



Verkenning kwel-beperkende maatregelen voor grondgebonden kasteelt

Tussenrapport

Wim Voogt

Rapport GTB-1359

Referaat

Kwel of inzijging beperken de mogelijkheid van het hergebruik van drainagewater. Beperken of afvangen van de kwelstroom zou een oplossing zijn. Verkenningen zijn gedaan naar opties. Een tweede drainage-net onder het bestaande net, met een geavanceerd regelsysteem van onderbemaling is de beste optie. Technisch is het mogelijk, maar bij bestaande bedrijven te duur. Een andere mogelijkheid is de kwel te verminderen door (tijdelijke) verhoging van de grondwaterstand via een voorziening op het bestaande onderbemalingssystemen.

Abstract

Seepage of groundwater from elsewhere reduces the reuse possibilities of drainage water for soil grown crops. A review has been carried out to evaluate the possible solution for seepage reduction. A double drainage system is technically the best option, however due to existing infrastructure in greenhouses complicated and quite expensive. A second best option is the increase of groundwater levels by using some tools at the exhaustion pipe of the drainage pump.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1359

Projectnummer: 3742180913

PT nummer: 15006.01

Disclaimer

© 2015 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

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

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Grondgebonden teelten	9
	2.1 Kwel en inzijging	9
	2.2 Ontwatering	10
	2.2.1 Drainage	10
	2.2.2 Diep grondwater	10
	2.3 Typering en indeling grondgebonden teelt	11
3	Kwelbeperkende maatregelen	15
	3.1 Cultuurtechnische werken	15
	3.2 Aanpassing drainage	15
	3.2.1 Dubbele drainage.	15
	3.2.2 Ringdrainage	19
	3.2.3 Verhoging grondwaterpeil	19
	3.2.4 Kwelscherm	20
4	Praktische toepasbaarheid	21
	4.1 Knelpunten bij aanleg	21
	4.2 Reacties loonbedrijven	21
	4.3 Reacties van telers	21
5	Scenario's voor aanleg dubbele drainage	23
	5.1 Randvoorwaarden	23
	5.2 Bestaande bedrijven	23
6	Conclusie	25
	Literatuur	27
	Bijlage 1 Bedrijfstypen grondteelt	29
	Bijlage 2 Grondwatertrappen	33

Samenvatting

Voldoende ontwatering van de wortelzone is cruciaal voor de lucht- waterhuishouding in de bodem en daarmee voor succesvolle teeltresultaten op een glastuinbouwbedrijf. Veelal wordt drainage aangelegd op 80 – 90 cm diepte. Dit zorgt voor het opvangen van een beregeningsoverschot, (percolaat) uit de wortelzone, wat vervolgens kan worden hergebruikt. Een onderbemalingssysteem zorgt ervoor dat er een constant grondwater niveau heerst in de bodem. Echter hierdoor wordt de grondwaterstand kunstmatig verlaagd en in veel gebieden in Nederland geeft dit aanleiding tot kwel of inzijging van grondwater met een herkomst van elders. Soms bevat dit water een hoge EC door Na, Cl of SO_4 en is door het hoge zoutgehalte het drainagewater niet of minder geschikt voor hergebruik. In een groot aantal gevallen is ook het volume drainagewater te groot. Dit ontstaat door bijvoorbeeld veel regenval in de omgeving waardoor het grondwater stijgt, of bijvoorbeeld door verhoging van het waterpeil van oppervlaktewater in de buurt (rivierafvoer). Er is dan soms meer kwel dan er gietwater benodigd is. De oorzaken hebben te maken met geohydrologische situaties en zijn niet door het bedrijf zelf te beïnvloeden.

Een verkenning is gedaan naar de mogelijkheden de gevolgen zo klein mogelijk te maken. Een extra drainage net, wordt geplaatst onder- en op voldoende afstand van het eerste net. De afvoer van beide systemen wordt apart opgevangen en verwerkt. Cruciaal is dat het grondwater rond het bovenste net wordt gehandhaafd. Dit kan via een systeem met kleppen waarbij de uitstroom van beide netten wordt geregeld. Aanleg is echter gecompliceerd in bestaande bedrijven, vanwege de aanwezige infrastructuur en de beperkte inzet van machines die op grotere diepte kunnen aanleggen.

Een andere optie is de installatie van een voorziening op het bestaande drainagesysteem, waarmee de grondwaterstand – tijdelijk- kan worden verhoogd. In een geavanceerde versie kan dit systeem regelbaar worden gemaakt. Aanleg is betrekkelijk eenvoudig, nadeel is dat verhoging van de grondwaterstand beperkt mogelijk is vanwege de teeltsituatie.

Gezien die complicaties bij de aanleg en daarmee samenhangend de hoge kosten is aanleg van een tweede drainagesysteem praktisch niet uitvoerbaar.

1 Inleiding

Er is sprake van een redelijk stabiel areaal van circa 1700 hectare grondgebonden kasteelt. Omschakeling naar substraatteelt is voornamelijk niet aan de orde, daarnaast is biologische teelt a priori grondgebonden. Bij de grondgebonden glastuinbouw is bij veel teelten sprake van een bemestingsoverschot én een beregeningsoverschot. Hergebruik van drainwater via het drainagesysteem met onderbemaling is dan een van de mogelijkheden. Echter dit is alleen mogelijk voor bedrijven met een grondwaterstand binnen de diepte van het drainagesysteem. Bovendien is het voldoen aan die voorwaarde geen garantie dat hergebruik ook daadwerkelijk mogelijk is. Kwel en inzijging vanuit omringend oppervlaktewater kunnen zorgen voor a) teveel water; met name in het regenrijke donkere halfjaar kan er meer drain zijn dan ingezet kan worden of zelfs meer dan er überhaupt beregend wordt, of b) de EC of concentratie zouten beperkt de inzet van drainwater. Spui van drainwater op oppervlaktewater (of riolering) is dan de enige mogelijkheid.

Hergebruik van drainagewater, zoals is bedoeld in het 'Activiteitenbesluit' wordt slechts beperkt toegepast, in gebieden die gevoelig zijn voor kwel. Het volume water via het drainagesysteem wordt opgevangen is vanwege die hoeveelheid slechts gedeeltelijk te gebruiken. Meestal valt de hoge waterstand in de omgeving (rivieren, regenval) ook samen met perioden van juiste geringe waterbehoefte van de teelt (herfst, winter). Bij het spuien van drainagewater zal het percolaat uit de kasgrond, veroorzaakt door een beregeningsoverschot, geloosd worden. Hierin zitten nutriënten (N en P) en restanten van gewasbeschermingsmiddelen. Indien de kwelstroom gescheiden kan worden van de percolaatstroom, waarbij de laatste hergebruikt wordt, is een sterke verbetering van de nutriëntenefficiëntie mogelijk en tevens minimaliseert men de emissie van nutriënten en van gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater.

In het verleden zijn er wat studies verricht naar de mogelijkheid kwel apart af te vangen en te lozen, via een tweede drainage-net met een geavanceerd onderbemaling (van der Krogt en Regteren, 1994; Hamaker en Bloemhard, 1995). Om de haalbaarheid en effecten te kunnen beoordelen is aanvullend onderzoek nodig. De volgende onderzoeksvragen moeten beantwoord:

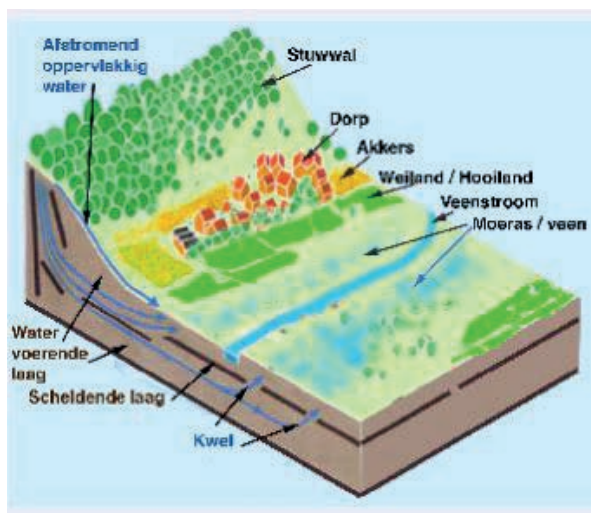
- Onder welke voorwaarden is hergebruik mogelijk (kwalitatief en kwantitatief)
- Is het technisch haalbaar de kwelstroom naar het drainagesysteem in kassen fysiek grotendeels te scheiden of te beheersen door middel van eerder voorgestelde technieken?
- Welke mogelijkheden zijn er om ondanks aanwezigheid van kwel, emissie te minimaliseren en hergebruik te maximaliseren?
- Wat zijn de financiële consequenties?
- Zijn er teeltkundige beperkingen?
- Wat is het effect hiervan op de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen?

Dit rapport betreft een tussenrapport over kwel-beperking, in het kader van een meerjarig project gericht op de optimalisering van hergebruik van drainagewater bij grondgebonden teelt.

2 Grondgebonden teelten

2.1 Kwel en inzijging

Op een glastuinbouwbedrijf komen in de bodem een aantal waterstromen voor die verschillen in herkomst en de mate van beïnvloeding door het bedrijf of teeltmaatregelen. Kwel en inzijging zijn stromen die voornamelijk door invloeden van buitenaf worden bepaald. Kwel en inzijging zijn beide waterstromen in het grondwater (de verzadigde zone in de bodem) die ontstaat als er tussen twee locaties een verschil is in grondwaterstand. Door dit hydrostatische drukverschil zal er water gaan stromen, het grondwater verplaatst zich naar lager gelegen posities. De doorlatendheid (weerstand) van de bodem en de afstand zal bepalen hoe snel dit water zal stromen. De doorlatendheid is afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond en die bepaalt welke weg het grondwater volgt. In de ondergrond zijn lagen waarin water makkelijk verplaatst, de watervoerende pakketten, daartussen liggen moeilijk doorlaatbare lagen, de water-scheidende lagen. Kwel ontstaat bijvoorbeeld door de druk van grondwater in hoger gelegen gebieden, waar door regenval het grondwater stijgt ten opzichte van lager gelegen gebieden (vb. Veluwe of Utrechtse heuvelrug t.o.v. West-Nederland). Via het complex van gelaagde ondergrond zakt water vanuit de hogere terreinen in de richting van de Valleien (Figuur 2.1). Hier komt grondwater door onderbrekingen in de scheidende lagen naar de oppervlakte als kwelwater. Ook hoger gelegen oppervlaktewater zoals plassen, meren, boezemwateren zullen door het drukverschil water laten stromen naar lager gelegen (polder-) gebieden. Soms is dit periodiek, zoals bij de grote rivieren die soms een sterke verhoging ten opzichte van normaal kunnen hebben. We spreken van inzijging als dit principe zich op korte afstand voordoet en als er sprake is van een drainagesysteem. Er kan bijvoorbeeld inzijging optreden vanuit een sloot met een hoger slootpeil dan de draindiepte die een perceel omringt. Omdat de bodem in Nederland gelaagd is van opbouw en de doorlatendheid sterk kan verschillen, kan de waterstroom in een diepere laag soms sterker zijn dan in een bovengrond. Dit doet zich duidelijk voor bij klei op een zand of grindlaag. Afhankelijk van de dikte van een bovenlaag, of ook van andere storende lagen in de bodem kan de eventuele kwelstroom soms pas over grotere afstanden merkbaar zijn, als ter plekke de afsluitende laag dunner is. Dit soort "wellen" veroorzaken natte plekken in een perceel. Als via een drainaanleg de afsluitende laag dunner wordt, of wordt doorbroken, kan de kwelstroom daardoor sterk worden geactiveerd.



Figuur 2.1. Dwarsdoorsnede van een heuvel landschap met kwel via watervoerende lagen.

2.2 Ontwatering

2.2.1 Drainage

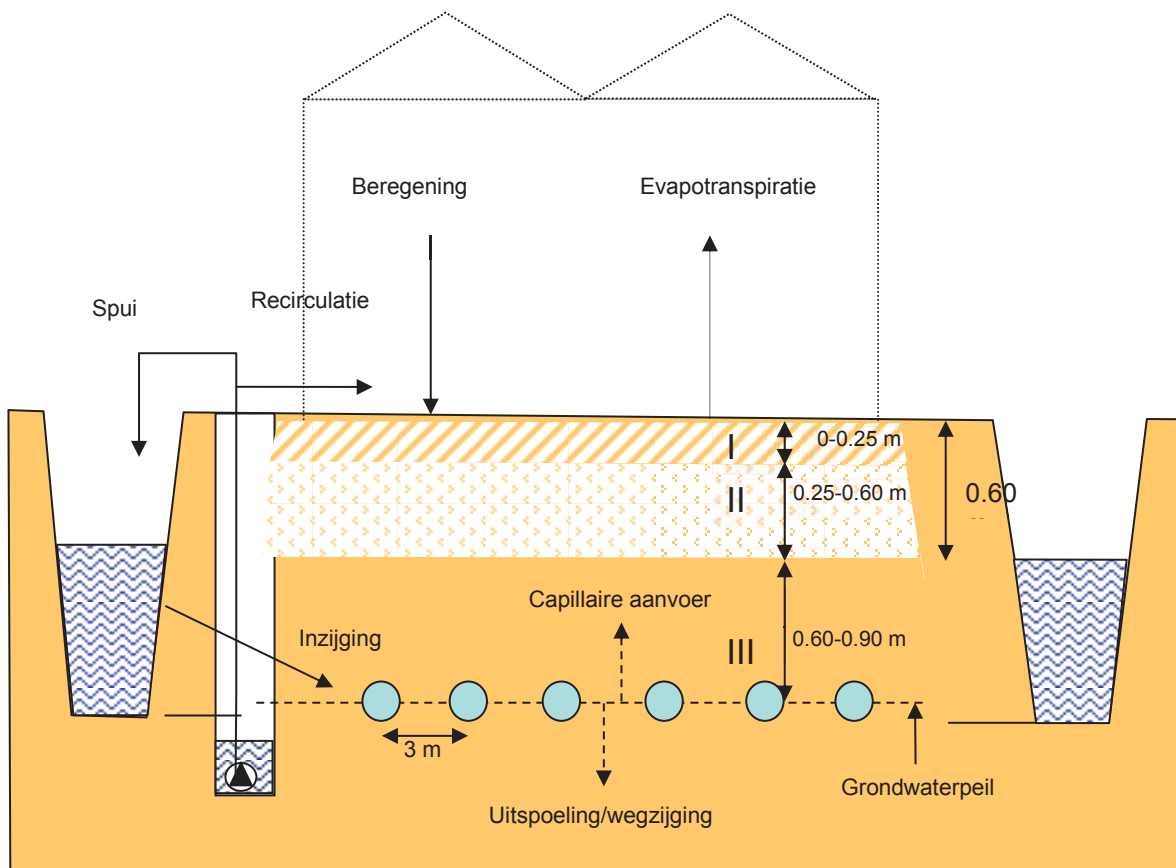
Een van de belangrijke randvoorwaarde voor een geslaagde de teelt is voldoende ontwatering van de wortelzone. Dit is van belang voor de luchthuishouding en zuurstofvoorziening van wortels en het bodemleven. Een te hoog grondwaterpeil levert enerzijds een te laag luchtgehalte voor de wortelactiviteit, maar geeft ook een te koude bodem. Daarbij is ook belangrijk dat de verzadigde zone, ofwel het grondwaterpeil constant blijft, om te voorkomen dat wortels die in een droge perioden dieper zijn gegaan, in een verzadigde, dus zuurstofloze omgeving terecht komen. Te hoge en wisselende grondwaterstanden maakt het gewas gevoeliger voor bodemziekten. Door neerslag, verdamping, kwel en een aantal andere invloeden is de grondwaterstand in een gebied nooit constant. In de zomer is deze het laagst en in de winter het hoogst; men spreekt dan van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en van een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Deze zijn meestal kenmerkend voor een gebied en bodemtype en zijn voor Nederland ingedeeld in zogenaamde grondwatertrappen (Bijlage II). Via bodemkartering en andere informatie is dit in kaart gebracht voor Nederland via de grondwatertrappenkaart. De ervaring leert dat minimaal 50 a 60 cm drooglegging door een drainagesysteem noodzakelijk is. Gebruikelijk is echter dat drainage dieper wordt aangelegd, dieptes van 80 – 85 cm, vaker nog op 90 – 100 cm. Om een stabiele situatie te krijgen en omdat in het verleden doorspoelen van kasgrond noodzakelijk was, wordt een drainafstand van 3.20 (oude vakmaat in kassen) of tegenwoordig 4m toegepast. Een deel van de glastuinbouw ligt in gebieden met in de omgeving een hoger waterpeil. Er wordt dan een gesloten drainagesysteem toegepast met onderbemaling (Figuur 2.2). Door de onderbemaling en de hoge waterstand van het oppervlaktewater (slootwaterpeil), vindt horizontale verplaatsing plaats van het water uit de sloot naar onder de kas (inzijging). Ook kan er water worden aangevoerd vanuit het diepere grondwater door waterdruk vanuit verder weg gelegen hogere gebieden of oppervlaktewater (kwel). Daarnaast kan er tussen de drains uitspoeling of wegzijging optreden, indien het sloot- of polderpeil (periodiek) lager is dan het drainageniveau.

In de glastuinbouw zijn zand, zavel en lichte- tot matige ware klei zijn de meest voorkomende grondsoorten. Veengronden volgens het systeem van bodemclassificatie komen in de glastuinbouw slechts sporadisch voor. In de meeste gevallen zijn het wel moerige bodems, die vallen in de klassen venige klei / zand of kleilig veen.

2.2.2 Diep grondwater

In het oosten en zuidoosten van Nederland is de grondwaterstand dieper dan ca 1 m. Op deze bedrijven is geen drainagesysteem aangelegd of, als dat wel het geval is, is dit is niet werkzaam. De vochtvoorziening is volledig afhankelijk van beregening, de bijdrage van capillaire opstijging is verwaarloosbaar of volledig afwezig. Deze bedrijven liggen vrijwel uitsluitend op zand- en leemhoudende zandgronden. De grond op deze bedrijven is gevoeliger voor uitdroging, er wordt frequenter en meer water gegeven dan bij overeenkomstige bodemtypen met ondiep grondwater.

Een overzicht van de typering van bedrijven is weergegeven in Bijlage 1



Figuur 2.2 Schematisch overzicht van de waterhuishouding op een glastuinbouwbedrijf.

2.3 Typering en indeling grondgebonden teelt

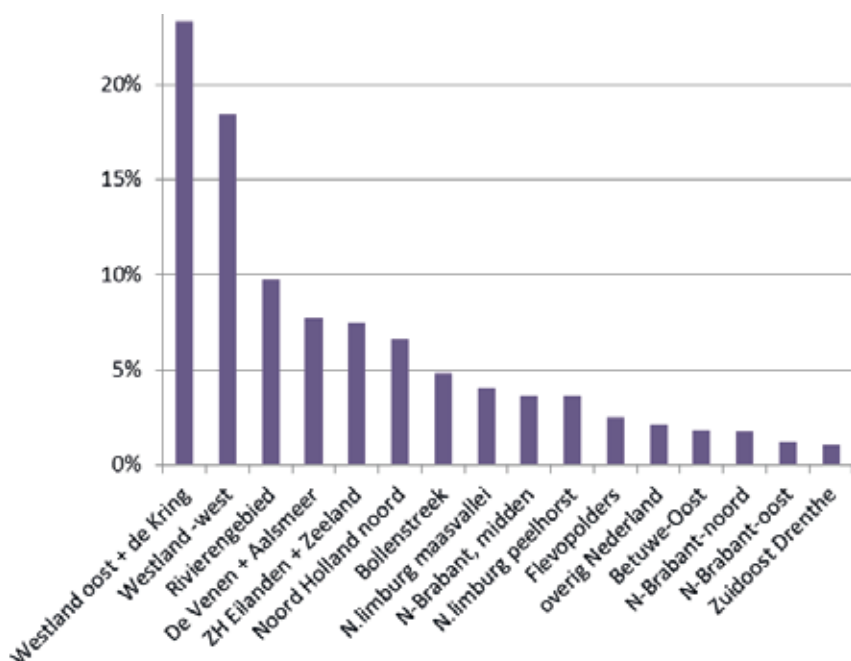
Uit een eerder uitgevoerde inventarisatie van grondgebonden teelten in Nederland blijkt dat grondteelt in alle tuinbouw gebieden van Nederland voorkomt. Momenteel bedraagt dit met ca 1700 ha naar schatting 17 ca % van het totale areaal. Gegevens zijn ontleend aan de database van CBS (Statline, 2015). Voor de categorie overig groente en overig snijbloemen is een schatting gemaakt voor resp. de grondgebonden teelten van sla, radijs en kleine groentegewassen (aannname 80 % van totaal overig glasgroente) en voor grondgebonden snijbloemen zoals zomerbloemen en overige snijbloemen (80 % van areaal overig snijbloemen). Het areaal biologisch is geschat op 100 ha (Bron Bionext).

Tabel 2.1

Areaal van grondgebonden teelten in Nederland (Bron CBS statline; met correcties voor overige glasgroenten, 80 %; overige snijbloemen 80 % en schatting voor areaal biologische teelt)

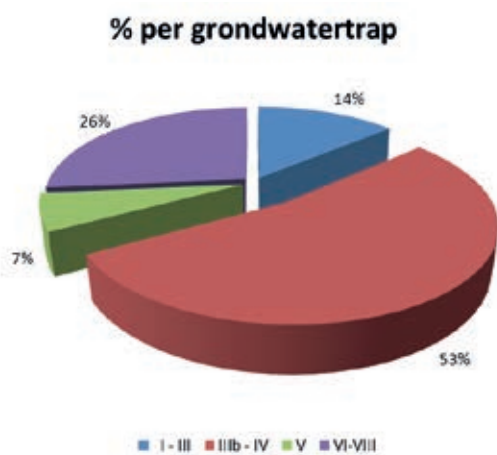
	grondgebonden teelten		
	2000	2013	2014
Alstroemeria	119	54	50
Amaryllis	86	64	57
Bloemzaden	-	30	29
Chrysanten	774	479	475
Lysianthus	79	40	39
Fresia's	220	97	86
Lelies	274	189	171
Overige glasgroenten	564	337	325
Overige snijbloemen	507	346	372
Biologische teelt	50	100	100
	2673	1737	1703

Een belangrijk deel van het areaal grondteelt ligt in de gebieden Westland -west en Westland-oost + De Kring. Bij elkaar is dit ruim 30 % van het totaal. Andere belangrijke gebieden zijn: het Rivierengebied; de Zuid-Hollandse eilanden; de Venen + Aalsmeer en Noord-Holland-noord. Bij elkaar omvatten deze genoemde gebieden 73 % van het areaal grondteelten (Tabel 2.2). Opvallend is dat in een beperkt aantal gebieden grondteelt relatief sterk vertegenwoordigd is soms het groots aandeel in het totale areaal glas heeft. Dit is het geval in Rivierenland en de Bollenstreek (meer dan 60 %), in Westland-west, Betuwe-oost en Noord-Holland-noord (ca 40 %). In enkele gebieden is grondteelt slechts beperkte aanwezig, zoals in Noord Brabant-oost en Zuid-Oost Drenthe. Chrysant is met ca 500 ha verreweg het belangrijkste gewas dat in de grond wordt geteeld. Alleen het areaal snijbloemen overig is met ruim 600 ha groter, maar deze categorie bevat dan ook een groot scala aan gewassen.



Figuur 2.3 Verdeling van het areaal grondgebonden glastuinbouwbedrijven over de regio's in Nederland.

Bedrijven met teelt in kasgrond kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld; naar grondsoort of bodemtype, gewas, gebied, etc. Vanwege de problematiek rond emissieroutes, met name het onderscheid tussen uitspoeling naar grondwater of – via drainage- naar het oppervlaktewater, zijn criteria opgesteld op basis waarvan bedrijven kunnen worden getypeerd (Voogt, 2008). Het onderscheid is te maken op basis van de hydrologische situatie in de ondergrond en het ontwateringssysteem. Primair geldt het type ontwatering en als tweede de grondwatertrappen. Er is gebruik gemaakt van de grondwatertrappenindeling van Alterra, zoals gehanteerd in de bodemkaart van Nederland. In Bijlage I is de indeling opgenomen. Uit een inventarisatie van de verdeling van glastuinbouwbedrijven over postcodegebieden en de bijbehorende grondwatertrappen is becijferd welke GWT er vooral voorkomen. het blijkt dat 14 % van het areaal voorkomt in gebieden met hoge grondwaterstanden (I-III) en daarmee een hoog risico op kwel of inzijging hebben. Het overgrote deel komt voor in gebieden met een grondwaterstand rond 1 m, met een laag risico op inzijging. het voorkomen van periodieke kwel is echter niet op de GWT-kaart af te lezen, omdat dit incidenteel van karakter is. Bovendien kan door de aanleg van het drainagesysteem, kwel versterkt worden doordat dit systeem dieper komt te liggen dan de natuurlijke grondwaterspiegel en kwel als het ware geactiveerd wordt.



Figuur 2.4 Verdeling van het areaal glastuinbouwbedrijven over de grondwatertrap: hoog grondwater met kans op inzijging I-III, 'normaal' grondwater, met kleine kans op inzijging en wegzijging (IIIb – IV), vrij diep grondwater met grote kans op wegzijging(V) en diep grondwater (VI-VIII).

3 Kwelbeperkende maatregelen

3.1 Cultuurtechnische werken

Bij nieuw in te richten gebieden voor tuinbouw zou mogelijk grootschalige aanpak van kwelproblemen uitgevoerd kunnen worden. Te denken valt aan verdichting van de ondergrond, of het aanbrengen van een weerstand verhogende laag, tot zelfs een vloeistofdichte laag, damwand-constructies etc. Dit valt echter buiten de scope van deze opdracht, waarbij op bedrijfsniveau (bestaand en nieuw) wordt gefocust.

3.2 Aanpassing drainage

Er zijn een aantal ideeën voor aanpassing van het huidige drainagesysteem of - regime, waardoor de kwelstroom zoveel mogelijk wordt gescheiden van de percolaatstroom en separaat afgevoerd, c.q. hergebruikt, dan wel dat de kwelstroom sterk wordt beperkt.

3.2.1 Dubbele drainage.

Deze mogelijkheid is eerder verkend in de jaren '90, in het kader van de toenmalige discussie rond het behoud van de grondteelt. Vanuit het proefstation voor de glastuinbouw, Alterra en het DENAR project zijn suggesties en ideeën uitvoerig tegen het licht gehouden en bediscussieerd met telers (de Veld, 1994). Het idee is als volgt:

Er worden twee drainagestelsels aangelegd, op twee dieptes; waarbij het bovenste stelsel de percolaatstroom opvangt, de onderste de kwelstroom. De onderlinge verticale afstand moet echter substantieel zijn. De reden is dat stroming in de verzadigde zone via hyperbolische lijnen verloopt. Bij een te korte afstand zal er gemakkelijk vermenging van beide waterstromen plaatsvinden. Uit voorlopige schattingen komt een afstand van 20 cm als minimum naar voren. Beide stelsels bevinden zich in het grondwater en zijn elk op een apart afvoersysteem aangesloten. Het bovenste systeem heeft een vrije uitstroming op een verzamelput, het onderste systeem stroomt uit via een verhoogde uitstroomopening (Figuur 3.1). Het bovenste net zal voornamelijk het bovenste grondwater afvoeren, verondersteld mag worden dat de percolaatstroom uit het bodemprofiel daarin terechtkomt. Het onderste systeem zal het water ter hoogte van het onderste net afvoeren; aangenomen mag worden dat dit voornamelijk de kwelstroom zal zijn. Essentieel voor de werking van het systeem is dat het bovenste net in de verzadigde zone blijft, anders voert het systeem geen water af. Daarom is een weerstand door een verhoging van de uitstroomopening van het onderste net een absolute randvoorwaarde. Afhankelijk van de weerstand in de verschillende grondpakketten (de verzadigde doorlatendheid) zal de flow naar elk van beide netten bepaald worden door de hydraulische druk op het grondwater. Deze is afhankelijk van de hydrologische situatie ter plaatse en zal enerzijds bepaald worden door de hoeveelheid percolaat (beregeningsoverschot) uit het bovenliggende bodemprofiel en het freatisch vlak wat daardoor ontstaat. Anderzijds uit de hydrostatische druk vanuit de omgeving (poldersloot, omliggende percelen) en door kwel vanuit verder weg gelegen oppervlaktewater (rivier) of hogere gebieden. Het drainagewater in het bovenste net zal voor het grootste gedeelte bestaan uit het percolaat afkomstig uit de bovenliggende teeltlaag. Hierin zitten de oplosbare nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen die via uitspoeling onder de bewortelbare zone komen. Hiervan is echter alleen sprake indien er beregeningsoverschot is. Door het bovenste net wordt dit zoveel mogelijk apart opgevangen en vervolgens hergebruikt. Het kwelwater wordt op deze manier grotendeels afgevangen en op het oppervlaktewater geloosd.

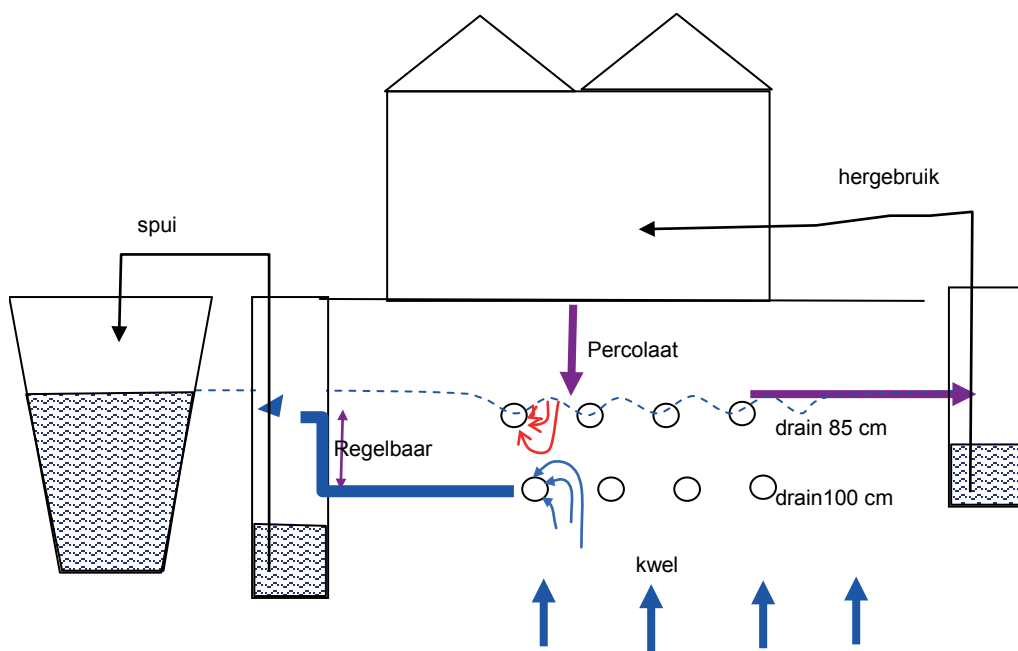
Bij het toenmalige DENAR project is door studenten een model gebouwd om een en ander te toetsen (Krogt en Rechters, 1994). De resultaten van dit schaalmodel waren hoopgevend, er bleek een goede scheiding mogelijk. Echter door de kleine omvang, de vulling met zand als teeltmedium en de configuratie van de drainslangen was er kritiek door deskundigen. Vanwege andere prioriteiten en geringe belangstelling van de telers en ook vanwege onduidelijkheid over de beheersbaarheid van het systeem is het nooit tot een verdere uitwerking en een praktijktest gekomen.

Theoretisch

De flow van beide netten kan theoretisch benaderd worden uit de gegevens over de hydrostatische druk ter plaatse en een weerstand. Deze weerstand kan worden gezien als een functie van de verzadigde doorlatendheid ter plaatse en de dimensies van de doorstroomde lagen. Met wiskundige formules zijn hiervoor berekeningen mogelijk, waarbij de formule van Hooghoudt en stromingsvergelijkingen van Darcy en de regel van Ernst kunne worden toegepast. In het kader van deze bureaustudie wordt dit geheel vereenvoudigd in de weergaven van de simpele vergelijkingen in Figuur 3.2. Stroming in de verzadigde zone hebben een gebogen vorm en convergeren naar een afvoerpunt (drainage). Het gevolg daarvan is dat percolaat, uitkomend in het midden van twee drainslangen, een stromingspatroon heeft dat vanuit het midden van een freatisch grondwatervlak naar de drainage een cirkel beschrijft met de grootste diameter en dus de langste weg aflegt. Dit geldt ook voor de kwelstroom, maar dan van onderaf. Ergens in het midden van de laag tussen beide drains zal een mengzone plaatsvinden van beide watersoorten. Hierbij zal menging ook afhangen van verschillen in temperatuur en zoutgehalte. In theorie zal het nooit tot een volledige scheiding kunne leiden van beide waterstromen. Echter praktisch gesproken zal dit wel voor een belangrijk gedeelte kunnen. Veel zal afhangen van de configuratie (horizontale en verticale afstand en diepte t.o.v. maaiveld) van beide netten.

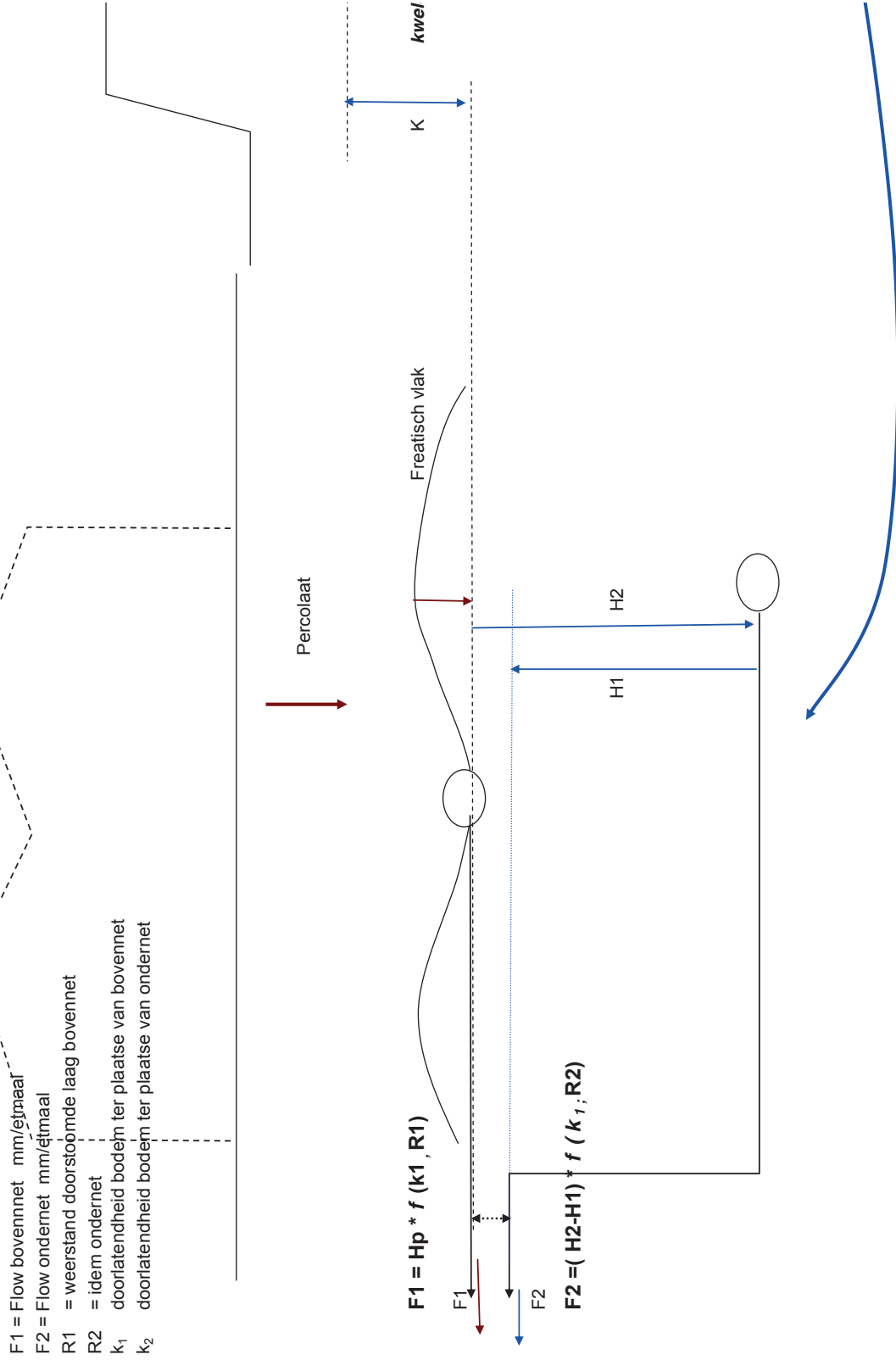
Innovaties

Een belangrijke verbetering aan bovengeschetst concept zal kunnen worden bereikt door het niveau van de uitstroomopening flexibel en regelbaar te maken. Immers het debiet uit het onderste net kan door wijzigingen in de kweldruk variëren, evenals de percolaatstroom, door variaties in beregeningsoverschot. Door de flow van F2 (zie figuur 3.3) te regelen, kan de kwelflow worden geoptimaliseerd. Het meest eenvoudige is om op de uitstroomopening van F2 een elektrisch bedienbaar magneetklep te maken om de waterstroom te reguleren. Hierbij zal dan de uitstroomopening onder het niveau van F1 moeten liggen om te garanderen dat er potentieel altijd een flow van F2 opgewekt kan worden. In extreme gevallen kan de flow van F2 nul worden gemaakt. Voor een optimalisering is sturing van F2 gewenst. Dit kan op basis van een aantal parameters, die dan uiteraard ook gemeten dienen te worden. Dit zijn achtereenvolgens de flow van F1 en de grondwaterstand, eventueel aangevuld met de EC waarden van F2 en F1 en vochtgehalten op bijvoorbeeld 60, 40 en 20 cm diepte. Aanvullend kan ook een modelberekening van het beregeningsoverschot worden gemaakt, of een lysimeter. Deze parameters zijn allemaal elektronisch meetbaar en kunnen worden gekoppeld aan de (klimaat-)computer. Hierop zal dan een regelalgoritme moeten worden geïnstalleerd. Dit algoritme moet nog worden ontwikkeld, maar enkele gedachten hierover zijn het volgende: Als de grondwaterstand lager wordt en tendeert richting een bepaalde instelbare minimum waarde moet F2 volledig naar 0 worden geregeld (geen drainage uit onderste net). Dit is nodig om wegzijging te voorkomen. De gemeten vochtgehalten op de drie diepten kunnen daarbij een aanvullende rol spelen. Als de grondwaterstand stijgt, of ook als de vochtgehalten onderling vergeleken een stijgende tendens vertonen naar signaalwaarden, zal de flow van F2 verhoogd moeten worden tot in het uiterste geval de maximale stand. Hierbij zijn ook de gemeten EC waarden van belang, om te signaleren of de kwel stroom het bovenste net bereikt. In dat geval kan de flow F2 verder opengezet worden omdat het systeem het kennelijk niet aankan. Het is denkbaar dat de flow ook geregeld wordt op een berekend beregeningsoverschot, zodat nooit veel méér water afgevoerd wordt via F1 dan berekend.



Figuur 3.1 Schematische weergave van een systeem met dubbel drainagenet

schematische weergaves hydrostatische druk en flow



Figuur 3.2. Schematische weergaven van drukverdelingen flow bij hetsysteem met dubbele drainage.

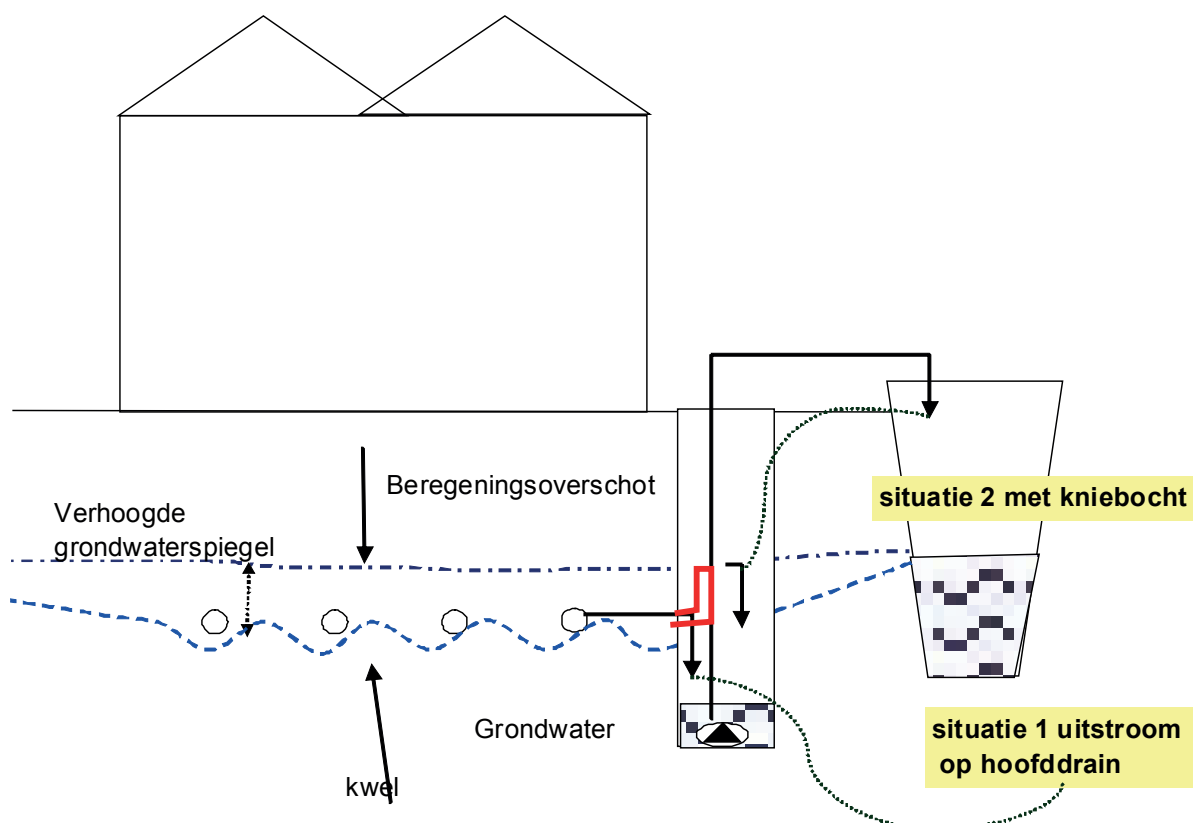
3.2.2 Ringdrainage

Een ringdrainage al of niet buiten de kasgevels aangelegd, zou ervoor kunnen zorgen dat water vanuit de omringende watergangen apart kan worden opgevangen en afgevoerd. In dat geval wordt alleen het zogenaamde inzijgende water worden opgevangen en zal de kwelstroom niet of nauwelijks worden beïnvloed. Een beperkte praktijkproef in de jaren '90 op een bedrijf in 's Gravenzande leverde echter geen aanwijzingen dat het systeem ook daadwerkelijk werkt. Uit de beperkte set gegevens, waaronder analysecijfers bestond de indruk dat de ringdrainage in dat specifieke geval vooral percolaat uit de kas ontving. Hoogstwaarschijnlijk werkt de inzijging minder direct via de slootwand, maar meer via de slootbodem over wat grotere dieptes. Voor een uitgebreidere beschrijving zie Hamaker en Bloemhard (1995).

3.2.3 Verhoging grondwaterpeil

Meestal wordt op glastuinbouwbedrijven tot op een flinke diepte van 85 – 100 cm ontwaterd. Hoe dieper de ontwatering, hoe groter de kwelstroom, een logisch gevolg van het verlagen van de weerstand (doorstroomde laag) en verhoging van de hydrostatische druk tussen de bron (rivier) en afvoerniveau (drain). Andersom geldt dat bij een verhoging van de grondwaterstand de kwelstroom afneemt, door het verlagen van de hydrostatische druk. Bij reeds aangelegde drainagesystemen is dit mogelijk door de reeds eerder genoemde knie-bocht (Figuur 3.3). Deze methode wordt reeds jaren met succes toegepast bij de radijsteelt op de geestgronden in het Westland, waar men vooral in de zomermaanden beperkt wil beregenen. Door verhoging van de grondwaterstand tot meestal ca 55 cm is op deze zandgronden door de capillaire werking voldoende vochtanvoer. Toepassing op de veelal zware kleigronden in de Bommelerwaard zal beperkt mogelijk zijn. Vermoedelijk is een ontwateringsdiepte van 60 a 65 cm nodig om problemen met een te natte bovengrond te voorkomen.

Vermindering van de drainagediepte bij nieuwe in te richten percelen zal overigens een groter effect hebben dan alleen verhoging van de ontwateringsdiepte, aangezien de kleilagen in de ondergrond (60 – 100 cm) meestal zwaar zijn en een dichte structuur hebben. Dit zal de weerstand van de doorstroomde laag sterk verhogen.



Figuur 3.3 Geschematiseerde voorstelling van de situatie met een verhoogde grondwaterspiegel door het aanbrengen van een kniebocht op de uitmonding van de hoofddrain.

3.2.4 Kwelscher

Verhoging van de weerstand van de doorstroomde laag zou kunnen worden bereikt door het aanbrengen van een scherm, c.q. damwand langs de rand van het perceel. In de jaren '90 heeft HHS Delfland een studie laten verrichten naar kwelschermen en andere kwelbeperkende maatregelen, waaruit dit zou blijken. Om praktische-uitvoeringstechnische bezwaren is het nooit tot een proef gekomen. Overigens is het maar zeer de vraag of dit in de Bommelerwaard zal helpen, omdat de kwelstroom door de diepere pleistocene zandlagen gaan die zich onder de kleiafzettingen bevinden.

4 Praktische toepasbaarheid

4.1 Knelpunten bij aanleg

De ideeën hiervoor geschetst zijn voorgelegd aan twee loonbedrijven die drainagesystemen aanleggen en een viertal telers. Hierna volgt een bloemlezing uit de reacties.

4.2 Reacties loonbedrijven

Bij voorlegging van de ideeën was de algemene reactie dat dubbele drainage technisch haalbaar zou moeten zijn. Daarbij werden een aantal praktische aspecten genoemd waarmee moet worden gerekend. In bestaande kassen kan met sleuvengravers, c.q. drainagemachines tot op 1.25 gedraineerd worden. Aanwezigheid van een hijsverwarming is wel lastig, maar als het net tot 2.25 omhoog kan zou het geen problemen geven. Het graven van een (of twee) drainputten moet dan wel eerst gebeuren, vanaf de put wordt eerst een hoofddrain aangelegd, en vervolgens vanaf de hoofddrain drainageslangen. Bij een lopende chrysantenteelt zijn er beperkingen, per keer kan dan maar één vak worden aangelegd, waarbij telkens de hoofddrain een stukje wordt verlengd en de drainageslangen per vak worden aangekoppeld. Het geheel duurt dan 10 - 12 weken (afhankelijk van de snelheid van een teeltcyclus). Extra zorg moet besteed aan de invoer van de hoofddrain op de put, extra afdichting is noodzakelijk vanwege de waterdruk van het grondwater. Wellicht moet voor de aanleg ter plekke een bronnering worden uitgevoerd. Eventueel onder water moeten aanleggen is geen probleem. Normaal wordt een drain met een helling van 1 ‰ aangelegd, dit kan ook verlaagd naar 0.5 ‰. Voor een diepe drain die onder water ligt kan eventueel ook horizontaal worden gedraineerd. Drainage in de kaplengte, zoals stoomdrainage wordt tegenwoordig vaak op 2 a 2.4 m aangelegd. Diepe drainage haaks erop legt men meestal aan in een dichtheid van één per vak, dus 1 per 4.5 á 5 m. Een enkele keer ook wel op een vaste afstand van 3.5 m, waarbij de eis van een vast aantal strengen per vak wordt losgelaten.

Bij bestaande bedrijven is de situatie zeer complex. In de eerste plaats moet rekening gehouden met een bestaande drainage, of de combinatie met een stoomdrainage. In enkele gevallen zijn beide systemen haaks op elkaar aangelegd. Het is dan alleen mogelijk parallel aan het bovenste systeem aan te leggen, uiteraard tot maximaal de diepte van het onderste systeem. Vooral de aanwezige infrastructuur van leidingen en kabels zal een behoorlijk knelpunt vormen ivm de beperkte inzet van de sleuvengraver en het los- en aankoppelen van de leidingen. De knelpunten zijn te overkomen, maar zullen naar verwachting extra kosten met zich mee brengen.

4.3 Reacties van telers

Algemene reactie

De reactie van telers op het idee van een dubbele drainage was wisselend. Enkele telers waren negatief, met name vanwege praktische problemen bij de aanleg. Een enkeling zag ook de meerwaarde niet in vanwege de te bereiken effecten. Anderen waren wel positief en zagen dit als een reële mogelijkheid iets aan de kwelproblemen te doen.

Installatie technische aspecten

Toepasbaarheid op een bestaand bedrijf acht men nauwelijks uitvoerbaar. Als reden noemt men de vaak al geïnstalleerde drainagesystemen, de infrastructuur op het bedrijf en het feit dat bij chrysant alleen gefaseerd kan worden aangelegd. Ervaring met sleufloos drainage aanleggen zijn negatief. De ondergrond is meestal een zware textuur en versmering van de tunnelwand zorgt voor een slecht functionerend systeem.

Infrastructuur

Op de meeste moderne chrysantenbedrijven heeft men een transporttunnel in het hoofdpad geïntegreerd. De diepte hiervan is vaak 60 - 70 cm. Verhoging van het grondwater peil mag er niet toe leiden dat deze onder water gaat komen.

Hellingshoek

Drainage wordt meestal onder een hellingshoek van 1 ‰ aangelegd. Bij aanleg is van stoomdrainage is essentieel dat dit ook strak gebeurt, zonder verzakkingen. Bij aanleg van een dubbel net zou dit een probleem kunnen vormen. Bij lange lengtes en een tegengestelde hellingshoek zouden ze te dicht bij elkaar kunnen komen.

Hydrologische aspecten

Nadrukkelijk werd gemeld dat kwel soms zeer lokaal is in een perceel. Bij gebruik van dubbele drainage bestaat de kans dat een groot deel van het systeem niet nauwelijks kwelwater afvoert, terwijl op de kwelplekken de druk dusdanig groot is dat het onderste net niet voldoende capaciteit heeft en een deel van het kwelwater toch via het bovenste systeem afvoert.

Onvoldoende scheiding

Men vraagt zich af of door een dergelijk systeem de waterstromen voldoende gescheiden kunnen worden.

Teeltechnische aspecten

Stoomperiode

Voor en tijdens het stomen moet de grondwaterstand tot op flinke diepte zoals gebruikelijk drooggelegd kunnen worden. Het systeem moet zo flexibel zijn dat dit ook inderdaad kan.

Grondbewerking

Diepe grondbewerking wordt op sommige bedrijven gedaan. Diepspitten tot 60 cm of een woelpoot of mengwoeler tot grotere diepten. Dit laatste kan alleen bij in de aangelegde (stoom-)drainage. Het aanleggen van een extra net mag dit niet beperken.

Voldoende laagdikte

Verhogen van de grondwaterspiegel is maar beperkt mogelijk. Volgens sommige telers is 70-80 cm absoluut noodzakelijk, andere denken dat 60 cm ook wel haalbaar is.

Milieuwinst

Opgemerkt werd dat de milieuwinst gering is. Door de hoge kwelstroom is er een dermate grote verdunning dat de concentraties aan N en P en eventueel gewasbeschermingsmiddelen zeer laag zijn. Ook inzijging is soms een groot probleem, dat wordt met dit systeem niet opgelost.

5 Scenario's voor aanleg dubbele drainage

5.1 Randvoorwaarden

Aanleg van een dubbel drainage net is pas zinvol en of mogelijk als aan een aantal randvoorwaarden wordt voldaan:

1. In de eerste plaats zal het opgevangen kwelwater moeten worden afgevoerd, hetzij geloosd op een sloot of op een riool. Hierbij mag er kwalitatief of kwantitatief geen probleem ontstaan. Bij lozing op het oppervlaktewater moet de chemische kwaliteit dusdanig zijn dat het voldoet aan de normen voor de KRW, of op zijn minst dat dit geen verslechtering geeft van de huidige kwaliteit. Ook kwantitatief moet de lozing op het systeem, dit qua hydraulische belasting aankunnen. Bij lozing op het communale systeem zou dit een knelpunt kunnen vormen.
2. In de tweede plaats moet de grondwaterstand in het gebied, of in het bijzonder op het perceel, dusdanig zijn dat het bovenste net ook tot op het grondwater kan worden aangelegd. Hierbij geldt dat het hoogste punt van het drainagesysteem op het niveau moet liggen van de GLG. De reden is dat wegzijging zoveel moet worden voorkomen, omdat anders toch percolaat vanuit de teeltlaag in het onderste net terecht kan komen. Bij een GLG van meer dan 80 a 85 cm zal het onderste net op ruim 1 m diepte moeten liggen. Er zal ergens een grens zijn waarbij het niet meer kosteneffectief is.
3. Hergebruik van drainagewater moet een reële optie zijn voor het bedrijf. Dit betekent dat het water kwalitatief geen beperkingen mag hebben (zoutgehaltes) of ook dat er fytosanitair gezien geen redenen zijn hergebruik te vermijden
4. Een eventueel bestaande drainagesysteem (zie 5.2) zal aangesloten moeten zijn op een centrale drainput. Bij vrije drainage op een diepe sloot is koppeling aan een hoofddrain met afvoer op een put nodig. Echter in dat geval zal het systeem ook niet voldoen aan randvoorwaarde 2 en is het systeem niet zinvol

5.2 Bestaande bedrijven

Voor bestaande situaties moet rekening gehouden worden met de infrastructuur en de teeltsituatie. Alleen bij sommige teelten is sprake van een geheel lege kas op enig moment. Vaak wordt continu doorgeteeld met regelmatige zaaisels (radijs) of plantingen (sla, chrysant), zodat aanleg in fases zal moeten gebeuren. Daardoor is aanleg alleen mogelijk in de lengterichting van de kas. Wat betreft de infrastructuur moet rekening gehouden met leidingen zoals de hoofdaanvoer van de verwarming (deze ligt op moderne bedrijven meestal diep in de grond en onder het drainniveau), de CO₂ hoofdleiding (ondieper en flink op afschot), elektriciteit kabels, wateraanvoer etc. Bij aanleg moet dit eerst nauwkeurig in kaart worden gebracht. Vervolgens moet bij de aanleg de drainsleuf telkens onderbroken worden ter plekke van een leiding en met een graafmachine op maat gemaakt, waarbij ook de drainslang ontkoppeld en met een mof weer aangekoppeld moet worden.

De hoofddrain, met afvoer op een bemalingsput zal haaks op de drain moeten worden aangelegd. Bij gefaseerde aanleg zal deze hoofddrain telkens een stukje moeten worden verlengd. Begonnen zal moeten worden bij de put zelf, of het punt waar de hoofddrain in de put eindigt.

Bij kassen met een betonpad in het midden zal elke drainslang niet verder dan tot aan het middenpad kunnen reiken. Aanleg onder het middenpad is te kostbaar. In dat geval zijn twee hoofddrains aan beide zijden van het bedrijf noodzakelijk. Al of niet koppeling van beide hoofddrains op één verzamelleiding met put zal per geval moeten worden bekeken.

Hierna worden een aantal mogelijke scenario's besproken:

Geen drainage aanwezig

Dit is veruit het eenvoudigste systeem, beide netten kunnen dan op de gewenste diepte worden aangelegd. Het enige waarmee rekening moet worden gehouden is de bestaande infrastructuur op het bedrijf en de teeltsituatie

Enkele drainage boven GLG

Deze drainage voert geen of slechts gedeeltelijk drainagewater af en voldoet niet aan voorwaarde 2. Aanleg is niet zinvol (bedrijfstype 4)

Enkele drainage op GLG

Als de drainage is aangelegd op GLG of dieper, met een onderbemaling kan een tweede net parallel aangelegd worden op ca 20 cm dieper dan het eerste net, met aansluiting op een aparte put. Belemmeringen zijn de infrastructuur zoals hierboven besproken. Aanleg van de hoofddrains kan gecompliceerd worden, omdat deze onder de bestaande drains doorkruist. In sommige gevallen is er net ruimte de bestaande drain en de buitengevels. Anderzijds is te overwegen deze buiten de kas aan te leggen en de laterale drains onder de gevel door te trekken.

Enkele drainage onder GLG

Als hiervoor beschreven, maar de GLG in de omgeving is altijd hoger dan het grondwater niveau in de kas. In dat geval is te overwegen een drainagenet boven het onderste aan te leggen. Dit kan alleen als er voldoende "ruimte" is, dat wil zeggen dat het bovenste net na aanleg voldoende contact heeft met het grondwater.

Drainage op GLG met stoomdrainage er boven

In dit geval zal de stoomdrainage nooit water kunnen afvoeren en is er alleen een werkend systeem van dubbele drainageafvoer te krijgen als een derde net wordt aangelegd onder het onderste net. De vraag is of dit qua aanleg wel realiseerbaar is.

Drainage onder GLG met stoomdrainage er boven

Afhankelijk van de situatie ter plekken van de grondwaterstanden is dit de beste situatie. Bij percelen waar de GLG niet te laag is, en het stoomdrainagenet niet te hoog ligt kan dit als een afvoer drain gaan functioneren. Het stoomdrainagenet kan dan worden gebruikt om het percolaat af te voeren terwijl het onderste net de kwelstroom kan opvangen. Voorwaarde is dan wel dat het drainagenet tot op het grondwater komt te liggen. Deze situatie doet zich alleen voor als GLG in de omgeving zo hoog is en het bedrijf onderbemaling toepast om het grondwaterpeil in de kas te verlagen. Het bedrijf zal dan bereid moeten zijn het peil in de kas te verhogen door het peil van de onderbemaling – door middel van de verstelbare uitstroomopening – te verhogen. In deze situatie is alleen aanleg van een tweede put, waarop dan de stoomdrainage wordt aangesloten en het systeem voor de regelbare kwelafvoer nodig.

Alleen stoomdrainage

Op sommige bedrijven is geen drainafvoer voor ontwatering aangelegd, maar wel een stoomdrainage. Afhankelijk van de grondwatersituatie is dan te overwegen toch een ontwateringsdrainage aan te leggen op grotere diepte. Dit heeft echter alleen zin als de stoomdrainage ook wel water afvoert, dus op of onder GLG ligt.

6 Conclusie

Kwelwater belemmert op glastuinbouwbedrijven het hergebruik van drainagewater. Volgens de grondwatertrappenkaart en de match met postcodes en CBS gegevens is dat een groot deel van de grondteeltbedrijven van het type 3b en 4 is, dat wil zeggen dat los van eventueel aanwezige kwel, wegzijging in de zomer een probleem kan vormen.

Het is niet mogelijk een kwantitatief beeld te geven van het areaal kwelgevoelige glastuinbouw, aangezien de gevoeligheid voor kwel sterk regionaal wordt bepaald en afhankelijk is van lokale omstandigheden. De gegevens hierover zijn niet voorhanden.

Van de genoemde kwelbeperkende maatregelen is de dubbele drainage het meest veelbelovend. Dit kan echter maar op een deel van de bedrijven worden toegepast. Belangrijk voor het functioneren en de effectiviteit richting de emissies is dat de GLG in de omgeving niet onder het drainniveau daalt, omdat dan wegzijging optreedt.

Met een dubbele drainage kan de kwelstroom in ieder geval voor een deel worden weggevangen. Belangrijk is dat het lozen van dit kwelwater geen andere lozingsproblemen mag veroorzaken.

Een beperking van dubbele drainage is dat het systeem niet universeel is, vooral voor bestaande bedrijven zal maatwerk nodig zijn. Verder is de sturing complex, er is nog geen ervaring met een dergelijk systeem opgedaan. Ook is het niet ondenkbaar dat plaatselijke verschillen erg groot zijn die ook binnen een kas een grote variatie geven.

Aanleg van een dubbel systeem op bestaande bedrijven, hoewel technisch niet geheel onmogelijk, met name bij chrysanten is zeer lastig. Er zijn fors aantal beperkingen, met name ten aanzien van de diepte en de reeds aanwezige infrastructuur. Het is geheel is daardoor dermate kostbaar dat het vrijwel uitgesloten is.

In enkele gevallen kan het aanwezige stoomdrainage-net een functie vervullen en is aanleg betrekkelijk eenvoudig.

Literatuur

Emmerik, P van , 1995.

Denar's Solide Finish. CD Rom, Vreugdenhil producties, Delft

Hamaker, Ph en Bloemhard, C.

Inzijinging nog moeilijk te voorkomen. Groenen +Fruit, vakdeel glasgroenten, 1995 nr 43, 20-21.

Krogt van der, H.J., Rechteren, J., 1994.

Dubbele drainage kan uitkomst bieden. Vakblad voor de Bloemisterij 33, 42-43

Veld, P. de, 1994.

Verslag van een bijeenkomst vanwege verkenning mogelijkheden dubbele drainage, subcommissie Chrysant.
Niet gepubliceerd.

Voogt, W., Sterk, F., Vermeulen, T., 2007.

Teelt in kasgrond; Nederland 2007. Rapport Wageningen UR glastuinbouw, 44 pp.

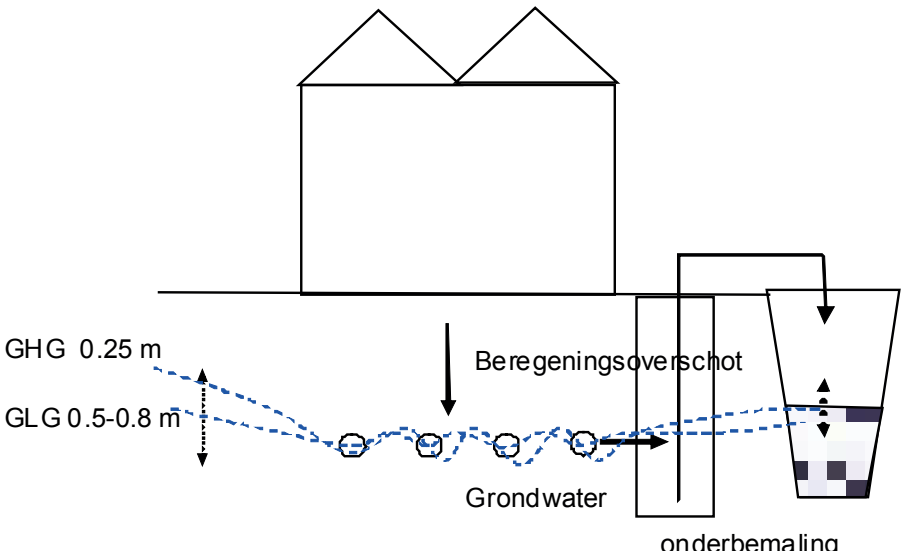
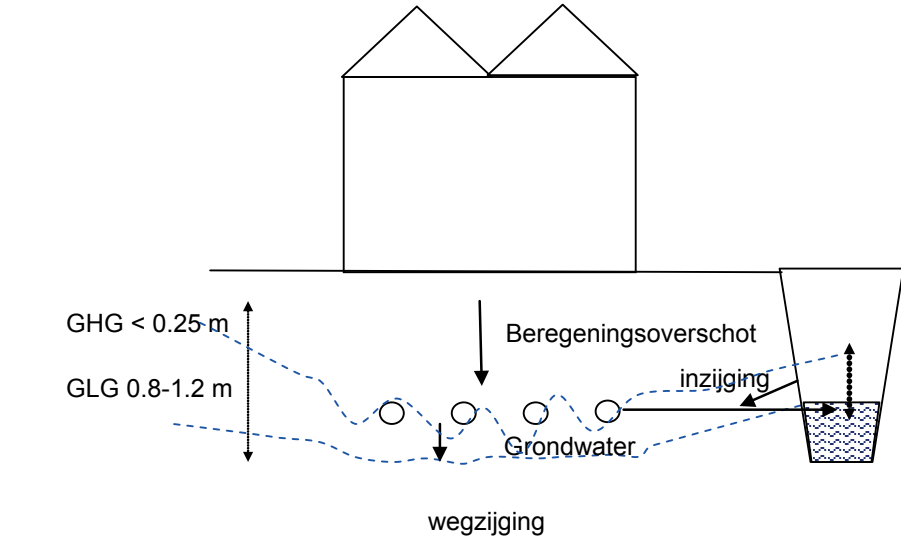
Voogt, W., 2008.

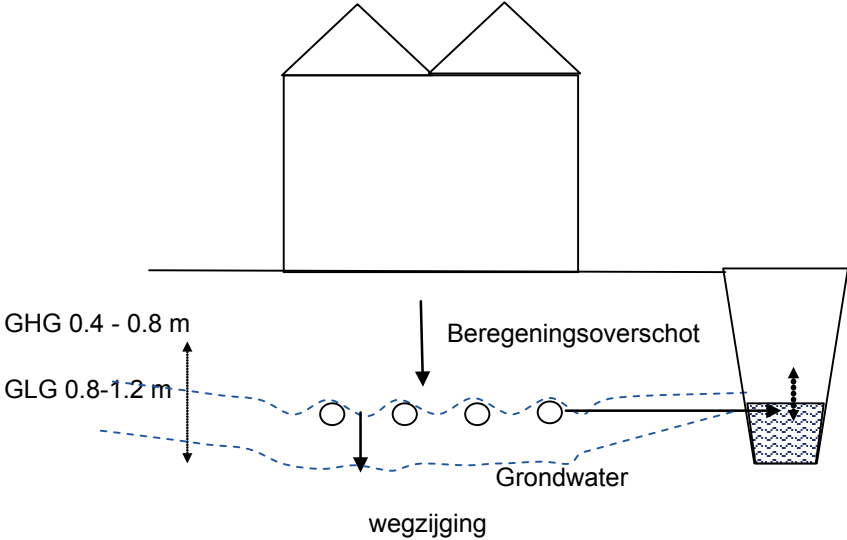
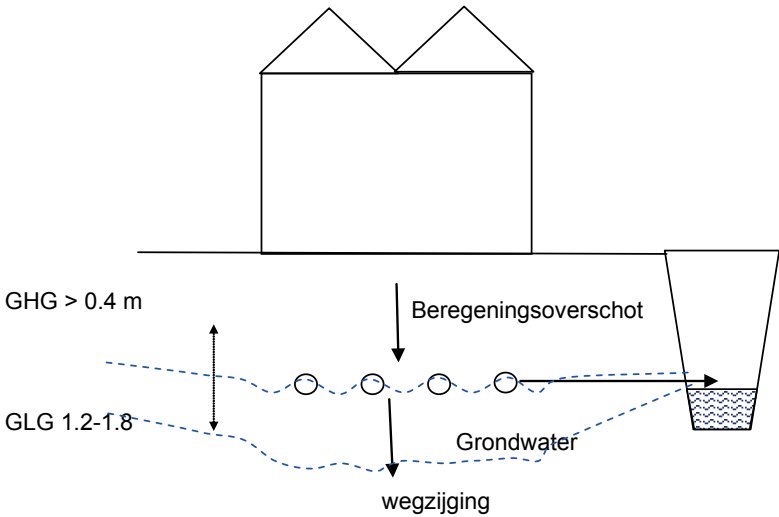
Visie op grondteelt, Rapport, Wageningen UR glastuinbouw , 29 pp.

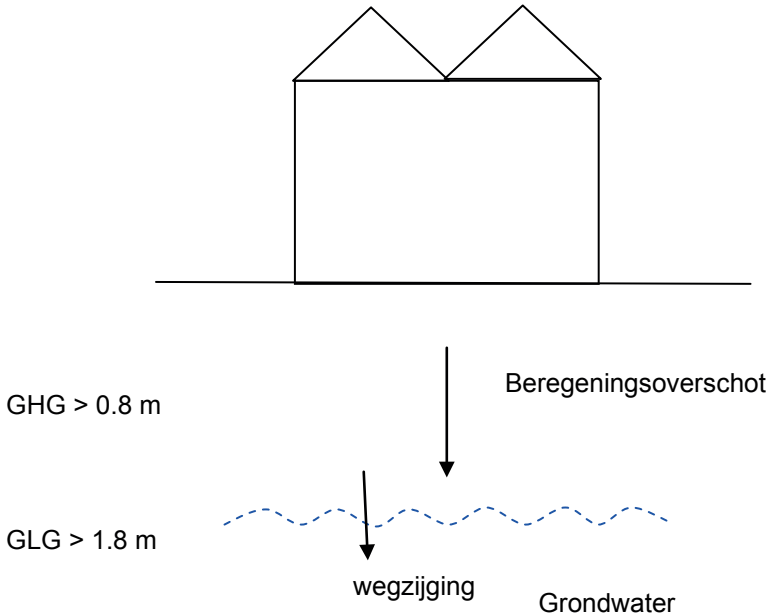
Bijlage 1 Bedrijfstypen grondteelt

Bedrijven met teelt in kasgrond kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld; naar grondsoort of bodemtype, gewas, gebied, etc. Vanwege de achterliggende problematiek van de emissieroutes: uitspoeling naar grondwater of naar oppervlaktewater, is een sjabloon opgesteld op basis waarvan bedrijven kunnen worden getypeerd. Het oogmerk was hierbij een onderscheid te maken naar enerzijds de emissieroute en anderzijds de hydrologische situatie in de ondergrond. Primair is het indelingscriterium het type ontwatering. Hiervoor is gebruik gemaakt van de grondwatertrappenindeling van Alterra, gehanteerd in de bodemkaart van Nederland (zie bijlage 2). Ter verduidelijking wordt deze sjabloon aan de hand van een aantal figuren en typeringen in onderstaand overzicht toegelicht. Tevens wordt aangegeven bij welke grondwatertrappen deze indeling aansluit. Van een aantal gehanteerde begrippen is in bijlage 1 een nadere omschrijving gegeven.

Beschrijving	Figuur
Type 1 Het 'natuurlijke' grondwaterpeil in de omgeving is hoog tot zeer hoog, in sommige perioden tot binnen 25 cm onder het maaiveld. Er is altijd onderbemaling aanwezig. Door het hoge slootpeil is de kans op inzinging erg groot. Een variant op dit type is er een waarbij ook kwel optreedt. Grondwatertrappen GT I, II Emissie volledig op oppervlaktewater.	1 The diagram illustrates the groundwater situation for Type 1. It shows a cross-section of the ground with a house on the surface. Below the ground level, there are two dashed lines representing groundwater levels: the upper one is labeled 'GHG < 0.25 m' and the lower one is labeled 'GLG < 0.5 m'. A vertical arrow indicates the distance between these two levels. To the right, a vertical line represents a drainage ditch or canal, with a label 'Beregeningsoverschot' (irrigation surplus) pointing to it. Below this line, there are several small circles representing 'Grondwater' (groundwater). An arrow labeled 'inzinging' (infiltration) points from the ditch into the ground. Another arrow labeled 'onderbemaling' (under-irrigation) points from the ditch into the ground. A third arrow labeled 'kwel' (seepage) points from the ground into the ditch. The entire diagram is labeled with the number '1' in the top left corner.

Beschrijving	Figuur
Type 2 Vergelijkbaar met type 1, maar het grondwater in de omgeving is weliswaar gemiddeld binnen de bewortelingszone, maar lager dan bij 1. Onderbemaling is altijd aanwezig. De kans op inzijging is gering. Kwel kan voorkomen Grondwatertrappen GT II (gedeeltelijk) en I Ib Emissie volledig op het oppervlaktewater.	2 
Type 3a Het grondwater in de omgeving bevindt zich gemiddeld binnen de bewortelingszone en kan sterk fluctueren. Bedrijven hebben onderbemaling of, in dieper ontwaterde polders, soms een open drainagesysteem op een naastgelegen sloot. Bij hoge slootpeilen (winter) treedt inzijging op en bij lage slootpeilen/ grondwaterstanden (zomer) kan enige wegzijging optreden Kwel is mogelijk Grondwatertrap Gt IIIa Emissie nagenoeg volledig op het oppervlaktewater. Geringe emissie naar grondwater	3a 

Beschrijving	Figuur
Type 3b Als 3a, maar met een minder fluctuerend waterniveau, de kans op inzijging is daardoor verwaarloosbaar. Er is een kans op wegzijging Grondwatertrap IIIb, IV Emissie nagenoeg volledig op het oppervlaktewater. Geringe emissie naar grondwater.	3b 
Type 4 Het grondwater in de omgeving bevindt zich meestal dieper dan 120 cm, in de winter en bij intensieve neerslag stijgt het tot binnen de 80 cm (draindiepte). Onderbemaling is soms aanwezig maar draait alleen periodiek. Andere bedrijven hebben een open drainagesysteem, met afvoer op een naastgelegen greppel, of sloot. Een deel van het jaar voert dit niets af en wordt het beregeningsoverschot afgevoerd naar het grondwater. Kans op wegzijging is reëel Grondwatertrappen V en VI Emissie gedeeltelijk naar oppervlaktewater, gedeeltelijk naar grondwater	4 

Beschrijving	Figuur
Type 5 Het grondwater in de omgeving bevindt zich het gehele jaar op een diepte > 0.8 meter. Drainagesystemen ontbreken, of indien wel aangelegd, voeren geen water af. Het beregeningsoverschot zal volledig naar het grondwater worden afgevoerd Grondwatertrap VII en VIII Emissie naar grondwater.	 The diagram illustrates a building with a gabled roof. Below the building, a horizontal line represents the ground level. Further down, a wavy dashed line represents the groundwater table. Two vertical arrows point downwards from the ground level towards the groundwater table. The left arrow is labeled 'GHG > 0.8 m' and the right arrow is labeled 'GLG > 1.8 m'. Above the right arrow, the text 'Beregeningsoverschot' is written. Below the right arrow, the text 'wegzijing' is written. To the right of the groundwater table, the text 'Grondwater' is written.

Bedrijven kunnen weliswaar worden ingedeeld volgens bovenstaand schema. Echter, door afwijkende situaties op gebieds- en vooral perceelsniveau zal de situatie bij individuele bedrijven sterk kunnen afwijken. De indeling op basis van de grondwatertrap is dan ook niet meer dan een benadering. Met name de situatie van inzijging is op basis van de GT trappen feitelijk niet mogelijk en kan zich in de typen 1, 2, 3a voordoen. Bij type 1 is de kans wel het grootst en bij type 3a het kleinst. Dit geldt in nog sterkere mate voor kwel, omdat kwel weliswaar effect heeft op de GT, maar door drainage en onderbemaling kan dit effect worden versterkt. Kwel en inzijging kunnen eigenlijk alleen bij type 4 en per definitie bij type 5 worden uitgesloten.

Bijlage 2 Grondwatertrappen

De Indeling grondteelten indeling is gebaseerd op gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstandsdieptes (GLG). Hiermee worden de winter- en zomergrondwaterstanden gekarakteriseerd in een jaar met een gemiddelde neerslag en verdamping. Deze GHG en GLG worden per meetpunt berekend uit een langjarige reeks van grondwaterstanden die met regelmatige intervallen zijn gemeten in buizen van 2 à 3 m lengte. In het door de Stichting voor Bodemkartering ontwikkelde systeem van grondwatertrappen (Gt's) is een meetfrequentie van tweemaal per maand noodzakelijk. Bij de meetpunten worden de GHG en de GLG gecorreleerd met profiel- en veldkenmerken. Het gevonden verband maakt extrapolatie van deze criteria mogelijk. Eveneens kunnen daardoor tot klassen samengevoegde GHG-GLG-combinaties, de grondwatertrappen, in het veld worden begrensd. Hiervoor is, afhankelijk van de variatie in bodemgesteldheid, een minimum aantal van 3-6 meetpunten per 100 km² gewenst.

GHG en GLG

De grondwaterstand op een bepaalde plaats heeft gedurende het jaar een golfvormig verloop met in de winter de hoogste en in de zomer de laagste standen. De verdamping die in het voorjaar de neerslag gaat overtreffen (figuur 11.1, zie ook paragraaf 1.8.2: Verdamping en neerslag) en de afvoer veroorzaken een daling van de grondwaterstand. Deze daling duurt tot de nazomer of de herfst. Het neerslagtekort gaat dan over in een neerslagoverschot wat resulteert in een stijging van de grondwaterstand. Jaarlijkse verschillen in neerslag en verdamping en hun verdeling over het jaar veroorzaken jaarlijkse verschillen in fluctuatie van de grondwaterspiegel en in tijdstip waarop de hoogste en de laagste grondwaterstand worden bereikt. Naast meteorologische factoren bepalen ook de hydrologische situatie (afwatering, ontwatering, kwel, wegzijging) en de bodemgesteldheid (doorlatendheid, bergingsvermogen) de grootte van de fluctuatie.

De fluctuatie van de grondwaterstand kan men karakteriseren met haar hoogste en laagste stand. De van jaar tot jaar verschillende fluctuaties moeten daartoe tot een gemiddelde fluctuatie worden herleid. Wanneer men hiervoor uitgaat van de gemiddelde curve wordt een te geringe fluctuatie gevonden. De hoogste (laagste) standen vallen immers niet elk jaar op hetzelfde tijdstip. Een bruikbaar beeld ontstaat als de hoogste standen in de winter en de laagste in de zomer, ongeacht het tijdstip van voorkomen, worden gemiddeld. Deze werkwijze is gevolgd om de GHG en de GLG te berekenen. Van een reeks grondwaterstanden, gemeten in stambuizen, wordt het rekenkundig gemiddelde van de hoogste drie grondwaterstanden in een hydrologisch jaar berekend, de HG3. Er wordt bij deze berekening niet met een kalenderjaar, maar met een hydrologisch jaar gewerkt (april tot april). Dit heeft als achtergrond dat het begin hiervan ongeveer samenvalt met het tijdstip waarop neerslag en verdamping met elkaar in evenwicht zijn. De hoge grondwaterstanden in een winter vallen daardoor veelal binnen één berekeningsperiode. Op dezelfde manier worden de laagste drie grondwaterstanden gemiddeld, de LG3. De GHG (resp. GLG) is nu gedefinieerd als de statistische verwachtingswaarde van de HG3's (resp. LG3's) over een periode waarin het grondwaterregime niet door ingrepen is gewijzigd.

De indeling

Variaties in maaiveldligging, hydrologische omstandigheden en bodemgesteldheid veroorzaken van plaats tot plaats verschillen in GHG en GLG. Willen we het grondwaterstandsverloop van vlakken weergeven, dan zullen we GHG's en GLG's tot klassen moeten samenvoegen. De klassen, die begrensd worden door een GHG- en/of GLG-traject noemen we grondwatertrappen (Gt's). Tabel 11.5 geeft de voor bodemkaarten gebruikelijke grondwatertrappenindeling. De grondwatertrappenindeling die is ontworpen voor de bodemkaart op een schaal van 1 : 50000, heeft vrij ruime grenzen. Een indeling met nauwer begrensde klassen zou echter niet in overeenstemming zijn met de nauwkeurigheid van de veldschatting van de GHG en GLG. Bovendien zou de begrenzing van de kaartvlakken een hogere waarnemingsdichtheid vereisen dan voor het uitsluitend weergeven van de bodemgesteldheid noodzakelijk is.

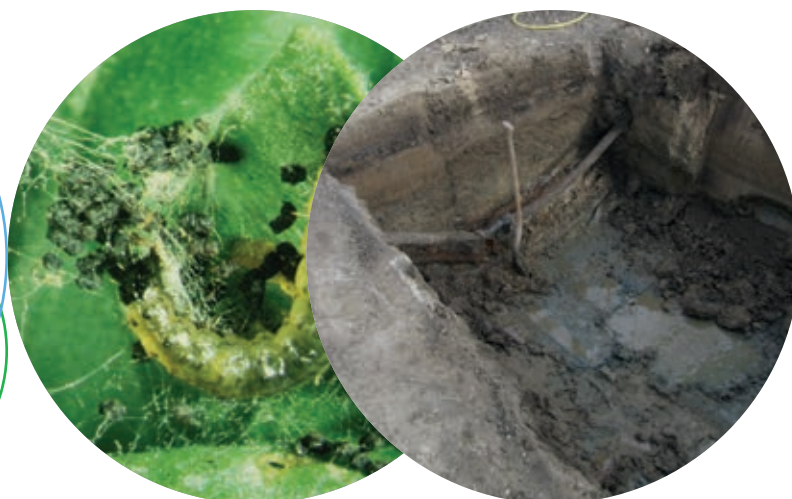
Praktische en landbouwkundige overwegingen hebben bij de keuze der grenzen een rol gespeeld:

- De grondwaterstand fluctueert grotendeels op geringe diepte;
- De karteerder kan met zijn standaardvelduitrusting een beschrijving van de bodemgesteldheid geven tot maximaal 120 cm diepte;
- De 40 cm grens werd volgens de toenmalige inzichten geacht overeen te komen met het grondwaterniveau in de winter van goed ontwaterd bouwland. Nu zouden we deze grens dieper leggen.

grondwatertrap	GHG (cm -mv)	GLG (cm -mv)
I	-	<50
II	-	50-80
III	<40	80-120
IV	>40	80-120
V	<40	>120
VI	40-80	>120
VII	>80	>120

Bij de Gt's I en II is alleen de GLG klassebepalend; de GHG is vrijwel steeds ondieper dan 40 cm. De Gt's III en IV hebben betrekking op gronden met een beperkte fluctuatie. Aanvoer van water van uit hoger gelegen gebieden (kwel) of vanuit watergangen leidt tot ondiepe GLG's. Het omgekeerde, wegzijging, komt nogal eens voor bij gronden met Gt V en VI. De Gt's IV en VI zijn te beschouwen als de dieper ontwaterde varianten van de Gt's III en V. Met Gt VII worden de diep ontwaterde gronden afgescheiden.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1359

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

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