttrokken. Daartoe zijn ze wettelijk verplicht volgens Artikel 6.11 van het Waterbesluit uit 2009: degene die grondwater onttrekt dient de hoeveelheid hiervan te meten en het resultaat daarvan te melden bij het bevoegd gezag, in dit geval bij het waterschap. Zolang de waterschappen hun registraties niet op orde hebben is het van belang meer onderzoek te doen naar de mogelijkheid om aan de hand van satellietwaarnemingen beregeningshoeveelheden in te schatten (afbeelding 5). Maar ook daarna is zulk onderzoek van betekenis, namelijk om de dan wel geregistreerde hoeveelheden te kunnen controleren.

Hydrologische gevolgen van een andere bedrijfsvoering

Voor het stroomgebied van de Renkumse en Heelsumse beken hebben we aangetoond dat er veel waterwinst is te behalen door graan te verbouwen, in plaats van gras en maïs, en nog meer als er helemaal niet meer wordt beregend. Dat is theoretisch natuurlijk erg fraai, maar een boer wil ook een redelijk inkomen hebben. In ons studiegebied is er toevallig een partij, stichting

GraanGeluk, die niet maximalisatie van de gewasproductie nastreeft. Maar vooralsnog zijn zulke partijen schaars in Nederland. Bovendien zal, als we in de toekomst vaker extreem droge zomers gaan krijgen (wat nog helemaal niet zeker is), het misschien ook voor GraanGeluk onmogelijk worden zonder beregening, dan wel zonder flinke subsidie, te boeren op de arme Veluwe zandbodems. Mocht landbouw dan niet meer mogelijk worden, dan is het omzetten van landbouwgrond naar bos onverstandig (N.B.: de provincie Gelderland overweegt dit om zo uitvoering te geven aan de Landelijke Bossenstrategie (Anonymous, 2020)). Bos, en dan vooral naaldbos, verdampt immers veel water en een van de belangrijkste oorzaken van de verdroging van de Veluwe is dan ook het dichtgroeien met bos geweest (Witte *et al.*, 2019). Tegen deze achtergrond is het opmerkelijk dat de Landelijke Bossenstrategie niets meldt over het watergebruik van bossen.

In Nederland hebben we 2296 km² landbouw op zandgrond met een hangwaterprofiel (Gt VII en VIII; afbeelding 1). Dat is 27% van alle 8368 km² landbouw op zandgrond. Na de afgelopen droge jaren is het de vraag of de verbouw op zulke gronden van gras (977 km²) en maïs (484 km²), maar ook van bijvoorbeeld heesters, wel is te rechtvaardigen. De hoge watervraag van deze gewassen leidt er immers toe dat de grondwaterstand in de omgeving daalt, kwelstromen naar natuurgebieden wegvallen, en beken droogvallen (De Louw *et al.*, 2022a). Verbouw van een ander gewas, bijvoorbeeld graan, kan veel waterwinst opleveren, zeker als de bodem uit grof zand (B05) bestaat. Nog effectiever is het de beregening uit grondwater op droge zandgronden helemaal te beëindigen. Nemen we op basis van de beregeningskaart van Van Deijl & Van den Eertwegh (2021) aan dat nu in de praktijk 40% van het areaal gras en snijmaïs op een hangwaterprofiel 'normaal' wordt beregend (de andere 60% niet) en dat deze gewassen volledig vervangen gaan worden door niet beregend graan, dan hebben we het over een waterwinst van ca. 200 miljoen kuub (berekening uit bodemgemiddelden in Tabel 1 levert 189 en 205 miljoen kuub op voor resp. 2006 en 2018). Wordt de huidige normale beregening voortgezet, en is er dus alleen sprake van de omzetting van gras en maïs naar graan, dan is er nog steeds sprake van een aanzienlijke waterwinst, namelijk ca. 130 miljoen kuub per jaar. De winst bij niet

beregenen kan makkelijk opgevoerd worden naar meer dan 300 miljoen kuub als ook andere landbouwgewassen en percelen met een wat minder diepe grondwaterstand (Gt IV, V en VI) bij de conversie worden betrokken. Uiteraard zal deze transitie veel vragen van boeren, die hun bedrijfsvoering zullen moeten aanpassen.

De landbouwtransitie op de droge zandgronden kan gecombineerd worden met een maatregel in de lagere delen van het zandlandschap, waar sloten en andere watergangen liggen. Door deze watergangen te verontdiepen en vooruitlopend daarop het peil ervan alvast op te zetten in winter en voorjaar, wordt de drainerende werking ervan verminderd. Daardoor wordt er meer grondwater vastgehouden, waar landbouw en natuur tijdens droge zomers van kunnen profiteren. De nattere situatie die daardoor ontstaat zal her en der nopen tot de verbouw van andere gewassen of het accepteren van een zekere mate van natschade (Van den Eertwegh *et al.*, 2021). Maar zelfs als we willen doorgaan met de huidige teelten en natschade onacceptabel wordt geacht, is het volgens Worm & Van Bakel (2022a) misschien mogelijk het peil 30 cm op te zetten. De totale waterwinst van deze maatregel zou volgens hen dan uitkomen op 200 miljoen kuub, maar waarschijnlijk bedraagt de winst nog wat meer, tegen de 300 miljoen kuub (Van den Eertwegh & Witte, 2022; Worm & Van Bakel, 2022b). Samen met de door ons voorgestelde landbouwtransitie zitten we dan al op meer dan een half miljard kuub waterbesparing voor dat deel van Nederland dat het meest te lijden had van de droogte: de zandgronden in het oosten en zuiden.

Gevolgen voor het beleid

In het Nationaal Programma Landelijk Gebied (2022) en in de kamerbrief 'Water en bodem sturend' van van 25 november 2022 draagt het Rijk uit dat bodem en water leidend dienen te zijn bij de inrichting van het landelijk gebied. Het rapport 'Wat kan wel' van Remkes (2022) bouwt op het NPLG voort. Hij beveelt, in navolging van Bakker *et al.* (2021), een zonering van landbouwgebieden aan. Het ligt voor de hand zandgronden met een hangwaterprofiel toe te kennen aan Remkes categorie 'oranje' ("alleen natuurinclusieve landbouw mogelijk") en aan 'groen' en 'geel' (beperkt biologische landbouw mogelijk, "in combinatie met natuurbeheer waar

biosysteemvergoedingen tegenover staan”). Niet alles kan, en niet alles kan overal. Laten we daarom niet alleen stoppen met water naar de zee te dragen (te veel draineren en afwateren in het voorjaar), maar ook met de verbouw van veel verdampende gewassen op hoge, droge gronden.

De richting is duidelijk, maar hoe kunnen de diverse overheden nu concreet bereiken dat op de droge zandgronden voortaan gewassen worden verbouwd die minder water nodig hebben en dat er minder wordt berekend? Dat is een complex vraagstuk dat buiten onze expertise ligt. Nochtans willen we enkele suggesties doen. Voor de hand ligt het dat provincies en het Rijk natuurinclusieve graanakkers (of akkers met een ander gewas dat weinig verdampt) op deze gronden gaan ondersteunen. De winst is niet alleen een geringere milieubelasting en een hogere biodiversiteit maar ook, zoals onze studie laat zien, een aanzienlijke aanvulling van de grondwatervoorraad. De maatregel gaat ten koste van de gewasproductie, maar is in het algemeen belang van de maatschappij.

Daarnaast zijn er mogelijkheden om de berekening op een minder plezante wijze terug te dringen. Wij pleiten voor een progressieve heffing (euro/m³) op het onttrekken van grondwater. De opbrengst daarvan wordt gestort in een op te zetten ‘Nationaal Droogtefonds’, dat geld uitkeert voor het voorkómen en herstellen van de schade aan natuur, landbouw en gebouwen (Witte *et al.*, 2020). Om deze maatregel te kunnen doorvoeren zal eerst een wetswijziging door de Tweede en Eerste Kamer moeten worden aangenomen. Het kan nog jaren duren, voor het zover is.

Een nog hardere maatregel, op kortere termijn te realiseren door het waterschap, daarbij eventueel aangespoord door toezichthouder provincie, is het verbieden van berekening uit grondwater nabij natte natuurgebieden. Tevens kan een beregeningsverbod elders worden ingesteld op het moment dat een bepaalde signaalwaarde voor de droogte wordt bereikt. Die signaalwaarde kan bijvoorbeeld het doorlopend neerslagtekort zijn of – zoals onlangs vastgelegd voor landbouwgrond rond de natuurgebieden Deurnsche Peel, Mariapeel en Groote Peel (<http://www.wbdp.nl/berekening-rond-de-peel-wordt-ingeperkt>) – een

bepaalde diepte van de grondwaterstand. Deze strengere eisen aan berekening zullen tijdig in de keur van het waterschap bestuurlijk moeten worden vastgelegd, zodat boeren erop kunnen anticiperen. Door de oorlog in de Oekraïne is de graanprijs ongeveer verdubbeld, wat de pijn van deze maatregelen wellicht enigszins verzacht.

Het blijft overigens zeer wenselijk keuzes zoveel mogelijk te baseren op feiten, dus laten de waterschappen zo snel mogelijk uitvoering geven aan hun wettelijke taak de registraties van de onttrekkingen op orde te krijgen.

Slotconclusie

Hoewel onze studie zijn beperkingen heeft, is de boodschap helder: het op de droge zandgronden telen van gewassen die minder water nodig hebben is goed voor de grondwatervoorraad en dient daarom te worden gestimuleerd. De grondwaterstand zal hierdoor omhoogkomen en in de zomer zorgen voor extra watertoevoer naar lagergelegen landbouwgronden, naar natuurgebieden en naar beken, die op dat moment het water goed kunnen gebruiken.

ABSTRACT

De droogte van afgelopen jaren heeft veel schade aangericht. Om dit in de toekomst zoveel mogelijk te vermijden kan ervoor gekozen worden het waterbeheer aan te passen. In de landbouw kunnen droge seizoenen echter ook worden geaccepteerd door de teeltkeuze aan te passen. In dit artikel laten we zien dat voor zandgronden met een diepe grondwaterstand de verbouw van graan in plaats van gras aanzienlijk meer aanvulling van de grondwatervoorraad oplevert, vooral in droge jaren. Nog meer grondwatervoorraad is te behalen als tevens de berekening drastisch wordt ingeperkt. Wij schatten dat dan op de hoger gelegen zandgronden een extra aanvulling van 300 miljoen kubieke meter mogelijk is. Vanuit die landbouwgronden zal er daardoor meer grondwater naar de lagergelegen delen van het zandlandschap stromen, waar gewassen en natuur van profiteren.

Referenties

- Advisiecommissie Droogte, 2022. *Zonder water geen later. Naar een omslag in het (grond)waterbeheer in Noord-Brabant*.
- Anonymous, 2020. *Bos voor de toekomst. Uitwerking ambities en doelen landelijke Bossenstrategie en beleidsagenda 2030*. IPO, Den Haag.
- Bakker, M. M., J. P. M. Witte, G. Ros, W. De Vries, B. Mashhoodi, S. De Vries, H. Kros, & T. Kuhlman, 2021. Zoneren biedt landbouw toekomstperspectief. *Tijdschrift Milieu April*: 39-44.
- De Louw, P.G.B., J. Pouwels, J.P.M. Witte, & G.A.P.H. van den Eertwegh, 2022a. Effecten van beregening uit grondwater op het watersysteem tijdens de droogte van 2018. *H2O 2022*(5): 46-47.
- De Louw, P.G.B., J.P.M. Witte, G.A.P.H. van den Eertwegh, R.P. Bartholomeus, J. Pouwels, & J.C. Hunink, 2022b. Beter bestand tegen droogte: oplossingsrichtingen voor een hydrologisch goed functionerend grondwatersysteem in de zandgebieden van Nederland. *Stromingen 28*(1): 3-21.
- De Niet, J., L. Van der Toorn, E. Beije, J. Heijkers, & J. Hoekstra, 2021. Hydrologische effecten van het vervangen van naaldbos op de Utrechtse Heuvelrug door loofbos. *H2O online* 18 februari: 1-9.
- Feddes, R.A., P.J. Kowalik, & H. Zaradny, 1978. *Simulation of field water use and crop yield*. Pudoc, Wageningen.
- Feddes, R.A., 1987. Crop factors in relation to Makkink reference-crop evapotranspiration. Pag. 33-47 in J. C. Hooghart, editor. *Evaporation and weather*. TNO Committee on Hydrological Research, The Hague.
- Gehrels, J.H., 1999. *Groundwater level fluctuations. Separation of natural from anthropogenic influences and determination of groundwater recharge in the Veluwe area, the Netherlands*. PhD-thesis. Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
- Hooghart, J.C., 1984. *Vergelijking van modellen voor het onverzadigd grondwatersysteem en de verdamping*. CHO-TNO rapport 13, Den Haag.
- Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, & P.E.V. Van Walsum, 2017. *SWAP version 4*. Wageningen Environmental Research.
- Mens, M., F. Schasfoort, J. Hunink, J. Pouwels, J. Delsman, & D. De Jong, 2020. *Hydrologische en economische effecten van twee maatregelpakketten voor Deltaprogramma Zoetwater fase II*. Deltares, Utrecht.
- Pinkers, M., 2022. Renkumse beekdalen als een grenzeloos gletsjerparadijs. *De Nieuwe Veluwe 3*(22): 10-14.
- Provincie Gelderland, 2022. *Natuurherstel op de Veluwe*. Arnhem.
- Remkes, J., 2022. Wat kan wel. Uit de impassen en een aanzet voor perspectief.
- Rijksoverheid, 2022. *Startnotitie Nationaal Programma Landelijk Gebied*.
- Stolte, J., M.J.D. Hack-ten Broeke, & A.A. Veldhuizen, 1998. *Effect van de teelt van verschillende voedergewassen zonder beregening op de regionale waterhuishouding in het Beerze-Reusel gebied*. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Taylor, S.A., & G.L. Ashcroft, 1972. *Physical edaphology. The physics of irrigated and nonirrigated soils*.
- Van Deijl, D., & G.A.P.H. Van den Eertwegh, 2021. *Actualisatie kaart potentieel beregende percelen in het LHM*. KnowH2O, Nijmegen.
- Van den Eertwegh, G.A.P.H., J. Van Bakel, H.T.L. Massop, J.C. Van Dam, F. Bosveld, & A.A. Veldhuizen, 2020. *Efficiëntie van beregening: Een deskstudy naar kennis en inzicht ten aanzien van waterverliezen bij midden op de dag beregenen vergeleken met beregenen in de nachtelijke uren*. KnowH2O, Nijmegen.
- Van den Eertwegh, G.A.P.H., P.G.B. de Louw, J.P.M. Witte, M. Van Huijgevoort, R. Bartholomeus, D. van Deijl, J.C. Van Dam., J. Hunink, I. America, J. Pouwels, P. Hoefsloot, & J. De Wit, 2021. *Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland. Het verhaal: analyse van droogte 2018 en 2019 en bevindingen. Eindrapport Projectteam Droogte Zandgronden Nederland*. KnowH2O, KWR, Deltares, WUR, HSS, FWE.
- Van den Eertwegh, G.A.P.H., & J.P.M. Witte, 2022. Reactie op artikel: "Het voorjaarsmoment: sleutel of achilleshiel in de aanpak van de droogte?". *Stromingen 28*(2):85-87.
- Van der Bolt, F., A. Veldhuizen, P. Groenendijk, P. van Walsum, H. Massop, F. de Vries, H. Vroon, & J. Kroes, 2014. *Wortelzone in NHI*. Alterra, Wageningen.
- Van Engelenburg, J., R. Huetting, S. Rijpkema, A.J. Teuling, R. Uijlenhoet, & F. Ludwig, 2017. Impact of Changes in Groundwater Extractions and Climate Change on Groundwater-Dependent Ecosystems in a Complex Hydrogeological Setting. *Water Resources Management 32*(1): 259-272.
- Van Genuchten, M.T., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal 44*: 892-898.
- Voortman, B.R., R.P. Bartholomeus, S.E.A.T.M. van der Zee, & J.P.M. Witte, 2018. Aandacht nodig voor effect mossen op grondwaterbalans. *Land en Water 2018*(11): 11-13.
- Wesseling, J.G., 1991. *Meerjarige simulatie van grondwaterstroming voor verschillende bodemprofielen, grondwatertrappen en gewassen met het model SWATRE*. 0924-3070, DLO-Staring Centrum.
- Witte, J.P.M., B.R. Voortman, K. Nijhuis, S. Rijpkema, & T. Spek, 2019. Met het historische landschap verdween er water van de Veluwe. *Stromingen 33*(1): 91-107.
- Witte, J.P.M., P.G.B. de Louw, R. van Ek, R.P. Bartholomeus, G.A.P.H. van den Eertwegh, H.K. Gilissen, H.F.M.W. van Rijswijk, G.P. Beugelink, R.J. Ruijtenberg, & W. van der Kooij, 2020. Aanpak droogte vraagt transformatie waterbeheer. *Water Governance*(3): 120-131.
- Witte, J.P.M., 2022. Laat de droge, zure Veluwe weer ouderwets stuiven. *Trouw* 31 maart 2022.
- Worm, B., & J. van Bakel, 2022a. Het voorjaarsmoment: sleutel of achilleshiel in de aanpak van de droogte? *Stromingen 28*(1): 31-40.
- Worm, B., & J. van Bakel, 2022b. Weerwoord op de reactie van Gé van den Eertwegh en Flip Witte op 'Het voorjaarsmoment: sleutel of achilleshiel in de aanpak van de droogte'. *Stromingen 28*(2): 89-90.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot, & J. Stolte, 2001. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks*. Alterra, Wageningen.