



Bodemvochtmetingen in zandgebieden van Hoog Nederland

Jos C. van Dam en Harm P.A. Gooren

WUR-SLM



Colofon

Titel

Bodemvochtmetingen in zandgebieden van Hoog Nederland

Opdrachtgevers-financiers

Provincies Noord-Brabant (trekker), Gelderland, Limburg, Utrecht, Overijssel, Drenthe;
Waterschappen WL, WAM, WDD, WBD, WVV, WRIJ, WVS, WDOD; TBO NM, SBB; MinLNV;
bijdragen uit DHZ en Deltafonds

Auteurs

Jos C. van Dam en Harm P.A. Gooren (WUR-SLM)

Kader

Dit rapport maakt deel uit van het project 'Droogte Zandgronden Nederland' (Fase 3).



E jos.vandam@wur.nl
M 06-14325442

E harm.gooren@wur.nl
M 0317-483707

Inhoud

1	Inleiding.....	5
2	Methode.....	6
3	Resultaten	8
3.1	WIJHE.....	8
3.2	LETTELE	10
3.3	HARREVELD	12
3.4	EIBERGEN	14
3.5	VOORST	16
3.6	LUNTEREN	18
3.7	RIJSBERGEN.....	20
3.8	BAVEL.....	22
3.9	ULESTRATEN	24
3.10	HEERLEN	26
3.11	MEEUWENKAMP	28
4	Tot slot	31
5	Referenties	33
	Appendix Veldcapaciteit en Verwelkingspunt	35
	Appendix Bodemfysische Functies.....	36

1 Inleiding

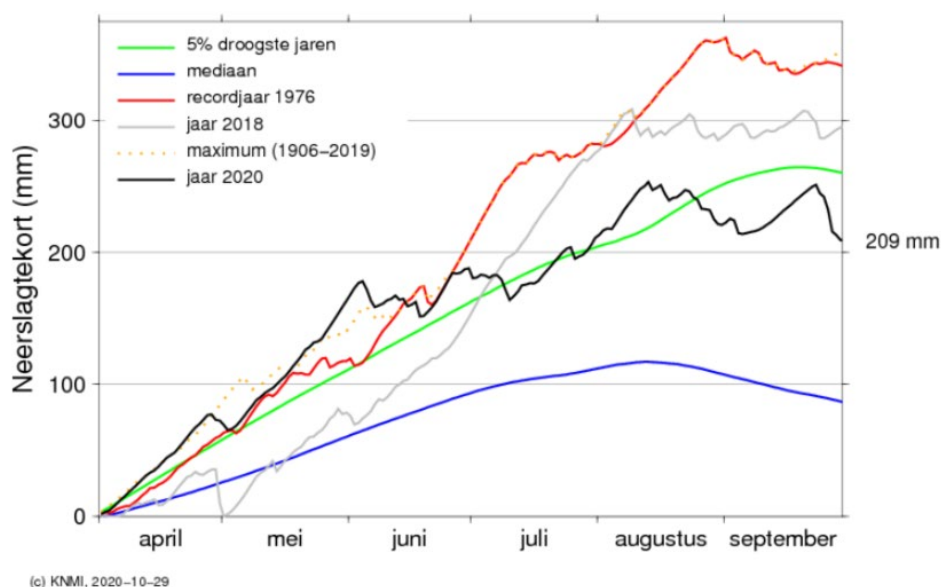
Droogte in natuurlijke vegetaties en landbouwgewassen wordt veroorzaakt door lage vochtgehalten in de wortelzone. Ook grondwateraanvulling is afhankelijk van vochtgehalten in de wortelzone. Daarom is voor een goede analyse van droogte in zandgebieden nauwkeurige kennis van bodemvochtgehalten essentieel.

In Nederland beschikken we over een fijnmazig netwerk van grondwaterstandsbuizen. De grondwaterstandsmetingen zijn een rijke bron van informatie over de richting en grootte van grondwaterstroming. Metingen van bodemvocht zijn daarentegen schaars in Nederland. Veelal wordt voor bodemvocht gebruik gemaakt van modeluitkomsten of remote sensing beelden met een beperkte nauwkeurigheid. Hoewel er goede sensoren bestaan die bodemvocht nauwkeurig kunnen volgen, worden deze nog maar sporadisch gebruikt.

De bovenste lagen van de bodem met hun wortelzone vormen de schakel tussen meteorologische droogte en hydrologische droogte. De vochtigheid van deze zone wordt beïnvloed door het weer, de vegetatie, bodemfysische eigenschappen en de drainagesituatie. In het gebied van de hogere zandgronden variëren het landgebruik en de grondwatertrappen sterk, waardoor de grondwateraanvulling en de capillaire opstijging ruimtelijk grote verschillen laten zien.

In het kader van het project 'Droogte in zandgebieden in Zuid-, Midden- en Oost-Nederland' is daarom voorgesteld locaties in te richten in landbouw- en natuurgebieden waar bodemvocht nauwkeurig gemeten wordt. De locaties zijn in de periode november 2019 – februari 2020 ingericht. De metingen zijn online toegankelijk via www.droogteportaal.nl/.

Dit rapport beschrijft de locaties, de methode en het verloop van bodemvochtmetingen en grondwaterstanden in het jaar 2020. Dit jaar kenmerkte zich door een record droog voorjaar (zie figuur 1). In de maanden februari, juni, oktober en december viel er juist veel neerslag. De sterke afwisseling van natte en droge perioden maken 2020 een interessant jaar voor het volgen van bodemvocht en de interactie met het grondwater.



Figuur 1. Cumulatief neerslagtekort (potentiële verdamping – neerslag) voor het jaar 2020 en voor referentiejaren. Gemiddelde van 13 Nederlandse weerstations (KNMI, 2020).

2 Methode

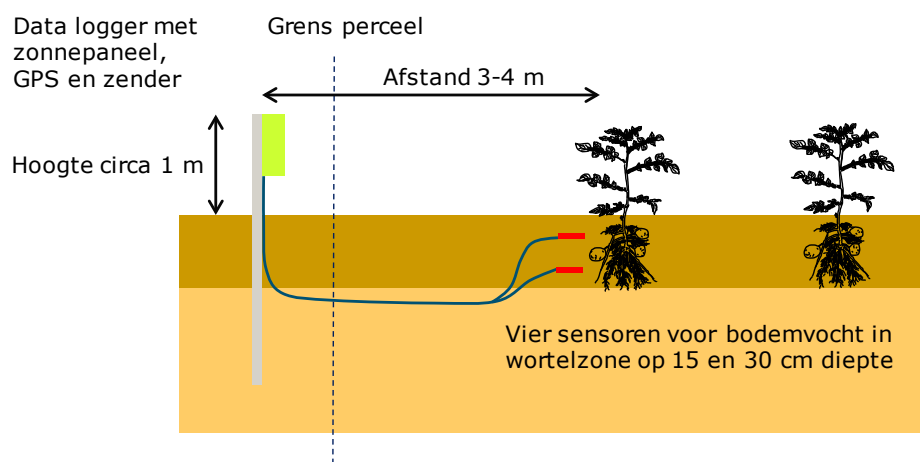
De sites zijn geselecteerd in overleg met geïnteresseerde waterschappen en provincies. Criteria voor selectie waren een goede verdeling over landbouw- en natuurgebieden en over droge en vochtige terreinen. De locaties moesten representatief zijn voor het omliggende gebied. Verder zijn de sites gekozen in de buurt van operationele grondwaterstandsbuizen met een langjarige meetreeks. Figuur 2 toont de 11 geselecteerde sites, en tabel 1 geeft basisinformatie van de sites.



Figuur 2. De locaties waar in het kader van het droogteproject bodemvocht wordt gemeten.

Tabel 1. Basisgegevens van de meetlocaties voor bodemvocht.

Locatie	Latitude	Longitude	Grondw. buis	Waterschap / provincie
1 Wijhe	52.4024216	6.2175619	27FC109A	Waterschap Drents Overijsselse Delta
2 Lettele	52.2778391	6.2871590	27HG610B	Waterschap Drents Overijsselse Delta
3 Harreveld	51.9839323	6.5345051	B41B0559	Waterschap Rijn en IJssel
4 Eibergen	52.0676518	6.6568326	B34G1425	Waterschap Rijn en IJssel
5 Voorst	52.1548559	6.0652730	B33E1260	Waterschap Vallei en Veluwe
6 Lunteren	52.1268408	5.6216584	B32H1219	Waterschap Vallei en Veluwe
7 Rijsbergen	51.5199970	4.6552666	B50A0149	Waterschap Brabantse Delta
8 Bavel	51.5740137	4.8191565	B50B0582	Waterschap Brabantse Delta
9 Ulestraten	50.9055906	5.7897753	B62A0448	Provincie Limburg
10 Heerlen	50.8864524	5.9540229	B62B4300	Provincie Limburg
11 Meeuwenkamp	52.0480550	5.5473437	B32G1155	Provincie Utrecht



Figuur 3. Meetopstelling voor bodemvocht.

Figuur 3 toont de meetopstelling. Op 15 en 30 cm diepte in de wortelzone zijn bodemvochtsensoren geplaatst. Op iedere diepte wordt met 2 sensoren gemeten om een beeld te krijgen van de bodemheterogeniteit en ter controle van het sensorsignaal. De sensoren zijn verbonden met een datalogger met zonnepaneel en zender. De waarnemingen worden iedere 4 uur opgeslagen en eenmaal per dag naar een internet server gestuurd. De locaties zijn zo gekozen dat ze representatief zijn voor de directe omgeving. De metingen zelf gelden voor de specifieke locatie.

De vochtsensoren zijn type Teros 10 van Decagon. Deze sensoren hebben een nauwkeurigheid van ± 0.03 volumetrisch vochtgehalte, en een meetvolume van circa 0.5 liter.

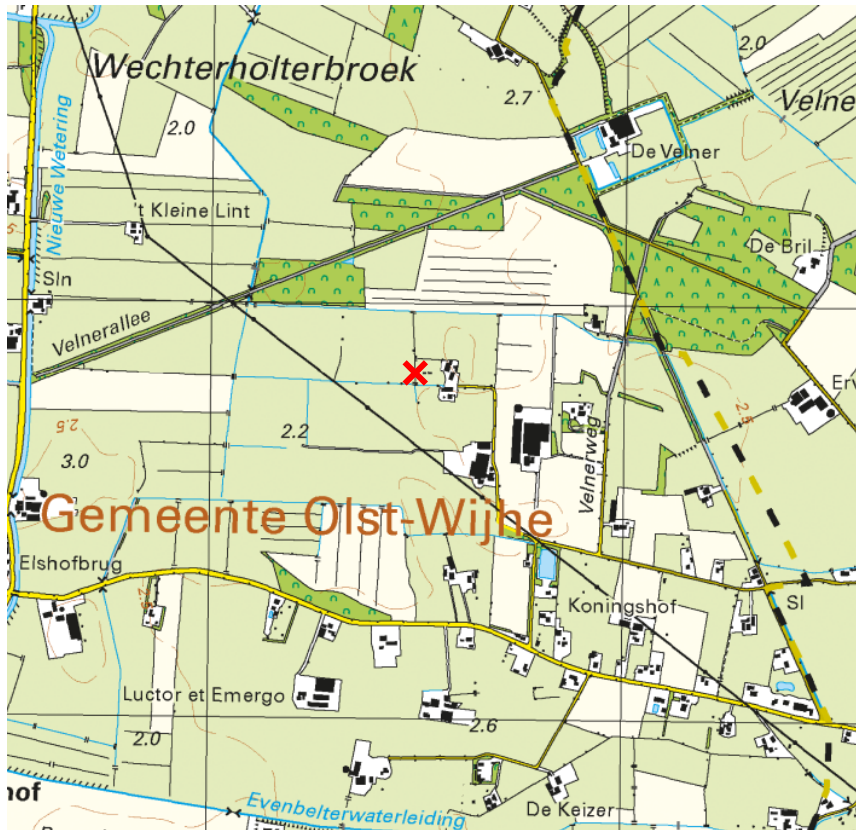
De grondwaterstanden van 2020 zijn beschikbaar gesteld door de verschillende beheerorganisaties. Bij het schrijven van dit rapport waren de grondwaterstanden bekend van 10 van de 11 locaties. Van de locatie Heerlen zijn de grondwaterstanden voor 2020 wel opgevraagd, maar waren bij het schrijven van dit rapport nog niet beschikbaar.

In de beschrijving van de sites is de bodemopbouw opgenomen. Deze bodemopbouw is gebaseerd op de bodemfysische eenheden kaart BOFEK 2012 (Wösten et al., 2013) en de Staringseries voor waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken in Nederland (Heinen et al., 2019). Deze gegevens zijn belangrijke invoer voor agrohydrologische modellen om infiltratie, herverdeling en percolatie van bodemvocht te berekenen. In de tabellen staan de bodemfysische parameters die de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van de bodemlagen beschrijven. In Appendix Bodemfysische Functies staan de analytische vergelijkingen waarmee de relaties tussen vochtgehalte, drukhoogte en doorlatendheid berekend kunnen worden.

Hoofdstuk 3 geeft voor iedere meetlocatie topografische en bodemkundige informatie. Verder worden de bodemvochtmetingen en grondwaterstanden van 2020 getoond en geïnterpreteerd. Hoofdstuk 4 beschrijft wat we met de bodemvochtmetingen kunnen doen.

3 Resultaten

3.1 Wijhe



Figuur 4. Topografische omgeving van meetpunt Wijhe (X) voor bodemvocht en grondwaterstand.



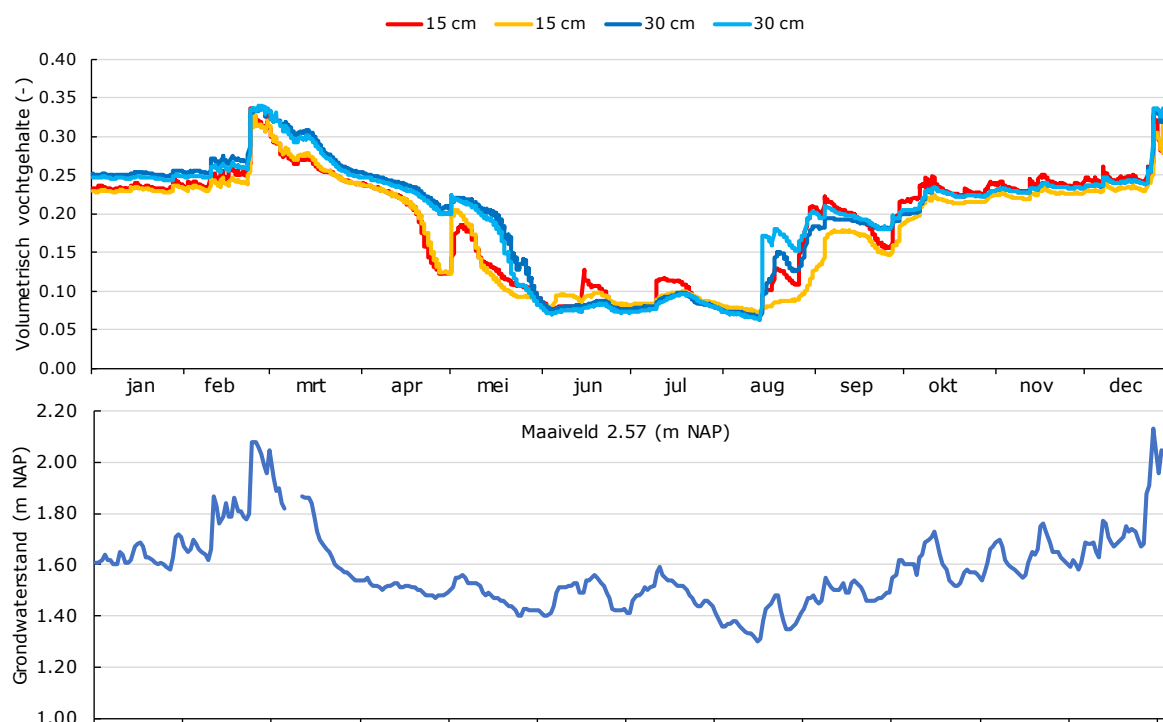
Figuur 5. Landgebruik rond meetpunt Wijhe.

Bodemopbouw

Tabel 2. Bodemopbouw bij meetpunt Wijhe: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 – 40	Zwak lemig, fijn zand	B02	0.02	0.434	0.0216	1.349	83.24	7.202
40 – 120	Leemarm, fijn zand	O01	0.01	0.366	0.0160	2.163	22.32	2.868

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 6. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in het jaar 2020 op locatie Wijhe.

Interpretatie metingen

In droge perioden (bijv. mrt – mei) zijn de vochtgehalten op 15 cm diepte door verdamping lager dan de vochtgehalten op 30 cm diepte. In neerslagrijke perioden (bijv. okt – dec) zijn de vochtgehalten op beide diepten ongeveer gelijk. In de periode mrt – jul, nemen de bodemvochtgehalten door het neerslagtekort geleidelijk af. In dezelfde periode dalen de grondwaterstanden aanvankelijk sterk (maand mrt); daarna blijven de grondwaterstanden ongeveer op hetzelfde niveau. In de periode van herbevochtiging (aug – dec) nemen de vochtgehalten in de wortelzone sneller toe dan de grondwaterstanden. Intensieve neerslag in de maanden dat de wortelzone op veldcapaciteit is (bijv. in de maanden feb en dec) laten een snelle stijging van de grondwaterstand zien.

3.2 Lettele



Figuur 7. Topografische omgeving van meetpunt Lettele (X) voor bodemvocht en grondwaterstand.



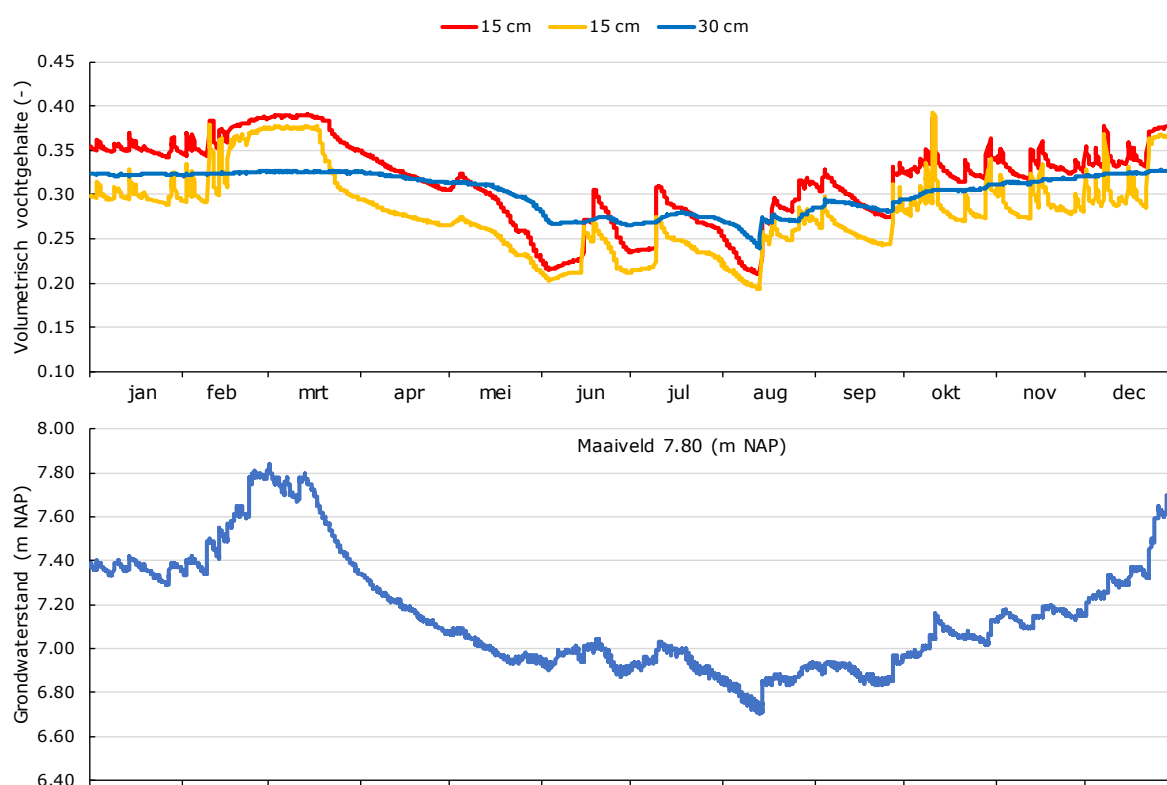
Figuur 8. Landgebruik rond meetpunt Wijhe.

Bodemopbouw

Tabel 3. Bodemopbouw bij meetpunt Lettele: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 15	matig lichte zavel	B08	0.00	0.454	0.0113	1.346	8.64	-0.904
15 - 30	leemarm, fijn zand	O01	0.01	0.366	0.0160	2.163	22.32	2.868
30 - 60	sterk lemig, fijn zand	O03	0.01	0.340	0.0172	1.703	12.37	0.000
60 - 120	zwak lemig, fijn zand	O02	0.02	0.387	0.0161	1.524	22.76	2.440

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 9. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in het jaar 2020 op locatie Lettele. De bodemvochtmetingen op 30 cm diepte zijn betrouwbaar voor slechts één sensor.

Interpretatie metingen

De grondwaterstanden fluctueren ondiep: van maaiveld tot circa 1 m diepte. De natte maanden feb en dec, waarin de wortelzone op veldcapaciteit is, laten een snelle stijging van de grondwaterstand zien. Door de geringe diepte van de grondwaterstand, is de vochtberging gering en percoleert overtollig bodemvocht snel naar het grondwater. De droge maanden apr, mei en jul leiden tot een geleidelijke daling van bodemvochtgehalten en grondwaterstanden.

3.3 Harreveld



Figuur 10. Topografische omgeving meetpunt Harreveld (X) voor bodemvocht en grondwaterstand.



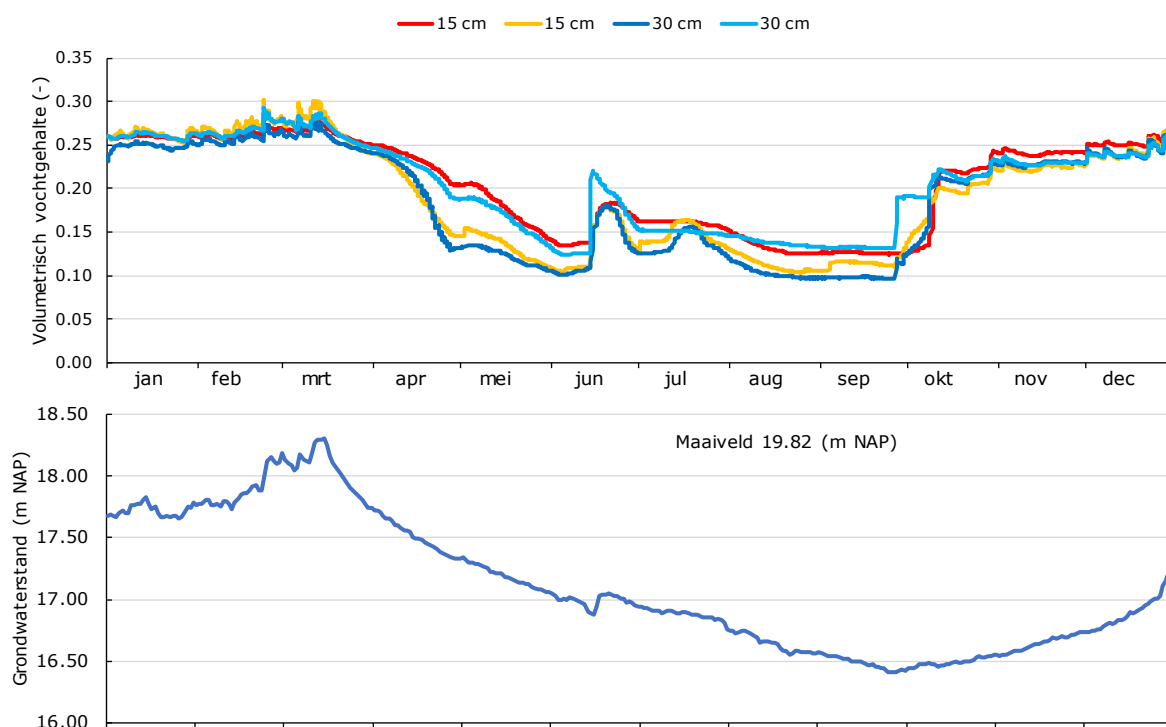
Figuur 11. Landgebruik rond meetpunt Harreveld.

Bodemopbouw

Tabel 4. Bodemopbouw bij meetpunt Harreveld: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 70	sterk lemig, fijn zand	B03	0.02	0.443	0.0150	1.505	19.08	0.139
70 - 120	sterk lemig, fijn zand	O03	0.01	0.340	0.0172	1.703	12.37	0.000

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 12. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in jaar 2020 op locatie Harreveld.

Interpretatie metingen

In de zomerperiode nemen de bodemvochtgehalten door het neerslagtekort geleidelijk af tot een volumetrisch vochtgehalte van circa 0,12. In deze periode daalt ook de grondwaterstand geleidelijk tot 3.30 m beneden maaiveld. De neerslag in de maand juni zorgt slechts voor een geringe stijging van het grondwater. De grote hoeveelheid neerslag in de maand oktober wordt vooral opgenomen in de wortelzone. Nadat de wortelzone op veldcapaciteit is gekomen, leidt de grote hoeveelheid neerslag in december wel tot een snelle stijging van het grondwater.

3.4 Eibergen



Figuur 13. Topografische omgeving meetpunt Eibergen (X) voor bodemvocht en grondwaterstand.



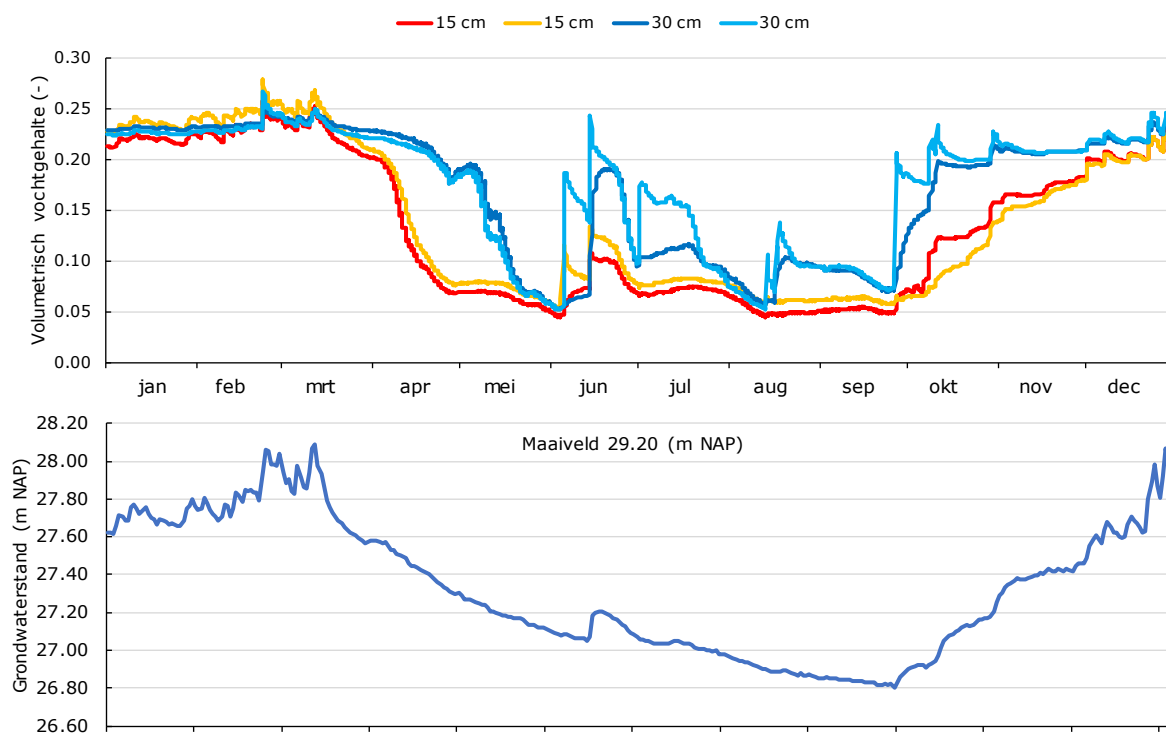
Figuur 14. Landgebruik rond meetpunt Eibergen.

Bodemopbouw

Tabel 5. Bodemopbouw bij meetpunt Eibergen: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 20	sterk lemig, fijn zand	B03	0.02	0.443	0.0150	1.505	19.08	0.139
20 - 55	sterk lemig, fijn zand	O03	0.01	0.340	0.0172	1.703	12.37	0.000
55 - 120	zwak lemig, fijn zand	O02	0.02	0.387	0.0161	1.524	22.76	2.440

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



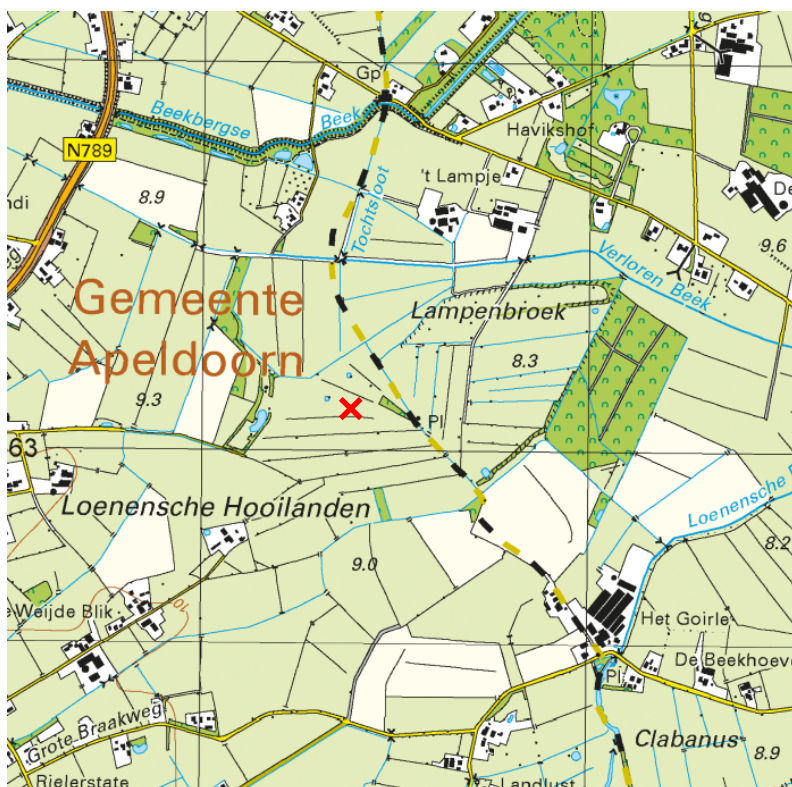
Figuur 15. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in jaar 2020 op locatie Eibergen.

Interpretatie metingen

De natte en droge maanden van 2020 zijn duidelijk in de gemeten vochtgehalten terug te zien. De vochtgehalten op een diepte van 15 cm drogen door verdamping eerder uit dan de vochtgehalten op 30 cm diepte. Bovendien wordt de bovenlaag waterafstotend, waardoor de neerslag in juli de laag op 15 cm passeert maar wel de grond op 30 cm diepte bevochtigd. Pas vanaf oktober wordt de bovengrond geleidelijk vochtiger.

De grondwaterstand reageert op de neerslag in februari, omdat de wortelzone dan op veldcapaciteit is. In de zomer blijft het grootste deel van de neerslag echter in de wortelzone. Alleen de neerslag in juni zorgt voor een kleine stijging van de grondwaterstand. Nadat de wortelzone op veldcapaciteit is gekomen vanaf oktober, stijgt de grondwaterstand geleidelijk door het percolerende bodemvocht.

3.5 Voorst



Figuur 16. Topografische omgeving meetpunt Voorst (X) voor bodemvocht en grondwaterstand.



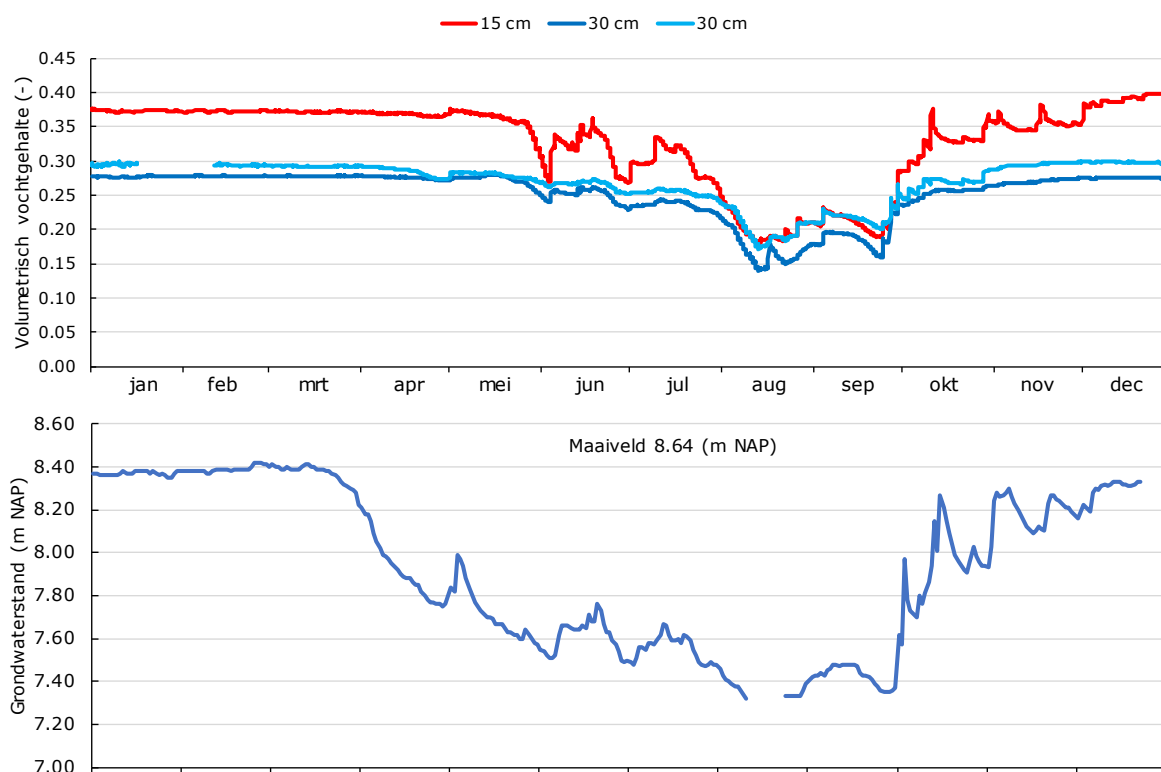
Figuur 17. Landgebruik rond meetpunt Voorst.

Bodemopbouw

Tabel 6. Bodemopbouw bij meetpunt Voorst: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 30	zwak lemig, fijn zand	B02	0.02	0.434	0.0216	1.349	83.24	7.202
30 - 60	zwak lemig, fijn zand	O02	0.02	0.387	0.0161	1.524	22.76	2.440
60 - 120	leemarm, fijn zand	O01	0.01	0.366	0.0160	2.163	22.32	2.868

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 18. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in het jaar 2020 op locatie Voorst. De bodemvochtmetingen op 15 cm zijn betrouwbaar voor slechts één sensor.

Interpretatie metingen

In de winter stijgen de grondwaterstanden tot 25 cm beneden maaiveld, om in de zomer uit te zakken tot 1,25 m beneden maaiveld. In de droge voorjaarsmaanden apr en mei dalen de grondwaterstanden maar blijven de vochtgehalten in de wortelzone door capillaire opstijging vrijwel op peil. Door de geringe diepte van de grondwaterstand, is de vochtberging in de onverzadigde zone gering en percoleert overtollig bodemvocht snel naar het grondwater. Daardoor volgen de fluctuaties in de grondwaterstand snel op de fluctuaties in het bodemvocht.

3.6 Lunteren



Figuur 19. Topografische omgeving van meetpunt Lunteren (X) voor bodemvocht en grondwaterstand.



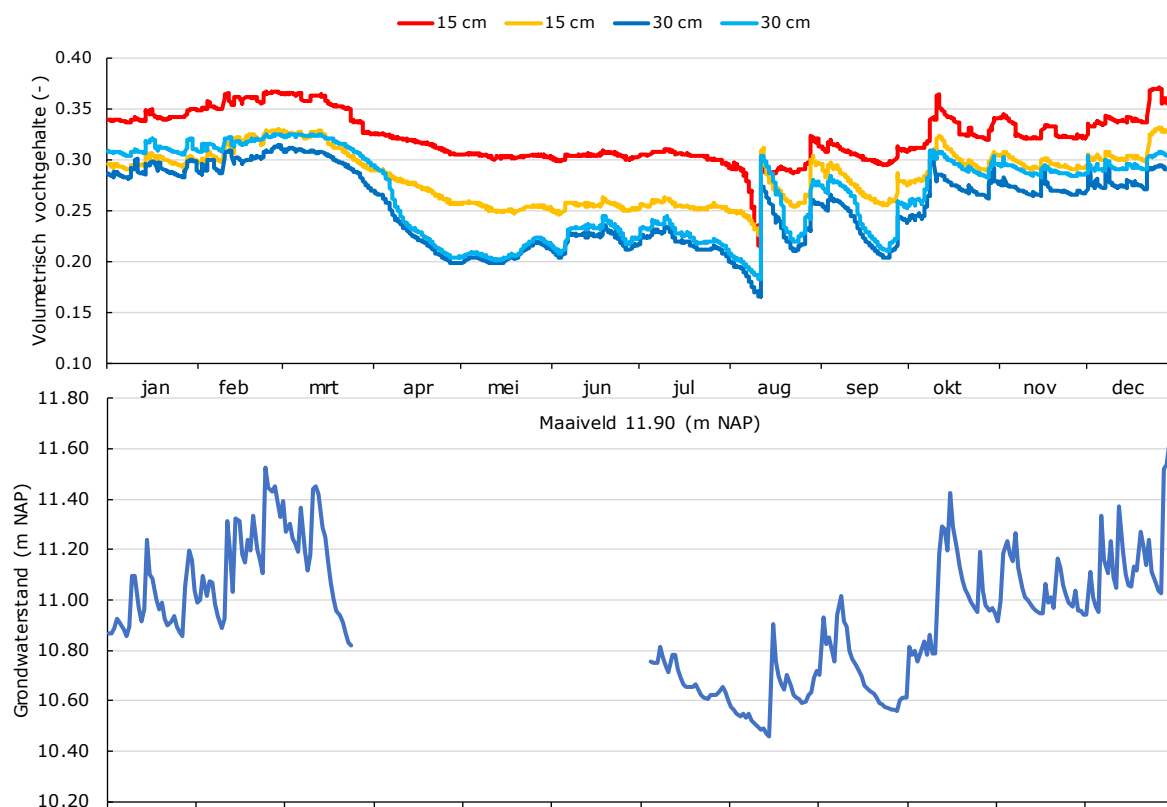
Figuur 20. Landgebruik rond meetpunt Lunteren.

Bodemopbouw

Tabel 7. Bodemopbouw bij meetpunt Lunteren: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 30	sterk lemig, fijn zand	B03	0.02	0.443	0.0150	1.505	19.08	0.139
30 - 60	sterk lemig, fijn zand	O03	0.01	0.340	0.0172	1.703	12.37	0.000
60 - 120	zwak lemig, fijn zand	O02	0.02	0.387	0.0161	1.524	22.76	2.440

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 21. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in jaar 2020 op locatie Lunteren. De grondwaterstandsmetingen in de periode 23 maart 2020 – 2 juli 2020 zijn niet beschikbaar.

Interpretatie metingen

De vochtsensoren op 15 cm diepte laten door ruimtelijke variabiliteit van de bodem een verschil in vochtgehalte van circa 0,05 zien, terwijl de vochtsensoren op 30 cm diepte een vrijwel identiek signaal geven. Ondanks het grote neerslagtekort in de zomermaanden dalen de vochtgehalten in de wortelzone niet verder dan 0,27 (15 cm diepte) en 0,20 (30 cm diepte). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de goede capillaire eigenschappen van de lemige ondergrond, en het op peil blijven van de grondwaterstand door de nabij gelegen Barneveldse Beek. De fluctuaties in grondwaterstand blijken snel te volgen op fluctuaties in vochtgehalten. De snelle reacties van de grondwaterstand worden toegeschreven aan preferente vochtbanen tussen bovengrond en grondwaterstand en aan kwel.

3.7 Rijsbergen



Figuur 22. Topografische omgeving meetpunt Rijsbergen (X) voor bodemvocht/grondwaterstand.



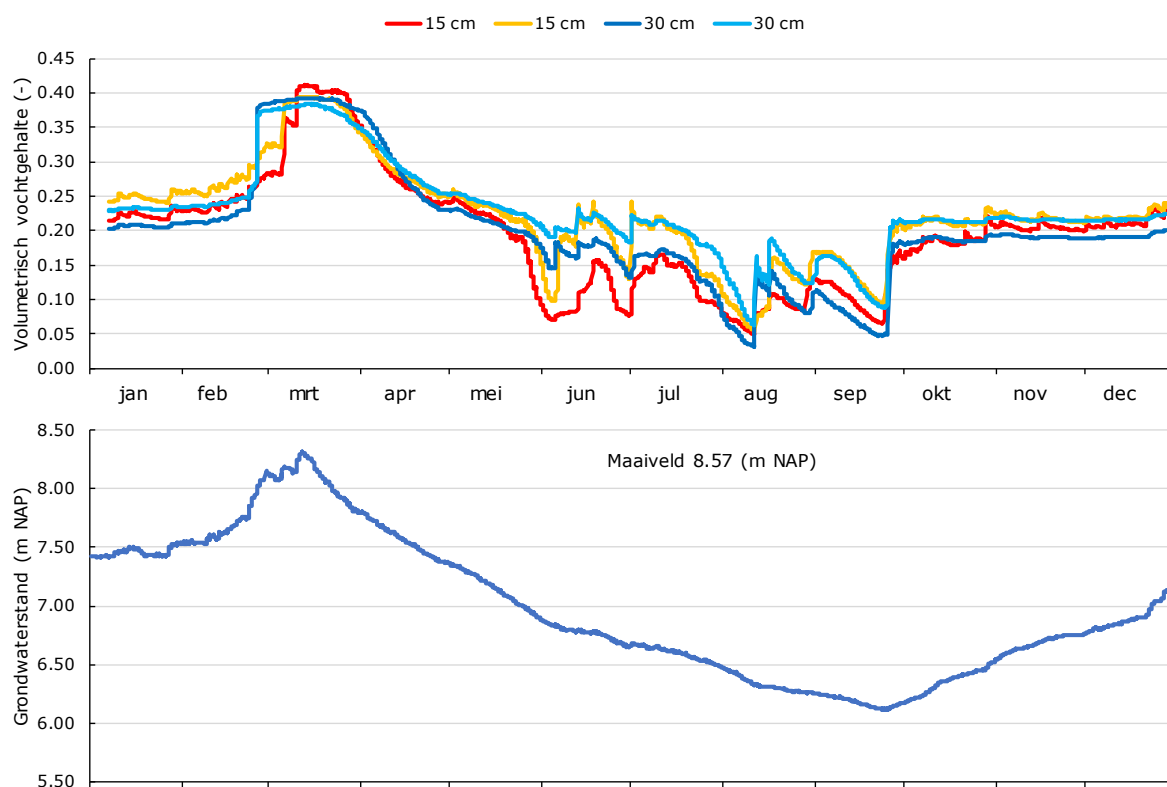
Figuur 23. Landgebruik rond meetpunt Rijsbergen.

Bodemopbouw

Tabel 8. Bodemopbouw bij meetpunt Rijsbergen: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 25	zwak lemig, fijn zand	B02	0.02	0.434	0.0216	1.349	83.24	7.202
25 - 60	zwak lemig, fijn zand	O02	0.02	0.387	0.0161	1.524	22.76	2.440
60 - 120	leemarm, fijn zand	O01	0.01	0.366	0.0160	2.163	22.32	2.868

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 24. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in jaar 2020 op locatie Rijsbergen.

Interpretatie metingen

De grote hoeveelheid neerslag in februari leidt tot een sterke toename in vochtgehalten en grondwaterstand. In het droge voorjaar laten de sensoren op 15 en 30 cm diepte een snelle afname van het bodemvocht zien. In deze periode neem ook de grondwaterstand geleidelijk met 1,5 m af. In de maanden met regelmatig neerslag (jun, aug en sep) fluctueren de bodemvochtgehalten tussen 0,05 en 0,20. Deze regen bereikt niet de grondwaterspiegel, die geleidelijk daalt tot 2,5 m beneden maaiveld. Nadat het bodemvocht in oktober weer op veldcapaciteit is gekomen, percoleert weer overtollig bodemvocht naar de grondwaterspiegel. Deze stijgt geleidelijk met 1,0 m in de maanden okt, nov en dec.

3.8 Bavel



Figuur 25. Topografische omgeving van meetpunt Bavel (X) voor bodemvocht en grondwaterstand.



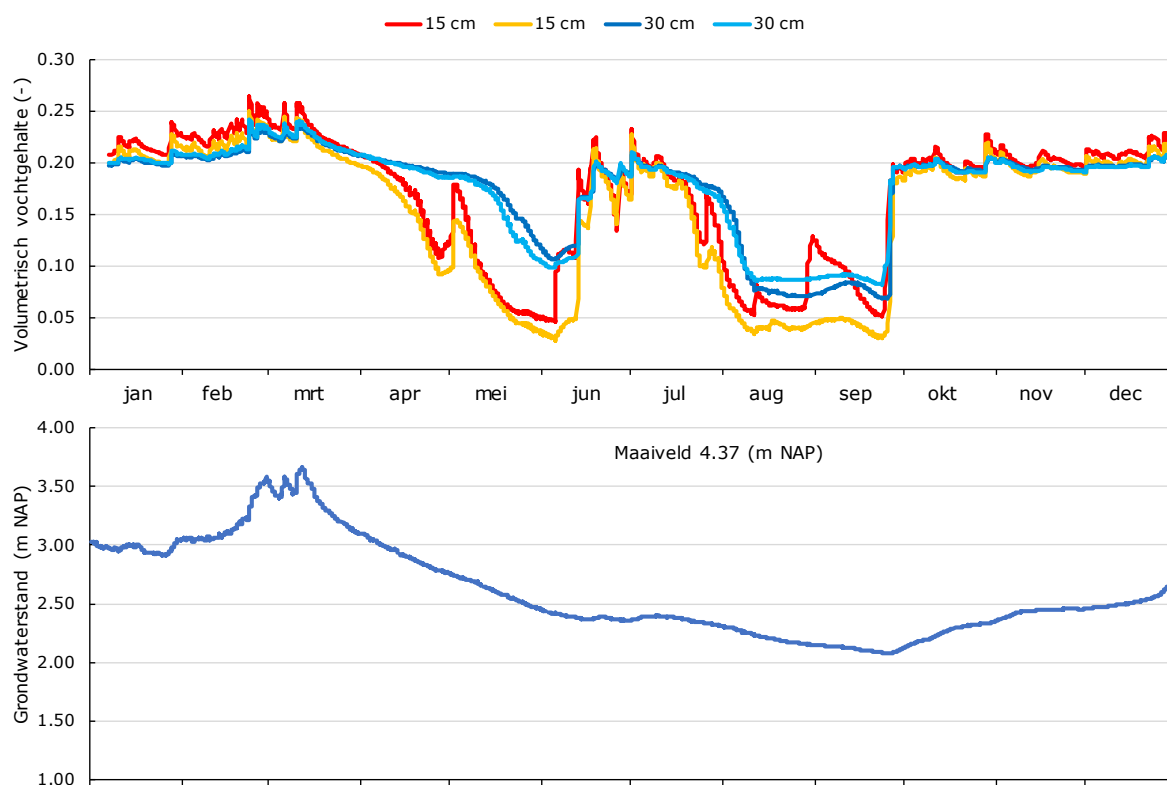
Figuur 26. Landgebruik rond meetpunt Bavel.

Bodemopbouw

Tabel 9. Bodemopbouw bij meetpunt Bavel: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 40	zwak lemig, fijn zand	B02	0.02	0.434	0.0216	1.349	83.24	7.202
40 - 120	leemarm, fijn zand	O01	0.01	0.366	0.0160	2.163	22.32	2.868

Gemeten bodemvochtgehaltes en grondwaterstanden



Figuur 27. Gemeten bodemvochtgehaltes en grondwaterstanden in het jaar 2020 op locatie Bavel.

Interpretatie metingen

De vochtgehaltes zijn relatief laag in deze zwak lemige tot leemarme zandgrond. Door verdamping nemen de vochtgehaltes op 15 cm diepte sneller of dan op 30 cm diepte. De grote hoeveelheid neerslag aan het einde van de winter in februari zorgt voor de hoogste vochtgehaltes en grondwaterstanden in 2020. In de droge maanden mrt, apr en mei nemen de bodemvochtgehaltes snel af tot verwelkingspunt (vochtgehalte 0,05). In deze periode daalt ook de grondwaterstand tot 2,0 m beneden maaiveld. De neerslag in de maanden jun en jul wordt vrijwel volledig opgenomen in de wortelzone. De grondwaterstand blijft in deze periode constant, om in de droge maanden aug en sep verder weg te zakken. De regen vanaf okt brengt de wortelzone weer snel op veldcapaciteit. Geleidelijk aan bereikt het neerslagoverschot ook het grondwater.

3.9 Ulestraten



Figuur 28. Topografische omgeving meetpunt Ulestraten (X) voor bodemvocht/grondwaterstand.



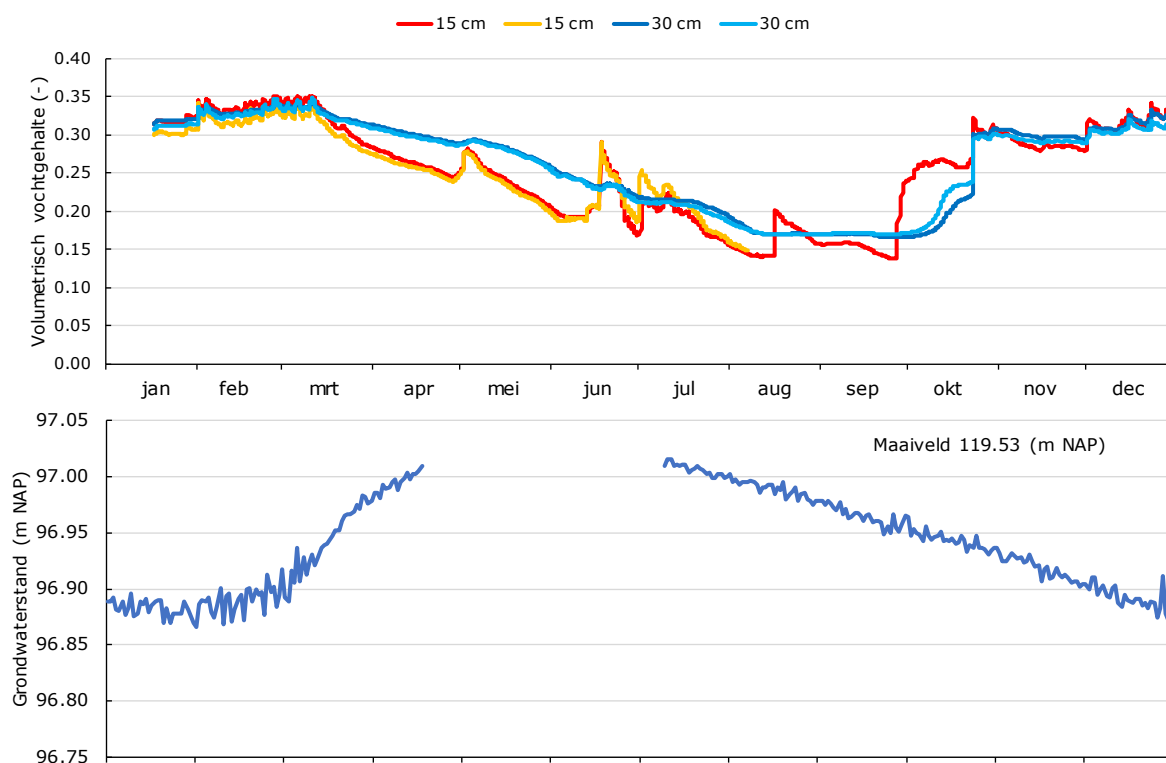
Figuur 29. Landgebruik rond meetpunt Ulestraten.

Bodemopbouw

Tabel 10. Bodemopbouw bij meetpunt Ulestraten: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 25	siltige leem	B14	0.01	0.417	0.0054	1.302	0.90	-0.335
25 - 120	siltige leem	O15	0.01	0.410	0.0078	1.287	2.79	0.000

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 30. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in jaar 2020 op locatie Ulestraten.

Interpretatie metingen

In de siltige leemgrond varieert het volumetrisch vochtgehalte tussen 0,35 en 0,15. Het bodemvocht op 15 cm diepte laat grotere en snellere fluctuaties zien dan het bodemvocht op 30 cm diepte. Het neerslagoverschot in oktober brengt de wortelzone weer snel op veldcapaciteit. Het neerslagoverschot uit de wortelzone lijkt nauwelijks invloed te hebben op het verloop van de grondwaterstand: de hoogste standen worden bereikt in de zomerperiode! Dit komt omdat de grondwaterstand zich meer dan 22 m beneden maaiveld bevindt. De verblijftijd in de onverzadigde zone is dus groot. Ook beïnvloedt regionale grondwaterstroming de grondwaterstandsfluctuaties in het sterk geaccidenteerd terrein rond Ulestraten.

3.10 Heerlen



Figuur 31. Topografische omgeving meetpunt Heerlen (X) voor bodemvocht en grondwaterstand.



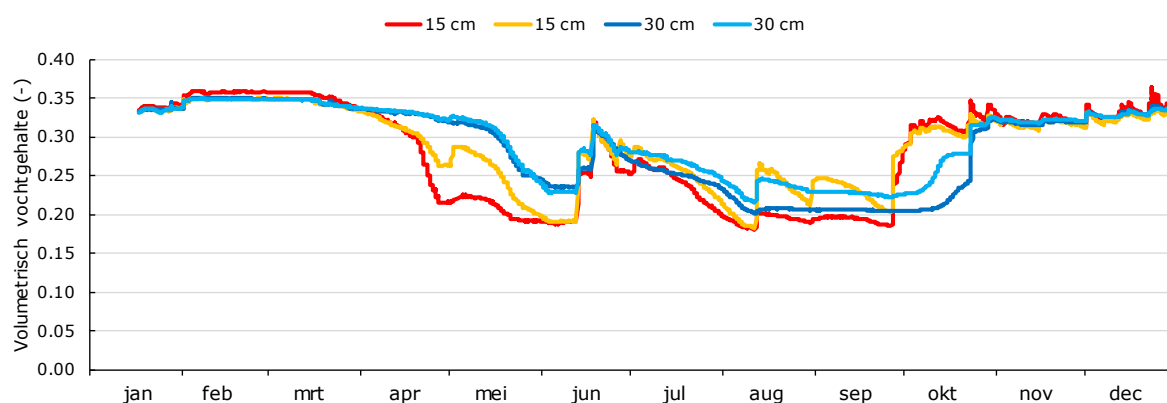
Figuur 32. Landgebruik rond meetpunt Heerlen.

Bodemopbouw

Tabel 11. Bodemopbouw bij meetpunt Heerlen: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vochtkarakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 25	siltige leem	B14	0.01	0.417	0.0054	1.302	0.90	-0.335
25 - 120	siltige leem	O15	0.01	0.410	0.0078	1.287	2.79	0.000

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 33. Gemeten bodemvochtgehalten in jaar 2020 op locatie Heerlen. De gemeten grondwaterstanden waren bij het schrijven van het rapport nog niet beschikbaar.

Interpretatie metingen

Ondanks de droge maanden mrt, apr en mei dalen de bodemvochtgehalten in het voorjaar niet verder dan 0,20 (15 cm diepte) en 0,23 (30 cm diepte). Dit wordt veroorzaakt door de goede capillaire eigenschappen van de siltige leembodem, en de ondiepe grondwaterstanden. Daardoor is deze locatie niet droogtegevoelig voor vegetatie. Het neerslagoverschot in oktober brengt de wortelzone weer snel op veldcapaciteit. De vochtsensoren op 15 cm diepte lopen bij uitdrogen en bij bevochtigen duidelijk voor op de vochtsensoren op 30 cm diepte.

3.11 Meeuwenkamp



Figuur 34. Topografische omgeving meetpunt Meeuwenkamp (X) voor bodemvocht en gws.



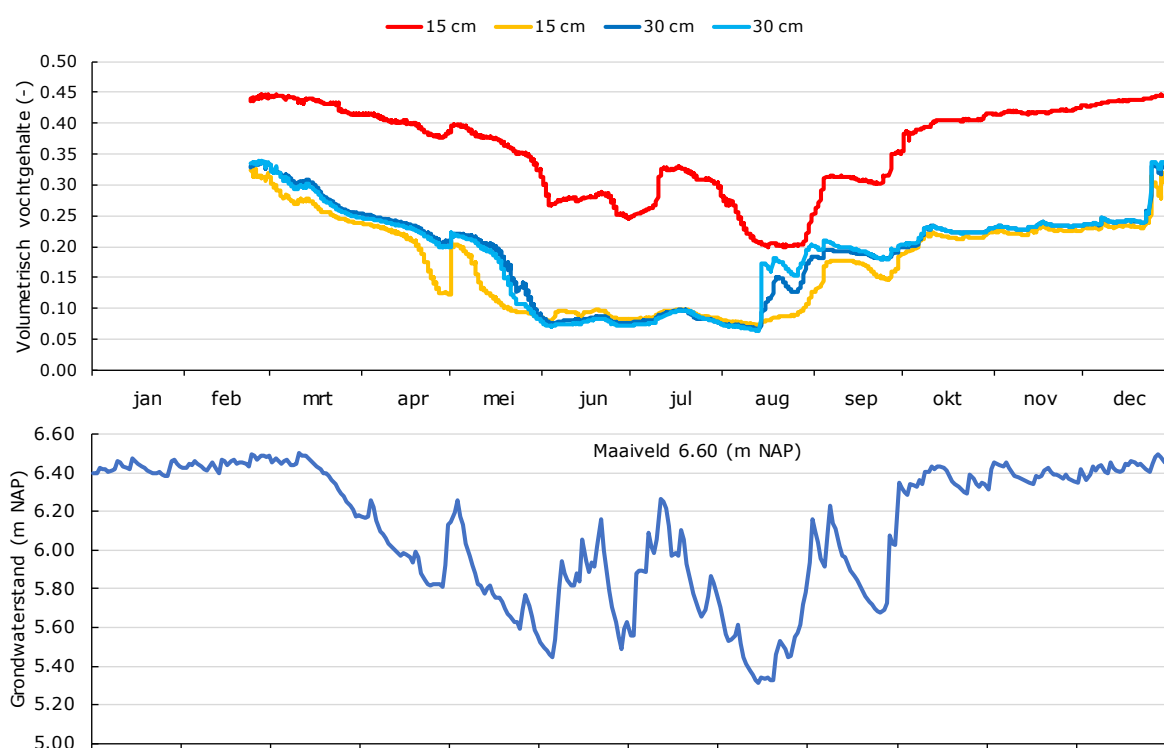
Figuur 35. Landgebruik rond meetpunt Meeuwenkamp.

Bodemopbouw

Tabel 12. Bodemopbouw bij meetpunt Meeuwenkamp: bodemlagen, textuur, code Staringreeks en bodemfysische parameters voor vocht karakteristiek en doorlatendheidscurve.

Diepte cm	Textuur	Code	Bodemfysische parameters					
			ORES	OSAT	ALFA	NPAR	KSAT	LEXP
			cm ³ /cm ³	cm ³ /cm ³	cm ⁻¹	-	cm/d	-
0 - 20	venig zand	B15	0.01	0.528	0.0237	1.282	87.45	-1.478
20 - 70	eutroof veen	O17	0.01	0.849	0.0119	1.272	3.4	-1.249
70 - 85	sterk lemig, fijn zand	O03	0.01	0.340	0.0172	1.703	12.37	0.000
85 - 120	zwak lemig, fijn zand	O02	0.02	0.387	0.0161	1.524	22.76	2.440

Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden



Figuur 36. Gemeten bodemvochtgehalten en grondwaterstanden in jaar 2020 op Meeuwenkamp.

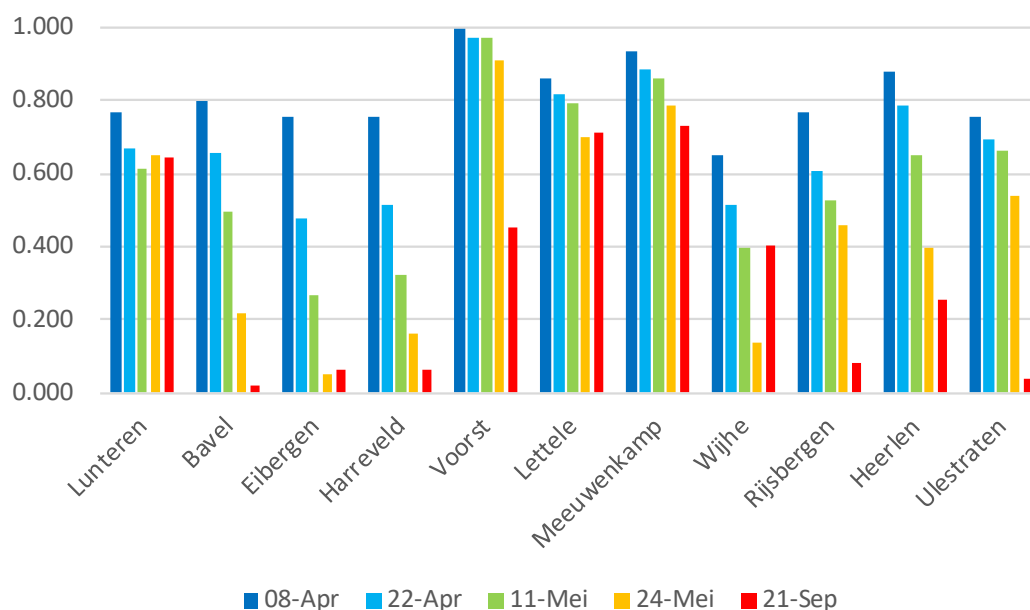
Interpretatie metingen

De vochtmetingen op Meeuwenkamp begonnen eind februari. De bovengrond varieert sterk in organisch stofgehalte. Daardoor laten beide sensoren op 15 cm diepte verschillende vochtgehalten zien: de rode sensor heeft een veel groter organisch stofgehalte dan de oranje sensor. De sensoren op 30 cm diepte meten vrijwel hetzelfde vochtgehalte. In het droge voorjaar dalen de vochtgehalten op 30 cm diepte tot 0,10. Deze lage vochtgehalten laten zuurstof uit de atmosfeer tot grotere diepte de bodem indringen, en leiden daarmee tot veenoxidatie. In het droge voorjaar dalen de grondwaterstanden van 0,15 tot 1,20 m beneden maaiveld. Door de geringe vochtberging in de ondergrond, reageren de grondwaterstanden sterk op perioden met neerslag. De neerslag in oktober brengt het bodemprofiel weer snel op veldcapaciteit, en laat de grondwaterstanden snel stijgen.

4 Tot slot

De metingen van vochtgehalten en grondwaterstanden in 2020 tonen allerlei variaties in bodemvochtverloop en interactie bodemvocht – grondwater, afhankelijk van het weer op de specifieke locatie, de vegetatie, de bodemopbouw, de diepte van de grondwaterstand en regionale grondwaterstroming. Waar kunnen we deze bodemvochtmetingen zoal voor gebruiken?

Snapshot van droogtestress voor vegetatie



Figuur 37. Fractie beschikbaar bodemvocht voor de 11 sites op 5 momenten in 2020.

De bodemvochtmetingen stellen ons in staat de fractie beschikbaar bodemvocht vast te stellen in de wortelzone tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt. Dit is belangrijke informatie voor mogelijke droogtestress voor de vegetatie en te verwachten grondwateraanvulling. Appendix Veldcapaciteit en Verwelkingspunt geeft de karakteristieke vochtgehalten voor de meetlocaties, zoals afgeleid uit laboratorium- en veldmetingen. Als toepassing laat figuur 37 de fractie beschikbaar bodemvocht zien voor de 11 sites op verschillende momenten in 2020. Op 21 sep is bij sommige locaties de wortelzone uitgedroogd tot verwelkingspunt: Bavel, Eibergen, Harreveld, Rijsbergen en Ulestraten. Op andere locaties blijft het bodemvocht op peil: Lunteren, Lettele, en Meeuwenkamp. In de omgeving van Wijhe heeft lokale neerslag het bodemvocht op 21 sep aangevuld. Bij Voorst voorkomt capillaire opstijging vanaf de ondiepe grondwaterstand sterke uitdroging van de wortelzone. Op deze wijze geven de bodemvochtmetingen snel inzicht in de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht voor de vegetatie en de kans op grondwateraanvulling voor diverse plekken op de hogere zandgronden.

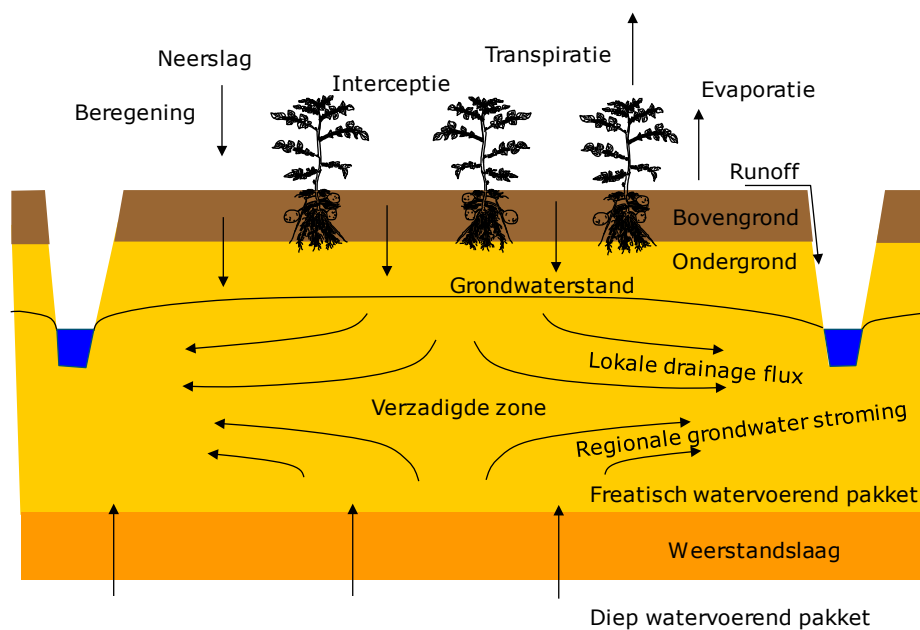
Kalibratie van meettechnieken, met name remote sensing

Reeds tientallen jaren wordt intensief onderzoek gedaan naar technieken om met satelliet waarnemingen de variatie van bodemvocht in kaart te brengen. Tot nu toe is nauwkeurigheid van deze technieken beperkt omdat de waarnemingen zich beperken tot de bovenste 5 cm van de bodem, of de waarnemingen gehinderd worden door vegetatie. De automatische bodemvochtmetingen die in het kader van het droogteproject worden gedaan, kunnen gebruikt worden om de remote sensing technieken meer representatief te maken voor de wortelzone.

Early warning

Voor een waterbeherende organisatie kunnen de sites dienen als graadmeter voor de vochttoestand van de bodem en als trigger voor het nemen van maatregelen bij natte of droge omstandigheden. Een langjarige reeks maakt de ontwikkeling in de tijd en het effect van maatregelen op een locatie zichtbaar.

Kalibratie van agrohydrologische modellen



Figuur 38. Agrohydrologische processen opgenomen in het model SWAP.

Agrohydrologische modellen als SWAP (figuur 38) bevatten een schat aan proceskennis die gebruikt kan worden om de effecten van allerlei maatregelen in waterbeheer en landgebruik of mogelijke klimaatscenario's te berekenen (Kroes et al., 2017). In het droogteproject is SWAP reeds ingezet om op lokale schaal het effect te simuleren van ad-hoc en structurele maatregelen op droogtestress van de vegetatie en grondwateraanvulling (Van den Eertwegh et al., 2019; 2020). In verband met het ontbreken van betrouwbare bodemvochtgegevens, is SWAP voor deze toepassing gekalibreerd op aanwezige grondwaterstandgegevens. Nu ook bodemvochtgegevens beschikbaar zijn, kunnen we SWAP beter kalibreren. Daarmee verhogen we de betrouwbaarheid van de modeluitkomsten en analyses.

Beschikbaarheid meetgegevens

De gemeten vochtgehalten zijn online grafisch beschikbaar op www.droogteportaal.nl/. De meetgegevens kunnen ook opgevraagd worden bij de auteurs van dit rapport.

5 Referenties

Heinen, M., G. Bakker & J.H.M. Wösten, 2020. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staring reeks. Update 2018*. Wageningen Environmental Research, Rapport 2978.

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; Theory description and user manual*. Wageningen Environmental Research, Report 2780.

Van den Eertwegh, G.A.P.H., R. Bartholomeus, P. de Louw, J. P. M. Witte, J.C. van Dam, D. van Deijl, P. Hoefsloot, C. Clevers, D. Hendriks, M. van Huijgevoort, J. Hunink, N. Mulder, J. Pouwels en J. de Wit, 2019. *Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland. Rapportage Fase 1: ontwikkeling van uniforme werkwijze voor analyse van droogte en tussentijdse bevindingen*. KnowH2O, KWR, WUR, HSS, FWE.

Van den Eertwegh, G.A.P.H., R. Bartholomeus, P. de Louw, J. P. M. Witte, J.C. van Dam, D. van Deijl, P. Hoefsloot, M. van Huijgevoort, J. Hunink, I. America, J. Pouwels en J. de Wit, 2020. *Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland. Het verhaal: analyse van droogte 2018 en 2019 en tussentijdse bevindingen*. KnowH2O, KWR, WUR, HSS, FWE.

Wösten, J.H.M., F. de Vries, T. Hoogland, H. Massop, A. Veldhuizen, H. Vroon, J. Wesseling, J. Heijkers & A. Bolman, 2013. BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra rapport 2387.

Appendix Veldcapaciteit en Verwelkingspunt

Tabel 13. Vochtgehalten bij veldcapaciteit en verwelkingspunt voor de 11 meetlocaties. Deze vochtgrenzen zijn afgeleid uit laboratorium- en veldmetingen.

Locatie	Veldcapaciteit (pF = 2.0)			Verwelkingspunt (pF = 4.2)		
	15 cm diep	30 cm diep	Gemiddeld	15 cm diep	30 cm diep	Gemiddeld
1 Wijhe	0.317	0.330	0.324	0.075	0.075	0.075
2 Lettele	0.381	0.389	0.385	0.100	0.120	0.110
3 Harreveld	0.283	0.275	0.279	0.105	0.105	0.105
4 Eibergen	0.255	0.251	0.253	0.051	0.055	0.053
5 Voorst	0.380	0.285	0.333	0.090	0.090	0.090
6 Lunteren	0.343	0.317	0.330	0.090	0.090	0.090
7 Rijsbergen	0.400	0.385	0.393	0.053	0.049	0.051
8 Bavel	0.233	0.229	0.231	0.041	0.074	0.058
9 Ulestraten	0.337	0.326	0.332	0.140	0.160	0.150
10 Heerlen	0.353	0.348	0.351	0.160	0.160	0.160
11 Meeuwenkamp	0.442	0.527	0.485	0.120	0.200	0.160

Appendix Bodemfysische Functies

De bodemfysische functies beschrijven de relaties tussen vochtgehalte en drukhoogte (de vochtkarakteristiek) en tussen drukhoogte en doorlatendheid (de doorlatendheidsfunctie). In de Nederlandse Staringseries wordt voor de vochtkarakteristieken en de doorlatendheidsfuncties gebruik gemaakt van de analytische functies van Mualem – Van Genuchten (Heinen et al., 2019). De tabellen met bodemopbouw in dit rapport geven de parameters van de analytische functies.

De vochtkarakteristiek wordt beschreven door:

$$\theta = \text{ORES} + \frac{(\text{OSAT} - \text{ORES})}{\left(1 + |\text{ALFA } h|^{\text{NPAR}}\right)^{(1-1/\text{NPAR})}}$$

Hierin is θ = volumetrisch vochtgehalte (cm^3/cm^3), h = drukhoogte bodemvocht (cm), ORES = residueel vochtgehalte (cm^3/cm^3), OSAT = verzadigd vochtgehalte (cm^3/cm^3), ALFA = vorm parameter (cm^{-1}) en NPAR = vorm parameter (-).

De doorlatendheidsfunctie wordt beschreven door:

$$k = \text{KSAT} \frac{\left(\left(1 + |\text{ALFA } h|^{\text{NPAR}}\right)^{1-1/\text{NPAR}} - |\text{ALFA } h|^{\text{NPAR}-1}\right)^2}{\left(1 + |\text{ALFA } h|^{\text{NPAR}}\right)^{(1-1/\text{NPAR})(\text{LEXP}+2)}}$$

Hierin is k = hydraulische doorlatendheid (cm d^{-1}), KSAT = verzadigde doorlatendheid (cm d^{-1}) en LEXP = vorm parameter (-).

Heinen et al. (2019) geven een gedetailleerde beschrijving van deze functies en hun toepassing voor verschillende bodemtexturen.