

# Modellen en beslisregels voor variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen op basis van variatie in bodem en gewas

Rapportage PPL-project 80

Corné Kempenaar<sup>1)</sup>, Sanne Heijting<sup>1)</sup>, Geert Kessel<sup>1)</sup>, Jean Marie Michielsen<sup>1)</sup> en Klaas Wijnholds<sup>2)</sup>



<sup>1)</sup> Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR  
Business Unit Agrosysteemkunde / contactpersoon

Rapport 496b

<sup>2)</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR  
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Wageningen, 28 maart 2013

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International / Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Corné Kempenaar

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

De resultaten in dit rapport werden voor een groot deel gefinancierd door Programma Precisielandbouw (PPL): [www.pplnl.nl](http://www.pplnl.nl). Dit betreft in het bijzonder PPL-project 080 'Gewasbeschermingsmiddelen plaats specifiek doseren'.



## Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Address : Postbus 616, 6700 AP Wageningen, Nederland  
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
Tel. : +31 317 48 04 98  
Fax : +31 317 48 10 47  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : [www.pri.wur.nl](http://www.pri.wur.nl), [www.precisielandbouw.eu](http://www.precisielandbouw.eu)

# Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	V
1 INLEIDING .....	1
2 VARIABEL DOSEREN VAN GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN.....	2
2.1 Kaders voor variabel doseren .....	2
2.1.1 Sensoren .....	2
2.1.2 Op welke schaal ? .....	3
2.1.3 Toedieningstechniek .....	5
2.1.4 Afwegingskader en groepering van middelen .....	6
2.2 Basismodel variabel doseren van bodemherbiciden o.b.v. bodemscans .....	8
2.3 Basismodel variabel doseren middelen o.b.v. biomassa-metingen.....	12
3 VALIDATIE-EXPERIMENTEN BODEMHERBICIDEN .....	17
3.1 Proefopzet .....	17
3.1.1 Grond kasproef I & II .....	17
3.1.2 Grond kasproef III .....	18
3.1.3 Proefopzet Kasproef I en II .....	20
3.1.4 Waarnemingen.....	21
3.1.5 Klein kruiskruid ( <i>Senecio vulgaris</i> ).....	21
3.1.6 Natuurlijk onkruidvegetatie in de grond van locatie L en H .....	21
3.1.7 Proefopzet Kasproef III .....	23
3.1.8 Analyse .....	24
3.2 Resultaten.....	25
3.2.1 Kasproef I .....	25
3.2.2 Kasproef II.....	27
3.2.3 Kasproef III.....	29
3.2.4 Stomp.....	29
3.3 Discussie .....	30
3.3.1 Kasproef I & II.....	30
3.3.2 Resultaten kasproef I en II vergeleken met resultaten uit 2008 experiment .....	30
3.3.3 Vergelijking met resultaten van andere Boxer studies.....	31
3.3.4 Kasproef III.....	31
3.3.5 Aanbevelingen voor nader onderzoek .....	31
4 VALIDATIE-EXPERIMENTEN FUNGICIDEN .....	32
4.1 Proefopzet .....	32
4.1.1 Dosis-response proef .....	32
4.1.2 Praktijkproef.....	33
4.2 Resultaten.....	35
4.2.1 Dosis-response proef .....	35
4.2.2 Praktijkproef.....	37
4.3 Discussie .....	38
5 SLOTOPMERKINGEN .....	40
6 REFERENTIES.....	41

BIJLAGEN..... 43

# Samenvatting

Dit rapport bevat kennis en ervaring die nodig is voor brede introductie van variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen in de Nederlandse land- en tuinbouw. De resultaten komen uit Programma Precisielandbouwproject (PPL), project 80. Variabel doseren betekent het automatische aanpassen en toedienen van doseringen van middelen aan de plaatselijke behoefte binnen een perceel of gewas. Door enkele recente technische ontwikkelingen (positiebepalingstechnologie (GNSS), sensortechnologie en geavanceerde spuittechniek) komt variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen voor de praktijk binnen handbereik, met voordelen voor (bedrijfs)economie, ecologie en volksgezondheid.

Binnen PPL gaven meerdere initiatiefnemers aan dat er behoefte is aan beslisregels die met sensoren gemeten ruimtelijke variatie binnen een perceel of gewas, kunnen vertalen in minimum effectieve doseringen van de middelen. De beslisregels moeten voldoende voordelen (besparing op middel, hogere opbrengsten, minder neven-effecten) en zekerheden (werking moet gegarandeerd zijn) bieden om investeringen in variabel-doseertechnieken te laten renderen.

Beslisregels zullen altijd enig maatwerk bevatten. Ze zijn namelijk middel-, sensor- en spuittechniekspecifiek, en afhankelijk van de schaal waarop variabel gedoseerd wordt. Hoe kleiner de schaal waarop gedoseerd wordt (is hogere resolutie), hoe groter het reductiepotentieel aan middelverbruik. Maar ook, hoe hoger de resolutie, hoe hoger de eisen aan nauwkeurigheid van de techniek. Er worden verschillende schaalniveaus van variabel doseren naast (1) uniforme dosering:

1. Uniforme dosering per perceel of gewas;
2. Behandeling van banen of werkgangen binnen een perceel of gewas;
3. Vlakkenbehandeling (gridbehandeling), op schaal 1 – 50 m<sup>2</sup>;
4. Plantbehandeling, op schaal < 1 m<sup>2</sup>;
5. Blad en aantastingbehandeling, op schaal < 10 cm<sup>2</sup>.

In dit PPL-project is gekozen om te werken aan de ontwikkeling van beslisregels die aansluiten bij thans in de praktijk gebruikte huidige sensortechnologie en moderne maar gangbare spuittechnologie. Wat sensortechnologie betreft, betekent dit dat gewerkt wordt met sensoren die de hoeveelheid en activiteit van bovengrondse gewasbiomassa kunnen meten (en de ruimtelijke variatie op belangrijke momenten in kaart kunnen brengen), en met sensoren die ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen kunnen meten middels het scannen van de gamma-achtergrondstraling. Wat spuittechniek betreft betekent dit dat aangesloten wordt bij spuiten die de dosering kunnen aanpassen op niveau van 3 – 50 m<sup>2</sup>. Het gaat hier vooral om gangbare landbouwspruiten die middels variatie in druk- en/of rijsnelheid doseringen kunnen aanpassen spuitboombreed of per sectie van de spuitboom. Daarnaast zijn ook minder gangbare technieken als injectiespuitssystemen en technieken VarioSelect doppensysteem (SensiSpray) goed bruikbaar. De beslisregels die in dit PPL-project onderzocht zijn, hebben betrekking op:

1. variabel doseren van bodemherbiciden op basis van variatie in lutum in de bodem,
2. variabel doseren van contact fungiciden op basis van variatie in bovengrondse biomassa,
3. variabel doseren van loofdoodmiddel en groeiregulator op basis van variatie in bovengrondse biomassa.

Een eerste conclusie is dat beslisregels voor de onderzochte middelen herleid kunnen worden naar een eenvoudig model:

$$\text{Dosis}_{(\text{min}, \text{max})} = a * x + b$$

Dit model geeft de relatie tussen een omgevingsvariabele (bijv. lutum\_% bij bodemherbiciden of NDVI bij fungiciden) en een aangepaste dosering. Een nadere toelichting op het model en de parameters per middel staat in paragraaf 2.2 en 2.3. Er worden beslisregels gegeven voor zes middelen. De waarden van parameters a en b voor de beslisregels voor deze middelen staan ook in paragraaf 2.2 en 2.3. Resultaten van validatie-experimenten en praktijkervaringen staan in de hoofdstukken 3 en 4.

Bij variabel doseren van middelen gaat het niet alleen om meewegen van ruimtelijke variatie van één factor. Belangrijke factoren naast biomassahoeveelheid of lutum\_%, zijn klimaat, gewas- en ras-eigenschappen, populatie-eigenschappen van de ziekte of plaag en effecten van toedieningstechniek. Deze factoren dienen ook meegewogen in beslisregels. Als dat niet kan, dient een grote veiligheidsmarge ingebouwd te worden in de beslisregel. In de gepresenteerde beslisregels is gedaan waar nodig of waar de kennis nog ontbreekt. In dit rapport wordt bewust gekozen voor publicatie van beslisregels met hoge veiligheidsmarge. Zolang er namelijk geen grip is op de andere factoren, kan niet op scherp van snede gedoseerd worden zonder te grote risico's te nemen. In dit rapport noemen we dit 'doseerregels voor ongunstige situaties'.

De uitgevoerde potexperimenten leverde in beperkte mate onderbouwing voor de beslisregels van de bodemherbiciden. Bij toetsing in de praktijk van variabel doseren van bodemherbiciden lukte het slechts in één geval om een taakkaart gespoten te krijgen op een praktijkperceel. Ervaringen hiermee staan in de verslagen van PPL-070, 123 en 125. Het 'on the go' variabel doseren van loofdoodmiddelen, groeiregulatoren en fungiciden (hoofdstuk 4) op praktijkpercelen met gebruik van biomassasensoren vertoont minder technische problemen.

Tot slot, als naar alle gewasbeschermingsmiddelen in Nederland gekeken wordt, dan worden er minimaal 11 groepen van middelen onderscheiden die een eenheid vormen qua aanpak in de ontwikkeling van beslisregels (zie Tabel 2.1). Iedere groep van middelen bestaat uit enkele en soms wel meer dan 20 actieve stoffen. Hiervan is een veelvoud aan geregistreerde producten afgeleid. Er is dus nog enig werk aan de winkel om voor alle middelen gevalideerde beslisregels te ontwikkelen. In dit rapport is aan middelen uit 4 van de 11 groepen succesvol gewerkt.

# 1 Inleiding

Het Programma Precisielandbouw (PPL) is een initiatief van diverse bedrijven uit de Nederlandse land- en tuinbouwsector en het Ministerie van Economische Zaken (voorheen Min. van LNV). Voor details over PPL wordt verwezen naar de website [ww.pplnl.nl](http://www.pplnl.nl). Het doel van PPL is om in de periode 2009 – 2012 doorbraken te realiseren op hoofdthema's binnen precisielandbouw. Deze hoofdthema's zijn precisiebemesting, precisiegewasbescherming, *Controlled Traffic Farming* (CTF), en Informatie & Communicatie Technologie (ICT).

Precisielandbouw is een vorm van landbouw, waarbij planten en dieren heel nauwkeurig die behandeling krijgen die ze nodig hebben (definitie precisielandbouw op [www.wikipedia.nl](http://www.wikipedia.nl), 7 december 2012). In dit onderzoek zoomen we in op precisiegewasbescherming. De mogelijkheden van meer gerichte inzet van belangrijke groepen van gewasbeschermingsmiddelen worden onderzocht. Voor een aantal toepassingen zijn er sensoren beschikbaar om variatie binnen bodem of gewas te meten en hierop te anticiperen bij de inzet van de middelen. Dit biedt kansen voor de praktijk. Eén en ander vergt wel extra kennis en apparatuur, en dus investeringen. Voordeel kan daarentegen behaald worden via verduurzaming van teelten: minder middelgebruik, minder milieubelasting, minder kans op residu in de eindproducten, minder kans op groeiremming van het gewas en kans op hogere gewasopbrengsten (Kempenaar et al, 2009). Een aantal ondernemers in Nederland ziet de voorgenoemde kansen, vandaar dat er in PPL-verband aandacht is voor precisiegewasbescherming.

In dit verslag worden de resultaten beschreven van het PPL-project 'Gewasbeschermingsmiddelen plaats specifiek doseren (PPL 80)'. Dit project is medio 2011 gestart en heeft een doorlooptijd van 1,5 jaar. De bedrijven die in PPL-verband bij dit project betrokken zijn, zijn vijf aardbeienteeltbedrijven rondom Breda (het autonome aardbeienspuit consortium), drie akkerbouwbedrijven rondom Biddinghuizen (de WISKI groep), Homburg Holland te Stiens, Rometron te Doorwerth, CZAV te Wemeldinge en GKC te Ede. Het doel van het project is aanjagen van de ontwikkeling, validatie en implementatie van beslisregels voor plaats specifiek doseren van gewasbeschermingsmiddelen. Daarbij wordt specifiek aandacht besteed aan beslisregels voor:

1. variabel doseren van bodemherbiciden op basis van variatie in bodemeigenschappen, en
2. variabel doseren van contact fungiciden op basis van variatie in bovengrondse biomassa.

Bij variabel doseren van middelen gaat het niet alleen om meewegen van ruimtelijke variatie van één factor. Belangrijke factoren in deze zijn klimaat, gewas- en ras-eigenschappen, populatie-eigenschappen van de ziekte of plaag en effecten van toedieningstechniek. De temporele effecten van de factoren dienen ook meegewogen, naast teelt- en bedrijfsmanagementaspecten.

In dit rapport wordt onder doseermodel verstaan een beschrijving van de relatie tussen één of meerdere meetbare (omgeving)variabelen en de benodigde plaats specifieke dosering. Een specifieke invulling van deze relatie in een formule is dan de beslisregel. Beslisregels worden ook wel rekenregels genoemd. De variabele dosering kan dan via een taakkaart toegediend worden. Een taakkaart bevat de duiding van op welke plek welke dosering moet komen. Taakkaarten zijn in principe gebaseerd op een historische kaart van de variatie. Bij sommige variabel doseersystemen is een taakkaart niet nodig. Er wordt dan al rijdend door het gewas 'on the go' toegediend (dan sensoren op de spuit of tractor aanwezig die direct meten en de spuit aansturen).

Leeswijzer voor dit rapport:

Hoofdstuk 2: kaders, modellen en beslisregels voor variabel doseren van middelen

Hoofdstuk 3: onderzoek bodemherbiciden

Hoofdstuk 4: onderzoek fungiciden

Hoofdstuk 5: slotopmerkingen

## 2 Variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen

Door de introductie van nieuwe technologieën voor plaatsbepaling (GNSS-technologie), het met sensoren kunnen meten van plant-, plaag-, klimaat- en/of bodemeigenschappen (sensortechnologie), het kunnen uitwissel van data en adviezen via internet (ICT) en het beschikbaar zijn van innovatieve toedieningstechnieken, is het in principe mogelijk om gewasbeschermingsmiddelen pleksgewijs variabel te doseren binnen de grenzen van een perceel of gewas. Middelen worden dan alleen nog maar toegediend daar waar nodig in de juiste dosering. De eerste praktijkvoorbeelden laten zien dat dit haalbaar is. Bijvoorbeeld bij chemische loofdoding van consumptieaardappelen. Deze teeltmaatregel kan op basis van informatie over de plaats specifieke situatie van het loof uitgevoerd worden. De dosering wordt dan aangepast aan de gewassituatie aangepast, resulterend in substantiële vermindering van middelverbruik met behoud van effectiviteit (Kempenaar et al., 2009).

Andere toepassingen zijn nog niet of nauwelijks ontwikkeld in Nederland. Variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen staat dan ook nog in haar kinderschoenen. Door de grote diversiteit aan toepassingen, aansturingmogelijkheden en oplossingsrichtingen, is het verstandig eerst een aantal zaken op een rij te zetten en in te kaderen. Vervolgens worden de uit het onderzoek afgeleide beslisregels gepresenteerd. In de paragrafen 2.1 wordt het kader voor variabel doseren geschetst. Daarna wordt in de paragrafen 2.2 ingegaan op variabel doseren van bodemherbiciden in akkerbouwgewassen, en in 2.3 op variabel doseren van fungiciden en een loofdoodmiddel in aardappelen en een groeiregulator in graan.

### 2.1 Kaders voor variabel doseren

In deze paragraaf wordt kort ingegaan op technieken (sensoren en toedieningstechniek) die variabel doseren mogelijk maken. Zij bepalen de kaders waaraan beslisregels voor variabel doseren moeten voldoen. Tevens is van belang te onderkennen wat de gewenste schaal van precisie (resolutie) is en welke factoren van belang zijn bij pleksgewijze optimalisatie van doseringen. Ook dit wordt kort besproken in deze paragrafen. Tot slot wordt een tabel met rubricering van middelen gegeven op basis van ontwikkelingsmogelijkheden van variabel doseren.

#### 2.1.1 Sensoren

Er zijn diverse sensorsystemen op de markt die gebruikt kunnen worden bij de ontwikkeling van variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen. Van der Schans (2008) en Kikkert (2009) hebben overzichten gemaakt van praktijkrijpe gewas- en bodemsensoren. Recente aanvullingen op deze overzichten staan op Groenkennisnet <http://precisielandbouw.groenkennisnet.nl/Gewas-monitoring.ashx>.

Kort samengevat komt het er op neer dat er twee typen sensoren zijn die op dit moment gebruikt kunnen worden bij variabel doseren van middelen. Het gaat om sensoren die variatie in gewasbiomassa of variatie in bodemeigenschappen in kaart brengen.

Bij **biomassasensoren** is er onderscheid tussen nearby sensing (opnames met camera's vanaf de grond) en remote sensing (opnames vanuit satellieten). Bij nearby sensing worden hand-held camera's gebruikt of camera's die gemonteerd zijn op een voertuig. In het eerste geval levert dit puntmetingen, in het tweede worden lijnscans gemaakt tijdens het rijden over het perceel. Bij remote sensing worden biomassaparameters in grids opgeleverd. Recent is hier bij gekomen biomassa-opnames met onbemande vliegtuigjes (UAS) vanaf hoogtes van ca. 100 m. In alle remote en nearby systemen worden camera's



(sensoren) gebruikt die de door het gewas gereflecteerde straling bij specifieke golflengtes kunnen meten. De reflectiewaarden worden gebruikt om gewasindices (-parameters) als NDVI, WdVI, SAVI, LAI, etc. af te leiden. Deze zijn input voor variabel doseren van bepaalde categorieën middelen.

Met **bodemscans** wordt de ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen in kaart gebracht. Hier worden voornamelijk nearby sensortechnieken toegepast. De sensoren worden op een voertuig gemonteerd en de metingen worden al rijdend over het perceel gedaan. De sensorwaarden worden vertaald in bodemeigenschappen als organische-stofgehalte, lutum of pH. Hiervoor is wel kalibratie van de sensorwaarde nodig op basis van analyses van grondmonsters. Er zijn twee basistechnieken beschikbaar voor het maken van bodemscans: meten van variatie in gamma-straling van de bodem of van variatie in elektrische geleidbaarheid (EC) van de bodem. De uit de bodemscans afgeleide bodemparameters zijn input voor variabel doseren van bepaalde categorieën middelen.

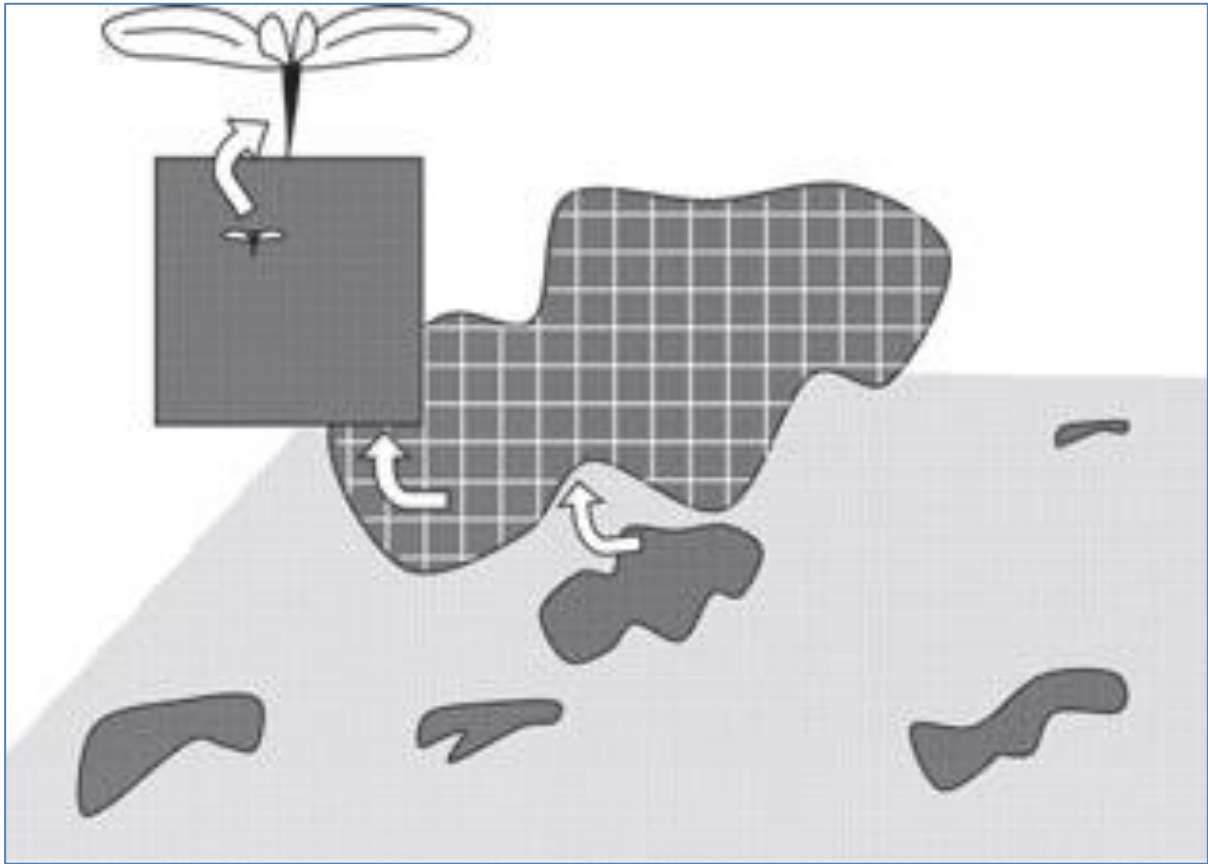
Voorgenoemde sensorsystemen worden in precisielandbouw soms in combinatie met sensoren voor bodem- en klimaateigenschappen (o.a. bodemvocht-, temperatuur- en luchtvochtigheidsmeters) gebruikt. Ook worden ultrasoon sensoren en/of lichtsluizen gebruikt om aan of afwezigheid van planten en afstand van planten tot spuitboom te meten. In de toekomst zullen sensoren voor detectie van ziekten, plagen en onkruiden ook een rol gaan spelen bij variabel doseren van middelen (Kempenaar et al, 2009), maar nu zijn deze sensoren nog niet rijp voor brede toepassing. In dit PPL-onderzoek richten we ons alleen op gebruik van biomassa-sensoren en bodemscans. Van belang bij de ontwikkeling van een variabel doseersysteem is de nauwkeurigheid en resolutie van de toegepaste sensoren.

### 2.1.2 Op welke schaal ?

Variabel doseren binnen een perceel of gewas kan op verschillende schaalniveaus uitgevoerd worden. Als we naar een akkerbouwmatige teelt kijken, dan kan de volgende onderverdelingen gemaakt worden:

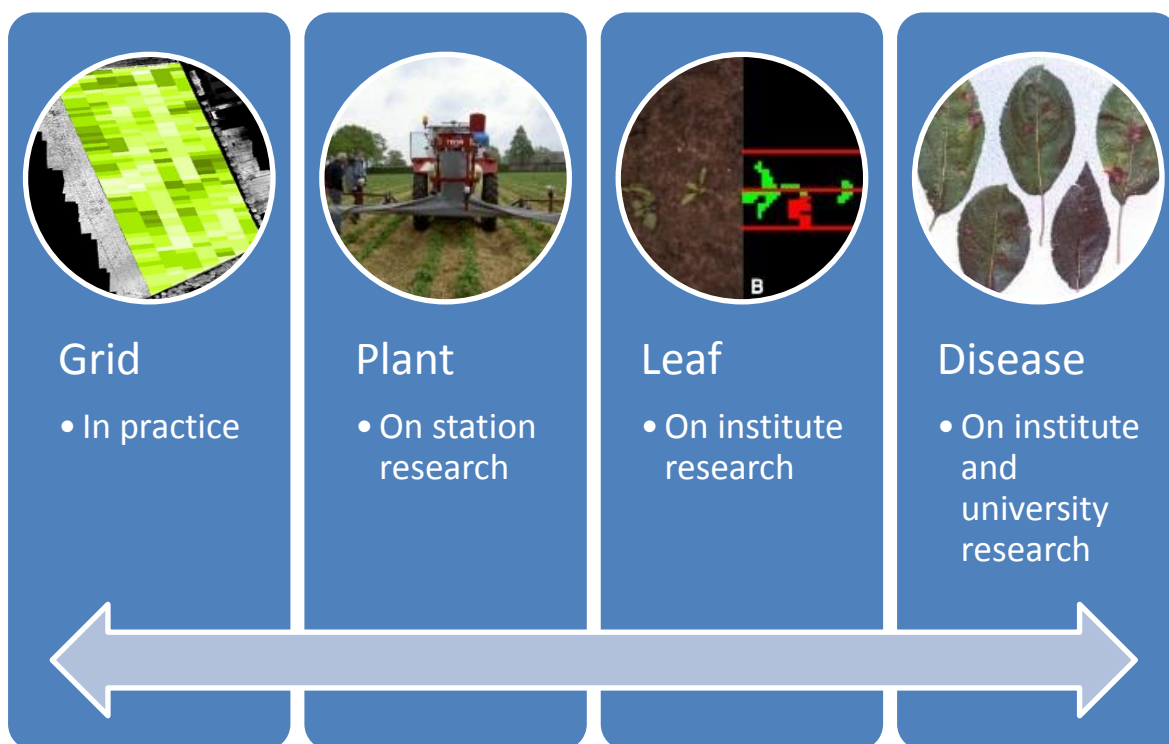
1. Behandeling afgestemd op de situatie/behoefte van banen in perceel/gewas,
  - a. per spuitbaan (globaal 20 - 50 m breed),
  - b. per sectie van een spuitboom (ca. 3 – 4 m breed),
  - c. per teeltbed (ca. 1 - 3 m breed),
  - d. per gewasrij (doorgaans < 100 cm breed),
2. Behandeling van vlakken binnen een gewas. Vlakgrootte is wisselend en afhankelijk van techniek en situatie, globaal 10 – 50 m<sup>2</sup> (wordt ook wel gridbehandeling genoemd, waarbij grids relatief klein (3 x 3 m of kleiner) of groot (50 x 50 m) kunnen zijn, en grids hoeven niet per se vierkant te zijn),
3. Behandeling van individuele haarden binnen perceel/gewas (circa 1 – 100 m<sup>2</sup> per haard),
4. Behandeling van individuele planten binnen gewas (circa 0,01 – 1 m<sup>2</sup> per plant),
5. Behandeling van individuele organen of aantastingen van planten (< 10 cm<sup>2</sup>).

Bovenstaande indeling komt deels terug in onderstaande Figuur 2.1 uit de wetenschappelijke publicatie van Christensen et al. (2009) over precisielandbouw. Christensen neemt het haardenpatroon van ziekten, plagen en onkruiden als vertrekpunt. Pleksgewijze behandeling kan dan via gerichte behandeling van haarden, dan wel via grids (rasters, ook wel tegeltjes genoemd) die over het perceel en de haard heen liggen, dan wel via behandeling van individuele planten. Het spreekt voor zich dat voor behandeling van individuele planten of aantastingen hogere resolutie en meer nauwkeurigheid van de gebruikte sensoren vereist worden dan voor vlakkenbehandeling op een schaal van 50 bij 50 m. Hier staat tegenover dat sommige toepassingen simpelweg een hoge resolutie en nauwkeurigheid eisen dan anderen (vergelijk de relatieve lage eisen aan variabel doseren van aardappelloofdoormiddelen versus de sensorgestuurde bestrijding van opslagplanten van aardappel in een suikerbietengewas (Nieuwenhuizen, 2009).



*Figuur 2.1 Schematische weergave van schaalniveaus waarop gewasbeschermingsmiddelen kunnen worden toegepast binnen een perceel of gewas. Bij variabel doseren binnen een perceel gaat het om afstemming van doseringen op contouren van haarden, eigenschappen van vlakken of behandeling van individuele planten.*

Een beperkt aantal toepassingen van variabel doseren is ondertussen praktijkrijp. In Figuur 2.2 staat een ontwikkellijn samengevat. In die figuur staat dat gridbehandeling voor bepaalde toepassingen in de praktijk toegepast worden, terwijl voor plant, blad en aantastingbehandeling nog verdiepend of zelfs fundamenteel onderzoek nodig is aan vooral de sensorikant. Praktijkrijp wil ook zeggen dat het boven een bepaalde bedrijfsgrootte economisch is. In Figuur 2.2 staat een taakkaart van variabel doseren van loofdoodmiddel weergegeven.



Figuur 2.2 Schematische weergave van niveaus van variabel doseertechnieken en hun status van praktijkrijpheid (van links naar rechts: loofdoodtaakaart, beddenbehandeling aardbei, detectie onkruid en detectie bladaantasting).

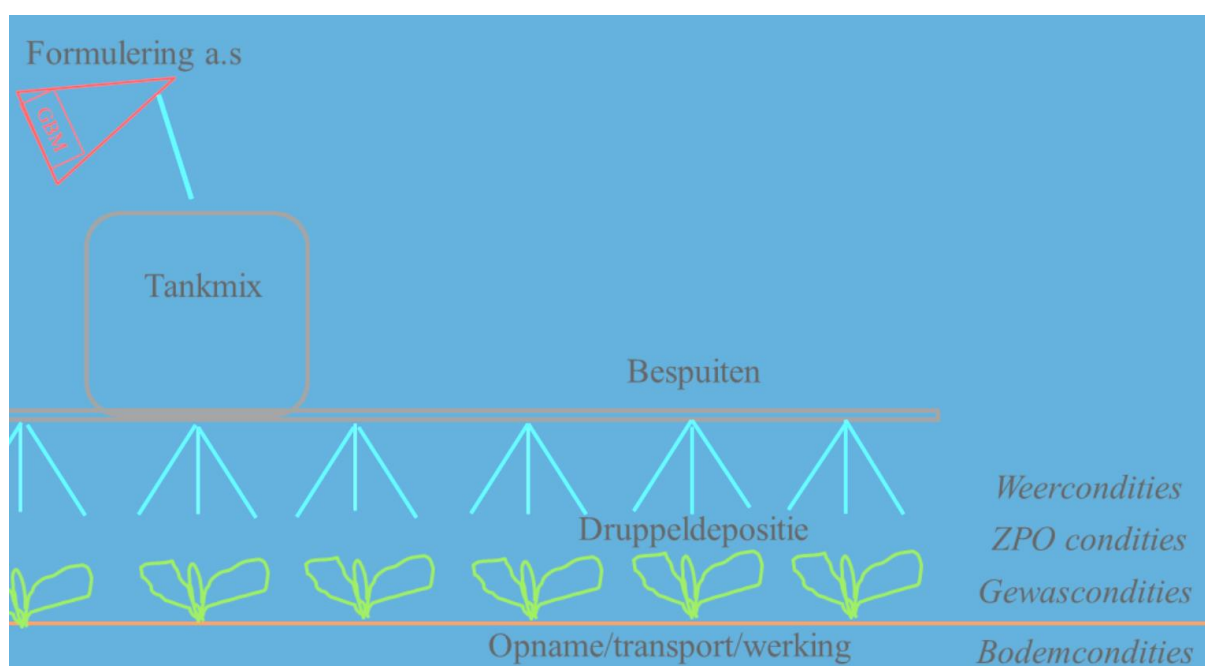
### 2.1.3 Toedieningstechniek

Op dit moment is er veel in ontwikkeling op het gebied van toedieningstechnieken van gewasbeschermingsmiddelen. Dit gebeurt deels vanuit nieuwe technische mogelijkheden en deels vanuit de maatschappelijke wens tot minder gebruik en emissie van de middelen. Technisch gezien is het mogelijk om individuele spuitdoppen aan te sturen op basis van sensoren die dosering-bepalende factoren meten. Een voorbeeld is het door Nieuwenhuizen ontwikkelde systeem voor detectie en bestrijding van aardappel-opslagplanten in suikerbieten. De sensor detecteert de aardappelplant en via een soort inkjet-printer wordt een druppel onkruidbestrijdingsmiddel op de aardappelplant gebracht. Tussen dit geavanceerde systeem (resolutie ca. 10 cm<sup>2</sup>) en een standaard open teelt landbouwspruit met spuitboom van 45 m (resolutie ca. 100 m<sup>2</sup>) zit een wereld van verschil in mogelijkheden om variabel te doseren, die bepalen op welke schaal van precisie middel gedoseerd kan worden. Een uitgebreid overzicht van toedieningstechnieken voor precisielandbouw is recent gepresenteerd tijdens het symposium 'International Advances in pesticide Application' (AAB, 2012).

Naast de resolutie en nauwkeurigheid van het sensorsysteem is ook de resolutie en nauwkeurigheid van de toedieningstechniek van belang bij de ontwikkeling van beslisregels voor variabel doseren. In dit onderzoek sluiten we aan bij thans nieuwe, dicht bij de praktijk staande technieken die een resolutie hebben van ca. 3-30 m<sup>2</sup>. Het gaat hier om gangbare landbouwspruiten die spuitboom breed of per sectie doseringen kunnen variëren op basis van variatie in luchtdruk en rijsnelheid, dan wel spuitboomsystemen die via een injecties van middel in de leidingen of via een Varioselect doppensysteem doseringen snel kunnen aanpassen. Voorbeelden van deze sproeisystemen, zoals SensiSpray, staan in Kempenaar et al., 2012 weergegeven. Meer geavanceerde technieken voor behandeling op niveau van planten en bladeren gebruik makend van meer complexe sensorsystemen staan in Nieuwenhuizen en van de Zande (2012) samengevat.

## 2.1.4 Afwegingskader en groepering van middelen

Het doel van dit project is robuuste beslisregels op te leveren voor variabel doseren van middelen op het niveau van 3 – 30 m<sup>2</sup>. De beslisregels moeten sensormetingen vertalen in pleksgewijze doseringen die nauwkeurig op het gewenste schaalniveau toegediend kunnen worden. Liefst worden parameters in de beslisregels gebruikt die met hoge mate van nauwkeurigheid gemeten kan worden en betrouwbaar beschikbaar is. Tevens worden liefst ook beslisregels gebruikt die zo min mogelijk parameters bevatten. Aan de andere kant weten we dat de werking van middelen door veel factoren (parameters) bepaald wordt. In Figuur 2.3 staat de complexiteit van werking van middelen samengevat. De werking wordt bepaald door producteigenschappen, spuittechniek, gewas-, bodem-, plaag- en klimaatomstandigheden. Hier over heen liggen nog bedrijfsstrategie en economische afwegingen. Het is dus zoeken naar een compromis waarbij een zo hoog mogelijke zekerheid geven met zo min mogelijk parameters.



*Figuur 2.3 Schematische weergave van factoren en processen die de werking van gewasbeschermingsmiddelen beïnvloeden.*

Een voorbeeld van een model voor variabel doseren van een middel is gepubliceerd door van Evert et al., 2012. Het betreft de relatie tussen WDVI en de dosering van het middel Reglone (zie ook Kempenaar et al., 2009). De beslisregel is een niet-lineaire relatie, geschreven als:

$$D = 0.377 * e^{(4.9 * WDVI)}$$

waar D de dosering (L ha<sup>-1</sup>) van het middel is en WDVI (Weighted Difference Vegetation Index,  $0 \leq WDVI \leq 1$ ) de biomassa index van het gewas is. Hierbij dient ook een minimum en maximum dosering bepaald te worden. In bepaalde situaties kan ook met een vereenvoudigde lineaire relatie tussen WDVI of andere biomassa-index (bijv. NDVI) en dosering gewerkt worden. Eén en ander wordt verder toegelicht in paragraaf 2.3.

Bij het ontwikkelen van modellen en beslisregels zal bekeken moeten worden welke middelen als groep beschouwd kunnen worden en welke dan met dezelfde sensortechnologie variabel gedoseerd kunnen worden. In Tabel 2.1 wordt een aanzet gegeven tot de rubricering van gewasbeschermingsmiddelen die als

eenheid beschouwd kunnen worden bij de ontwikkeling van variabel doseren van de middelen. In dit onderzoek richten we ons op middelen uit de categorieën H-1, H-2, G en F-1.

*Tabel 2.1 Aanzet tot rubricering van gewasbeschermingsmiddelen die als eenheid beschouwd kunnen worden bij de ontwikkeling van variabel doseren van de middelen.*

Code	Omschrijving	Benodigde parameters/sensoren /historische data	Voorwaarden aan techniek, resolutie	Opmerkingen
F-1	Fungiciden, voornamelijk contactwerking, inzet preventief	Biomassa-sensor	Gering, vanaf < 50 m <sup>2</sup>	Ziekte waarschuwingssysteem vereist, weer-, gewas- en rasspecifiek
F-2	Fungiciden, voornamelijk systemische werking, inzet curatief	Biomassa-sensor + ziektesensor	Gemiddeld tot groot, vanaf < 10 m <sup>2</sup> , liefst < 1 m <sup>2</sup>	Ziekte-waarschuwingssysteem vereist, weer-, gewas- en rasspecifiek
G	Groeiregulatoren	Biomassa-sensor	Gering, vanaf < 50 m <sup>2</sup>	Weer heeft enig effect op werking, gewas- en rasspecifiek
H-1	Loofdoodmiddelen	Biomassa-sensor of -kaart	Gering, vanaf < 50 m <sup>2</sup>	Weer heeft enig effect op werking, gewas- en rasspecifiek
H-2	Bodemherbiciden	Bodemkaart, haardenkaart	Gering, vanaf < 50 m <sup>2</sup>	Bodemvocht heeft groot effect
H-3	Contactherbiciden, inzet voor opkomst gewas	Onkruiddetectie, haardenkaart	Gemiddeld tot groot, vanaf < 10 m <sup>2</sup>	Weer- en soortspecifiek
H-4	Contactherbiciden, inzet na opkomst gewas	Gewas- en onkruiddetectie, haardenkaart	Gemiddeld tot groot, vanaf < 10 m <sup>2</sup>	Weer- en soortspecifiek
H-5	Breedwerkende contactherbiciden, selectieve inzet	Gewas- en onkruiddetectie	Groot, vanaf < 1 m <sup>2</sup>	Weerspecifiek
I-1	Insecticiden, contactwerking	*	*	
I-2	Insecticiden, system. werking	*	*	
N	Nematiciden	Bodemkaart, haardenkaart	Gering, vanaf < 50 m <sup>2</sup>	

\* Te weinig kennis en ervaring beschikbaar om hier uitspraken te doen, wel diverse mogelijkheden.

## 2.2 Basismodel variabel doseren van bodemherbiciden o.b.v. bodemscans

Bij variabel doseren van onkruidbestrijdingsmiddelen wordt onderscheid gemaakt tussen herbiciden die een werking via de bodem hebben (zogenaamde bodemherbiciden) en herbiciden die werking hebben als ze bovengronds in contact gebracht worden met planten (contactwerking, contactherbiciden). Deze laatste categorie middelen wordt na-opkomst van het onkruid toegediend terwijl bodemherbiciden voor opkomst van het onkruid toegediend worden. In dit hoofdstuk richten we ons op een basismodel voor variabel doseren van bodemherbiciden (categorie H-2 uit Tabel 2.1). Vanuit dit model kunnen rekenregels op maat gemaakt worden voor verschillende bodemscansystemen en toedieningstechnieken. Voor 2 middelen worden rekenregels opgeleverd.

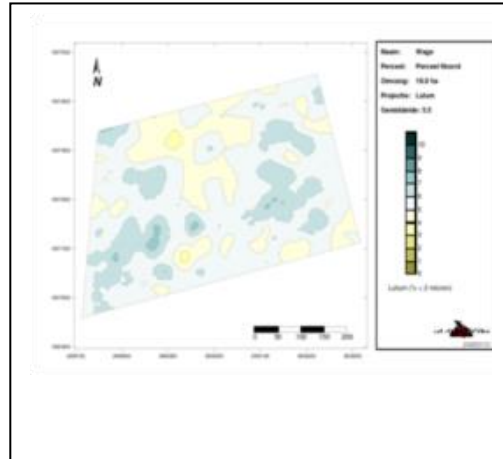
Er zijn tientallen formuleringen van bodemherbiciden geregistreerd voor gebruik in de Nederlandse land- en tuinbouw. Bekende productnamen zijn Stomp, Sencor, Boxer, etc.. Deze producten bevatten één of meerdere actieve stoffen (a.s.). De werking van deze stoffen is afhankelijk van veel factoren. In hoofdstuk 2.1.4 werden factoren die de werking van gewasbeschermingsmiddelen beïnvloeden reeds kort toegelicht (o.a. in Figuur 2.3). Voor bodemherbiciden in het bijzonder geldt dat de bodem het grootste effect heeft op de werking van het middel. Het gaat hierbij vooral om bodemeigenschappen als lutum- en organische stofgehalte en om de zuurgraad (pH) (Hance, 1980). De pH heeft effect op de lading van de a.s. en afbraaksnelheid. De lutum- en organische-stofgehalten bepalen de binding van de a.s. aan bodemdeeltjes. Het deel van de toegediende a.s. dat niet gebonden is en nog niet afgebroken is, is beschikbaar voor werking tegen onkruid. In uitspoelingmodellen voor pesticiden werken factoren als pH, lutum en organische stof dan ook sterk door in de berekende uitspoeling c.q. beschikbaarheid van a.s. in de bovenlaag van de bodem (Boesten, 2000; zie bijv. PEARL model). Deze modellen zijn complex van structuur en vragen veel rekencapaciteit. Ze zijn mogelijk te ingewikkeld voor gebruik voor berekening van variabele doseringen van bodemherbiciden (Heijting et al, 2012). We richten ons daarom in eerste instantie op eenvoudige basismodel en rekenregels op basis van empirische relaties.

Het vertrekpunt in dit hoofdstuk is dat de op te leveren rekenregels de relevante ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen snel en overzichtelijk moet kunnen vertalen in plaats specifieke doseringen van bodemherbiciden. We maken de keuze om ons in eerste instantie te richten op zavel- en kleigronden. Bodemherbiciden worden voornamelijk op deze gronden ingezet. Van de drie belangrijkste doseringsbepalende factoren is binnen een perceel zavel of kleigrond het lutum-gehalte meestal het meest variabel. Het lutum-gehalte van een perceel zavel- of kleigrond kan enkele procenten zijn tot meer dan 50 %. De indeling van zavel- en kleigronden gronden wordt gedaan op basis van lutum-gehalte: 8 – 12 % is lichte zavel, meer dan 50 % is zware klei, en daartussen wordt onderscheid gemaakt in zavel, lichte klei en klei.

Binnen een perceel zavel- of kleigrond kunnen lutum-gehalten plaatselijk meerdere tot meer dan 10 procentpunten verschillen. Bij voldoende grote verschillen binnen een perceel is het zinvol om de dosering van een bodemherbicide plaats specifiek te maken. Sowieso kan de dosering van het middel aan het absolute niveau van het lutum-gehalte aangepast worden.

Er bestaan verschillende praktijkrijpe technieken waarmee bodemscans gemaakt kunnen worden van de variatie in organische-stof, lutumgehalte en/of pH. Onder deze technieken zitten twee typen metingen: scanners voor het meten van ruimtelijke variatie in gamma-straling van de bodem (De Mol sensor) en scanners voor meten van ruimtelijke variatie in magnetische inductie/electrische geleidbaarheid van de bodem (EC meting). De sensoren worden op een voertuig gemonteerd en de metingen worden al rijdend over het perceel gedaan. De sensorwaarden worden vertaald in bodemeigenschappen op basis van een calibratie per perceel. Aanbieders van bodemscans in Nederland zijn o.a. de Soil Company, Medusa, Altic/Dacom en Agrometius. Voor meer toelichting op bodemscanners, zie Kikkert (2009) en <http://precisielandbouw.groenkennisnet.nl/Bodem-sensing.ashx>

De figuur rechts toont ruimtelijke variatie in lutumgehalten binnen een perceel (Kaart van Soil de Company, bodemscan o.b.v. ruimtelijke variatie in gammastraling). De ruimtelijke variatie in lutum is op zavel- en kleigronden meestal groter dan de ruimtelijke variatie in organische stof of pH. Die veronderstelling nemen we mee in het uitwerken van een basismodel voor variabel doseren van bodemherbiciden op zavel en kleigronden. We nemen aan dat het organische-stofgehalte en de pH relatief gezien minder variabel zijn binnen een perceel zavel- of kleigrond dan lutum. Organische stof ligt meestal tussen 2 en 5 % op deze gronden. Bij hogere gehalten organische stof zal hiervoor mogelijk gecorrigeerd moeten worden, maar dit wordt nu buiten beschouwing gelaten. Ook de pH wordt in het basismodel buiten beschouwing gelaten.



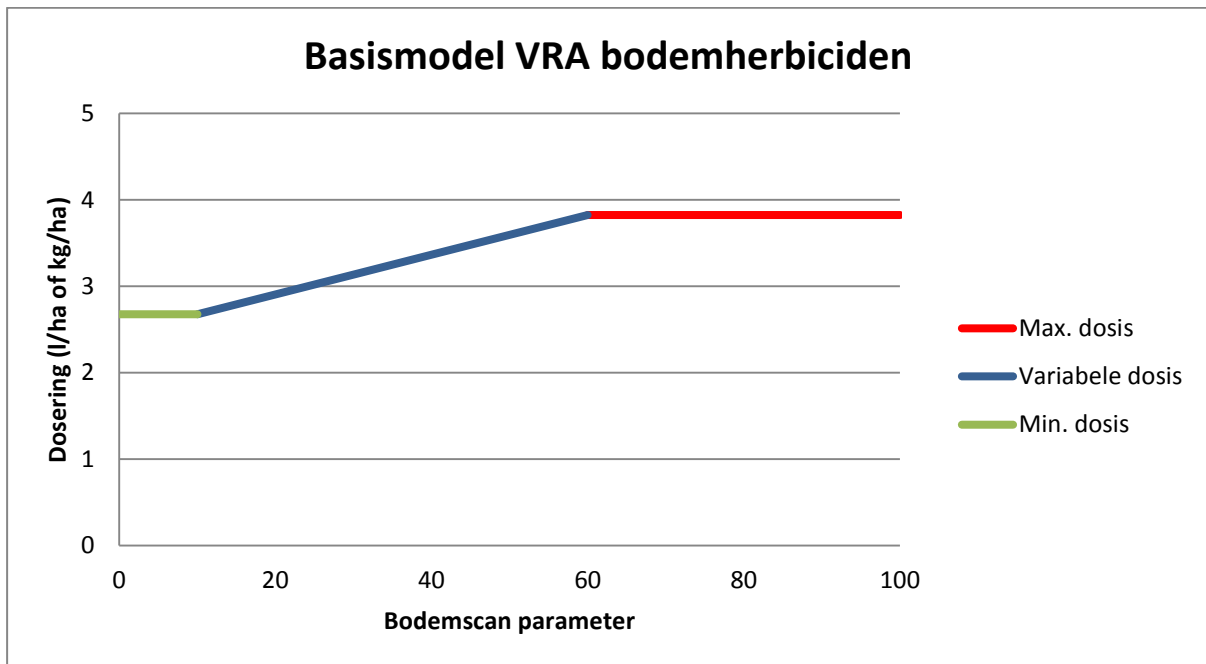
Het meest eenvoudige doseermodel dat toegepast kan worden om lutumgehalte in een dosering van een bodemherbicide te vertalen, is:

$$\text{Dosis}_{(\text{min}, \text{max})} = a * x + b$$

waarbij de Dosis de dosering is, x het lutumgehalte van de bodem, en a en b de parameters zijn die ligging en steilheid van het lineaire verband aangeven. Bij dit model worden ook minimum en maximum doseringen toegepast. Deze worden bepaald door de toedieningstechniek, omstandigheden en wetgeving. Met name het maximum wordt meestal afgetoet door de toelatingsvoorwaarden. Minima, maxima en de parameters a en b zijn middelspecifiek. In Figuur 2.4 is dit model schematisch weergegeven.

Binnen de marges van de minimum en maximum dosering is er op basis van de huidige kennis geen directe aanleiding om voor een non-lineair model te kiezen. Op moment dat duidelijk wordt dat er sprake is van non-lineaire relaties, kan gemakkelijk omgeschakeld worden naar een exponentiele of functie of een polynoom. Met een polynoom kan elke non-lineaire relatie beschreven worden. Het blijft echter wel een empirische relatie.

Overigens kan het voorgenoemde model ook toegepast worden voor zandgronden die nauwelijks variabel zijn in lutumgehalte, maar wel sterk variabel zijn in organische stof (1 - 30 %). De x is in dat geval dan organische-stofgehalte i.p.v. lutumgehalte. Het bodemherbicide wordt dan variabel gedoseerd op basis van ruimtelijke variatie in organische stofgehalte. In dit rapport wordt hier niet verder op ingegaan.

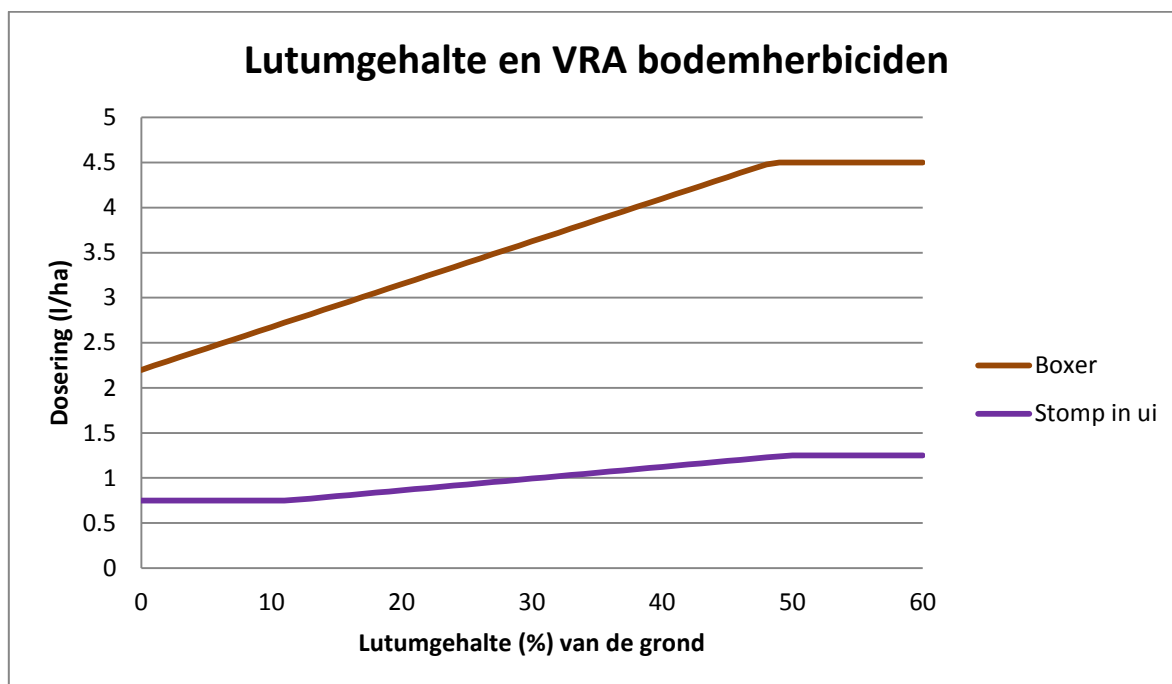


Figuur 2.4 Schematische weergave basismodel voor variabel doseren van bodemherbiciden. Het groene en rode deel van de curve geeft respectievelijk de onder en bovengrens aan. Daartussen (blauw) bevindt zich het deel waar de dosering lineair afgeleid is van de bodemparameter. De schaal op x-as is relatief gemaakt (0-100) en de y-as is in de range van gangbare doseringen.

De parameters voor het beschrijven van de curve in Figuur 2.4 zijn middel- en situatiespecifiek. In dit project richten we ons op 2 bodemherbiciden: Boxer en Stomp. Dit zijn middelen die in meerdere gewassen in de akker- en tuinbouw op zavel- en kleigrond toegepast worden. De parameters zijn afgeleid uit literatuuronderzoek, experimenten (zie o.a. hoofdstuk 3), en kennis en ervaring uit praktijksituaties. Belangrijke referenties in deze zijn Blumhorst et al. (1990), Negre et al. (2006), Tielen (2009) en Heijting et al. (2012) en de website van CTGB (controle op WG/GA).

In Figuur 2.5 staat voor Boxer en Stomp weergegeven hoe lutumgehalten vertaald worden in doseringen van de twee middelen. De bijhorende parameters plus de minimum en maximum doseringen staan in Tabel 2.2 weergegeven. Deze parameters zijn te gebruiken bij het maken van taakkaarten voor variabel doseren van Boxer en Stomp op basis van lutumkaarten met gangbare landbouwspruitmachines. De spuitmachine moet dan wel plaats specifiek aangestuurd kunnen worden vanuit de taakkaart.





Figuur 2.5 Schematische weergave van de relatie tussen lutumgehalte en dosering van twee bodemherbiciden bij toepassing van het basismodel  $Dosis = a \cdot x + b$ , met parameters zoals weergegeven in Tabel 2. Minima en maxima niet weergegeven in deze grafiek (zie Tabel 2).

Tabel 2.2 Parameters voor twee bodemherbiciden die in een lineair basismodel de relatie tussen lutumgehalte en dosering beschrijven.

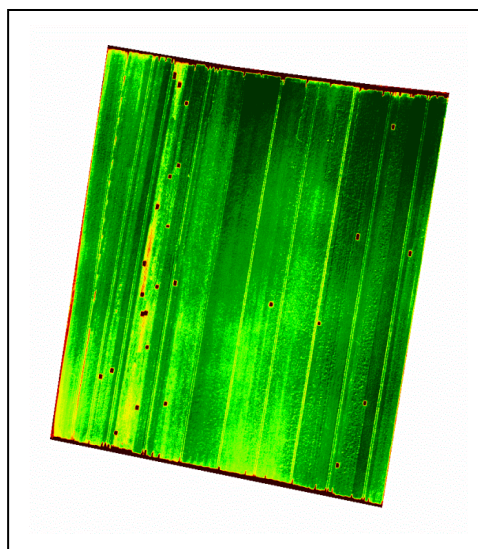
Herbicide	Actieve stof (gehalte)	Min. dosis	Max. dosis	a (r.c.)	b (intercept)
		[l prod./ha]	[l prod./ha]	[-]	[-]
Boxer	prosulfocarb (800 g/l)	2,5	4,5	0,048	2,20
Stomp	pendimethalin (400 g/l)	0,75	1,25	0,013	0,60

## 2.3 Basismodel variabel doseren middelen o.b.v. biomassa-metingen

Er zijn meerdere aanbieders van biomassa-kaarten. Ten grondslag aan deze kaarten liggen metingen met camera's die de gewasreflectie meten. De camera's worden ook wel sensoren genoemd (zie ook paragraaf 2.1.1). Van der Schans (2008) en Kikkert (2009) hebben overzichten gemaakt van praktijkrijpe gewasbiomassa-sensoren. Recente aanvullingen op deze overzichten staan op Groenkennisnet <http://precisielandbouw.groenkennisnet.nl/Gewas-monitoring.ashx>.

Op het kaartje hier naast wordt de variatie in biomassa binnen een perceel aardappelen getoond (WDVI kaart op basis van meting met multi-spectrale camera onder UAS, van Terra Sphere/Aurea Imaging, 2012). In dit geval wordt het gehele perceel gescand. Daarnaast zijn er diverse nearby sensoren die lijnscans van banen over een perceel maken. Merknamen zijn GreenSeeker, CropCircle, Fritzmeier, Yara N-Sensor. De schaal van precisie (resolutie) en mate van intra-polatie bij biomassa-kaarten kan sterk verschillen. Ze bieden echter in alle gevallen aanknopingspunten om de biomassa te kwantificeren en de ruimtelijke variatie in een kaart te tonen. Deze informatie is vervolgens te gebruiken als input in het basismodel voor doseren van middelen. Voor achtergronden over de metingen wordt naar genoemde rapporten verwezen. Recent is de Nationale Satellietdatabank beschikbaar gekomen. Vanuit deze database kunnen biomassa-kaarten gemaakt worden. Zie o.a.

[www.geodesk.nl/nsdbrowser](http://www.geodesk.nl/nsdbrowser).



Biomassa-kaarten zijn bruikbaar als input bij variabel doseren van een verschillende groepen van gewasbeschermingsmiddelen (zie Tabel 2.1). Het gaat hier vooral om (1) preventief in te zetten fungiciden met contactwerking (F-1 in Tabel 2.1), (2) groeiregulatoren in granen (G) en (3) loofdoodmiddelen in aardappelen, soya en katoen (H-1). In Nederland is ondertussen de meeste ervaring opgebouwd variabel doseren van middelen uit de groep van de loofdoodmiddelen (zie ook paragraaf 2.1.4). In dit hoofdstuk richten we ons op een basismodel variabel doseren van middelen o.b.v. biomassa-indices. Vanuit dit model kunnen rekenregels op maat gemaakt worden voor verschillende sensoren, adviesmodules en toedieningstechnieken. Aansluitend worden parameters voor enkele fungiciden, een loofdoodmiddel en een groeiregulator gegeven.

In hoofdstuk 2.1.4 werden factoren die de werking van gewasbeschermingsmiddelen beïnvloeden, reeds kort toegelicht (zie o.a. in Figuur 2.3). De hoeveelheid gewasbiomassa heeft bij de voorgenoemde groepen middelen enig tot groot effect op de minimum effectieve dosering (zie o.a. Kempenaar et al., 2009, AAB, 2012, Nieuwenhuizen en van de Zande, 2012). Echter, de minimum effectieve dosering wordt hier mede bepaald door weersomstandigheden, ras-eigenschappen en (bij fungiciden) de aanwezigheid van de ziekteverwekker, nog even los van de effecten van de sensing, het middel en de toedieningstechniek. Dit is dan ook een complexere situatie dan bij bijvoorbeeld bij bodemherbiciden (paragraaf 2.2). Een adviesmodel voor variabel doseren van fungiciden, groeiregulatoren en loofdoodmiddelen op basis van biomassa-kaarten kent altijd specificaties voor weer, gewas en infectiekans (komen we verderop op terug).

Verder is het van belang aan te sluiten bij robuuste biomassa-parameters, ook wel indices genoemd. De meest gebruikte index voor het in kaart brengen van biomassa, is de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Hieronder staat de formule voor berekenen van de NDVI weergegeven, waarbij  $R_v$  de gemeten reflectie van de vegetatie is bij verschillende golflengten in near infrarood en zichtbare

lichtspectrum.

$$\text{NDVI} = (R_{v, 760 \text{ nm}} - R_{v, 670 \text{ nm}}) / (R_{v, 760 \text{ nm}} + R_{v, 670 \text{ nm}})$$

Een andere robuuste index is de WdVI (Weighted Difference Vegetation Index). Deze index is gebaseerd op metingen bij andere golflengten en op een referentiemeting op onbegroeide grond ( $R_s$ ) (Clevers, 1989).

$$\text{WdVI} = R_{v, 810 \text{ nm}} - (R_{s, 810 \text{ nm}} / R_{s, 660 \text{ nm}}) R_{v, 660 \text{ nm}}$$

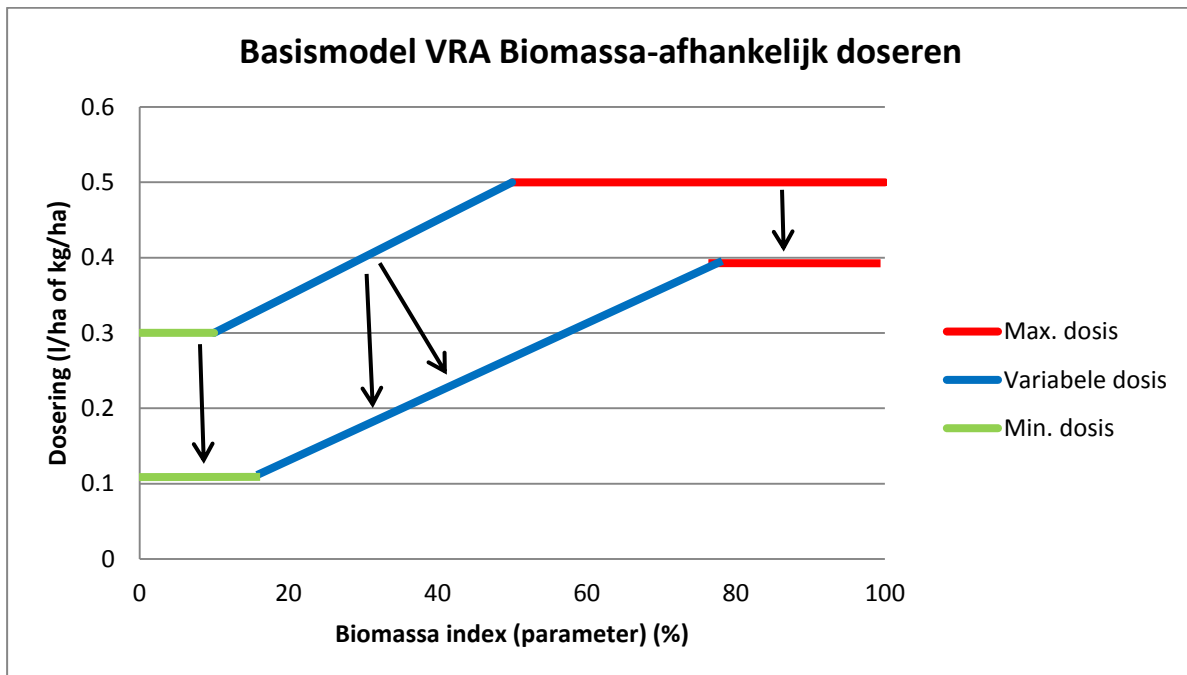
De WdVI is beter geschikt om de hoeveelheid en –activiteit van biomassa te meten dan de NDVI. Hij vereist echter wel een meting op onbegroeide grond. In bepaalde situaties zijn NDVI en WdVI goed gecorreleerd en kunnen dus met redelijke nauwkeurigheid in elkaar vertaald worden. PRI gebruikt WdVI als basis bij het ontwikkelen van rekenregels voor variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen (van Evert et al., 2012). De WdVI is dor te vertalen naar LAI (Leaf Area Index), een maat voor het aantal bladlagen van een gewas op een bepaalde plaats. LAI is een maat waarbij gemakkelijk iets voor te stellen is, een LAI van 3 betekent gemiddeld 3 bladlagen boven elkaar op één punt in het gewas. Andere biomassa-indices zijn TCARI/OSAVI en CWSI. Voor meer informatie over biomassa-kaarten wordt verwezen naar Groenkennisnet <http://precisielandbouw.groenkennisnet.nl/Gewas-monitoring.ashx>. In dit rapport nemen we NDVI en WdVI als vertrekpunt voor variabel doseren van fungiciden, groeiregulatoren en loofdoodmiddelen.

Het meest eenvoudige doseermodel dat toegepast kan worden om een biomassa-index in een dosering van een gewasbeschermingsmiddel te vertalen, is:

$$\text{Dosis}_{(\text{min, max, specificatie})} = a * x + b$$

waarbij de Dosis de dosering is,  $x$  de biomassa-index, en  $a$  en  $b$  de parameters zijn die ligging en steilheid van het lineaire verband aangeven. Bij dit model worden naast minimum en maximum doseringen ook specificaties toegepast. De minimum en maximum doseringen worden bepaald door de toedieningstechniek, omstandigheden (ras, weer en ziekteverwekker) en wetgeving. Minima, maxima en de parameters  $a$  en  $b$  zijn middel- en situatiespecifiek, er dient altijd aangegeven worden voor welk type situatie de rekenregel geldt, bijv. voor middel  $x$  in een resistent gewas bij ongunstig weer en hoge ziektedruk. In Figuur 2.5 is dit model schematisch weergegeven, waarbij opvalt dat we met een bandbreedte van doseringen te maken hebben. Waar de dosering in de bandbreedte ligt, hangt dus van de specificatie af. Als informatie over verzachtende omstandigheden ontbreekt (ras-eigenschappen gunstig, gunstig weer, weinig ziekte- en/of onkruidruk), dan dient de hoogste dosering uit de bandbreedte toegepast te worden.

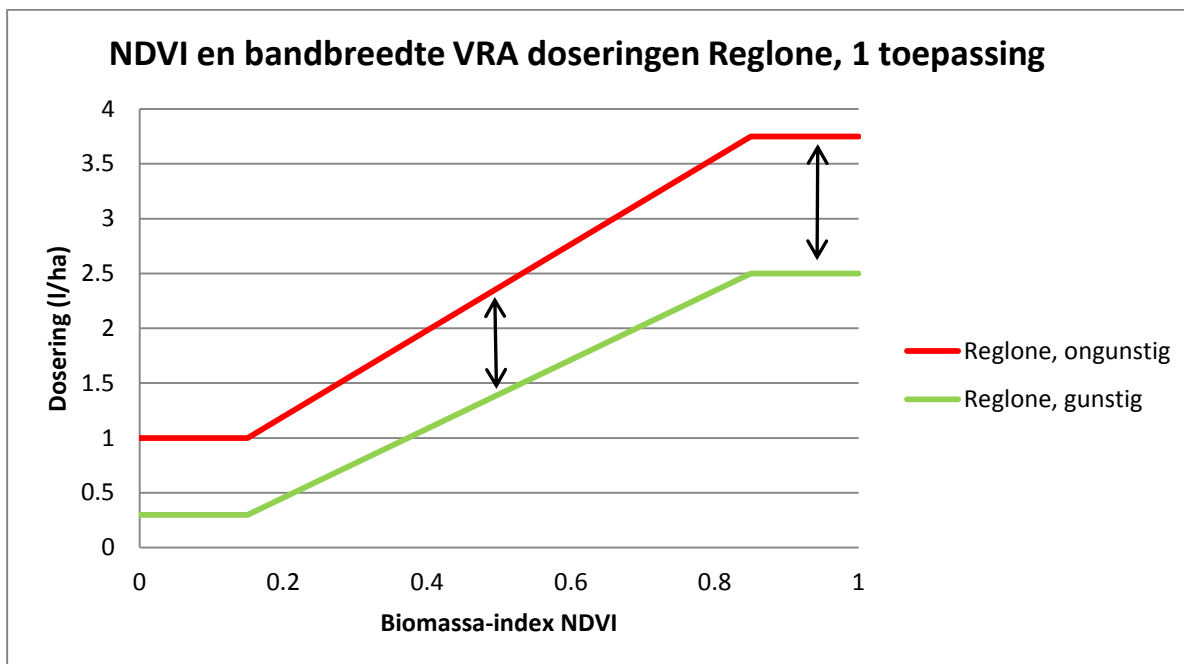
Binnen de marges van de minimum en maximum dosering is er op basis van de huidige kennis geen directe aanleiding om voor een non-lineair model te kiezen. Op moment dat duidelijk wordt dat er wel sprake is van non-lineaire relaties, kan gemakkelijk omschakeld worden naar een exponentiele of functie of een polynoom. Met een polynoom kan elke non-lineaire relatie beschreven worden.



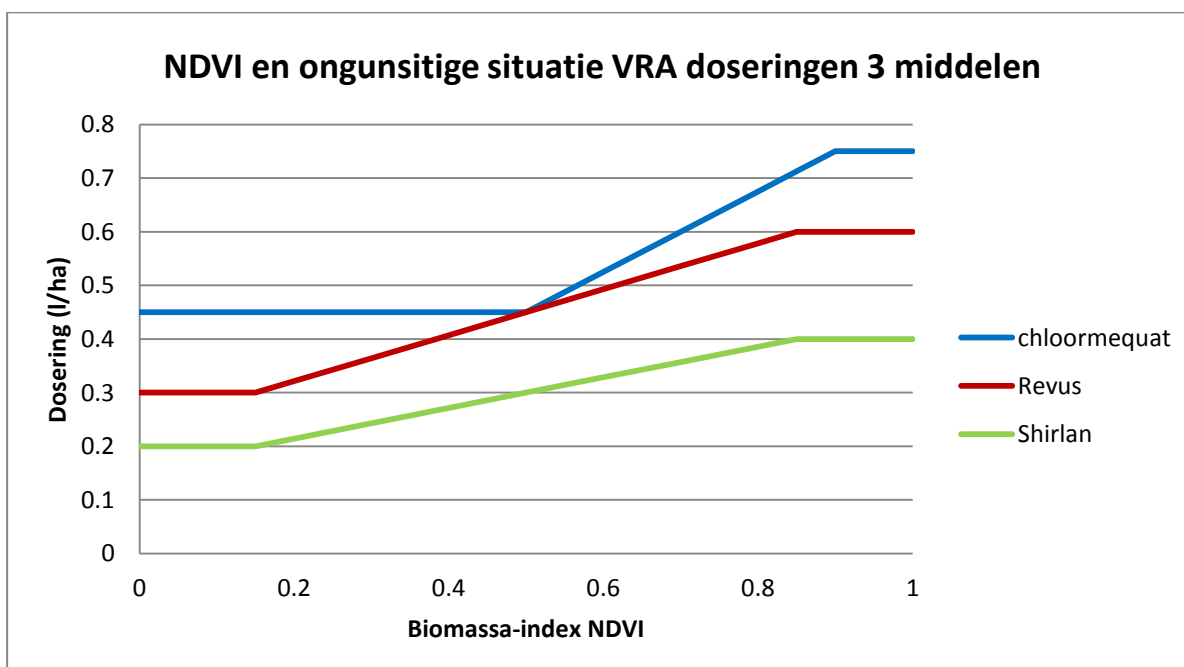
Figuur 2.6 Schematische weergave basismodel voor variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen op basis van biomassa-indices. De twee lijnen geven de onder- en bovengrenzen (bandbreedte) aan van doseringen bij een bepaalde indices. De schaal op x-as is relatief gemaakt (0-100) en de y-as is in de range van gangbare doseringen. Als informatie ontbreekt over verzachtende omstandigheden, dient de bovenste lijn toegepast te worden.

De parameters voor het beschrijven van de curves in Figuur 2.6 zijn middel- en situatiespecifiek. In dit project richten we rekenregels voor 2 fungiciden (Shirlan en Revus) in aardappelen tegen *Phytophthora infestans*. Deze rekenregels hebben ook toepassingsgrond in bloembollen. Tevens worden rekenregels voor een groeiregulator (CECECE) in wintertarwe en een loofdoodmiddel (Reglone) in aardappel gepresenteerd (Reglone). Als biomassa-index wordt de NDVI genomen. De parameters a en b, als ook de minima en maxima die gepresenteerd worden in Tabel 2.3, hebben betrekking op situaties waar geen verzachtende omstandigheden gelden. Dit wil zeggen dat ze gelden voor een relatief ongunstige situatie: ongunstig weer, ongunstige gewassituatie en aanwezigheid van ziekte- en/of onkruiddruk. Alleen als informatie over verzachtende omstandigheden beschikbaar is, kunnen de minima, maxima en de parameters a en b naar beneden bijgesteld worden. Hier wordt met uitzondering voor Reglone verder niet op ingegaan in dit rapport.

De parameters in Tabel 2.3 zijn bepaald uit literatuuronderzoek (o.a. Kempenaar, 2009, AAB, 2012, Nieuwenhuizen en van de Zande, 2012), experimenten (zie o.a. hfdst. 3) (Kempenaar et al, 2010) (Blok & Kempenaar, 2011) en kennis en ervaring uit praktijksituaties. Belangrijke referenties in deze zijn verder Blumhorst et al. (1990), Negre et al. (2006), Tielen (2009) en Heijting et al. (2012) en de website van CTGB (controle op WG/GA).



Figuur 2.7 Schematische weergave van de relatie tussen NDVI en dosering van Reglone bij loofdoding in aardappel, bij toepassing van het basismodel  $Dosis = a * x + b$ , met parameters zoals weergegeven in tabel 2.3. Specificatie: één bespuiting bij een ongunstige of gunstige situatie. De pijlen geven bandbreedtes VRA aan.



Figuur 2.8 Schematische weergave van de relatie tussen INDVI en dosering van 2 fungiciden en 1 groeiregulator (chloormequat 750 g a.s./l), bij toepassing van het basismodel  $Dosis = a * x + b$ , met parameters zoals weergegeven in tabel 2.3. Specificatie: ongunstige situatie. De ondergrenzen van de middelen in het basismodel worden niet getoond daar hieraan nog onderzoek plaatsvindt.

Tabel 2.3 Parameters van twee fungiciden, een groeiregulator en een loofdoordmiddel die in een lineair basismodel de relatie tussen biomassa-index NDVI en dosering beschrijven voor een situatie die ongunstig (o: ras-eigenschappen en weer ongunstig, aanwezigheid van ziekte- en/of-onkruiddruk) of gunstig (g) is. Alleen voor Reglone (Reglone/g) is voldoende kennis beschikbaar om de ondergrens in het basismodel parameters uit te drukken.

Middel/ specificatie	Actieve stof (gehalte)	Min. dosis	Max. dosis	a (r.c.)	b (intercept)
		[l prod./ha]	[l prod./ha]	[-]	[-]
Reglone/o	Diquat dibromide	1,0	3,75	3,93	0,41
Reglone/g	Diquat dibromide	0,3	2,5	3,14	0,17
Shirlan/o	fluazinam	0,2	0,4	0,29	0,16
Revus/o	Mandipropamid	0,3	0,5	0,43	0,24
CECECE/o	Chloormequat	0,45	0,75	0,75	0,08

\* De middelen waar alleen data voor ongunstige situaties gepresenteerd worden behoeven verder onderzoek om beslisregels op maat te ontwikkelen. Voor mandipropamid wordt dit in 2013 opgepakt in een nieuw project.

## 3 Validatie-experimenten bodemherbiciden

In hoofdstuk 2.2 staan de beslisregels die de relatie tussen lutum-gehalte en dosis voor Stomp en Boxer beschrijven. De in dit hoofdstuk beschreven kasproeven hebben als doel de rekenregels te staven. Voor de toetsing onder veldomstandigheden wordt verwezen naar de rapporten van PPL 070 en PPL 123.

De bodemgesteldheid binnen percelen kan aanzienlijk variëren (Cambardella et al., 1994; Heijting et al., 2011). Het afstemmen van de input op deze lokale verschillen vormt het uitgangspunt voor precisielandbouw. In Nederland komt er steeds meer informatie beschikbaar over de bodemvariatie binnen percelen. Zowel organisch stof als textuur van de bodem beïnvloeden de effectiviteit van bodemherbiciden. Bodemherbiciden worden op dit moment nog volvelds toegepast (enkele pioniers daargelaten). Door de dosering af te stemmen op de bodemvariatie binnen het perceel kunnen onkruiden effectiever bestreden worden, en zal het gewas minder nadelig beïnvloed worden door de herbiciden en kunnen kosten en milieu effecten worden gereduceerd. Hiervoor zijn gevalideerde beslisregels nodig waarbij de dosering bodemherbicide per oppervlakte eenheid wordt afgestemd op de lokale kenmerken van de bodem. Het doel van deze studie is de ontwikkeling van beslisregels voor de bodemherbicide Boxer en Stomp. Aan de hand van kasproeven werd het effect van bodemgesteldheid op de werking van deze middelen bestudeerd. Dit verslag beschrijft de resultaten van het onderzoek.

Prosulfocarb is de actieve stof in het middel Boxer. De formulering van Boxer bevat 800 g/l prosulfocarb. Het middel behoort tot de thiocarbamaten. Het heeft een bodemwerking en remt de vetzuur synthese. Boxer wordt toegepast voor de onkruidbestrijding in wintertarwe, aardappelen, uien, graszaadgewassen, blauwmaanzaad en karwij (zie Wettelijk Gebruiksvoorschrift Ctgb). Het heeft een brede werking en bestrijdt eenjarige grassen zoals duist en straatgras en tweezaadlobbige onkruiden zoals muur, zwarte nachtschade en klein kruiskruid. Klein kruiskruid en zwarte nachtschade worden in deze studie gebruikt voor de bepaling van de werking van Boxer in relatie tot het lutum gehalte in de grond.

Pendimethalin is de actieve stof van het bodemherbicide Stomp. Stomp 400 SC bevat 400 g/l pendimethalin. Pendimethalin verhindert de celdeling en behoort tot de dinitroanilines. Stomp bestrijdt eenjarige grassen en tweezaadlobbige onkruiden. Het wordt toegepast in onder meer consumptieaardappelen, wintergranen, snijmaïs en korrelmaïs en uien (zie Wettelijk Gebruiksvoorschrift Ctgb). In de kasproef met Stomp is zwarte nachtschade gebruikt om de relatie tussen werking van het middel en lutum gehalte van de grond te bepalen.

### 3.1 Proefopzet

#### 3.1.1 Grond kasproef I & II

De grond die in kasproef I en II is gebruikt is afkomstig van de percelen van het akkerbouwbedrijf Mts Zondag in Biddinghuizen. Op perceel Q29\_1+2 zou in 2012 plaats specifiek Boxer worden toegepast in de aardappels. Volgens de 1:50:000 bodemkaart is het een Mn25A (poldervaaggrond, zware zavel). In 2011 is op het bedrijf van Harold Zondag de bodem variatie ten aanzien van organisch stof gehalte en lutum fractie gedetailleerd in kaart gebracht door het bedrijf Medusa (van Egmond, 2011). In Figuur 3.1 is de lutum fractie van een aantal percelen van Harold Zondag volgens dit onderzoek weergegeven. Op 3 april 2012 is door de WUR grond op twee plaatsen verzameld. Zwaardere grond van perceel Q29\_1 op een plaats vlakbij het erf (locatie H in Fig. 3.1) en lichtere grond van Q30\_4 (locatie L in Fig. 3.1), van beide locaties ongeveer 70 liter van de bovengrond. Deze bodemmonsters zijn aan de lucht gedroogd en vervolgens zijn de grote klonten verbrokken om menging van de twee grondsoorten te vergemakkelijken. Grond met laag lutum percentage (code: L) is volumetrisch gemengd met grond met hoog lutum percentage (code H) om een range in bodemtypen te krijgen (Tabel 3.1 en 3.2).

*Tabel 3.1 Mengschema grond van zware grond van Q29\_1 (Z) en lichtere grond van Q30\_4 (L) van de eerste kasproef.*

<b>Mengverhouding\Label</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>H</b>
<b>H</b>	0	50	100
<b>L</b>	100	50	0
Lutum % volgens BLGG	9.5%	17%	24.5%

*Tabel 3.2 Mengschema grond van zware grond van Q29\_1 (Z) en lichtere grond van Q30\_4 (L) van de tweede kasproef.*

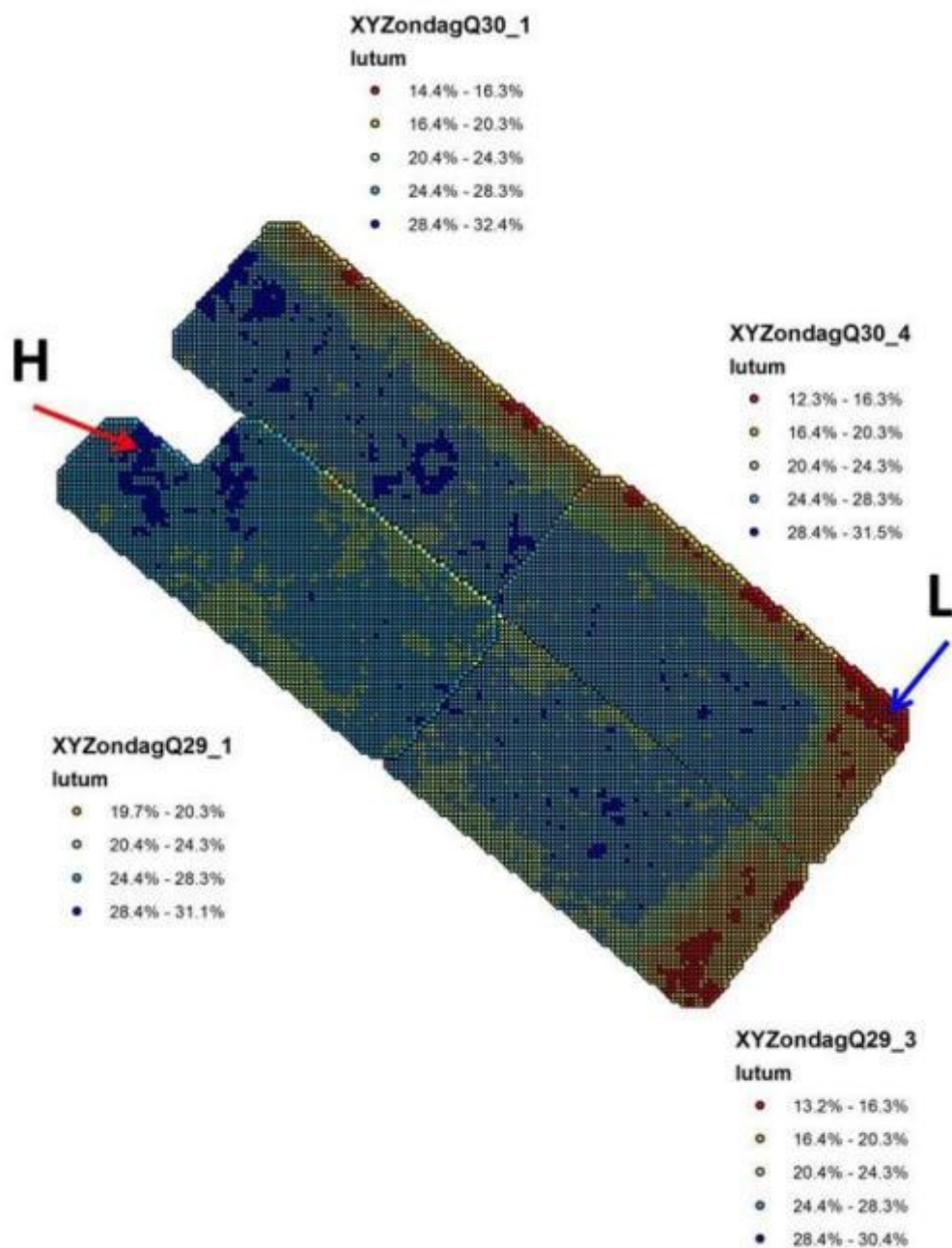
<b>Mengverhouding\Label</b>	<b>L</b>	<b>ML</b>	<b>M</b>	<b>HM</b>	<b>H</b>
<b>H</b>	0	25	50	75	100
<b>L</b>	100	75	50	25	0
Lutum % volgens BLGG	9	10	13	17	22

In Bijlagen III en IV staan de volledige resultaten van het bodemonderzoek door BLGG van de grond monsters van kasproef I en II.

### 3.1.2 Grond kasproef III

In de derde kasproef is grond van percelen van Wageningen UR gebruikt. De zwaardere grond is rivierklei van perceel Afweg 1 Oost met een organisch stof gehalte van 5.4%. De lichtere grond is dekzand van perceel Nergena U gebruikt. Deze grond heeft een organisch stof percentage van 3.4%. De grondsoorten zijn niet gemengd. In Bijlagen V en VI staan de resultaten van het bodemonderzoek door BLGG van de grondmonsters van de percelen AfwegOost 1 en Nergena U.





*Figuur 3.1 Lutum gehalte op percelen van Harold Zondag. Locatie met zwaardere grond is H, en de lichtere grond is L (Bron: Medusa, 2011).*

### 3.1.3 Proefopzet Kasproef I en II

Er zijn 2 kasproeven gedaan met Boxer en de grond van de percelen van Harold Zondag. In Tabel 3.3 staan details over deze proeven. Kasproef I, de pilot, was kleiner van opzet dan kasproef II. Werkwijze bij beide proeven was grotendeels gelijk (Fig 3.2). Eventuele verschillen in opzet worden besproken. Nadat de grond gemengd was, werd deze verdeeld over het aantal gewenste potjes. Ieder potje heeft de volgende afmeting: 6x6x8 cm (lxbxh). Per potje werden 20 zaden van klein kruiskruid op het grondoppervlak geplaatst. Vervolgens werd een dun laagje (dezelfde grondsoort als reeds in het potje zat) aangebracht op de zaden. De grond werd vervolgens bevochtigd door de onderkant van de potjes in een laagje water te zetten. De bespuiting van de potjes werd 1 dag nadat de grond bevochtigd was gedaan.



*Fig. 3.2 (A) Selectie en tellen van klein kruiskruid zaden, (B) de bespuiting van de potjes, (C) de potjes in de kas en (D) het oogsten van de onkruiden.*

De spuitcabine is een ruimte van 4 bij 1 bij 1 m (l x b x h), waar in het midden de planten worden neergezet en waaroverheen de vloeistof wordt verneveld door een spuitboompje met 3 doppen (TeeJet XR 110.03) die met een bepaalde snelheid over de plant beweegt. In deze proef is de cabine zo ingesteld dat ter hoogte van de planten een dosering van 300 L/ha is gerealiseerd. Na de bespuiting werden de plantjes in de kas geplaatst. De wijze waarop ze vervolgens waren geordend en voorzien van water verschilde tussen de 2 proeven. Hieronder staat dit beschreven.

Kasproef I: Na de bespuiting werden de potjes in afzonderlijke aluminium schaaltes geplaatst, om uitwisseling van het bodemherbicide via het water te voorkomen. Bevochtiging van de grond vond via de onderkant van de potjes plaats. De proefopzet was volledig gewaard.

Tabel 3.3 Details Kasproef I en II.

Informatie over proef	Kasproef I	Kasproef II
Onkruid	Klein kruiskruid ( <i>Senecio vulgaris</i> )	Klein kruiskruid ( <i>Senecio vulgaris</i> )
Doseringen Boxer	0, 1, 2, 3, 4 en 5 l/ha	0, 1, 2, 3, 4 en 5 l/ha
Bodem typen Tabel 3.2	H, M & L	H, HM, M, ML & L
Herhalingen	3 herhalingen per dosis-bodem combinatie. controle (0.0 l/ha) 5 herhalingen	6 herhalingen per dosis-bodem combinatie
Aantal onkruidzaden per potje	20	20
Potten gevuld	30 mei 2012	4 juli 2012
Zaaien	30 mei 2012	12 juli 2012
Datum bespuiting met Boxer	31 mei 2012	13 juli 2012
Datum eind beoordeling en oogst	21 juni 2012	0 en 5 l/ha op 20 augustus en 1, 2,3 en 4 op 21 augustus 2012
Bepalingen op einddatum	Per soort: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aantal planten per potje</li> <li>• Vers gewicht per potje</li> <li>• Drooggewicht per potje</li> </ul>	Per soort: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aantal planten per potje</li> <li>• Vers gewicht per potje</li> <li>• Drooggewicht per potje</li> </ul>

Kasproef II: Na de bespuiting werden de potjes met dezelfde dosering in dezelfde tray geplaatst om mogelijke effecten tussen potjes uit te sluiten. De grond werd vochtig gehouden met een plantenspuit of met een 'broes'. Dit omdat de eerste proef niet heel duidelijke resultaten gaf en we het idee hadden dat dit kwam doordat de inwerking van het herbicide mogelijk verbeterd kon worden door te bevochtigen vanaf de bovenkant van de potjes. Het kasklimaat had een dag / nachttemperatuur van 18 / 12 °C en de luchtvochtigheid was 70%

### 3.1.4 Waarnemingen

De kieming van de onkruidzaden en andere aanwezige onkruiden werd op meerdere tijdstippen bepaald, maar uiteindelijk zijn alleen de resultaten van de eindbeoordeling nader geanalyseerd. De oogst vond in de eerste kasproef plaats na 3 weken en in de tweede kasproef na 5,5 weken. Op de dag van de oogst werden ook de laatste waarnemingen aan het aantal gekiemde onkruiden per soort gedaan. Het versgewicht werd per soort per potje bepaald. Vervolgens werd de oogst overnacht gedroogd bij 70 °C gevolgd door 2 uur bij 105 °C. Hierna werd het droog gewicht gemeten.

### 3.1.5 Klein kruiskruid (*Senecio vulgaris*)

Het kiemingspercentage van klein kruiskruid werd vooraf bepaald in 5 petrischalen met ieder 10 zaden en in 15 potjes met potgrond met ieder 1 zaadje van klein kruiskruid. Het kiemingspercentage in de petrischalen was 52 % en in de potgrond 67 %.

### 3.1.6 Natuurlijk onkruidvegetatie in de grond van locatie L en H

Om te weten of er al veel klein kruiskruid aanwezig was in de bodemonsters, werd van beide grondsoorten L en H ieder 15 potjes met grond gevuld en bevochtigd op 12 april 2012. Gedurende 3

weken werd de onkruid vegetatie beoordeeld. Uiteindelijk bleek er in geen van de 30 potjes klein kruiskruid te groeien (Fig. 3.4). Op zowel L kwam straatgras het meeste voor, gemiddeld 1,6 plant per potje. Melganzevoet met gemiddeld 1.1 plant/potje was het tweede onkruid. Daarnaast kwamen er op de lichte (L) grond zwarte nachtschade, herderstasje en varkensgras voor. Straatgras kwam ook op de zwaardere (H) grond voor maar minder frequent (gemiddeld 0,2 plant per potje). Op de H grond was de dichtheid melganzevoet het hoogste (gemiddeld 2,5 plant/potje). Andere soorten op de H grond waren zwarte nachtschade, herderstasje, melkdistel muur en paarse dovenetel.



*Figuur 3.3 Opstelling van de potjes in (A) kasproef I en (B) kasproef II.*



*Figuur 3.4 Natuurlijke onkruid vegetatie op locatie L (linker tray) en H (rechter tray).*

### 3.1.7 Proefopzet Kasproef III

De derde kasproef werd gedaan in november 2012 (Tabel 3.5). Reden voor deze proef was het weinig eenduidige resultaat van de eerdere twee kasproeven ten aanzien van het effect van kleigehalte op de werking van het bodemherbicide Boxer. In deze proef werd naast Boxer ook de het middel Stomp toegepast. Als onkruid werd zwarte nachtschade (*Solanum nigrum* L. ) gebruikt, omdat klein kruiskruid ongevoelig is voor het middel Stomp.

Tabel 3.5 Details Kasproef III.

Informatie over proef	Kasproef III
Onkruid	Zwarte nachtschade ( <i>Solanum nigrum</i> L.)
Doseringen Boxer	0, 0,5, 1, 3, 5 l/ha
Doseringen Stomp	0, 0,5, 1, 3, 5 l/ha
Bodem typen	Nergena U en Afweg
Herhalingen	5 herhalingen per dosis-bodem combinatie
Aantal onkruidzaden per potje	20
Potten gevuld	21 november 2012
Zaaien	22 november 2012
Datum bespuiting	23 november 2012
Datum eind beoordeling	8 januari 2013
Bepalingen op einddatum	Per soort: <ul style="list-style-type: none"><li>• Aantal planten per potje</li><li>• Vers gewicht per potje</li><li>• Drooggewicht per potje</li></ul>

Op 23 november werden alle bespuitingen uitgevoerd. Na de bespuiting werden de potjes in afzonderlijke aluminium schaaltes geplaatst, om uitwisseling van het bodemherbicide via het water te voorkomen. De potjes met de plantensproeier bevochtigd en vervolgens onder een plastic stolp geplaatst om te zorgen dat de grond vochtig genoeg bleef gedurende de eerste dagen na de bespuiting. De stolp werd verwijderd. De proefopzet was volledig gewaard. Het kasklimaat had een dag / nachttemperatuur van 18 / 12 °C en de luchtvochtigheid was 70%.



*Figuur 3.5 Kasproef III Potjes met zwarte nachtschade zaden.*

### 3.1.8 Analyse

De data werd in Genstat (15th Edition) geanalyseerd met ANOVA. Aantal planten per potje, vers gewicht per potje en droog gewicht per potje werden apart geanalyseerd. De significantie van zowel dosis als bodemtype werd bepaald. Bij kasproef II kon de oogstdatum niet als apart blok mee worden genomen in verband met een tekort aan vrijheidsgraden.

## 3.2 Resultaten

### 3.2.1 Kasproef I

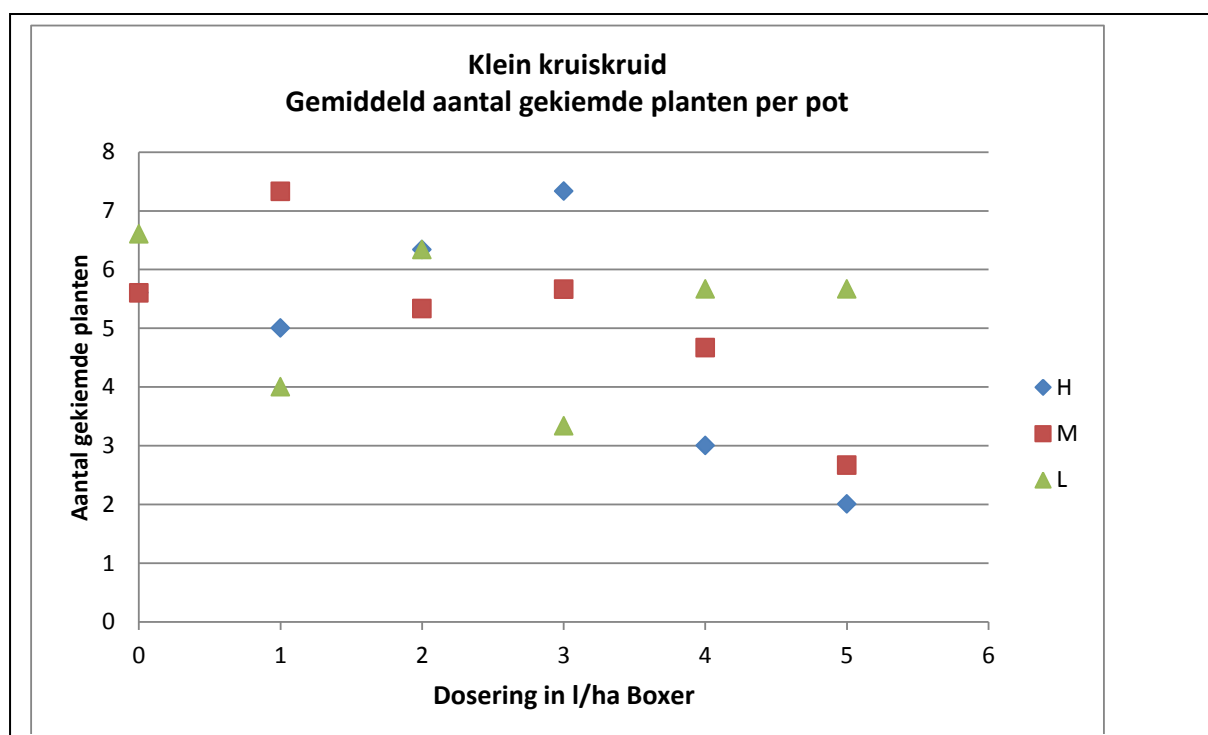
Overall beschouwd leidt een hogere dosering Boxer tot een afnemend kiemingspercentage en vers en drooggewicht (Fig. 3.6 ABC). Het verloop is echter grillig. De grote variatie tussen de herhalingen van een behandeling heeft mogelijk geleid tot de afwezigheid van significante effecten. Het aantal gekiemde planten voor grondsoort H bij dosering 3 l Boxer/ha voor de 3 herhalingen bedroeg 13, 7 en 2. De variatie tussen de herhalingen was ook aanwezig bij de vers-en drooggewichten voor grondsoort H bij deze dosering. Een mogelijk oorzaak van deze variatie kon niet gevonden worden.

Het enige significante effect (Tabel 3.6) was die van de dosering op het vers gewicht per pot van de klein kruiskruid plantjes (F prob =0,01).

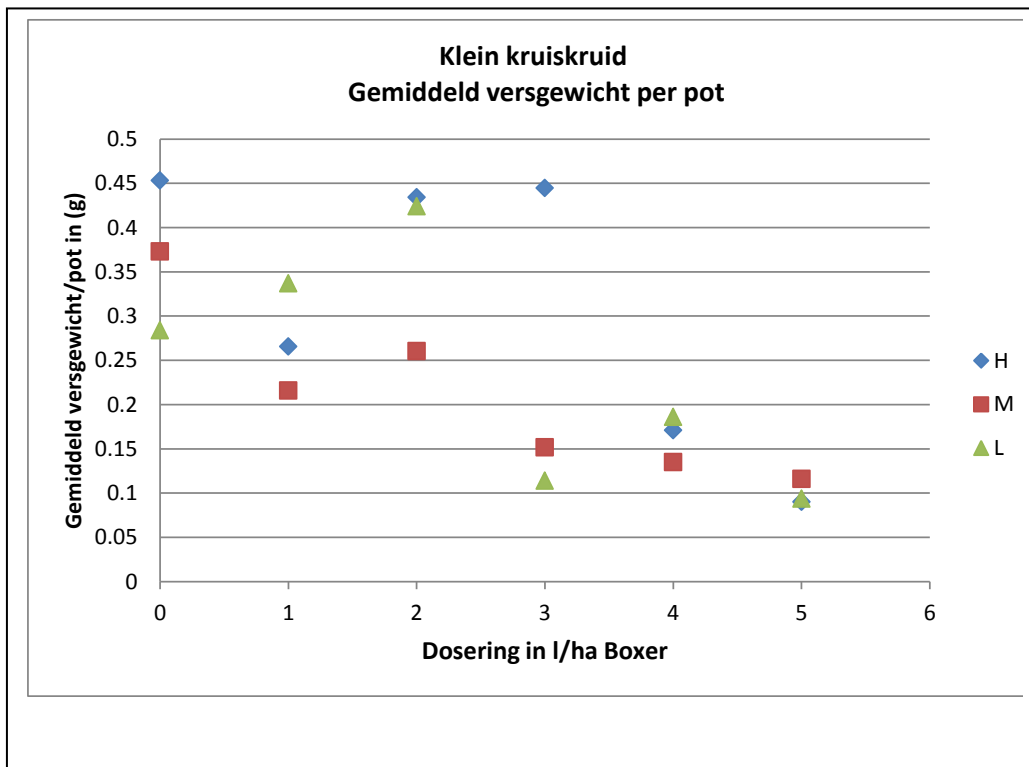
Het verwachte effect van het lutum gehalte van de grond op de werking van Boxer was niet aanwezig in deze proef.

*Tabel 3.6 Kasproef I: Resultaten van de ANOVA. F. prob. is weergegeven voor de verschillende behandelingen.  $P < 0,05$  is significant.*

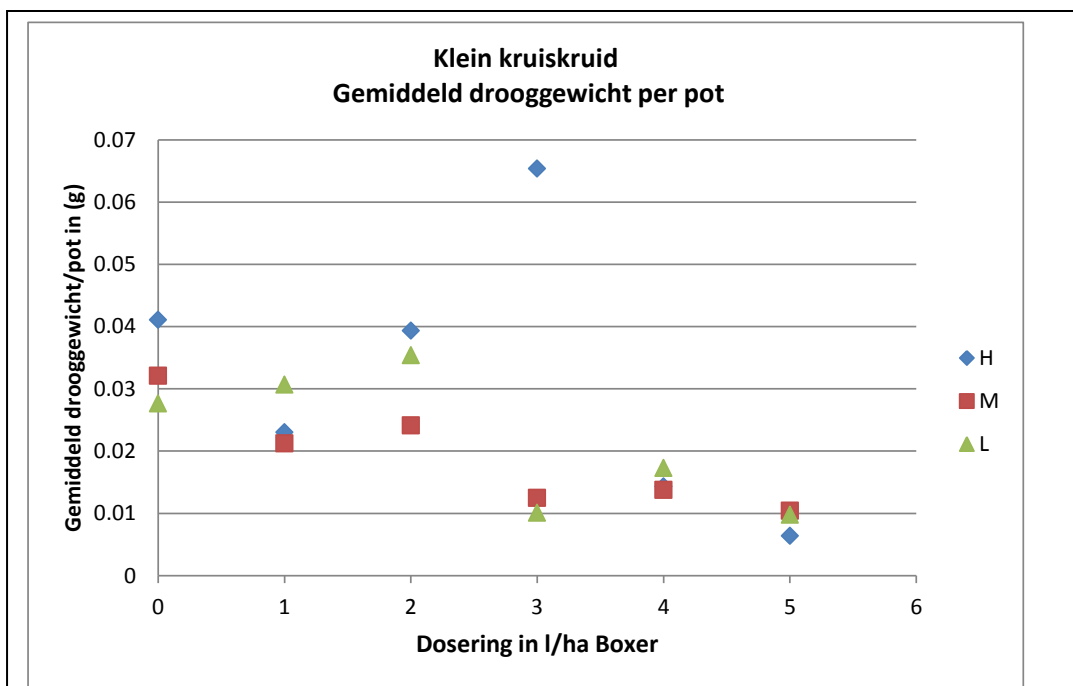
Factor	F prob Aantal gekiemde plantjes	F prob Vers gewicht	F prob Droog gewicht
Dosering	0.209	<b>0.010</b>	0.057
Grond	0.848	0.222	0.151
Dosering*Grond	0.295	0.733	0.316



(A)



(B)



(C)

*Figuur 3.6 Kasproef I: gemiddelden per behandeling voor (A) aantal, (B) vers gewicht en (C) het droog gewicht van de klein kruiskruid plantjes per pot.*



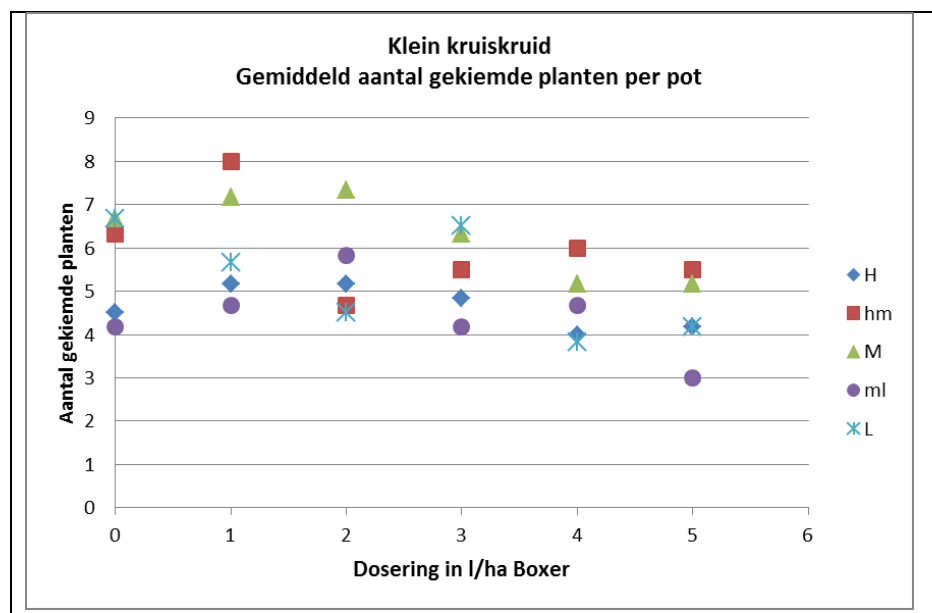
### 3.2.2 Kasproef II

Vergeleken met Kasproef I, waren er in kasproef II meer, maar minder eenduidige, significante effecten aanwezig (Tabel 3.7) De uitkomsten van de ANOVA lieten zien dat grond een significant effect op aantal gekiemde plantjes ( $P=0.002$ ), vers gewicht ( $P<0.001$ ) en drooggewicht ( $P=0.001$ ) van de klein kruiskruid plantjes (Tabel 3.7). Daarnaast had de dosering een significant effect op de kieming ( $P=0.05$ ) en het vers gewicht van klein kruiskruid ( $P=0.019$ ). Ook op de aanwezig melde planten en op de resterende onkruiden, had de bodem een significant effect (hier niet getoond).

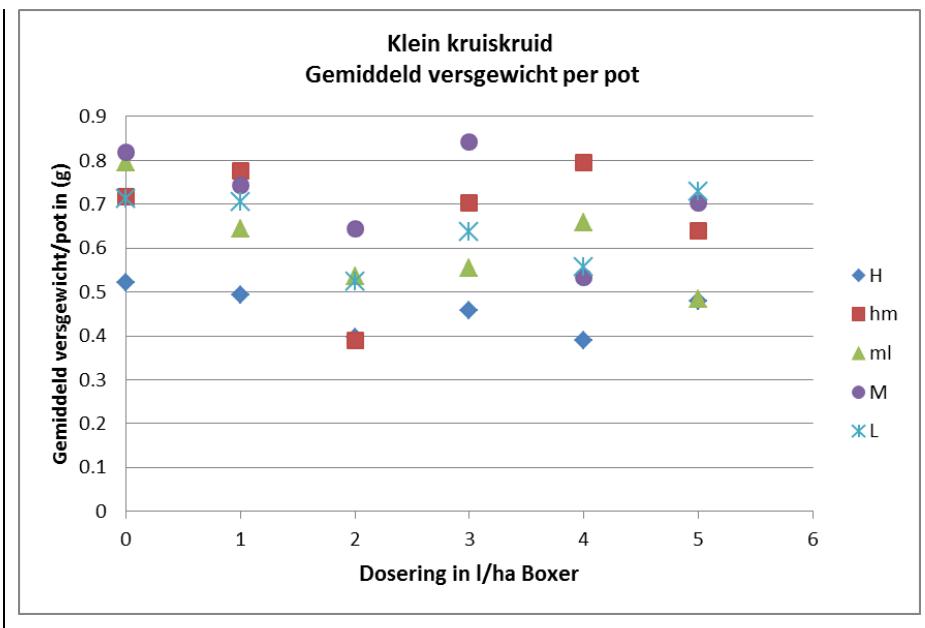
Voor de kieming van klein kruiskruid is de afname met oplopende dosering zichtbaar in Figuur 3.7A maar, het effect is niet zo sterk als verwacht op basis van de doseringsreeks. Uitgaande van Figuur 3.7B & C lijkt deze trend voor vers- en drooggewicht afwezig. Het vers- en drooggewicht daalt tussen de 0 en 2 L per ha, maar stijgt weer vanaf 3 L per ha.

Tabel 3.7 Kasproef II: Resultaten van de ANOVA. F. prob. is weergegeven voor de verschillende behandelingen.  $P < 0,05$  is significant.

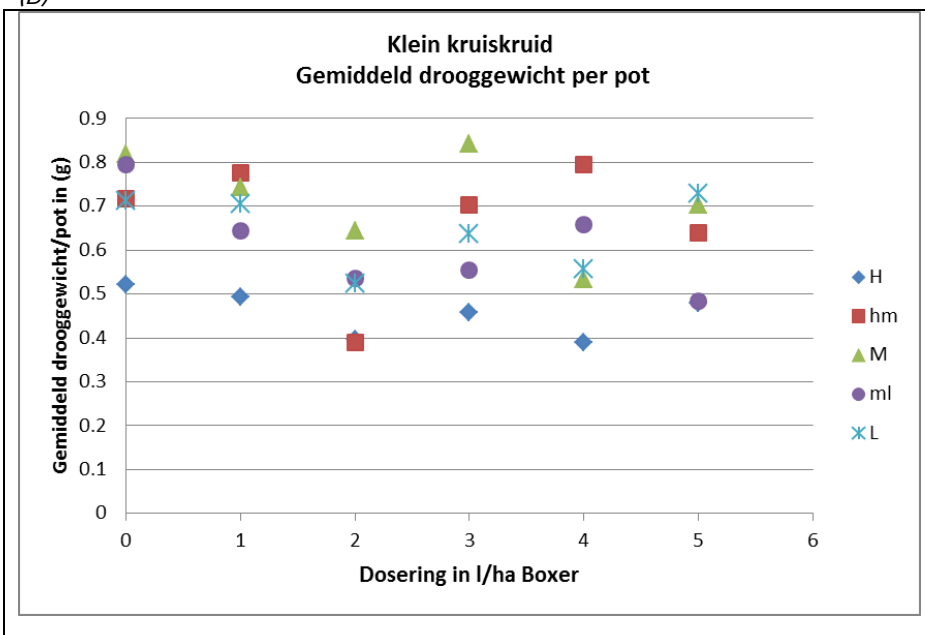
Factor	F prob Aantal gekiemde plantjes	F prob Vers gewicht	F prob Droog gewicht
Dosering	<b>0.050</b>	<b>0.019</b>	0.404
Grond	<b>0.002</b>	<b>&lt;.001</b>	<b>0.001</b>
Dosering*Grond	0.742	0.755	0.477



(A)



(B)



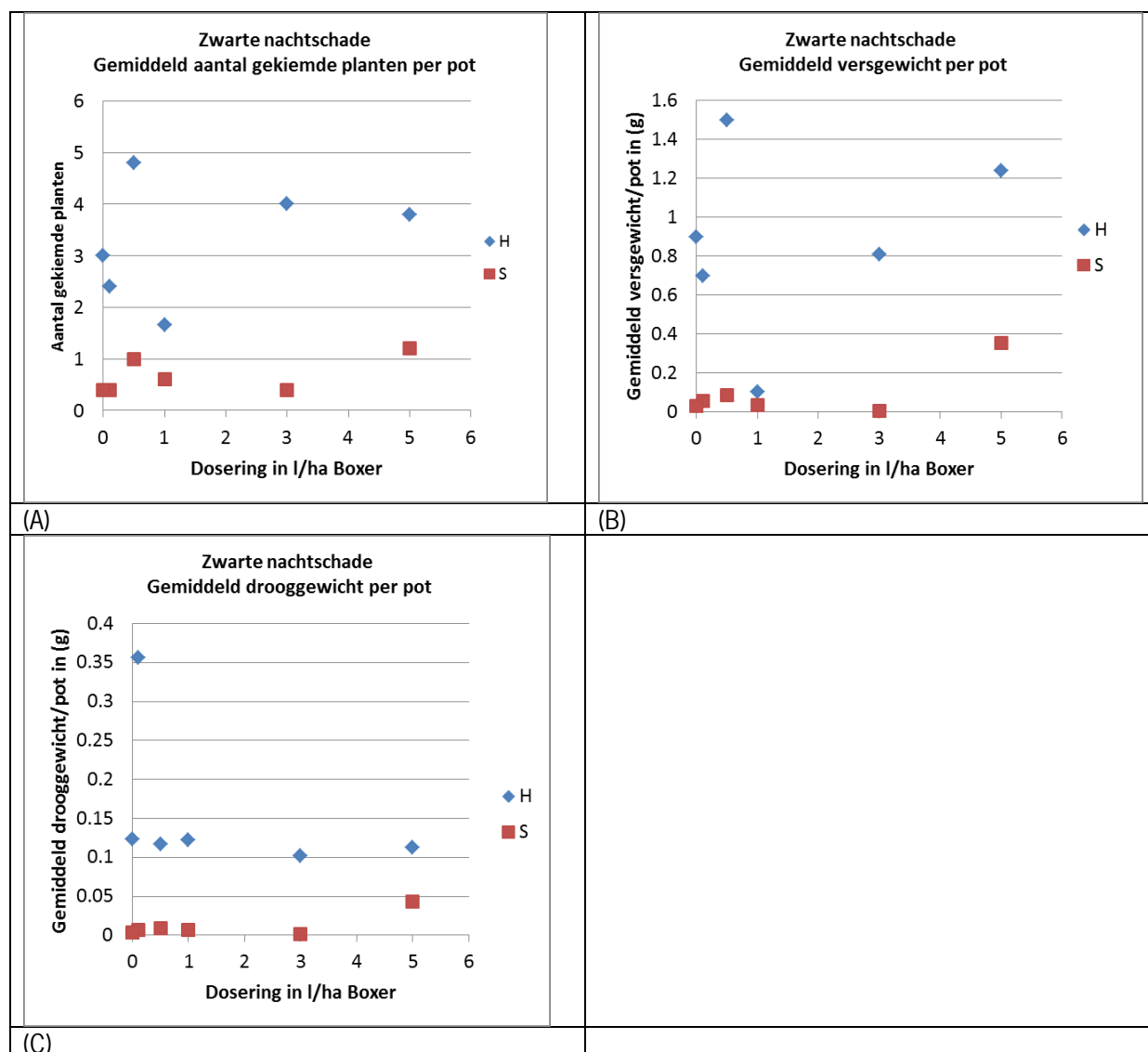
(C)

*Figuur 3.7 Kasproef II: gemiddelden per behandeling voor (A) aantal, (B) vers gewicht en (C) het droog gewicht van de klein kruiskruid plantjes per pot.*

### 3.2.3 Kasproef III

#### 3.2.3.1 Boxer

In Figuur 3.8ABC staan de resultaten van kasproef III met Boxer. Een nadere analyse met ANOVA is niet uitgevoerd omdat de kieming van de zwarte nachtschade zaden extreem laag was. In sommige potten waren helemaal geen zaden gekiemd, zoals bij 4 van de 5 onbehandelde potten. Er waren per pot 20 zaden gezaaid. Een aanwijsbare reden voor de slechte kieming werd niet gevonden. Overall kiemden de zaden beter in de potten met H grond.



Figuur 3.8 Kasproef III: gemiddelden per behandeling voor (A) aantal, (B) vers gewicht en (C) het droog gewicht van de zwarte nachtschade plantjes per pot.

### 3.2.4 Stomp

Slechts 3 zaden kiemden in deze hele proef bij grondsoort S en 6 bij grondsoort H. De kieming in deze proef was zo extreem laag dat de resultaten hier verder niet worden besproken.

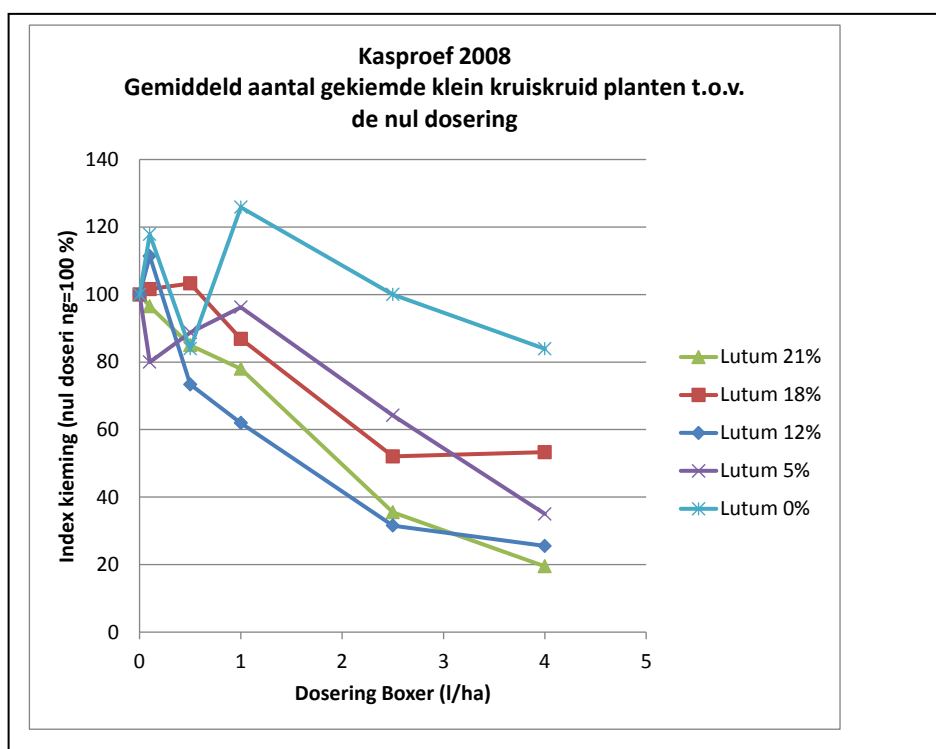
## 3.3 Discussie

### 3.3.1 Kasproef I & II

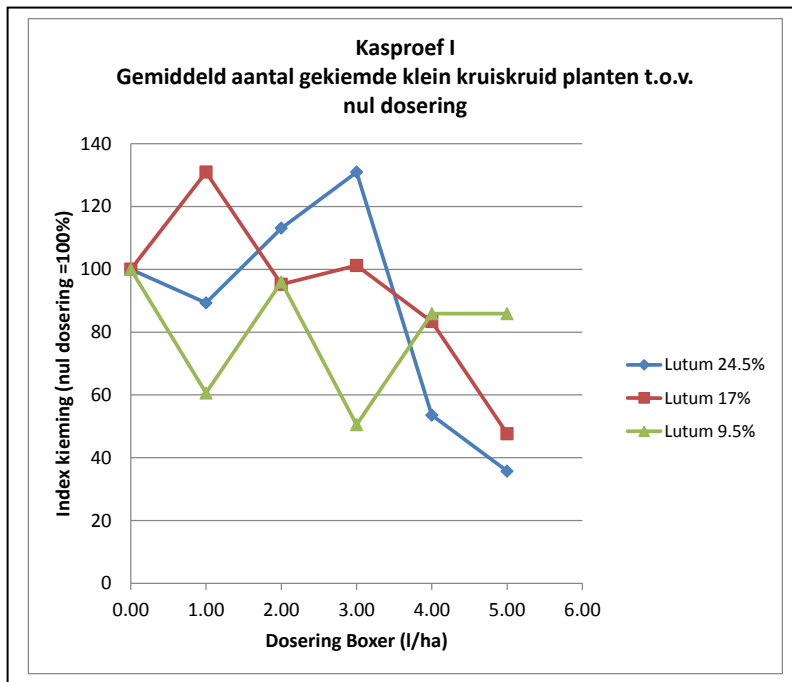
De resultaten lieten geen eenduidig beeld zien. Grondsoort had wel effect, maar een duidelijk trend was niet aanwezig. Een mogelijke oorzaak (sputinstallatie, onkruid, oplossing Boxer etc. ) werd niet gevonden. In het Wettelijk gebruiksvoorschrift van Boxer wordt het belang van een goed bezakte vochtige grond voor de werking van dit middel benadrukt. De grond in de potjes oogde wel vochtig, maar er zijn geen metingen aan gedaan. Mogelijk zijn de omstandigheden in de kas, vooral bij de tweede kasproef, toch te droog geweest voor Boxer om een goede werking te geven. In Kasproef II lijkt het effect van Boxer afwezig te zijn.

### 3.3.2 Resultaten kasproef I en II vergeleken met resultaten uit 2008 experiment

In 2008 is het effect van de samenstelling van de bodem op de werkzaamheid van verschillende bodemherbiciden bepaald in kasproeven. In één van de proeven werd de werkzaamheid van het middel Boxer met toenemend kleigehalte van de bodem getest aan de hand van de kieming en het versgewicht van klein kruiskruid (Berend Jan Dobma, niet gepubliceerde gegevens) (Figuur 3.9). De effecten van een toenemende dosering op een afnemende kieming was in de 2008 proef veel duidelijker aanwezig dan bij de kasproeven in 2012 (Figuur 3.10). De verwachting is dat de werking van de Boxer afneemt met een toenemende lutum fractie in de bodem. Geen van beide proeven laten dit effect zien. De hogere lutum fractie lijkt eerder te leiden tot een betere bestrijding van klein kruiskruid.



*Figuur 3.9 Resultaten van de 2008 kasproef met Boxer: Aantal gekiemde klein kruiskruidplanten t.o.v. de nuldosering bij de verschillende lutum gehalten van de bodem*



Figuur 3.10 Resultaten van de 2012 kasproef I met Boxer: Aantal gekiemde klein kruiskruidplanten t.o.v. de nuldosering bij de verschillende lutum gehalten van de bodem.

### 3.3.3 Vergelijking met resultaten van andere Boxer studies

De beschikbaarheid van prosulfocarb in verschillende grondsoorten bleek in een studie van (Nègre et al., 2006) vooral bepaald te worden door de adsorptie aan organische stof van de bodem. Daarnaast speelde kleigehalte van de bodem een rol in het adsorptie proces. De mate waarin klei een rol speelt leek echter weer afhankelijk te zijn van de hoeveelheid organisch stof in de grond. Er kon geen eenduidige relatie tussen klei en de adsorptie van prosulfocarb worden vastgesteld. In hun studie stellen zij dat de pH van de bodem van belang is voor de adsorptie van prosulfocarb in klei houdende gronden.

### 3.3.4 Kasproef III

De reden voor het falen van de kieming is onbekend. In een vervolg proef zal de kieming van nieuwe zaden in petrischaaltjes worden getest.

### 3.3.5 Aanbevelingen voor nader onderzoek

De kasexperimenten hebben maar beperkt resultaat geleverd bij het ontwikkelen van de beslisregels voor variabel doseren van bodemherbiciden. De vraag die naar boven komt is: 'Wat is een efficiënte manier om beslisregels te ontwikkelen?' En: 'Hoe kunnen we de parameters voor de rekenregels op efficiënte wijze bepalen?' Een model studie waarin de verschillende eigenschappen van de bodem (organisch stof, klei gehalte, pH) in combinatie met veld en kasproeven kan mogelijk meer helderheid verschaffen over de effecten van bodemparameters op de werking van bodemherbiciden.

## 4 Validatie-experimenten fungiciden

In dit hoofdstuk worden resultaten van een dosis-response proef en een praktijkproef beschreven. Het doel van de proeven was toetsing van concept beslisregels voor doseren van het fungicide Revus (actieve stof Mandipropamid) tegen de schimmel *Phytophthora infestans*, de veroorzaker van de aardappelziekte. In de veldproef werden er op meerdere tijdstippen doseringsreeksen van Revus getest (dosis-response proef). De mate van bescherming door de doseringen werden bepaald met een biotoets. De praktijkproef werd gedaan met een Yara N-Sensor (biomassa-sensor), een CHD landbouwspruit en de rekenregel uit Tabel 2.3. In deze proef werd een schema met vaste uniforme doseringen vergeleken met een opbouwend schema van VRA doseringen. De proeven werden gedaan op proefbedrijf 't Kompas. Het onderzoek bouwt voort op resultaten uit onderzoek in 2010 en 2011 met SensiSpray in Lelystad (Kempenaar et al, 2010; Blok & Kempenaar, 2011).

### 4.1 Proefopzet

#### 4.1.1 Dosis-response proef

De proefvelden werden aangelegd op een perceel waarop aardappelen van het ras Seresta (medium resistent tegen *P. infestans*) werden geteeld volgens gangbare praktijk. De individuele proefvelden waren 10 bij 6 m (l., br.) groot. De behandelingen waren één van zeven doseringen van Revus (a.s. mandipropamid). Er waren 4 vaste doseringen (100%, 75%, 50% en 25% van labeldosering, 0,6 L per ha) in een schema en 3 variabele doseringen op basis van Yara N-Sensor (VRA YARA gemiddelde doseringsadvies opbouwend in de tijd, VRA Yara - 15%, VRA Yara + 15%) in een opbouwend schema. De bespuitingen werden gedaan met de proefveldspruit van het proefbedrijf (afgesteld op 250 L per ha, Lechler 110025 doppen en 5 bar druk) (zie Figuur 4.1) op 7, 14, 20 en 27 juni en 4 juli. Deze data werden gekozen op basis van de ontwikkeling van het gewas en een praktisch wekelijks schema.

Na 10 juli werd de proef beëindigd. Dit betekent dat het gewas verder in stand gehouden werd volgens gangbare praktijk en werd het proefveld uniform behandeld met voor alle veldjes uniforme dosering van fungiciden. Als zodanig bestond de proef uit variatie in doseringen van een fungicide op vijf tijdstippen. De behandelingen werden over de proefvelden verloot volgens een randomized block design (blokkenproef, behandelingen worden over veldjes binnen een blok verloot). In totaal waren er per behandeling vier herhalingen en 28 individuele proefvelden. In Bijlagen I en II staat het proefveld op kaarten weergegeven.

Tijdens de proefperiode werden veldwaarnemingen gedaan aan gewasontwikkeling en eventuele ontwikkeling van *Phytophthora* in de veldjes. Voor dit laatste werd de PPO-beoordelingsschaal voor bepalen effectiviteit van middelen tegen de schimmel gebruikt. Mocht er aantasting optreden a.g.v. verschillen in behandeling, dan was er het voornemen om opbrengst- en kwaliteitsmetingen per behandeling uit te voeren. Uiteindelijk bleken deze verschillen er niet te zijn, en werden er geen oogst- en kwaliteitsbepalingen gedaan per behandeling. De opbrengst aan aardappelen werd geschat op 45 ton per ha met een zetmeelgehalte van 21,6% (520 OWG).

De mate van bescherming van de doseringen werd onder hoge ziektedruk getest in zogenaamde bio-toetsen. Deze bio-toetsen werden op 2 tijdstippen gedaan, op 26 juni en 10 juli (Figuur 4.3), een kleine week na de 3<sup>e</sup> en 5<sup>e</sup> bespuiting in het schema. Op deze data werden 20 blaadjes per veldje geplukt, in zakjes en koel naar Wageningen gebracht en daar blootgesteld aan de schimmel. De blaadjes die geplukt werden, waren het jongste volgroeide blad van een aardappelstengel. In Wageningen werden de blaadjes met de adaxiale (boven) zijde naar boven gelegd in een Petrischalen met als bodem 15 ml 1,5 % (w/w) wateragar. De blaadjes werden geïnoculeerd met een sporangia suspensie van *P. infestans* ( $1 \times 10^4$  sporangia/ml, isolaat NL11147). Er werd ca. 1 ml per blad aangebracht, de blaadjes werden namelijk

bespoten tot run off. Tussen het plukken van de blaadjes en inoculeren met sporangia zat maximaal 8 uur tijdsverschil.

De Petrischalen met blaadjes en nagenoeg 100% R.V. werden geplaatst in een klimaatruimte met continu 15°C en 16/8 uur licht/donker. Na een week werden de individuele blaadjes visueel beoordeeld op % necrose (= severity).



*Figuur 4.1 Beelden van spuittechniek voor behandeling dosis-response proeven.*

#### 4.1.2 Praktijkproef

Het praktijkperceel aardappel lag op kavel 67A van proefboerderij 't Kompas. Het ras was Seresta, een veel geteeld zetmeelaardappelras. De pootdatum was xx mei 2012. De teelt was volgens gangbare praktijk. Alleen de ziektebestrijding werd op een deel anders dan gangbare praktijk gedaan. Op dit deel werd VRA (Variable Rate Application) van Revus getest met een Yara N-Sensor en CHD spuit. Een kaart van het perceel en een verdeling van de banen die volgens VRA behandeld werden en die volgens gangbare praktijk (vaste dosering) behandeld werden staat in Bijlage I. In Figuur 4.2 worden foto's van de sensor en de praktijkspuit getoond.

Op het praktijkperceel werd Revus 5 keer toegediend tussen begin juni en 10 juli. De tijdstippen van de bespuitingen werden bepaald door het waarschuwingssysteem (zie 4.1.2). Op dezelfde data werd ook steeds een biomassa-afhankelijke VRA bespuiting gedaan. Er waren 4 VRA blokken van 200 m lang en 1 spuitbaan breed (breedte 27 m). Als referentie werden 4 even grote blokken vaste dosering aangelegd (nummers 1 t/m 4 in niet gekleurde deel van Bijlage I). De dosering op gangbare praktijk was een vaste dosering van 0,6 L Revus per ha bij een instelling op 300 L spuitvloeistof per ha. In de VRA blokken werd een opbouwende VRA doseerreeks toegediend. In Tabel 4.1 staat de gemeten gemiddelde dosering in de blokken weergegeven.



Figuur 4.2 Yara N-Sensor (links, passief licht model, met constructie voor koppeling aan machinedrager voorop de tractor), en CHD veldspuit (rechts).



Figuur 4.3. Beelden van het aardappelgewas op het praktijkperceel op 10 juli 2012 (NDVI 0,9-1).

Tabel 4.1 Gemiddelde afgifte aan spuitvloeistof en dosering van Revus in de praktijkproef in de twee objecten variabel doseren (VRA) en ganbare praktijk (vaste uniforme dosering) op de verschillende data van bespuiten, op basis van verspoten hoeveelheid vloeistof.

Object	Datum	Spuitvolume (L per ha)	Dosis Revus (L per ha)	Druk (bar)	Rijsnelheid (km per uur)
VRA YARA	7/6 *	81	0,16	1,5-3,4	9-12,5
	14/6	296	0,57	± 7	5,5
	20/6	333	0,64	± 7	5,5
	27/6	306	0,59	± 7	5,5
	4/7	319	0,61	± 7	5,5
Gemiddeld		<b>267</b>	<b>0,51</b>		
Vaste dosering	7/6	280	0,54	6,5	7,0
	14/6	333	0,64	7	5,5
	20/6	380	0,73	7	5,5
	27/6	315	0,60	7	5,5
	4/7	361	0,69	7	5,5
Gemiddeld		<b>334</b>	<b>0.64</b>		

\* Gewenste VRA dosering kon niet toegediend worden vanwege beperking aan kant van rijsnelheid en druk. De tankmixconcentratie was verkeerd gekozen. Ook bleek de rekenregel verkeerd geprogrammeerd te zijn (is ondertussen verholpen).



Tijdens de proefperiode werden dezelfde waarnemingen gedaan als in de dosis-response proef (zie 4.1.1). Uiteindelijk bleken er medio juli geen verschillen tussen de objecten te zijn. Na 10 juli werd de proef beëindigd. Dit betekent dat het gewas verder in stand gehouden werd volgens gangbare praktijk en werd het perceel uniform behandeld met voor alle blokken uniforme dosering van fungiciden. En er werden geen oogst- en kwaliteitsbepalingen gedaan per blok daar er geen verschillen in aantasting waren. De opbrengst aan aardappelen werd geschat op 45 ton per ha.

De mate van bescherming van de aardappelen tegen *Phytophthora* in de objecten VRA en vaste dosering werd op dezelfde wijze bepaald als in de dosis-response proef. Voor de beschrijving van de bio-toets, zie paragraaf 4.1.1. In de praktijkproef waren er 2 objecten in 4 herhalingen.

## 4.2 Resultaten

### 4.2.1 Dosis-response proef

De proef werd tot en met medio juli 2012 wekelijks visueel beoordeeld op aantasting door *P. infestans* met de standaard schaal voor beoordeling Phytophthora-proevelden. Infecties werden niet waargenomen in de proefveldjes tot medio juli op basis van visuele inspecties. Er waren dan ook geen verschillen te zien tussen de objecten op het proefveld wat betreft mate van aantasting. Alle doseringen hebben bescherming gegeven tegen de over het algemeen lichte ziektedruk vanuit de omgeving.

Een biotoets om te testen of er voldoende mate van bescherming was op de bladeren net voor een bespuiting werd twee keer gedaan. In een biotoets worden blaadjes geplukt en kunstmatig geïnoculeerd met de schimmel. De resultaten staan in Tabel 4.2. In de eerste proef ontwikkelde gemiddeld 7 % necrose op de blaadjes. De verschillen tussen de objecten waren niet significant in een ANOVA ( $P=0.05$ ). In de tweede proef ontwikkelde veel minder necrose; in alle objecten minder dan 1%. Ook hier waren de verschillen tussen de objecten niet significant. Het verschil tussen het necrose-percentage in bio-toets 1 en bio-toets 2 was significant.

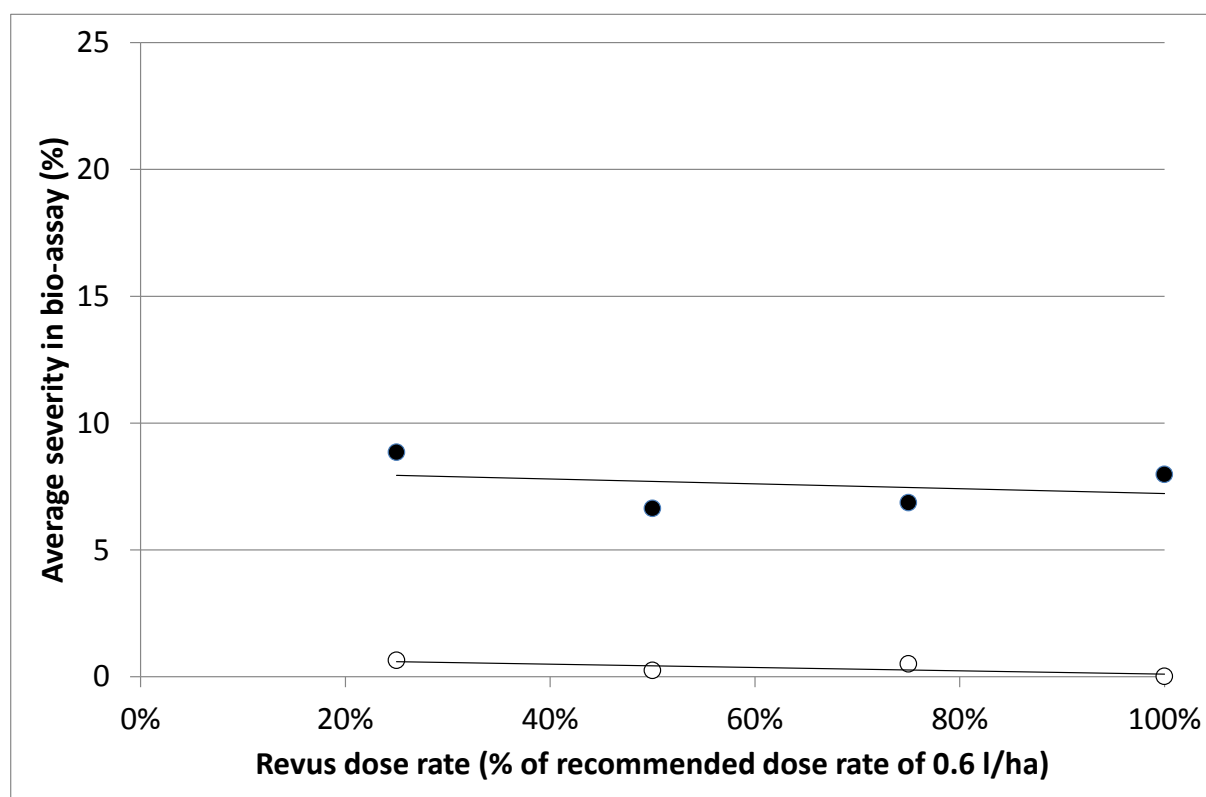
Het verschil in mate van necrose tussen proef 1 en proef 2 wordt mogelijk verklaard doordat het bij het plukken van de blaadjes in proef 1 licht regende en bij proef 2 niet. De blaadjes zijn vochtig in zakjes gekomen, waardoor omstandigheden gunstiger waren voor infectie.

De VRA doseringen hebben allemaal een goede werking gegeven in de dosis-response proef. In de bio-toets bleek geen verschil tussen de VRA doseringen en de vaste doseringen.

In Figuur 4.4 worden de necrose-percentages per object in een grafiek weergegeven.

Tabel 4.2 Samenvatting van de resultaten in de dosis-response proef. De mate van aantasting wordt per bio-toets (blaadjes geplukt op 24 juni (1) en 10 juli (2)) en behandeling weergegeven.

Experiment	Behandeling	Toelichting	Necrose (severity %)
Bio-toets 1	A	100% Revus	8,0
	B	75% Revus	6,9
	C	50% Revus	6,6
	D	25% Revus	8,8
	E	VRA Yara	9,2
	F	VRA Yara - 15%	5,4
	G	VRA Yara + 15%	3,2
Bio-toets 2	A	100% Revus	0,01
	B	75% Revus	0,50
	C	50% Revus	0,24
	D	25% Revus	0,64
	E	VRA Yara	0,02
	F	VRA Yara - 15%	0,21
	G	VRA Yara + 15%	0,01



Figuur 4.4 Weergave van de gemiddelde mate van aantasting in behandelingen met 100%, 75%, 50% en 25% van de aadviesdosering 0,6 L Revus per ha op twee tijdstippen (data uit Tabel 4.2).

## 4.2.2 Praktijkproef

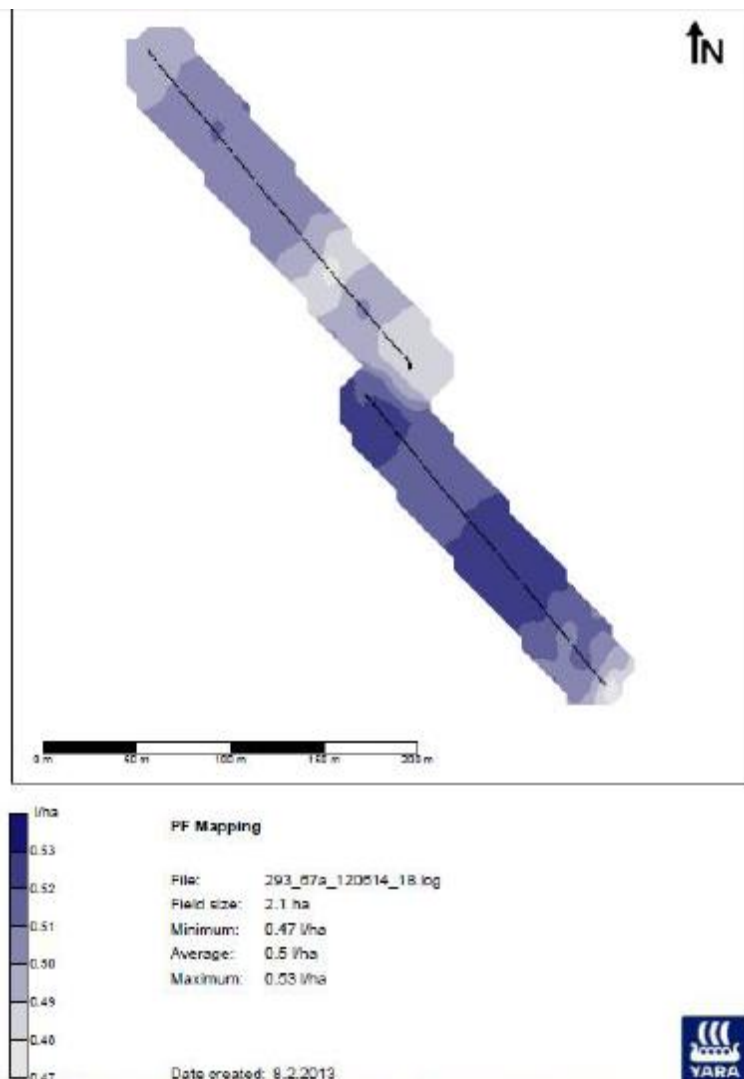
De praktijkproef werd ook tot en met medio juli 2012 wekelijks bekeken op aantasting door *P. infestans*. Infecties werden bij deze globale inspecties niet waargenomen. Er waren dan ook geen verschillen te zien tussen het VRA object en het gangbare praktijk object. Beide doseringssystemen hebben voldoende bescherming gegeven tegen de over het algemeen lichte ziektedruk vanuit de omgeving. In het VRA systeem is gemiddeld 0,5 L Revus verspoten per ha in de eerste 6 bespuitingen terwijl dit in het gangbare praktijk systeem 0,6 L per ha was. Het VRA systeem had lager moeten doseren, maar door verkeerde programmering is de dosering 0,1-0,2 hoger uitgevallen dan gepland. Dit werd pas achteraf geconstateerd na uitvoering van de proef.

Een biotoets om te testen of er voldoende mate van bescherming was op de bladeren net voor een bespuiting werd ook twee keer gedaan. De resultaten staan in tabel 4.3. In de eerste proef ontwikkelde gemiddeld 1 % necrose op de blaadjes. De verschillen tussen de twee objecten waren niet significant in een ANOVA ( $P=0.05$ ). In de tweede proef ontwikkelde minder necrose, gemiddeld 0,1%. Ook hier waren de verschillen tussen de objecten niet significant.

De VRA doseringen hebben allemaal een goede werking gegeven. In Figuur 4.5 staat een 'as applied' kaart weergegeven van een VRA dosering in de praktijkproef. De kaart is aangeleverd door Yara GmbH te Dulmen.

*Tabel 4.2 Samenvatting van de resultaten in de praktijkproef. De mate van aantasting wordt per biotoets (blaadjes geplukt op 24 juni (1) en 10 juli (2) en behandeling weergegeven.*

Experiment	Behandeling	Herhaling	Necrose (severity,%)	Necrose (gem. severity, %)
Bio-toets 1	Vaste dosering	1	2,01	<b>1,2</b>
		2	2,50	
		3	0,03	
		4	0,42	
	VRA	1	2,59	<b>1,0</b>
		2	0,02	
		3	0,18	
		4	1,38	
Bio-toets 2	Vaste dosering	1	0,00	<b>0,1</b>
		2	0,00	
		3	0,28	
		4	0,27	
	VRA	1	0,00	<b>0,1</b>
		2	0,01	
		3	0,25	
		4	0,01	



*Figuur 4.5 Een 'as applied' kaart van een VRA bespuiting op 14 juni 2012 op perceel 67A van 't Kompas in Valthermond.*

### 4.3 Discussie

Opvallend in de proefresultaten is dat er geen significante effecten van de dosering op aantasting te zien zijn. De verschillen waren niet significant. De getoetste rekenregel voor VRA heeft goede werking gegeven, De rekenregel is echter alleen toepasbaar voor ongunstige situaties en bevat nog een grote veiligheidsmarge. In 2013 wordt nader onderzoek gedaan aan de beslisregel. Een aantal zaken spelen een rol en maken dat vergaande conclusies over de gepresenteerde beslisregel voor Revus nog niet getrokken kunnen worden.

Ziekte druk en weer: De ganbare adviessystemen van Dacom en AgroVision gaven voor de regio Valthermond regelmatig aan dat er infectieuze periodes geweest zijn in de periode tot medio juli 2012. Op een nabij gelegen aardappelproefveld op een afstand van minder dan 1 km van de proeven is ook

daadwerkelijk *Phytophthora*-aantasting geconstateerd. Er is dus sprake geweest van enige ziektedruk, maar mogelijk was deze (te) licht. In de bio-toets is wel zware ziektedruk gecreëerd. Het is aan te bevelen de rekenregel verder te ontwikkelen onder hoge ziektedruk.

Resistentie: Het aardappelras Seresta is medium resistent tegen de aardappelziekte. Het is aan te raden de rekenregels ook te testen voor vatbare rassen.

De bio-toets bleek een goede methode om hoge ziektedruk te simuleren en om in te schatten of er nog voldoende mate van bescherming op bladeren was net voor bespuitingen. In de bio-toetsen ontwikkelde relatief weinig aantasting. In één proef was er een opvallend verschil. Het verschil in mate van necrose tussen proef 1 en proef 2 kan verklaard worden doordat het bij het plukken van de blaadjes in proef 1 licht regende en bij proef 2 niet. De blaadjes zijn vochtig in zakjes gekomen, waardoor omstandigheden gunstiger waren voor infectie. In de praktijkproef werd dit verschil niet geconstateerd. In de praktijkproef was het wel droog op moment van blaadjes plukken in proef 1 en 2.

In de loop van de proef bleek dat het VRA systeem hoger doseerde dan gepland op basis van biomassa-index waarden. Het VRA systeem heeft 10 – 20 % hoger gedoseerd dan gepland. Vervolgonderzoek is nodig om de rekenregel voor Revus te ontwikkelen. Van belang daarbij is onderscheid te maken tussen resistentie-eigenschappen van rassen en een koppeling te maken met waarschuwingssystemen.

## 5 Slotopmerkingen

Dit onderzoek laat zien dat er perspectief is voor variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen door gebruik te maken van een reeks nieuwe technologieën die recent beschikbaar gekomen zijn. Het gaat hier om (GNSS) plaatsbepalingstechnieken, sensoren voor meten van variatie in bodem en gewas, ICT en toedieningstechniek. De studie laat zien dat voor een aantal toepassingen variabel doseren op een schaalniveau van 10 – 30 m<sup>2</sup> binnen handbereik is.

Deze studie geeft beslisregels voor variabel doseren van vier groepen van middelen: bodemherbiciden, preventief werkende fungiciden een loofdoodmiddel en een groeiregulator. Bij de bodemherbiciden is variatie in lutum en/of organische stof een bruikbare parameter voor variabel doseren. Voor fungiciden zijn biomassa-indices bruikbare parameters. Voor loofdodingsmiddelen en groeiregulatoren kan ook met biomassa-parameters gewerkt worden. Het model dat gebruikt is om de parameters door te vertalen in doseringen is een eenvoudig lineair model  $y = a \cdot x + b$ , waarbij  $y$  de dosering is,  $x$  de sturingsparameter (lutum of biomassa) en  $a$  en  $b$  middelspecifieke parameters. Waarden voor de parameters  $a$  en  $b$  voor 6 middelen staan in paragrafen 2.2 en 2.3.

De parameters  $a$  en  $b$  zijn afgeleid uit bestaande kennis en de validatie-experimenten. De potexperimenten leverden relatief weinig onderbouwing aan de beslisregels. Dit was anders dan verwacht. Een verklaring kon niet echt gevonden worden. De biotoets in de fungicideproef gaf wel bruikbare informatie bij de evaluatie van de beslisregels. Wel is het zo dat de doseringen achteraf gezien te hoog gekozen waren. De ervaringen met de praktijkproeven variabel doseren van de middelen waren positief.

Als naar alle bestaande middelen gekeken wordt, dan worden minimaal 11 groepen van middelen onderscheiden die een eenheid vormen qua aanpak in de ontwikkeling van beslisregels. Iedere groep van middelen bestaat uit enkele tot meer dan 20 actieve stoffen en een veelvoud aan geregistreerde producten. Er is dus nog veel werk aan de winkel om voor het gros van de middelen gevalideerde beslisregels te ontwikkelen. De praktijk vraagt hier om. Steeds meer telers hebben beschikking over spuittechniek en bodem- en/of gewaskaarten waarmee variabel gedoseerd kan worden.

Bij variabel doseren van middelen gaat het niet alleen om meewegen van ruimtelijke variatie van één factor. Belangrijke factoren in deze zijn ook klimaat, gewas- en ras-eigenschappen, populatie-eigenschappen van de ziekte of plaag en effecten van toedieningstechniek. Deze factoren dienen ook meegewogen in beslisregels. Als dat niet kan, dient een grote veiligheidsmarge ingebouwd te worden in de beslisregel. In dit rapport wordt bewust gekozen voor publicatie van beslisregels met hoge veiligheidsmarge. Zolang er namelijk geen grip is op de andere factoren, kan er niet op het scherp van snede gedoseerd worden zonder te grote risico's te nemen. In dit rapport noemen we dit 'doseerregels voor ongunstige situatie'. Op termijn als meer validatie-experimenten gedaan zijn, kan voor de middelen ook beslisregels voor normale en gunstige situaties gegeven worden.

## 6 Referenties

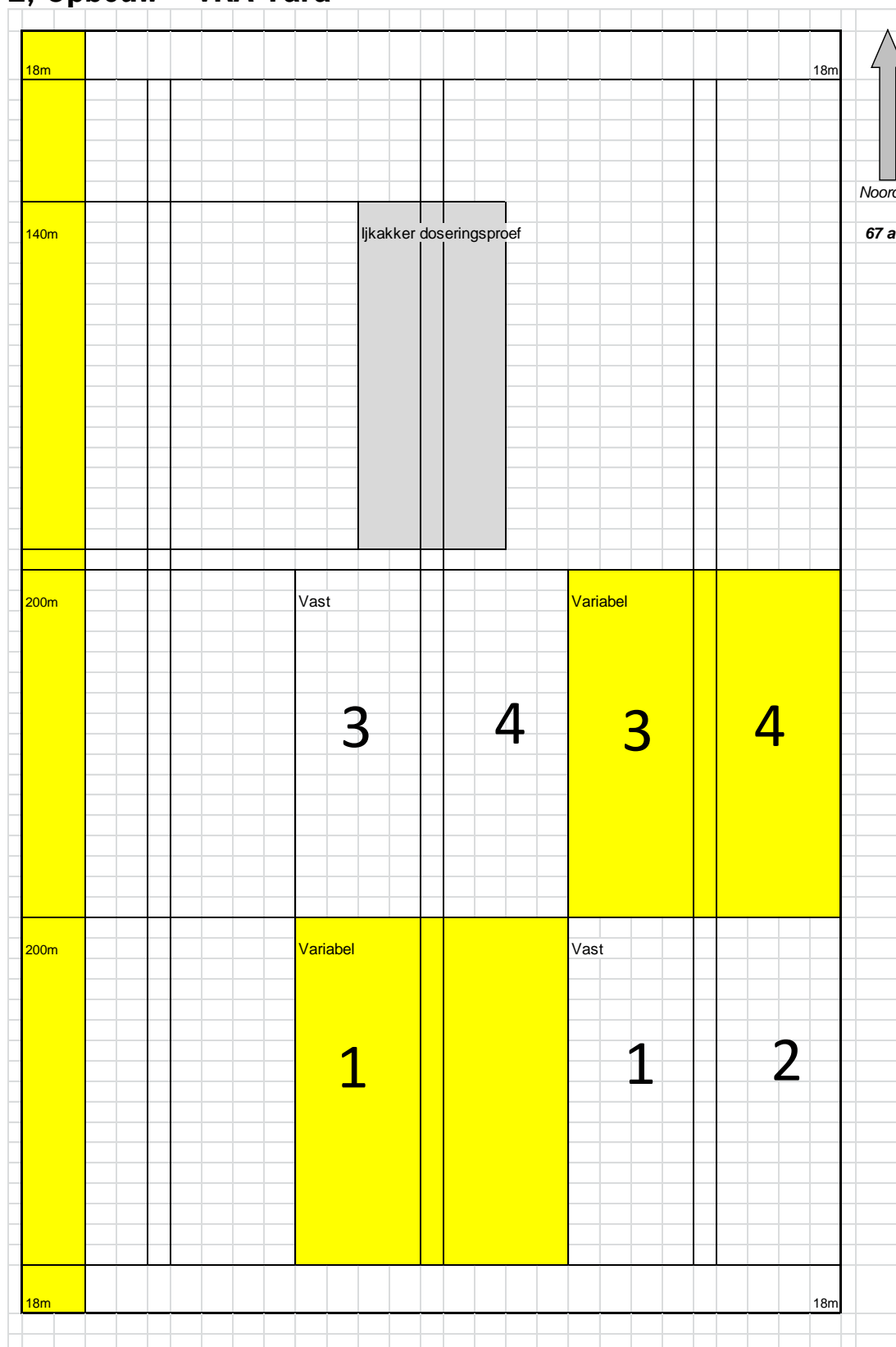
- AAB, 2012. International Advances in pesticide Application. Symposiumbundel van congres 10-12 januari 2012 in Wageningen. Editors; Aderson, P.G, Balsari, P, et al.. In: Aspects of Applied Biology 114: 1-470.
- Blok, P.M. & Kempenaar, C. 2011. Validatie toepassingen SensiSpray in aardappelen en wintertarwe in 2011. Nota 667b. Plant Research International b.v., Wageningen.
- Blumhorst MR, Weber JB & Swain LR (1990) Efficacy of Selected Herbicides as Influenced by Soil Properties. *Weed Technology* 4, 279-283
- Boesten, J.J.T.I., 2000. From laboratory to field; uses and limitations of pesticide behaviour models for the soil/plant system. *Weed research* 40: 123-138.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Parkin, T.B., et al. (1994) Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 1501-1511.
- Christensen S, Sogaard H T, Kudsk P, Lund I, Norremark M, Nadimi E S, Jorgensen R., 2009. Site specific Weed Control Technologies. *Weed Research* 49-3: 233-241.
- Clevers J.G.P.W. (1989) The application of a weighted infrared-red vegetation index for estimating leaf-area index by correcting for soil-moisture. *Remote Sensing of Environment* 29:25-37.
- van Evert, F.K., van der Voet, P., van Valkengoed, E., Kooistra, L., Kempenaar, C., 2012. Satellite-based herbicide rate recommendation for potato haulm killing. *European Journal of Agronomy* 43: 49–57.
- Hance, R.J., 1980. Interactions between herbicides and the soil. Academic press., London. 349 pp.
- Heijting, S., Fait, G. & Kempenaar, C., 2012. Application of PEARL to study the effect of organic matter on bioavailability of soil applied herbicides in the top soil layer. *Notitie Plant Research International*.
- Heijting S, de Bruin S, Bregt AK, 2011. The arable farmer as the assessor of within-field soil variation. *Precision Agriculture* 12, 488-507.
- Kempenaar, C., Struick, P. C., 2008. The canon of potato science: haulm killing. *POTATO RESEARCH* 50:341-345.
- Kempenaar, C., Oosterhuis, H.S., van der Lans, A.M., van der Schans, D.A., Stilma, E.S.C., Hendriks-Goossens, V.J.C., Verwijs, B.R., van Wijk, C.A.P., van de Zande, J.C., Lotz, L.A.P., 2010. Ontwikkeling van het prototype SensiSpray in de gewassen aardappel en tulp. Nota 667. Plant Research International b.v., Wageningen.
- Kempenaar, C., van der Weide, R.Y., Been, T.H., van de Zande, J.C., Lotz, L.A.P., 2009. Precisielandbouw en gewasbescherming: kansen, witte vlekken en kennisvragen. Nota 588. Plant Research International b.v., Wageningen.
- Kempenaar, C., Michielssen, J.M., van de Zande, J.C., 2012. Algorithms for variable rate application of crop protection products. *Aspects of Applied Biology* 114: 99-104.
- Kempenaar, C., Michielssen, J.M., van Dijk, C.J., 2012. Herbicide weed control on pavements: Advances in spray technology. *Aspects of Applied Biology* 114: 105-112.
- Kikkert, A., 2009. Sensingsystemen voor bodem en gewas ten behoeve van precisielandbouw. Rapport 655. HLB, Wijster.
- Negre, M., Passarella, I., Boursier, C., Mozzetti, C. Gennari, M., 2006. Evaluation of the bioavailability of the herbicide prosulfocarb through absorption on soils and model soil colloids, and through a simple bioassay. *Pest management Science* 62: 957-964.
- Nieuwenhuizen, A.T., 2009. Automated detection and control of volunteer potato plants. PhD-thesis, Wageningen University.
- Nieuwenhuizen, A.T., van de Zande, J.C., 2012. Development in sensor guided precision sprayers. *Aspects of Applied Biology* 114: 121-128.
- Schans, D. van der, Jukema, J.N., Klooster, A. van der et al., 2008. Toepassing GPS en GIS in de akkerbouw : nut en rendement van toepassingen op het gebied van geolandbouw. Rapport 3250062000. PPO-AGV, Lelystad.
- Tielen J. 2010. The influence of soil organic matter on the efficacy of soil-applied herbicides. Options for the use of low dosages. MSc thesis. Plant Research International. Wageningen University and Research Centre. 52 pages.
- Internet:

Groenkennisnet, 2012. <http://precisielandbouw.groenkennisnet.nl/Bodem-sensing.ashx>  
[www.precisielandbouw.eu](http://www.precisielandbouw.eu)  
CTGB bestrijdingsmiddelen database, 2012. [WWW.ctgb.nl](http://WWW.ctgb.nl)

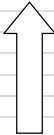


# Bijlagen



# Bijlage I Overzicht praktijkperceel aardappel, Valthermond 2012. E, Opbouw = VRA Yara




## Bijlage II Overzicht proefvelden dosis-response proef

KP 9495 <i>Ijkkakker phytophthora</i> doseringsproef		
<b>D</b>	<b>F</b>	 Noord
14	28	
<b>A</b>	<b>B</b>	
13	27	
<b>G</b>	<b>C</b>	
12	26	
<b>E</b>	<b>G</b>	
11	25	
<b>E</b>	<b>D</b>	
10	24	
<b>A</b>	<b>B</b>	
9	23	
<b>C</b>	<b>F</b>	
8	22	
<b>F</b>	<b>G</b>	
7	21	
<b>B</b>	<b>C</b>	
6	20	
<b>D</b>	<b>A</b>	
5	19	
<b>G</b>	<b>E</b>	
4	18	
<b>C</b>	<b>F</b>	
3	17	
<b>E</b>	<b>B</b>	
2	16	
<b>A</b>	<b>D</b>	
1	15	10 m
	6 m	
Totale opp	15 * 140 m	
Perceel	67 a	
Bruto veld	6 * 10 m	
Netto veld	1.5 * 9	
Gewas	zetmeelaardappelen	
Ras	Seresta	
Objecten		
<b>A</b>	100 %	
<b>B</b>	75 %	
<b>C</b>	50 %	
<b>D</b>	25 %	
<b>E</b>	Opbouw	
<b>F</b>	Basis Yara - 15%	
<b>G</b>	Basis Yara + 15%	

## Bijlage III Resultaten bodemanalyse, proef I en II

<p>Onderzoek Gronddiversen Q 29 Za Heijting</p>			
<p>Uw klantnummer: 8220778</p>		<p>Postbus 170 NL - 6700 AD Wageningen</p>	
<p>WUR S. Heijting Gaia, Gebouw 101 Droevendaalsestg 3 6708 PB WAGENINGEN</p>		<p>T monsternummer: Klantenservice: 0888761010 T klantenservice: +31 (0)88 876 1010 E klantenservice@blgg.agroxpertus.nl I blgg.agroxpertus.nl</p>	
<p>Onderzoek</p>		<p>Subsidieverslener: BLGG AgroXpertus Kortingsregeling, Postbus 170 6700 AD WAGENINGEN</p>	
Onderzoek	Onderzoek-/ordemr: 364288/002908008	Datum monsternummer: 19-04-2012	Datum verslag: 10-05-2012
<p>proj.nr . 3310398505</p>			
<b>Monster</b>	<b>Volgnr.</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Onderzoek</b>
	1	Q 29 Za Heijting	364288
	2	Q 30 La Heijting	364289
	3	Q 29 Zb Heijting	364290
	4	Q 30 Lb Heijting	364291
<b>Resultaat</b>	<b>Einheid</b>	<b>364288</b>	<b>364289 364290 364291</b>
Lutum	%	24	9 25 10
<p><b>Contact &amp; info</b> Grondsoort: Rivierklei Datum ontvangst: 23-04-2012 Monster genomen door: Derden Contactpersoon monsternummer: Klantenservice: 0888761010</p>			
<p>Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij BLGG AgroXpertus voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.</p>			
<b>Methode</b>	Lutum	Q	LUT2: Gw NEN 5753
<p>Q Methode geaccrediteerd door RVA Em: Eigen methode, Gw: Geijktwaardig aan, Cf: Conform</p>			
<p>De resultaten zijn weergegeven in droge grond. Alle verichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidsstermijn tussen monsternummer en analyse uitgevoerd. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op het aan BLGG AgroXpertus aangeleverde materiaal.</p>			
<p>Pagina: 1 Totaal aantal pagina's: 1 364288, 10-05-2012</p>		 <p>Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van dr. J.P. Dekker, directeur Operations. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. BLGG AgroXpertus aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade van welke aard ook voortvloeiend uit het gebruik van door of namens BLGG AgroXpertus verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen. BLGG AgroXpertus is ingeschreven in het RVA-register voor keurmerkcertificaten zoals nadier omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternummering en/of de analysemethoden.</p>	

## Bijlage IV Resultaten bodemanalyse, proef I en II

<p>Onderzoek Gronddiversen 1 H</p> <p>Uw klantnummer: 8220778</p> <p>WUR S. Heijting Radix, Gebouw 107 Droevendaalsestg 1 6708 PB WAGENINGEN</p>	<p><b>BLGG AGROXPERTUS</b> </p> <p>Postbus 170 NL - 6700 AD Wageningen</p> <p>T monstername: Pieter Brons: 0652561817 T klantenservice: +31 (0)88 878 1010 E klantenservice@blgg.agroxpertus.nl I blgg.agroxpertus.nl</p>
--	--

<p><b>Onderzoek</b></p> <p>Onderzoek-lordemr: 365512/002987123</p> <p>Datum monstername: 19-09-2012</p> <p>Datum verslag: 11-10-2012</p> <p>Subsidieverlener: BLGG AgroXpertus Kortingsregeling, Postbus 170 6700 AD WAGENINGEN</p> <p>projectnr: 3310413005</p>
--

Monster	Volgnr.	Omschrijving	Onderzoek
	1	1 H	365512
	2	2 HM	365513
	3	3 M	365514
	4	4 ML	365515
	5	5 L	365516

Resultaat	Eenheid	365512 365513 365514 365515 365516				
		365512	365513	365514	365515	365516
Stikstof-totaal	mg N/kg	1420	1000	770	730	780
S-beschikbaar	mg S/kg	22,8	17,7	13,8	9,7	7,5
P-beschikbaar (P-PAE)	mg P/kg	1,5	1,4	1,7	1,6	2,2
K-beschikbaar (K-PAE)	mg K/kg	107	91	84	69	63
Mg-beschikbaar	mg Mg/kg	56	44	43	33	32
Na-beschikbaar	mg Na/kg	22	20	19	18	13
Mn-beschikbaar	µg Mn/kg	690	370	650	570	640
Cu-beschikbaar	µg Cu/kg	52	44	36	29	25
Co-beschikbaar	µg Co/kg	4,2	2,6	3,9	3,5	5,6
Se-beschikbaar	µg Se/kg	4,0	3,6	3,2	2,9	3,1
B-beschikbaar	µg B/kg	310	241	235	177	184
Zn-beschikbaar	µg Zn/kg	110	< 100	120	100	160
Zuurgraad (pH)		7,1	7,4	7,5	7,5	7,6
Organische stof	%	3,3	2,8	2,5	2,4	2,4
Klei	%	22	17	13	10	9

<p>Pagina: 1 Totaal aantal pagina's: 2 365512, 11-10-2012</p>	<p><small>Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van dhr J.P. Deiker, directeur Operatie. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op website worden deze en/of de specificaties van de analysesmethoden toegelicht. BLGG AgroXpertus aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade/klachten voortvloeiend uit het gebruik van door of namens BLGG AgroXpertus verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen. BLGG AgroXpertus is ingeschreven in het Rijkregister voor landbouwkundige zaken onder nummer 1122 voor uitsluitend de monsternamings- en/of de analysemethoden.</small></p>
---	--

## Bijlage IV (vervolg) Resultaten bodemanalyse, proef I en II

1 H

**Contact & info** Grondsoort: Zeeklei  
 Datum ontvangst: 20-09-2012  
 Monster genomen door: Derden  
 Contactpersoon monstername: Pieter Brons: 0652561817



Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij BLGG AgroXpertus voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Methode		Q	Err: NTT4-S	Co-beschikbaar	Q	Err: CCL3(PAE@)
S-kstof/total			Err: CCL3(PAE@)	Se-beschikbaar		Err: CCL3(PAE@)
S-beschikbaar			Err: CCL3(PAE@)	B-beschikbaar	Q	Err: CCL3(PAE@)
P-beschikbaar (P-PAE)	Q		Err: CCL3(PAE@)	Zn-beschikbaar		Err: CCL3(PAE@)
K-beschikbaar (K-PAE)	Q		Err: CCL3(PAE@)	Zuurgraad (pH)	Q	Err: FHC3(Gw ISO 10390)
Mg-beschikbaar	Q		Err: CCL3(PAE@)	Organische stof	Q	GLV1: Gw NEN 5754
Ni-beschikbaar	Q		Err: CCL3(PAE@)	Kie	Q	LUT2: Gw NEN 5753
Mn-beschikbaar	Q		Err: CCL3(PAE@)			
Cu-beschikbaar	Q		Err: CCL3(PAE@)			

Q: Methode geaccrediteerd door RvA  
 Err: Eigen methode, Gw: Gelijkaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.  
 Alle verminderingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidsstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.  
 De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op het aan BLGG AgroXpertus aangeleverde materiaal.

## Bijlage V Resultaten bodemanalyse, proef III

<p>Onderzoek Gronddiversen Nergena tuin</p> <p>Uw klantnummer: 8220778</p> <p>WUR S. Heijting Radix, Gebouw 107 Droevendaalsestg 1 6708 PB WAGENINGEN</p>	<p><b>BLGG AGROXPERTUS</b> </p> <p>Postbus 170 NL - 6700 AD Wageningen</p> <p>T monstername: Pieter Brons: 0652561817 T klantenservice: +31 (0)88 878 1010 E klantenservice@blgg.agroxpertus.nl I blgg.agroxpertus.nl</p>																																																																
<p><b>Onderzoek</b></p> <p>Onderzoek-/ordemr: 366580/003024599    Datum monstername: 21-11-2012    Datum verslag: 03-12-2012</p>	<p>Subsidieverlener: BLGG AgroXpertus Kortingsregeling, Postbus 170 6700 AD WAGENINGEN</p>																																																																
<p><b>Monster</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Volgnr.</th> <th>Omschrijving</th> <th>Onderzoek</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Nergena tuin</td> <td>366580</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Nergena U</td> <td>366581</td> </tr> </tbody> </table>	Volgnr.	Omschrijving	Onderzoek	1	Nergena tuin	366580	2	Nergena U	366581																																																								
Volgnr.	Omschrijving	Onderzoek																																																															
1	Nergena tuin	366580																																																															
2	Nergena U	366581																																																															
<p><b>Resultaat</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Resultaat</th> <th>Eenheid</th> <th>366580</th> <th>366581</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Stikstof-totaal</td> <td>mg N/kg</td> <td>1330</td> <td>650</td> </tr> <tr> <td>S-beschikbaar</td> <td>mg S/kg</td> <td>2,6</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>P-beschikbaar</td> <td>mg P/kg</td> <td>10,3</td> <td>3,9</td> </tr> <tr> <td>K-beschikbaar</td> <td>mg K/kg</td> <td>74</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Mg-beschikbaar</td> <td>mg Mg/kg</td> <td>80</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>Na-beschikbaar</td> <td>mg Na/kg</td> <td>&lt; 6</td> <td>&lt; 6</td> </tr> <tr> <td>Mn-beschikbaar</td> <td>µg Mn/kg</td> <td>1150</td> <td>1120</td> </tr> <tr> <td>Cu-beschikbaar</td> <td>µg Cu/kg</td> <td>&lt; 20</td> <td>&lt; 20</td> </tr> <tr> <td>Co-beschikbaar</td> <td>µg Co/kg</td> <td>&lt; 2,5</td> <td>&lt; 2,5</td> </tr> <tr> <td>Se-beschikbaar</td> <td>µg Se/kg</td> <td>&lt; 2,1</td> <td>&lt; 2,1</td> </tr> <tr> <td>B-beschikbaar</td> <td>µg B/kg</td> <td>101</td> <td>&lt; 76</td> </tr> <tr> <td>Zn-beschikbaar</td> <td>µg Zn/kg</td> <td>700</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>Zuurgraad (pH)</td> <td></td> <td>6,1</td> <td>6,0</td> </tr> <tr> <td>Organische stof</td> <td>%</td> <td>3,8</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>Klei</td> <td>%</td> <td>2</td> <td>&lt; 1</td> </tr> </tbody> </table>	Resultaat	Eenheid	366580	366581	Stikstof-totaal	mg N/kg	1330	650	S-beschikbaar	mg S/kg	2,6	2,3	P-beschikbaar	mg P/kg	10,3	3,9	K-beschikbaar	mg K/kg	74	32	Mg-beschikbaar	mg Mg/kg	80	53	Na-beschikbaar	mg Na/kg	< 6	< 6	Mn-beschikbaar	µg Mn/kg	1150	1120	Cu-beschikbaar	µg Cu/kg	< 20	< 20	Co-beschikbaar	µg Co/kg	< 2,5	< 2,5	Se-beschikbaar	µg Se/kg	< 2,1	< 2,1	B-beschikbaar	µg B/kg	101	< 76	Zn-beschikbaar	µg Zn/kg	700	400	Zuurgraad (pH)		6,1	6,0	Organische stof	%	3,8	2,0	Klei	%	2	< 1	
Resultaat	Eenheid	366580	366581																																																														
Stikstof-totaal	mg N/kg	1330	650																																																														
S-beschikbaar	mg S/kg	2,6	2,3																																																														
P-beschikbaar	mg P/kg	10,3	3,9																																																														
K-beschikbaar	mg K/kg	74	32																																																														
Mg-beschikbaar	mg Mg/kg	80	53																																																														
Na-beschikbaar	mg Na/kg	< 6	< 6																																																														
Mn-beschikbaar	µg Mn/kg	1150	1120																																																														
Cu-beschikbaar	µg Cu/kg	< 20	< 20																																																														
Co-beschikbaar	µg Co/kg	< 2,5	< 2,5																																																														
Se-beschikbaar	µg Se/kg	< 2,1	< 2,1																																																														
B-beschikbaar	µg B/kg	101	< 76																																																														
Zn-beschikbaar	µg Zn/kg	700	400																																																														
Zuurgraad (pH)		6,1	6,0																																																														
Organische stof	%	3,8	2,0																																																														
Klei	%	2	< 1																																																														
<p><b>Contact &amp; info</b></p> <p>Grondsoort: Dekzand Datum ontvangst: 22-11-2012 Monster genomen door: Derden Contactpersoon monstername: Pieter Brons: 0652561817</p> <p>Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij BLGG AgroXpertus voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.</p>																																																																	
<p>Pagina: 1 Totaal aantal pagina's: 2 366580, 03-12-2012</p>	<p><small>Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van dhr. J.P. Deikler, directeur Operations. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Dit verslag wordt u toegezonden onder de voorwaarde dat u het verslag niet verspreidt of openbaar maakt. BLGG AgroXpertus aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van door of namens BLGG AgroXpertus verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen. BLGG AgroXpertus is ingeschreven in het RZA-register voor laboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. 1122 voor uitsluitend de monsternamings- en/of de analysemethoden.</small></p> 																																																																

## Bijlage VI Resultaten bodemanalyse, proef III

Onderzoek  
Gronddiversen  
Afweg

**BLGG AGROXPERTUS**



Postbus 170  
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: Pieter Brons: 0652561817  
T klantenservice: +31 (0)88 876 1010  
E klantenservice@blgg.agroxpertus.nl  
I blgg.agroxpertus.nl

Uw klantnummer: 8220778

WUR S. Heijting  
Radix, Gebouw 107  
Droevendaalsestg 1  
6708 PB WAGENINGEN

<b>Onderzoek</b>	Onderzoek-/ordernr: 366582/003024600	Datum monstername: 21-11-2012	Datum verslag: 03-12-2012	Subsidieverlener: BLGG AgroXpertus Kortingsregeling, Postbus 170 6700 AD WAGENINGEN
------------------	---	----------------------------------	------------------------------	---

Monster	Volgnr.	Omschrijving	Onderzoek
	1	Afweg	366582

Resultaat	Eenheid	366582
Stikstof-totaal	mg N/kg	2680
S-beschikbaar	mg S/kg	6,1
P-beschikbaar	mg P/kg	1,6
K-beschikbaar	mg K/kg	140
Mg-beschikbaar	mg Mg/kg	173
Na-beschikbaar	mg Na/kg	16
Mn-beschikbaar	µg Mn/kg	< 250
Cu-beschikbaar	µg Cu/kg	34
Co-beschikbaar	µg Co/kg	< 2,5
Se-beschikbaar	µg Se/kg	7,2
B-beschikbaar	µg B/kg	379
Zn-beschikbaar	µg Zn/kg	< 100
Zuurgraad (pH)		6,7
Organische stof	%	5,4
Klei	%	17

<b>Contact &amp; info</b>	Grondsoort: Rivierklei
Datum ontvangst: 22-11-2012	
Monster genomen door: Dierden	
Contactpersoon monstername: Pieter Brons: 0652561817	

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij BLGG AgroXpertus voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.