

Gecontroleerde buisdrainage in regionale modellen: theorie, modellering en de kloof met de veldsituatie

JAN VAN BAKEL EN LODEWIJK STUYT

Het areaal gedraineerde landbouwgronden in Nederland is ruim 620.000 hectare. Conventionele buisdrainage leidt tot een aanzienlijke daling van de hoogste grondwaterstanden; gecontroleerde buisdrainage kan ook een verhoging van de laagste grondwaterstanden tot gevolg hebben. Het is dus van groot belang in regionale modellen (gecontroleerde) buisdrainage goed te modelleren. Door gebrek aan kennis van zowel de theorie als van geografische gegevens is dat lang niet altijd het geval. Aan de hand van de formule van Hooghoudt wordt dit nader onderbouwd. Ook gaapt er een kloof tussen de theorie en de veldkennis, deels omdat de werking van drains onder water tot voor kort niet kon worden gemeten. Met de introductie van een innovatief meetinstrument, de EZ-FLO, kan dit wel. Het artikel eindigt met enige meetresultaten.

Artikel

Inleiding

Nederlandse landbouwgronden worden al decennialang op grote schaal gedraineerd. Op basis van de landbouwmetellingen 2010 en enige aanvullingen wordt de omvang van het gedraineerd areaal landbouwgrond in Nederland geschat op ruim 620.000 ha (Massop e.a., 2013). In 1977 was dit areaal circa 450.000 ha: in ruim 30 jaar een toename van 40%. Na 2010 is het gedraineerd areaal verder gegroeid.

Deze populariteit is verklaarbaar. Veel klei- en zavelgronden waren rond de eeuwwisseling al gedraineerd, in eerste instantie in het kader van ruilverkavelingen. Meer recent is op grasland de behoefte aan draagkrachtige grond toegenomen. Dit door de introductie van steeds zwaardere landbouwmachines en het vervroegde groeiseizoen als gevolg van klimaatverandering. En veenweidegebieden worden sinds enkele jaren grootschalig voorzien van onderwaterdrainage die vooral bedoeld is voor infiltratie in het zomerhalfjaar ('subinfiltratie') in een poging om de toenemende grondwaterstands dalingen en de hieraan gekoppelde veenafbraak en CO₂-emissies tegen te gaan (Van den Akker e.a., 2013).

Een drainage die conform ontwerpisen functioneert beïnvloedt het grondwaterstandsverloop op het gedraineerde perceel en, in mindere mate, op aanliggende percelen. Vooral de grondwaterstanden in het winterhalfjaar worden sterk beïnvloed: gemiddeld een verlaging van 40 cm van de GHG. Ook het afvoergedrag verandert, want verkleining van de drainageweerstand betekent een

snellere ontwatering van het bodemprofiel waardoor de afvoer sneller op neerslag zal reageren. Daar staat tegenover dat bij diepere grondwaterstanden meer berging in de grond aanwezig is zodat per saldo de piekafvoeren dalen (Massop e.a., 2017).

Gegeven de gestaag toenemende invloed van buisdrainage op de regionale hydrologie van zowel laag als hoog Nederland is het voor de implementatie van duurzaam waterbeheer essentieel om de hydrologische effecten ervan goed in beeld te hebben. Hiertoe worden regionale modellen als MIPWA en het landsdekkende LHM ingezet. De betrouwbaarheid van de hiermee geboekte resultaten staat of valt echter met het realiteitsgehalte waarmee de buisdrainagewerking gesimuleerd wordt. En dat is voor de auteurs van dit artikel, om meerdere redenen, een bron van zorg.

Dit artikel begint met een korte beschrijving van de theorie van Hooghoudt voor grondwaterstroming naar drains. De besproken formules geven richting aan hoe drainage in een regionaal model zou moeten worden geconceptualiseerd en geparameteriseerd. De bestaande modelleringspraktijk wijkt hier echter behoorlijk van af. Aansluitend worden Nederlandse praktijkervaringen met drainage beschreven. Vergeleken met de theorie valt de werking in de praktijk om meerdere redenen tegen, zeker op de lange termijn. De reden is dat in een bodemprofiel een aantal processen een rol spelen die niet in modelsimulaties worden meegenomen, maar een goede werking van buisdrainage/infiltratie ondermijnen en in uiterste gevallen tenietdoen.

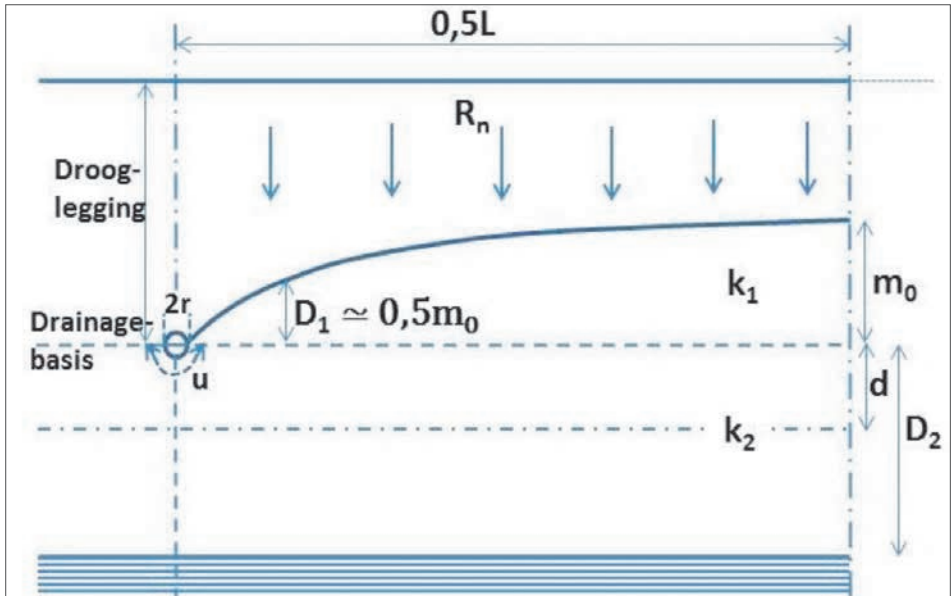
De theorie van Hooghoudt

De vergelijking van Hooghoudt (1940) voor stationaire grondwaterstroming naar drains luidt (Van Bakel, 2013); zie ook afbeelding 1 voor illustratie van de termen:

$$q_d = \frac{8k_2 d m_0 + 8k_1 D_1 m_0}{L^2}; m_0 \leq \text{drooglegging} \quad (1)$$

Waarbij

- q_d : afvoerintensiteit, afvoer per eenheid van oppervlak [m/d]
- k_1, k_2 : horizontale verzadigde doorlatendheid van de grond boven, respectievelijk beneden drainniveau [m/d]
- d : dikte van de equivalentlaag, een functie van de natte omtrek u [m], van D_2 [m] en van L [m] (Cultuurtechnische Vereniging, 1988)
- m_0 : opbolling, de maximale hoogte van de freatische grondwaterstand boven drainniveau [m]
- D_1 : gemiddelde dikte van de watervoerende laag boven drainniveau [m]
- D_2 : dikte van de watervoerende laag beneden drainniveau [m]
- L : drainafstand [m]
- r : draindiameter [m]
- u : natte omtrek [m]



Afbeelding 1 Schematische voorstelling van de vergelijking van Hooghoudt voor stationaire grondwaterstroming naar drains

In de theorie van Hooghoudt wordt gerekend met 'ideale' drains; dat zijn echter 'theoretische' drains zonder intree weerstand voor grondwaterstroming. Gebruik van 'ideale' drains spoort daarom niet met de praktijk; bij de berekening van drainafstanden moet rekening worden gehouden met de radiale- en intree weerstanden. Childs en Young (1958) introduceerden hiertoe de 'effectieve drainstraal', R_{ef} , waarin deze weerstanden zijn verdisconteerd:

$$R_{ef} = R_0 e^{-2\pi\alpha_e} \quad (2)$$

Waarbij

R_{ef} : effectieve drainstraal [m]

R_0 : werkelijke drainstraal [m]

α_e : intree weerstand van drainbuis [-] (Dierickx, 1980)

De vergelijking voor R_{ef} laat zien dat een echte drain met straal R_0 in een berekening vervangen kan worden door een denkbeeldige ideale drain met kleinere straal; deze volgt uit de waarde van de dimensieloze intree weerstand α_e (Dierickx, 1980). Gebruik van R_{ef} in plaats van een 'ideale drain' leidt vrijwel altijd tot kleinere drainafstanden bij gelijke werkelijke drainstraal.

De gemiddelde dikte van de watervoerende laag boven drainniveau, D_1 , is ongeveer gelijk aan $0,5m_0$, zodat de vergelijking overgaat in de meest gebruikelijke vorm:

$$q_d = \frac{8k_2dm_0 + 4k_1m_0^2}{L^2} \quad (3)$$

De volgende opmerkingen zijn bij de theorie van belang:

- In de meeste situaties geldt $k_1 > k_2$, ook in zandgebieden, want gronden met een ondiepe weerstandbiedende laag, dat wil zeggen binnen 1,5 m beneden maaiveld maar wel beneden drainniveau, zoals keileem, worden meer dan gemiddeld gedraineerd. En daar is het verband tussen afvoerintensiteit en opbolling dus niet-lineair, met een afnemende drainageweerstand bij toenemende afvoerintensiteit (Van Bakel, 2013).
- De 'effectieve' natte omtrek is niet constant. Het effect hiervan lijkt theoretisch gezien van belang, maar is - gegeven de geometrie van stromingspatronen vlakbij drains, door omhullingsmateriaal en de buiswand - in de praktijk nihil. Deze patronen komen tot stand via contacterosieprocessen op overgangen tussen grond, omhullingsmateriaal en buiswand onder hoge hydraulische gradiënten (Stuyt, 1992).
- De formule is afgeleid voor een stationaire situatie.

De vraag is hoe de gangbare regionale hydrologische modellen hiermee omgaan.

Conceptualisering en parameterisering van buisdrainage in regionale hydrologische modellen

In een regionaal 'finite difference' model zoals MODFLOW wordt het modelgebied in (doorgaans) vierkante grids (hierna: cellen) gediscrètiseerd. Van elke gridcel is bekend of het wel of niet gedraineerd is. De drainafstand is vrijwel altijd kleiner dan de celafmeting; typische waarden voor de drainafstand en de cel zijn respectievelijk 10 en 25 m. Dit betekent dat we buisdrainage als een diffuus ontwateringsmiddel kunnen beschouwen: we hoeven niet exact de ligging van de drains aan te geven maar er is binnen de cel een ontwateringsmiddel aanwezig met een drainagebasis (ten opzichte van NAP) en een drainageweerstand (in dagen). We noemen deze 'model'weerstand: celdrainageweerstand, ter onderscheid van de 'reguliere' drainageweerstand zoals die door formules van Hooghoudt en Ernst kan worden berekend.

De volgende 'problemen' doen zich voor.

De drainagebasis is slecht bekend

De drainagebasis kent in de Nederlandse praktijk drie configuraties: (1) de diepteligging van drainuitmondingen in sloottaluds die in een sloot 'vrij' boven de waterspiegel uitstromen; (2) de openwaterstand in een sloot waarin 'verdrongen' drainuitmondingen onder de waterspiegel uitstromen, en (3) het in een regelput gehandhaafde open waterniveau bij samengestelde, gecontroleerde drainagesystemen. De meest voorkomende draindiepte ligt tussen 80 en 100 cm beneden het maaiveld, afhankelijk van bodemsoort en landgebruik (Massop e.a., 2013). Qua afschot zijn er twee opties. Bij conventionele, enkelvoudige drainages 'volgt' de draindiepte het maaiveld: de drains worden overal zo goed mogelijk even diep ten opzichte van het maaiveld geïnstalleerd. Bij gecontroleerde, samengestelde drainagesystemen met regelputten (circa 6,5 %

van alle drainages) worden de drains horizontaal gelegd. In strijd met deze verschillen in ontwerp wordt in regionale modellen wat betreft de diepteligging van drains geen onderscheid gemaakt tussen conventionele en gecontroleerde drainage.

Het hanteren van de juiste drainagebasis in hydrologische modellen is ook om een andere reden minder eenvoudig dan het lijkt. Ten behoeve van correcte modellering van buisdrainage in het LHM is de diepteligging onlangs aanzienlijk aangepast omdat bleek dat de drainageniveaus aanzienlijk dieper kunnen liggen dan de ontwateringsbasis van het oppervlaktewatersysteem (Kroon e.a., 2017).

De celdrainageweerstand hangt af van de grondwaterstand

In regionale modellen wordt voor de drainageweerstand doorgaans één waarde genomen. In het gunstige geval is deze gebaseerd op een (stationair) drainagecriterium waarbij rekening wordt gehouden met de vormfactor (gedefinieerd als het verschil tussen gemiddelde grondwaterstand en ontwateringsbasis gedeeld door de opbolling). Als voorbeeld: het drainagecriterium voor grasland is: bij een afvoer van $q_d = 7$ mm/d is de ontwateringsdiepte 30 cm. Als de installatiediepte van de drainage 100 cm is, is de opbolling $m_o = 70$ cm en is de draingeweerstand $m_o/q_d = 0,7/0,007 = 100$ dagen (Massop e.a., 2013).

De gemiddelde grondwaterstand in de cel is lager dan de hoogste grondwaterstand: de vormfactor is kleiner dan 1, maar meestal onbekend. Dan moet de drainageweerstand kleiner zijn om dezelfde flux te genereren. Deze correctie wordt meestal niet doorgevoerd. Maar ook extreem lage waarden van 10 of 20 dagen worden door modellers gebruikt (Kramer e.a., 2007).

Zoals hiervoor al is betoogd is het modelleren van een constante, grondwaterstandsonafhankelijke drainageweerstand in theoretisch opzicht niet juist en kan deze, zeker bij de veel voorkomende drainagefluxen van 2 mm/d, tot een aanzienlijke overschatting van de drainerende werking van de drains leiden.

De drainageweerstand is niet constant in de tijd

De werking van buisdrainagesystemen loopt in de regel met de tijd terug, vooral die van onderwaterdrainages die worden gebruikt voor subinfiltratie. Volgens Wageningen-UR (2021) zijn ze na 30 jaar aan vervanging toe, maar de levensduur blijkt in de praktijk meestal aanzienlijk korter (Stowa, 2000). Al na verloop van enkele jaren kan de werking van drainage vaak sterk teruglopen door dichtslibben en/of chemische processen zoals afzetting van ijzer.

Dit betekent dat we bij de modellering niet mogen uitgaan van drainageweerstanden die golden bij het ontwerp, want dat leidt tot een systematische overschatting van de drainagewerking. Bij het modelonderzoek Nieuwe Drostendiep (Waterschap Vechtstromen, 2020) moest de werking van de buisdrainage aanzienlijk worden verslechterd om de modelresultaten beter in overeenstemming te brengen met de veldwaarnemingen.

De (sub)infiltratieweerstand wijkt af van de drainageweerstand

Als drains worden gebruikt om water te infiltreren (subinfiltratie) wordt in regionale modellen de subinfiltratieweerstand doorgaans hoger gesteld dan de drainageweerstand. In het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) wordt zelfs aangenomen dat er geen infiltratie kan plaats vinden (J. Hunink, persoonlijke mededeling).

In theorie is de subinfiltratieweerstand inderdaad hoger dan de drainageweerstand omdat de opbolling negatief wordt en het doorstroomd pakket dus dunner wordt. Maar in hoeverre dit zo is, is sterk afhankelijk van de geohydrologische setting. Daarom mag niet voetstoots worden aangenomen dat de subinfiltratieweerstand hoger is dan de drainageweerstand, maar moet deze per geohydrologische situatie worden beoordeeld. 'Default' modelleren van een hogere subinfiltratieweerstand is theoretisch aanvechtbaar.

Meer nog dan bij drainagesystemen kan de werking van subinfiltratiesystemen in de loop van de tijd sterk teruglopen door verstopping van de buizen en aanliggende filters en grond. Dit kan al na één infiltratieseizoen gebeuren. De vraag is hoe hier als modelleur mee om te gaan.

De ligging van de drainage is slecht bekend

Bij de samenstelling van de Buisdrainagekaart 2012 (Massop e.a., 2013) is een toekenningsprotocol gehanteerd waarbij per landbouwperceel is bepaald of het perceel wel of niet is gedraineerd. Dit betekent dat de kans bestaat dat percelen wel als gedraineerd worden gemodelleerd terwijl ze dat niet zijn, en vice versa. Daarnaast zijn de plaatselijke draindiepte en -afstand meestal slecht bekend.

Met name bij het modelleren van de effecten van onderwaterdrainage in veenweidebieden kan de discrepantie tussen model en werkelijkheid groot zijn. Deze bevinding is niet nieuw. Volgens Van der Gaast (2019) wordt het meten van het effect van onderwaterdrainage in hoge mate beïnvloed door de wijze waarop de grondwaterstandsbuizen zijn geïnstalleerd. En verder concludeert hij: het hanteren van een te lage drainageweerstand in de modellen leidt ertoe dat er een te groot effect van onderwaterdrainage wordt berekend.

Gegeven bovenstaande aandachtspunten is de kans groot dat bij de modellering van (gecontroleerde) buisdrainage de werkelijkheid geweld wordt aangedaan. De vraag of de modelleurs hun leven moeten beteren moet met 'ja' worden beantwoord, omdat het relatief simpel is de modellering van (gecontroleerde) buisdrainage op de theorie aan te passen. Maar nog belangrijker is in hoeverre de theorie spoort met de praktijk.

De kloof met de veldsituatie

De kloof tussen theorie en praktijk kan worden toegeschreven aan het drainageontwerp (ontwerpcriteria, ontwerpfouten in subinfiltratiesystemen), de aanleg (installatieomstandigheden en de gevolgen) en de leeftijd van het drainagesysteem, vooral bij gebrek aan onderhoud.

Ontwerpcriteria

Van oudsher werd elk nieuw drainagesysteem in Nederland ontworpen op grond van een stationair drainagecriterium, te weten de toelaatbare opbolling van de grondwaterspiegel h (m) bij ontwerpafvoer q (mm/dag). Bij het gekozen drainagecriterium, een dosis-effectrelatie *avant la lettre*, werden drainafstanden en -dieptes berekend met de drainageformules van Hooghoudt en Ernst. Toepassen van 'Hooghoudt' en 'Ernst' was laagdrempelig (nomogrammen¹ beschikbaar; Beers (1979)) en vanzelfsprekend. Op weg naar de eeuwwisseling werden drainafstanden geleidelijk rigoureus verkleind (Naarding, 1998) en werden drainageformules geruisloos 'vervangen' door een mix van modelsimulaties en praktijkervaringen van draineerbedrijven: een trend die al gaande was, maar door klimaatverandering werd versneld.

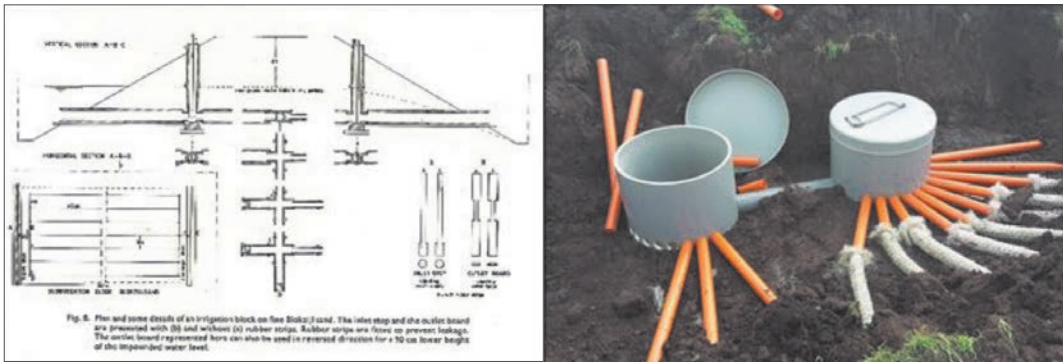
Door de gelijktijdige verdringing van simpele, enkelvoudige drainages door complexe, gecontroleerde systemen liggen de tijden van eenduidige ontwerpcriteria inmiddels achter ons: drainages worden anno 2022 ontworpen door de draineur. Omdat de modellering van dosis-effectrelaties van drainage en subinfiltratie hiermee geen gelijke tred hield is de voorspellende waarde hiervan teruggelopen. Daar komt bij dat ramingen van drainage- en infiltratieweerstanden, in veldsituaties moeilijk te meten, in de modellen meestal te optimistisch zijn. Anders dan adviesbureaus op grond van hun modelstudies zeggen te verwachten valt de werking van drainagesystemen in de praktijk daarom geregeld tegen. Dat geldt met name voor systemen voor subinfiltratie.

Ontwerpfouten bij subinfiltratiesystemen

Met subinfiltratie is in Nederland veel ervaring opgedaan; het eerste, inmiddels vergeten, grootschalige project dateert van 1956. Op een enorm areaal (10.000 ha) in de Noordoostpolder werden toen twee systemen getest: het enkelvoudige Vollenhove- en het samengestelde Ramspol-systeem (Schultz, 1992). De werking van deze systemen liep al snel na ingebruikname terug. Ze waren verstoppingsgevoelig en konden niet worden onderhouden, ook niet na het doorvoeren van rigoureuze aanpassingen. De problemen (verstopping, luchtsloten) in het Ramspol-systeem werden toegeschreven aan het ontwerp: de complexe ondergrondse regelsystemen en verdeelstations (Kalisvaart, 1958). Vergelijkbare problemen zijn daarom onvermijdelijk bij de ondergrondse PVC-verdeelstations die nu op grote schaal in ons land worden geïnstalleerd; zie afbeelding 2.

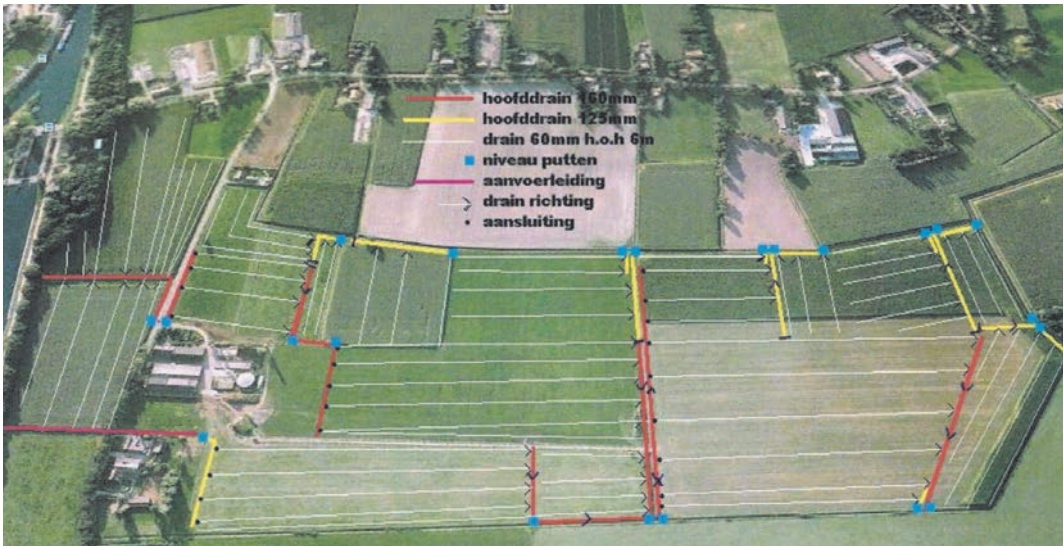
Ook meer recent is in ons land praktijkervaring opgedaan met subirrigatie via drainagesystemen, vooral op zandgrond; zie bijvoorbeeld afbeelding 3 (Buck e.a., 2012). Dit infiltratiesysteem dat voorzien was van een passieve waterinlaat vanaf het nabijgelegen Wilhelminakanaal zou anno 2022 worden geclassificeerd als 'drukdrainage'. Het ingelaten water bleek na twee jaar meten in droge perioden niet aantoonbaar tot hogere grondwaterstanden te hebben geleid. Een bij-

¹ Een nomogram is een tweedimensionaal diagram waarop de waarde van een wiskundige functie bij benadering kan worden afgelezen zonder dat er een berekening aan te pas komt; men heeft enkel een potlood en een liniaal nodig.



Afbeelding 2 Ondergrondse verdeelstations: links het samengestelde Ramspol systeem in de Noordoost-polder (1956) en rechts in Zuid-Holland (2019); zie <https://www.rps.nl/cases/450-kilometer-onderwater-drainage-remt-co2-uitstoot-in-veenweidegebied/>

komende domper: droge grond bleek waterafstotend. Zó erg zelfs, dat als een drain het contact met de grondwaterspiegel was kwijtgeraakt (her)bevochtiging van de omringende grond onmogelijk bleek. Deze water repellency is geen onbekend fenomeen. Deze en andere risico's en onvolkomenheden zijn geregeld gerapporteerd (Van Zeijts, 1986; Stuyt, 1998; Stowa, 2000), maar ontbreken in actueel voorlichtingsmateriaal (www.kennisprogrammabodemdeling.nl).

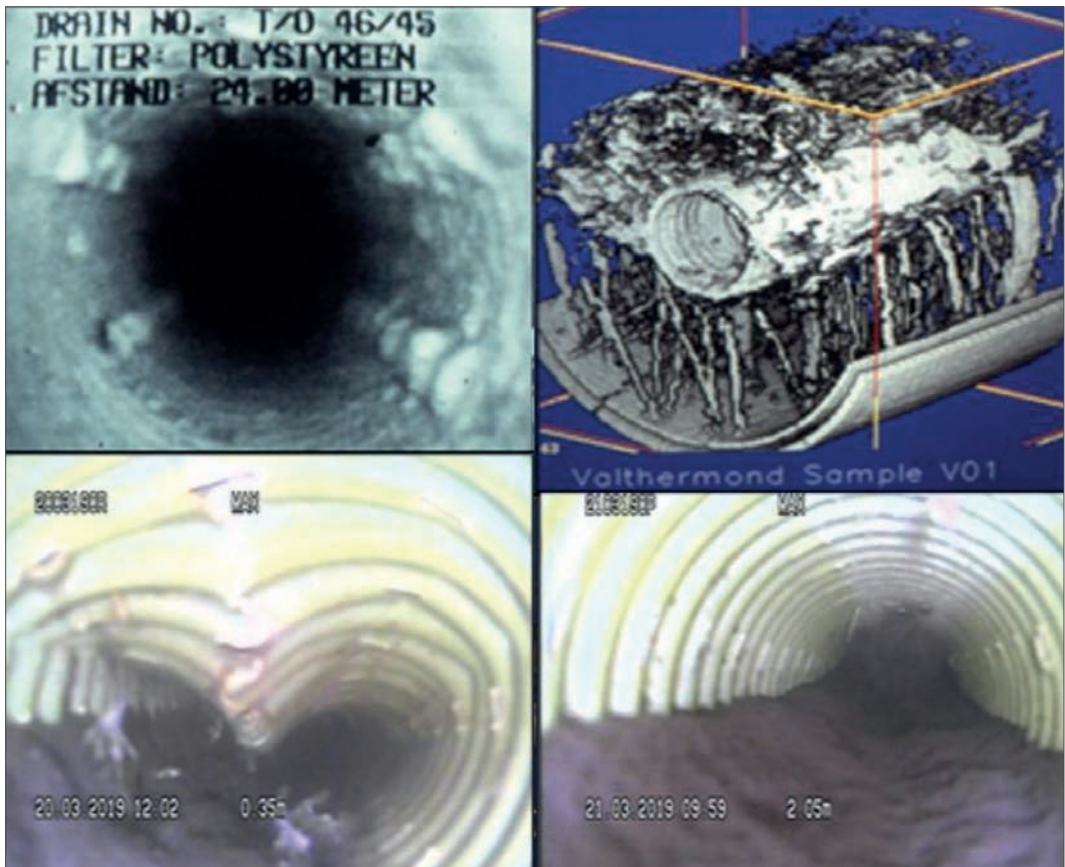


Afbeelding 3 Experimenteel systeem voor subinfiltratie ten zuidoosten van Tilburg (Haghorst), gevoed door water afkomstig uit het Wilhelminakanaal (Buck e.a., 2012)

Effecten van installatieomstandigheden

Drainage installeren onder natte omstandigheden leidt onvermijdelijk tot slechte resultaten en wordt daarom ontraden. Bij onstabiele gronden is het risico op verslemping vlakbij de nieuw geïnstalleerde drains, in dit geval transport van gronddeeltjes onder invloed van waterbeweging, te groot. De hydraulische door-

latendheid loopt hierdoor terug en de drainageweerstand neemt toe. Desondanks worden gronden met Gt I of II soms onder de grondwaterspiegel gedraineerd. Als waterverzadigde grond rondom de drains na zo'n installatie onvoldoende tijd krijgt om te stabiliseren betekent dit structuurbederf, met als gevolg een irreversibele afname van de hydraulische doorlatendheid rondom de drain, opbouw van zeer hoge hydraulische gradiënten en sterke inspoeling van bodemmateriaal.

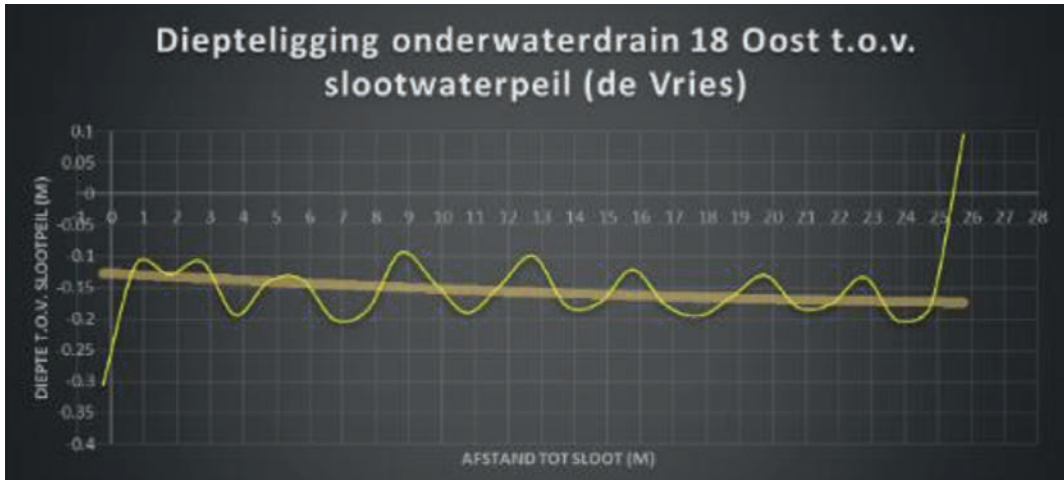


Afbeelding 4 Met de klok mee: Slecht doorlatende grond wordt onder hoge hydraulische gradiënten door buisperforaties een drain ingeperst; röntgenopname (CT) van macroporiën onder een drain, ontstaan door contacterosie (Stuyt, 1992); draininzanding, veroorzaakt door een losse mofverbinding; en een zogenoemde 'platligger'

Twee verschijningsvormen zijn beschreven: 1) drijfzandconditie: waterverzadigde, structuurloze grond wordt als vloeibare massa en via (omhulling en) buisperforaties de drain ingeperst, en 2) contacterosie: verzadigde grond stroomt met het drainagewater door (omhulling en) buiswand de drain in, waarbij rondom de drain macroporiën ontstaan. Daarnaast brengen video-inspectiesystemen geregeld ondergrondse beschadigingen als 'platliggers', losgetrokken 'klikmoffen' en omhullingsmateriaal aan het licht; zie afbeelding 4. Hierdoor kan de hydraulische capaciteit van de drainbuis ernstig worden verstoord of zelfs geblokkeerd. Gevolg: sterk teruglopende drainage en/of subinfiltratie.

Diepteligging en luchtsloten

Soms voldoet het verloop van de diepteligging van een geïnstalleerde drain niet aan voorgeschreven kwaliteitseisen; zie afbeelding 5. De diepteligging van deze drain varieert over de gehele lengte meer dan de halve inwendige buisdiameter (28 mm). De kans op luchtsloten is hierdoor aanzienlijk, vooral vlak achter de met het sloottalud weggezakte eindbuis, met als gevolg stromingsblokkades.



Afbeelding 5 Verloop van de diepteligging van een 60 mm drain. De eindbuis is met het sloottalud omlaag gezakt, het maximum verschil in diepteligging (eindbuis niet meegerekend) is met 110 mm aanzienlijk groter dan de buisdiameter. De onregelmatige diepteligging verhindert een goede werking; zie tekst.

Afwijkingen in diepteligging zijn helaas geen uitzondering, vooral in slappe veengrond. Zij houden verband met de rijsnelheid, het gewicht van de drainermachine en de feedback van de hydrauliek van de machine de op de variabele maaiveldhoogte en de mechanische weerstand van de ondergrond die de machine tijdens het rijden ondervindt. Na installatie soms nog gevolgd door het nazakken van geïnstalleerde buizen in slappe gronden en sloottaluds (Stuyt, 2013). Incidentele inspectie van in het kader van het Nationale Kennisprogramma Bodemdaling grootschalig geïnstalleerde systemen voor onderwaterdrainage geeft veel reden tot zorg. In veenweidegebieden blijken eindbuizen van onderwaterdrainages geregeld onvindbaar, zelfs van vrij nieuwe verzameldrains. Dat is geen verrassing: na installatie wordt zelden of nooit naar de systemen omgekeken. Eindbuizen raken bij het maaien van taluds van perceel-sloten vaak ernstig beschadigd, bewegen mee met omlaag zakkende taluds en verdwijnen daarbij soms onder de slootbodem. Maar deze eindbuizen waren wél de 'kranen' die slootwater in het bodemprofiel moesten inlaten om bodemdaling en de emissie van broeikasgassen af te remmen.

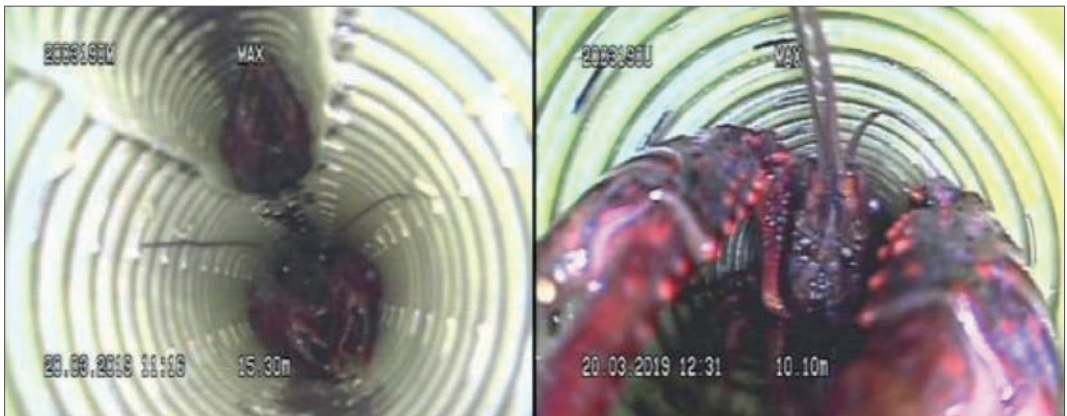
Verstopping en onderhoud van subinfiltratiesystemen

Rond 1960 werden uitgebreide infiltratieproeven gehouden op toenmalig proefbedrijf 'Vredepeel'. Bij infiltratie met oppervlaktewater werd ernstige vervuiling van drains geïdentificeerd als het dominante probleem. Het aangevoerde water voerde immers veelsoortige verontreinigingen mee en in het in de drains afge-

zette organische materiaal ontwikkelde zich vervolgens een flora van ondoorlatende afzettingen, gevormd door slijmvormende en ijzerbindende bacteriën. De werking van de infiltratiesystemen in Vredepeel begon hierdoor na twee jaar te verslechteren, onder andere wegens verstoppingen in de grond en de filters rondom de buizen (Hellings (1965) en Kouwe (1967)). Onlangs werden bij infiltratie van industrieel restwater (Bavaria) al na enkele weken vergelijkbare problemen gemeld (Bartholomeus e.a., 2018).

Het besef dat drainonderhoud voor goede werking onvermijdelijk is lijkt anno 2022 te zijn weggeëbd. De gebruikers beseffen niet dat hun systemen kwetsbaar zijn en onderhoud vergen. Er is ook niemand die ze hierop wijst. Integendeel: hun wordt verzekerd dat de levensduur van hun nieuwe systeem 30 jaar is (Wageningen-UR, 2021). Deskundige voorlichting hierover (Drainageconsulentschappen) die de, minder rooskleurige, feiten met gebruikers deelt is wegbezuinigd. Helaas is onderhoud ('doorspuiten'²) van de inmiddels wijdverbreide ondergrondse 'verdeelstations' (zoals in afbeelding 2) aanzienlijk ingewikkelder, tijdrovender en duurder dan van de conventionele enkelvoudige drainages, terwijl het hardnekkige probleem van de luchtsloten er niet mee wordt opgelost.

Blokkades worden ook veroorzaakt door Amerikaanse rivierkreeften die in ons land een ware plaag zijn geworden. Tijdens visuele inspecties in veenweidegebied in de Krimpenerwaard in 2019 bleken in 28 van de 44 onderzochte onderwaterdrains Amerikaanse rivierkreeften te zitten; zie afbeelding 6. Zij hebben in deze drains een aantrekkelijke biotoop gevonden maar verhinderen een goede drainage- en infiltratiewerking. De observaties in de Krimpenerwaard lijken geen incident.



Afbeelding 6 Amerikaanse rivierkreeften in drains in de Krimpenerwaard in 2019

² De term 'doorspuiten' (EN: drain jetting) valt anno 2022 in Nederland niet goed, en is daarom vervangen door 'schoonmaken'. Werkwijze en apparatuur zijn echter niet veranderd.

Meten is weten

Onderzoekers monitoren effecten van subinfiltratie via onderwaterdrains in veenweidegebieden in uitvoerige meetprogramma's. Als de 'dosis', te weten de infiltratieintensiteit aan de verdrongen drainuitmondingen, onbekend is hebben deze metingen echter weinig betekenis, want de infiltratiedrains zijn de 'kranen' waardoor veenbodems moeten worden vernat. Infiltratie kan alleen gemeten worden aan met debietmeters uitgeruste, zogenoemde 'drukdrainages', en dat is een kleine minderheid van alle systemen. Noodgedwongen suggesties van onderzoekers dat verdrongen uitmondingen van (verzamel)drains die 'los' in perceelstoten uitmonden 'wel goed zullen infiltreren' zijn speculatief, optimistisch en ongegrond. Als infiltratiedrains door vervuiling, beschadiging of verstopping geblokkeerd raken stopt het afremmen van de emissie van broeikasgrassen, als daar überhaupt al sprake van was (Radboud Universiteit, 2021). Gelukkig is speculeren over subinfiltratie via verdrongen drainuitmondingen verleden tijd omdat deze sinds 2020 wél kan worden gemeten. Tabois en Warrena (1964) hadden destijds de primeur van een primitieve debietmeter voor drainafvoeren uit 'verdrongen' drains (Van der Weerd en Visser, 1956), gevolgd door Van der Weerd (1976) met een geavanceerder model. Meting van infiltratiedebieten was in beide gevallen onmogelijk. Na de introductie van subinfiltratie in Nederlandse veenweiden groeide echter de behoefte aan dergelijke metingen. De technologie om dit te kunnen doen is sinds 2020 beschikbaar in de vorm van een mobiel meetinstrument, de EZ-FLO; zie Afbeelding 7.



Afbeelding 7 De FOURCE EZ-FLO in bedrijf op een veenweideperceel in augustus 2021

Op vier percelen werden in de zomers van 2020 en 2021 met de EZ-FLO metingen verricht; zie <https://fource-now.com/>. De EZ-FLO registreert bij en aan een $\varnothing 60\text{-}125$ mm verdrongen eindbuis de slootwaterstand h_s (cm), de diepteligging van de hartlijn onder de waterspiegel h (cm), de inwendige stijghoogte h_d (cm), het stijghoogteverschil $\Delta h = h_s - h_d$ (cm) en het infiltratiedebiet q_{inf} (mm/d), gegeven het areaal (m²) dat door de bewuste buis wordt bediend. Aansluitend is het aan de eindbuis opgelegde 'slootpeil' met successievelijk 20, 30 en 40 cm verhoogd, met gelijktijdige registratie van de resulterende infiltratiedebieten q_{inf20} , q_{inf30} en q_{inf40} (mm/d). Relevant is immers te weten hoe effectief het opzetten van slootpeilen voor subinfiltratie zou kunnen zijn. Na de metingen is het infiltratiedebiet door de eindbuis bij het huidige slootpeil q_{inf} bekend (mm/dag), en de infiltratiedebieten door de eindbuis bij verhoging van het slootpeil met 20, 30 en 40 cm: q_{inf20} , q_{inf30} respectievelijk q_{inf40} (mm/dag).

Tabel 1 Resultaten van EZ-FLO infiltratiemetingen aan verdrongen drainuitmondungen op vier percelen in 2020 en 2021. Voor verklaring, zie tekst.

locatie	drain	gemeten	∅ drain (mm)	areaal (m ²)	registraties bij huidig slootpeil			debiet door eindbuis bij verhoogd slootpeil		
					hartlijn eindbuis onder de water-spiegel h (cm)	slootpeil boven stijg-hoogte in eindbuis Δh (cm)	debiet door eindbuis q _{inf} (mm/d)	+20 cm q _{inf-20} (mm/d)	+30 cm q _{inf-30} (mm/d)	+40 cm q _{inf-40} (mm/d)
Vijfhuizen	3	juli 2020	80	1800	15	9	1,4	3,4	4,1	4,7
	4				11	8	1,4	3,7	4,5	5,2
	5				13	4	1,1	3,5	4,4	5,2
	6				20	8	1,3	3,2	3,8	4,5
Vinkeveen	3	juli 2020	125	10000	25	4	0,1	1,5	2,3	3,2
	4				22	11	0,7	2,5	3,6	4,8
	5				22	4	0,2	1,0	1,4	1,8
Zwartsluis	4	augustus 2021	60	1000	29	32	-	-	-	1,9
	13				25	27	-	-	0,5	2,1
	15				24	27	-	-	2,0	8,5
	19				18	21	-	-	1,1	3,1
Rouveen	8	augustus 2021	60	2000	16	19	-	-	1,0	3,6
	9				24	27	-	-	-	1,6
	13				22	41	-	-	-	0,1
	14				30	33	-	-	-	1,2

In Tabel 1 zijn de resultaten van metingen van de infiltrerende werking van twaalf gescreende onderwaterdrains en drie verzameldrains, verspreid over vier locaties, samengevat. Op elke locatie waren meer drains aanwezig, maar op geen enkele locatie konden alle drainuitmondungen worden teruggevonden. Sommige uitmondungen waren beschadigd waardoor de werking niet kon worden gemeten. De hier gerapporteerde drains vormen qua werkingsgraad een representatieve doorsnede. Samengevat blijkt de werking bij het huidige slootpeil, met uitzondering van Vijfhuizen, onder de maat. Factoren die, naast de eerder besproken storingen, een rol spelen zijn: te lage zomerpeilen, te grote drainlengtes en de gebruikte drainagematerialen.

Locatie 'Vijfhuizen' - De infiltrerende werking van deze drains blijkt al bij kleine Δh aanvaardbaar. Dit is goeddeels te danken aan de ruime dimensionering, te weten ∅80mm buizen (in plaats van de gebruikelijke 'zestigers'), voorzien van omhullingsmateriaal 'PP-1000', gecombineerd met schelpen.

Locatie 'Vinkeveen' - De hier aangelegde zogenaamde samengestelde systemen moeten 1 ha grote arealen van smalle veenweidepercelen van water voorzien via een ∅125mm eindbuis, een ondergrondse verdeelput en een serie

parallele $\varnothing 60\text{mm}$ drains. Het zomerpeil is echter te laag, waardoor een te kleine Δh aan de drainuitmonding (4 cm) over blijft. De werking is daardoor matig, wellicht ook omdat de interne hydraulische stromingsweerstand van deze samengestelde systemen te groot is om het gehele perceel van water te kunnen voorzien.

Locatie 'Zwartsluis' – Dit is een enkelvoudig drainagesysteem, bestaande uit 14 afzonderlijke 125m lange, $\varnothing 60\text{mm}$ drains, alle met een eigen eindbuis in de sloot. Prima diepteligging en dus Δh , maar aan geen enkele drainuitmonding werd infiltratie gemeten. De natte zomer van 2021 zal hier deels debet aan zijn. Na opvoeren van het slootpeil aan de drainuitmondingen bleek de infiltrerende werking echter beperkt en sterk te variëren. Drains die goed bleken te kunnen infiltreren deden dit pas bij irreëel hoge slootpeilen die soms even hoog waren als het omringende maaiveld.

Locatie 'Rouveen' – Hier was de drainwerking slechter dan op het nabijgelegen en qua omstandigheden vergelijkbare veenweideperceel 'Zwartsluis'. De drains zijn hier onaanvaardbaar lang (225m) en daarmee extra storingsgevoelig. Infiltratie blijkt alleen met irreëel hoge slootwaterstanden mogelijk.

Conclusies

De volgende conclusies zijn te trekken: De Nederlandse hydrologen die regionale en landelijke modellen ontwikkelen en toepassen hebben de essentiële wetenschappelijke drainagekennis die de afgelopen decennia is ontwikkeld niet of onvoldoende in de betreffende modellen verwerkt; Uit veldonderzoek blijkt dat de werking van buisdrainage, vooral bij subinfiltratie, minder goed is dan op grond van de theorie kan worden verwacht; De drainage- en infiltratiewerking van buisdrainage in regionale modellen wordt daardoor structureel als te effectief gemodelleerd; Dit heeft mogelijk grote gevolgen voor de beleidsadviezen die op de modelresultaten worden gebaseerd.

Hoe nu verder?

Drainage speelt een belangrijke rol in het Nederlandse waterbeheer en moet weer de aandacht krijgen die het verdient. Enkele suggesties voor urgente no-regret maatregelen: Beëindig de onterechte 'optimism bias' rond drainage: modelleer dus niet langer met 'ideale drains' maar met op veldwaarnemingen gebaseerde, geverifieerde drainageweerstand; Bezint eer gij begint: maak beter gebruik van de anno 2022 nog steeds onverminderd actuele drainagekennis die sinds WWII in Nederland en daarbuiten is ontwikkeld; Onderken de beperkte inzetbaarheid van de dure (€3000/ha), onbetrouwbare onderwaterdrainages en ga op zoek naar oplossingen en alternatieven; Heroverweeg de veronderstelde geschiktheid van veenweideinfiltratie als instrument om broeikasgasemissies en bodemdaling af te remmen; negeer niet langer de geregelde kritische signalen/artikelen/rapporten uit binnen- en buitenland;

Beëindig de installatie van de onderhoudsonvriendelijke 'verdeelstations' in onderwaterdrainages;
Organiseer het operationeel houden van (onderwater)drainages: onderhoud, verantwoordelijkheden, controle/handhaving.

Affiliatie Disclaimer

FOURCE (<https://fource-now.com>) staat onder leiding van Dr.Ir. L.C.P.M. Stuyt, die 42 jaar heeft gewerkt als drainageonderzoeker bij ICW, Staring Centrum en Alterra en WENr. Stuyt heeft in 2020 in eigen beheer het EZ-FLO meetinstrument ontwikkeld. Drijfveer: accurate en verifieerbare meting van waterstroming door verdronken uitmondingen van (verzamel)drains, bij drainage en infiltratie en met regelbare drooglegging.

Referenties

- Akker, J.J.H. van den** (2013) Pilot onderwaterdrains Krimpenerwaard; Alterra-rapport 2466.
- Bakel, P.J.T. van** (2013) Betekenis van Hooghoudt nog lang niet 'uitgehoud'; in: *Stromingen* 19, No. 2.
- Bartholomeus, R.P., A.H. van Loon en M.H.J. van Huijgevoort** (2018) Hergebruik van industrieel restwater voor de watervoorziening van de landbouw Praktijkproef subinfiltratie met gezuiverd restwater van Bavaria; Rapport 2018.089 KWR.
- Beers, W.F.J. van** (1979) Some nomographs for the calculation of drain spacings; Bulletin 8, ILRI, Wageningen.
- Buck, A.J. de, L.C.P.M. Stuyt en J.R. van der Schoot** (2012) Infiltratie via samengestelde regelbare drainage; Verslag van een praktijkproef op het bedrijf van René Vermeer te Haghorst, 2010 en 2011, PPO nr. 3250141000, PPO-Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten, Wageningen.
- Childs, E.C. and E.G. Youngs** (1958) The nature of the drain channel as a factor in the design of a land drainage system; in: *Journ. Soil Sci.* 9, 2:316-331.
- Cultuurtechnische Vereniging** (1988) Cultuurtechnisch Vademecum.
- Dierickx, W.** (1980) Electrolytic analogue study of the effect of openings and surrounds of various permeabilities on the performance of field drainage pipes; in: *Comm. of the Nat. Inst. for Agr. Eng.* 77, Merelbeke (België).
- Ford, H. W.** (1982) Estimating the potential for ochre clogging before installing drains; in: *Transactions of the ASAE* 25(6):1597-1600.
- Gaast, J.W.J. van der (2019) Veenweiden niet te redden met onderwaterdrainage; in: *V-focus*: 28-31.
- Hellings, A.J.** (1965) Het onderzoek op het Proefbedrijf Vredepeel; Nota 290 ICW, Wageningen.
- Hendriks, R.F.A.** (2013) Pilot onderwaterdrains Utrecht; Alterra-rapport 2479.
- Kalisvaart, C.** (1958) Subirrigation in the Zuiderzee Polders; Publication 2, ILRI, Wageningen.
- Kramer, M., P. Schipper en M.J.M. Visser** (2009) Waterwingebied Sint Jansteen; Grontmij.
- Kouwe, J.J.** (1967) Infiltratie op kavel 31 van de Stichting 'Proefbedrijf Vredepeel, Nota 379 ICW, Wageningen.

- Kroon, T.** (2017) Veranderingsrapportage LHM 3.3.0. Deltares.
- Massop H.Th.L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen** (2013) Buisdrainagekaart 2012; Alterra-rapport 2381.
- Massop, H.Th.L., P.J.T. van Bakel en P.G.B. de Louw** (2017) Maatgevende afvoer en maaiveldafvoer in waterschap Vechtstromen; Rapport 2839, WUR-WEnR.
- Naarding, W.H.** (1998) Persoonlijke mededeling.
- Radboud Universiteit (2021)** Kunnen onderwaterdrainage en infiltratie aan een duurzame emissiereductie bijdragen?; Technische rapportage project 'Monitoring veenoxidatiesnelheden en broeikasemissies PF 2016/165140, Nijmegen.
- Ritzema, H.P.** (1994) Drainage Principles and applications; Publication 16, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen.
- Schultz, E.** (1992) Waterbeheersing van de Nederlandse Droogmakerijen: in: *Van Zee tot Land* 58, Lelystad, ISBN 90-369-1087-0.
- Stowa (2000)** Onderhoud van drainageconstructies in waterkeringen; Compendium, Tauw BV, Deventer.
- Stuyt, L.C.P.M.** (1992) The water acceptance of wrapped subsurface drains; Proefschrift Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Stuyt, L.C.P.M.** (1998) Schade aan onderlopende buisdrainage; Literatuurstudie - State-of-the-Art – Onderzoeksvoorstel, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Stuyt, L.C.P.M.** (2013) Regelbare drainage als schakel in toekomstbestendig waterbeheer; STOWA Rapport 18, Alterra rapport 2317.
- Tabois, H.G. en L. Wartena** (1964) Drainafvoer onder water; in: *Tijdschr. Kon. Ned. Heidemij* 75,4:210-215.19 (2013)2.
- Waterschap Vechtstromen** (2020) Verbetering grondwatermodel Nieuwe Drostendiep; Concept V0.1.
- Weerd, B. van der en W.C. Visser** (1965) Een apparaat voor het meten van draïnebielen onder water en enkele op deze meting steunende resultaten; Verspreide overdrukken 34, ICW, Wageningen.
- Weerd, B. van der** (1976) Een registratie-unit voor drainafvoeren, grondwaterstanden, slootpeilen en neerslag; Verspreide overdrukken 184, ICW, Wageningen.
- Wageningen-UR** (2021) KWIN 2021-2022; Kwantitatieve Informatie Veehouderij. Handboek 45.
- Zeijts, T.E.J. van** (1986) Kwaliteitsbewaking drainagewerk; in: *Cultuurtechnisch tijdschrift* 26, nr. 3.

Summary: Controlled drainage in regional hydrological models, modelling and the field gap

Drained agricultural areas in the Netherlands comprise over 620.000 hectares (1.5 million acres). Conventional pipe drainage systems are designed to prevent groundwater levels which are too high, while controlled systems may also be used to increase groundwater through subirrigation. Given the crucial role of land drainage on regional water management it is of great importance to properly model (controlled) land drainage in regional simulation models. Given the limited awareness of model developers of relevant theory and geographical data associated with land drainage, this is not self-evident. This observation is substantiated on Hooghoudt's drain spacing equation. In addition, modelers are unaware of a variety of problems inherent in field drainage systems that may severely impact drainage performance. Fortunately, new technology helps

to diagnose drain failure. It is now possible to quantify flow rates through submerged drain outlets in field ditches using a dedicated tool, the EZ-FLO. This paper summarizes some results.

Auteurs

JAN VAN BAKEL
De Bakelse Stroom
jan.van.bakel@hetnet.nl

LODEWIJK STUYT
FOURCE
lo.stuyt@kpnmail.nl

