



Vergelijking tussen gangbaar en emissieloos teeltsysteem

Watrefficiënte Emissieloze Kas

Erik van Os¹, Jim van Ruijven¹, Jan Janse¹, Ellen Beerling¹, Marieke van der Staaij¹
en Ruud Kaarsemaker²

Rapport GTB-1406

1. Wageningen UR Glastuinbouw, 2. Groen Agro Control



Referaat

Nieuwe wetgeving dwingt telers anders om te gaan met lozen van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. Een demonstratieteelt is opgezet om emissieloos telen te vergelijken met een gangbare manier van telen met regelmatig lozen. Productie en kwaliteit moesten op hetzelfde niveau uitkomen. Essentiële verschillen waren ontsmetting regenwater, ringleiding voor druppelbevloeiing, geen lozing van eerste drain in de teelt, een filter zonder spoelwater en wekelijkse analyse van de voedingsoplossing. Productie en kwaliteit waren bij jaarrondteelt paprika vergelijkbaar, evenals klimaatparameters en EC, pH. Waterverbruik was in emissieloze teelt hoger. Spui bedroeg in gangbare teelt 4% ofwel 152 kg N per ha, dit was meer als beoogd. Een einde teeltstrategie met minder stikstof en fosfaat zorgt voor minder restvloeistof aan einde teelt.

Abstract

Stricter legislation forces growers to decrease discharge of water with nitrogen, phosphate and plant protection products. A demonstration was set-up to compare emission free cultivation with a traditional growing method. Goal was to achieve a comparable yield and quality. Essential differences were disinfection of rainwater, ring pipes for drip irrigation, no discharge of first drain in cultivation, a filter without rinsing and weekly analysis of the nutrient solution. It appeared that production and quality were similar as were other climate parameters. Water use was higher in emission free crop, discharge was 4% in traditional crop realizing 152 kg N discharge per ha per year, which was more than the allowed 133 kg. Specific end cultivation strategy is useful to decrease nitrogen and phosphate stored in slabs and stock containers.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1406

Projectnummer: 3742196200



Disclaimer

© 2016 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

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

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Aanleiding	7
	1.2 Doelen	7
	1.3 Onderzoeksvragen	8
	1.4 Betrokken bedrijven en financiers	8
	1.5 Begeleiding	8
	1.6 Voorbereiding	8
2	Verschillen emissieloze en gangbare teelt	9
	2.1 Teeltstrategie	9
	2.2 Proefopzet	12
3	Resultaten	15
	3.1 Plant- en productiemetingen	15
	3.2 Watergebruik, drain en emissie	16
	3.2.1 Lozing in referentiekas	16
	3.2.2 Waterverbruik tijdens de teelt	16
	3.2.3 EC, pH metingen	19
	3.2.4 Watergehaltemetingen met Grosens	19
	3.3 Monitoren voedingsopname met OpnameAnalyse	21
	3.3.1 OpnameAnalyse	21
	3.3.2 Opname van borium	21
	3.3.3 Zink-opname	22
	3.3.4 Opname van kationen	23
	3.3.5 Opname Anionen	25
	3.4 Einde-teeltstrategie	27
	3.4.1 Plan voor minder stikstof aan einde teelt	28
	3.4.2 Gerealiseerde vochtgehalten in de mat	29
	3.4.3 Verminderen van verbruik en uitstoot van nitraat en fosfaat	30
	3.4.3.1 Minder fosfaat aan het einde van de teelt	30
	3.4.3.2 Minder nitraatverbruik	30
	3.5 Gewasbeschermingsmiddelen	31
4	Discussie	35
5	Conclusie	39

Bijlage 1	Verslag inregelteelt komkommer 2014	41
Bijlage 2	Verloop van de opname van hoofdelementen in de referentie afdeling	45
Bijlage 3	Verloop van de opname van spoorelementen in de referentieafdeling	47
Bijlage 4	Verloop van de opname van hoofdelementen in de emissieloze kas	49
Bijlage 5	Verloop van de opname van spoorelementen in de emissieloze kas	51
Bijlage 6	Opnameverhouding kationen in de referentiekas	53
Bijlage 7	Opnameverhouding anionen in de referentiekas	55
Bijlage 8	Opnameverhouding kationen in de emissieloze kas	57
Bijlage 9	Opnameverhouding anionen in de emissieloze kas	59
Bijlage 10	Teeltwisselprotocol	61

Samenvatting

De steeds strenger wordende wetgeving over het lozen van stikstof, fosfaat en gewasbeschermingsmiddelen noodzaakt telers tot het aankopen van dure zuiveringsapparatuur of tot een andere manier van telen. Een goedkoper alternatief kan zijn om zonder emissie te telen. Maar kan dit wel? Niet iedereen is hiervan overtuigd. Reden om samen met het bedrijfsleven een vergelijking op te zetten tussen een gangbaar teeltsysteem (met lozingen van de eerste drain uit de matten gedurende de eerste weken van de teelt, filterspoelwater en gedurende het seizoen als dat nodig is) en een emissieloos teeltsysteem waar niet wordt geloosd. Het belangrijkste doel was om te demonstreren dat met nieuwe technieken en strategieën emissieloos telen goed haalbaar is zonder verlies van productie en kwaliteit ten opzichte van de gangbare teeltmethode (referentie teelt). Hiervoor zijn in twee kasafdelingen van elk netto 120 m² een gangbaar en een emissieloos teeltsysteem opgezet. In de emissieloze teelt is het regenwater voor gebruik ontsmet, is een ringleiding voor de druppelbevloeiing aangelegd, zijn de voedingsschema's aangepast op basis van wekelijkse analyses, is een vlakbed of doekfilter toegepast om minder spoelwater te krijgen, is het eerste drainwater na doorsteken van de matten hergebruikt en ook tijdens de eerste weken van de teelt is al het water hergebruikt. Uiteindelijk heeft er geen lozing plaatsgevonden. Voor de gangbare teelt is getracht binnen de emissienorm stikstof te blijven (133 kg per ha per jaar voor 2015), hetgeen bij 22 mmol/l nitraat neerkomt op een lozingshoeveelheid van 430 m³/ha/jr. Een teelt met komkommer is in de herfst van 2014 uitgevoerd. Productie en kwaliteit in de emissieloze teelt waren vergelijkbaar met de gangbare teelt. Van december 2014 tot begin november 2015 is paprika geteeld (ras Maranello) op steenwol met ontsmetting van het recirculatiewater via een ozoninstallatie. Het klimaat en de groei van de planten is intensief gevolgd en bijgestuurd om beide teelten zo gelijk mogelijk te houden (licht, temperatuur, vochtgehalte, CO₂, EC, pH). Productie (27,4 bij de emissieloze teelt tegenover 26,3 kg/m² in de referentie teelt) en kwaliteit waren bij beide teeltsystemen vergelijkbaar, evenals plantbelasting en kopdikte. In de emissieloze teelt is een langer gewas ontstaan waardoor het waterverbruik hier hoger was 897 l/m² tegenover 796 l/m² in de referentie teelt. In de referentieteelt is 4% van het water geloosd, hetgeen neerkomt op 418 m³/ha/jr met gemiddeld 26 mmol/l waardoor ca. 152 kg stikstof is geloosd. Met wekelijkse Opname Analyse kon de voedingssamenstelling beter worden gevolgd. Vijf weken voor het einde van de teelt is de voedingsoplossing aangepast (minder stikstof, meer chloor, minder fosfaat, lage pH, lagere EC) om te zorgen dat de voorraad nutriënten in de mat wordt opgebruikt en de voorraadvaten aan het einde van de teelt leeg zijn. Daarnaast mochten productie en kwaliteit hier niet onder lijden.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het Platform Duurzame Glastuinbouw hebben de waterschappen met de landelijke overheid en de glastuinbouwsector afgesproken toe te werken naar een (nagenoeg) nulemissie voor stikstof in 2027. Recentelijk is nieuwe wetgeving geïntroduceerd om de emissie van gewasbeschermingsmiddelen (GBM) via spuiwater te minimaliseren dan wel te zuiveren. Voor 2018 mogen telers alleen lozen op riools en oppervlaktewater als 95% van de GBM wordt verwijderd. De waterkwaliteit in glastuinbouwgebieden is onvoldoende door overschrijdingen van de oppervlaktewaternormen voor stikstof, fosfaat en diverse GBM. Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door lozingen door substraatteeltbedrijven. De mate waarin geloosd wordt varieert enorm: van nagenoeg nul tot duizenden m³/ha/jaar. Er zijn verschillen tussen gewassen: er zijn technische knelpunten en een kennisachterstand bij potorchidee omdat daar nooit eerder is gerecicleerd, terwijl recirculeren bij tomaat allang gebruikelijk is. De verschillen binnen gewasgroepen zijn echter ook aanzienlijk: deze verschillen kunnen deels worden verklaard door technische knelpunten, zoals de beschikbaarheid over kwalitatief goed (aanvullend) gietwater. Voor een belangrijk deel zijn lozingen het gevolg van jarenlange positieve ervaringen met het regelmatig verversen van de voedingsoplossing, het ontbreken van kennis hoe het veilig anders kan, angst voor mogelijke problemen rond het ophopen van stoffen, en/of het ontbreken van een gevoel van nut en noodzaak dat het anders moet.

Afgelopen jaren is, onder andere in het onderzoeksprogramma Glastuinbouw Waterproof, gewerkt aan het inzichtelijk krijgen van de knelpunten bij (langdurig) recirculeren, en ontwikkelen van oplossingen daarvoor. De tijd is daarom nu rijp voor de volgende stap waarin de ontwikkelde oplossingen geïntegreerd worden toegepast om volledig recirculeren mogelijk te maken en er daadwerkelijk emissieloos wordt geteeld.

1.2 Doelen

- Geïntegreerd toepassen, testen en demonstreren van (nieuwe) technieken en strategieën die een bijdrage leveren aan het volledig recirculeren in een emissieloze teelt. Hierbij worden ook eventuele onbekende knelpunten bij het volledig recirculeren van de voedingsoplossing boven water gehaald.
- Testen en demonstreren van een alternatieve strategie met bijbehorende technieken waarbij er wel geloosd wordt (binnen grenzen van de emissienormen), maar waarbij het spuiwater wordt gezuiverd om de gewasbeschermingsmiddelen te verwijderen. Bij deze strategie wordt ook onderzocht hoe en of een apparaat efficiënt ingezet kan worden als ontsmetter voor recirculerend water, en tegelijkertijd als zuiveringsapparaat voor verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen uit lozingswater.
- Vergelijken van beide strategieën en beoordelen op: productie, productkwaliteit, waterverbruik, meststoffenverbruik, energieverbruik, investerings- en verbruikskosten.
- Demonstreren van de benodigde technieken en strategieën aan telers, toeleveranciers, adviseurs en anderen, en stimuleren van discussie.

1.3 Onderzoeksvragen

De gestelde doelen leiden tot de volgende onderzoeksvragen:

- Is het mogelijk om met gelijke productie en kwaliteit paprika te telen als er gedurende de gehele teelt niet geloosd wordt?
- Hoe kunnen afzonderlijke technieken en strategieën (kosten)effectief worden ingezet?
- Zijn er nog onbekende knelpunten die ontstaan bij volledig recirculeren?
- Is het mogelijk om een ontsmetter (pathogenen) ook voor zuivering van spuiwater (GBM) in te zetten?
- Welke informatiebehoefte en kennisvragen hebben de doelgroepen bij de gedemonstreerde strategieën?
- Wat zijn de belemmeringen bij de telers om de gedemonstreerde emissieloze strategie te implementeren? En wat zijn de belemmeringen bij adviseurs, toeleveranciers, handhavers etc. om telers over de strategieën te informeren of deze te adviseren?
- Wat zijn de kosten hiervoor, en hoe verhouden die zich tot een strategie waarbij wel geloosd wordt (emissienorm) en het lozingswater wordt gezuiverd?

1.4 Betrokken bedrijven en financiers

Het project is financieel mogelijk gemaakt dankzij bijdragen van Topsector Tuinbouw en Uitgangsmateriaal, EFRO (Europees Fonds voor Regionale Ontwikkelingen van de EU), Provincie ZH, Stowa (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, stimuleringsbudget emissiebeperking glastuinbouw) en van de volgende bedrijven:

- Grodan: teeltkennis, irrigatiestrategie, levering steenwol en Grosens sensoren.
- Agrozone: kennis zuiveringstechniek, levering ozon-installatie ontsmetting en zuivering.
- Infa Techniek: installatie kennis, levering bemestingsunits.
- Elektravon Haket: installatie water- en elektrotechniek.
- Enza: kennis teelttechniek, levering plantenzaad.
- Plantenkwekerij Van der Lugt: opkweek plantmateriaal.
- Revaho: kennis irrigatie- en installatietechniek, levering druppelleidingen.
- Groen Agro Control: teeltkennis, bemestingsstrategie opname-analyse nutriënten.
- Fiber Filtration: levering vlakbedfilter.

1.5 Begeleiding

In het project is gewerkt met drie verschillende begeleidingscommissies:

- Technische commissie: bestaande uit Grodan, Agrozone, Infa Techniek, Elektravon Haket, Groen Agro Control, Fiber Filtration. Rol: voorafgaande aan de proef de technische realisatie van beide teeltstrategieën bespreken en mogelijk te maken.
- BCO teeltbegeleiding: twee paprikatelers (H. van der Waal en S. Persoon), Groen Agro Control (R. Kaarsemaker) en Grodan (E. Hempenius). Kwam bij de start van de teelt iedere week bij de proef, later in de teelt 1x per twee weken. Rol van deze BCO was er voor zorgen dat beide teelten (referentie en emissieloos) optimaal verliepen, en eventuele knelpunten signaleren.
- Stuurgroep met alle betrokken bedrijven en financiers (zie 1.4) is vier keer bij elkaar gekomen gedurende het project. Rol was het gezamenlijk uitzetten van de aanpak van het project.

1.6 Voorbereiding

In 2014 is gestart met de voorbereidingen voor de vergelijking van een emissieloze teelt met de gangbare wijze van telen. Niet alle apparatuur was op tijd klaar om het volledige seizoen 2014 te draaien, daarom is er vanaf juli-oktober 2014 een korte inregelteelt met komkommer geweest. De resultaten zijn samengevat in een korte notitie (Bijlage 1).

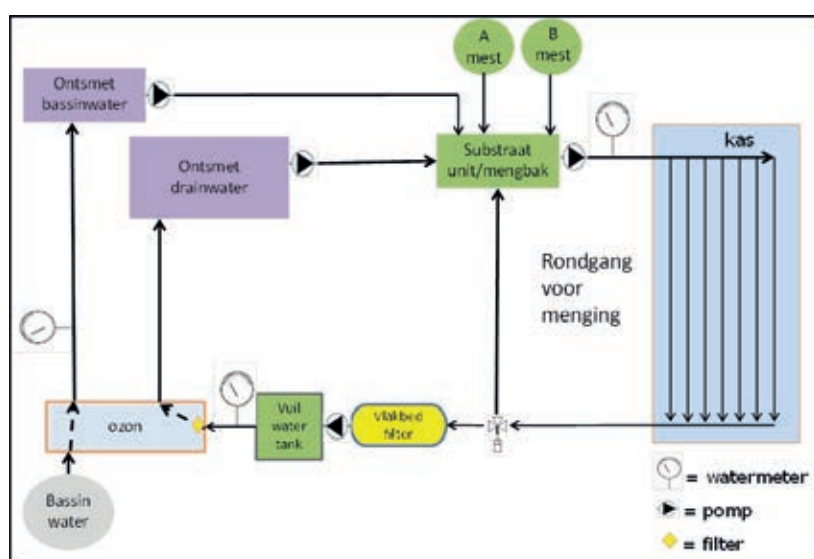
2 Verschillen emissieloze en gangbare teelt

Om verschillen tussen emissieloos en gangbaar vast te leggen zijn er verschillen in technische outillage en verschillen in strategie. Beide zijn in deze teelt toegepast en worden hieronder toegelicht.

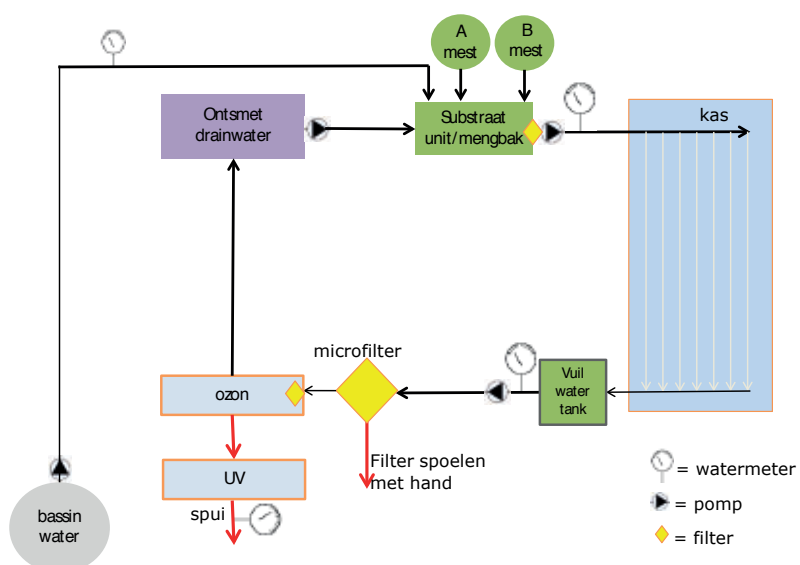
2.1 Teeltstrategie

Verschillen tussen emissieloos telen en de gangbare wijze van telen zijn gebaseerd op keuzes gemaakt in de irrigatie- en bemestingsstrategie, filterkeuze en de waterbehandeling. Verschillen worden hieronder besproken. De benodigde teeltstrategieën zijn in samenwerking met de partners (door)ontwikkeld. In beide teeltsystemen is gebruik gemaakt van voor de praktijk beschikbare technieken die voor een belangrijk deel geleverd zijn door de bij het onderzoek aangesloten bedrijven.

Figuur 1 geeft een overzicht van het irrigatiesysteem in de emissieloze kas; Figuur 2 voor de gangbare teelt.



Figuur 1 Overzicht watersysteem emissieloze kas.



Figuur 2 Overzicht watersysteem gangbare teelt.

In Tabel 1 zijn de belangrijkste verschillen in technische lay-out en strategie van telen aangegeven.

Tabel 1

Overzicht verschillen emissieloze en gangbare teelt.

	Emissieloze teelt	Gangbare teelt
Gietwater	Regenwater voor gebruik ontsmetten	Geen ontsmetting
Irrigatie	Ringleiding	Traditioneel
Bemesting	Aanpassing voedingsschema op basis van wekelijkse analyse	Aanpassing voedingsschema op basis van tweewekelijkse analyse
Filtratie	Vlakbedfilter, 35 µm	Microfilter, 35 µm
Lozing	Geen	Volgens emissienormen stikstof, waarna wordt gezuiverd met ozon
Start teelt	Geen lozing drainwater matten en gedurende de eerste weken van de teelt	Drainwater uit matten na opensnijden en gedurende de eerste 6 weken van de teelt wordt geloosd
Einde teelt	14d voor einddatum EC en drain op nul zetten, 9 dagen voor einddatum stoppen met watergift	9 dagen voor einddatum stoppen met watergift

Gietwater

Er is in beide compartimenten gebruik gemaakt van goed gietwater (Na <0,1 mmol/l), uitgangswater bestaande uit regenwater en bronwater na behandeling met omgekeerde osmose (RO water, Na <0,1 mmol/l). Goed gietwater is een randvoorwaarde om emissieloos te kunnen telen, maar is ook 'good practice' voor alle recirculerende teelten. Het neemt een van de meest voorkomende oorzaken van lozing weg, namelijk een oplopend natriumgehalte. Voor de emissieloze teelt is verder bepaald dat het gietwater wordt ontsmet. Dit is in de gangbare teelt niet gedaan (geen "praktijk").

Irrigatie- en bemesting

In beide compartimenten is gebruik gemaakt van 16 mm Revaho druppelstrangen in plaats van de traditionele 25 mm. Dit om de inhoud te beperken en sneller te kunnen wisselen van voedingsoplossing.

In de emissieloze kas wordt de voedingsoplossing na de gietbeurt rondgepompt door het watersysteem, om te verzekeren dat overal in de kas op hetzelfde moment dezelfde voedingsoplossing het gewas bereikt. Hiervoor zijn de druppelleidingen als een ringleiding aangelegd (Elektravon Haket). Water uit de dagvoorraad van de substraatunit wordt bij lage druk (<1,5 bar) door de druppelleidingen gepompt (druppelaars zijn drukgereguleerd) en komt via een retourleiding weer terug in de dagvoorraad. Op het moment dat de voedingsoplossing een uniforme EC en pH heeft, wordt de druk in de druppelleidingen opgevoerd (1,8 bar) en worden de druppelaars geopend. In de gangbare teelt is dit niet toegepast, hier wordt alleen de voorraad in de mengbak op "smaak" gemaakt. Dit betekent dat bij wijziging van EC, nutriëntensamenstelling of dosering van gewasbeschermingsmiddelen (GBM) niet alle planten/druppelaars op hetzelfde moment de nieuwe oplossing krijgen toegediend, er zit een vertraging van enkele gietbeurten in.

Infatechniek heeft voor deze proeven een aparte A en B bak doseerinstallatie gebouwd met mengbak, zodat beide afdelingen een apart recept kunnen krijgen afhankelijk van het teeltstadium. Frequentie van druppelen gebeurde op basis van licht; hoeveelheid per beurt was, in overleg met de BCO, 100 - 150 ml per keer (2-3 minuten). Setpoint EC van de voedingsoplossing was ook in overleg met BCO bepaald, streven was een gift van veelal 2,5 - 3,0 mS/cm. Samenstelling van de voedingsoplossing werd bepaald aan de hand van de wekelijkse analyse van het druppel-, mat- en drainwater door Groen Agro Control. De informatie voor de opname-analyse wordt verkregen door wekelijkse analyse van nutriënten in de gift en het drainwater (zie 3.3). Er wordt gestuurd op 30% drainwater ten opzichte van de totale gift.

Filtratie

In de emissieloze kas is een vlakbedfilter (35 μm) gebruikt (Figuur 3), een filter op basis van een filterdoek dat niet hoeft te worden teruggespoeld. Hiermee wordt het lozen van filterspoelwater voorkomen, en daarmee werd een belangrijke emissiestroom teruggedrongen. Wanneer het filter verstopt is, gaat een vlotter omhoog, waarna het filterdoek een stuk doorloopt. Het filterdoek wordt opgevangen in een bak en kan daarna als steekvast afval worden afgevoerd.



Figuur 3 Vlakbedfilter (Fiber Filtration) zoals gebruikt in de emissieloze kas.

In de gangbare teelt is een 35 μm microfilter gebruikt dat met de hand op onregelmatige tijden moet worden teruggespoeld.

Ontsmetten

In de emissieloze teelt is zowel het drainwater als het nieuw inkomende regenwater ontsmet met ozon (Agrozone). De installatie werkt met een batchmatige behandeling. Het reactorvat wordt volgepompt, waarna er via een deelstroom ozon aan wordt toegevoegd. De redoxwaarde van het water wordt gemonitord. Voor ontsmetten van het recirculatiewater wordt het water behandeld tot een redoxwaarde van 600 mV met een nabehandeltijd van 2 minuten (in beide kassen, maar waterstromen worden strikt gescheiden gehouden). Voor de ontsmetting van regenwater in de emissieloze kas wordt gewerkt met een redoxwaarde van 900 mV en een nabehandeltijd van 0,5 minuut.



Figuur 4 Ozon ontsmettings- en zuiverings-apparatuur met microfilter (Agrozone).



Figuur 5 Demonstratie en informatieruimte.

Gewasbeschermingsmiddelen (GBM)

Gedurende de teelt zijn enkele keren watermonsters genomen om de concentratie aan gewasbeschermingsmiddelen te monitoren. Bij aanvang van de teelt in december 2014 zijn watermonsters genomen van resterend drainwater uit de komkommerteelt van 2014 en gietwater om het gehalte aan GBM te bepalen. Ook zijn van de inkomende planten watermonsters uit de steenwol genomen. Tijdens de teelt is eenmalig Plenum (pymetrozine) toegediend en is gekeken naar het effect van de ontsmetter (ozon) op het afbreken van GBM en naar de ontsmetter in zuiveringsfunctie (hogere dosering ozon en UV) op de afbraak van het middel. Na afloop van de teelt (11 nov) zijn watermonsters uit drain en mat geanalyseerd op GBM en zijn stukken steenwol en folie geanalyseerd op geadsorbeerde GBM door middel van extractie met alcohol.

Lozing

In de emissieloze kas wordt niet geloosd, behalve als het natriumniveau tot boven de grenswaarde van 6 mmol/l natrium stijgt. Dit laatste is niet gebeurd, dus er is niet geloosd. In de gangbare teelt is het water van het uitdraineren van de matten geloosd en is al het drainwater gedurende de eerste 6 weken van de teelt geloosd. Daarnaast zijn handmatig gedurende de teelt frequente lozingen uitgevoerd om de stikstofemissienorm te benaderen. Voor de behandeling van lozingswater werd gewerkt met een redoxwaarde van 800mV, ook met een nabehandeltijd van 2 minuten, waarna het water door een lage druk UV-lamp werd behandeld. Na iedere behandeling van water uit de gangbare teelt werd het ozonsysteem gespoeld met schoon water, omdat in dezelfde installatie ook drainwater uit de emissieloze kas wordt behandeld. Dit spoelwater (regenwater) wordt geloosd omdat het geen deel uitmaakt van het teeltwater en telt daarmee niet mee in de hoeveelheid lozingswater. Dit water is namelijk in een praktijksituatie ook niet nodig.

Het volume van het watersysteem in de emissieloze kas is 2379 L (1000 L vuilrain en schoondrain, 240 L dagvoorraad, 43 L leidingwerk, 86 L opvangbak vlakbedfilter en 10 L drainput). Het volume van het watersysteem in de referentiekas is 2269 L (1000 L vuilrain en schoondrain, 237 L dagvoorraad, 22 L leidingwerk en 10 L drainput). Het totale regelvolume (aangegeven door de stand van de vlotters in de diverse bakken) is veel kleiner, namelijk respectievelijk 1979 L en 1869 L.

2.2 Proefopzet

In het project zijn twee kasafdelingen met een netto teeltoppervlak van 120 m² gebruikt, en daarnaast een afdeling van 144 m² waarin de benodigde technologie stond opgesteld (Figuur 4) en dat voor demonstratiedoeleinden (Figuur 5) is gebruikt. In beide kasafdelingen is een jaarrond paprikateelt op steenwol neergezet. Bij de gangbare teelt (referentiekas genaamd) is vastgehouden aan de gangbare praktijksituatie met lozingen, maar wel binnen de emissienormen voor stikstof (133 kg/ha/jaar voor paprika). Het lozingswater uit deze teelt werd behandeld voor afbraak van GBM. In de emissieloze kas werd al het drainwater van begin tot het einde van de teelt hergebruikt en is geen water geloosd. Met dit systeem voldoet een teler niet alleen aan de emissienormen voor GBM in 2018, maar ook al aan de (nagenoeg) nul-emissie eis voor nutriënten vanaf 2027.

De waterstromen van de beide kassen (elk 120 m² netto) zijn strikt gescheiden gehouden. Vanuit een kleine voorraad meststoffen in A en B bakken (maximaal 40 L, 100x geconcentreerd per bak) werd de voedingsoplossing klaargemaakt in de substraatunit (geleverd door Infa techniek). Vanuit deze voorraad werden de planten in de kas geïrrigeerd via een 16mm druppelleiding met 3 L/h druppelaars. Drainwater werd opgevangen in een drainput achterin de kas (10 L), waarvandaan het met een vlotterpomp naar de vuil-drainwatertank werd gepompt. Na ontsmetting (ozon) ging het water naar de schoon-drainwatertank. Het ontsmette drainwater werd aangevuld met vers water en meststoffen en hergebruikt in de kas.

Plantmateriaal

In zowel de referentiekas als de emissieloze kas is het ras Maranello van Enza Zaden geplant, opgekweekt door Plantenkwekerij Van der Lugt (zaaidatum 10 november 2014). Plantdatum was 18 december 2014. De planten waren vrij klein bij levering (Figuur 6 en 7).



Figuur 6 Plantmateriaal van Plantenkwekerij Van der Lugt.



Figuur 7 Steenwolvatten en opkweekpotten van Grodan.

De volgende waarnemingen zijn uitgevoerd:

- Teelt: plantlengte, stengeldiameter, vruchtbelasting.
- Oogst: aantal vruchten, gewicht en kwaliteit.

De teelt is beëindigd op 11 november 2015.

Klimaat en licht

Het klimaat werd in beide kassen zoveel mogelijk gelijk gehouden zodat er geen verschillen in productiviteit door klimaatinstellingen ontstaan. Klimaatinstellingen zijn vastgesteld door Wageningen UR Glastuinbouw in overleg met de BCO teeltbegeleiding.

Omdat het project is uitgevoerd in relatief kleine kasafdelingen met daardoor veel gevel (weinig licht) is er vanaf start teelt tot halverwege maart belicht. Er is gestart met $70 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ van zonsopgang tot -ondergang en uitschakelen bij een instraling van 300W. Naarmate de hoeveelheid buitenlicht toenam is de belichting afgebouwd.

Substraat

Planten zijn in beide afdelingen geteeld op Grodan Grotop Expert (133 x 12 x 7,5 cm) met Grodan Plantop Delta (10x10x7.5 cm) opkweekpotten (Figuur 7).

Sensoren voor EC, WC en T

Voor het monitoren van het watergehalte (WC), de geleidbaarheid (EC) en de temperatuur (T) van de mat is gebruik gemaakt van door Grodan geleverde Grosens sensoren (drie per kasafdeling, zie Figuur 8). Via het computernetwerk van Wageningen UR Glastuinbouw konden de gegevens real-time gevolgd worden. De sensoren, met software, zijn nieuw en in deze teelt wordt ervaring opgedaan m.b.t. gebruik en betrouwbaarheid van de data. Daarom is besloten nog niet te sturen op de binnenkomende gegevens.



Figuur 8 Grosens sensor geplaatst in steenwolmat ter registratie van watergehalte, geleidbaarheid en temperatuur in de mat (3 sensoren per afdeling).

Strategie bij start van de teelt

De matten zijn in de week van planten vol gezet met voedingsoplossing, om de mat op temperatuur te krijgen en een uniforme waterverdeling in de mat te realiseren. De dag voor planten zijn de matten uitgedraineerd, door eerst een klein gat te prikken. Hiermee werd overlopen van draingoten en drainput voorkomen. Ook zijn de goten om en om uitgedraineerd, in plaats van tegelijkertijd. Na uitdraineren zijn de matten verder opengesneden tot een breed draingat. Na het op de plantgaten plaatsen van de potten is een kleine aansluit-gietbeurt gegeven. Vervolgens weinig watergift om het doorwortelen van de planten in de mat goed te laten verlopen. Met deze strategie wordt een belangrijke lozing bij de start van de teelt voorkomen. In de emissieloze teelt is dit drainwater hergebruikt, in de gangbare teelt is dit water geloosd.

Tot de eerste week van februari is er geen drainwater geweest. Planten hebben langzaam ingeteerd op de hoeveelheid water in de matten. Maximale afname van het watergehalte in de mat (controle door Grosens sensoren) is 0,5% per dag. Tot 20 maart is al het drainwater in de referentieteelt geloosd, overeenkomstig praktijkmethode; in de emissieloze teelt is dit water hergebruikt.

Strategie bij einde van de teelt

Aan het einde van de teelt is een strategie ingezet om de matten zo droog mogelijk te krijgen en de vuilwater en schoonwatertanks zo leeg mogelijk door de plant zoveel mogelijk water en nutriënten te laten opnemen en geen nieuwe voedingsoplossing bij te maken. De verwachting is dat er dan geen restwater met nutriënten hoeft te worden geloosd. Hiervoor is het volgende schema opgezet voor de emissieloze teelt:

- Bepaling datum waarop teelt wordt beëindigd.
- 14 dagen voor einddatum wordt EC en drain op nul gezet.
- In mat zit voor 9 dagen watervoorraad (berekend), dus 9 dagen voor einddatum wordt gestopt met watergeven.
- EC en watergiftmetingen en meting inhoud voorraadtanks gedurende 14 dagen voor einddatum.

In de gangbare teelt wordt 9 dagen vóór de einddatum gestopt met watergeven.

3 Resultaten

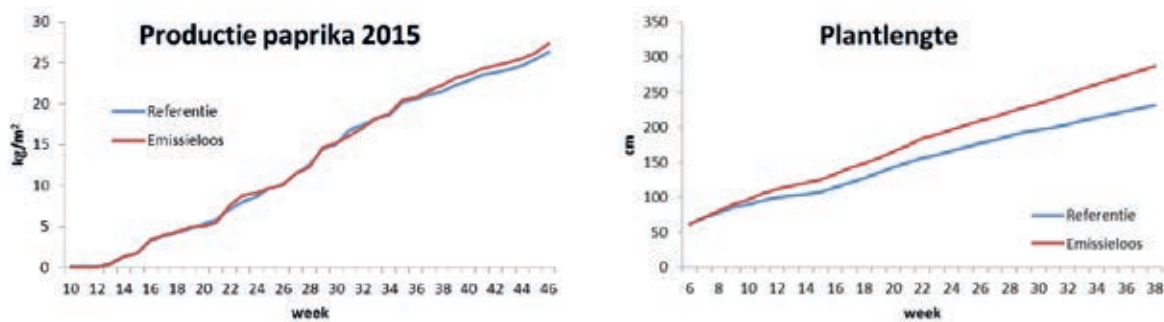
3.1 Plant- en productiemetingen

In beide kassen was de productie nagenoeg gelijk (Tabel 2, Figuur 9) en is overeenkomstig de doelstelling een gelijke productie en kwaliteit gerealiseerd. In de emissieloze kas was de plantstengel gemiddeld 0,2 mm dikker en waren de planten langer (Figuur 9) bij eenzelfde plantbelasting (Figuur 10).

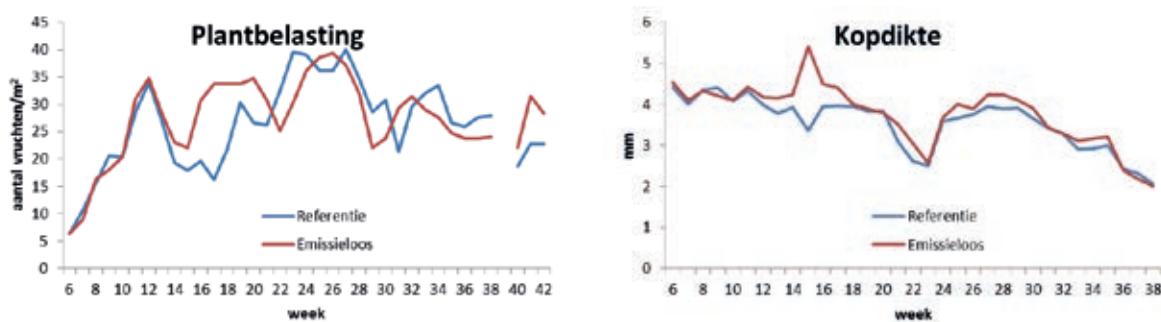
Tabel 2

Overzicht productie.

Kas	Aantal vruchten (#/m ²)	Totaal gewicht (kg/m ²)	Gemiddeld vrucht gewicht (g)
Referentie	136	26.3	194
Emissieloos	133	27.4	205



Figuur 9 Productie in kg/m² en plantlengte uitgezet in de tijd (weeknummer).



Figuur 10 Plantbelasting en kopdikte.

3.2 Watergebruik, drain en emissie

3.2.1 Lozing in referentiekas

Volgens het Activiteitenbesluit 2013 mag in de paprika in 2015 133 kg stikstof per hectare per jaar worden geloosd. Bij een verondersteld gemiddelde NO_3 -concentratie in het drainwater van 22 mmol/l, betekent dit een "toegestane" lozing van $430 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{jr}$ ($22 \times 14/1000 = 0,31 \text{ kg}/\text{m}^3$, $133/0,31 = 430 \text{ m}^3$). Er bleek gemiddeld 26 mmol/l in het lozingswater aanwezig te zijn. De volgende lozingen zijn tijdens de teelt uitgevoerd:

1. Eerste drain uit matten: niet alle matten tegelijk gedraineerd en ook maar een klein gaatje om de andere rij om overstromen van de drainopvang te voorkomen. Er bleek 98 liter drain te zijn opgevangen in 2 dagen, hetgeen neerkomt op $0,82 \text{ l}/\text{m}^2$. Omgerekend geeft dit $8,2 \text{ m}^3/\text{ha}$ of wel $2,98 \text{ kg}$ stikstof per ha.
2. Drain gedurende de eerste weken van de teelt: het komt nog regelmatig voor dat de eerste drain gedurende de eerste weken van de teelt niet gerecirculeerd wordt uit angst voor het vrijkomen van stoffen uit het substraat (b.v. uitvloeiers). Gedurende januari en februari zijn de hoeveelheden drain gemeten (drain per kas van 120 m^2 , tabel 3). In december is er drain vanwege extra gietbeurten om de planten te laten aanslaan. In de referentiekas is $739+557-98 \text{ L}$ gedraineerd via de gietbeurten en niet gerecirculeerd (1198 l kas), dit is $99,8 \text{ m}^3/\text{ha}$ dat is geloosd. Dit komt overeen met $36,3 \text{ kg N}$ per ha.

Tabel 3

Overzicht drain gedurende eerste maanden van de teelt.

Maand	Referentie kas				Emissieloze kas			
	Gift	mm/d	Drain	%	Gift	mm/d	Drain	%
Dec/Jan	2394	0,49	739	31	3069	0,62	732	24
Februari	3139	0,93	557	18	3316	0,99	510	15

3. Lozing om te verversen in zomermaanden: gedurende een aantal zomermaanden is de voedingsoplossing verversen en is de inhoud van de draintank geloosd. Verversen betekent hier niet dat er is geloosd vanwege een te hoog natriumgehalte of om een andere technische reden. Hier is bedoeld verversen uit gewoonte. In totaal is $310 \text{ m}^3/\text{ha}$ drainwater in deze periode geloosd, hetgeen overeenkomt met $112,8 \text{ kg}$ stikstof per ha per jaar.

Uit de drainwater analyses bleek dat in deze proef in de referentie kas er gemiddeld 26 mmol NO_3 per liter drainwater aanwezig was. Dit geeft een toegestane lozing van $365 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{jr}$.

Samengevat betekent dit:

- Eerste drain uit matten $2,98 \text{ kg N}$ ($8,2 \text{ m}^3/\text{ha}$).
- Drain in eerste weken teelt $36,3 \text{ kg n}$ ($99,8 \text{ m}^3/\text{ha}$).
- Verversen gedurende de teelt $112,8 \text{ kg n}$ ($310 \text{ m}^3/\text{ha}$).

In totaal is er $152,1 \text{ kg}$ stikstof geloosd (418 m^3 drainwater per ha). Dit is meer dan de norm (133 kg stikstof). Reden dat er teveel is geloosd, is dat er meer stikstof in drainwater zat dan verwacht en waar niet op is geanticipeerd.

3.2.2 Waterverbruik tijdens de teelt

Het waterverbruik tijdens de teelt is vastgelegd met watermeters die per 5 minuten automatisch verwerkt zijn naar Lets Grow. Een overzicht is gegeven in Tabel 4 en in de Figuren 11 en 12.

Het waterverbruik in de Referentie was lager dan in de emissieloze kas, de groei en productie ook. Gemiddeld is er 31 (referentiekas) en 28% (emissieloos) drain gerealiseerd per dag en de spui bedraagt 4% (referentiekas) en 0% in de emissieloze kas. Hiermee is de PUE (Product Water Use, de hoeveelheid water die nodig is om 1 kg vers product te produceren) berekend.

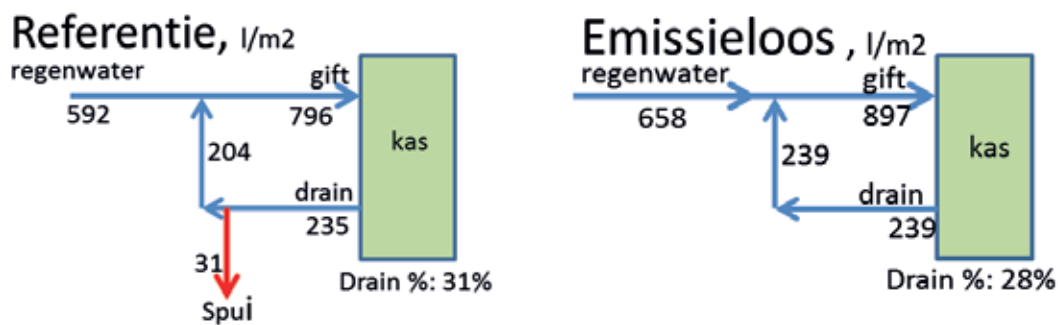
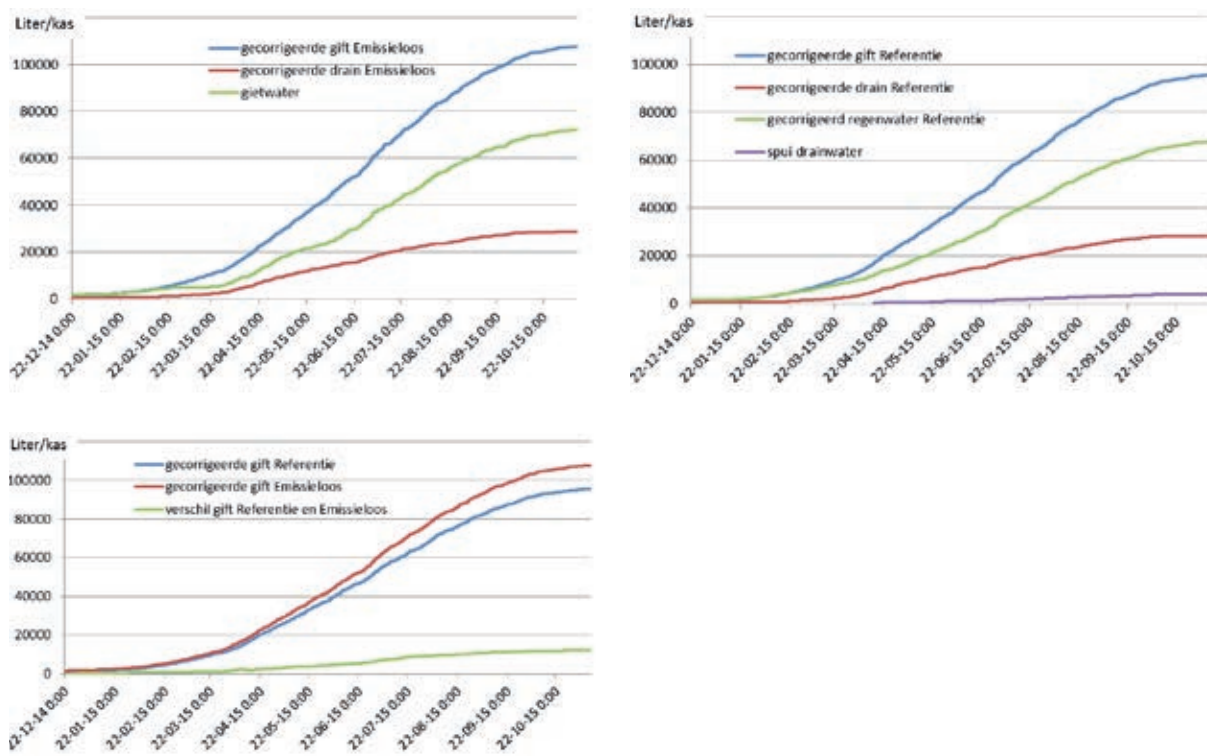
In Figuur 11 is de watergift grafisch weergegeven gedurende het seizoen in liters per kas. In Figuur 12 is een overzicht gegeven van de spui momenten en de grootte hiervan.

Tabel 4

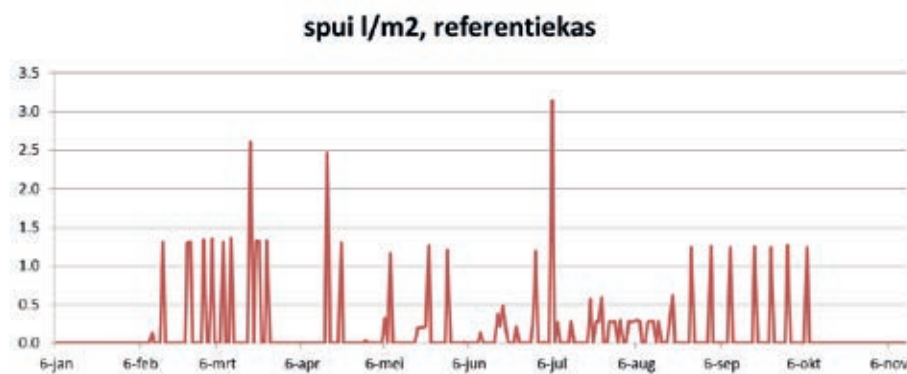
Overzicht waterverbruik.

	Referentie kas	Emissieloze kas
Gift totaal (l/m ²)	796	897
Drain (l/m ²)	235	239
Spui (l/m ²), totaal	31	
Spui (% van de gift)	4	
Drain % (1 mrt – 15 okt)	30,6	27,5
Aantal dagen teelt	326	326
Gift (mm/dag), incl drain	2.44	2.75
Productie (kg/m ²)	26.3	27.4
PWU (L/kg product)	21.3	24.0

Meest opvallend is het hogere waterverbruik in de emissieloze kas in vergelijking met de referentie zonder dat daarbij extra productie vanaf is gekomen (Tabel 4, Figuur 11). Hierdoor is de product water use (PWU, aantal liters dat nodig is om 1 kg product te produceren) voor de referentie lager dan bij de emissieloze kas. Spui is 4%, een bepaalde (kleine) hoeveelheid is echter weggestroomd bij het doorsteken van de matten (overloop goten). In Tabel 3 is te zien dat de gift in dec/jan in de referentie kas aanzienlijk lager was als in de emissieloze kas. Hier was een niet gecalibreerde manometer de oorzaak, de planten hebben deels te weinig water gehad, of in ieder geval minder als verwacht en minder als in de emissieloze kas. Waarschijnlijk is hierdoor het gewas korter gebleven (Figuur 9) en gedurende de teelt is dat terug te zien (Figuur 11). Bij telers is bekend dat een goede weggroei en beworteling van paprikaplanten erg belangrijk is voor het vervolg van de teelt.



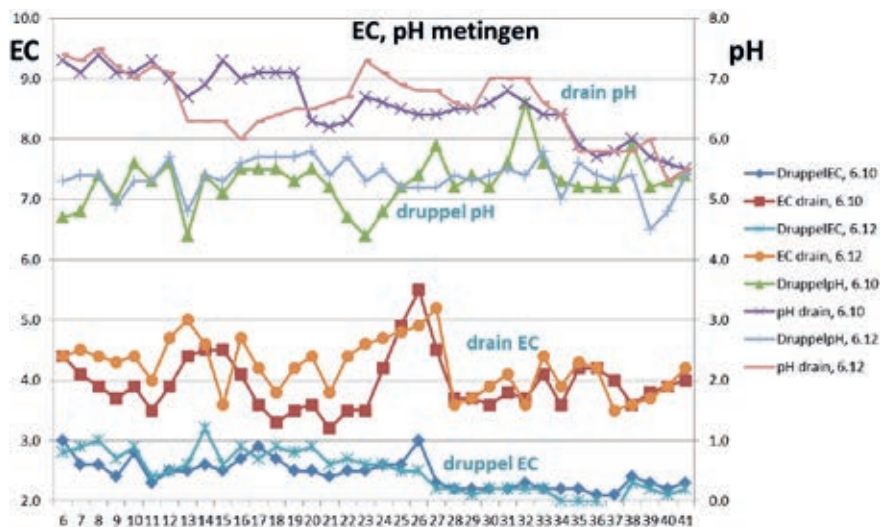
Figuur 11 Waterverbruik gedurende de teelt.
 Toelichting: Alle cijfers zijn gecorrigeerd omdat tijdens de teelt de ozoninstallatie is gespoeld met regenwater (dit werd bij de gift meegeteld) en storingen aan apparatuur zijn opgetreden.
 In de bovenste drie figuren de gecumuleerde watergift in liters per kas, in de onderste twee figuren een overzicht van het totaalverbruik gedurende de teelt.



Figuur 12 Spui in referentie kas gedurende het teeltseizoen.

3.2.3 EC, pH metingen

In Figuur 13 zijn de EC en pH metingen van druppelwater en drain van beide kassen weergegeven. Deze data zijn afkomstig uit de wekelijkse analyse waarop de opnameanalyse is gebaseerd (zie hiervoor hoofdstuk 3.3). Tussen beide kassen zijn slechts minimale verschillen. Doelstelling was om de teelt in beide kassen zo gelijk mogelijk te laten plaatsvinden, met kleine bijstellingen is dit gerealiseerd.



Figuur 13 Overzicht van EC en pH in druppel- en drainwater gedurende de teelt (6.10: referentiekas; 6.12 emissieloze kas).

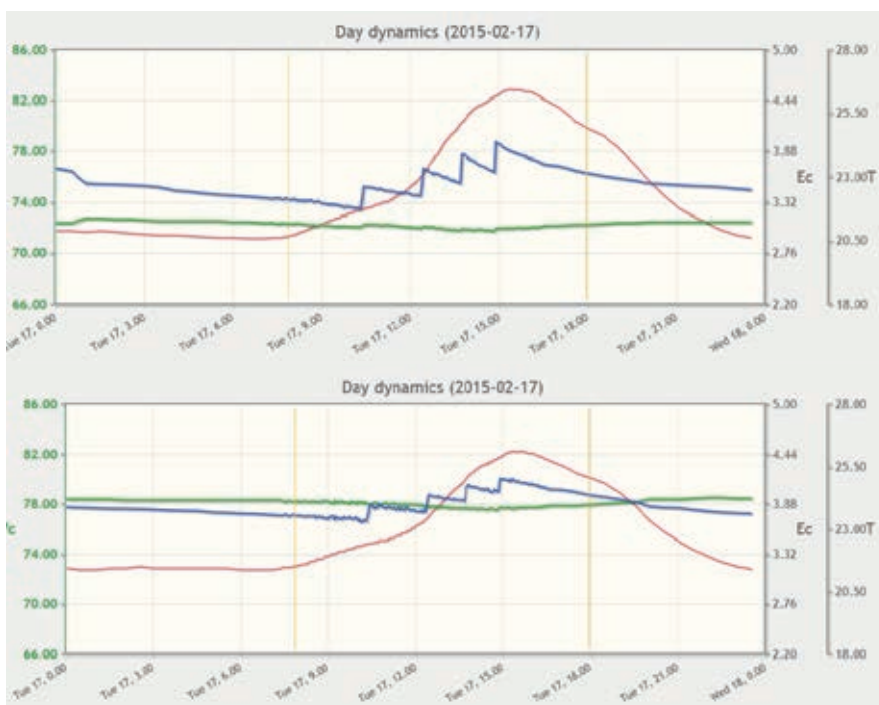
3.2.4 Watergehaltemetingen met Grosens

In elke kas zijn 3 Grosens sensoren van Grodan geplaatst die watergehalte (WC), EC en temperatuur meten (zie ook Figuur 7). Gedurende de teelt konden de metingen worden gevolgd via een speciaal uitvoerprogramma. In Figuur 14 is een weekoverzicht gegeven om trends te kunnen zien. In Figuur 15 is een dagoverzicht gegeven.



Figuur 14 Weekoverzicht Grosens metingen in week 4 t/m 10 februari 2015.

Uitleg: Op linker Y-as staat de WC (water contents) met blauwe lijn; op de rechter Y-as EC (groene lijn) en temperatuur (T, rode lijn). Scherpe sprong in lijnen (Friday 6 en Monday 9 Feb) foutieve metingen als gevolg van verplaatsingen van de sensoren. In de blauwe lijn is te zien dat elke dag tweemaal water is gegeven. De EC (groen) ligt rond de 2.8 in de Referentie kas, terwijl in de emissieloze kas de EC rond 3.5 schommelt. Temperatuurfluctuaties (rood) tussen dag en nacht zijn goed te zien; nachttemperatuur 20°C en overdag 24°C.



Figuur 15 Dagoverzicht Grosens metingen op 17 februari 2015.

Uitleg: Op linker Y-as staat de WC (water contents) met blauwe lijn; op de rechter Y-as EC (groene lijn) en temperatuur (T, rode lijn).

3.3 Monitoren voedingsopname met OpnameAnalyse

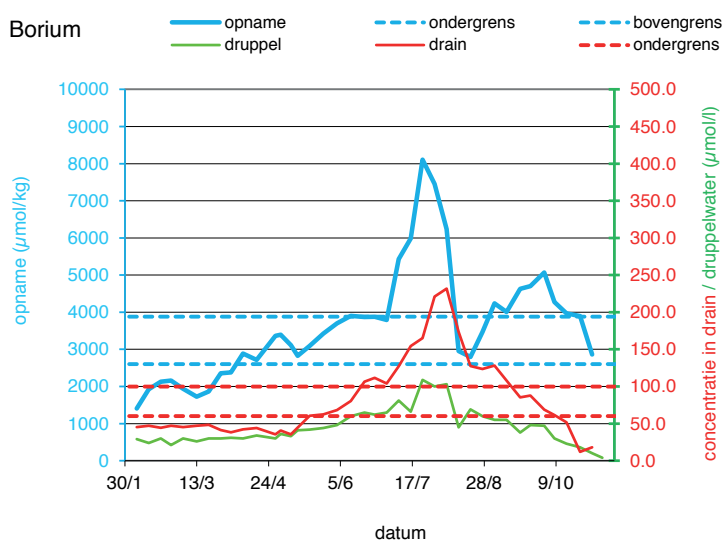
3.3.1 OpnameAnalyse

Met OpnameAnalyse werd een goed beeld verkregen van de opgenomen voedingselementen (bijlagen 2 t/m 5). Tijdens de proef zijn wekelijks monsters geanalyseerd van de gift, de drain en in de mat. De voedingsopname is het verschil tussen de aangeboden elementen in de gift en de elementen in het retourwater (drain). Daarnaast is een schatting gemaakt van de aangemaakte hoeveelheid droge stof. Vervolgens is voor ieder element berekend hoeveel nutriënten er per kg droge stof zijn opgenomen. Dit is vergeleken met de gewenste opname. De gewenste opname is gebaseerd op de gewenste nutriënten gehalten in het blad en de vruchten. Daarbij is het belangrijk dat de elementen in de juiste verhouding worden opgenomen. In de bijlagen 6 en 8 is de opnameverhouding tussen kalium, calcium en magnesium en in bijlagen 7 en 9 is de opnameverhouding tussen chloor, NO_3 en SO_4 weergegeven van week 6 t/m 45. In de eerste fase van de proef is gestart met de standaard voedingsoplossing. Vanaf eind april zijn, naar aanleiding van de stand van het gewas en de opname analyses, aanpassingen aan het voedingsschema gedaan.

Indien er te weinig van een bepaald element werd opgenomen werd er meer meegegeven in de voeding, indien er van een bepaald element te veel werd opgenomen dan werd er minder meegegeven. De voeding is aangepast om de vegetatieve of generatieve groei van het gewas te bevorderen, zodat in beide kassen (gangbaar en emissieloos) een gelijk gewas zou groeien. Met behulp van OpnameAnalyse kon de voedingsopname gestuurd worden zodat het gewas voldoende bleef groeien. De belangrijkste aanpassingen die tijdens de teelt zijn gedaan worden hieronder toegelicht.

3.3.2 Opname van borium

In maart en april waren licht misvormde blaadjes zichtbaar in de kop. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door te weinig borium opname. In de grafieken van de OpnameAnalyse was te zien dat de opname van borium te laag was. Dit was vooral het geval in de emissieloze kas waar ook de meeste misvormde blaadjes zichtbaar waren (Figuur 16). Dit is bevestigd in de drogestofanalyse van bladeren waar het boriumgehalte in het blad te laag was (Tabel 5). Vanaf eind april is extra borium gegeven om de opname te bevorderen. Daarna verdwenen de misvormde blaadjes in de kop van de plant. Aan het einde van de teelt werd borium gemakkelijk opgenomen en kon er weer wat minder worden meegegeven. Ook dit werd bevestigd door de drogestofanalyse van de bladeren.



Figuur 16 Opname van borium berekend met OpnameAnalyse en de concentratie in het druppel- en drainwater.

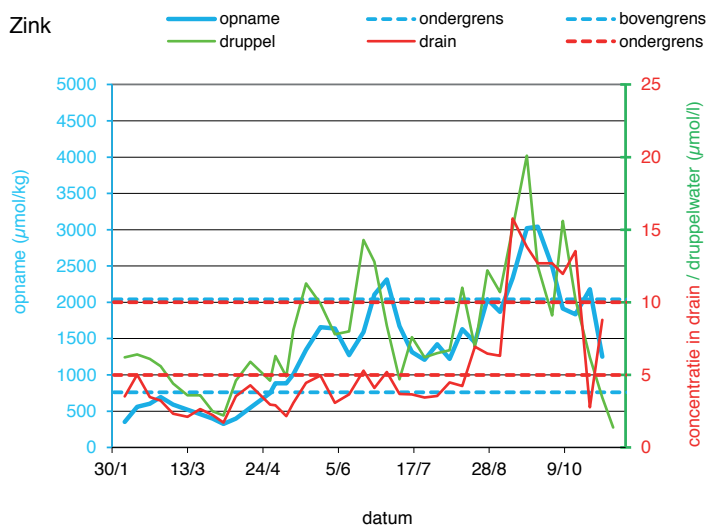
Tabel 5

Borium gehalte in de bladeren, 50 cm onder de kop (mmol/kg drogestof), richtwaarde is 5-7 mmol/kg drogestof, > 30 mmol geeft overmaat in oude bladeren.

Datum	emissieloos	referentie	Beoordeling
05-03-2015	2.5	2.7	Te laag
07-05-2015	2.6	2.3	Te laag
18-09-2015	9.5	10.7	Goed-hoog

3.3.3 Zink-opname

Bij aanvang van de teelt werd 5 µmol zink meegegeven. Uit de OpnameAnalyse bleek dat er weinig zink werd opgenomen (Figuur 17). Na verhoging van zink in de gift nam de opname toe tot het gewenste niveau. Ook dit werd bevestigd door het lage zinkgehalte in de bladeren in maart en begin mei. In september was het zinkgehalte in het blad prima (Tabel 6).



Figuur 17 Opname van zink berekend met OpnameAnalyse en de concentratie in het druppel- en drainwater.

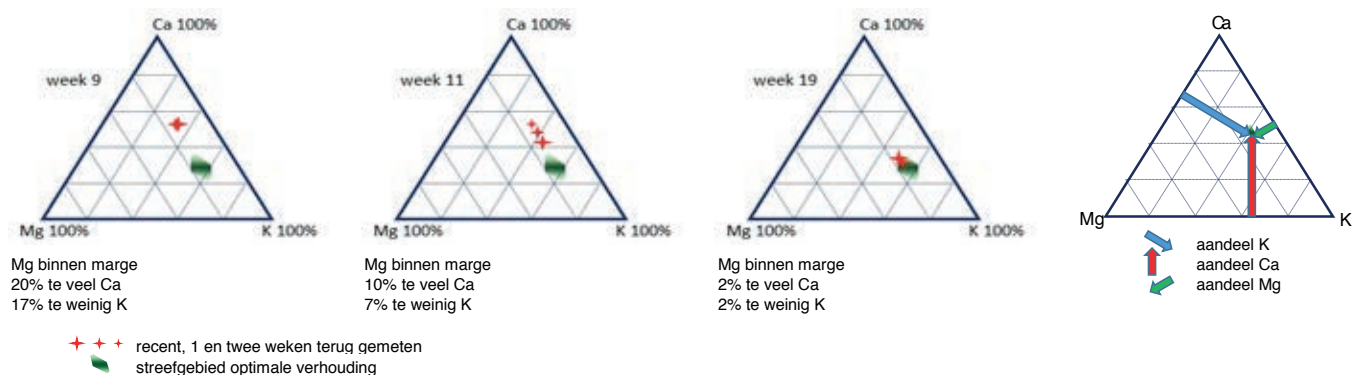
Tabel 6

Zink gehalte in de bladeren, 50 cm onder de kop (mmol/kg drogestof), richtwaarde is 3 mmol/kg drogestof.

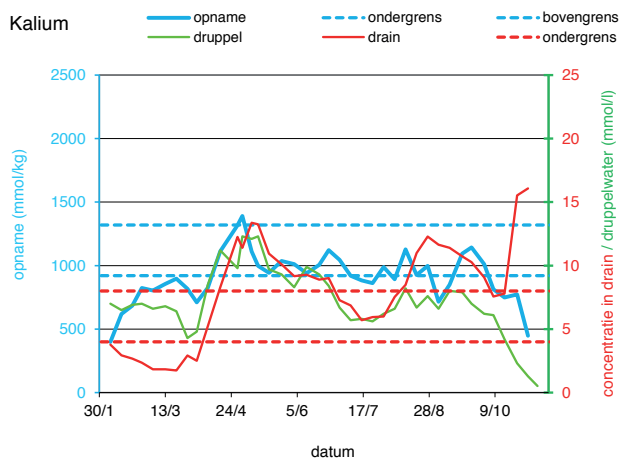
Datum	Emissieloos	referentie	Beoordeling
05-03-2015	0.9	1.3	Laag-net voldoende
07-05-2015	1.1	1.4	Laag-net voldoende
18-09-2015	2.6	3.1	Goed

3.3.4 Opname van kationen

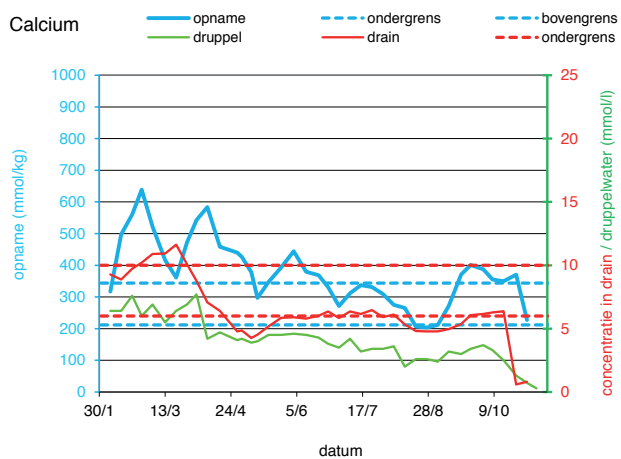
Omdat het gewas weinig groei vertoonde (zowel referentie als emissieloos) en de opname van kalium ten opzichte van calcium en magnesium te laag was (bijlage 6) is het aanbod van kalium vanaf eind maart verhoogd. In Figuur 18 is de verandering in opnameverhouding van kalium, calcium en magnesium te zien na aanpassing van de voeding in week 10. Er was een relatief grote aanpassing nodig van de kaliumgift om de opname van kalium te beïnvloeden (Figuur 19). Dit is een veel grotere aanpassing dan uit het advies van de Bemestings Adviesbasis volgt, waarbij er gestuurd wordt op de voedingssamenstelling in de mat. In figuur 20 en 21 is te zien dat er na verhogen van de kaliumgift nog ruim voldoende calcium en magnesium werd opgenomen. Opmerkelijk is dat de gehalten van kalium in het drainwater meestal hoger waren dan de maximum streefwaarde in de mat (Figuur 19) terwijl het calciumgehalte in de drain steeds op de ondergrens van de streefwaarde verkeerde (Figuur 20). In de teelt werd geen neusrot (calciumgebrek) en geen magnesiumgebrek waargenomen. De verhouding van kalium, calcium en magnesium in het blad was vergelijkbaar met de opgenomen verhouding twee weken voor bemonsteren van de bladeren. Verder was opvallend dat vooral de magnesiumopname negatief gecorreleerd was met de kaliumopname. Dit was ook terug te zien in de drogestofanalyse van het blad (Figuur 22).



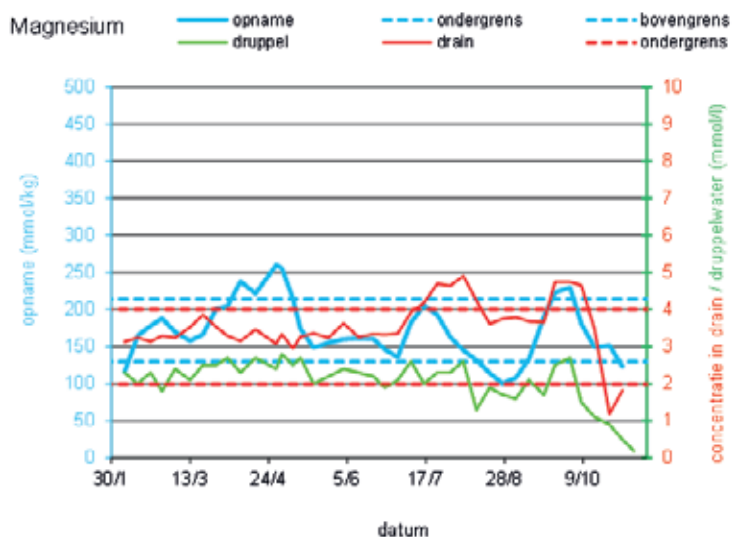
Figuur 18 Verandering opnameverhouding kationen na verhogen van kalium in de gift in week 10.



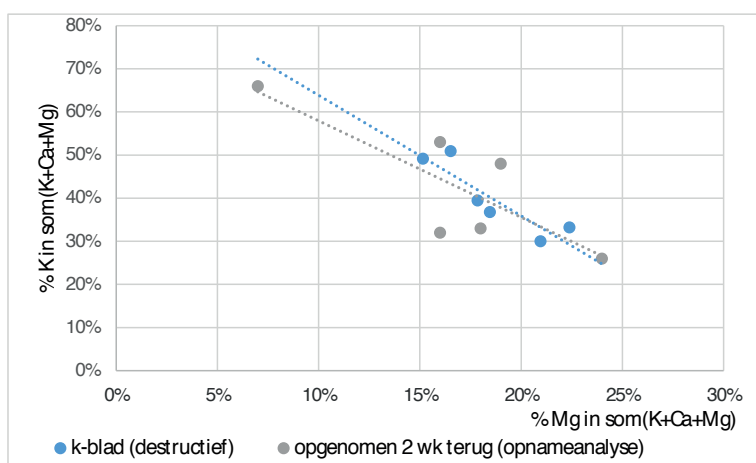
Figuur 19 OpnameAnalyse kalium, verloop van de opname en de concentratie kalium in de gift en de drain in relatie tot de gewenste gewasopname (blauwe stippellijnen).



Figuur 20 OpnameAnalyse calcium, verloop van de opname en de concentratie calcium in de gift en de drain in relatie tot de gewenste gewasopname (blauwe stippellijnen).



Figuur 21 OpnameAnalyse magnesium, verloop van de opname en de concentratie magnesium in de gift en de drain in relatie tot de gewenste gewasopname (blauwe stippellijnen).



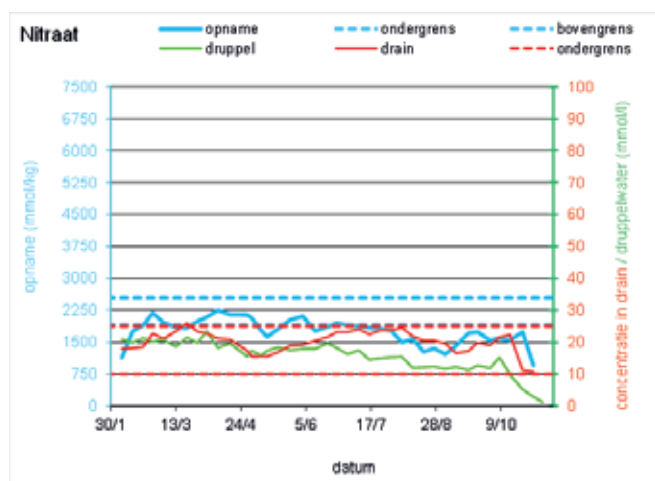
Figuur 22 Verhouding tussen het percentage kalium en het percentage magnesium in het blad (van de totale opname van K, Ca en Mg in meq) in de drogestof en de OpnameAnalyse twee weken eerder.

3.3.5 Opname Anionen

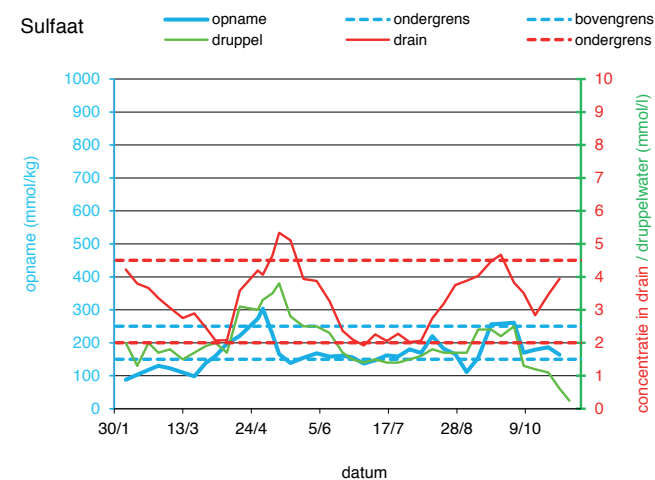
Bij de opname van anionen is vooral de verhouding tussen nitraat en sulfaat belangrijk. Omdat het gewas in maart te weinig groei vertoonde is minder sulfaat gedoseerd zodat de opname van nitraat gestimuleerd werd. Bij de start van de teelt werd nitraat gemakkelijk opgenomen (Figuur 23) en werd er niet veel sulfaat (Figuur 24) opgenomen. In de analyses van de bladeren was het nitraatgehalte in maart en september vrij hoog (Tabel 7). In mei was het nitraatgehalte lager. Op dat moment was de gewasgroei onvoldoende en is besloten om meer nitraat en minder sulfaat aan te bieden. Er werd zo gestuurd dat de sulfaatopname op de ondergrens lag van de sulfaatbehoefte.

De sulfaatopname zelf werd nauwelijks beïnvloed door de concentratie in de drain (Figuur 24) maar de nitraatopname was vooral laag op momenten dat er veel sulfaat in de mat aanwezig was (Figuur 25 en 26). Omdat er relatief weinig sulfaat wordt opgenomen ten opzichte van de aanwezige concentratie sulfaat in de mat moest sulfaat soms geheel uit het voedingsschema gelaten worden om de gewenste concentratie in de voedingsoplossing te kunnen realiseren (Figuur 27 en 28). Dit is een veel grotere aanpassing dan wordt voorgeschreven in de Bemesting Adviesbasis waar maximaal 0.5 mmol vermindering wordt geadviseerd. Dit was vooral aan de orde in de emissieloze kas. Indien *et al.* en toe gespuid wordt, zoals in de referentieafdeling, dan is het sulfaatgehalte gemakkelijker laag te houden.

Op basis van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat nauwkeuriger sturen om hoog sulfaatgehalte in de drain te voorkomen de noodzaak om te spuien bij slechte groei kan verminderen.



Figuur 23 OpnameAnalyse nitraat, verloop van de opname en de concentratie nitraat in de gift en de drain in relatie tot de gewenste gewasopname (blauwe stippellijnen).

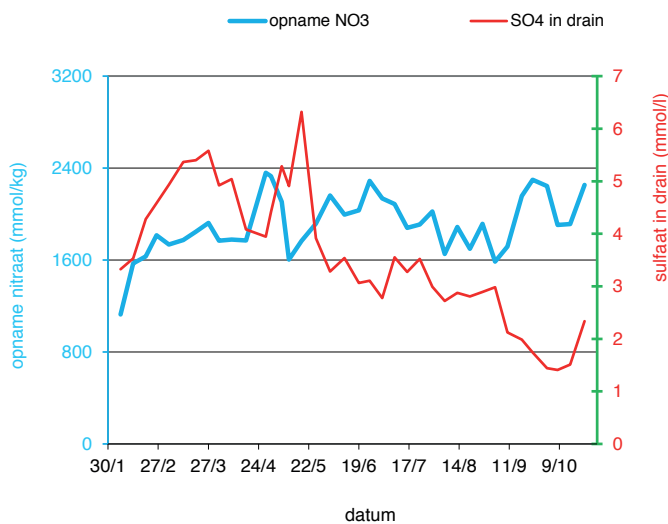


Figuur 24 OpnameAnalyse sulfaat, verloop van de opname en de concentratie sulfaat in de gift en de drain in relatie tot de gewenste gewasopname (blauwe stippellijnen).

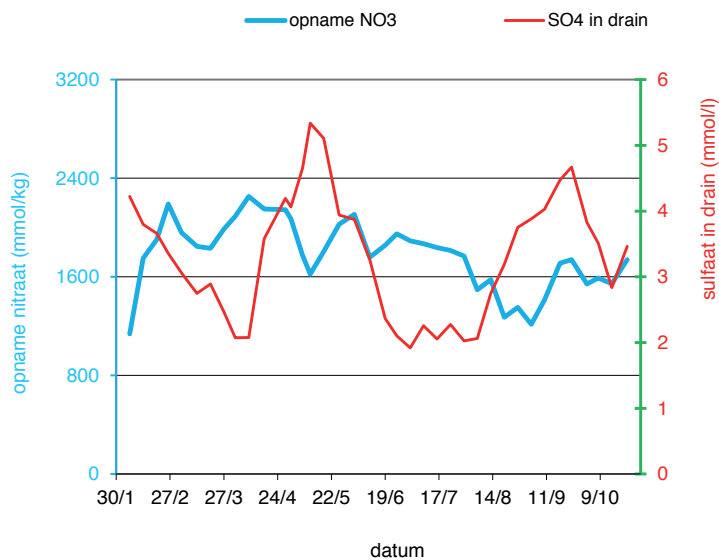
Tabel 7

N-totaal gehalte in de bladeren, 50 cm onder de kop (mmol/kg drogestof), richtwaarde is 2500 – 3500 mmol/kg drogestof.

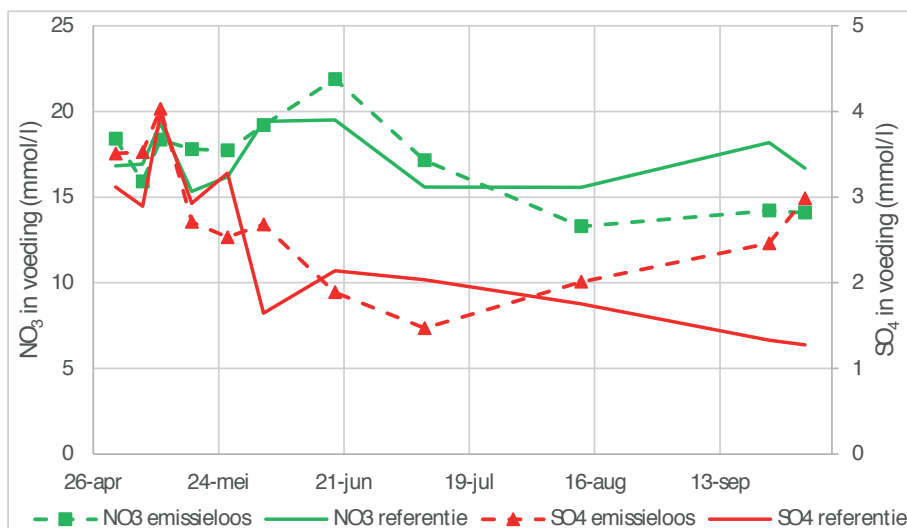
Datum	Emissieloos	referentie	Beoordeling
05-03-2015	3795	3887	Vrij hoog
07-05-2015	3120	3291	Gemiddeld
18-09-2015	3897	3549	Vrij hoog



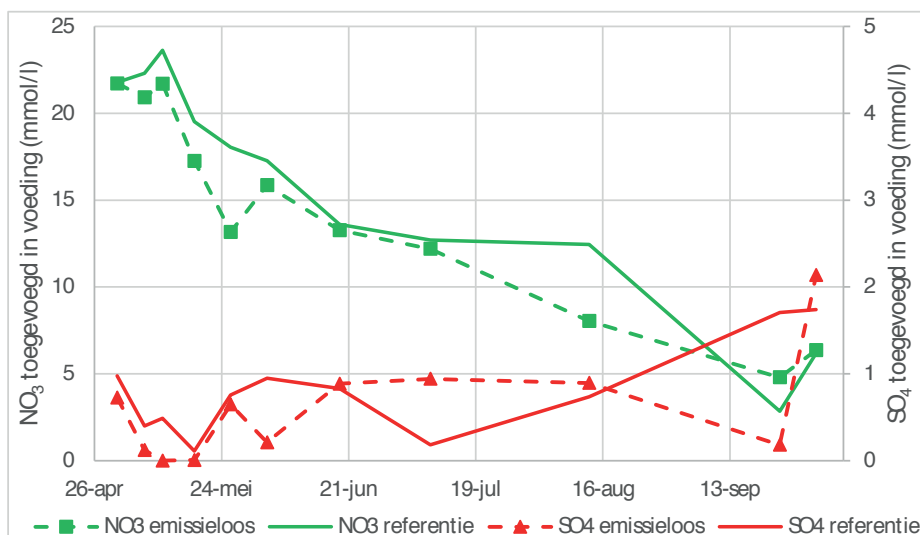
Figuur 25 Berekende opname nitraat (OpnameAnalyse) in de referentieafdeling in relatie tot de concentratie sulfaat in de drain.



Figuur 26 Berekende opname nitraat (OpnameAnalyse) in de emissieloze in relatie tot de concentratie sulfaat in de drain.



Figuur 27 Toegevoegde concentratie NO_3 (mmol/l) en SO_4 (mmol/l) aan het drainwater om te komen tot de gewenste concentratie in het druppelwater.



Figuur 28 Gerealiseerde concentratie NO_3 (mmol/l) en SO_4 (mmol/l) in het druppelwater.

3.4 Einde-teeltstrategie

Hieronder is een eerste plan in detail weergegeven. Het doel is om aan het einde van de teelt zo min mogelijk stikstof en fosfaat in substraat en tanks over te houden zonder impact te krijgen op productie en kwaliteit.

3.4.1 Plan voor minder stikstof aan einde teelt

Het doel is gespecificeerd in de tijd met streefwaarden voor de mat:

		Week -5	Week -3	Week -1	Week 0
Nitraat	mmol/L	20	10	5	0
Fosfaat	mmol/L	3	0	0	0
EC	dS/m	3.5	4	?	?
Water Gehalte	%-v/v	65	50	30	20

Week 0 is bepaald op week 46 (11 november).

Daarna is aangegeven welke ingestelde gift met de wijsheid vooraf, geschikt zou zijn het doel te bereiken:

		Week -5	Week -3	Week -1	Week 0
Nitraat	mmol/L	15	5	1	0
Fosfaat	mmol/L	0	0	0	0
EC	dS/m	2.5	1.5	1.0	0
Gift	mL/J*	3	2	1	0
Ammonium	mmol/L	1.5	1.5	1.5	0
NH ₄ -N/NO ₃ -N	%-N/N	10%	25%	60%	

*) De drainhoeveelheid wordt verlaagd door de instelling voor de gift te verlagen van 3 mL/J (een 100 mL gift per druppelaar na elke 33 J/cm² gesommeerde straling) naar 1 mL (een 100 mL gift per druppelaar na elke 100 J/cm² gesommeerde straling).

Omdat niet bekend is wat het werkelijke effect van de ingestelde waarden is, moet:

- De matwaarde frequent gemeten worden.
- De ingestelde gift bijgesteld worden met een aan de afwijking gerelateerde hoeveelheid.

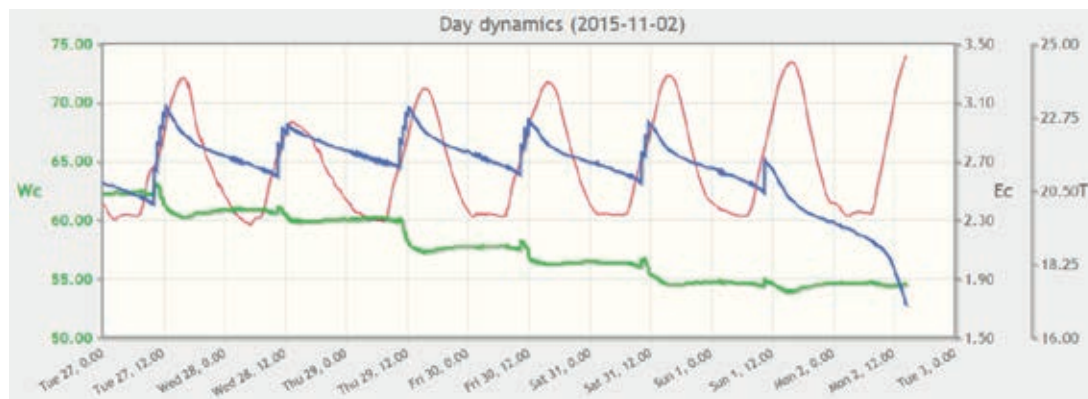
Voorlopig wordt voorgesteld afwijkingen in de mat te compenseren met even grote maar tegengestelde aanpassingen in de gift:

		Afwijking/correctie		Afwijking/correctie	
		mat	gift	mat	gift
Nitraat	mmol/L	-25%	+25%	+25%	-25%
Fosfaat	mmol/L	-25%	+25%	+25%	-25%
EC	dS/m	-25%	+25%	+25%	-25%
Water Gehalte	%-v/v	-25%	+25%	+25%	-25%

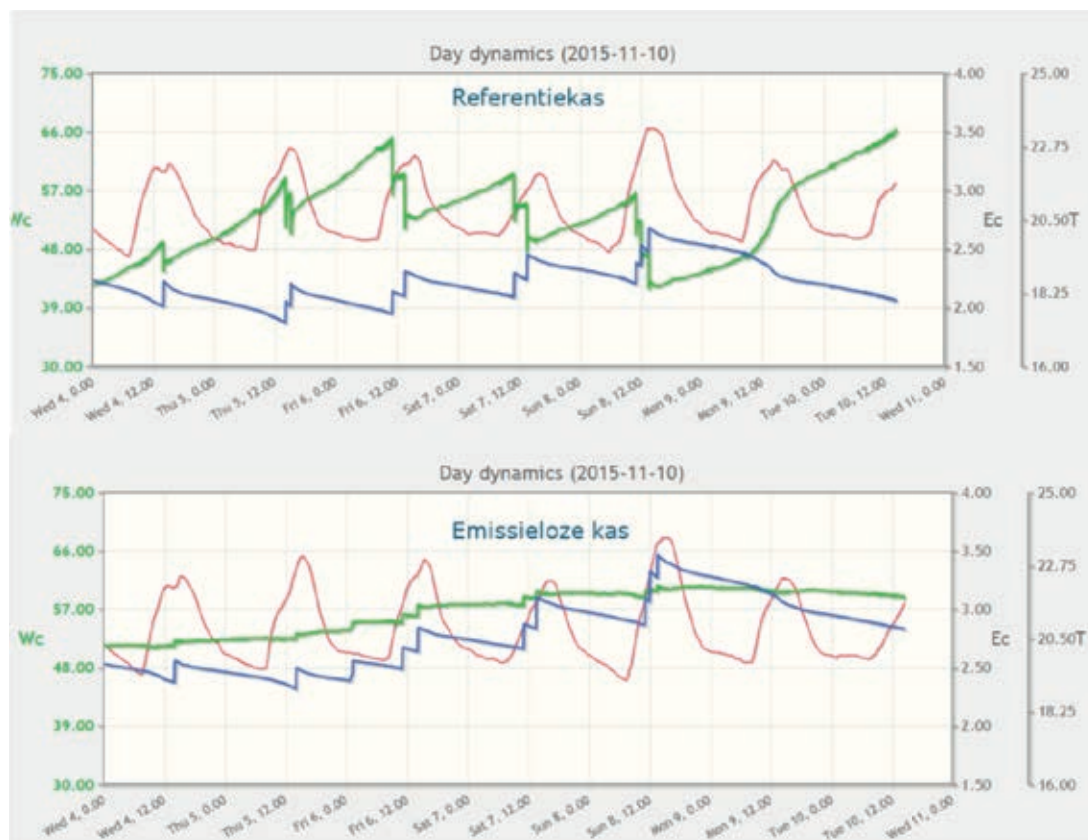
- De fosfaat gift wordt al snel op 0 gesteld in de veronderstelling dat de mat nog veel neergeslagen fosfaat bevat. De eerste actie is deze aanname na te meten in de kas.
- Als de hoeveelheid nitraat en fosfaat wordt teruggebracht in de voeding worden de tegenionen calcium en magnesium mee verlaagd, omdat deze ionen bij hogere mat EC's al snel neerslagen met fosfaat en sulfaat vormen en dat is ongewenst.
- De aanvoer van ammonium neemt relatief toe. Gehoopt wordt dat de plant de wortelomgeving iets verzuurt zodat spoorelementen en fosfaat opneembaar blijven.
- GAC berekent voor elke ingestelde gift (concentratie en liters) met drain (concentratie en liters) de opnameconcentratie van de planten en bewaakt dat de aanvoer nooit boven de opnameconcentratie uitkomt. Dit om accumulatie in de wortelomgeving uit te sluiten.
- Het irrigatie interval 's ochtends wordt verkort. Dit is belangrijk om de mat langzaam droger te krijgen (later op de dag) maar toch iets drain te kunnen creëren ('s-morgens).

3.4.2 Gerealiseerde vochtgehalten in de mat

Het warme weer eind oktober en begin november bemoeilijkt het op tijd stoppen /verminderen van de watergift. In Figuur 29 is te zien dat op 2 november het watergehalte van de matten drastisch daalde en dat op die manier doorgaan met de strategie de einddatum van 11 november niet gehaald zou worden zonder invloed te hebben op productie en kwaliteit ofwel vruchtstevigheid en houdbaarheid. Daarom is alsnog extra water gegeven en ook gezorgd voor enige drain, wel is setpoint EC verder verlaagd waardoor ook neergeslagen nutriënten weer ter beschikking konden komen (Figuur 30, zie ook 3.4.3).



Figuur 29 Verloop watergehalte twee weken voorafgaand aan het einde van de teelt in emissieloze kas.
Uitleg: Op linker Y-as staat de WC (water contents) met blauwe lijn; op de rechter Y-as EC (groene lijn) en temperatuur (T, rode lijn).



Figuur 30 Verloop watergehalte en EC in de week voor einde teelt (11 november 2015)
Uitleg: Op linker Y-as staat de WC (water contents) met blauwe lijn; op de rechter Y-as EC (groene lijn) en temperatuur (T, rode lijn).

Met enige drain is de EC in de matten verder te verlagen, terwijl geen nieuwe voeding hoeft te worden aangemaakt. Zonder drain wordt voor een EC van 0,5 – 1,5 steeds nieuwe voeding aangemaakt, hetgeen niet wenselijk is. Het aantal watergeefbeurten lag op 2 per dag tot 3 bij veel licht.

3.4.3 Verminderen van verbruik en uitstoot van nitraat en fosfaat

In de emissieloze kas werd niet gespuid waardoor er minder nutriënten aan het drainwater toegevoegd hoefden te worden (Tabel 7).

Daarnaast is aan het einde van de teelt gestuurd op het verlagen van de nitraat- en fosfaatvoorraad in de matten. Hiervoor is de concentratie van nitraat (Tabel 7) en fosfaat in het druppelwater en het watergehalte in de mat verlaagd aan het einde van de teelt (zie 3.4.1). Ter compensatie van de lagere concentratie nitraat is wat chloor toegevoegd om voldoende kationen aan te kunnen bieden.

3.4.3.1 Minder fosfaat aan het einde van de teelt

Door de relatief hoge pH (Bijlagen 3 en 5, Figuur 23) in de mat tijdens de teelt zou er mogelijk een voorraad neergeslagen fosfaat in de mat aanwezig kunnen zijn. Om dit te controleren is op 21 september en 23 oktober de voorraad fosfaat in de mat vastgesteld (d.m.v. zuurextractie). Op 21 september was er 2.5 -3.8 mmol/l (substraat volume) fosfaat voorradig in de mat en op 23 oktober nog maar 0.3 – 1.1 mmol/l fosfaat. Op basis van deze metingen is besloten om 24 september geen fosfaat toe te voegen en vanaf 2 oktober 0.5 mmol in de emissieloze kas en 0.9 mmol fosfaat in de referentieafdeling te doseren. Tevens is er meer ammonium (0.5 – 1 mmol/l) gedoseerd om de pH te verlagen zodat P weer uit de mat op zou lossen en beschikbaar zou komen voor het gewas. Door deze strategie werd de fosfaatvoorraad in de mat vrijwel volledig opgebruikt en bleef de opname van fosfaat voldoende tot het einde van de teelt.

3.4.3.2 Minder nitraatverbruik

Gedurende de teelt werd er in de emissieloze kas minder nitraat toegevoegd aan het drainwater (Tabel 8). De concentratie in het druppelwater (Tabel 9) was in beide kassen vergelijkbaar tot 13 augustus. Daarna is in de emissieloze kas minder nitraat gedruppeld en meer sulfaat en chloor om de voorraad nitraat in de mat te verlagen. De nitraatopname werd hierdoor wel iets lager maar de gewasgroei was vergelijkbaar met de referentieafdeling.

Tabel 8

Toegevoegde hoeveelheden nitraat en sulfaat aan het drainwater in de emissieloze en referentie kas.

datum	emissieloze kas		referentiekas	
	SO ₄	NO ₃	SO ₄	NO ₃
1-mei	0.7	21.7	1.0	21.8
7-mei	0.1	20.9	0.4	22.3
11-mei	0.0	21.7	0.5	23.6
18-mei	0.0	17.3	0.1	19.5
26-mei	0.6	13.2	0.8	18.0
3-jun	0.2	15.9	1.0	17.3
19-jun	0.9	13.3	0.8	13.6
9-jul	0.9	12.2	0.2	12.7
13-aug	0.9	8.0	0.7	12.4
24-sep	0.2	4.8	1.7	2.8
2-okt	2.1	6.4	1.7	6.2

Tabel 9

Gerealiseerde concentratie nitraat en sulfaat aan het druppelwater in de emissieloze en referentie kas.

datum	emissieloze kas		referentiekas	
	SO ₄	NO ₃	SO ₄	NO ₃
1-mei	3.5	18.4	3.1	16.8
7-mei	3.5	15.9	2.9	16.9
11-mei	4.0	18.4	4.0	19.3
18-mei	2.7	17.8	2.9	15.3
26-mei	2.5	17.7	3.3	16.2
3-jun	2.7	19.2	1.6	19.4
19-jun	1.9	21.9	2.1	19.5
9-jul	1.5	17.1	2.0	15.6
13-aug	2.0	13.3	1.8	15.6
24-sep	2.5	14.2	1.3	18.2
2-okt	3.0	14.1	1.3	16.7

3.5 Gewasbeschermingsmiddelen

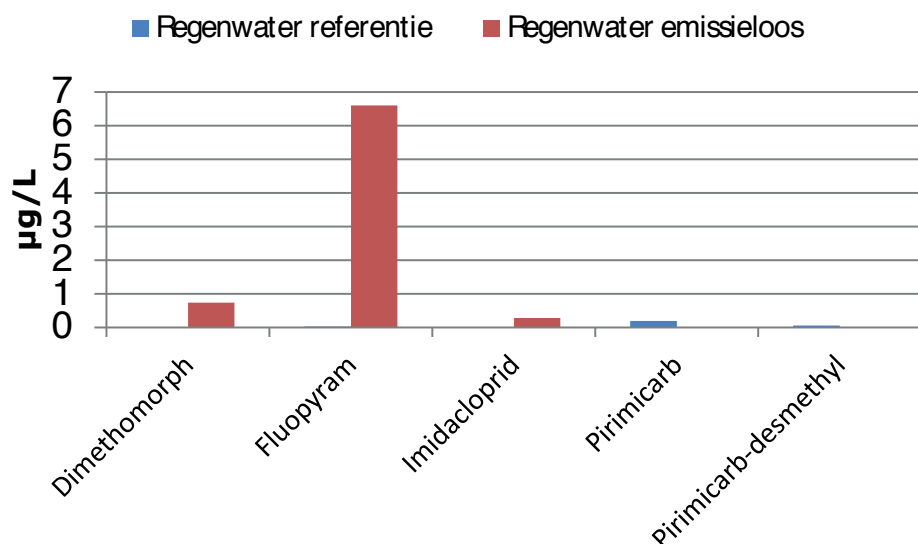
Aan de folie rondom de steenwolmat konden ca. 25 stoffen worden aangetoond waarvan er 4 recentelijk waren gebruikt (abamectine, pirimicarb, pymetrozine en pyridalyl). Een stof (propamacarb) is niet gebruikt maar wel in een hoge concentratie gemeten (Figuur 31). De overige stoffen zijn aangetoond in concentraties van minder dan 0,01 µg/l. In steenwol zijn alleen de in Figuur 31 genoemde stoffen aangetroffen tegen een veel lagere concentratie als aan de folie. Tussen referentiekas en emissieloze kas is geen verschil.

Aanvang teelt

Bij aanvang van de teelt worden al veel middelen teruggevonden in concentraties >0.05µg/L: 5 middelen in regenwater, 24 middelen uit de pot van de plantenkweker en 20 middelen in drainwater.

Regenwater

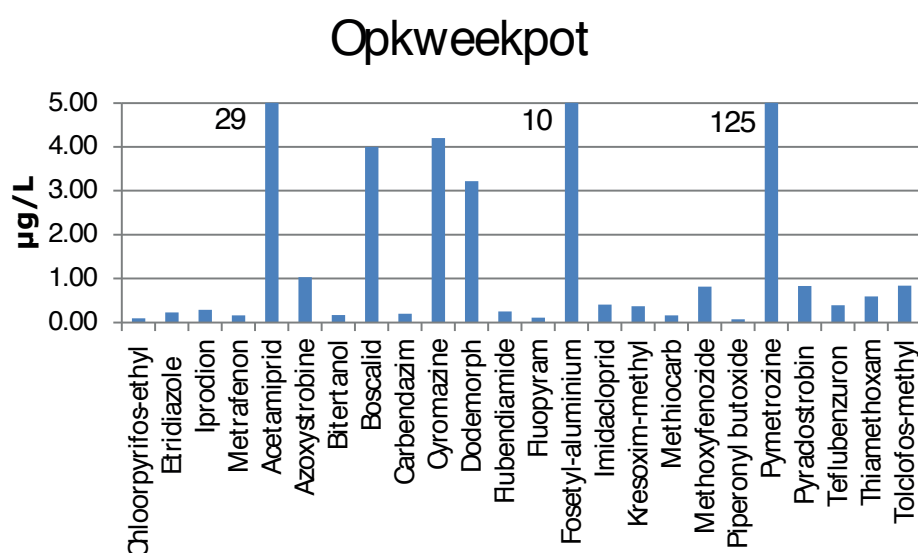
In Figuur 31 worden de middelen weergegeven die via regenwater het systeem ingebracht worden. Vooral fluopyram en dimethomorph worden in aanzienlijke hoeveelheden ingebracht. De waarden in het regenwater zijn een momentopname, gedurende de teelt kunnen ook andere middelen via het regenwater de proef binnengebracht worden. Het regenwater dat gebruikt wordt komt uit een regenwaterbassin waarin ook het condenswater uit het kassencomplex wordt opgeslagen. Mogelijk dat een aantal middelen dat wordt teruggevonden ook via het condenswater in het regenwater terecht is gekomen. Drie van deze middelen zijn recent gebruikt op het proefbedrijf en komen in aanmerking om via deze route de kas te hebben betreden.



Figuur 31 Overzicht gewasbeschermingsmiddelen in regenwater.

Opkweekpotten

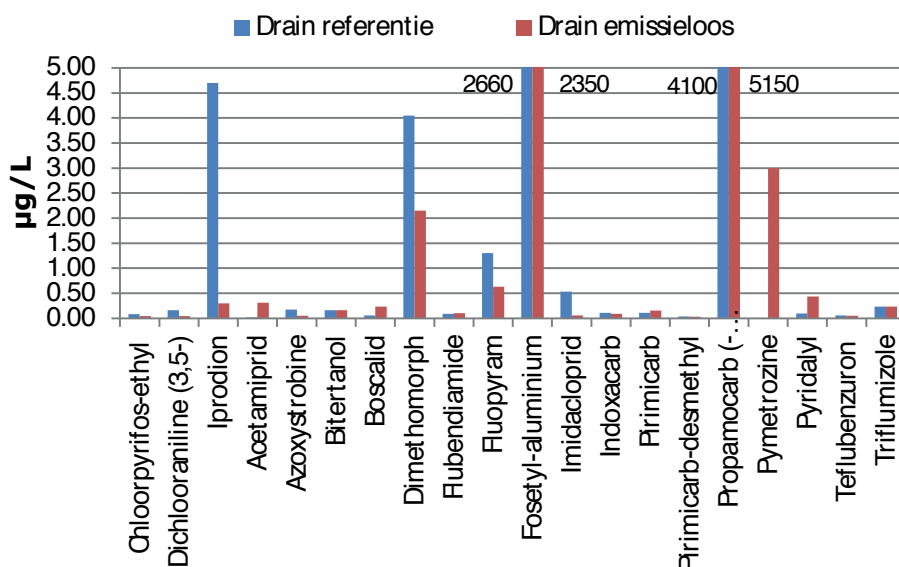
Ook via de opkweekpotten komen een aantal middelen in het watersysteem van de teelt terecht (zie Figuur 32). Volgens het plantenpaspoort zijn er drie middelen toegepast bij de plantenkweker: abamectine (Vertimec), pymetrozine (Plenum) en acetamiprid (Gazelle). Abamectine is niet meer terug te vinden in de opkweekpotten. Fosetyl-aluminium (Previcur) is toegepast in de proef voordat de planten in de kas zijn uitgezet door te dompelen. Het is vreemd dat propamocarb in de monsters uit de opkweekpotten niet is terug te vinden, terwijl het wel wordt teruggevonden in het drainwater van de kassen. Hiervoor is geen verklaring gevonden. Een deel van de gevonden middelen is waarschijnlijk niet gebruikt door de plantenkweker in de opkweek van de paprikaplanten, maar zitten in zijn watersysteem door gebruik in andere teelten of komen vrij van de teeltvloer door toepassing in voorgaande teelten bij het irrigeren met een eb-vloed systeem of zijn in zijn bassin gewaaid.



Figuur 32 Overzicht middelen in de opkweekpot.

Drainwater

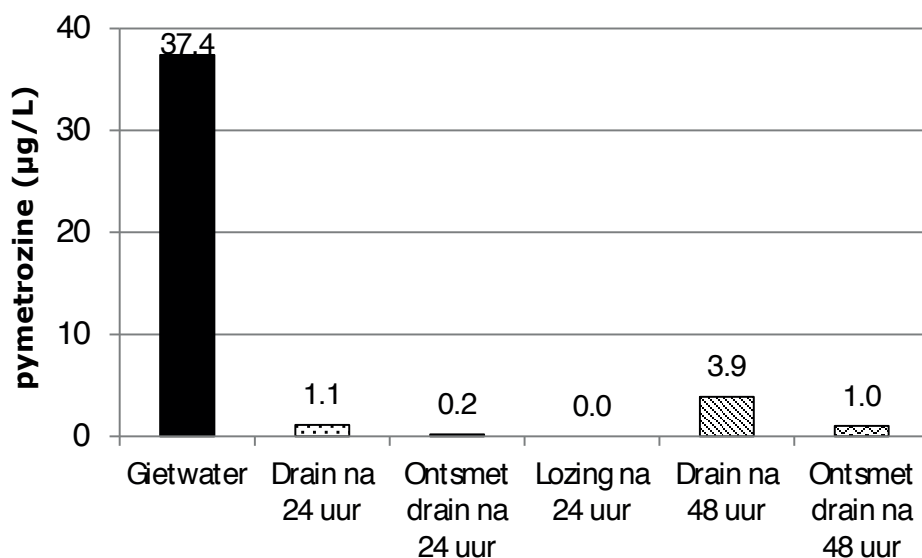
In Figuur 33 is te zien welke middelen er zijn teruggevonden in het drainwater bij aanvang van de teelt (dec 2014). De monsters zijn genomen nadat de planten zijn gedompeld met Previcur (fosetyl-aluminium en propamocarb). Deze zijn in hoge concentraties terug te vinden. Een aantal middelen komt uit potten vanuit de opkweek in het water terecht, een aantal middelen komt uit een proef die in 2014 is gedaan in de emissieloze komkommerteelt, middelen uit Standaard Water (referentie) komen uit een proef naar de werking van de zuiveringsinstallatie in najaar 2015.



Figuur 33 Middelen in drainwater kort na het planten.

Effect ontsmetter op afbraak GBM

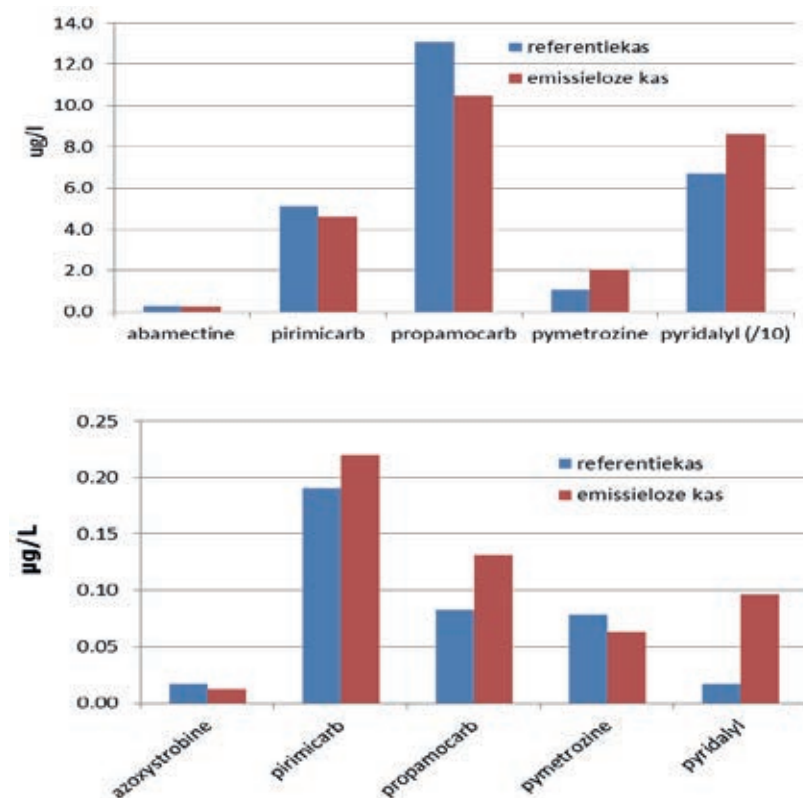
Tijdens de teelt is op 23 juni Plenum (pymetrozine) toegevoegd aan het watersysteem. Er is onderzocht wat het effect is van de ontsmetter op de afbraak van de pymetrozine, zowel voor, tijdens het ontsmetten, als tijdens de zuivering van lozingswater. In Figuur 34 zijn de resultaten weergegeven van de proef. Wat opvalt is dat het onbehandelde drainwater na 24 uur weinig pymetrozine bevat, na 48 uur is de concentratie hoger. Tijdens het ontsmetten van het drainwater wordt het middel al voor het grootste deel (ongeveer 80%) afgebroken. Een hogere dosis ozon en toevoeging van dosering van UV zorgt voor een volledige afbraak van pymetrozine (van Ruijven *et al.* 2015). De ontsmetting zorgt ook na 48 uur voor een afbraak van ongeveer 80%.



Figuur 34 Concentratie pymetrozine in gietwater en na ontsmetting met ozon.

Einde teelt

Aan het einde van de teelt is geanalyseerd hoeveel GBM er in de steenwolmat achterblijven en hoeveel GBM er aan het folie rondom de mat zijn blijven zitten. Aan de folie rondom de steenwolmat konden ca. 25 stoffen worden aangetoond waarvan er 4 recentelijk waren gebruikt (abamectine, pirimicarb, pymetrozine en pyridalyl). Een stof (propamocarb) is niet recentelijk gebruikt maar wel in een hoge concentratie gemeten (Figuur 35). Deze stof is toegepast bij de start van de teelt (Previcur). De overige stoffen zijn aangetoond in concentraties van minder dan 0,01 µg/l. In steenwol zijn alleen de in Figuur 35 genoemde stoffen aangetroffen bij een veel lagere concentratie dan aan de folie. Tussen referentiekas en emissieloze kas is geen verschil.



Figuur 35 Concentraties van enkele gebruikte gewasbeschermingsmiddelen gehecht aan folie (boven) en gehecht aan steenwol (onder) (PS: pyramidil concentratie in bovenste figuur is gedeeld door 10).

4 Discussie

Emissieloos telen vergeleken met gangbaar telen

De resultaten in deze teelt, maar ook die in de voorgaande korte komkommerteelt tonen aan dat emissieloos telen met behoud van productie en kwaliteit goed mogelijk is. In geen van beide teelten is productieverlies opgetreden, terwijl er in de emissieloze teelt niet geloosd is. In beide kassen is de teelt zodanig aangepast dat zoveel mogelijk een goede gewasstand en een productie kon worden behaald. Gedurende de teelt waren er af en toe kleine verschillen die vervolgens door kleine aanpassingen in klimaat of EC gelijk zijn getrokken. De BCO heeft door zijn 1-2 wekelijkse bezoeken en adviezen daar een grote bijdrage aan geleverd.

Emissieloos telen is hier aangetoond voor paprika op steenwol. De vraag dringt zich op of dit nu ook geldt voor andere gewassen en andere substraten. Paprika is niet moeilijker te telen dan andere gewassen. De opname van natrium is beperkt, maar door het natriumarme gietwater heeft er geen ophoping plaatsgevonden, dus dat was geen reden voor lozing. De introductieteelt met komkommer gaf ook al aan, ondanks de korte groeiduur, dat emissieloos telen mogelijk is. De conclusie lijkt gerechtvaardigd, ondanks beperkte ervaringen die zijn opgedaan, dat ook andere gewassen emissieloos geteeld kunnen worden. Het substraat kan hierop van invloed zijn. Steenwol is een inert substraat, dat relatief gemakkelijk te sturen is. Met kokos, sorptie van ionen (o.a. natrium) en GBM aan het substraat, is de verwachting dat het moeilijker is om emissieloos te telen. Dit substraat is daarom gekozen om in 2016 mee te experimenteren op het gebied van emissieloos telen.

De Product Water Use (liters per kg product) is bij emissieloos telen wat hoger (meer water nodig voor de productie van één kg versgewicht) dan bij gangbaar telen. Dit is veroorzaakt door een langer gewas in de emissieloze kas zonder veel extra productie. Een langer gewas met meer blad verdampt meer en heeft een hoger waterverbruik. In de berekeningen is geen rekening gehouden met condenswater dat voor ca. 70% kan worden teruggewonnen. In de emissieloze kas zal meer condenswater zijn gevormd waardoor de input van vers water beperkter wordt. Normaal bedraagt spui (zowel op basis van natrium, filterspoelwater als gewoonte) ca. 5-10 % van het waterverbruik; nu is 4% gerealiseerd en dit is al boven de norm. Deze hoeveelheid water, met meststoffen, is directe besparingswinst (ca. €1,- per m³ water en €0,5 per EC meststoffen). Als door deze teelt is aangetoond dat het risico voor de teler niet groter wordt, dan zijn op termijn besparingen te verwachten.

Technieken en strategieën

In deze teeltvergelijking is de natriumproblematiek van gietwater niet meegenomen. Er is van uitgegaan dat iedereen moet zorgen voor natriumarm of zelfs natriumvrij gietwater. Alleen dan is een emissieloze teelt mogelijk. Met een groot regenwaterbassin, omgekeerde osmose of natriumarm grondwater is dit goed mogelijk. Uit eerder onderzoek (Gebiedsgerichte aanpak, 2016, rapport in voorbereiding) bleek dat natrium niet meer de hoofdreden is om te lozen (wel in argumentatie, echter niet in de frequentie van overschrijdingen van de grenswaarde). Vaak bleken filterspoelwater en "gewoonte" de belangrijkste redenen. Andere belangrijke redenen zijn de lozing van de eerste drain uit de matten en lozing gedurende de eerste weken van de teelt. In de paprikateelt zijn beide waterstromen in de emissieloze kas gerecirculeerd, zonder dat dit zichtbaar was in de groei van de planten.

De ringleiding voor druppelbevloeiing en de dunnere strangen (16 mm) geven meer mogelijkheden om sneller van samenstelling van de voedingsoplossing te wisselen. EC verlagen/verhogen of gewasbeschermingsmiddelen doseren kunnen in één gietbeurt bij alle planten gerealiseerd worden.

Om het recirculatiewater te ontsmetten is hier gekozen voor ozon. Deze methode werkte goed en niet alleen konden pathogenen worden verwijderd, ook GBM konden worden afgebroken. Het spuiwater in de gangbare teelt werd hiervoor apart behandeld met een hogere dosis ozon. Emissieloos telen kan echter ook met de gebruikelijke ontsmettingstechnieken zoals verhitten en UV. Voor het zuiveren van spuiwater moet additionele apparatuur worden geplaatst, of als de ontsmettingstechniek in staat is om GBM af te breken een dubbele functie krijgen in het teeltsysteem. Met ozon kan die dubbelfunctie worden gerealiseerd, met UV-H₂O₂ is dit al moeilijker omdat de behandeltijd bij afbraak GBM erg lang is, met verhitting is het niet mogelijk (geen afbraak GBM). Aan het einde van de teelt moeten de matten zo droog mogelijk zijn en de vuilwatertank en de schoonwatertank nagenoeg leeg zijn om spui te minimaliseren. Er mag echter op het einde van het seizoen niet ingeboet worden op de kwaliteit van de vruchten. Dit was reden om een eerste strategie uit te zetten om de watergift en drain te beperken en de samenstelling van de voedingsoplossing aan te passen (minder NO₃ en meer Cl).

Door het warme weer in het tweede deel van oktober was dit nog niet geheel succesvol, de mat was te snel leeggetrokken, wat weer invloed had op het gewas en vruchtstevigheid. Er zitten echter wel perspectieven die in 2016 wederom getoetst zullen worden, tevens zal dan een betere fine-tuning op de samenstelling van de oplossing moeten plaatsvinden.

In de gangbare teelt staan nog veel zandfilters die moeten worden gespoeld. Dit kan met drainwater of met bassinwater gebeuren en het spoelwater kan worden geloosd of worden hergebruikt. In de emissieloze kas is gekozen voor een geheel ander filter, een vlakbedfilter waarbij geen spoelwater meer nodig is en het afgevangen vuil tezamen met het filterdoek kan worden gecomposteerd. Het filter werkte naar tevredenheid, hoewel enkele technische aanpassingen nog wel gewenst zijn. Belangrijkste nadelen zijn de extra pomp in vergelijking met het zandfilter en algengroei door de open bovenkant van de opvangbak. Belangrijkste voordeel is de nullozing van filterspoelwater dat op veel bedrijven een groot deel van het te lozen water vertegenwoordigt.

Opnameanalyse

De samenstelling van het druppelwater was bij de start van de teelt gebaseerd op het standaard voedingsadvies voor paprika. OpnameAnalyse is toegepast om de voedingsopname inzichtelijk te maken. In de eerste maanden is de OpnameAnalyse niet gebruikt om te sturen, vanaf april is OpnameAnalyse gebruikt om de voedingsoplossing aan te passen.

Voor alle elementen geldt dat de opname wordt beïnvloed door de concentratie in de gift. De opname van een element neemt toe als de concentratie in de gift toeneemt. Omdat de concentratie in de gift van veel elementen behoorlijk varieerde, zie je dat ook terug in de opname die behoorlijk varieerde van week tot week.

De voedingsopname zal minder variëren als de concentratie in het druppelwater gelijkmatiger verandert. Omdat het druppelwater wordt beïnvloed door de samenstelling van het drainwater en de verse voeding die wordt toegevoegd, is het moeilijk om de concentratie in het druppelwater heel nauwkeurig te sturen. Door rekening te houden met de samenstelling van het drainwater en het druppelwater wekelijks, in kleine stapjes, aan te passen zal het aanbod van voedingselementen gelijkmatiger veranderen.

De opnameverhouding van kationen en anionen gaf een veel stabiel beeld (bijlage 6 t/m 9). Hierin is goed te zien dat vroeg in de teelt veel calcium werd opgenomen en dat vanaf week 15 steeds meer kalium werd opgenomen.

Vanaf begin april is de samenstelling van het druppelwater aangepast om de voedingsopname en daarmee de groei van het gewas te beïnvloeden. Dit is mede ingegeven doordat het gewas misvormde blaadjes had (boriumgebrek) en de resultaten van de gewasanalyses die ter controle zijn uitgevoerd.

De concentraties van de afzonderlijke spoorelementen in de gift zijn verhoogd totdat de opname zich rond de maximum gewenste opname bevond.

De samenstelling van de hoofdelementen is vanaf begin april aangepast om de vegetatieve groei van het gewas te stimuleren. Daarbij is de opname van kalium gestimuleerd door meer kalium aan te bieden in het druppelwater. Vooral in de eerste maanden is er relatief meer calcium en magnesium opgenomen dan kalium. Later is er meer kalium opgenomen, maar was de opname van calcium en magnesium nog prima.

Bij de anionen was goed te zien dat tussen week 15 en week 21 meer nitraat werd opgenomen. Hier is bewust op gestuurd om meer groei te realiseren. Om dit te kunnen realiseren was het nodig om tijdelijk geen sulfaat toe te voegen. De concentratie sulfaat in het drainwater was genoeg om de concentratie in de gift en de sulfaatopname voldoende te houden. Als er wel sulfaat aan de verse voeding toegevoegd zou zijn, zou dit naar verwachting ten koste gegaan zijn van de nitraatopname en de vegetatieve ontwikkeling van het gewas. In dat geval zou in een praktijksituatie vaak gekozen worden om drainwater (met een hoge concentratie sulfaat) te spuien om de groei te bevorderen. Bewust omgaan met sulfaatdosering zal bijdragen om het spuien van drainwater te verminderen. Een hoge concentratie sulfaat in de mat belemmerde vooral de nitraatopname terwijl de sulfaatopname vrijwel niet werd beïnvloed. Dit is een belangrijke constatering. Door de sulfaatconcentratie in de mat te sturen kan de nitraatopname worden beïnvloed. Naarmate er meer nitraat opgenomen wordt zal de vegetatieve groei gestimuleerd worden. Bij afname van de nitraatopname zal het gewas generatiever groeien en hoogstwaarschijnlijk weerbaarder zijn tegen ziekten en plagen.

Kosten emissieloos telen

Bij de emissieloze teelt is uitgegaan van bestaande technieken en strategieën. Speciale investeringen in nieuwe apparatuur zijn nauwelijks noodzakelijk. Een overzicht:

- Natriumarm gietwater: veel telers hebben dit al, degenen die het niet hebben kunnen nu nog goed overweg met 0,3 – 0,7 mmol/l natrium in het gietwater. In de emissieloze teelt zal dit type water moeten worden ontzout en is omgekeerde osmose voorlopig de aangewezen weg.
- Filters: met het huidige zandfilter kan ook emissieloos worden geteeld door bassinwater te gaan gebruiken als spoelwater en spoelwater niet te lozen maar naar de vuilwatertank te leiden. Dit is PVC aansluitwerk. Een vlakbedfilter kopen is een goed alternatief, maar moet gezien worden als een mogelijkheid op het moment dat verbouw of nieuwbouw aan de orde is, of de filters aan vervanging toe zijn.
- Ringleiding voor druppelbevloeiing: met een ringleiding is een snellere aanpassing van de samenstelling mogelijk en zeker bij EC verlagen of GBM doseren een goede optie. Echter, zonder ringleiding is ook goed emissieloos te telen.
- Bemesting: de opnameanalyse vereist iets meer inzet van eigen tijd en een frequentere bemonstering van eens per week i.p.v. eenmaal per 14 dagen of drie weken. Analysekosten zullen daarom hoger worden. Aan de andere kant zijn er met een uitgebalanceerde voedingsoplossing teeltvoordelen te behalen en hoeft er niet te worden geloosd.
- Einde teelt aanpassingen: deze strategie vraagt geen investeringen maar meer een bewustzijn om op tijd (4-6 weken voor het einde van de teelt) te beginnen met aanpassingen in watergift en nutriëntensamenstelling.
- Lozing: elke m³ lozing zal gezuiverd moeten worden en hiervoor is redelijk dure apparatuur nodig. In feite komt de teler voor de vraag te staan of hij investeert in zuiveringsapparatuur (individueel, collectief of zuiveren via een loonwerker) of dat hij een aantal kleine maatregelen treft om (nagenoeg) emissieloos te gaan telen, waarbij niet alleen naar GBM (2018) moet worden gekeken, maar ook naar de nagenoeg nul-emissie (2027) voor stikstof.

Nieuwe knelpunten bij emissieloos telen?

Een reden om deze teelt te starten was om te ontdekken of er misschien nieuwe knelpunten op gaan treden als er emissieloos wordt geteeld. In zowel de paprikateelt als de komkommerteelt zijn geen nieuwe verschijnselen opgetreden die emissieloos onmogelijk maken. Wel is naar voren gekomen dat fine-tuning van bepaalde strategieën nodig is:

- De toegestane hoeveelheid te lozen stikstof is uitgedrukt in kg/ha/jaar. Het volume dat geloosd mag worden is hiervan een afgeleide. Duidelijk werd in dit onderzoek dat de omrekening van kg N naar m³ voedingsoplossing sterk afhankelijk is van de concentratie stikstof en dat deze wat hoger of lager kan zijn. 22 mmol/l NO₃, zoals begroot, of 26 mmol/l zoals gerealiseerd geeft bijna 10% verschil in toegestaan volume. Daarnaast moet berekend worden wat er is geloosd bij het draineren van de matten, de eerste weken van de teelt en het filterspoelwater.
- Door OpnameAnalyse zijn de verhoudingen tussen de elementen onderling beter te monitoren en daardoor te sturen, wekelijkse drainwateranalyse is dan wel noodzakelijk.
- Aanpassingen aan het einde van de teelt bleken niet zo gemakkelijk in te voeren, er moest meer op het momentane weer worden gelet dan verwacht. Hiervoor zouden de Grosenssensoren een prominentere rol kunnen gaan krijgen. Daarom zal dit in 2016 wederom punt van onderzoek zijn, om de strategie robuuster te maken.

5 Conclusie

In het project 'Watefficiënte Emissieloze Kas' is een vergelijking gemaakt voor de teelt van paprika tussen een gangbare teelt waarin geloosd wordt volgens de emissienormen voor stikstof (133 kg/ha/jr voor 2015) en een emissieloze teelt. Hiervoor is een jaarrond paprikateelt op steenwol uitgevoerd in twee kascompartimenten van 120 m² teeltoppervlak met een gescheiden watersysteem en ontsmetten via ozon. Komkommer is onderzocht in de herfst van 2014 en van december 2014 t/m begin november 2015 is paprika geteeld.

Belangrijkste verschillen tussen emissieloos en gangbaar (referentie) teeltsysteem:

- Regenwater ontsmet in emissieloze kas (weinig effect van gezien).
- Ringleiding voor snelle wisseling in samenstelling voedingsoplossing (vooral van belang bij doseren GBM).
- Wekelijkse analyse i.p.v. tweewekelijks en advies via Opname Analyse (lijkt zeer nuttig).
- Vlakbedfilter om minder filterspoelwater te krijgen (zeer effectief).
- Hergebruik eerste drain bij doorsteken steenwolmatten (geen nadelig effect van gezien).
- Hergebruik drainwater in eerste weken teelt (geen nadelig effect van gezien).

BCO heeft gezorgd voor een goede begeleiding van de teelt en bijsturing waar nodig om beide kassen vergelijkbaar te houden (klimaat, watergift, EC, pH).

Productie en kwaliteit waren vergelijkbaar (emissieloos 27,4 kg/m², referentieteelt 26,3 kg/m²). Plantbelasting en kopdikte waren ook vergelijkbaar. Plantlengte was in de emissieloze kas groter, waarschijnlijk veroorzaakt door een defect in watergeven in de gangbare teelt in januari. Hierdoor was het waterverbruik in de emissieloze kas hoger (897 t.o.v. 796 l/m²). In de referentiekas is 4% van het water geloosd, resulterend in een stikstoflozing van 152 kg/ha. Dit is veroorzaakt door een hogere NO₃ concentratie in de voedingsoplossing (26 mmol/l t.o.v. geplande 22 mmol/l) en te frequent lozen uit gewoonte. Het natriumniveau in het water liep geleidelijk op naar ca. 5 mmol/l in augustus/september, lozen was geen noodzaak terwijl in de referentieteelt de waarde meestal iets lager was (ca. 0,5 mmol/l). Drainpercentage lag in de emissieloze kas op 28% gemiddeld en in de referentiekas op 31%.

Grosens sensoren zijn in alle groeistadia nuttig gebleken om te zien wat er rond de wortels gebeurde, zowel wat betreft watergehalte als EC en in mindere mate temperatuur. EC wijkt soms af van de laboratoriumanalyses. Tevens zijn 3 sensoren wel verplicht voor een goede betrouwbaarheid.

Met OpnameAnalyse kon de opname van individuele elementen gestuurd worden door de samenstelling van het druppelwater aan te passen. Daarbij kan de juiste verhouding tussen de belangrijkste voedingselementen worden nagestreefd en de stand van het gewas worden beïnvloed. Met grotere aanpassingen in de voedingsoplossing dan voorgeschreven in de bemestingsadviesbasis, bleef het gewas in deze teelt goed groeien en was het niet nodig om drainwater te lozen.

Aan het einde van de teelt (laatste 5 weken) kon de concentratie nitraat en fosfaat in de gegeven voedingsoplossing zonder bezwaar omlaag gebracht worden zodat de voorraden in de mat opgebruikt werden. Daarbij werd een deel van de nitraat vervangen door chloor. Zo is het mogelijk om de uitstoot van nitraat en fosfaat te verminderen. Bij verminderen van de watergift en het drainpercentage moet wel de stralingssom mee worden genomen om verlies aan kwaliteit van de vruchten te voorkomen.

Bijlage 1 Verslag inregelteelt komkommer 2014

Waterefficiënte Emissieloze Kas: Emissieloos telen voor herfstteelt komkommer is mogelijk

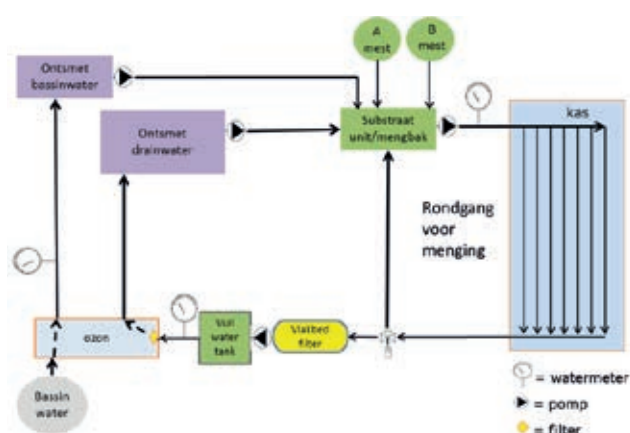
Resultaten komkommer; juli-oktober 2014

Introductie

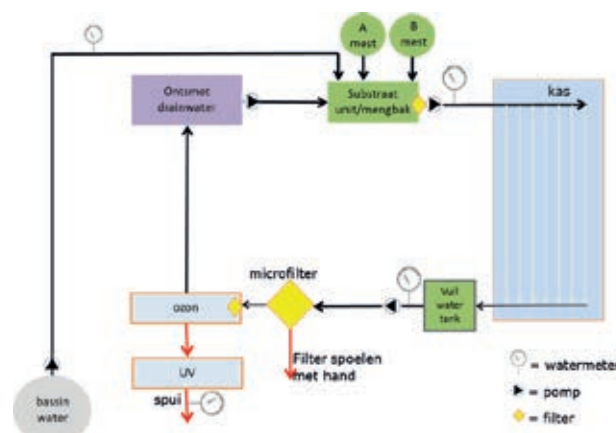
Regelgeving rond het terugdringen van de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen dwingen de sector om op een andere manier met het water op het bedrijf om te gaan. Naast de aankomende verplichting tot het toepassen van zuiveringstechnieken voor afbraak gewasbeschermingsmiddelen, zijn er ook mogelijkheden om de hoeveelheid lozingswater op het bedrijf terug te brengen. Samen met een consortium van toeleverende bedrijven voert Wageningen UR Glastuinbouw een project uit waarin de waterkringloop op bedrijfsniveau volledig gesloten wordt. In de proefkassen in Bleiswijk is een proef opgezet om aan te tonen dat jaarrond emissieloos telen mogelijk is met toepassing van gangbare technieken of om eventueel aanwezige onbekende knelpunten voor recirculeren vast te stellen.

Opzet

Er worden twee kasafdelingen met elkaar vergeleken: een kas waarbij geloosd wordt volgens de praktijk, rekening houdend met de emissienormen stikstof voor 2015; en een kas waarbij volledig gesloten geteeld wordt. De Figuren 1a en 1b geven een overzicht van de toegepaste technieken. Zoals te zien in de Figuren 1a en 1b worden voor een groot deel dezelfde technieken gebruikt. Het gaat er daarbij om hoe de technieken worden ingezet en welke teeltstrategie wordt gevolgd.



Figuur 1a Overzicht van de waterstromen en toegepaste technieken in de referentieteelt.



Figuur 1b Overzicht van de waterstromen en toegepaste technieken in de emissieloze teelt.

Op de volgende punten zijn er verschillen:

In de emissieloze kas wordt een **vlakbedfilter** gebruikt als voorfiltratie voor de ontsmettingsinstallatie. Dit filter heeft als voordeel dat geen spoelwater nodig is: er blijft alleen steekvast afval over. Het filterdoek kan iedere gewenste fijnheid hebben. De werking en bruikbaarheid van dit apparaat wordt gedurende 2015 in de vervolproef nader onderzocht. Fiber Filtration is de leverancier van het filter.

Na de voorfiltratie wordt het water in beide kassen ontsmet door een **batchgewijze ozonbehandeling** (Agrozone). Het water wordt daarna weer hergebruikt als voedingswater in de kas. Een oriënterende proef naar de ontsmettende werking van de ozonapparatuur heeft een goede werking aangetoond (zie Tabel 1).

Tabel 1

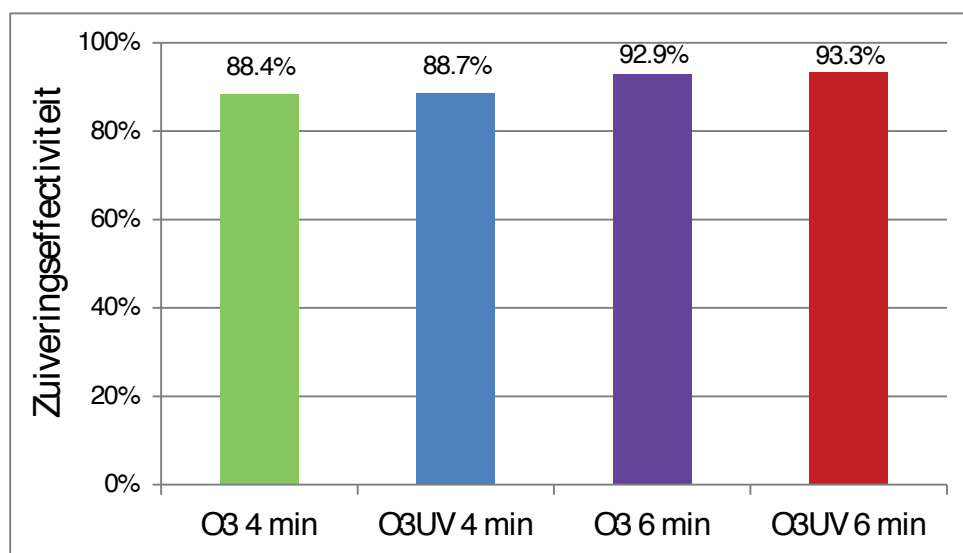
Aantal resterende kolonievormende eenheden (KVE) na variatie in behandelduur door de ozonapparatuur.

Behandeling	behandeltijd	Resultaat (KVE)
Standaard Water		0
Standaard Water met virus		402
	30 seconden	356
	60 seconden	18
	90 seconden	0
	135 seconden	0

Een ander verschil zit in het **irrigatiesysteem**. In de emissieloze kas is een systeem aangelegd waarin eerst de voedingsoplossing in het hele leidingsysteem de goede samenstelling heeft (rondpompen bij lage druk over de mengbak van de substraatunit), waarna de druk verhoogd wordt en de druppelaars open gaan (Infa Techniek en Revaho). Op deze manier kunnen druppelmiddelen bijvoorbeeld door de hele kas tegelijkertijd worden toegediend, en komen wisselingen in de voedingsoplossing snel in de hele kas tegelijkertijd bij het gewas.

Door middel van **opname-analyse** (Groen Agro Control) wordt de samenstelling van de voedingsoplossing vastgesteld. De analyse van het voedingswater gebeurt in de emissieloze kas wekelijks, waardoor er snel kan worden bijgestuurd bij afwijkingen. De EC, temperatuur en het watergehalte in de mat worden gemonitord door **Grosens sensoren** (Grodan).

Bij een beslissing om het drainwater van de referentieteeelt te lozen, worden de mogelijk aanwezige **gewasbeschermingsmiddelen uit het lozingswater van de referentieteeelt gezuiverd** door de ozondosering op te voeren en een nabehandeling met UV toe te passen. De resultaten van proeven naar de afbraak van de gewasbeschermingsmiddelen uit het lozingswater zijn weergegeven in Figuur 2. Inmiddels is een relatie gelegd tussen de redoxwaarde (vervuilingsgraad) van het water en de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen, waardoor de installatie nu bij wisselende organische belasting en concentraties middelen altijd een goed zuiveringsresultaat behaalt.

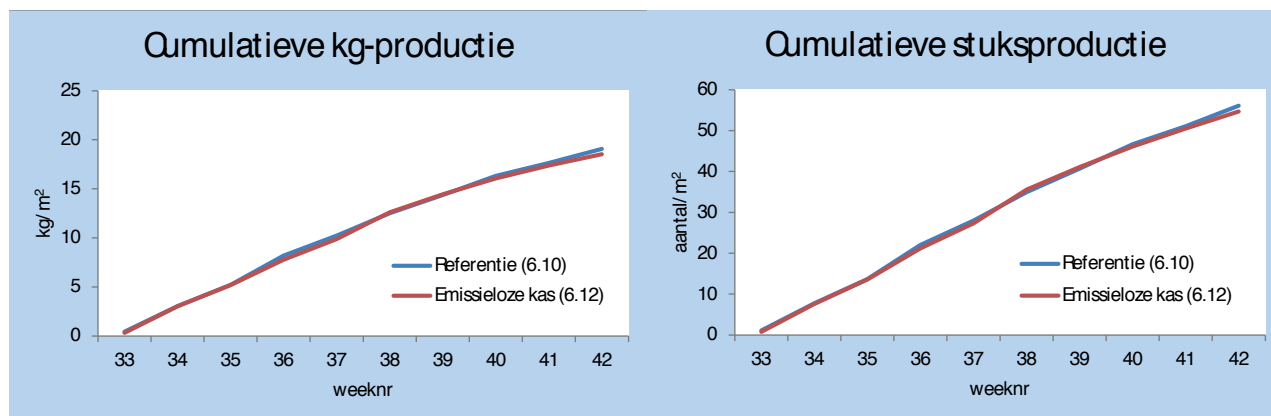


Figuur 2 Zuiveringseffectiviteit van verschillende instellingen van de ozon-installatie, waarbij gevarieerd is in behandelduur en toepassing van UV.

Resultaten komkommer

In juli 2014 is de proef gestart met een komkommerteelt van drie maanden om de technieken in te regelen. Deze proef heeft gelopen tot en met oktober 2014. In de referentieteelt is geloosd volgens de emissienormen voor stikstof die in 2015 gelden voor komkommer (100 kg N/ha/jaar). De productieresultaten zijn weergegeven in Figuur 3.

Uit de figuren blijkt dat in deze kortdurende proef met komkommer geen verschillen ontstaan zijn in productie (kg en stuks) tussen beide teeltstrategieën. Tabel 1 geeft de lozingen weer in de referentieteelt. Deze lozingen hebben niet geleid tot een productieverschil tussen beide kasafdelingen.



Figuur 3 Vergelijking in productie van referentiekas en emissieloze kas voor een komkommerteelt van 3 maanden.

Tabel 2

Lozingen van water en stikstof in de referentiekas.

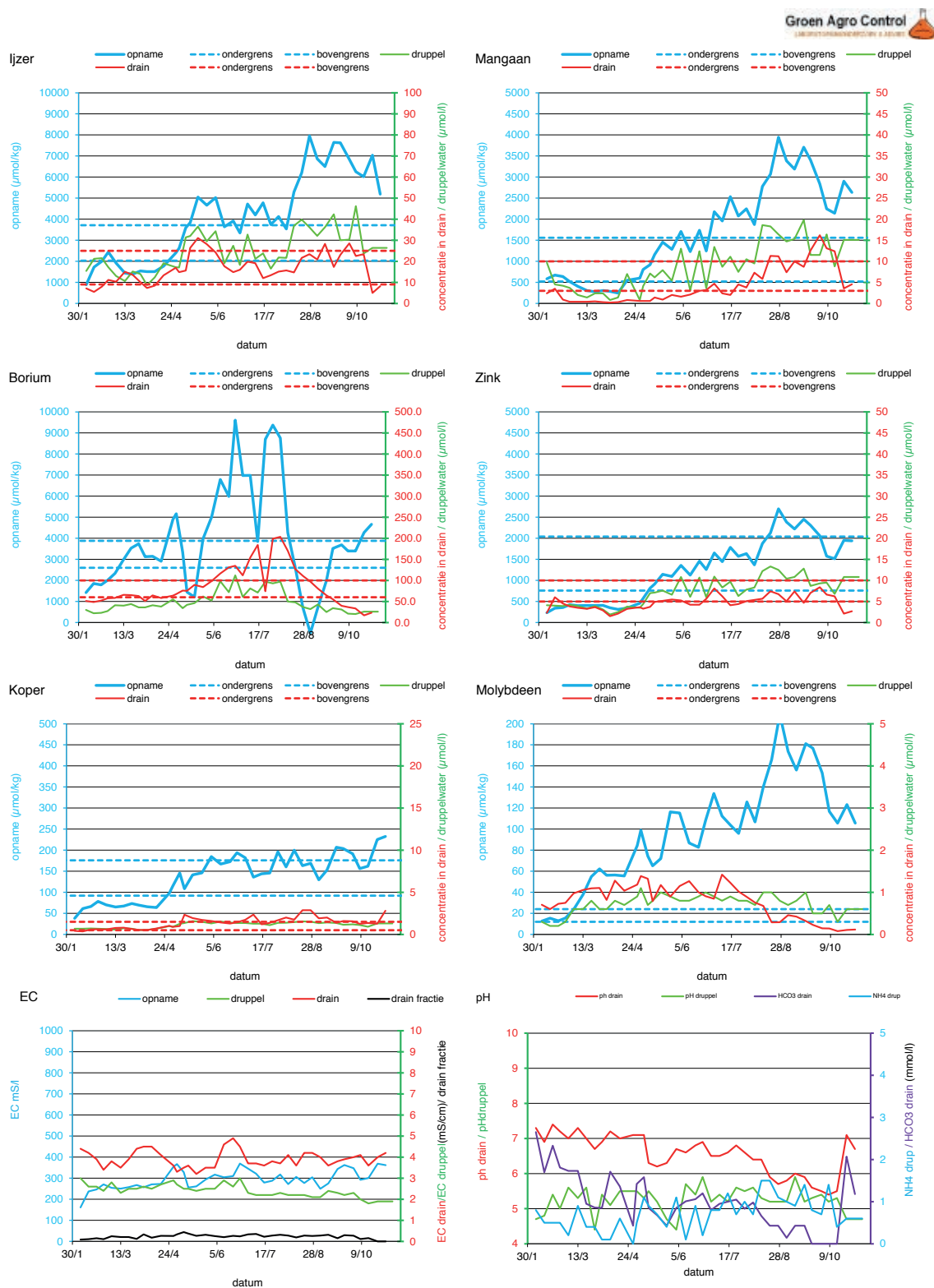
Maand	Lozing omgerekend naar m ³ /ha; kg N/ha	Reden lozing
Augustus	50; 12.5	Doorsteken matten, filterspoelwater en incidentele lozing
September	25; 6.3	Filterspoelwater, incidentele lozing
Oktober	25; 6.3	Filterspoelwater, incidentele lozing, restwater matten

Het is mogelijk om in een herfstteelt komkommer emissieloos te telen. De uitdaging voor komkommer is om dit ook door het hele jaar heen met twee of drie teelten voor elkaar te krijgen. Door het consortium is er echter voor gekozen om in december 2014 te starten met een jaarrond paprikateelt.

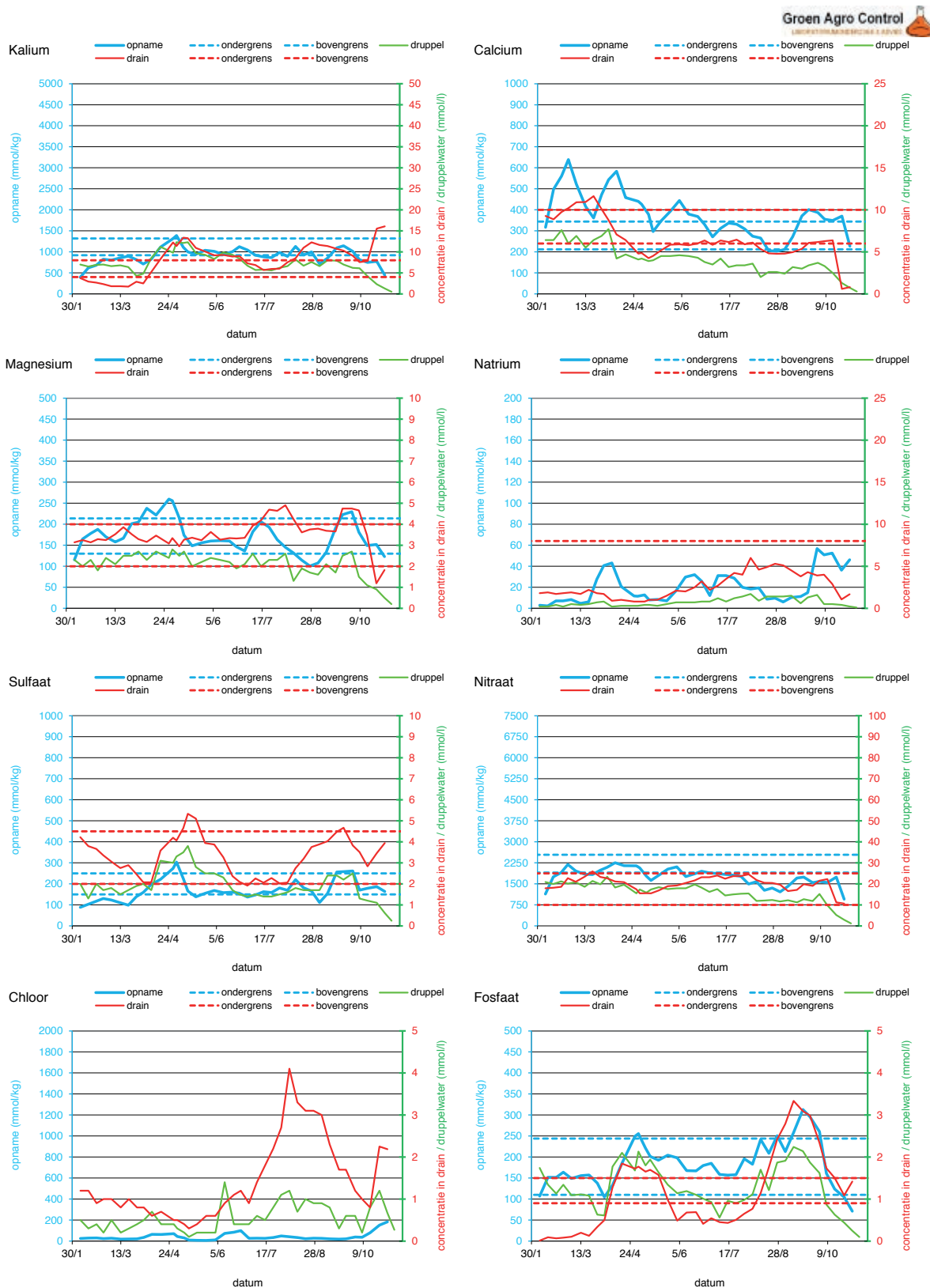
Bijlage 2 Verloop van de opname van hoofdelementen in de referentie afdeling



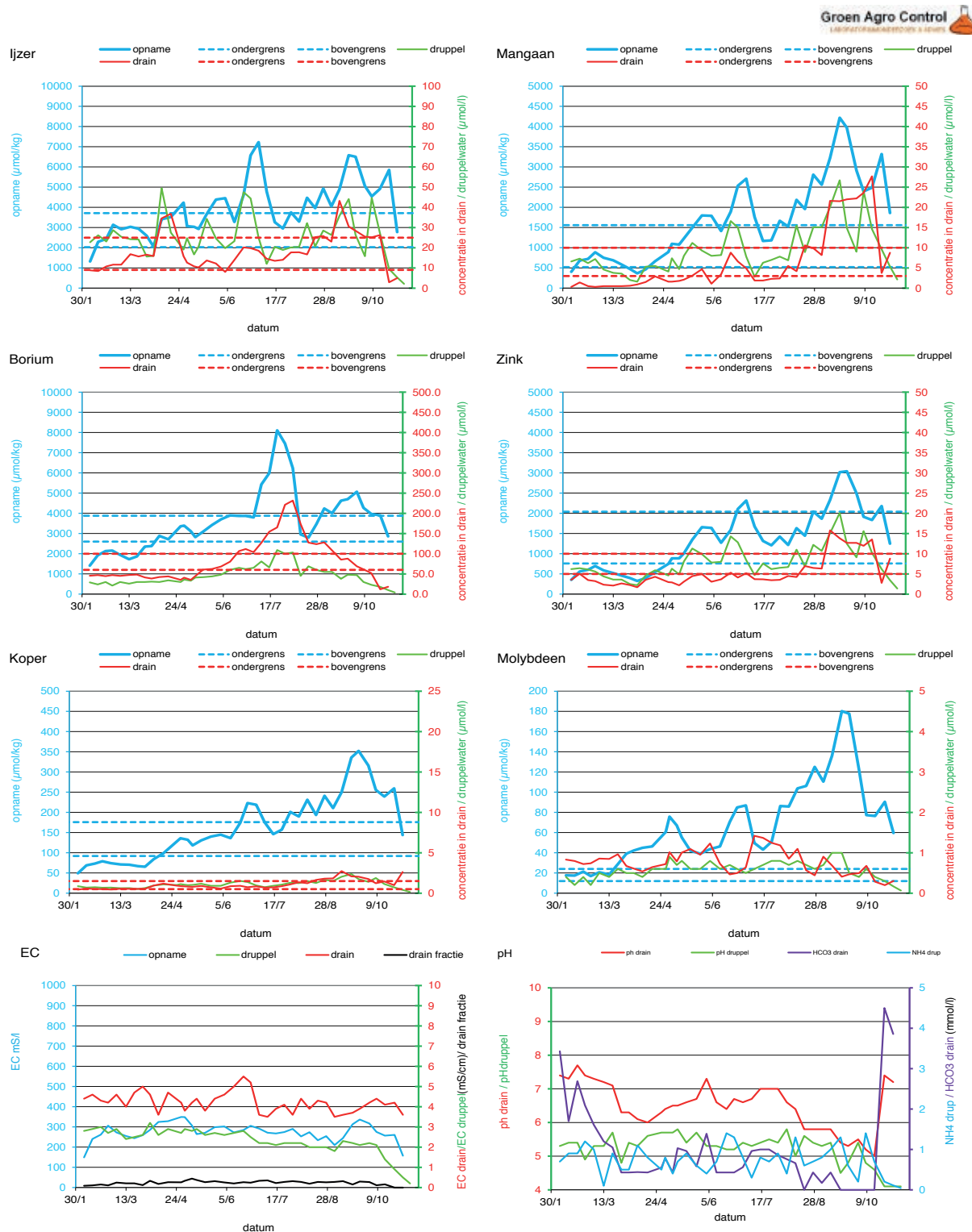
Bijlage 3 Verloop van de opname van spoorelementen in de referentieafdeling



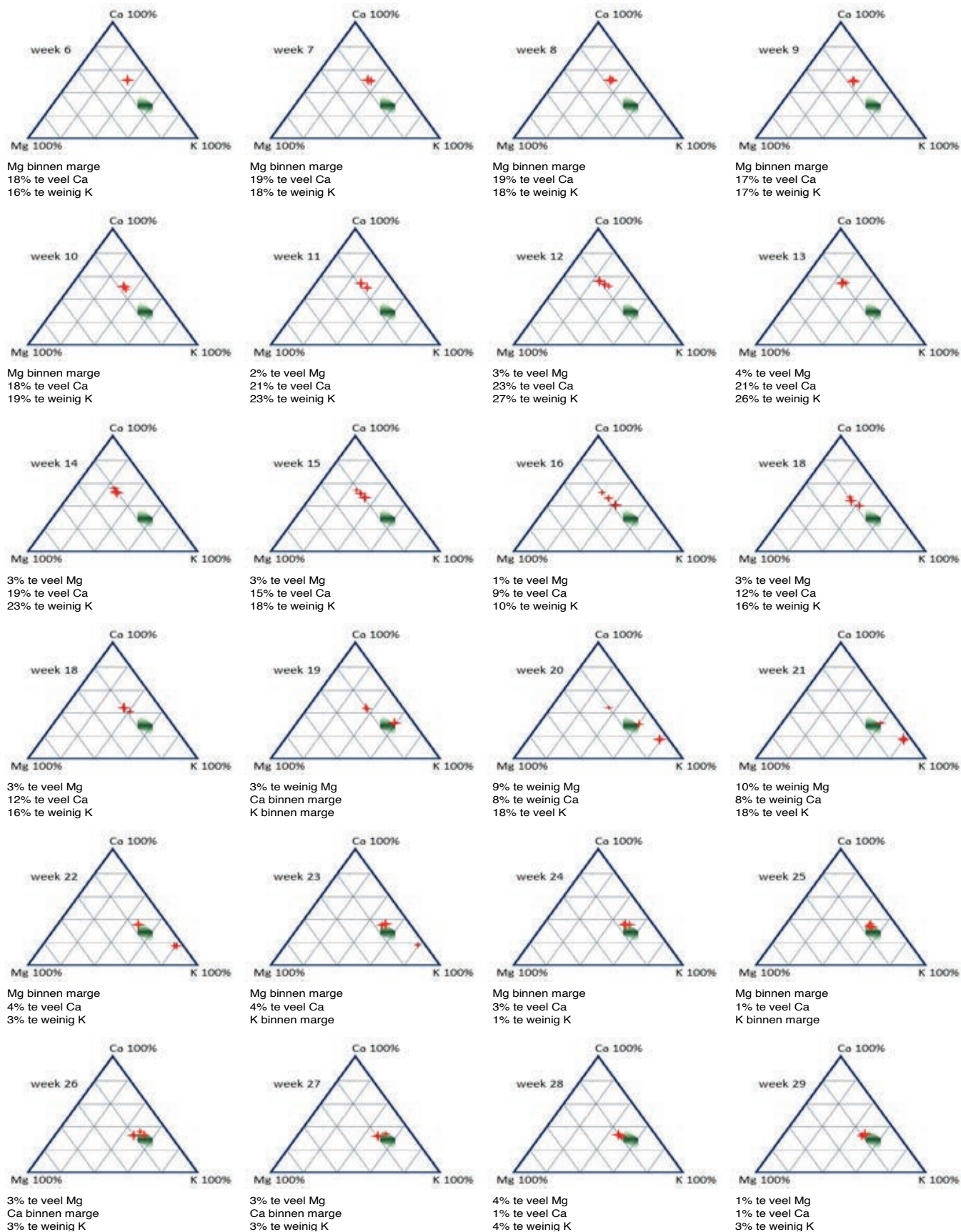
Bijlage 4 Verloop van de opname van hoofdelementen in de emissieloze kas

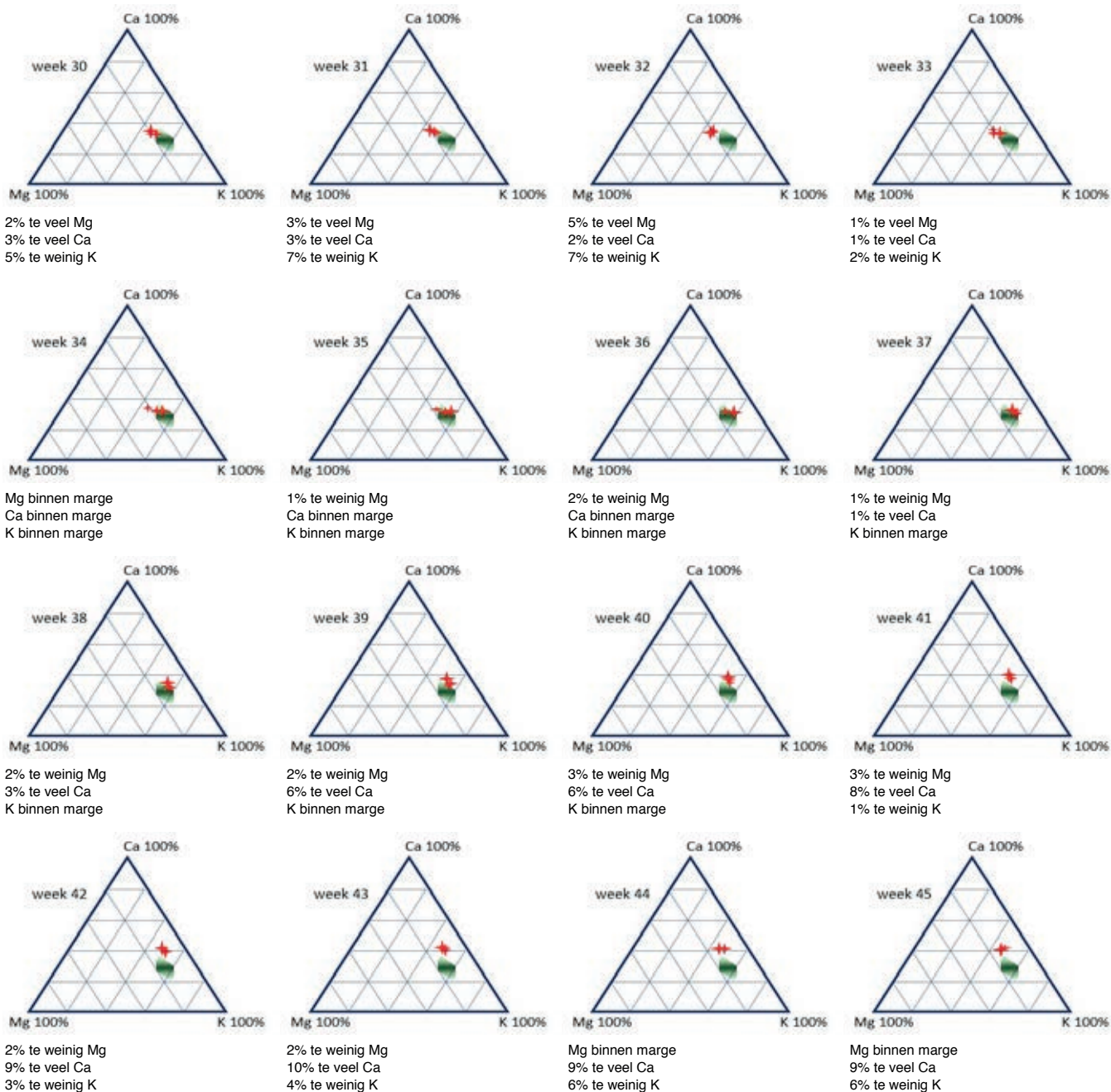


Bijlage 5 Verloop van de opname van spoorelementen in de emissieloze kas

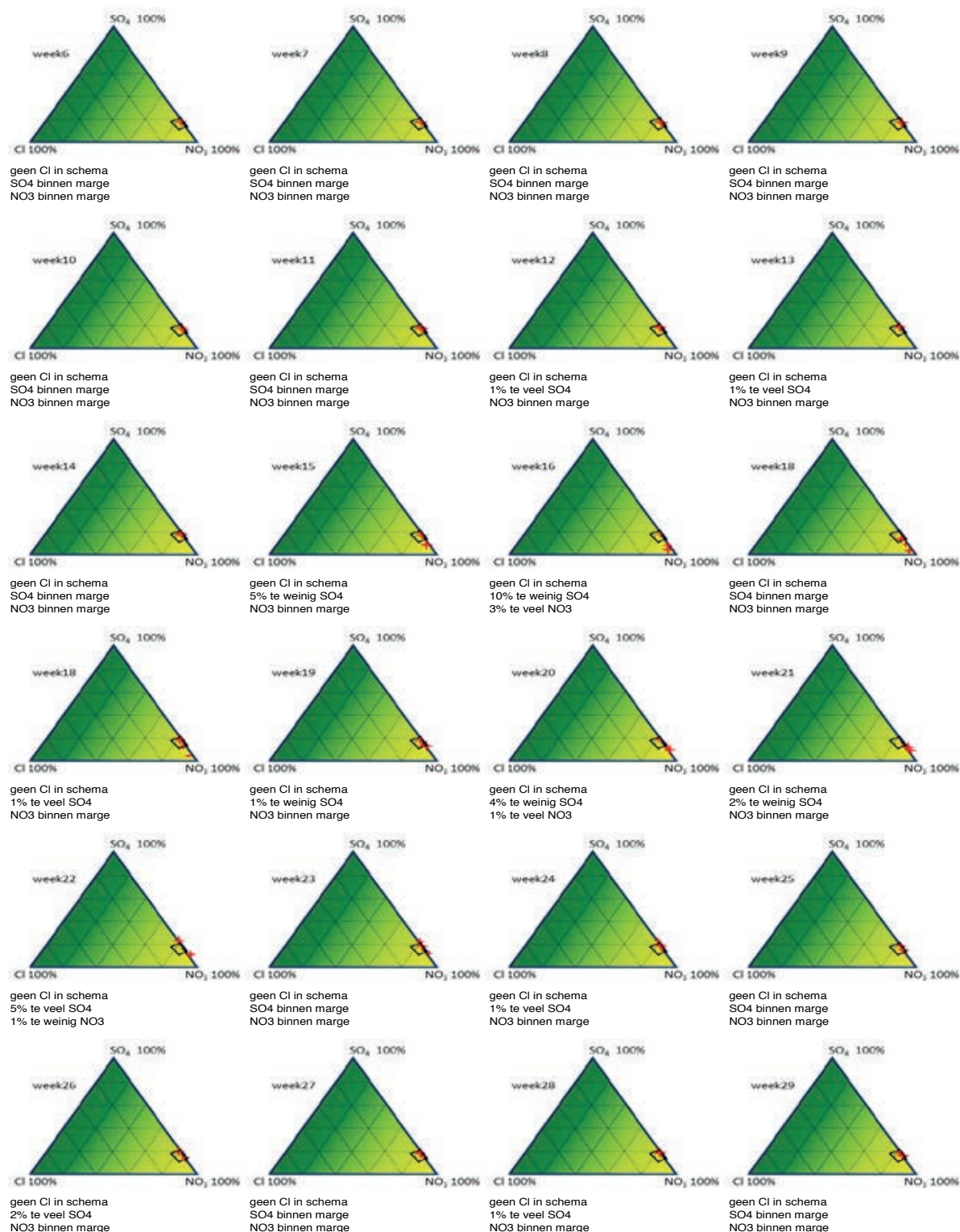


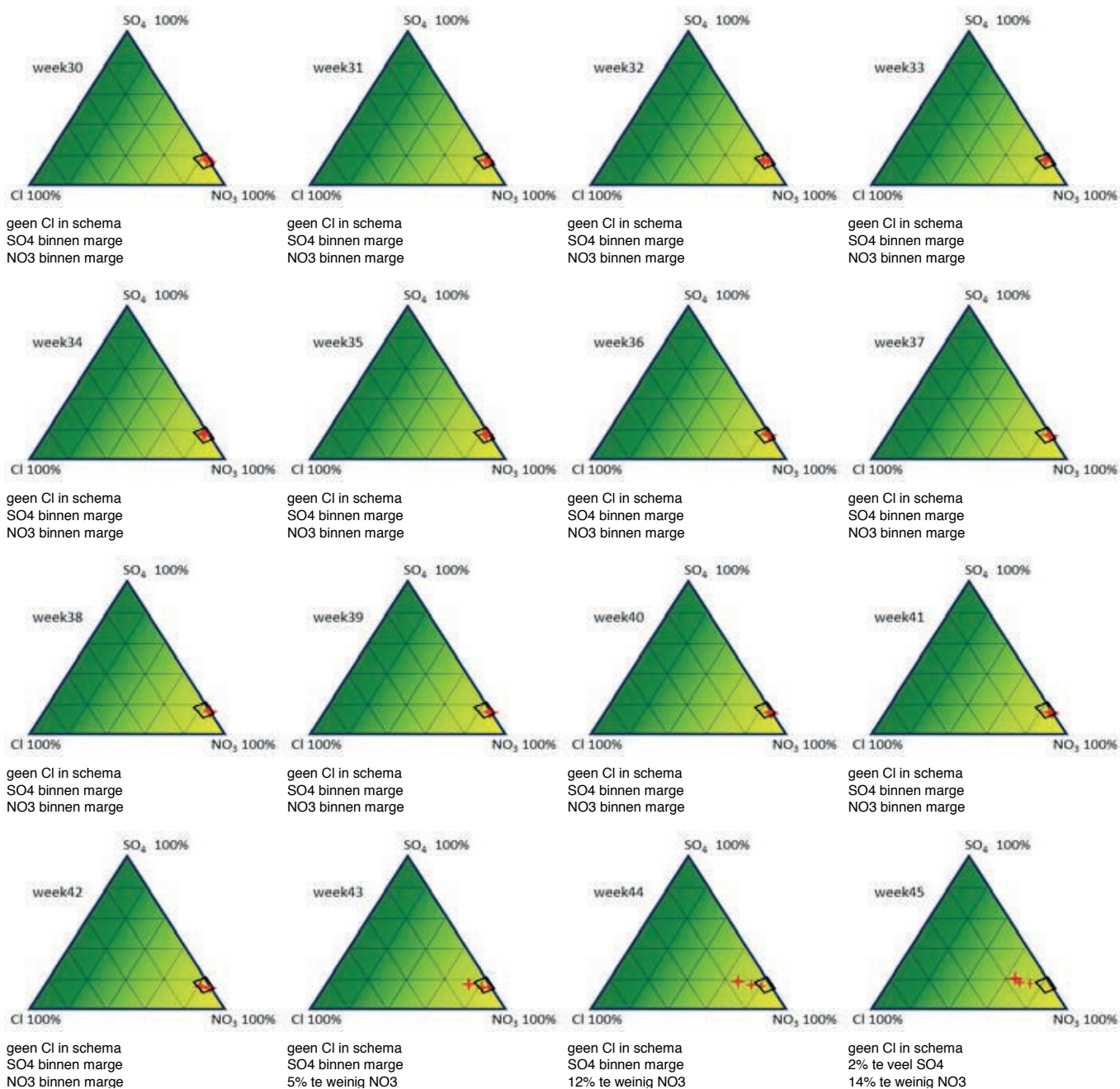
Bijlage 6 Opnameverhouding kationen in de referentiekas



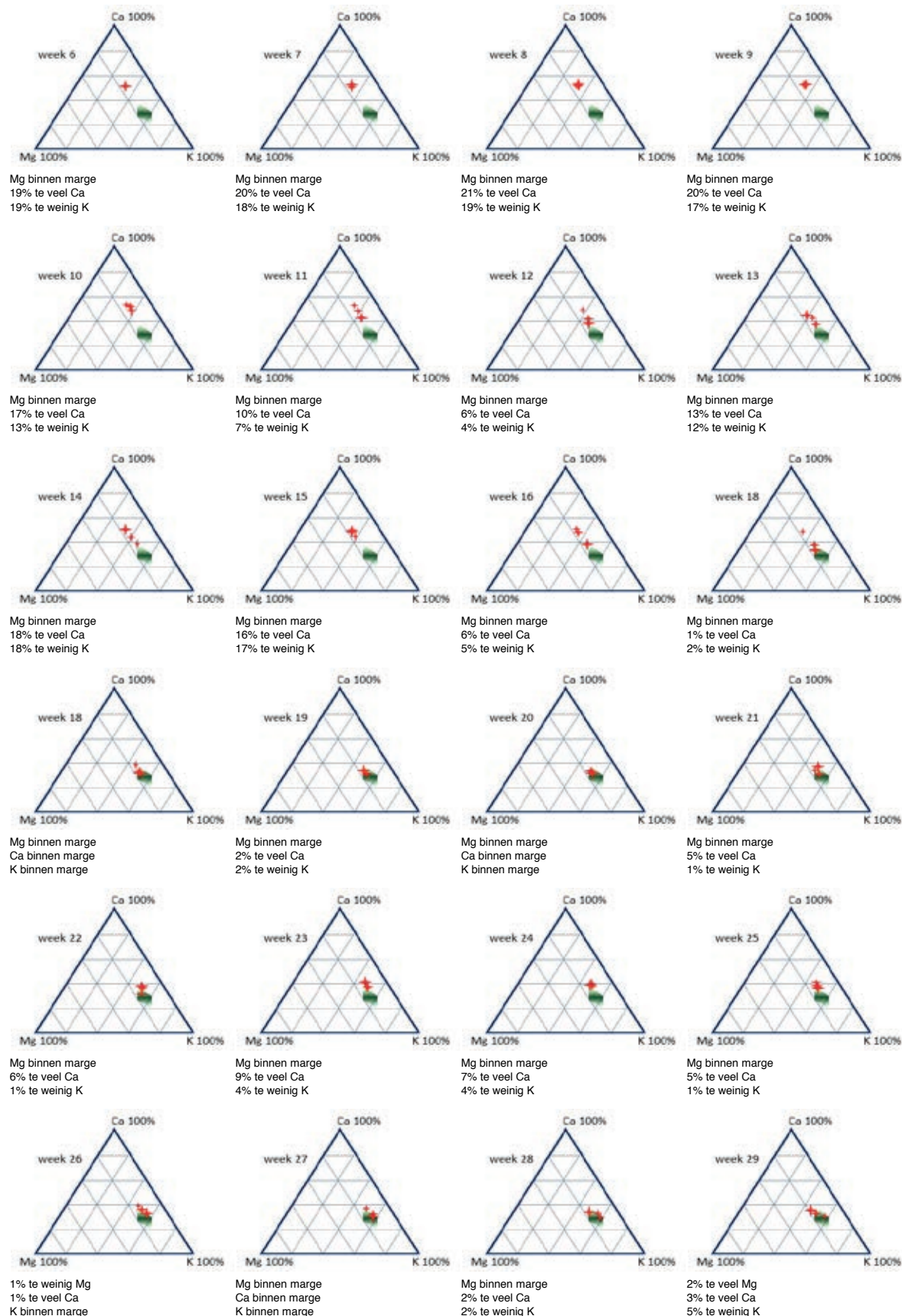


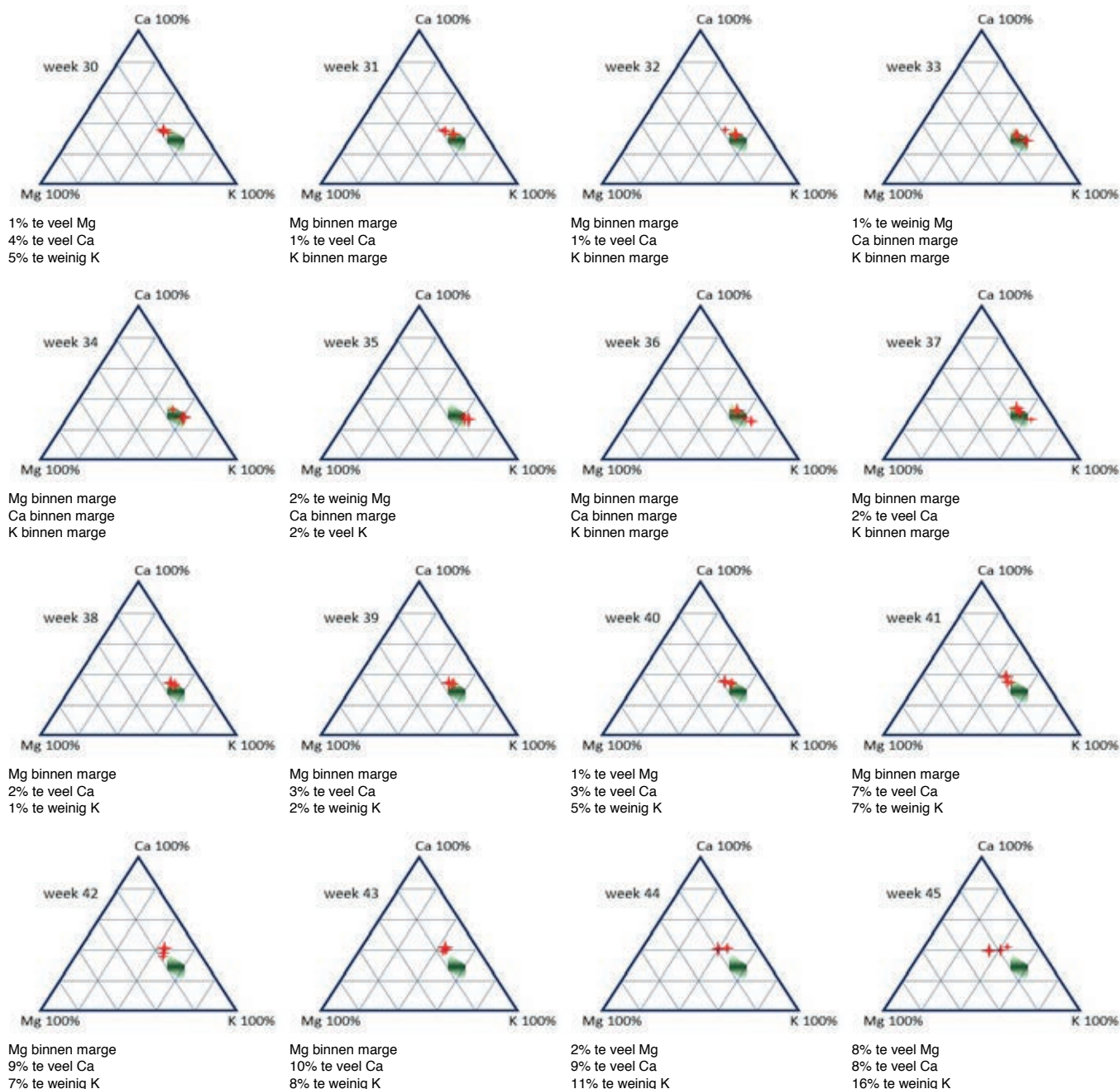
Bijlage 7 Opnameverhouding anionen in de referentiekas



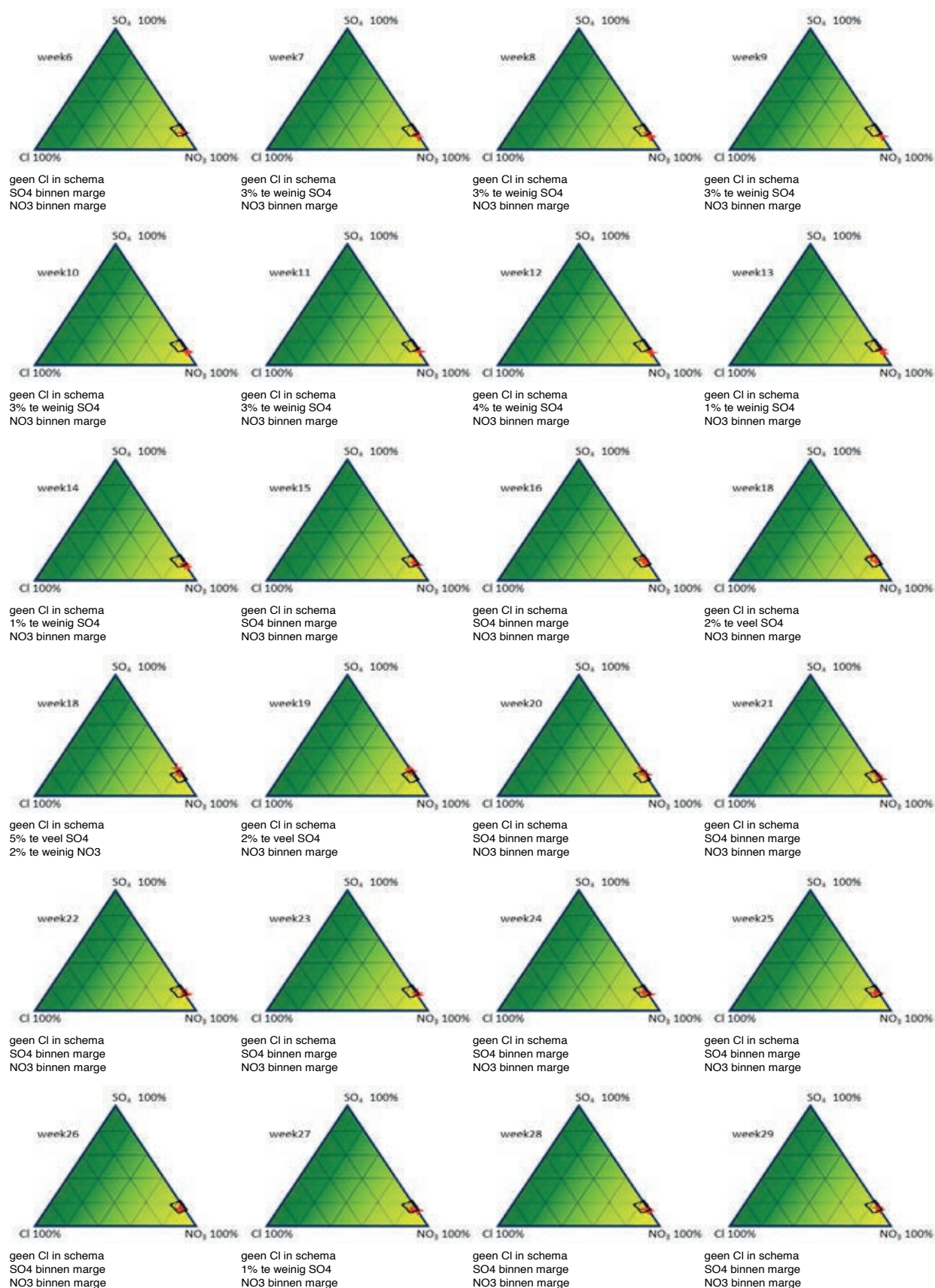


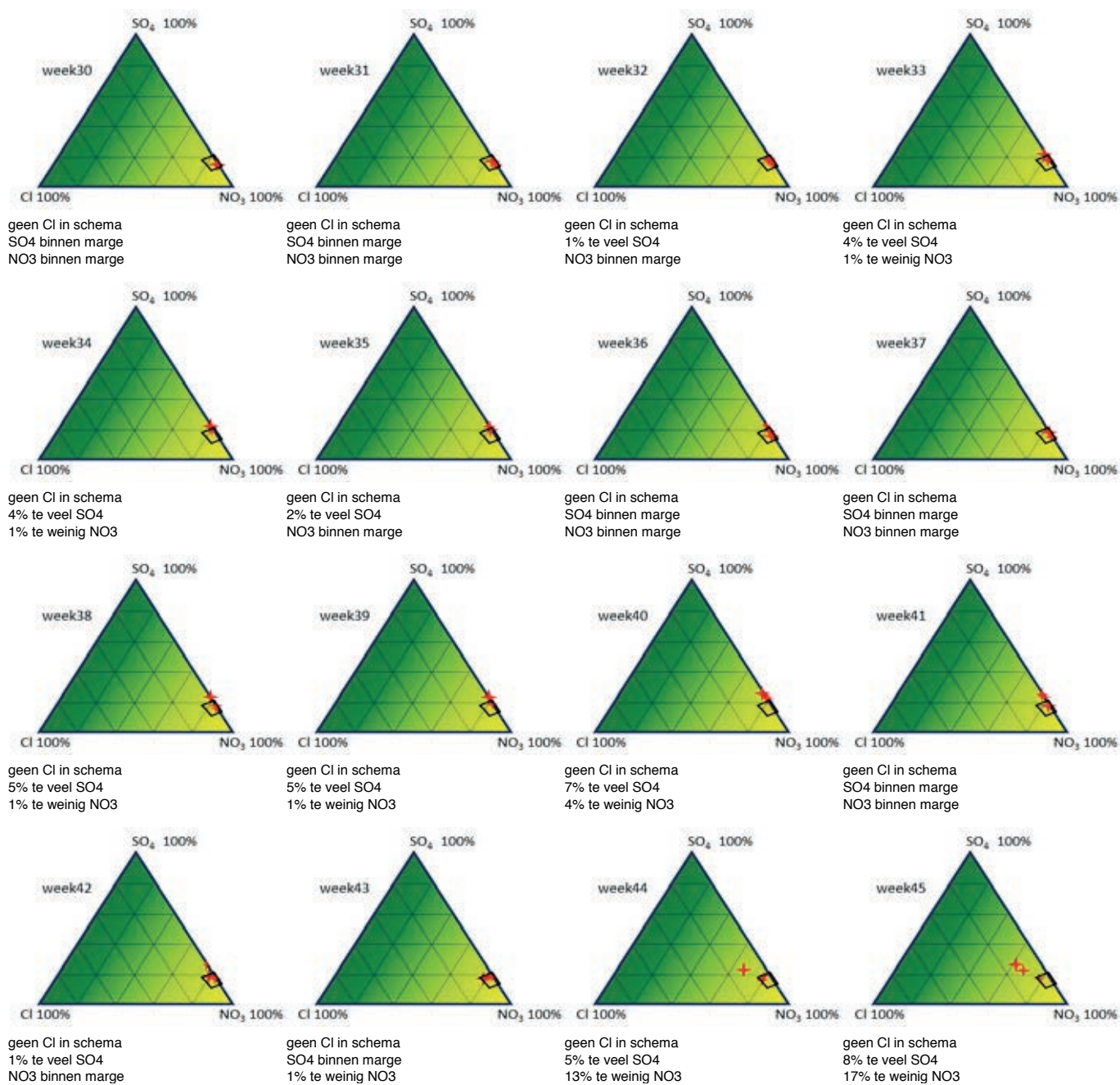
Bijlage 8 Opnameverhouding kationen in de emissieloze kas





Bijlage 9 Opnameverhouding anionen in de emissieloze kas





Bijlage 10 Teeltwisselprotocol

Doel:

Einde teelt bereiken met minimaal nitraat en fosfaat en weinig water.

Om het uitgebreid beschreven doel in Hoofdstuk 3.4 te bereiken is onderstaand schema van bemonstering gehanteerd.

Lozing van water gebruikt voor schoonmaken bij de teeltwisseling (zuur en oxidatoren).

Dit valt buiten deze actie maar opgemerkt is dat de gebruikte middelen zich lenen voor afvangen op basis van een meting. Zuur kan met base worden geneutraliseerd tot water en zout. Oxidator kan met natrium thiosulfaat geneutraliseerd worden tot water en zout. Het is mogelijk door meten vooraf de dosis te bepalen zodat precies neutraliteit wordt bereikt. Door de keuze van de middelen kan het restzout zo milieu vriendelijk als mogelijk worden gekozen (keukenzout).

Om dit te volgen vanaf week -5 en snel bij te sturen na meting wordt een meetprotocol gevolgd:

Meting	Dag1	Dag2	Aantal herh		verwerken	Actie	Wie	Wat
L aanvoer	Ma	Do	1	Aat	Ruud	Di, Vr	Aat	Nutrienten-samenstelling aanvoer
L afvoer	Ma	Do	1	Aat	Ruud	Di, Vr	Aat	
L aanvul	Ma	Do	1	Aat	Ruud	Di, Vr	Aat	
EC aanvoer	Ma	Do	1	Aat	Ruud	Di, Vr	Aat	
EC afvoer	Ma	Do	1	Aat	Ruud	Di, Vr	Aat	
EC aanvul	Ma	Do	1	Aat	Ruud	Di, Vr	Aat	
pH aanvoer	Ma	Do	1	Aat	Aat	Di, Vr	Aat	
pH afvoer	Ma	Do	1	Aat	Aat	Di, Vr	Aat	
PH aanvul	Ma	Do	1	Aat	Aat	Di, Vr	Aat	
Mat WG	Ma	Do	5*	Aat	Ruud en Erik	Di, Vr	Aat	Nutrienten-samenstelling aanvoer en L aanvoer
Mat EC	Ma	Do	5*	Aat	Ruud en Erik	Di, Vr	Aat	
Mat pH	Ma	Do	5*	Aat	Ruud en Erik	Di, Vr	Aat	

*) Op basis van handmetingen met WG/EC meter gekozen matten met hele range hoge en lage waarden.

*) Als de matten te droog zijn voor een gewone meting wordt een blokje uitgesneden voor uitwassen met alcohol. Hiervoor moet een minimaal volume worden gegeven.

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



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

Glastuinbouw Rapport GTB-1406

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

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