

**PROJECTVERSLAG**

**Bepaling van zuurstof profielen ten behoeve  
van fytomonitoring**

**IN OPDRACHT VAN PRODUCTSCHAP TUINBOUW**

**(PROJECT 11.653)**

**PROJECTVERSLAG**

Uitgevoerd door:

TNO Toegepaste Plantwetenschappen

Gefinancierd door:



**Productschap Tuinbouw**

Postbus 280  
2700 AG Zoetermeer

**© TNO Toegepaste Plantwetenschappen.**

*Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO Toegepaste Plantwetenschappen.*

*TNO Toegepaste Plantwetenschappen is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave, tenzij er sprake is van opzet of grove schuld van de zijde van TNO Toegepaste Plantwetenschappen.*

## **Inhoudsopgave**

1. Samenvatting	3
2. Inleiding	4
3. Werkwijze	5
4. Resultaten	6
5. Conclusies en discussie	12

## **1 Samenvatting**

In het hier beschreven project zijn tijdens de teelt van roos de zuurstofniveaus in het wortelmilieu gevolgd. Hierbij is gebruik gemaakt van de mogelijkheid om deze metingen uit te voeren binnen het PT project “Uitbreiding en verdieping mogelijkheden, kansen en beperkingen van fytomonitoring” (fase 2, projectnummer 11.412).

De doelstellingen van het project waren tweeledig. Enerzijds werd beoogd om relaties tussen zuurstofgehalten in het wortelmilieu en overige kasparameters te bepalen. Anderzijds werd getracht om door een principale componenten analyse, meer inzicht te verkrijgen in hoeverre zuurstof een rol kan spelen in een te ontwikkelen “early warning system” voor de glastuinbouw. Met zo’n waarnemingssysteem zouden op basis van afwijkingen in de relaties tussen een groot aantal kasparameters, calamiteiten in de kas kunnen worden vastgesteld.

De metingen in dit project en de daarop volgende data analyse gaven aan dat gedurende de dag zuurstofgehalten in het wortelmilieu van roos aanzienlijke schommelingen vertonen. De hoogste zuurstofwaarden werden rond middernacht gemeten en de laagste aan het begin van de middag. De principale componenten analyse gaf aan dat zuurstof vooral gecorreleerd is aan parameters die te maken hebben met licht, temperatuur en vocht. Daarbij blijkt zuurstof omgekeerd evenredig gecorreleerd te zijn aan licht en temperatuur en recht evenredig aan tensio (watergehalte). De principale componenten analyse gaf verder aan dat zuurstof een belangrijke kasparameter is en zwaar meetelt aan de zwaarst wegende principale componenten. Zuurstof draagt in belangrijke mate bij aan de beschrijving van de variantie van kasparameters en lijkt een belangrijke component om te worden opgenomen in een waarschuwingssysteem.

## **2 Inleiding**

Resultaten van reeds afgesloten onderzoek (PT project 10.907 “Zuurstofvoorziening substraten”) hebben uitgewezen dat zuurstofniveaus sterk afhangen van het watermanagement. Concentraties van zuurstof in het wortelmilieu zijn van groot belang voor de ontwikkeling van jonge planten (EET project KIEM 02002 “de Gasfactor in het teeltmanagement”, projectnummer KIEM 02002). Ofschoon het evident is dat tekorten aan zuurstof tot groeivermindering kunnen leiden, moet de relatie tussen zuurstofniveaus en opbrengst nog worden bepaald (PT Project 10.907 “Effect watermanagement en substraatkeuze op zuurstofniveaus in relatie tot opbrengst”). Daarnaast is de relatie van zuurstof in het wortelmilieu en andere teelt- en omgevingsparameters nog sterk onderbelicht.

In het hier beschreven project zijn tijdens de teelt van roos de zuurstof niveaus in het wortelmilieu gevolgd. Hierbij is gebruik gemaakt van de mogelijkheid om deze metingen uit te voeren binnen het PT project “Uitbreiding en verdieping mogelijkheden, kansen en beperkingen van fytomonitoring” (fase 2, projectnummer 11.412). In dat project, waarvan de data registraties zijn uitgevoerd in de tweede helft van 2003, werden meerdere parameters geregistreerd uit de directe plantomgeving, de klimaatcomputer, en andere parameters die gerelateerd zijn plantgroei. Een projectverslag van dat project is onlangs (februari 2005) afgerond. Aanvullende metingen binnen dat project op het gebied van zuurstofgehalten in substraten, boden de mogelijkheid om bij roos de relaties tussen zuurstofniveaus in het wortelmilieu en een groot aantal parameters vast te stellen.

Daarnaast gaf het hier beschreven project de mogelijkheid om in het project “Uitbreiding en verdieping mogelijkheden, kansen en beperkingen van fytomonitoring” een extra parameter op te nemen. Dat project heeft als doel het verzamelen van meetgegevens die moeten leiden tot meer kennis en begrip over de mogelijkheden tot aansturing van de teelt. Zuurstof is o.a. gecorreleerd aan watermanagement, en aan de ontwikkeling van jonge planten. In het “fytomonitoring” project was het registreren van de parameter zuurstof nog niet opgenomen. Dit aanpalende project voorziet daarom in de registratie van deze belangrijke gasfactor in het wortelmilieu.

### **3 Werkwijze**

Binnen het fyto-monitoring project zijn zuurstofprofielen geregistreerd bij een rozenteler in de periode september 2003-december 2003. Uit eerdere projecten (o.a. PT project 10.907 “Zuurstofvoorziening substraten”) was gebleken dat zuurstofgehaltenes onder andere afhankelijk zijn van de positie in de mat waar gemeten werd. Hoe lager in de mat, des te lager doorgaans de zuurstofgehaltenes. Onderin de mat werden de laagste zuurstofgehaltenes gemeten. De reden is dat zich onderin de mat de meeste plantenwortels bevinden, die het daar aanwezige zuurstof consumeren. Bovendien zijn de watergehaltenes onderin de mat het hoogst. En omdat de oplosbaarheid van zuurstof in water veel geringer is dan in lucht, zal de voorraad zuurstof onderin de mat lager zijn dan bovenin de mat. Om correlaties te leggen tussen zuurstofgehaltenes in het wortelmilieu en overige parameters die van belang zijn voor teeltsturing, werd daarom besloten ook nu weer onderin de steenwolmat, op 1 cm boven de bodem, te meten.

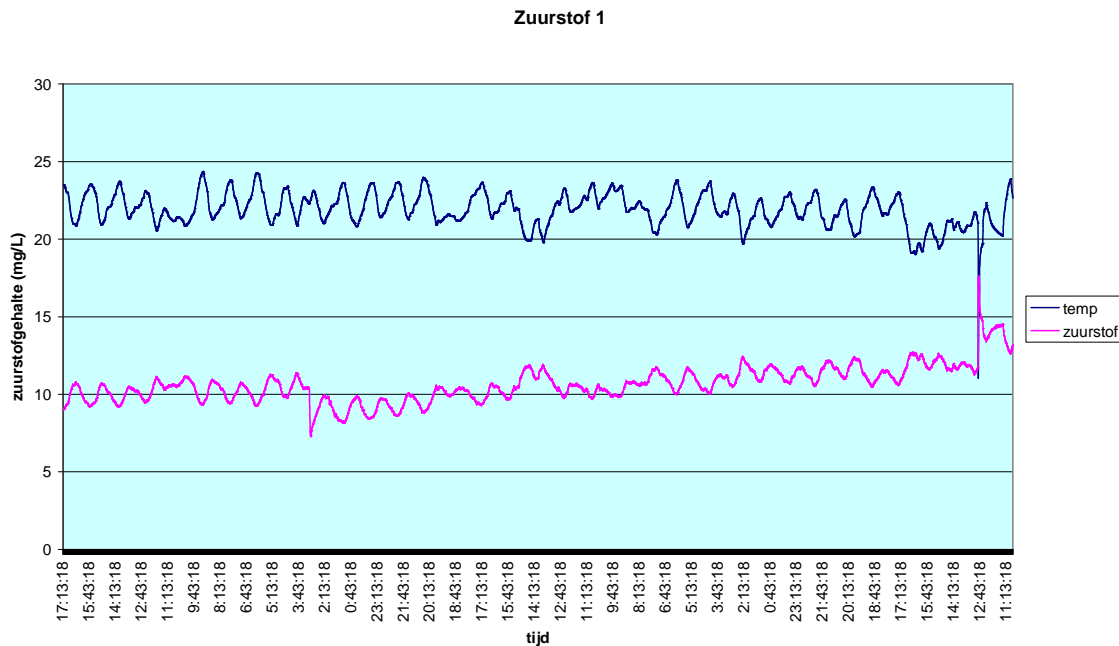
Voor de verwerking van data en publicatie van meetgegevens kan in grote lijnen worden verwezen naar het fyto-monitoring project. Voor de periode september – december 2003 zijn de zuurstofgegevens uitgewerkt en is de bijdrage van de parameter zuurstof in de Principale Component 1, 2, 3 en 4 berekend. Verder zijn de PC 1 en PC 2 tegen elkaar uitgezet, waarmee meer inzicht wordt verkregen aan welke andere teeltparameters zuurstof is gecorreleerd.

N.B. in eerste instantie was het ook de bedoeling om bovenstaande exercitie uit te voeren bij het gewas paprika. Daarvoor zijn wel zuurstofmetingen uitgevoerd, echter het bleek achteraf niet haalbaar om de zuurstof-data te correleren aan de overige gewasgegevens. De reden was dat er te vaak “gaten” in de datasets waren gevallen bij ofwel de zuurstofmetingen, ofwel de overige gewasparameters, waardoor het modelleren van data en het bepalen van correlaties niet haalbaar bleek.

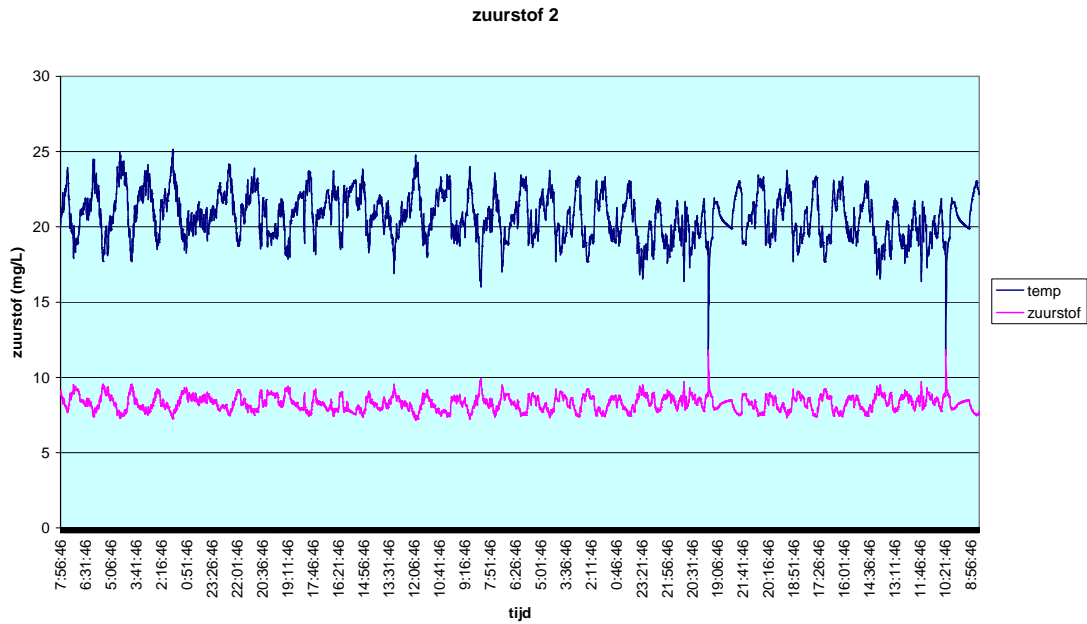
## 4 Resultaten

### 4.1 Zuurstofprofielen

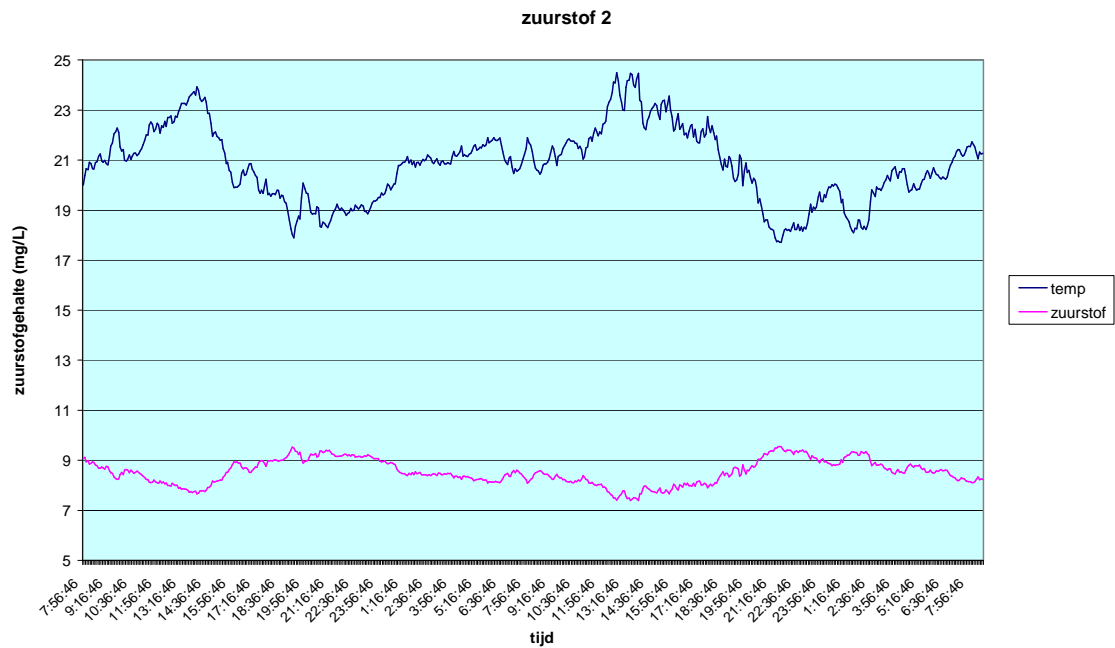
Figuur 1 en 2 tonen de zuurstofgehalten in steenwolmatten, op 1 cm boven de bodem gedurende de meetperiode. Zuurstof 1 (Figuur 1) en zuurstof 2 (Figuur 2) vertegenwoordigen 2 verschillende posities; beide op 1 cm boven de bodem, juist tussen 2 planten, maar wel in verschillende matten. Er is te zien dat de profielen een golvend patroon vertonen. Indien nader wordt ingezoomd op de profielen, gedurende een etmaal, dan blijkt dat doorgaans de hoogste waarden werden geregistreerd rond middernacht en de laagste waarden overdag, in het begin van de middag (Figuur 3). Ofschoon het opvalt dat bij positie 1 hogere waarden werden gemeten dan op posities 2, werden op beide posities geen extreem lage waarden gemeten. Daardoor is het effect van de druppelbeurten (die zuurstofrijk water aanvoeren), ook niet goed zichtbaar in de zuurstofprofielen. Dat was nog wel het geval bij een eerdere door het PT gefinancierd project (PT project 10.907 “Zuurstofvoorziening substraten” en publicatie in Vakblad voor de Bloemisterij 2003, nr. 46). Bij een andere rozenteler werden daar af en toe lage zuurstofwaarden gemeten, waarna door een druppelbeurt het zuurstofgehalte dan tijdelijk verhoogt.



Figuur 1: zuurstofgehalten en substraattemperatuur in steenwol matten, op 1 cm vanaf de bodem, bij rozenteelt.



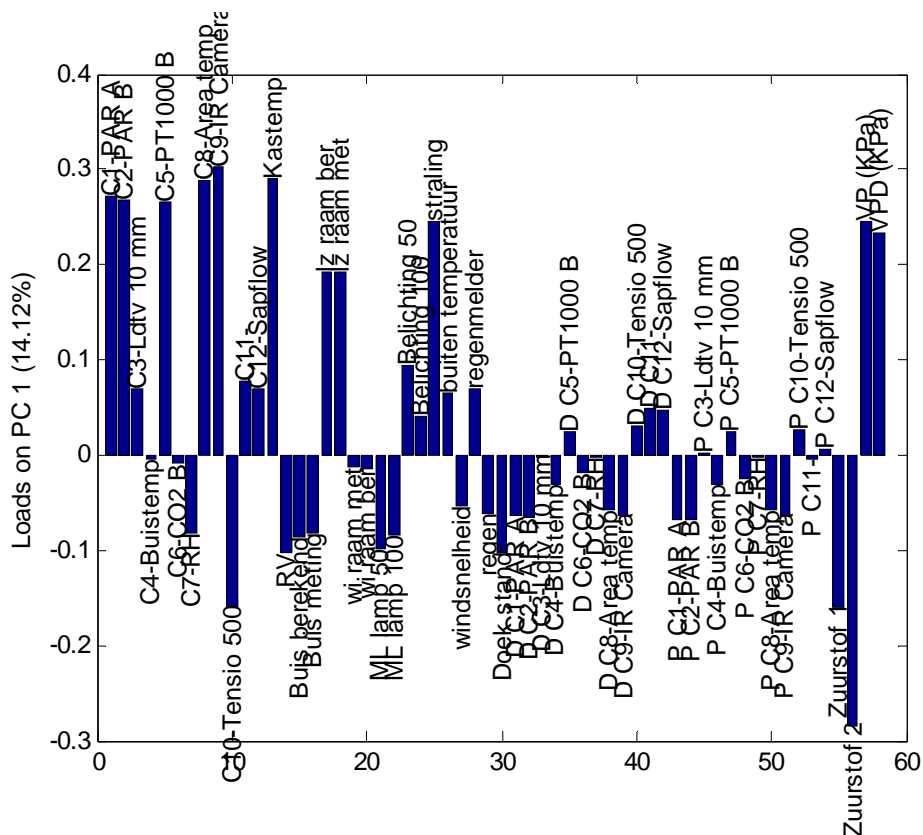
*Figuur 2: zuurstofgehalte en substraattemperatuur in steenwol matten op 1 cm vanaf de bodem, bij rozenteelt.*



*Figuur 3: zuurstofgehalten bij roos, in steenwol matten, op 1 cm vanaf de bodem bij rozenteelt. Van figuur 2 is een kleine tijdsspanne nader belicht.*

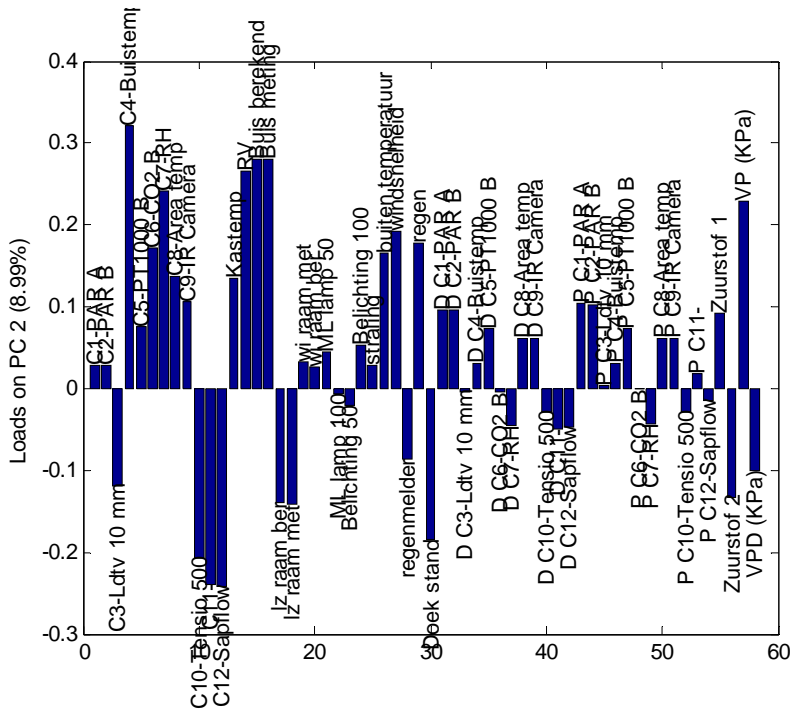
## 4.2 Principale Componenten Analyse

In figuur 4-7 zijn de principale componenten 1-4 (PC1, PC2, PC3 en PC4) weergegeven. Elke PC component (PC1, PC2 etc.) is opgebouwd uit een bepaalde teeltparameter, met zijn wegingsfactor. Hoe groter de wegingsfactor, des te zwaarder telt die parameter mee aan die PC component. Bij deze totale dataset van meetgegevens kan als (arbitraire) grens worden gesteld dat parameters met een wegingsfactor van groter dan 0.15 (of lager dan -0.15) de hoogste bijdrage leveren aan die PC component. In dit verslag zijn alleen PC1, PC2, PC3 en PC 4 beschreven. In totaal zijn tientallen PC componenten nodig om de totale dataset te beschrijven, echter in dit verslag zijn alleen de 4 “zwaarst wegende” PC’s beschreven, die tezamen 36 % van de variantie in de dataset beschrijven. De overige PC’s staan vermeld in het projectverslag “Uitbreiding en verdieping mogelijkheden, kansen en beperkingen van fytonitoring” ( maart 2005). De belangrijkste parameters die bijdragen aan PC1 zijn parameters die te maken hebben met licht, temperatuur en vocht. Ook zuurstof is een belangrijke parameter. Het valt daarbij op dat de parameter **zuurstof** zwaar meetelt in PC 1, en in veel mindere mate in PC 2. Ook valt op dat binnen PC1 de zuurstofmetingen op posities 2 (zuurstof 2) circa 2 maal zo zwaar meetellen dan de zuurstofmetingen op positie 1 (zuurstof 1). Zuurstof 1 telt juist zwaar mee in PC4

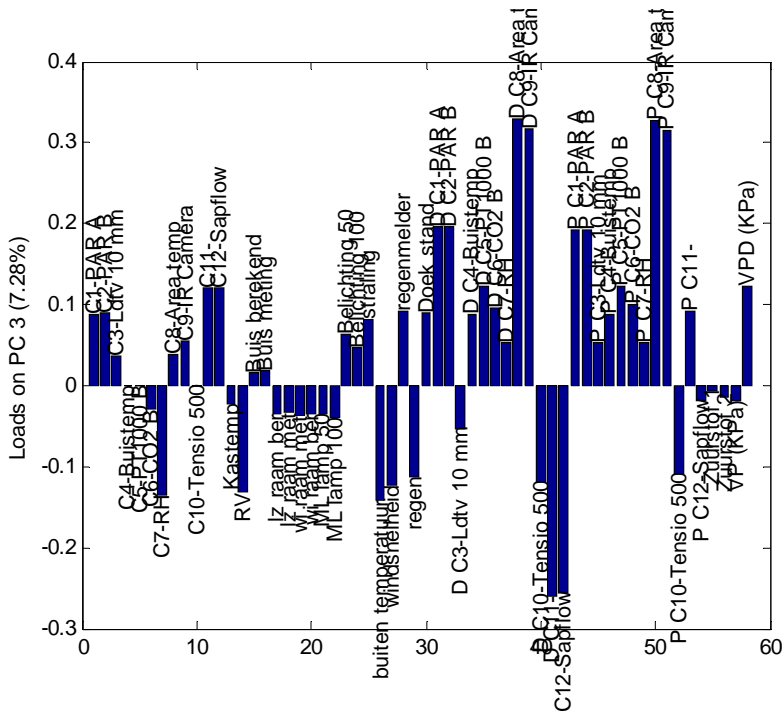


Figuur 4: Relatieve bijdrage van de verschillende parameters in PC1

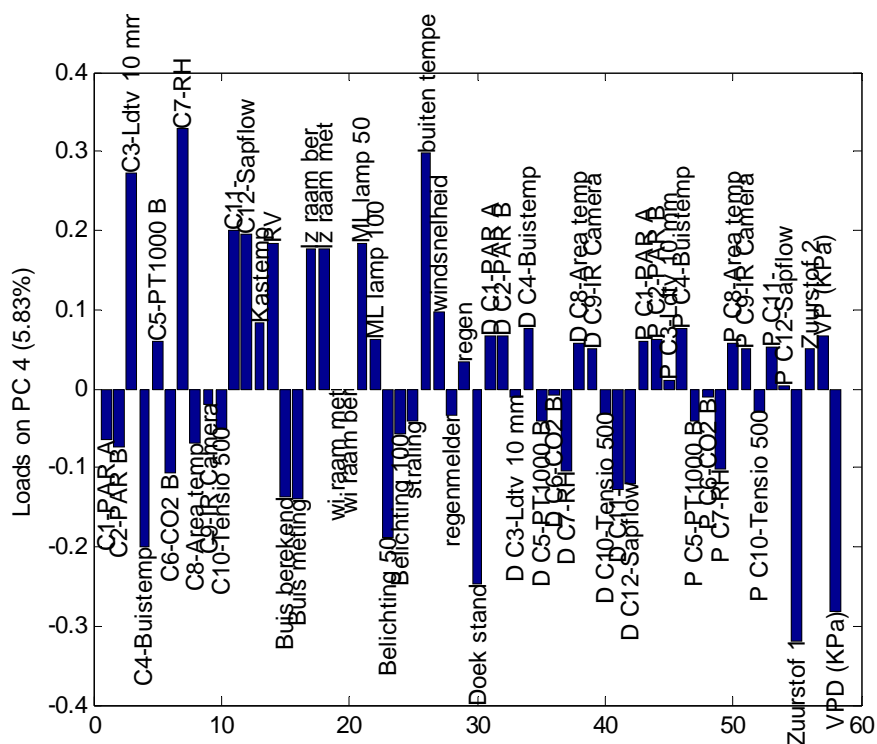




Figuur 5: Relatieve bijdrage van de verschillende parameters in PC2



Figuur 6: Relatieve bijdrage van de verschillende parameters in PC3



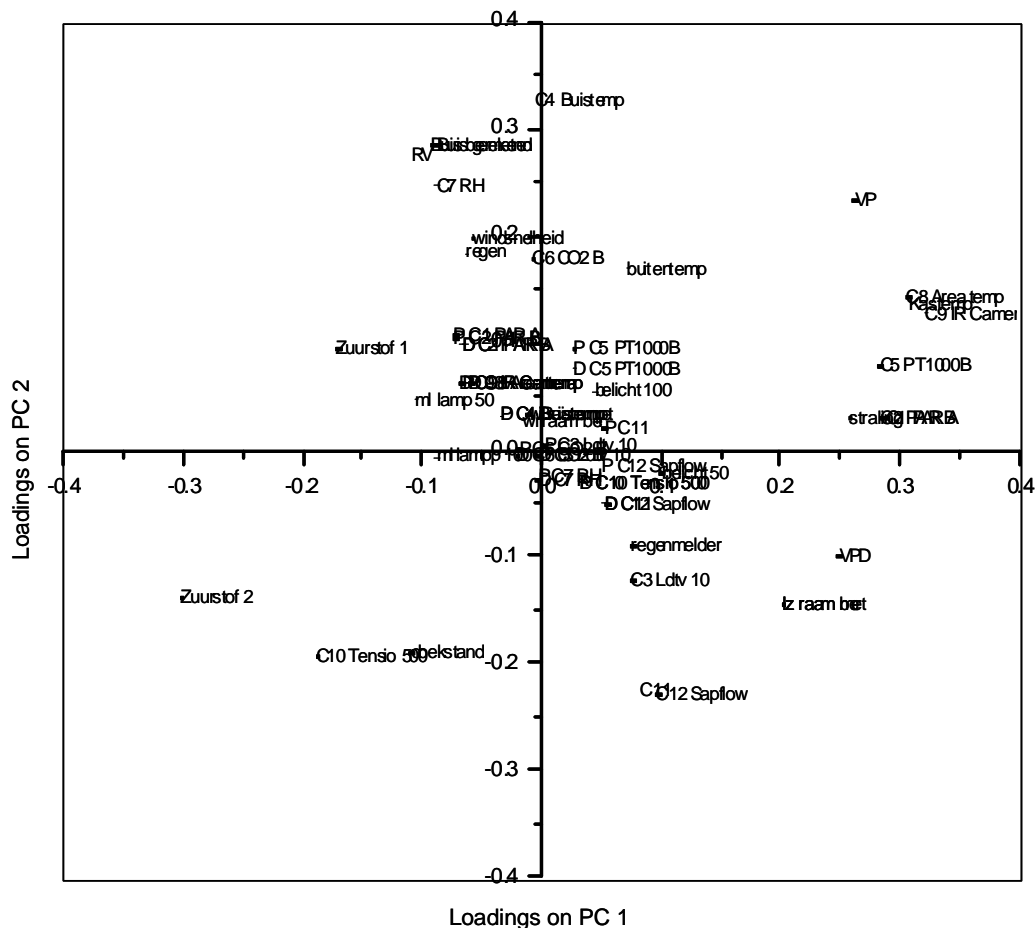
Figuur 7: Relatieve bijdrage van de verschillende parameters in PC4

### 4.3 Interpretatie Principale Componenten Analyse: rol van zuurstof

PC1, PC 2, PC 3, PC 4 zijn elk opgebouwd uit verschillende parameters, met een bepaalde (wegings-) factor, waardoor die parameters in meer of mindere mate bijdragen aan de principale component. Zo drukt zuurstof 2 (met een factor van 0.29), en verder factoren die te maken hebben met licht, vocht en temperatuur een zware stempel op PC 1. In vergelijking met PC1 is de impact van PAR A en PAR B, en ook zuurstof, binnen PC2 beduidend minder dan binnen PC1. Uit de opbouw van PC1, 2, 3 en 4 volgt niet in hoeverre deze teeltparameters aan elkaar zijn gecorreleerd. Dat kan pas indien PC waarden tegen elkaar worden uitgezet.

Omdat **zuurstof** vooral bijdraagt aan PC1 en PC2 zijn, om de rol van zuurstof verder te belichten, PC1 en PC2 tegen uitgezet (Figuur 8). Zodoende wordt duidelijk in hoeverre zuurstof is gecorreleerd aan andere teeltparameters. Figuur 8 laat zien dat vooral **zuurstof 2** goed gecorreleerd is aan tensio, d.w.z. watergehalte. Dat is geheel in overeenstemming met resultaten van voorgaande projecten, die aantoonen dat het watergeefregime doorgaans een grote invloed had op zuurstofgehalte in het wortelmilieu. Opvallend is dat op deze positie een hoog zuurstofgehalte gecorreleerd is aan een hoge tensio (laag watergehalte). Dat is doorgaans bovenin de mat het geval, maar ook onderin de mat zou dat kunnen indien het watergehalte daar relatief laag is. Het valt in figuur 8 verder op dat **zuurstof 1** verder verwijderd ligt van tensio. Dit duidt er in de eerste plaats op dat zuurstof op deze positie minder

sterk gecorreleerd is aan het watergehalte; het golvend patroon in het zuurstofprofiel als afspiegeling van de druppelbeurten, intering van de mat en zuurstofconsumptie van de plant is in figuur 1 ook veel minder duidelijk te zien. Het is aannemelijk dat op positie 1, waar zuurstofgehalten minder sterk is gecorreleerd aan tensio, de druppelbeurten, intering van de mat en plantactiviteit relatief weinig impact hebben op het zuurstofgehalte. Wellicht zijn op deze positie de watergehalten continu aan de lage kant, waardoor de zuurstofgehalten continu hoog zijn. In brede zin duidt het er op dat zuurstofgehalten in het wortelmilieu van steenwolmatten sterk kunnen verschillen en dat een aantal puntsmetingen niet toereikend zijn om een representatief zuurstofprofiel van de mat te krijgen.



Figuur 8: De loadings (=relatieve bijdrage in de lineaire beschrijving van de PC's) van de verschillende parameters in PC1 en PC2 tegen elkaar uitgezet, waardoor inzichtelijk wordt in hoeverre zuurstof is gecorreleerd aan andere kasparameters.

## 5 Conclusies en discussie

In het hier beschreven project zijn tijdens de teelt van roos de zuurstof niveaus in het wortelmilieu gevolgd. Hierbij is gebruik gemaakt van de mogelijkheid om deze metingen uit te voeren binnen het PT project “Uitbreiding en verdieping mogelijkheden, kansen en beperkingen van fytonitoring” (fase 2, projectnummer 11.412). In dat project, waarvan de data registraties zijn uitgevoerd in de tweede helft van 2003, werden meerdere parameters geregistreerd uit de directe plantomgeving, de klimaatcomputer en andere parameters die gerelateerd zijn plantgroei.

Daarnaast gaf het hier beschreven project de mogelijkheid om in het project “Uitbreiding en verdieping mogelijkheden, kansen en beperkingen van fytonitoring project een extra parameter op te nemen. Dat project had als doel het verzamelen van meetgegevens die moeten leiden tot meer kennis en begrip over de mogelijkheden tot aansturing van de teelt. Zuurstof is o.a. gecorreleerd aan watermanagement, en aan de ontwikkeling van jonge planten. In het “fytonitoring project” was het registreren van de parameter zuurstof nog niet opgenomen. Dit aanpalende project voorziet daarom in de registratie van deze belangrijke gasfactor in het wortelmilieu.

Uit de zuurstofmetingen bij roos, en de data analyse zijn de volgende conclusies te trekken;

- Zuurstofgehalten onderin de mat variëren aanzienlijk gedurende de dag. De zuurstofgehalten vertonen lokaal aanzienlijke verschillen. Om een representatief profiel van het zuurstofgehalte in het wortelmilieu te krijgen zijn daarom veel metingen noodzakelijk, bijvoorbeeld door middel van een *multi-zuurstofsensor*.
- Zuurstof draagt significant bij aan de beschrijving van de totale dataset van kasparameters en is daarbij gecorreleerd aan parameters die te maken hebben met licht, temperatuur en vocht. Zuurstofgehalten blijken omgekeerd evenredig te zijn met licht en temperatuur; dus hoe meer licht en des te hoger de temperatuur, des te lager het zuurstofgehalte onderin de mat. De reden zou kunnen zijn dat bij meer licht en een hogere temperatuur de plant actiever is en de wortels meer zuurstof verbruiken, resulterend in lagere zuurstofwaarden in de mat. Ook lost in water minder zuurstof, naar mate de temperatuur hoger is; dus onderin de mat, bij hoge watergehalte, is de voorraad zuurstof geringer bij hogere kastemperaturen.
- Op de posities waar hier werd gemeten bleek een hoog zuurstofgehalte gecorreleerd te zijn aan een laag watergehalte.

De metingen geven aan dat op positie 1, waar bijzonder hoge zuurstofgehalten werden gemeten, zuurstof minder aan het watergehalte was gecorreleerd dan op positie 2. Het lijkt er dus op dat op positie 1 de mat met zuurstof is verzadigd en schommelingen in het watergehalte minder impact op het zuurstofgehalte hebben dan op positie 2. Dat zou er op kunnen wijzen dat op die positie de mat behoorlijk droog is. De situatie op positie 1 hoeft voor een optimale plantactiviteit bepaald niet gunstiger te zijn dan op positie 2. Weliswaar zijn de zuurstofgehalte er hoger, maar de watergehalten zijn er lager, waardoor de nutriënten- en wateropname door de plant op die positie wellicht minder optimaal verloopt. Waarden van beide kasparameters (zuurstof en water) moeten daarom goed op elkaar worden afgestemd. Enerzijds moet het watergehalte hoog genoeg zijn en moet er voldoende water beschikbaar zijn voor de plant, anderzijds moet voldoende zuurstof beschikbaar zijn voor de plantenwortels. Ofschoon beide parameters elkaar in zekere zin tegenwerken (een met water verzadigde bevat maximaal slechts 9 mg/L zuurstof), is een optimale voorziening van water en zuurstof wel degelijk mogelijk. Immers met het water wordt ook zuurstof aangevoerd. Indien dit goed wordt gemonitord, kan het watergeefregime worden afgestemd op zuurstofbehoefte.

Concluderend kan worden gesteld dat vooral parameters die te maken hebben met licht en de temperatuur in de kas een sterke stempel drukken op zuurstofgehalten in de mat. Hoge lichtintensiteit en hogere temperaturen leiden waarschijnlijk tot hogere zuurstofconsumptie in het wortelmilieu. Aangezien zuurstofgehalten sterk gecorreleerd zijn aan watergehalten, lijken drain en druppelbeurten belangrijke sturingsparameters voor de zuurstofvoorziening in de mat. Eerder onderzoek had al uitgewezen dat vooral druppelbeurten een sterke impact hadden op zuurstofgehalte in het onderste gedeelte van de mat, waar de meeste wortels zich bevinden.