



WAGENINGEN UR

For quality of life

Ontwikkeling en toetsing van de lysimeter voor chrysantenbedrijven met diep grondwater

Meetinstrument voor N en P emissie op praktijkbedrijven

Wim Voogt, Aat van Winkel & Bert Houter





Ontwikkeling en toetsing van de lysimeter voor chrysantenbedrijven met diep grondwater

Meetinstrument voor N en P emissie op praktijkbedrijven

Wim Voogt, Aat van Winkel & Bert Houter

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw

Dit onderzoek is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw



Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Emissie grondteelten	3
1.2 Doel	4
2 Materiaal en methode	7
2.1 Opzet van onderzoek	7
2.2 Meetopstelling lysimeter	7
2.3 Plaatsing lysimeters	11
2.4 Aanpassingen tijdens het project	12
2.5 Meting waterafgifte	13
2.6 Samenhang met andere projecten	13
3. Resultaten	15
3.1 Bedrijf A	15
3.2 Bedrijf B	18
3.3 Bedrijf C	23
3.4 Bedrijf D	26
3.5 Bedrijf E	28
3.6 Bedrijf F	30
3.7 Emissie	32
4. Discussie	33
5. Conclusies en aanbevelingen	37
Referenties	41
Bijlagen I t/m 6 Analysecijfers grond en drain lysimeters	7 pp.

Samenvatting

De emissie vanuit de bodem bij teelten in kasgrond is moeilijk meetbaar, vooral in de situatie dat er geen werkend drainagesysteem aanwezig is. Dit is bijvoorbeeld het geval in Noord-Limburg, waar de grondwaterstand soms veel meer is dan een maximale draindiepte van 1 m. Lysimeters kunnen worden gebruikt om de uitspoeling c.q. emissie te kunnen vaststellen. Op zes bedrijven in Noord Limburg is de lysimeter geïnstalleerd, met als doel de emissie te meten en de mogelijkheid te onderzoeken of de resultaten gebruikt kunnen worden in de watergeefstrategie. Het eerste doel is maar gedeeltelijk bereikt, doordat er tijdens het project een flink aantal technische knelpunten naar voren kwamen. Aan het oplossen van deze knelpunten moest veel tijd worden besteed, en niet alles kon worden opgelost. Zo bleek dat op een aantal bedrijven en teelten geen drain werd opgevangen in de lysimeter. De oorzaak is hoogstwaarschijnlijk het ontbreken van de bovenrand – deze was bewust weggelaten vanwege grondbewerking -, waardoor de zuiging van het diepe grondwater ervoor heeft gezorgd dat er geen drain tot onderin de lysimeter kon komen. Na plaatsing van een manchets op de lysimeters op één bedrijf bleek dat dit probleem opgelost kan worden. Bij de overige bedrijven heeft dit probleem ervoor gezorgd dat de resultaten van dit project, voor emissieonderzoek niet goed bruikbaar zijn. Wel is uit de cijfers duidelijk geworden dat de EC en de concentraties in de drain tussen de bedrijven zeer sterk uiteenliepen. De P concentraties zijn in alle gevallen zeer laag. Vanwege de genoemde knelpunten kon het tweede doel, namelijk terugkoppeling van de output naar de watergeefstrategie, niet worden gehaald. Wel is uit de metingen duidelijk geworden dat er een grote vertraging zit tussen het moment van een berekend overschot en de daadwerkelijk drain.

Ondanks de knelpunten is er veel geleerd over wat wel en niet mogelijk is met dit meetinstrument. In de laatste fase van het project, toen enkele knelpunten waren opgelost, bleek dat een lysimeter op een praktijkbedrijf wel aan de verwachtingen kan voldoen. Een vervolgtraject lijkt daarom noodzakelijk om de verwachtingen verder waar te maken.

1 Inleiding

1.1 Emissie grondteelten

Bij grondteelten in het algemeen en bij chrysant in het bijzonder is de emissie van nutriënten (N en P) en gewas-beschermingsmiddelen via het waterspoor, naar oppervlakte- en grondwater nog steeds een groot knelpunt. Deze constatering is gebaseerd op de rapporten van Baltus en Volkers-Verboom (2005) en uitkomsten van mineralen-balansonderzoeken in de periode 1995 – 2004 (Voogt, 2000).

De sector heeft in het kader van het GLAMI convenant als doel gesteld te komen tot nagenoeg nul-emissie in 2027. Ook is in GLAMI verband afgesproken dat de sector zelf gegevens oplevert om emissienormen op te kunnen stellen en tegelijkertijd werkt aan maatregelen en technieken voor het management van emissie. Emissie bij substraat is de hoeveelheid spui, c.q. lozing vanuit de drainsilo's. Voor grondteelten is dit echter complex. Bij situaties met drainage-systemen werkt de hydrologische situatie verstorend (kwel, inzijging, wegzijging). In situaties waar drainagesyste-men ontbreken, zoals bij diep grondwater is het bovendien onmogelijk om de emissie via drainage vast te stellen (Voogt et al. 2008). Voor emissie bij grondteelten is daarom door de werkgroep emissienormen van GLAMI gesteld dat het daarbij gaat om de emissie uit de teeltlaag. Dit is (nog) niet nader gedefinieerd, maar aangenomen wordt dat hiermee de laag wordt aangeduid waarin zich de meeste wortels bevinden.

Bij bedrijven met drainagesystemen kan op basis van de geloosde vracht aan N of P nog over emissie naar het oppervlaktewater worden gesproken. Echter bij bedrijven in gebieden met diep grondwater is emissiemeting niet mogelijk. Deze emissieroute valt weliswaar buiten de reikwijdte van de KaderRichtlijn Water (KRW), maar valt wel onder de NitraatRichtlijn (NR). Benadering van de emissie via balansberekeningen zijn weinig aantrekkelijk vanwege de complexiteit en de grote onzekerheidsmarge voor een aantal balansposten (bijv. denitrificatie, P-fixatie). Als alter-natief zou daarom de zogenaamde lysimeter (zie kader) kunnen dienen. Hiermee kan emissie waarschijnlijk goed worden ingeschat. Een belangrijke nevenfunctie van de lysimeter is dat de meting van de drain voor zowel het water-management als misschien ook voor de bemestingstrategie kan worden gebruikt. In ieder geval kan het bijdragen aan het optimaliseren van de watergift en daarmee ook worden ingezet om de emissie te beperken. Hoewel met dit systeem in 2003/2004 enige ervaring is opgedaan in een project met chrysant (Voogt, 2006), moet het meet-systeem nog verder worden getest op bruikbaarheid en inpasbaarheid in het teeltsysteem. Ook zal de robuustheid van de meetwaarden meteen worden getoetst.

Lysimeter

De lysimeter is een instrument in het landbouwkundig onderzoek dat al heel oud is. In feite is het niet anders dan een grote bak met grond waarin planten worden geteeld en waarbij men de watergift en het verlies aan water, hetzij via drain hetzij via gewichtsafname bepaalt. Er zijn al meldingen uit het midden van de 16^e eeuw, waar wetenschappers de wateropname van planten hebben gemeten met een dergelijk apparaat. In de loop der jaren is de term 'lysimeter' ontstaan, voor alle apparaten en meetopstellingen waarmee de neerwaartse beweging van water in de bodem, het verlies aan nutriënten, of het transpiratieverlies kan worden gemeten. Als definitie is de volgende te geven:

Een apparaat dat een natuurlijk bodemprofiel bevat en waarmee de hoeveelheid percolaat als gevolg van natuurlijke neerslag of beregening uit het bodemprofiel kan worden opgevangen en gemeten.

Voor de werking van de lysimeter zijn een aantal uitgangspunten uit de bodemfysica van groot belang. In een bodem is er contact met grondwater. Dit veroorzaakt een zuigspanning en bepaalt mede de mate van en snelheid van percoleren. Bij verbreking van dit contact, zoals in de lysimeter fungeert de onderkant hiervan als het 0-niveau. Vanwege de capillaire eigenschappen van een grond zal een lysimeter altijd een flinke diepte moeten hebben om voldoende 'drainage' te bewerkstelligen.

1.2 Doel

Lysimeters zouden een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de bewustwording en vermindering van de emissies. Bewustwording wordt namelijk gezien als een van de belangrijkste instrumenten om de emissie terug te dringen.

De doelstellingen van het project:

- Bepaling van de nutriëntenemissie op bedrijven met diep grondwater door middel van een lysimeter.
- Bewustwording bij chrysantentelers van de bedrijfseigen emissie.

Ook wordt getracht door verdere analyse van de meetwaarden en aanvullende bepalingen, de lysimeter opstelling te toetsen op bruikbaarheid en de mogelijkheden te verkennen om dit instrument te gebruiken als terugkoppeling in de bemesting- en watergeefstrategie.



Afbeelding 1. Lysimeter in aanleg, bovenrand eindigt op ca 30 à 40 cm onder het maaiveld.



Afbeelding 2. Na aanleg is van de lysimeter alleen de opvangkoker en het schakelkastje met pomp zichtbaar.

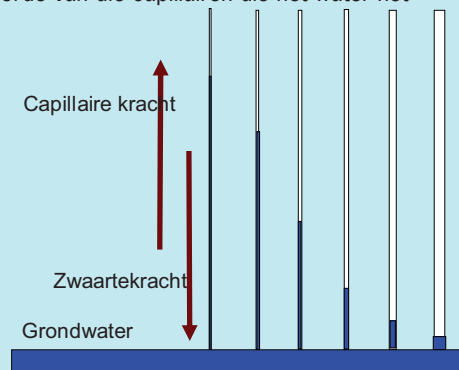
Vocht in de bodem

Bij de lysimeter zijn enkele bodemfysische aspecten belangrijk. In het kort worden deze hier uitgelegd. Voor dit voorbeeld gaan we uit van een bodemprofiel dat in contact staat met grondwater op niet al te grote diepte (1 à 2 m). In de grond werken twee krachten aan het vocht in de bodem. De zwaartekracht en de aantrekkingskracht van bodemdeeltjes, de adhesie. Naarmate de poriën in de grond kleiner zijn is deze adhesie sterker, want per volume water is er een groter oppervlak aan bodemdeeltjes dat het water aantrekt. Hoe kleiner de poriën, hoe sterker dit water gebonden is. Je kunt dit zo voorstellen dat in een bodem, het water vanuit het grondwater door de adhesie omhoog 'gezogen' wordt in de poriën. Een verzameling poriën die met elkaar in verbinding staan noemen we een capillair. Het totaal van de adhesiekracht in de capillair noemen we de capillaire kracht. Hoe kleiner de capillair, hoe hoger het water zal stijgen. Die stijging gaat door tot de zwaartekracht even groot is als de capillaire kracht. Dit evenwicht noemen we de stijghoogte. Hoe hoger boven het grondwater, hoe zwaarder de kolom water in de capillair en hoe sterker er dus 'gezogen' wordt aan het water in de capillair. Anders gezegd, op elke hoogte boven het grondwater trekt door de zwaartekracht het grondwater aan het vocht in de bodem.

Op 100 cm boven het grondwater zuigt het water evenredig met een druk van 100 cm waterkolom ($= 1 \text{ m} \sim 0.1 \text{ atm}$). In een situatie van evenwicht heerst daar een zuigspanning van 100 cm (ook wel drukhoogte genoemd).

Zo heerst er op elke plek in de bodem een bepaalde zuigspanning. Je kunt het ook van een andere kant benaderen. Een grond die onder water staat, is volledig verzadigd, dat wil zeggen dat alle poriën/capillairen vol zitten met water. Bij het ontwateren lopen de poriën leeg en wel in de volgorde van die capillairen die het water het minst krachtig kunnen vasthouden. Dit gaat door tot er weer een evenwicht is tussen de zwaartekracht en de capillaire kracht.

Afhankelijk van de hoeveelheid en de grootte van de poriën/capillairen zal elke bodem een bepaalde hoeveelheid vocht kunnen bevatten. Als de grondwaterstand daalt, zal het vochtgehalte dus ook veranderen. Uiteraard verandert het vochtgehalte ook als wortels vocht opnemen, of als er aan het oppervlak verdamping optreedt, daalt het vochtgehalte. Het eerst zullen grotere capillairen leeggetrokken worden maar naarmate de grond droger wordt, zijn het steeds kleinere capillairen die nog vocht bevatten. Wortels moeten dus bij het droger worden een steeds grotere kracht moeten overwinnen. Het zal duidelijk zijn dat de zuigspanning daardoor steeds verder toeneemt. Als gevolg hiervan zal er grondwater opstijgen, omdat er een onderdruk is ontstaan. Dit noemen we de capillaire opstijging vanuit de ondergrond.



Schematische voorstelling van de hoogte waarin het water kan stijgen in open capillair van afnemende diameter, in contact met het grondwater.

2 Materiaal en methode

2.1 Opzet van onderzoek

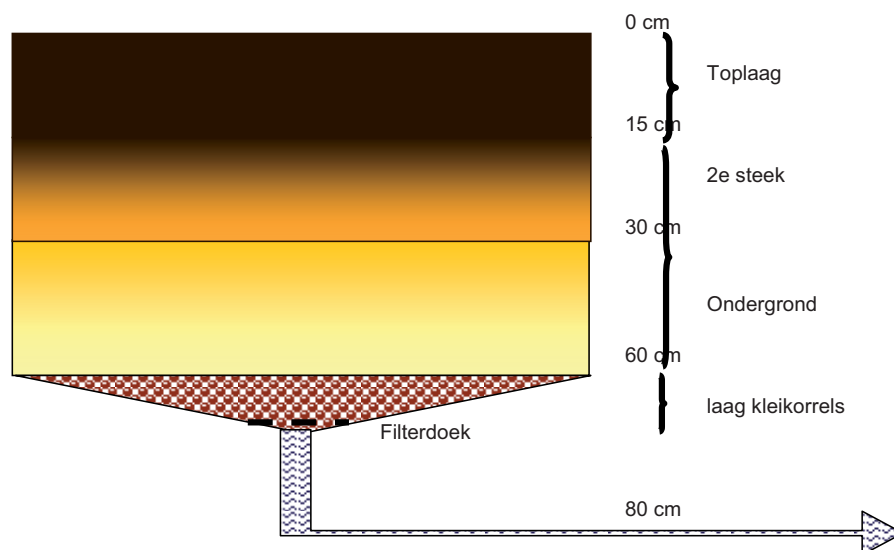
Het project is opgedeeld in 2 fases:

- Fase 1 Ontwerp, plaatsing en test van de lysimeter opstelling
 In deze fase wordt met een installateur en met betrokken telers overlegd hoe de lysimeter eruit moet zien, wat gemeten gaat worden, welke apparatuur nodig is en wanneer een en ander uitgevoerd wordt.
- Fase 2 Monitoring en meetfase
 Op 6 bedrijven met chrysant in Noord-Limburg worden lysimeters geplaatst. Gedurende een periode van 1 à 1,5 jaar worden de gegevens verzameld en verwerkt.

2.2 Meetopstelling lysimeter

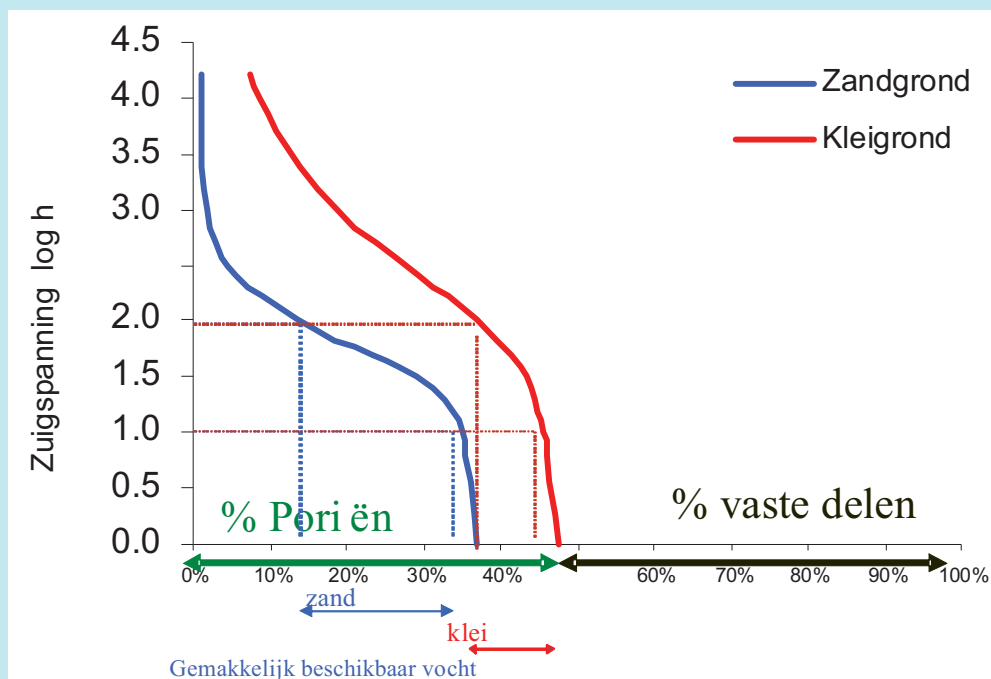
In de kas wordt op een representatieve plek een bak geplaatst van 2 * 2.4 m. De 'bak' wordt ter plekke geconstrueerd van stoomfolie. De bak is zo gesitueerd dat een oppervlak wordt ingenomen ter grootte van de halve breedte van de afstand tussen twee regenleiding-strengen (4.80 m) en over een lengte van 2 maal de afstand tussen sproei-doppen (1 m). Hiermee wordt een representatieve doorsnee van het ontvangende oppervlak van een regenleiding-systeem benaderd. Bij het plaatsen wordt het oorspronkelijke profiel zoveel mogelijk teruggeplaatst. Dit wordt gedaan door bij het uitgraven per laag te scheiden en na plaatsing zoveel mogelijk per laag weer terug te plaatsen. Onderin het profiel komt een extra drainbuis, waarover een laag filterdoek wordt gelegd. Daarboven wordt een laag drainerend materiaal gelegd (kleikorrels). Onder de bak wordt een afvoer gemonteerd en het water wordt zijdelings met een afvoerbuis afgevoerd naar de meetopstelling.

In principe reiken de wanden van de lysimeter tot aan het maaiveld, echter omdat de deelnemende telers per se groundbewerking wilden blijven toepassen bij de teeltwisseling is als compromis besloten de folie te laten eindigen op 20 cm onder het maaiveld. Omdat gedacht wordt dat horizontale waterverplaatsing waarschijnlijk verwaarloosbaar is, zou dit geen wezenlijke verstoring geven van de uitspoeling.



Figuur 2.1. Schematische weergave van het principe van de lysimeter.

De Vocht karakteristiek of pF-curve



Het verband tussen zuigspanning en vochtgehalte in de grond kunnen we weergeven in een grafiek. Dit noemen we een vocht karakteristiek of pF-curve. Een voorbeeld van de vocht karakteristiek van twee typen bodems staat weergegeven in de figuur. Het valt op dat de zandgrond veel meer vaste delen heeft en een geringer poriën-volume dan kleigrond. Ook kan dit type bodem maar moeilijk vocht kan vasthouden. Zodra de zuigspanning maar iets toeneemt, neemt het vochtgehalte in zand snel af. Een kleigrond houdt het vocht veel langer vast, want pas bij een zuigspanning van > 100 cm neemt het vochtgehalte wat af. De zuigspanning bij een pF-curve is uitgedrukt in de logaritme van de druk in cm waterkolom (h). Dit betekent dus dat 1 staat voor 10 cm, 2 voor 100 cm, 3 voor 1.000 cm, enz. Tussen waarde 1 en 2 noemen we het gemakkelijk beschikbare vocht. Duidelijk is ook te zien dat bij een grondwaterstand van 1 meter (h = 100 cm, ofwel pF 2), een zandgrond aan de bovenkant nog maar 13% vocht bevat, terwijl een kleigrond nog ruim 35% vocht bevat.

De meetopstelling

Het drainwater wordt zijdelings afgevoerd via een T-stuk naar een verticale buis of koker, met een opvangreservoir. In de buis/koker wordt een set van instelbare niveauschakelaars aangebracht, die een slangenpompje aanschakelen. Het slangenpompje voert het water af naar een voorraadvat (jerrycan). De inhoud van de jerrycan wordt wekelijks afgelezen door de teler. Bij één teler wordt het systeem ook aangesloten op een datalogger. Hierbij worden de pulsen van het slangenpompje geteld en is ook meting van de dynamiek van de drain mogelijk.

Het opvangen drainagewater in de jerrycan wordt handmatig gemeten, periodiek bemonsterd en geanalyseerd. De leidingen worden van PE gemaakt, dus zijn eventueel stoombaar. De elektrische apparatuur is verwijderbaar. Speciaal met het oog op de nauwe aansluiting van hijsverwarming/gaas langs de poten en dus geringe vrije ruimte onder de goot zijn polypropyleen kokers ontwikkeld van 125 mm breed en een lengte van 250 mm. Hierdoor kan ongehinderd de plantmachine en de knippers langs het systeem.

Afvoer drainwater

Bij oververzadiging onderin de bak lekt het water via vrije val in de afvoerbuis, stroomt af naar de buis/koker en komt in het opvangreservoir met daarin de niveauschakelaars die een slangenpompje bedienen. Bij het bereiken van het bovenste niveau schakelt de pomp aan, de pomp blijft lopen totdat het niveau van het onderste schakelniveau bereikt is. De bovenste schakelaar staat lager dan de uitstroomopening van de drainafvoer uit de bak. Indien gewenst kan deze hoger worden gezet, zodat er een buffervoorraad water onderin het afvoersysteem blijft staan, of desnoods tot onderin in de bak zodat capillair contact mogelijk is met het grondprofiel. Dit laatste maakt het mogelijk om bij afwezigheid van capillaire aanvoer vanuit grondwater, zoals dat wel buiten de bak kan plaatsvinden, dit te compenseren door desnoods water aan te voeren via de koker.

Plaatsing/representativiteit

Per kas worden twee lysimeters ingegraven. Vanwege de werkbaarheid en ook om beide lysimeters te laten vallen onder hetzelfde water- en bemestingsregime worden ze in hetzelfde plantvak gesitueerd, op niet te grote afstand van elkaar. De plaatsing van lysimeter 1 is op minimaal 2 poten vanaf een middenpad, de tweede op minimaal 5 poten verderop, echter maximaal op 2 poten van de achtergevel verwijderd. De diepte is ca 90 cm (onderkant folie), waarbij voor de drainafvoer en buffer, de afvoerleiding tot op 110 cm zal komen. Een complicatie zijn grondverwarmingsslangen en stoomdrainage, die hier en daar aanwezig zijn. Deze zijn uiteraard intact gelaten. De folie is ter plaatse verticaal ingesneden en vervolgens weer vast-getaped. Omdat dit ver boven de verzadigde zone is, zal horizontale waterverplaatsing verwaarloosbaar zijn, en dus geen wezenlijke verstoring geven van de uitspoeling. In geval drainage slangen ter plaatse van de lysimeter in de weg zitten, wordt de folie eroverheen gelegd, zodanig dat er tussen de drains altijd een diepste punt is van 90 cm.



Afbeelding 3. Vlotterschakelaars en filter aan de zuigmond van de zuigleiding van het slangenpompje (links) en na plaatsing in de verticale verzamelkoker.

Waarnemingen

Naast de gegevens van de drainage uit de lysimeter worden registraties van klimaatdata: kasttemperatuur, buistemperaturen, straling, belichting en scherm/verduisteringsdoek standen en watergiften geregistreerd. Monsters worden genomen van het drainwater, de grond, direct bij het planten en na drie weken. Gewasmonsters worden genomen door van elke vak 20 takken bij de oogst apart te houden, droge stof te bepalen en te analyseren.

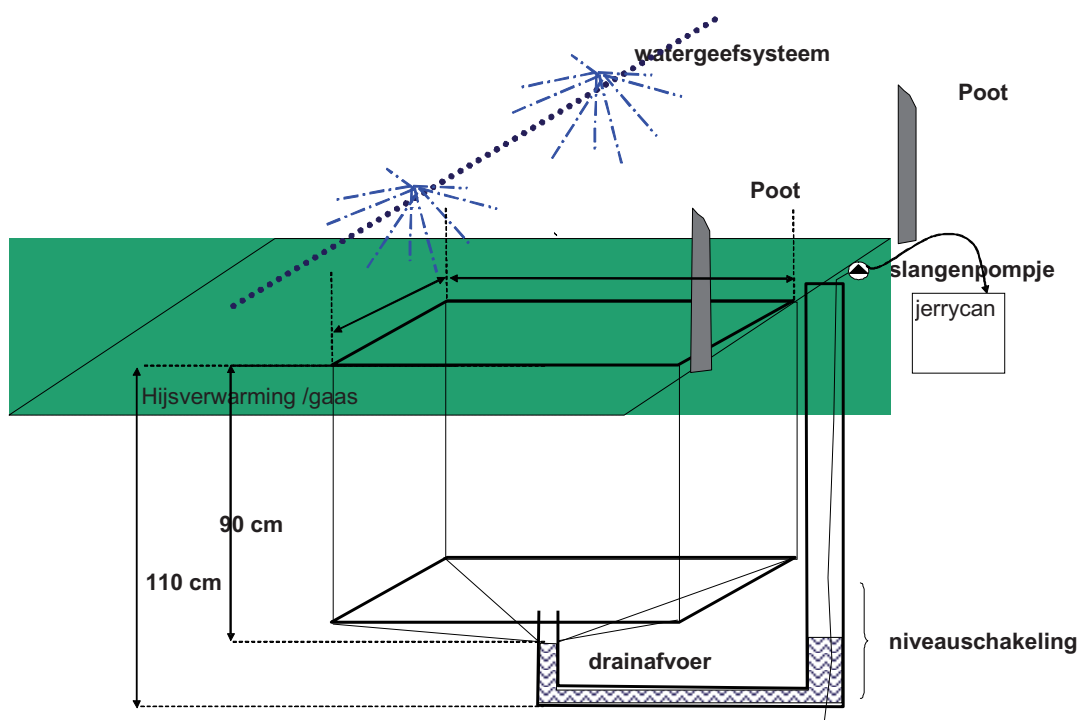
Berekeningen en verwerking gegevens

De gegevens die van de bedrijven binnen kwamen zijn verwerkt tot overzichten. Een belangrijk gegeven in dit verband is de verdampingssom. Op basis van klimaat (kas- buis temperaturen), meteogegevens (stralingssom) en teeltgegevens (plantdatum, korte – lange dag periode, assimilatiebelichting) kan een schatting gemaakt worden van de totale verdamping (gewas + grond). Voor een meer gedetailleerde beschrijving van deze berekening, zie Voogt et al. (2002). Uit het verschil tussen geregistreeerde watergift en de berekende verdampingssom is een schatting te maken van het beregeningsoverschot. Door de gegevens cumulatief per teelt weer te geven, worden perioden met een overschot (positief getal) of een beregeningstekort (negatief getal) met elkaar vereffend. Per saldo is dan inzichtelijk of er wel of geen uitspoeling verwacht mag worden en dus drainopbrengst in de lysimeter. Overigens is het niet zo dat zodra er een positief beregeningsoverschot is ook sprake moet zijn van drain in de lysimeter. Eerst moet de lysimeter over de gehele diepte 'geladen' zijn. Anders gezegd de bodem moet over alle lagen een keer tot verzadiging komen, dan pas kan er neerwaartse stroming optreden. Verder is de verdampingsberekening een theoretische waarde, door allerlei factoren kan dit afwijken van de werkelijkheid. Als er drain opgevangen is in de lysimeter en er zijn analyseresultaten bekend, is een 'mogelijke' emissie berekend.

Het geheel van gift, verdamping, overschot en ook de resultaten van de bemonsteringen van water en grond is in grafische overzichten verwerkt en per halfjaar met de telers gecommuniceerd.

Looptijd

Het project liep van medio mei 2008 tot september 2009. De waarnemingsperiode liep vanaf medio juni 2008 tot medio juni 2009. Op een bedrijf is tot half augustus gemeten



Figuur 2.2. Schematische weergave van de plaatsing van de lysimeters op de chrysantenbedrijven.

2.3 Plaatsing lysimeters

In de periode april - mei 2008 zijn intern de systeemeisen voor het ontwerp opgesteld. Vervolgens is overleg geweest met een installatiebedrijf (Fa Haket-Elektravon, Wateringen) over de installatie. Bij dit bedrijf is het vervolgens aanbesteed. Een loonbedrijf is besteld voor het grondwerk. Als eerste zijn de bakken geplaatst in de periode half april – half mei. De elektrische apparatuur kwam door leveringsproblemen pas later beschikbaar en kon pas half juni bij de bedrijven geplaatst worden. Vanaf dat moment is begonnen met de monitoring.

Bij de plaatsing kwam het volgende probleem naar voren. In principe moet de lysimeter een gesloten bak vormen, over het gehele bodemprofiel, zodat geen interactie met de omgevende bodem en verstoring van de waterstromen plaats kan vinden (zie het kader over zuigspanning). Daartoe moeten de zijwanden tot aan het maaiveld reiken, of liever nog daarboven enigszins uitsteken. In discussie met de deelnemende tellers was vooraf overleg gevoerd. Daarin is als knelpunt naar voren gekomen dat de frequente teeltwisseling, eenmaal per 10 - 12 weken, een probleem oplevert. Frezen van de toplaag is noodzakelijke vanwege de aanwezigheid van de afgeknipte stengels en potjes van de vorige teelt. Voor het mechanisch planten moeten deze verwijderd c.q. doorgewerkt worden. De grondbewerking wordt routinematig uitgevoerd, waarbij de lysimeter dan behoorlijk in de weg zit. Als compromis is afgesproken dat de lysimeter zo wordt aangelegd dat de zijwanden eindigen tot op 20 cm onder het maaiveld, zodat er probleemloos gefreesd kan worden. Dit is een werkgang die meestal niet dieper gaat dan 10 à 15 cm.

Echter bij het aanleggen van de lysimeters werd door telers benadrukt dat er ook gespit of ook gewoeld zou moeten kunnen worden. De werking is dan wel tot 40 a 50 cm. Onder druk van de omstandigheden is toen de aanleg van de lysimeters tot 40 cm onder het maaiveld uitgevoerd.

Bodemfysica en lysimeter

In een bodemprofiel wordt de zuigspanning bepaald door de hoogte boven het grondwater. Op het vlak van het grondwater is de zuigspanning 0. Bij de lysimeter is dit grondvlak waar de zuigspanning 0 is, de onderkant van de bak. Als dit punt hoger is dan de grondwaterspiegel, zal er in de bak over de gehele diepte een lagere zuigspanning heersen dan in de omringende bodem. Dit betekent dus dat gemeten op de delfde diepte onder het maaiveld, de grond in de bak natter is dan de bodem in de kas. Als dit verschil te groot is, zijn ook de vochtverschillen tussen binnen en buiten de bak zo groot dat dit effect kan hebben op de groei. Uiteraard kan een bak ook dieper gemaakt worden dan het grondwater, bijvoorbeeld in gebieden met een natuurlijk hoge grondwaterstand. Dan doet zich het omgekeerde voor en zal in de bak de grond droger zijn dan op dezelfde hoogte buiten de bak.

Uit de PF curve is ook af te leiden dat een lysimeter ook een minimale diepte moet hebben. Bij een geringe diepte is de zuigspanning gering en is de grond te nat, of anders gezegd er zit dan te weinig lucht voor de O_2 en CO_2 uitwisseling. Aan het verloop van de PF curven is te zien dat bij PF 1.5 ($h = \text{ca. } 40 \text{ cm}$) bij klei of PF 1 ($h = 10 \text{ cm}$) bij zand er nauwelijks poriën meer zijn die met lucht gevuld zijn. Een bak van 40 – 50 cm is dus te ondiep.

Van belang is te realiseren dat als het verschil in grondwaterstand en dus zuigspanning tussen binnen en buiten de bak erg groot is er stroming kan plaatsvinden. Wat dit betreft gedraagt water zich net als bijvoorbeeld elektrische stroom. Als er een spanningsverschil is (zuigspanning), en er is een geleider (capillairen) zal er stroom (waterstroom) lopen, afhankelijk van de weerstand (aantal, verdeling en diameter van de capillairen). Dit kan uiteraard alleen als er contact bestaat tussen de bodem binnen en buiten de bak. Dit doet zich voor bij een lysimeter waar de rand niet tot boven het maaiveld is aangebracht.

In de tweede plaats, doordat er geen contact is met grondwater, kan er ook alleen maar capillaire aanvoer plaatsvinden zolang er 'vrij' water onderin de bak aanwezig is. Bij de lysimeter wordt het water op zeker moment afgevoerd en is dan verdwenen. Een lange periode zonder beregeningsoverschot zal dan tot uitdroging leiden en eveneens tot groeiverschillen.

2.4 Aanpassingen tijdens het project

De verwachtingen over de werking van de lysimeter kwam niet uit, want er was meer drain verwacht dan gemeten. Naar aanleiding van brainstormen en ideevorming in het najaar van 2008 zijn bij bedrijf B aanpassingen gedaan. Vermoed werd dat er door de grote verschillen in zuigspanning vocht verplaatst werd uit de bak (zie 4.1 en nadere uitleg kader). Na de derde teelt is half januari 2009 een extra bovenrand (manchet) bovenop de bak geplaatst. In de 4^e, daaropvolgende teelt gaf dit geen verbetering. Vervolgens is half maart opnieuw een rand geplaatst, ditmaal met een grotere overlap en nauwer aangesloten op de onderbak. De 5^e teelt gaf uiteindelijk wel positief resultaat, maar op aandrang van de teler is besloten bij één bak de bovenrand weer weg te halen. Omdat de situatie bij bedrijf B het sterkste afweek van de verwachtingen vormde dit bedrijf min of meer een pilot voor de overige bedrijven. Ter verheldering worden alle genomen maatregelen in tabel 2.1 opgesomd.



Afbeelding 4. *Uitgegraven sleuf met bovenrand van de lysimeter, waarop de manchets is geplaatst.*

Tabel 2.1. *Relevante gebeurtenissen tijdens de teelten en veranderingen aan het meetsysteem bij bedrijf B.*

Teelt	Tijd		Gebeurtenis
0	1-4-2008	17-06-2008	Plaatsing lysimeter, installatie pompjes en aansluitingen halverwege de teelt.
1	19-6-2008	25-8-2008	geen
2	30-8-2008	30-10-2008	geen
3	1-11-2008	14-1-2009	geen
4	15-1-2009	24-3-2009	15/1 uitgraven tot aan bovenrand, plaatsing extra 'manchet' tot aan maaiveld.
5	25-3-2009	26-5-2009	25/3 opnieuw uitgraven tot aan bovenrand, nieuwe 'manchet'geplaatst, met grotere overlap. Controle waterafgifte regenleiding in de kas, constatering dat litertellers sterk afwijken van de werkelijkheid.
6	27-5-2009	9-8-2009	Grondbewerking uitgevoerd, met doorwerking grof organisch materiaal, hiervoor één lysimeter 'opgeofferd', aldaar bovenrand weer verwijderd om spitfrozen mogelijk te maken.
7	10-8-2009		Diepwoelen tot 60 cm. Bovenrand ook in andere lysimeter daardoor verdwenen, beide lysimeters tot op 60 cm diepte doorgesneden

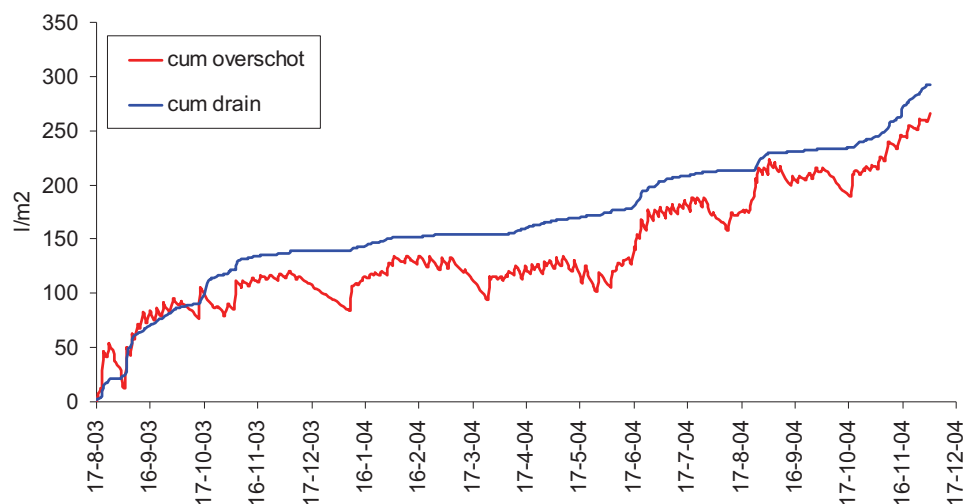
2.5 Meting waterafgifte

Bij het begin van de 5^e teelt is een meting gedaan van het beregeningspatroon. Hiervoor zijn op 10 willekeurige plaatsen in een gietvak emmers geplaatst en is een gehele gietbeurt opgevangen. De ingestelde gietbeurt op de computer was 12 mm. Tot verrassing bleek dat omgerekend, slechts 5 – 6.5 mm in de emmers werd gemeten, ofwel slechts 50 – 60% van een ingestelde gift. Herhaling hiervan met regenmeters gaf een overeenkomstig resultaat. Het bleek dat filters bij de flowmeter in het watergeefstelsel van de teler vervuild waren geraakt. Na schoonmaken was dit probleem over.

2.6 Samenhang met andere projecten

In 2004 – 2005 is op een bedrijf in de Bommelerwaard voor het eerst ervaring opgedaan met een lysimeter. De ervaringen waren zeer bevredigend, maar wel bleek dat de koppeling met de klimaatcomputer gecompliceerd was. Ook bleek de opstelling van het meetsysteem een obstakel en de keuze voor het type slangenpompje niet erg gelukkig. Er waren regelmatig keren haperingen. Toch waren overall de resultaten dat de verwachting was dat dit systeem in de praktijk goed bruikbaar zou zijn. Ter illustratie is de figuur overgenomen uit de publicatie, waarin te zien is dat de cumulatieve hoeveelheid drainwater parallel loopt aan het berekeningsoverschot (Fig. 1) (Voogt et al., 2006). Dat de lijnen niet exact gelijk lopen heeft voor een deel te maken met de start. De grond zal eerst oververzadigd moeten zijn voor er drain geproduceerd wordt. Dit project is in 2005 beëindigd en de lysimeter is door de teler verwijderd.

Eind 2007 werd gestart met het project 'watermanagement en emissie' in het beleidsondersteunend programma van LNV 'Biologische kasteelt'. Op vier biologische vruchtgroente bedrijven zijn als eerste lysimeters geplaatst. De looptijd van dat project waren nog te kort om de ervaringen mee te kunnen nemen in dit project, behalve dat het ontwerp van de bakken iets is aangepast (vooral een groter oppervlak).



Figuur 2.3. Cumulatief berekend beregeningsoverschot en cumulatief gemeten hoeveelheid drain in l/m² in een lysimetersysteem op een chrysantenbedrijf in de Bommelerwaard in de periode aug. 2003 – dec. 2004.

In het andere BO programma van LNV voor glastuinbouw: 'systeeminnovatie bedekte teelt', loopt sinds 2007 het project met de regionale netwerken 'bemesten met beleid'. In dit project wordt gezamenlijk door telers, teeltadviseurs en onderzoekers getracht de watergift en bemesting beter af te stemmen op de gewasbehoefte. Besloten is ook in dit project op vier bedrijven een lysimeter in te zetten.

3. Resultaten

De resultaten worden achtereenvolgens per bedrijf besproken.

3.1 Bedrijf A

Situatie

Dit bedrijf heeft een vrij lemige zandgrond met een uniform profiel. De grondwaterstand wisselt sterk en kan in de wintermaanden tot binnen de 1 m komen. In de zomermaanden is deze diep. Op grond van de geografische situatie, namelijk een nabij gelegen hoogterras, is te verwachten dat de grondwaterstroming vrij groot is.

Op dit bedrijf worden *Matricaria*'s geteeld.



Afbeelding 5. Voor het plaatsen van de lysimeters werd de grond laag voor laag uitgegraven



Afbeelding 6. Het bodemprofiel bij bedrijf A bestond uit een humusrijke toplaag van ca 40 cm en daaronder humusarm leemhoudend zand

Vanwege de grote afstanden en beperkingen wat betreft kabelaansluitingen, maar ook omdat de paden vol geplant worden, is besloten de beide lysimeters op dit bedrijf in de lengte achter elkaar te plaatsen, in plaats van links en rechts in een kap versprongen ten opzichte van elkaar. Bij de plaatsing deden zich geen noemenswaardige complicaties voor.

Bijzonderheden tijdens de meetperiode

Na de eerste teeltwisseling is op onbekend moment een slangetje aan de perszijde van de pomp van Lysimeter 2, ongemerkt afgetrokken van de pompkast. Dit werd halverwege de teelt geconstateerd nadat al een tijdlang geen drain meer was gemeten. Hierdoor is een onbekende hoeveelheid drainwater verloren gegaan.

Doordat de jerrycans niet altijd tijdig geleverd zijn, liepen deze over en is ook een onbekende hoeveelheid drainwater verloren gegaan.

Watergift, verdamping en beregeningsoverschot

De watergift had een sterk wisselend verloop (Fig. 3.1). In de eerste twee teelten is er 150 – 175 mm gegeven, maar in de derde en vierde teelt, in najaar/winter, is dit slechts 50 mm. De (berekende) verdampingssom is in de eerste twee teelten 175 – 200 mm geweest en komen overeen met de geregistreeerde watergift. In de derde en vierde teelt is dit ruim 150 en 125 mm en is dan ruim driemaal zoveel als de gift. In de vijfde en zesde teelt is de totale verdamping min of meer gelijk, door de kortere teeltduur. De watergift blijft ook dan ook ver onder de verdampingssom. Het beregeningsoverschot is alleen bij de eerste teelt en tweede teelt een tijdlang, maar in beide gevallen eindigt het negatief, doordat de laatste dagen/weken niet meer beregend wordt. In vooral de derde teelt en de vierde is het beregeningsoverschot sterk negatief, maar ook in de 5^e en 6^e teelt

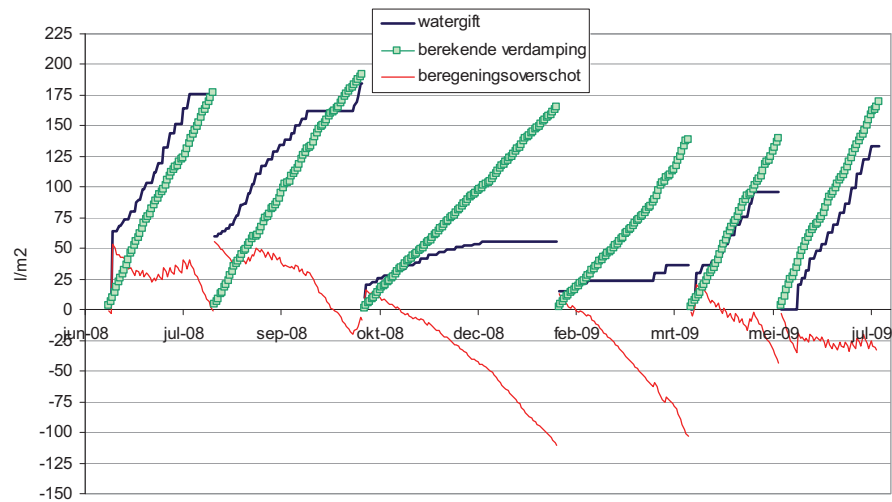
Lysimeter

In de eerste teelt is bij 1 lysimeter drain geproduceerd. In de tweede en derde teelt was dit nog een geringe hoeveelheid, daarna is in beide lysimeters geen drain meer aangetroffen (Fig. 3.2). Zoals hiervoor opgemerkt, een afvoerslangetje is een onbekende periode los van de pomp geweest waardoor een tijdlang drainwater verloren is gegaan. Ook is de jerrycan soms overgelopen. De summiere resultaten laten zien dat de gemeten drainhoeveelheid niet direct een verband laat zien met het patroon van het beregeningsoverschot of de watergift. Als er al een verband is, ijlt het lang na. Aan het begin van de 2e en ook bij het begin van de 3e teelt is er even geen drain, maar later weer wel. Dit kan samenhangen met verminderde gift aan het eind van de voorafgaande teelt. In de tweede helft van de 2e teelt en ook in de 3e teelt is er wel weer wat drain. Echter vanaf de aangietbeurt van de 2e teelt neemt het beregeningsoverschot af en wordt negatief en blijft dat ook in de opvolgende teelten. Op zich dus verklaarbaar dat er geen drain meer geproduceerd wordt. Dat er desondanks een klein beetje drainwater gevonden wordt, hangt misschien samen met de aangietbeurt (zie verder hfst 4).

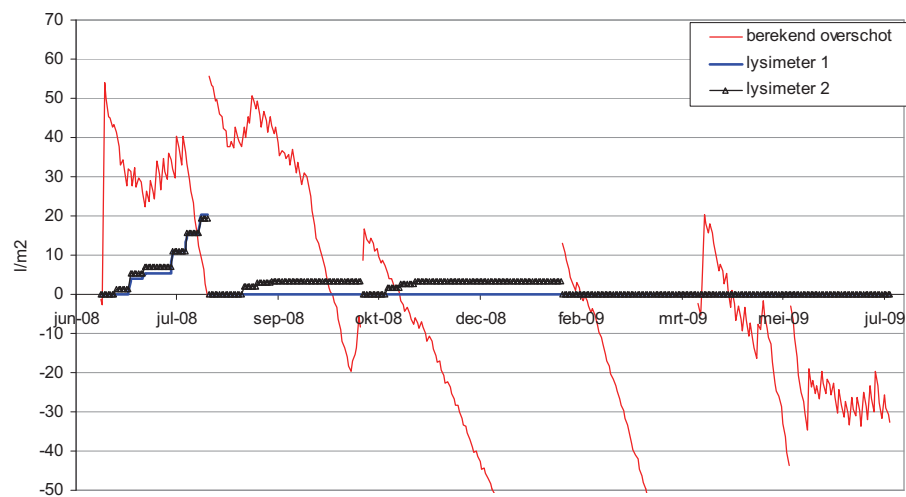
Analysecijfers

Omdat er weinig drain is geproduceerd, zijn er maar een beperkt aantal drainmonsters genomen. Opvallend zijn de zeer hoge concentraties in het drainwater op dit bedrijf (Fig. 3.3). De EC is tussen 5 en 6 mS/cm. De EC wordt niet veroorzaakt door 'zout' maar door nutriënten, de NO₃ concentraties zijn uitzonderlijk hoog, evenals die van K. Aanvankelijk werd gedacht aan uitbijters, echter beide lysimeters laten herhaald waarden zien in dezelfde orde van grootte. Ook is handmatig met een EC meter gemeten rechtstreeks in de drainbuis. Hierbij werden dezelfde EC waarden gevonden. Merkwaardigerwijs zijn de concentraties in de grondmonsters normaal, dat wil zeggen de EC is zelfs tijdens de tweede teelt aan de lage kant, N is sterk wisselend en aan de hoge kant en K is laag tot zeer laag. Er is geen redelijke verklaring voorhanden. Mogelijk is er een zware bemesting uit de historie nog aanwezig in de ondergrond. Ook aanvoer van elders is niet uit te sluiten. Zoals eerder gezegd ligt het bedrijf aan de voet van een hoogterras, waarbij water van hoger gelegen delen kan zijn aangevoerd.

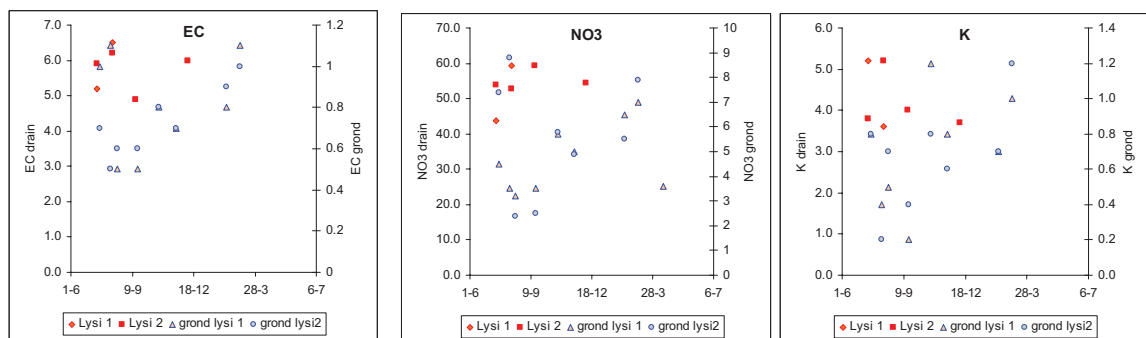
De analysecijfers van alle grond- en drainmonsters van alle bedrijven zijn opgenomen in de Bijlagen I – VI.



Figuur 3.1. Geregistreeerde watergift, de berekende verdamping en het berekeningsoverschot van bedrijf A, weergegeven in l/m^2 cumulatief per teelt.



Figuur 3.2. Berekeningsoverschot en geregistreeerde drain in beide lysimeters bij bedrijf A.



Figuur 3.3. Analysecijfers van grond en drain van de lysimeter bij bedrijf A. Grondanalyses uitgedrukt in mS/cm en $mmol/l$ in het 1:2 volume extract, op de rechter Y-as en drain in mS/cm en $mmol/l$ van het water.

3.2 Bedrijf B

Situatie

Dit bedrijf bevindt zich in een dekzandgebied, met van oorsprong een podzolprofiel met een dunne humuslaag op leemarm zand. De grondwaterstand is enkele meters. Door jarenlange aanvoer van organisch materiaal (zeer grove compost met champignonmest) is er een sterk humeuze bovenlaag van 20 – 30 cm ontstaan. Resten van het oorspronkelijke podzolprofiel met een gebroken oerlaag worden in het profiel aangetroffen.

Er worden jaarrond chrysanten geteeld.



Afbeelding 7. Het bodemprofiel bestond uit een humusrijke bovenlaag van ca 30 cm op een oud podzolprofiel, met daaronder het humusarm leemarm zand, met veel roestplekken.

Bijzonderheden tijdens de meetperiode

Dit bedrijf maakt deel uit van het regionaal netwerk 'bemesten met beleid' (zie 2.6) en is in dat kader, om een aantal redenen uitgerust met extra apparatuur, zoals een datalogger en vochtsensoren. Vanwege de voorgeschiedenis werd verwacht dat op dit bedrijf aanzienlijke hoeveelheden drain zouden worden gemeten. Dit was echter niet het geval. Om de oorzaak te achterhalen is besloten een aanpassing te doen aan de lysimeter. Na de derde teelt is half januari 2009 een extra bovenrand (manchet) bovenop de bak geplaatst (zie 2.5). In de 4^e, daaropvolgende teelt gaf dit nog geen drain. Vervolgens is half maart opnieuw een rand geplaatst, ditmaal met een grotere overlap en nauwer aangesloten op de onderbak. De 5^e teelt gaf uiteindelijk wel drain. Omdat er organisch materiaal doorgewerkt moest worden is op aandrang van de teler besloten bij één bak de bovenrand dan maar weer weg te halen, de andere bak is handmatig omgewerkt en alleen gefreesd. Voor de 6^e teelt uit moest er worden gestoomd en zou een woelpoot door het profiel worden gehaald (60 cm diep). Als compromis is afgesproken dat daarbij één bak opgeofferd zou worden. Door miscommunicatie is helaas de woelpoot door beide bakken gehaald, zodat de 6^e teelt niet meer representatief is. Overigens viel deze teelt sowieso buiten de officiële waarnemingsperiode van dit project.



Afbeelding 8. De afgifte van de regenleiding werd gemeten door van één gietbeurt de neerslag op te meten in emmers.



Afbeelding 9. Controle met de regenmeters bevestigde dat de werkelijke watergift in de kas sterk afweek van de geregistreerde gift.

Een belangrijk gegeven is het volgende. Naar aanleiding van discussies over het ontbreken van drain die wel verwacht zou zijn op grond van een betrouwbaar verdampingsmodel is bij het begin van de 5^e teelt een meting is gedaan van de berekening. Hiervoor zijn op 10 willekeurige plaatsen in een gietvak emmers geplaatst en is een gehele gietbeurt opgevangen. De ingestelde gietbeurt op de computer was 12 mm. Tot verrassing bleek dat omgerekend, slechts 5 – 6.5 mm in de emmers werd gemeten, ofwel slechts 50 – 60% van een ingestelde gift. Herhaling hiervan met regenmeters gaf een overeenkomstig resultaat. Het bleek dat filters bij de literteller/flowmeter in het watergeefstelsel van de teler vervuild waren geraakt. Hierdoor 'dacht' de computer en dus ook de teler dat een bepaalde gift werd gegeven, maar in werkelijkheid was dit dus veel minder. Na schoonmaken was dit probleem nagenoeg over. Nameting gaf als resultaat dat 90% van de ingestelde gift ook in de kas werd opgevangen. Vanaf de 5^e teelt is de werkelijke gift weer in overeenstemming met de ingestelde gift.

Watergift, verdamping en beregeningsoverschot

Vanwege de problemen met de literteller zijn de resultaten op twee manieren weergegeven, namelijk ongecorrigeerd voor teelt 1 t/m 4, zoals aanvankelijk de situatie was, ook in de beleving van de teler (Fig. 3.3). Vervolgens is gecorrigeerd voor de afwijking van de litertellers (Fig. 3.4). We gaan er daarbij vanuit dat de geconstateerde afwijking zich in de voorafgaande periode in dezelfde mate heeft voorgedaan.

De watergift heeft een standaard patroon (Fig. 3.3). Na een flinke aangietbeurt bij de start worden beurten van 14 – 16 mm (tot de 5^e teelt in werkelijkheid dus 7 – 9 mm) gegeven, tot ca 10 dagen voor de oogst. Duidelijk is ook zichtbaar dat de teler na de geconstateerde afwijking van de literteller en het herstellen daarvan, ook daadwerkelijk grotere gietbeurten is gaan geven, namelijk van 20 mm.

Verskil tussen de seizoenen is er zowel in frequentie als in gietbeurtgrootte. In de winter is de totale watergift ca 80 mm per teelt; in de zomer loopt het op tot meer dan het dubbele, ca 180 mm. De verdampingssom laat uiteraard ook duidelijk het verschil tussen zomer en winter zien, in de winter een kleine 100 mm per teelt en in de zomer tot meer dan 200 mm.

Het beregeningsoverschot zou in de oorspronkelijk gedachte situatie, de niet gecorrigeerde watergift aanzienlijk zijn, tot wel 75 mm per teelt. Bij de gecorrigeerde gift blijkt echter dat het beregeningsoverschot in de 1^e, 2^e, 4^e teelt negatief is en in de 3^e teelt op 0 zit. In de 5^e en vooral de 6^e teelt is er halverwege de teelt een overschot van maximaal 25 mm, echter aan het einde van die teelten loopt het overschot terug en eindigt in beide teelten ook als een negatief overschot, ofwel een beregeningstekort. Aan het einde van de 6^e teelt is dit bewust extra negatief, omdat er na deze teelt gestoomd ging worden is de wens zo droog mogelijk te eindigen.

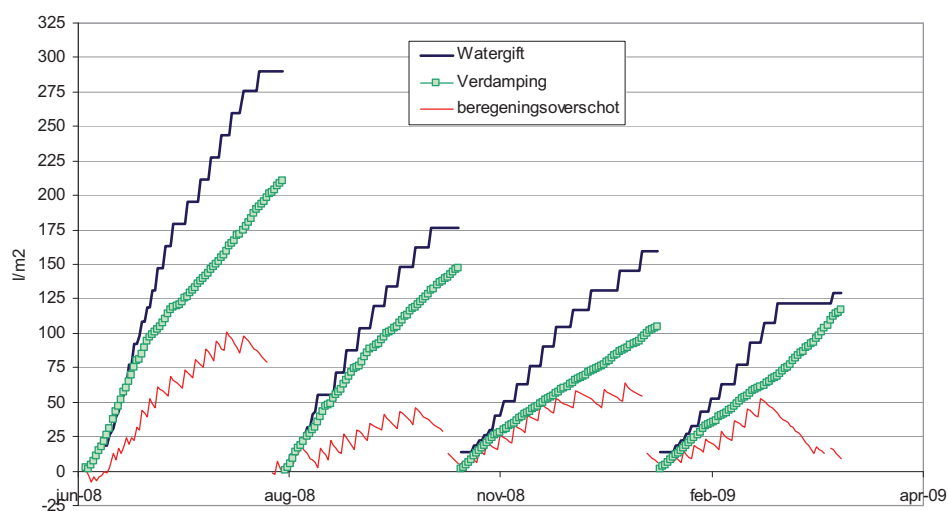
Lysimeter

In de eerste vier teelten is er geen druppel drainwater opgevangen in de lysimeters. In de 5^e teelt en 6^e teelt is er voor het eerst drainwater gevonden. Bij het begin van de 5^e teelt is er aanvankelijk nog een beregeningstekort en dit verklaart het nog wegblijven van drain. 2.5 week na de start is de eerste drain gevonden, in een periode dat er ruimer water is gegeven. De hoeveelheid drain blijft toenemen tot 2 weken voor einde teelt. Op het moment dat het beregeningsoverschot afneemt, stopt ook de drainproductie. Vanaf 1-6, de teeltwisseling naar de 6^e teelt, is er weer sprake van een positief beregeningsoverschot. Dit blijft 2 weken positief om dan weer negatief te worden. In deze fase van de teelt is er ondanks het positieve beregeningsoverschot nog geen drain. Dit zal te maken hebben met de uitdroging van de bodem in de laatste periode van de 5^e teelt. Vanaf 3.5 week na de start is het beregeningsoverschot weer positief, na ongeveer een week is er dan ook weer drain. Het valt ook op dat de drain nog een week doorloopt, nadat het beregeningsoverschot al weer aan het dalen is. In de 5^e teelt is het maximale beregeningsoverschot ongeveer gelijk aan de cumulatieve drain, namelijk ca 18 mm. In de 6^e teelt is er ongeveer evenveel drain als in de 5^e teelt, ca 18 mm, maar de piek in overschot is bijna 25 mm geweest.

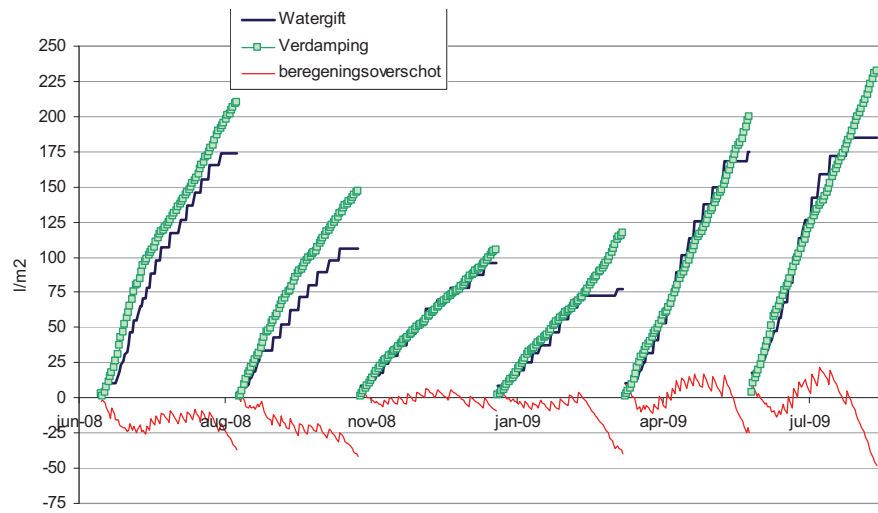
Analysecijfers

De EC en de NO₃ in de grondmonsters wisselen zeer sterk gedurende de waarnemingsperiode. In het begin was de EC aan de hoge kant, is in de winter flink gedaald en daarna weer gestegen. Het NO₃ patroon is vergelijkbaar, maar met een veel groter verschil. De K-cijfers zijn stabiel, tot half maart, waarna er een sterke stijging is geweest. Dit is eenvoudig te verklaren uit de organische mestgift (champost met zeer grove compost) die voor de 5^e teelt gegeven is.

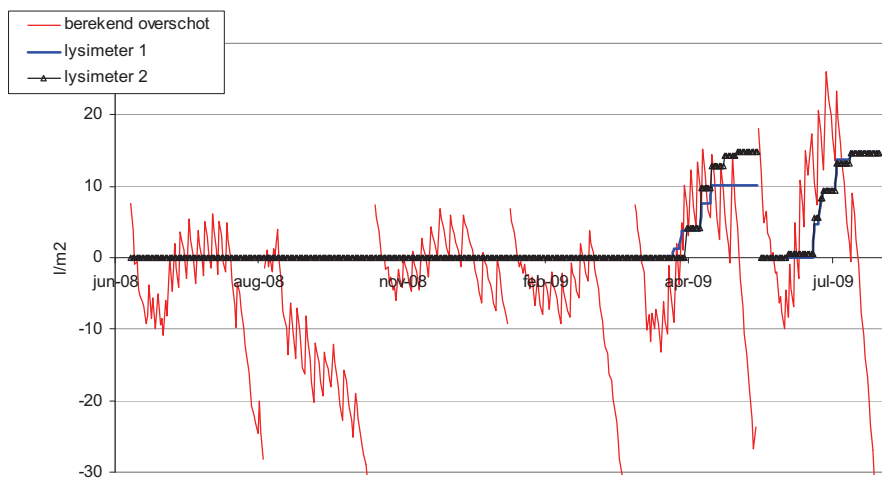
In de drain is pas vanaf medio april 2009 geanalyseerd. De EC en NO₃ concentraties zijn zeer hoog, de K cijfers zijn aan de lage kant.



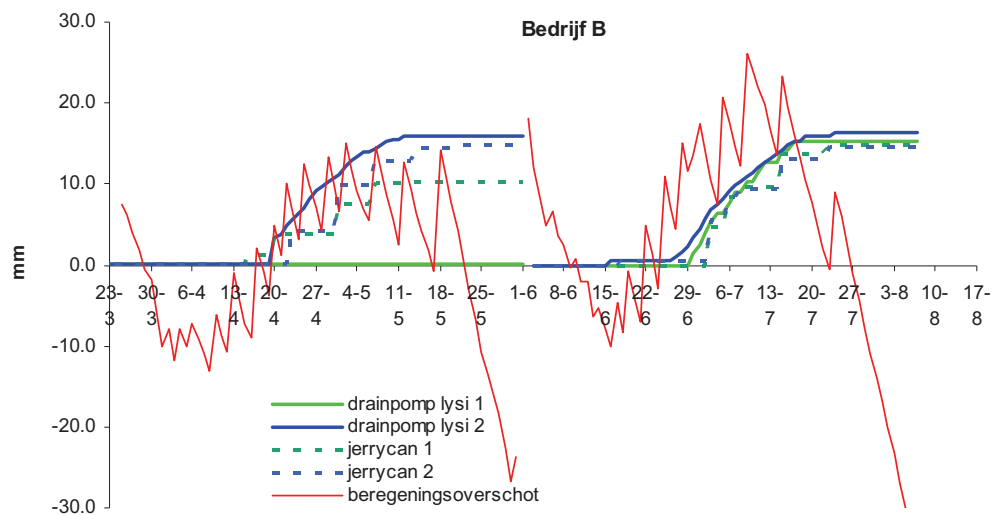
Figuur 3.4. Geregistreeerde watergift (vóór het bekend zijn van de afwijking van de literteller), de berekende verdamping en het beregeningsoverschot van bedrijf B, weergegeven in l/m² cumulatief per teelt.



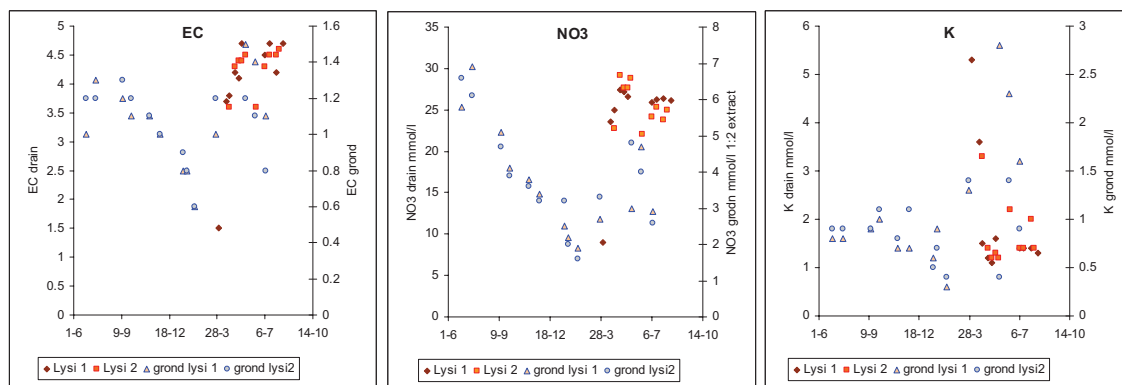
Figuur 3.5. Geregistreeerde watergift de berekende verdamping en het beregeningsoverschot na correctie watergift in de eerste 4 teelten voor afwijkende literteller, bedrijf B, weergegeven in l/m^2 cumulatief per teelt.



Figuur 3.6. Beregeningsoverschot en geregistreeerde drain in beide lysimeters bij bedrijf B.



Figuur 3.7. Beregeningsoverschot en drain via drainpompjes geregistreerd met dataloggers en via meting jerrycans van beide lysimeters bij bedrijf B. alleen de 5^e en 6^e teelt.



Figuur 3.8. Analysecijfers van grond en drain van de lysimeter bij bedrijf B. Grondanalyses uitgedrukt in mS/cm en mmol/l in het 1:2 volume extract, op de rechter Y-as en drain in mS/cm en mmol/l van het water.

3.3 Bedrijf C

Situatie

Dit bedrijf heeft een lemige zandgrond met een humeuze bovengrond. De ondergrond is dekzand met leemlagen. De grondwaterstand is sterk wisselend door de nabijheid van een waterloop. Er worden jaarrond chrysanten geteeld. Bij de plaatsing deden zich geen noemenswaardige problemen voor.



Afbeelding 10. Het bodemprofiel bij bedrijf C bestaat uit 50 cm humusrijk leemhoudend zand op leemhoudend zand in de ondergrond.

Bijzonderheden tijdens de meetperiode

Geen

Watergift, verdamping en beregeningsoverschot

De watergift op dit bedrijf heeft een zeer gelijkmatig patroon. In de eerste twee teelten is de frequentie van beurten hoog en de beurtgrootte kleiner dan in de 3^e – 5^e teelt. In de 6^e teelt is de frequentie weer opgevoerd. De lengte van de droge periode aan het einde van de teelt is relatief kort vergeleken met andere telers. In de eerste vier teelten is vrij ruim water gegeven. Dit hangt samen met groeiproblemen, waarvan een tijdlang gedacht was dat deze zouden samenhangen met de watergift. Dit bleek niet het geval, daarom is vanaf de vijfde teelt de watergift krappere. De verdampingssom vertoont een duidelijke seizoensinvloed en bedraagt in de winter slechts de helft van een voorjaar / zomerteelt.

Het beregeningsoverschot is in de eerste twee en in de 4^e teelt aanzienlijk en bereikt piekwaarden van 50 - 75 mm. In de 3^e, 5^e en 6^e teelt is dit slechts 30 mm. Het cumulatieve eindresultaat is ca 50 mm (teelt 1, 2 en 4) en 10 mm (teelt 3). In de 5^e en 6^e teelt is er sprake van uiteindelijk een negatief overschot.

Lysimeter

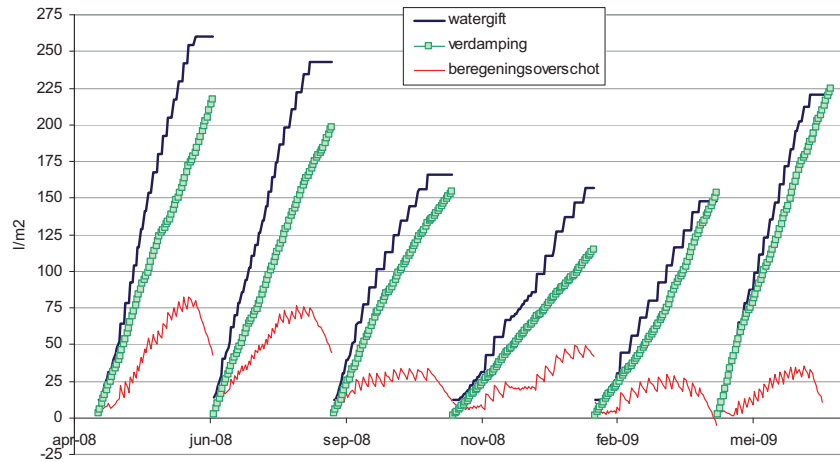
Alleen in de 1^e teelt is er aan het eind van de teelt een beperkte hoeveelheid drainwater opgevangen in de lysimeter. Daarna is er niets meer opgevangen. De EC en N en K concentraties zijn vrij normaal en in overeenstemming met de gehalten in de grondmonsters.



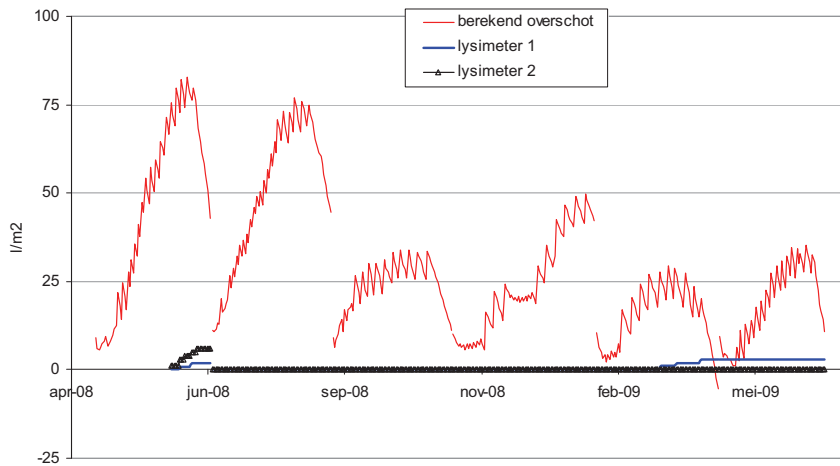
Afbeelding 11. Meetopstelling bestaat uit een verticale koker waarbinnen een PVC pijp met de vlotterschakelaars bevestigd is. Bovenop de koker een schakelkast met het slangenpompje. De elektriciteitskabel en persleiding van het pompje worden via een PVC mantelpijp naar boven en op ca 2 m. hoogte naar voren geleid, waar de persleiding in een jerrycan uitmondt.

Analysecijfers

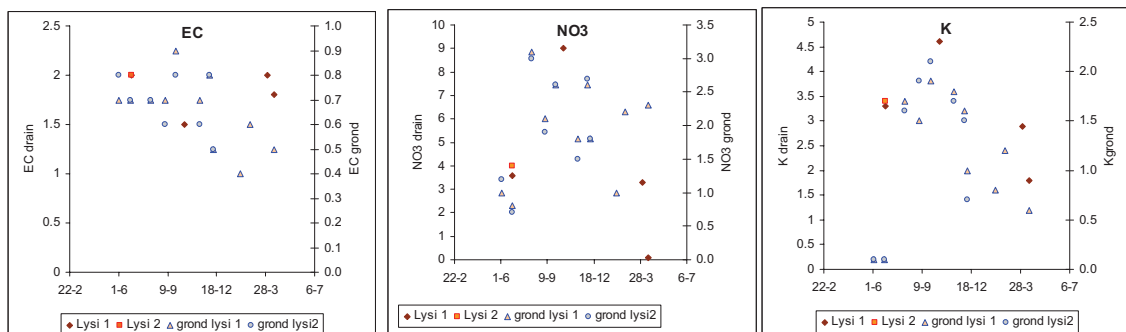
De EC vertoont een tamelijk grote spreiding, maar de waarden liggen op een normaal niveau. De NO₃ concentraties zijn aanvankelijk aan de lage kant, lopen daarna sterk op en dalen vervolgens weer sterk aan het einde van de meetperiode]. Dit geldt ook voor K, met de eerste twee bemonsteringen merkwaardig lage cijfers. Er kon slechts een beperkt aantal drainmonsters genomen worden. De concentraties lopen in lijn met de verwachting uit de grondmonster, met uitzondering van NO₃ in het laatste monster.



Figuur 3.9. Geregisteerde watergift, de berekende verdamping en het beregeningsoverschot van bedrijf C, weergegeven in l/m^2 cumulatief per teelt.



Figuur 3.10. Beregeningsoverschot en geregisteerde drain in beide lysimeters bij bedrijf C.



Figuur 3.11. Analysecijfers van grond en drain van de lysimeter bij bedrijf C. Grondanalyses uitgedrukt in mS/cm en mmol/l in het 1:2 volume extract, op de rechter Y-as en drain in mS/cm en mmol/l van het water.

3.4 Bedrijf D

Situatie

Dit bedrijf heeft een zwak lemige zandgrond met een matig humeuze bovengrond. De ondergrond is dekzand met leemlagen. Op dit bedrijf is een schijngrondwaterspiegel op ca 1.50 m. In natte periode voert het drainstelsel drainwater af. In droge perioden is de grondwaterstand vele meters diep. Er worden jaarrond chrysanten geteeld. Bij de plaatsing deden zich geen problemen voor.



Afbeelding 12. De grond werd tot 90 cm uitgegraven, in het midden werd in de breedte een verdiepte sleuf aangebracht voor een drainslang onderin de bak. De verzamelleiding voor de drainafvoer naar de koker lag op 110 cm, diepte.



Afbeelding 13. Na plaatsing van de leidingen en folie werd de grond zoveel mogelijk laag voor laag weer teruggezet.

Bijzonderheden tijdens de meetperiode

Geen

Watergift, verdamping en beregeningsoverschot

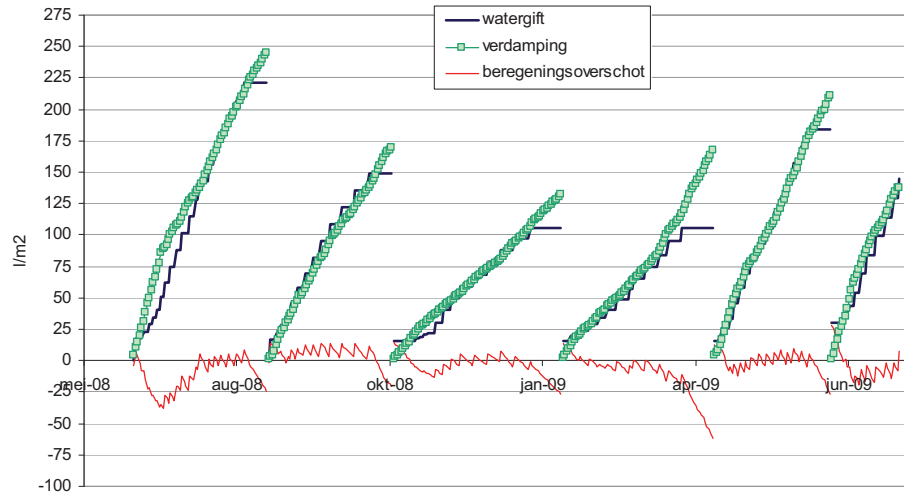
Op dit bedrijf is de watergift nogal wisselend. In de 1^e en 5^e teelt is de beurtgrootte kleiner en wordt frequenter water gegeven dan in de 2^e, 3^e, 4^e en 6^e teelt. Het beregeningsoverschot is in alle teelten betrekkelijk gering en eindigt meestal negatief. De 4^e teelt eindigt met een zeer sterk negatief overschot om te kunnen stomen. Alleen in de 6^e teelt eindigt de teelt met een positief overschot.

Lysimeter

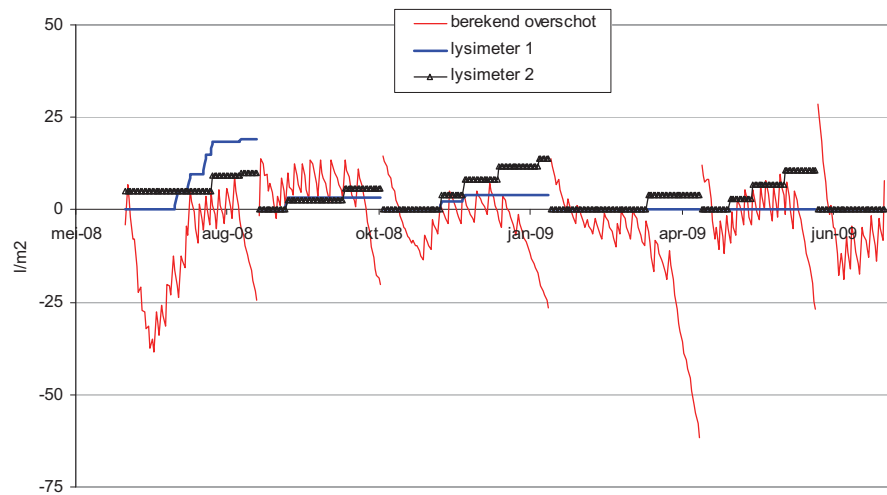
In bijna alle teelten is er wel wat drainwater opgevangen. Merkwaardigerwijs juist in de derde teelt de hoeveelheid drainwater het grootst, terwijl die teelt alleen in het begin en aan het einde een positief beregeningsoverschot heeft. Gemiddeld genomen lijkt de hoeveelheid drainwater over een teelt aardig overeen te komen met de maximale piek in het beregeningsoverschot.

Analysecijfers

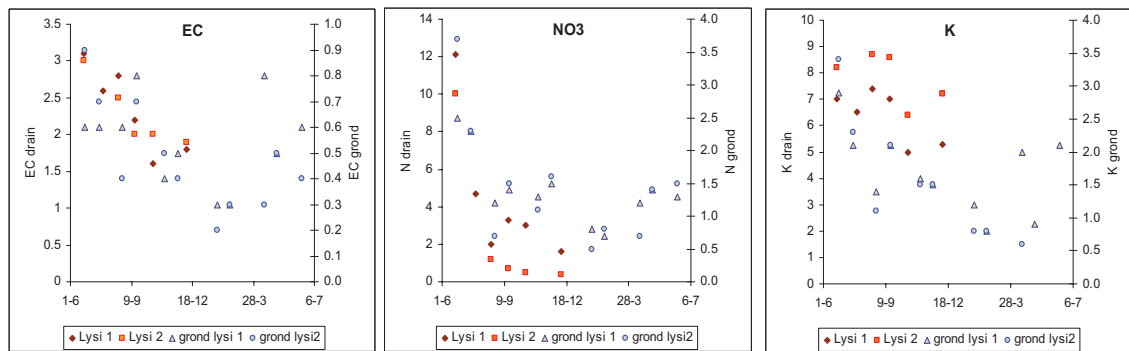
In de grond zijn de EC en de NO₃ gehalten aan de lage kant. In de winterperiode zijn ze zelfs bedenkelijk laag te noemen. Door de lage EC en NO₃ in de grond zijn ook de concentraties in de drain laag. K is in de grond normaal tot aan de hoge kant. In de drain zijn de EC en de K zoals te verwachten, de NO₃ concentraties zijn afgezien van de eerste bemonstering, vrij laag.



Figuur 3.12. Geregisteerde watergift, de berekende verdamping en het beregeningsoverschot van bedrijf D, weergegeven in l/m^2 cumulatief per teelt.



Figuur 3.13. Beregeningsoverschot en geregisteerde drain in beide lysimeters bij bedrijf D.



Figuur 3.14. Analysecijfers van grond en drain van de lysimeter bij bedrijf D. Grondanalyses uitgedrukt in mS/cm en $mmol/l$ in het 1:2 volume extract, op de rechter Y-as en drain in mS/cm en $mmol/l$ van het water.

3.5 Bedrijf E

Situatie

Dit bedrijf heeft een lemige zandgrond, met een matig humusrijke bovengrond. De grondwaterstand is > 3 meter. Er worden jaarrond chrysanten geteeld.



Afbeelding 14. De verzamelkoker was 12,5 cm breed en werd onder de goot geplaatst om alle teeltwerkzaamheden zo min mogelijk te hinderen.



Afbeelding 15. Onderin de bak werd een verzameldrain gelegd.

Bijzonderheden tijdens de meetperiode

Door de afwijkende rassen is de teeltduur hier langer dan bij de collega's. Hierdoor zijn er 5 teelten in de waarnemingsperiode.

Watergift, verdamping en beregeningsoverschot

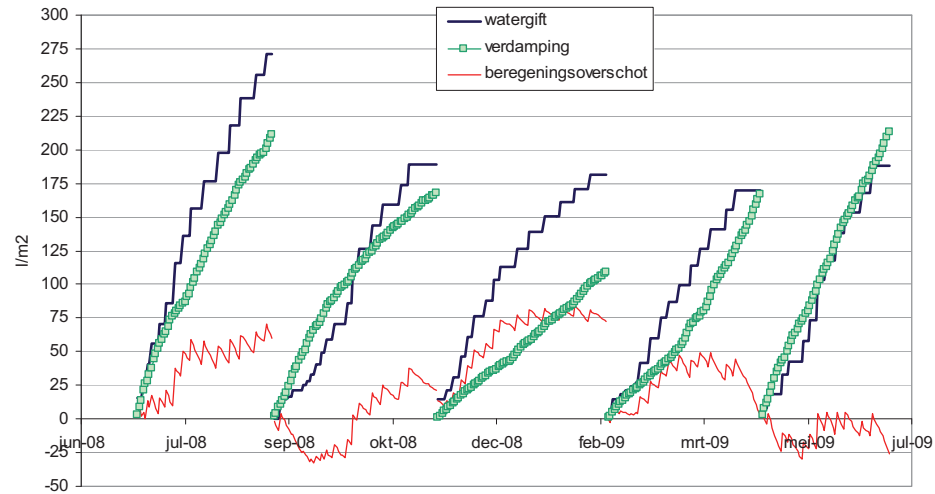
De watergift op dit bedrijf is niet erg constant. In de eerste periode worden grote beurten gegeven van 10 – 15 mm, later zelfs 20 – 25 mm. Later zijn de beurtgroottes sterk variabel en variëren van 3- 5 mm tot ook wel 20 mm. In de eerste teelt is er een fors overschot, in de tweede teelt is dit wat minder, maar vooral in de derde teelt is het overschot zeer hoog. In de 4^e en vijfde teelt slaat dit om in een beregeningstekort aan het einde van de teelt.

Lysimeter

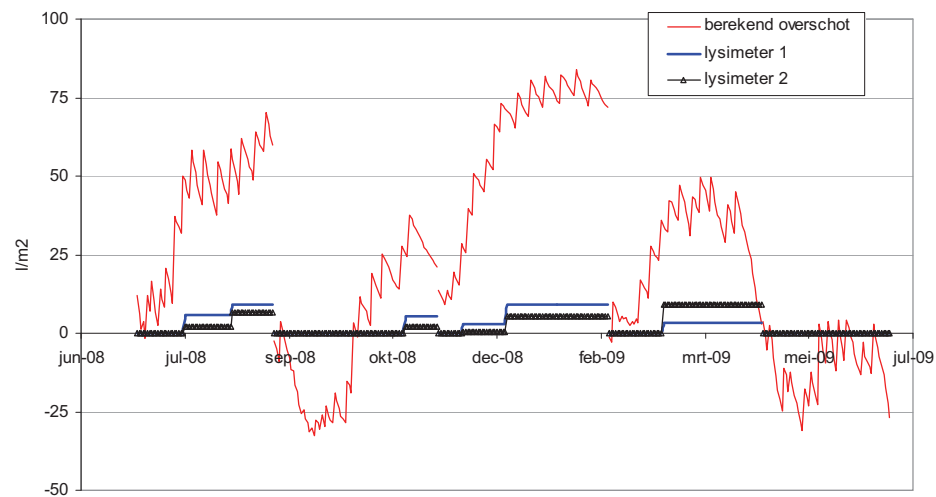
Er is weinig drain aangetroffen in de lysimeter, in ieder geval beduidend minder dan volgens het beregeningsoverschot er potentieel aan drainwater zou moeten zijn. Met name de derde teelt is opvallend, meteen beregeningsoverschot van 80 mm is er niet meer dan 10 liter water opgevangen. Waarschijnlijk is door de diepe grondwaterstand, net als bij bedrijf B ook op dit bedrijf wegzuiging van bodemvocht plaatsgevonden.

Analysecijfers

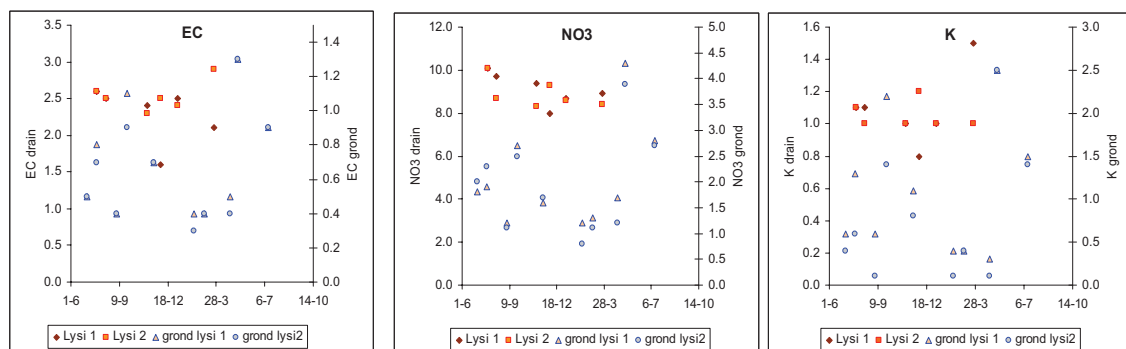
De EC vertoont een grillig patroon, en heeft zeer lage en dan weer normale waarden. Ook de NO₃ en in mindere mate de K schommelen sterk. In de drain zijn de concentraties op een gemiddeld niveau, alleen is K relatief laag. Het verband tussen grondanalyses en drainwater lijkt niet erg sterk.



Figuur 3.15. Geregistreeerde watergift, de berekende verdamping en het beregeningsoverschot van bedrijf E, weergegeven in l/m^2 cumulatief per teelt.



Figuur 3.16. Beregeningsoverschot en geregistreeerde drain in beide lysimeters bij bedrijf E.



Figuur 3.17. Analysecijfers van grond en drain van de lysimeter bij bedrijf E. Grondanalyses uitgedrukt in mS/cm en $mmol/l$ in het 1:2 volume extract, op de rechter Y-as en drain in mS/cm en $mmol/l$ van het water.

3.6 Bedrijf F

Situatie

Dit bedrijf heeft een vrij lemige zandgrond met een matig humeuze bovengrond. De ondergrond is dekzand met leemlagen. De grondwaterstand is meer dan 3 meter. Er worden jaarrond chrysanten geteeld.



Afbeelding 16. Bij bedrijf F bestond het grondprofiel over 60 cm uit een matig humeuze, matig leemhoudend zand en de ondergrond uit humusloos leemarm zand.



Afbeelding 17. De afvoerleiding met de verticale verzamelkoker

Bijzonderheden tijdens de meetperiode

Geen

Watergift, verdamping en beregeningsoverschot

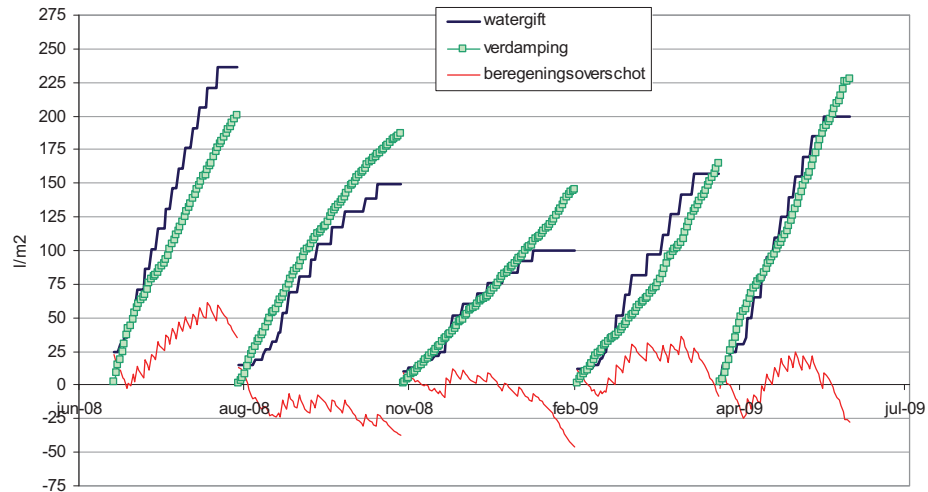
De watergift is wisselend geweest. In de eerste teelt is met grote beurten gewerkt, in de 2^e t/m 5^e teelt is in de eerste paar weken van de teelt met soms dagelijkse kleine gietbeurten gewerkt. In de 1^e teelt is er een duidelijk positief beregeningsoverschot. In de 2^e en 3^e teelt is er een tekort, terwijl in de 4^e en 5^e teelt een overschot is in het midden van de teelten aan het einde, eindigt de teelt toch weer met een tekort.

Lysimeter

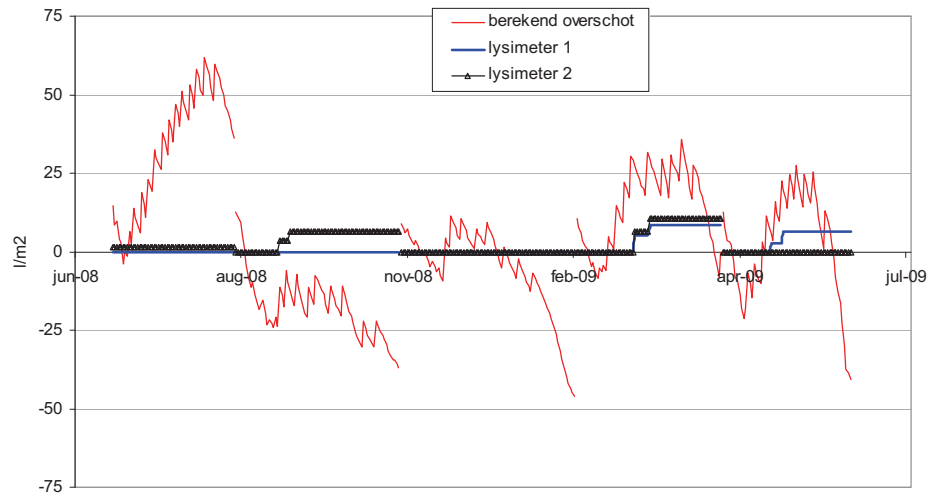
Er is nauwelijks drainwater opgevangen. Alleen in de 2^e, de 4^e en 5^e teelt is er tot 10 mm drain gemeten, terwijl met name in de 2^e teelt er juist geen overschot was. Er is geen andere verklaring voorhanden dan al eerder bij bedrijf B is gegeven over het ontbreken van de bovenrand.

Analysecijfers

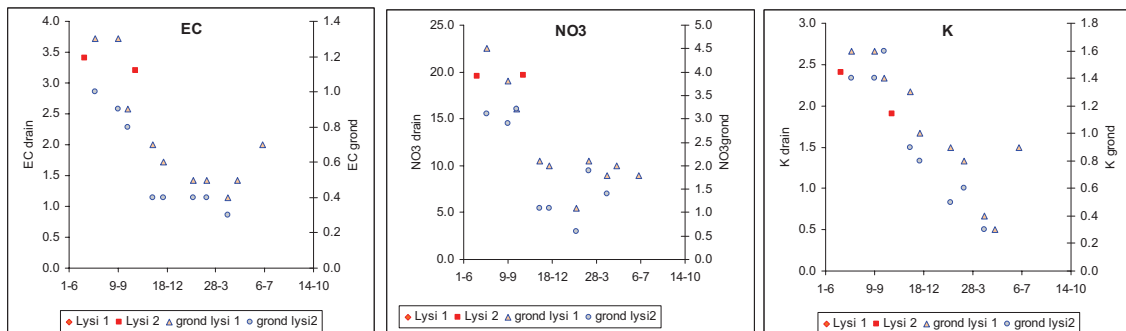
Er is een opvallende daling te zien in de algehele voedingstoestand vanaf het begin van de teelt. Aan het eind van de periode zijn de EC en het K gehalte bedenkkelijk laag. Ook NO₃ is laag, maar valt nog neet binnen de streefgrenzen.



Figuur 3.18. Geregisteerde watergift, de berekende verdamping en het beregeningsoverschot van bedrijf F, weergegeven in l/m^2 cumulatief per teelt.



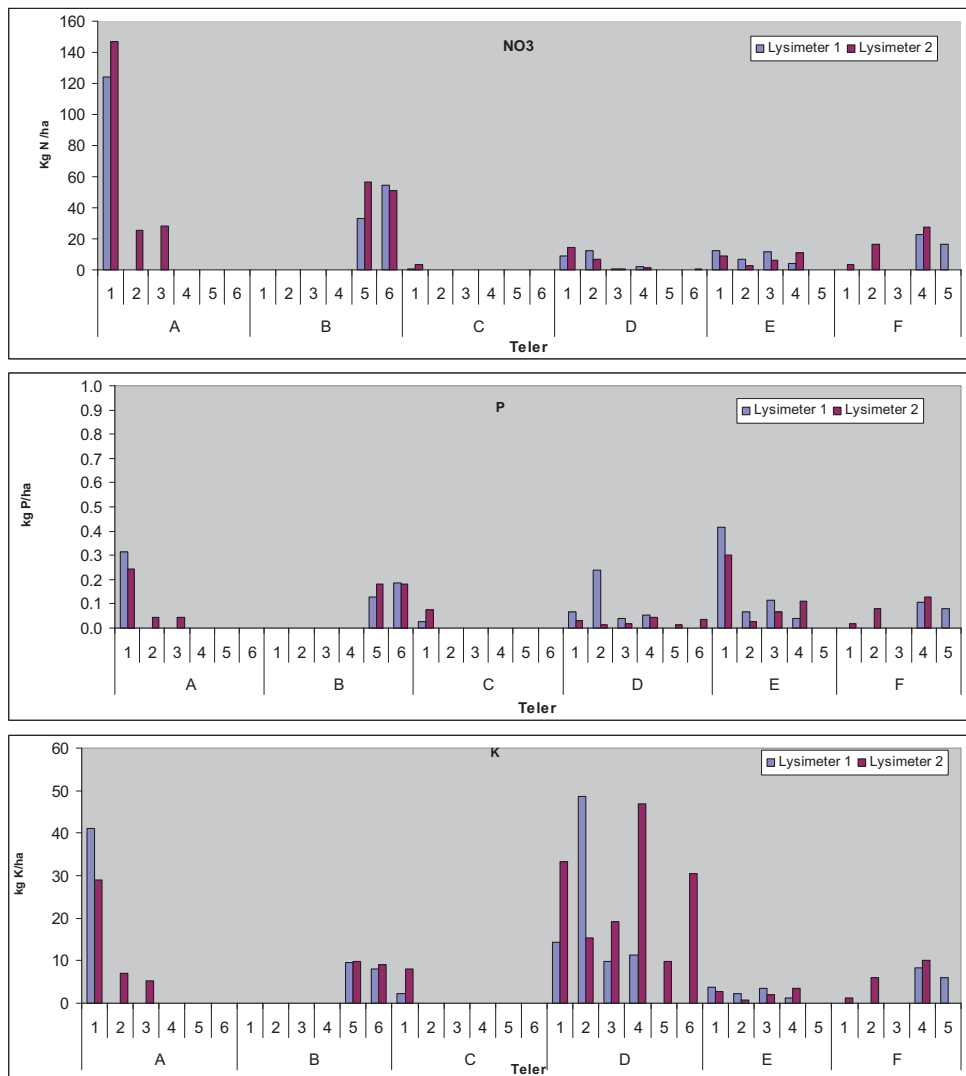
Figuur 3.19. Beregeningsoverschot en geregisteerde drain in beide lysimeters bij bedrijf F.



Figuur 3.20. Analysecijfers van grond en drain van de lysimeter bij bedrijf F. Grondanalyses uitgedrukt in mS/cm en $mmol/l$ in het 1:2 volume extract, op de rechter Y-as en drain in mS/cm en $mmol/l$ van het water.

3.7 Emissie

Uit de hoeveelheid drain en de analysecijfers is berekend hoeveel emissie er per teelt is geweest. Een samenvatting van de resultaten is weergegeven in de figuren 3.20.



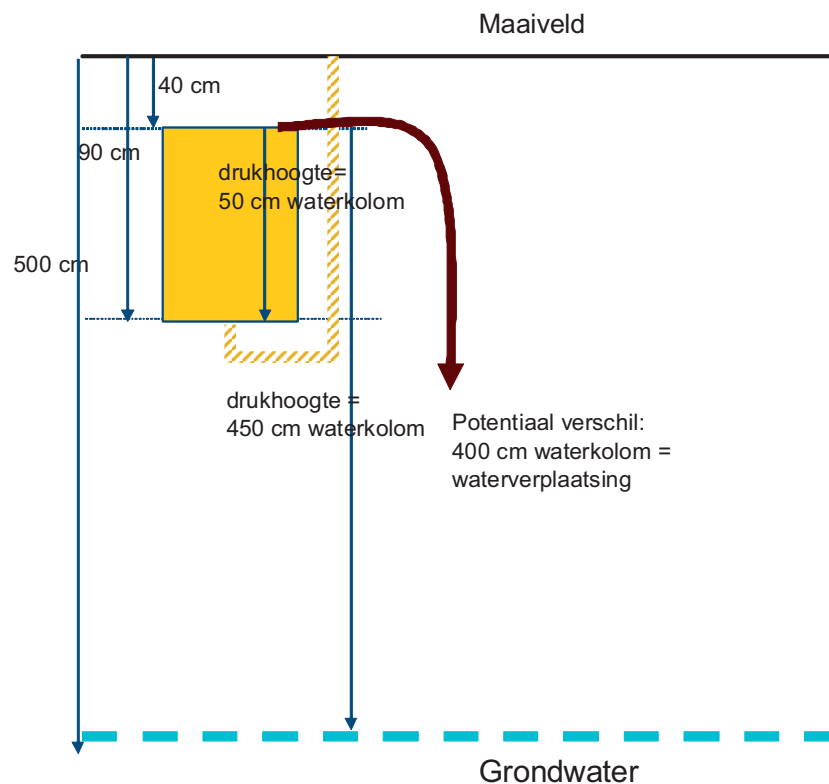
Figuur 3.21. Berekende hoeveelheid emissie uit de lysimetergegevens in kg per ha per teelt voor N, P en K van de 6 bedrijven.

Zoals te verwachten uit de variatie in drain en analysecijfers is de emissie zeer variabel. Vooral bedrijf A valt uit de toon met de N-emissie, veroorzaakt door de enorm hoge analysecijfers. De resultaten van de beide lysimeterbakken liggen in dezelfde orde van grootte bij alle bedrijven. De P-emissie stel nauwelijks iets voor, en is slechts een paar tiende Kg/ha per teelt. De grootste variatie is er in de emissie van K. Dit zal ongetwijfeld samenhangen met de grote variabiliteit in K gehalten in de bodems, dit blijkt ook uit grondmonsters van de bedrijven.

4. Discussie

De resultaten van de lysimeter metingen lijken op het eerste gezicht minder geslaagd. Slechts in enkele gevallen is er een hoeveelheid drain opgevangen en ook lijkt het op vrij willekeurige momenten te komen en lijkt de drain niet of nauwelijks samen te hangen met het beregeningsoverschot. Het is temeer tegenvallend, omdat in een aantal situaties drain te verwachten was, vanwege het beeld dat er gemiddeld ruim water wordt gegeven in de chrysantenteelt. In ieder geval zijn er perioden met een hoge beregeningsintensiteit, met grote gietbeurten. Sommige telers staan er ook om bekend dat ze veel water geven, zoals bedrijf B. In de loop van het project moest dit beeld echter toch behoorlijk worden bijgesteld. Er blijkt namelijk in het algemeen veel minder sprake van een overschot-beregening. Ook blijkt bij een nadere bestudering van de resultaten dat deze wel degelijk bruikbare resultaten opleveren.

In de allereerste plaats moet worden genoemd de situatie bij bedrijf B. Hier werd veel drain verwacht. Echter door de sterk afwijkende literteller is er hoogstwaarschijnlijk helemaal geen sprake van een beregeningsoverschot, maar eerder juist een beregeningstekort. Niet verwonderlijk dus dat er in de eerste 4 teelten geen drain in de lysimeter is gevonden. Ook het aanpassen van de bak, na de 3e teelt had logischerwijs geen effect, want op dat moment was nog niet duidelijk dat de literteller afweek. Er is in die 3^e teelt nog nauwelijks sprake van een beregeningsoverschot, als we uitgaan van de gecorrigeerde watergift.



Figuur 4.1. Schets van de situatie bij bedrijf B, door de hoogte boven het grondwater, ontstaat een potentiaal verschil in zuigspanning, waardoor bodemvocht uit de bak naar beneden kan worden gezogen.

De aanpassingen aan de bak bij bedrijf B, waarbij een bovenrand is aangebracht lijkt noodzakelijk. Vanwege de bijzondere hydrologische situatie bij de Limburgse bedrijven (met name bedrijf B) is aannemelijk dat daar verliezen kunnen zijn opgetreden. De oorspronkelijke bovenrand bleek zich bij het opgraven op 50 cm beneden het maaiveld te bevinden, in plaats van op 40 cm volgens het plan bij aanleg. Waarschijnlijk is door grondbewerking en verzakking de rand wat weggezakt. De grondwaterstand in de kas is 5 à 6 m beneden maaiveld, in de zomer is dit mogelijk

zelfs meer. In de bak bevindt zich het 0 zuigspanning niveau op 90 cm. Dit betekent dat ter hoogte van de bovenrand, in de bodem buiten de bak een zuigspanning heerst van minimaal 450 cm waterkolom, terwijl dit binnen de bak niet meer is dan 40 cm waterkolom. Kortom een drukverschil van op zijn minst 410 cm. Dit zal waterverplaatsing tot gevolg hebben (Figuur 4.1). Het watervolume van deze zijwaartse verplaatsing is lastig te berekenen, omdat dit zeer sterk afhangt van het vochtgehalte en de vochtverdeling, maar ook van fysische eigenschappen (de onverzadigde doorlatendheid). Bij grote gietbeurten zal er ook wel water naar onderen verplaatsen vanwege de oververzadiging die van bovenaf plaatsvindt. Maar tussen gietbeurten in zal er een evenwicht gezocht worden en zal het bodemvocht zelfs onder uit de bak geheveld kunnen worden.

Bij de aanpassing na de 4^e teelt kwamen beide zaken samen, namelijk het weer in orde brengen van de literteller, én het aanbrengen van een bovenrand. In de 5^e teelt verliep de watergift weer normaal, dat wil zeggen, zoals zou moeten volgens het inzicht van de teler. Er was nu wel een beregeningsoverschot, en door het aanbrengen van de bovenrand is voorkomen dat er water zijwaarts weg werd gezogen. Voor het eerst werd nu een substantiële hoeveelheid drainwater opgevangen. Het blijkt dat in de 5^e en 6^e teelt de gemeten drain opvallend goed overeenkomt met het berekende beregeningsoverschot. Helaas is door het samenvallen van de twee maatregelen niet te concluderen of het drainwater ontstaan is uit het aanbrengen van de bovenrand, of door het 'herstel' van de literteller en weer normale gietbeurten.

Een aanwijzing dat beide aspecten een rol spelen is het volgende. In de 6^e teelt is bij één bak de bovenrand verwijderd, vanwege de noodzakelijk geachte grondbewerking voor het doorwerken van organisch materiaal. Toch is de gemeten drain in beide bakken bijna gelijk, zodat het lijkt alsof de bovenrand geen rol speelt. Aan de andere kant is er het resultaat bij de overige bedrijven. Op bijna alle deelnemende bedrijven speelt dit probleem van het ontbreken van de bovenrand, met mogelijk zijwaarts verlies van water, omdat bijna allen te maken hebben met een grondwaterstand veel dieper dan 1 meter. In ieder geval heeft dit gespeeld bij de bedrijven C, E en F, waar nauwelijks drain is gemeten. Bij een aantal is er ook in meerdere teelten nauwelijks sprake van een beregeningsoverschot (Bedrijf A, na 2^e teelt, D en F 2^e en 3^e teelt) en kan er dus niets uit worden geconcludeerd. Bij sommige teelten is er echter wel degelijk een beregeningsoverschot, soms zeer veel, terwijl er toch geen drain is. Het meest duidelijk is dit bij bedrijf C, 1^e en 2^e teelt en bedrijf E, 3^e teelt. Bedrijf D vormt enigszins een uitzondering op de rest omdat zich hier een schijngrondwaterspiegel bevindt (door een verdichte laag op 1.5 m.) Daardoor is te veronderstellen dat het verschil in zuigspanning ter plaatse van de bovenkant van de bak, veel minder groot is, of zelfs ontbreekt in vergelijking met de overige bedrijven. Bij dit bedrijf komt de drain hoeveelheid ook vrij goed overeen met het berekende overschot.

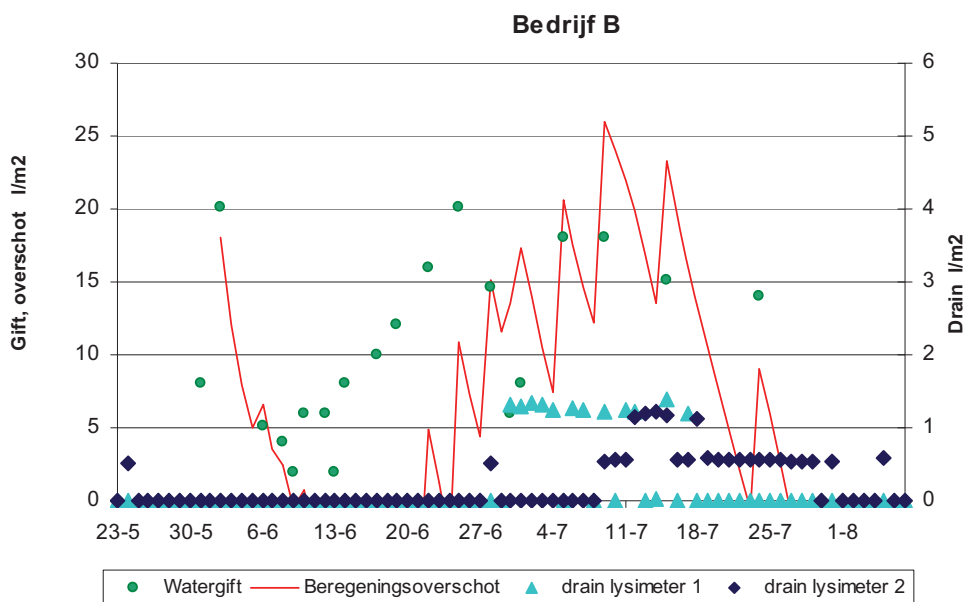
Een derde aanwijzing over het belang van de bovenrand zijn de resultaten in het parallel lopende project 'bemesten met beleid'. Zoals in 2.6 besproken, zijn op nog drie bedrijven ook lysimeters aangelegd. Op één van de bedrijven in de Bommelerwaard, met een ondiepe grondwaterstand (niet gedraineerd, alleen stoomdrainage op 50 cm), was juist veel meer drain dan mogelijk was uit volgens het beregeningsoverschot. Ook hier is de berekening gecontroleerd, maar vertoonde geen afwijking. Vermoed werd dat hier water van buiten de bak (waar een lage zuigspanning heerste door de hoge grondwaterstand) naar binnen werd getrokken (zuigspanning 100 cm). Ook hier is een bovenrand aangebracht en het probleem bleek over.

Achteraf gezien had de oorspronkelijk geplande aanleg met een bovenrand tot aan maaiveld, moeten worden doorgezet, met wel als nadeel dat dan de grondbewerking in één werkgang lastig had geweest en de bakken bij elke teeltwisseling handmatig hadden moeten worden bijgewerkt. Dit blijft een moeilijk punt en wordt in de aanbevelingen verder uitgewerkt.

Als er drain werd geproduceerd, liepen de jerrycans waarin de drain werd opgevangen soms over. Het was dan niet meer na te gaan hoeveel extra water er daarbij verloren is gegaan. Ook vanwege andere verstoringen is drainwater soms niet geregistreerd, zoals aangegeven bij bedrijf A. Er is dus meer drainwater geproduceerd dan uit de registraties blijkt. Onduidelijk zal blijven hoeveel dit werkelijk is geweest.

Zoals viel te verwachten blijken de lysimeters sterk te bufferen. Individuele grote gietbeurten, met een zeker overschot zijn niet terug te vinden in het verloop van het uit pompen van drainwater. Op zich logisch want de

bodemsituatie (wel of niet veel bergend vermogen na droge periode) moet daarbij betrokken worden. Ter illustratie zijn de resultaten van bedrijf B gegeven, waar door registratie van de pulsen van de pompjes via dataloggers het uitpompen in de tijd kon worden vastgelegd (Figuur 4.2). Duidelijk zichtbaar is dat de toename in watergift vanaf de 3^e week na planten een positief beregeningsoverschot tot gevolg heeft in de 4^e week en dat een kleine week later pas de eerste drain ontstaat. Bij het ingaan van de droge periode naar het einde van de teelt, lopen de pompjes nog enige tijd door.



Figuur 4.2. *Gemeten drain via pulsen van de drainpompjes, uitgezet tegen de watergift en het beregeningsoverschot (waarvan alleen positieve getallen) in de 6^e teelt bij bedrijf B.*

Het aanvankelijk verwachtte probleem van het ‘zetten’ van de grond na aanleg en daardoor verminderde groei is totaal uitgebleven. Er is op geen van de bedrijven bij geen van de teelten groeifwijking geweest die aan de lysimeters is toe te schrijven.

Doordat er niet altijd drainwater verzameld kon worden en op een aantal bedrijven hoogstwaarschijnlijk drainwater uit de lysimeter is weggezogen, is het niet mogelijk een goed beeld te krijgen van de emissie van nutriënten bij deze bedrijven. Niettemin is duidelijk dat als er wel drainwater is, de concentraties aan N aanzienlijk kunnen zijn. Afgezien van het resultaat bij bedrijf A, wat zeer uitzonderlijk moet worden, liggen de NO₃ concentraties tussen 2 en 8 mmol/l. Fosfaat is, zoals te verwachten in alle gevallen laag en blijft beneden 0.1 mmol/l (Bijlagen I – VI). Er lijkt een redelijk verband tussen de NO₃ concentraties in de grond en die in de drain. Nu is het enigszins appels met peren vergelijken, want bij de grondanalyses via het 1:2 extract, wordt het bodemvocht sterk verdund. Voor een humusrijke zandgrond (de laag 0-25 cm) is de verdunning al gauw een factor 3 à 4. Voor de humusarme 2^e steek (laag 25-50) is de factor 4 à 5. Dit betekent dat de analysecijfers van de grond met een factor 3 à 5 moeten worden vermenigvuldigd om de concentraties in het bodemvocht te schatten. Dit bodemvocht is datgene wat uiteindelijk in de drain terecht zal komen bij uitspoeling. Daarnaast is er per nutriënt nog een specifieke factor, vanwege het gedrag in de bodem. Als we ruwweg de verdunningsfactor loslaten op het geheel, lijken de vergelijkingen niet onaanvaardig.

Bij emissie is de concentratie stoffen in het grond- en oppervlaktewater van belang, maar ook de hoeveelheid (vracht). Voorzichtige schattingen op basis van de metingen die we nu hebben geven aan dat de totale vracht aan N ca 25 – 150 kg/ha per jaar bedraagt. Voor P is dit niet meer dan 1 – 1.5 kg/ha per jaar. In deze schatting zijn de extreme situaties (bedrijf A) buiten beschouwing gelaten. Dit zijn echter zeer voorlopige cijfers.

5. Conclusies en aanbevelingen

Los van de beoogde resultaten betreffende de emissie, heeft het project in ieder geval gezorgd voor veel ervaringskennis. Hiervan kan voor het vervolg van gebruik worden gemaakt. Naast aspecten die te maken hebben met de betrouwbaarheid van de metingen, moet beslist ook aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan die te maken hebben met teelttechnische aspecten en de bedrijfsvoering. Daarom worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Mechanische druk van de bodem en zettingsproblemen

Op de manier waarop in dit project de aanleg is gebeurd, met een kleine graafmachine en een zekere scheiding van onder en bovengrond, bleken er geen effecten van zetting te zijn die de groei hebben beïnvloed.

Dit is dus een werkbare methode.

Flexibele folie heeft als voordeel dat nazakking van de bodem onder het folie geen gevolgen heeft voor de werking van de bak. Wel heeft een flexibel folie als nadeel dat een exacte afmeting aan de bovenkant moeilijk is en door werking van de bodem verandert. Ook is ervaren dat de folie in de grond wegzakt. Waarschijnlijk doordat tijdens de teelten door grondbewerking en aanvoer van compost en potjes de grond wat is opgehoogd. Een vaste bak is wat dat betreft robuuster, maar moet dan wel goed verankerd worden om verzakken te voorkomen. Uitvoering als een vaste bak heeft voordelen, maar flexibele folie kan zeker ook.

2. Teelthandelingen

De frequente teeltwisselingen zijn als een groot knelpunt naar voren gekomen. Voor de noodzakelijk geachte grondbewerking tussen elke teelt en de (twee-)jaarlijkse aanvoer van organische mest, of noodzakelijke geachte jaarlijkse diepe grondbewerking (woelpoot, spitten) zitten de lysimeterbakken behoorlijk in de weg.

Dit is nauwelijks oplosbaar, tenzij geaccepteerd wordt dat de bakken er nu eenmaal (moeten) zijn.

Er staan dan twee wegen open. 1) bij elke werkgang met de machines langs de bakken gaan en de bakken handmatig bewerken 2) ontwikkelen van een systeem met verwijderbare wanden, die dan na de grondbewerking weer geplaatst worden. In dit laatste geval zal mogelijk een goede afdichting nodig zijn om de problemen met zijwaartse afzuiging te voorkomen. Er lijkt een keuze te moeten worden gemaakt tussen ofwel een gefixeerd systeem met een langdurige betrouwbaarheid dat apart bewerkbaar is, of een systeem dat maximale flexibiliteit waarborgt bij teeltwisseling.

3. Stomen

Omdat grondstomen vooralsnog de enige manier van grondontsmetting is, moet het systeem goed stoombaar zijn. In dit project is met polypropyleen materiaal gewerkt en dat heeft tot nu toe voldaan. Onderdelen van de technische apparatuur kunnen niet tegen stomen en zijn verwijderbaar gemaakt. Dit bleek in de praktijk geen probleem op te leveren. Ervaringen in het parallelle project van bioteelt lieten zien dat stomen ook effectief lijkt, er zijn geen problemen geweest met ziekten of aaltjes anders dan in de omringende kas. Na afloop van het project zijn recentelijk metingen gedaan, waarbij aangetoond is dat de gewenste temp tot onderin de bak gemakkelijk gehaald kan worden. Hierbij is gebruik gemaakt van een afzuigventilator. Het stomen vormt geen knelpunt



Afbeelding 18.

Afzuigventilator gemonteerd op de verzamelkoker ten behoeve van het stomen

4. Techniek

De gebruikte slangenpompjes voldoen goed, geen enkele pomp heeft gehaperd. De gebruikte aanvoer en afvoerslangetjes zijn wel kwetsbaar en kunnen gemakkelijk eraf getrokken, kapot getrokken, doorgesneden of op een andere manier beschadigd raken. Vooral de plantmachine en knippers vormen een gevaar. Een robuust systeem dat in de praktijk tegen een stootje kan, moet bij voorkeur alle kabels en slangetjes in een mantelbuis van PVC hebben. De vlotterschakelaars zijn geplaatst op een PVC buis, steken wat ver naar buiten waardoor ze kunnen blijven 'kleven' aan de wand van de koker. Het is aan te bevelen wijdere kokers te gebruiken, de vlotters korter op de pijp te bevestigen en in ieder geval de pijp nog beter te fixeren aan de kokerwand (zie afb. 3). Voor de behuizing van een elektronische printplaat en pomp is een bestaand type behuizing gebruikt (afb. 2, 10). Dit is vrij groot en robuust en is lastig voor het personeel overheen te stappen. Het zou aan te bevelen zijn een kleinere kast te ontwikkelen, en nog beter dit te integreren met de koker en vlotterschakeling, zodat dit in een geheel verwijderd kan worden.

5. Bekabeling

Losse kabels, of ook lange einden reservekabels (netjes) op een bosje gewonden blijken een obstakel. Zorg voor korte kabels en werk lange kabels goed weg.

6. Meetwaarden drain

Uit kosten oogpunt is bij de aanvang van het project besloten het project zo eenvoudig mogelijk te houden. De drain is gemeten via jerrycans en bij bedrijf B (evenals bij de parallelle projecten) via een pulsteller en dataloggers. Gebleken is dat dit niet goed werkt. Jerrycans liepen soms over, bovendien is niet zichtbaar of en hoeveel er in zit. Het belangrijkste bezwaar is echter dat de dynamiek (wanneer en hoeveel) niet zichtbaar is, zodat er geen verband kan worden gelegd met gietbeurten en klimaatomstandigheden. Het is daarom een vereiste dat er een meetsignaal van de drainhoeveelheid gekoppeld wordt naar de bedrijfscomputer. Daarnaast blijft een opvangsysteem nodig om bemonsteringen te kunnen uitvoeren. Aangezien jerrycans in de weg staan op het hoofdpad, is een opvangbuis bijvoorbeeld gemonteerd aan een kolom aan te bevelen.

7. Ontbreken bovenrand

Zoals in de resultaten en de discussie beschreven is dit toch wel als grootste obstakel naar voren gekomen dat een effectieve werking van de lysimeter belemmert. Zeker bij diepe grondwaterstanden lijkt het onontkoombaar de wand tot aan of boven het maaiveld te laten komen. Dit levert onvermijdelijk de onder 2 genoemde teelt- en bedrijfskundige problemen op. In theorie zou de bovenrand wel weggelaten kunnen worden als de lysimeterbak op gelijke diepte wordt aangelegd als de gemiddelde grondwaterstand in de kas. In overleg met telers en installatiebedrijven zullen alternatieven bedacht en ontwikkeld moeten worden. Vervolgens moeten deze alternatieven beoordeeld worden vanuit bodemkundig en water- en bemestingstechnische perspectieven. Momenteel loopt er een project door ALTERRA en Wageningen UR Glastuinbouw naar de bodemkundige randvoorwaarden van het systeem.

8. Contact grondwater

Een aspect dat tot nu toe buiten beeld is gebleven is het ontbreken van contact met het grondwater. In perioden van een kleinere som watergift beregening dan de verdampingssom, vindt uitputting plaats van de vochtvoorraad in de bodem. Normaal wordt dit aangevuld vanuit het grondwater¹, in de lysimeter kan dit niet. Als dit lang duurt, kan dit tot verdrogingsproblemen leiden. Om dit effect enigszins na te bootsen is in de opstelling in dit project gezorgd voor een waterbuffer onderin de bak, door de onderste vlotterschakeling niet tot op de bodem te laten schakelen. Dit niveau is instelbaar. Echter bij langdurige 'droge' perioden is dit niet genoeg volume. Er zijn dan twee mogelijkheden, handmatig extra watergeven op het oppervlak (meestal zal dat niet gewenst zijn, omdat vanwege teelttechnische redenen een droge periode is ingelast) of in de koker water invoeren om het buffervolume onderin aan te vullen. Om het lysimetersysteem te vervolmaken zou dit laatste kunnen worden geautomatiseerd door een verbinding te maken met het watersysteem en een vlotterkraan.

¹ Dit geldt weer niet voor zogenaamde 'hangwaterprofielen'. Dit zijn bodems waar het grondwater zo diep zit dat de capillaire opstijging geen rol speelt. Het irrigatie/regenwater blijft hier 'hangen', zolang het bergend vermogen van de grond dit aankan. In dit project zijn de bedrijven B, C, E en F zeker hangwaterprofielen.

Een andere optie is in dit verband het forceren van drain, door ter plaatse van de lysimeterbak altijd extra water te geven (extra sproeier of druppelaar), zodat altijd drain wordt geproduceerd. Door te corrigeren voor de bekende hoeveelheid extra neerslag is de werkelijke uitspoeling goed te benaderen. Hiermee wordt voorkomen dat in een periode van een neerslagtekort, er in het geheel geen informatie uit de lysimeter te halen is.

9. Verschil in grondwaterstand

Een probleem wat met het vorige te maken heeft: bij een verschil in diepte van de lysimeter met de grondwaterspiegel in de kas bestaan er structureel verschillen in zuigspanning tussen de bodem in de bak en daarbuiten. Of dit ook tot belangrijke verschillen leidt, is sterk afhankelijk van de eigenschappen (pF curve) van de bodem ter plaatse en uiteraard het verschil tussen beide niveaus. Dit is moeilijk in algemene regels te vatten, omdat er allerlei effecten kunnen optreden die elkaar kunnen versterken of tegenwerken. Bij het al genoemde project van ALTERRA / Wageningen UR Glastuinbouw wordt dit nader bestudeerd.

10. Effect van 'kortsluiting'

In bodems met klei, vooral bij rivierkleien (kalkarm), ontstaan macrostructuren in de ondergrond die ervoor zorgen dat er zeer grote poriën (scheuren) ontstaan. Bij een watergift zal een deel hiervan daardoor versneld naar beneden spoelen en in de drain terecht kunnen komen. Naarmate de grond droger is, zal dit effect groter zijn. Het kan dus voorkomen dat er ondanks een negatief berekeningsoverschot in de bodem, toch uitspoeling is. Omdat dit water niet 'meedoet' met de interactie met de bodem is ook de concentratie aan mineralen niet representatief. Dit probleem is waarschijnlijk niet te voorkomen en zal in de interpretatie van de gegevens een bepaalde functie moeten krijgen, temeer daar dit proces zich in het normale profiel ook voordoet.

11. Oppervlakte

De vraag van representativiteit van de lysimeter is nog niet beantwoord. In dit project bleek al wel dat de verschillen tussen beide herhalingen soms aanzienlijk kunnen zijn. Een ruime oppervlakte is te verkiezen boven meer lysimeters, vanwege de ruimtelijke variabiliteit van het berekeningssysteem. Een interessant aspect wat nadere studie vraagt, is de aanleg in trechtersvorm, waarbij van een groter oppervlak wordt 'ontvangen' en een kleiner grondvolume. Er hoeft daarvoor minder grondvolume te worden verplaatst, terwijl de zuigspanning vergelijkbaar is met een bakvorm. Met name voor een van de doelen van een lysimeter, namelijk sturing van het watermanagement kan dit ook een belangrijke verbetering betekenen, omdat het systeem sneller wordt en eerder een bepaald volume drain bereikt wordt en dus beter ingespeeld kan worden met de watergift.

12. Gevoeligheid voor verstoringen

Verminderde groei of zelfs wegval van planten kan het systeem ook minder representatief maken. In dit project heeft het geen rol gespeeld bij de chrysant, hoewel slechte plekken door bodemziekten of aaltjes op sommige bedrijven in kas wel aanwezig waren. Ook om die reden is een groot oppervlak beter dan een kleine bak.

13. Confrontatie met doelen

Het eerste hoofddoel van het project was het testen van de lysimeter als meetinstrument voor de emissie. Dit doel is maar gedeeltelijk bereikt doordat er tijdens het gebruik van de lysimeter in de praktijk een flink aantal technische knelpunten naar voren kwamen. Aan het oplossen van deze knelpunten moest veel tijd worden besteed, en niet alles kon opgelost. Wel is duidelijk geworden welke knelpunten er precies nog zijn bij het gebruik van dit meetinstrument in de praktijk van een modern chrysantenbedrijf. Doordat deze knelpunten optraden kon het tweede doel, terugkoppeling van de output naar de watergeefstrategie, niet worden gehaald. Het derde doel was bewustwording bij telers van de emissie op hun eigen bedrijf. Dit doel is ook maar gedeeltelijk gerealiseerd, omdat er veel aandacht en energie gestoken moest worden in het oplossen van de technische knelpunten. Toch is er al met al veel geleerd over wat wel en niet mogelijk is met dit meetinstrument. Tijdens het oplossen van de knelpunten kwamen achterliggende onvolkomenheden aan het licht op de bedrijven. Ook bleek duidelijk waar het bij de registraties van noodzakelijke gegevens mis kan gaan. In de laatste fase van het project, toen enkele knelpunten waren opgelost, bleek dat een lysimeter op een praktijkbedrijf wel aan de verwachtingen kan voldoen. De betrokken telers hebben aangegeven dat ze verder willen in de ontwikkeling van een robuustere lysimeter om meer grip te krijgen op emissie en watergeefstrategie. Een

vervolgtraject lijkt daarom noodzakelijk om de verwachtingen verder waar te maken. In dat vervolg zal het accent moeten liggen op het technisch robuust maken van de lysimeter. Daarnaast moet duidelijkheid worden aan welke randvoorwaarden een bak moet voldoen om een betrouwbare meting te krijgen. Pas als deze aspecten duidelijk zijn kunnen de eerder voor dit project geformuleerde doelen: emissiemeting en terugkoppeling in het watermanagement worden gerealiseerd.

Referenties

Baltus C.A.M. & L.W. Volkers-Verboom 2005.

Onderzoek naar emissies van N en P vanuit de glastuinbouw. RIZA Rapport 2005.007, 52 pp.

Voogt W., A.A.M. van der Burg, R. de Graaf & R. van Oosten 2000.

Water-, stikstof- en natriumbalans bij teelten in kasgrond. Intern Rapport Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Naaldwijk, 40pp.

Voogt W., F. Assinck, J. Balendonck, M. Blom-Zandstra, M. Heinen & F. H. De Zwart 2002.

Minimalisering van de uitspoeling bij teelten in kasgrond. Praktijkonderzoek Plant & omgeving, sector glastuinbouw, Naaldwijk, Rapport 543, 34 pp.

Voogt W., F. Steinbuch & A. van Winkel, 2006.

Evaluation of the 'fertigation model', a decision support system for water and nutrient supply for soil grown greenhouse crops. Acta Hort. 718, 531-538.

Voogt W., F. Sterk & T. Vermeulen 2008.

Teelt in kasgrond; Nederland anno 2007. Rapport Wageningen UR glastuinbouw, Bleiswijk 43 pp.

Bijlagen I t/m VI.

Analysecijfers grond en drain lysimeters

Bijlage I. bedrijf A

grondanalyses 1: 2 extract

lysi 1												lysi 2											
Datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	
18-7-2008	1.0	6.5	0.0	0.8	0.5	2.5	1.8	7.4	0.0	0.7	0.09	0.7	6.5	0.0	0.8	0.4	1.5	1.0	4.5	0.0	0.3	0.08	
5-8-2008	1.1	6.4	0.0	0.4	0.4	2.7	2.1	8.8	0.1	0.5	0.09	0.5	6.3	0.1	0.2	0.5	1.3	0.9	3.5	0.0	0.2	0.07	
15-8-2008	0.5	6.5	0.0	0.5	0.3	1.1	0.7	2.4	0.0	0.3	0.12	0.6	6.5	0.0	0.7	0.3	1.2	0.8	3.2	0.0	0.2	0.09	
17-9-2008	0.5	6.4	0.0	0.2	0.2	1.1	0.7	2.5	0.0	0.2	0.09	0.6	6.6	0.0	0.4	0.2	1.4	0.9	3.5	0.0	0.2	0.07	
23-10-2008	0.8	6.4	0.0	1.2	0.3	2.2	1.5	5.8	1.0	0.2	0.10	0.8	6.4	0.0	0.8	0.3	2.1	1.3	5.7	0.2	0.2	0.07	
19-11-2008	0.7	6.6	0.1	0.8	0.3	1.7	1.1	4.9	0.3	0.2	0.11	0.7	6.5	0.1	0.6	0.3	1.8	1.1	5.0	0.3	0.2	0.08	
10-2-2009	0.8	6.6	0.1	0.7	0.4	1.9	1.2	5.5	0.3	0.4	0.09	0.9	6.6	0.1	0.7	0.3	2.3	1.4	6.5	0.3	0.4	0.08	
4-3-2009	1.1	6.3	0.1	1.0	0.5	2.9	1.4	7.9	0.4	0.7	0.09	1.0	6.4	0.1	1.2	0.5	2.3	1.2	7.0	0.3	0.4	0.10	
15-4-2009	0.6	6.5	0.1	0.6	0.3	1.5	1.0	4.2	0.5	0.4	0.09	0.5	6.5	0.1	0.4	0.2	1.3	0.8	3.6	0.2	0.2	0.08	
5-5-2009	0.6	6.4	0.1	0.3	0.3	1.9	1.3	3.8	0.2	0.4	0.07	0.8	6.4	0.1	0.2	0.3	1.4	1.0	5.4	0.2	0.3	0.08	
15-6-2009	0.7	6.5	0.1	0.9	0.5	1.7	1.1	4.8	0.3	0.4	0.11	0.7	6.4	0.1	1.0	0.4	1.6	0.9	4.5	0.2	0.4	0.06	
7-7-2009	0.5	6.5	0.1	0.6	0.4	1.2	0.8	3.2	0.2	0.4	0.12												

drain lysimeters wateranalyses

Datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P
14-7-2008	5.2	6.3	0.0	5.2	1.6	14.9	11.6	43.7	1.0	5.6	0.0	5.9	5.9	0.0	3.8	1.8	18.1	14.3	53.8	0.7	5.5	0.04
8-8-2008	6.5	6.0	0.0	3.6	1.7	18.1	15.1	59.2	1.0	5.2	0.0	6.2	6.5	0.0	5.2	1.5	15.8	13.0	52.9	1.3	5.3	0.04
15-9-2008												4.9	6.4	0.0	4.0	1.8	18.2	15.3	59.2	1.1	4.9	0.04
9-12-2008												6.0	6.8	0.0	3.7	1.8	18.2	16.6	54.4	1.2	4.7	0.04

Bijlage II. bedrijf B

grondanalyses 1: 2 extract

lysi 1												lysi 2											
Datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	
27-6-2008	1.0	5.4	0.0	0.8	0.7	3.7	1.9	5.8	0.3	2.3	0.11	1.2	5.4	0.0	0.9	0.8	4.2	1.3	6.6	0.5	2.7	0.12	
18-7-2008	1.3	5.4	0.0	0.8	0.7	3.5	2.0	6.9	0.6	2.3	0.09	1.2	5.4	0.0	0.9	0.7	3.0	1.8	6.1	0.5	2.1	0.09	
12-9-2008	1.2	5.3	0.3	0.9	0.6	2.7	1.8	5.1	1.4	3.2	0.08	1.3	5.6	0.2	0.9	0.6	2.8	1.9	4.7	1.3	3.6	0.07	
29-9-2008	1.1	5.5	0.2	1.0	0.7	3.3	2.0	4.1	1.2	2.9	0.05	1.2	5.5	0.2	1.1	0.8	3.5	2.2	3.9	1.2	3.2	0.08	
6-11-2008	1.1	5.6	0.0	0.7	0.8	3.4	2.0	3.8	1.1	3.2	0.06	1.1	5.4	0.1	0.8	0.8	3.2	2.0	3.6	1.3	3.2	0.09	
28-11-2008	1.0	5.5	0.0	0.7	0.7	3.1	1.8	3.4	0.8	2.8	0.06	1.0	5.4	0.0	1.1	0.7	2.9	1.8	3.2	1.0	2.8	0.07	
15-1-2009	0.8	5.5	0.1	0.6	0.6	2.2	1.4	2.5	0.6	2.1	0.05	0.9	5.4	0.1	0.5	0.6	2.7	1.6	3.2	0.7	2.5	0.06	
23-1-2009	0.8	5.4	0.0	0.9	0.7	1.9	1.2	2.2	0.7	2.0	0.09	0.8	5.5	0.0	0.7	0.6	1.9	1.2	2.0	0.7	1.9	0.09	
10-2-2009	0.6	5.3	0.1	0.3	0.4	1.6	1.0	1.9	0.3	1.5	0.04	0.6	5.4	0.1	0.4	0.4	1.5	1.0	1.6	0.5	1.6	0.05	
26-3-2009	1.0	5.8	0.4	1.3	0.8	2.5	1.4	2.7	1.2	2.9	0.07	1.2	5.8	0.7	1.4	0.8	2.9	1.6	3.3	1.2	3.5	0.06	
27-5-2009	1.5	5.8	0.1	2.8	1.4	4.5	2.2	3.0	1.7	6.0	0.07	1.2	5.3	0.1	0.4	0.7	3.6	2.1	4.8	0.9	3.2	0.03	
16-6-2009	1.4	5.7	0.1	2.3	1.1	3.5	1.6	4.7	1.0	4.2	0.07	1.1	5.6	0.1	1.4	0.8	2.7	1.4	4.0	0.7	2.8	0.08	
7-7-2009	1.1	5.6	0.1	1.6	0.9	2.8	1.4	2.9	0.8	3.5	0.07	0.8	5.7	0.1	0.9	0.7	2.1	1.1	2.6	0.6	2.3	0.06	

drain lysimeters wateranalyses

datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4	P																						
1-04-09	1.5	4.5	0.6	5.3	0.4	2.8	1.5	9	1.4	1.8	0.04	3.6	6.1	0.1	3.3	1.6	10.9	6	22.8	2.2	6.6	0.04																						
16-04-09	3.7	6.1	0.4	3.6	1.8	11	5.8	23.6	2.3	6.6	0.04																																	
23-04-09	3.8	5.9	0.2	1.5	1.9	11.9	6.4	25	2.2	6.8	0.04																																	
5-05-09	4.2	5.3	0.1	1.2	2.0	15.5	8.1	27.4	2.2	8.0	0.04																																	
12-05-09	4.1	5.2	0.1	1.1	2.0	13.6	7.6	27.2	2.2	7.6	0.04																																	
19-05-09	4.7	6.3	0.4	1.6	2.2	15.2	8.2	26.6	2.3	8.9	0.04																																	
26-05-09	4.5	4.6	0.3	1.2	2.1	13.9	8.3	28.8	2.6	9.2	0.04																																	
18-06-09																							3.6	5.7	0.7	2.2	1.9	12.7	7.5	22.1	2.3	8.8	0.04											
6-07-09																																		4.3	4.8	0.4	1.4	2.1	14.4	8.6	24.2	2.9	10.2	0.04
15-07-09																																												
29-07-09	4.2	4.7	0.1	1.4	2	14	7.7	26.4	2.3	8.7	0.04	4.5	4.3	0.3	2	2.4	15.3	9.1	23.8	3.4	11.3	0.04																						
5-08-09	4.7	4.6	0.3	1.4	2.3	15.7	9.3	25.0	3.5	11.3	0.04																																	
12-08-09												4.6	4.6	0.3	1.4	2.3	15.7	9.3	25.0	3.5	11.3	0.04																						

Bijlage IV. bedrijf D

grondanalyses 1: 2 extract

lysi 1												lysi 2											
Datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	
25-6-2008	0.6	6.6	0.0	2.9	0.2	1.5	0.5	2.5	0.0	1.6	0.08	0.9	6.3	0.0	3.4	0.4	2.6	0.9	3.7	0.0	2.5	0.27	
18-7-2008	0.6	6.5	0.0	2.1	0.3	1.2	0.5	2.3	0.0	1.5	0.06	0.7	6.4	0.2	2.3	0.2	1.3	0.5	2.3	0.0	1.4	0.07	
25-8-2008	0.6	6.6	0.0	1.4	0.4	1.0	0.3	1.2	0.5	1.0	0.00	0.4	6.6	0.0	1.1	0.2	0.7	0.3	0.7	0.2	0.6	0.07	
17-9-2008	0.8	6.5	0.0	2.1	0.3	1.5	0.8	1.4	0.7	2.0	0.05	0.7	6.4	0.0	2.1	0.3	1.3	0.7	1.5	0.5	1.6	0.06	
3-11-2008	0.4	6.3	0.0	1.6	0.2	0.6	0.3	1.3	0.4	0.6	0.06	0.5	6.5	0.0	1.5	0.3	0.8	0.4	1.1	0.5	1.0	0.05	
24-11-2008	0.5	6.4	0.0	1.5	0.3	0.8	0.4	1.5	0.5	0.7	0.06	0.4	6.5	0.0	1.5	0.3	0.8	0.4	1.6	0.4	0.6	0.06	
28-1-2009	0.3	6.3	0.1	1.2	0.2	0.4	0.2	0.8	0.3	0.4	0.05	0.2	6.4	0.1	0.8	0.2	0.4	0.2	0.5	0.3	0.4	0.04	
17-2-2009	0.3	6.6	0.1	0.8	0.3	0.4	0.2	0.7	0.3	0.4	0.05	0.3	6.6	0.1	0.8	0.2	0.5	0.2	0.8	0.4	0.3	0.05	
15-4-2009	0.8	6.3	1.3	2.0	0.2	1.3	0.7	1.2	0.6	2.5	0.08	0.3	6.3	0.2	0.6	0.2	0.7	0.3	0.7	0.6	0.6	0.06	
5-5-2009	0.5	6.2	0.1	0.9	0.2	1.0	0.5	1.4	0.6	0.9	0.05	0.5	6.2	0.1	0.9	0.2	1.0	0.5	1.4	0.5	0.9	0.05	
15-6-2009	0.6	6.3	0.1	2.1	1.4	1.2	0.5	1.3	0.3	2.2	0.05	0.4	6.2	0.1	1.2	0.7	0.9	0.4	1.5	0.3	1.0	0.06	

drain lysimeters wateranalyses

Datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P
23-6-2008	3.1	1.0	0.0	7.0	1.5	11.2	2.7	12.1	1.1	8.2	0.00	3.0	1.0	0.0	8.2	1.7	10.8	2.6	10.0	1.4	7.7	0.00
25-7-2008	2.6	1.0	0.0	6.5	1.4	9.7	2.3	4.7	1.6	7.6	0.00											
19-8-2008	2.8	1.0	0.0	7.4	1.5	9.4	2.4	2.0	2.1	7.4	0.04	2.5	1.0	0.0	8.7	1.4	7.2	1.9	1.2	1.3	4.0	0.04
15-9-2008	2.2	1.0	0.0	7.0	1.4	7.7	2.1	3.3	1.9	6.0	0.04	2.0	1.0	0.0	8.6	1.4	5.4	1.7	0.7	1.2	3.1	0.04
14-10-2008	1.6	1.0	0.1	5.0	0.8	3.9	1.4	3.0	2.0	3.3	0.04	2.0	1.0	0.1	6.4	1.1	4.6	1.4	0.5	0.9	1.3	0.04
9-12-2008	1.8	1.0	0.0	5.3	1.2	5.3	1.7	1.6	1.5	1.2	0.04	1.9	1.0	0.1	7.2	1.1	5.4	1.6	0.4	0.6	1.6	0.04

Bijlage V. bedrijf E

grondanalyses 1: 2 extract

lysi 1												lysi 2											
Datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	
4-7-2008	0.5	6.3	0.0	0.6	0.7	1.5	0.7	1.8	0.4	0.8	0.09	0.5	6.3	0.0	0.4	0.8	1.4	0.7	2.0	0.4	1.0	0.09	
24-7-2008	0.8	6.1	0.0	1.3	0.6	1.5	0.8	1.9	0.5	1.8	0.09	0.7	6.3	0.0	0.6	0.8	1.5	0.8	2.3	0.5	1.3	0.11	
4-9-2008	0.4	6.1	0.0	0.6	0.5	0.9	0.5	1.2	0.3	0.8	0.07	0.4	6.3	0.0	0.1	0.6	1.0	0.5	1.1	0.3	0.8	0.07	
26-9-2008	1.1	6.3	0.0	2.2	1.3	2.9	1.5	2.7	1.4	3.4	0.06	0.9	6.3	0.0	1.4	1.0	2.4	1.1	2.5	1.0	2.2	0.05	
20-11-2008	0.7	6.1	0.0	1.1	0.9	1.7	0.8	1.6	0.5	1.8	0.10	0.7	6.2	0.0	0.8	1.0	1.9	1.0	1.7	0.7	2.0	0.10	
10-2-2009	0.4	6.3	0.1	0.4	0.5	0.7	0.4	1.2	0.4	0.7	0.07	0.3	6.4	0.1	0.1	0.5	0.7	0.3	0.8	0.2	0.6	0.05	
4-3-2009	0.4	6.2	0.1	0.4	0.5	0.9	0.5	1.3	0.3	0.8	0.08	0.4	6.3	0.1	0.4	0.5	0.9	0.4	1.1	0.3	0.7	0.08	
26-4-2009	0.5	6.3	0.1	0.3	0.5	0.9	0.5	1.7	0.3	0.8	0.06	0.4	6.4	0.1	0.1	0.6	0.9	0.5	1.2	0.3	0.9	0.05	
12-5-2009	1.3	6.3	0.1	2.5	1.0	3.0	1.4	4.3	1.0	3.1	0.16	1.3	6.1	0.1	2.5	1.1	3.1	1.4	3.9	0.9	3.1	0.16	
14-7-2009	0.9	6.3	0.1	1.5	0.8	2.0	1.0	2.8	0.6	2.1	0.13	0.9	6.4	0.2	1.4	0.9	2.0	1.0	2.7	0.6	2.4	0.14	

drain lysimeters wateranalyses

Datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P
25-7-2008	6.5	0.0	1.1	2.8	9.2	4.9	10.1	2.8	8.0	0.2	2.60	6.5	0.0	1.1	2.8	9.2	4.9	10.1	2.8	8.0	0.2	0.15
13-8-2008	7.1	0.0	1.1	2.5	8.0	4.2	9.7	2.1	6.5	0.0	2.50	7.0	0.0	1.0	2.4	8.1	4.3	8.7	2.3	6.7	0.0	0.04
5-11-2008	6.8	0.1	1.0	2.7	7.5	4.4	9.4	2.3	6.3	0.0	2.30	6.8	0.1	1.0	2.6	7.5	4.1	8.3	2.2	6.4	0.0	0.04
3-12-2008	6.8	0.0	0.8	1.9	5.2	2.9	8.0	1.7	4.1	0.0	2.50	7.3	0.0	1.2	2.9	8.0	4.3	9.3	2.3	6.9	0.0	0.04
7-1-2009	6.9	0.0	1.0	2.7	8.0	4.5	8.7	2.7	7.6	0.0	2.40	6.5	0.0	1.0	2.9	7.7	4.2	8.6	2.5	7.3	0.0	0.04
24-3-2009	7.1	0.1	1.5	2.1	7.0	3.9	8.9	2.5	5.2	0.1	2.90	7.1	0.1	1.0	2.9	9.5	5.1	8.4	3.0	8.7	0.0	0.04

Bijlage VI. bedrijf F

grondanalyses 1: 2 extract

Datum	lysi 1											lysi 2										
	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P
4-7-2008	0.9	5.4	0.2	1.9	0.8	1.0	1.7	3.5	0.6	3.2	0.06	0.9	5.3	0.3	1.7	0.6	1.0	1.3	2.4	0.5	2.6	0.07
24-7-2008	1.3	5.6	0.2	1.6	0.9	1.0	2.1	4.5	0.8	3.6	0.06	1.0	5.4	0.2	1.4	0.7	1.0	1.5	3.1	0.7	2.6	0.05
9-9-2008	1.3	5.4	0.0	1.6	0.9	1.0	1.3	3.8	0.6	2.3	0.05	0.9	5.3	0.0	1.4	0.9	1.0	0.9	2.9	0.6	1.5	0.04
29-9-2008	0.9	5.5	0.0	1.4	0.7	1.0	1.4	3.2	0.5	2.2	0.00	0.8	5.3	0.0	1.6	0.6	1.0	1.1	3.2	0.4	1.5	0.03
20-11-2008	0.7	4.5	0.0	1.3	0.7	1.0	1.0	2.1	0.3	1.6	0.09	0.4	5.2	0.0	0.9	0.5	1.0	0.5	1.1	0.0	0.9	0.05
11-12-2008	0.6	5.6	0.0	1.0	0.6	1.0	0.9	2.0	0.4	1.5	0.05	0.4	5.4	0.0	0.8	0.4	1.0	0.4	1.1	0.3	0.8	0.05
10-2-2009	0.5	5.3	0.1	0.9	0.5	1.0	0.6	1.1	0.3	1.1	0.05	0.4	5.3	0.1	0.5	0.4	1.0	0.3	0.6	0.3	0.7	0.04
10-3-2009	0.5	5.4	0.1	0.8	0.4	1.0	0.7	2.1	0.3	0.8	0.05	0.4	5.3	0.1	0.6	0.3	1.0	0.5	1.9	0.3	0.5	0.04
21-4-2009	0.4	5.3	0.1	0.4	0.3	1.0	0.5	1.8	0.3	0.7	0.06	0.3	5.3	0.1	0.3	0.3	1.0	0.4	1.4	0.2	0.5	0.03
12-5-2009	0.5	5.4	0.1	0.3	0.3	1.0	0.7	2.0	0.3	0.9	0.04	0.4	5.4	0.1	0.3	0.3	1.0	0.5	1.5	0.4	0.6	0.03
1-7-2009	0.7	5.4	0.4	0.9	0.4	1.0	1.0	1.8	0.5	1.9	0.08	0.5	5.3	0.4	0.7	0.3	1.0	0.7	1.4	0.4	1.4	0.07

drain lysimeters wateranalyses

Datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	S	P
2-7-2008												3.4	6.5	0.0	2.4	1.6	11.8	7.9	19.5	2.0	9.0	0.04
14-10-2008												3.2	5.8	0.1	1.9	1.4	9.4	6.6	19.7	1.7	7.8	0.04

