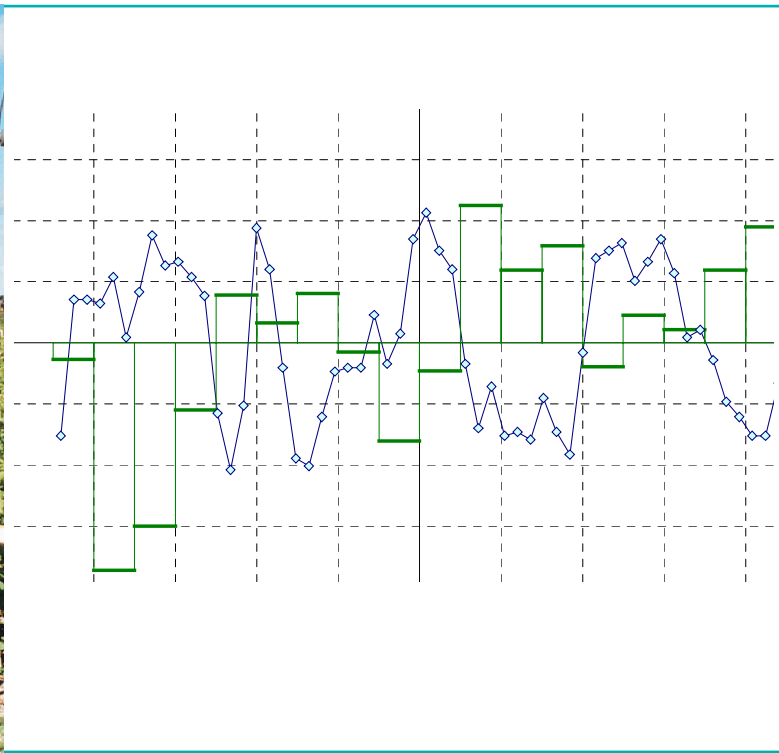




Effect spuitboombeweging op spuitvloei- stofdepositie en drift

Metingen 3 en 4-9-2002

J.M.G.P. Michielsen, H. Stallinga, P. van Velde & J.C. van de Zande





Effect spuitboombeweging op spuitvloeistof- depositie en drift

Metingen 3 en 4-9-2002

J.M.G.P. Michielsen, H. Stallinga, P. van Velde & J.C. van de Zande

© 2007 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
1. Inleiding	3
2. Materiaal en methode	5
2.1 Depositie	5
2.2 Drift	6
2.3 Spuitboombeweging	6
3. Verwerking data spuitboombewegingsmeting	9
3.1 Beschrijving datafile	9
3.2 Importeren data file / controle data	9
3.3 Uitwerken data	10
3.3.1 Berekenen van de horizontale boombeweging	10
3.3.2 Berekening snelheidsverschil	12
3.3.3 Berekening verticale boombeweging	12
3.4 Tijdklasse	12
4. Resultaten	15
4.1 Depositie metingen boven gewas	15
4.2 Driftmetingen naast gewas	19
4.2.1 Driftmeting op 9m strook	19
4.2.2 Vergelijking drift op meetstroken parallel aan het perceel en de standaardmethode	24
4.3 Spuitboombewegingen	30
5. Horizontale boombewegingsnelheid en spuitvloeistof depositie boven voorlaatste rug	39
5.1 Relatie boomsnelheid en depositie (XR-L)	39
5.2 Grafische presentatie meetstrook	39
5.3 Variatiecoëfficiënt en tijdklasse %<10%	45
5.4 10% over- en onderschrijding	47
6. Drift en boomhoogte	51
6.1 Grafische presentatie meetstrook	51
6.2 Variatiecoëfficiënt en tijdklasse %<10%	56
7. Discussie	59
8. Conclusie	63
Literatuur	65
Samenvatting	67

	pagina
Bijlage I. Schetsen en foto's meetopstelling	2 pp.
Bijlage II. Depositie boven voorlaatste rug, als % van afgifte	4 pp.
Bijlage III. Depositie boven gewas als % van afgifte	1 p.
Bijlage IV. Drift als % van afgifte	4 pp.
Bijlage V. Vergelijking #16 XR/DG +L	1 p.
Bijlage VI. Beschouwing twee verschillende bewegingen	1 p.
Bijlage VII. Resultaten relatie boomtipsnelheid en depositiemeting	3 pp.
Bijlage VIII. Relatie boomsnelheid vs depositie	3 pp.
Bijlage IX. Relatie boomhoogte vs Driftdepositie	3 pp.

Voorwoord

Het in deze rapportage beschreven onderzoek is uitgevoerd in het LNV-programma DWK 416 'Ecotoxicologische risico's van gewasbeschermingsmiddelen'. Onderzocht werd de relatie tussen gemeten spuitboombewegingen bij de bespuiting van aardappelen, de variatie in spuitvloeistofdepositie onder deze bewegende spuitboom en de variatie in de driftdepositie naast het bespoten perceel. Het onderzoek is uitgevoerd op het proefbedrijf 'De Oostwaardhoeve' te Slootdorp.

1. Inleiding

Spuitboombewegingen kunnen een variatie in de depositie in het gewas en de driftdepositie naast het bespoten gewas veroorzaken. Kok (2001) onderzocht het effect van spuitboombeweging op de spuitvloeistofdepositie op kale grond. Daarbij werden de depositiemetingen uitgevoerd op een matrix van filterpapier (10x10 cm) van 50 cm breed en 6m lang en de driftmetingen in 2 rijen collectoren (10x25 cm) over 14m lengte. Hij concludeerde ten aanzien van de spuitboombeweging dat deze, mits gemeten op dezelfde dag/plaats, voor de verschillende bespuitingen vergelijkbaar is en dat metingen op verschillende dagen niet met elkaar vergeleken kunnen worden. Dit maakt het moeilijk om een algemeen geldende uitspraak te doen over de gemeten spuitboombeweging en de gemeten spuitvloeistof depositie en driftdepositie.

Ten aanzien van de spuitvloeistofdepositie onder de spuitboom merkte Kok een grotere variatiecoëfficiënt op bij de toepassing van luchtondersteuning dan bij de conventionele bespuiting. Hij verklaarde dit doordat bij de conventionele bespuiting de eventuele over- en onderdosering tijdens de bespuiting werd uitgemiddeld door het overwaaien van de nevel, hetgeen bij luchtondersteuning minder is.

Ten aanzien van de driftdepositie concludeerde Kok dat door gebruik van luchtondersteuning tijdens de bespuiting niet alleen het absolute driftpercentage lager is dan bij de conventionele bespuiting, maar dat ook de variatiecoëfficiënt lager is (ondanks de lagere meetwaarden).

Uit het onderzoek van Kok volgt echter geen relatie tussen spuitboombeweging en driftdepositie. Als verklaring werd gegeven dat in zijn berekeningen geen rekening met de actuele windrichting tijdens de bespuiting kon worden opgenomen en dat onbekend was hoe de combinatie van horizontale en verticale boombeweging de drift beïnvloeden.

In deze studie wordt onderzocht of soortgelijke conclusies getrokken kunnen worden bij de bespuiting van een gewas aardappelen. Daarnaast is dit verslag een toets voor de kengetallen, of deze afdoende zijn voor het verklaren van de onderlinge relaties tussen gemeten spuitboombewegingen en gemeten spuitvloeistofdepositie en drift. Dit onderzoek is gelijktijdig uitgevoerd met een standaard driftmeting, gerapporteerd door Stallinga *et al.* (2003).

Het doel van het onderzoek is het vastleggen van de spuitboombewegingen in het horizontale en verticale vlak tijdens een bespuiting van een gewas aardappelen en de daarbij optredende depositie en drift.

In dit verslag wordt de methodiek van de spuitboombewegingsmetingen en de verwerking daarvan besproken. De spuitboombeweging wordt daarbij gepresenteerd als patroon in een figuur en er worden kengetallen aan verbonden die in de analyse worden besproken. Het patroon van depositie en drift wordt weergegeven in figuren en er worden kengetallen aan verbonden die in de analyse worden besproken.

2. Materiaal en methode

De bespuitingen werden uitgevoerd met een Hardi Commander Twin Force getrokken veldspuit met 24 m werkbreedte en mogelijkheid tot luchtondersteuning. Er werd gespoten bij een werkdruk van 3,0 bar met een Teejet XR 110.04 en een Teejet DG 110.04 dop met Lechler IS 80.04 kantdop; beide gaven een spuitvolume van 300 l/ha. De bespuitingen werden op 3 en 4 september 2002 uitgevoerd op een perceel aardappelen (A-28) op de Oostwaardhoeve. In Bijlage I staan schetsen en foto's van de meetopstelling. Het perceel was speciaal voor de driftmetingen aangelegd, waarbij er 20m kale grond windafwaarts naast het te bespuiten perceel aardappelen lag. Op 3 september is gemeten bij westen wind, op 4 september bij oosten wind. De objecten zonder en met luchtondersteuning werden in één spuitgang direct achter elkaar gespoten, waarbij voor beide objecten een meetstrook was uitgezet. Elke dag zijn 2 herhalingen gemeten met de 2 doptypen en zonder en met luchtondersteuning. Tijdens de bespuitingen werd de temperatuur (op 0,5 en 2m hoogte), de relatieve luchtvochtigheid, de windsnelheid (op 0,5 en 2m hoogte) en de windrichting met een meteostation vastgelegd. In Tabel 1 staan de gemiddelde weersomstandigheden tijdens de bespuitingen.

Tabel 1. Weersomstandigheden tijdens de metingen, temperatuur en windsnelheid op 2m hoogte.

dag	herh	dop	zonder luchtondersteuning					met luchtondersteuning				
			meetstrook	T [°C]	%RV	hoek	wind [m/s]	meetstrook	T [°C]	%RV	hoek	wind [m/s]
3-9	15	DG	1	24,1	39	10	3,6	2	24,0	39	12	3,7
		XR	1	23,7	38	16	3,7	2	23,7	38	17	3,3
	16	XR	1	25,4	40	19	3,0	2	25,5	40	13	3,0
		DG	1	24,8	39	28	3,1	2	24,6	38	26	3,4
4-9	17	DG	3	22,4	52	26	2,6	4	22,5	53	25	2,8
		XR	3	21,9	45	47	2,2	4	21,8	45	52	2,1
	18	XR	3	21,9	48	11	2,0	4	21,7	48	14	2,3
		DG	3	21,1	50	-7	1,4	4	21,0	50	-8	1,5

De bespuitingen werden uitgevoerd met leidingwater waaraan de fluorescerende tracer Briljant Sulfo Flavine (BSF, 3 g/l) en een niet-ionische uitvloeier (Agral, 1 ml/l) was toegevoegd. Voor en na elke herhaling werd uit een spuitende dop een spuitvloeistofmonster genomen, ter controle van de BSF-concentratie.

2.1 Depositie

Om de spuitvloeistofdepositie onder het uiteinde van de bewegende spuitboom te meten werd boven de voorlaatste aardappelrug in de rijrichting een meetstrook van 9m lengte opgezet. Het midden van de depositiestrook lag ter hoogte van het midden van de driftmeetstrook (Stallinga *et al.*, 2003). De depositiemeetstrook bestond uit staanders met daarop 3m lange latten waarop PVC platen lagen, ter hoogte van gewashoogte. Op de PVC platen werden met klittenband doekcollectoren (Technofil TF-290) van 10 cm breed bij 50 cm lang bevestigd. In het perceel zonder luchtondersteuning waren ook collectoren op gewashoogte geplaatst, in het verlengde van de driftstrook halverwege elke spuitboom-helft. De doekcollectoren werden na de bespuiting verzameld en gecodeerd voor verdere analyse op de hoeveelheid BSF.

2.2 Drift

Op de strook kale grond lagen per meetstrook twee rijen collectoren van de 'reguliere' driftmeting (Stallinga *et al.*, 2003), met een onderlinge afstand van 3m. Deze rijen, haaks op de rijrichting, bestonden uit PVC platen met klittenband waarop de filterdoek-collectoren (Technofil TF-290) werden bevestigd. De collectoren werden op ½-1, 1-1½, 1½-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 7½-8½, 10-11 en 15-16 m gelegd, gemeten vanaf de positie van de laatste dop. Op 2 m vanaf de laatste dop werd op de grond, parallel aan de depositiestrook boven het gewas, in de rijrichting een strook van 9 m collectoren (Technofil TF-290, 10 cm breed en 50 cm lang) uitgelegd, 3 m tussen de 'reguliere' driftstroken en 3 m aan weerszijden van de twee driftstroken. De collectoren werden na de bespuiting verzameld en gecodeerd voor verdere analyse op de hoeveelheid BSF.

2.3 Spuitboombeweging

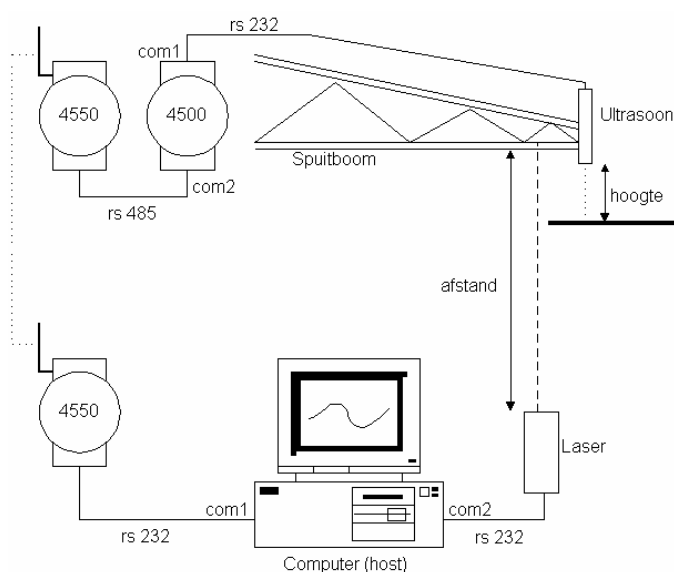
Om in het veld de beweging van een spuitboom te kunnen volgen is het noodzakelijk om op bepaalde tijdstippen in het horizontale vlak (de afstand) en in het verticale vlak (de hoogte) de positie van de boom te bepalen (Jong *et al.*, 2000). Met deze drie gegevens, tijd, horizontale en verticale plaats is het mogelijk de bewegingen van de boom te volgen en te reproduceren.

Met een **laser afstandmeter** (SICK DME 200) werd de horizontale afstand bepaald van het meetinstrument tot een reflectiescherm bevestigd op de spuitboom. Met een **ultrasoonsensor** (AE, P42-A4N-2D-1C1-130) werd de hoogte van de spuitboom tot de grond bepaald. Het reflectiescherm en de ultrasoonsensor werden bevestigd aan het uiteinde van de spuitboom (spuitboomtip). Door deze gemeten waarden aan elkaar te koppelen is de beweging van de spuitboomtip te bepalen.

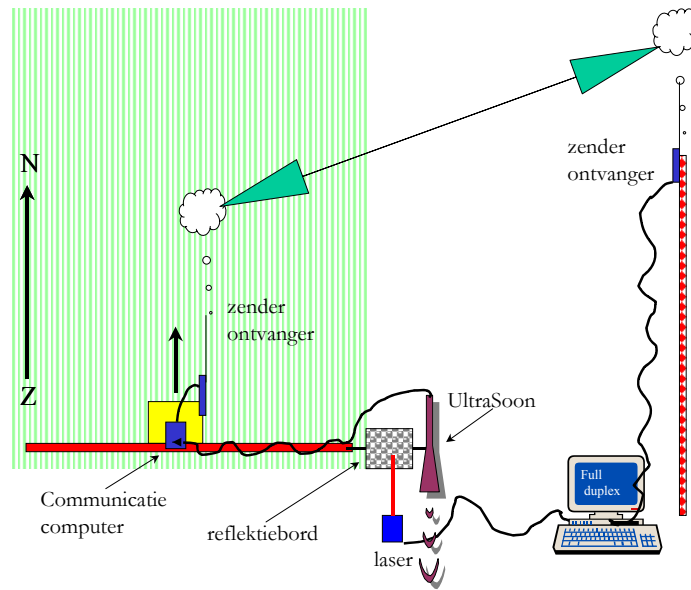
Voor de communicatie werden twee computers gebruikt; te weten een 'gewone' computer (host) en de 4500 mini-computer (Figuur 1). Met behulp van deze twee computers werden de twee meetinstrumenten (laser en ultrasoon) gekoppeld.

Omdat het ongewenst is dat een rijdende spuit een kabel door het gewas sleept was er voor gekozen de communicatie tussen de computers via een draadloze modem verbinding te laten lopen. Met de twee '4550 modules' (Figuur 1) werd deze draadloze verbinding gevormd.

Eén computer (host) stond bij de laser in de buurt en ontving 10 keer per seconde (10Hz) een nieuw gemeten signaal van deze laser. Daar werden de getallen (tijd, afstand en hoogte) opgeslagen in een file. In Figuur 2 staat de methodiek in het veld weergegeven.



Figuur 1. Schematische weergave meetopstelling voor het meten van spuitboombewegingen.



Figuur 2. Schematische weergave veldmeetopstelling spuitboombewegingen.

3. Verwerking data spuitboombewegingsmeting

In dit hoofdstuk wordt de methode beschreven om de data die bij de spuitboombewegingsmetingen is verzameld te verwerken.

3.1 Beschrijving datafile

Van elke afzonderlijke run werd een data file aangemaakt. In Tabel 2 is te zien hoe deze files zijn opgebouwd. De opeenvolgende metingen staan in kolommen gerangschikt. De belangrijkste gegevens zijn het metingnummer, de afstand (mm) en de hoogte(mm).

Tabel 2. Voorbeeld datafile full duplex.

Metingnr	Timer	Afstand	Hoogte	Gemeten tijd
1	41172.25	+007149	1071	5.078125 ^E -02
2	41172.31	+007150	1082	.1601563
3	41172.36	+007150	1089	.21875
4	41172.42	+007148	1086	.2695313
5	41172.47	+007148	1089	.3320313
6	41172.53	+007149	1085	.3789063
7	41172.53	+007148	1092	.4414063
8	41172.58	+007150	1084	.4882813
9	41172.64	+007148	1097	.4882813

451	41205.92	+057491	0888	33.71875
452	41206.03	+057642	0869	33.83203
453	41206.14	+057805	0867	33.94141
454	41206.25	+057971	0885	34.05078
455	41206.31	+058126	0901	34.16016
456	41206.42	+058286	0888	34.21875
457	41206.53	+058458	0843	34.33203
458	41206.64	+058628	0844	34.48828
459	41206.69	+058798	0848	34.55078

3.2 Importeren data file / controle data

De data files werden geïmporteerd en verder verwerkt in Microsoft Excel. Aan het begin en eind van een meting staat vaak geen bruikbare data, doordat de trekker dan stilstond (gemeten afstand verandert niet) of de laser niet op het reflectiescherm gericht was (afstand is 0). Soms kwam het voor dat door de bewegingen van de spuitboom de laserstraal niet op het reflectiescherm viel, de afstand die dan gemeten werd is 0.

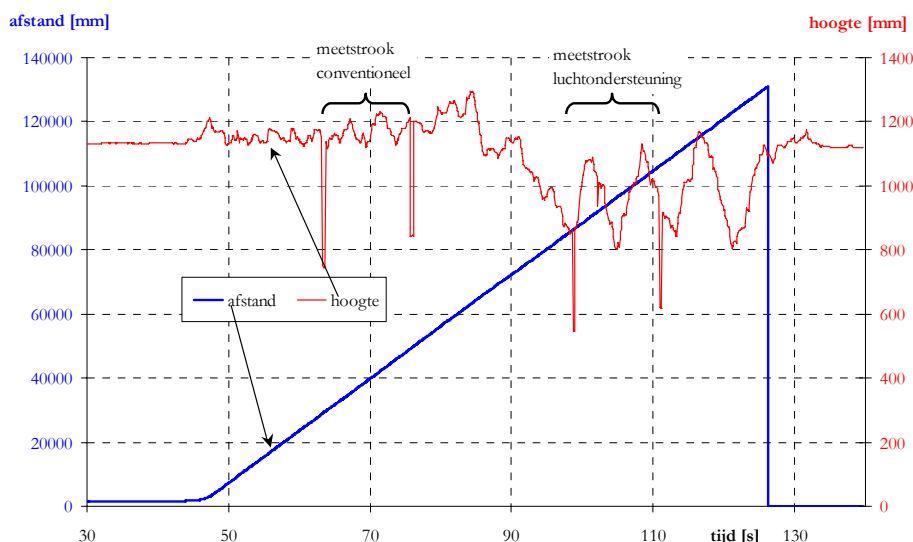
Een voorbeeld van geïmporteerde data staat in Tabel 3.

In kolom **C** staat de afstand tussen laser (stationair) en de reflectieplaat op de spuitboom (bewegend) in mm. In kolom **D** staat de hoogte, dit is de afstand tussen spuitboom en grondoppervlak, in mm. De tijdsbasis is na importeren ingevoerd in kolom **F**, waarbij uitgegaan is van de sample frequentie van 10 Hz, zodat elk data-paar 0,1 s na elkaar volgt.

Tabel 3. Voorbeeld van data in Excel spreadsheet.

cel	A	B	C	D	E	F
1				150m2		
2					Gemeten	
3	Metingnr	Timer	Afstand	Hoogte	tijd	10Hztijd
4	1	41172.25	7149	1071	5.08E-02	0.1
5	2	41172.31	7150	1082	0.160156	0.2
6	3	41172.36	7150	1089	0.21875	0.3
7	4	41172.42	7148	1086	0.269531	0.4
8	5	41172.47	7148	1089	0.332031	0.5
9	6	41172.53	7149	1085	0.378906	0.6
10	7	41172.53	7148	1092	0.441406	0.7
11	8	41172.58	7150	1084	0.488281	0.8
12	9	41172.64	7148	1097	0.488281	0.9

Deze data werd in een grafiek gezet, de afstand (Y_1 -as) en hoogte (Y_2 -as) tegen de tijd, zoals in Figuur 3. Aan de hand van deze figuur werd 'verkeerde' data gefilterd en bepaald over welk sampletraject de data verwerkt zullen worden.



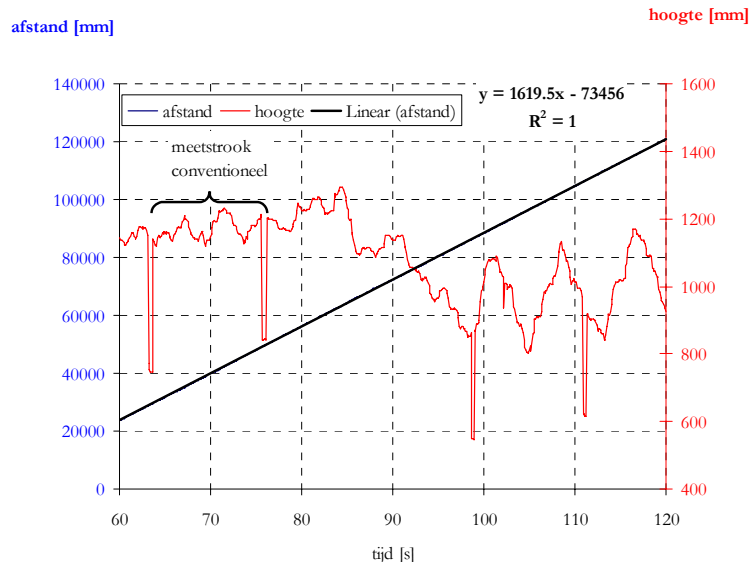
Figuur 3. Voorbeeld van een geïmporteerde meting.

3.3 Uitwerken data

De metingen zijn geëvalueerd over een totale rijlengte van 20 m.

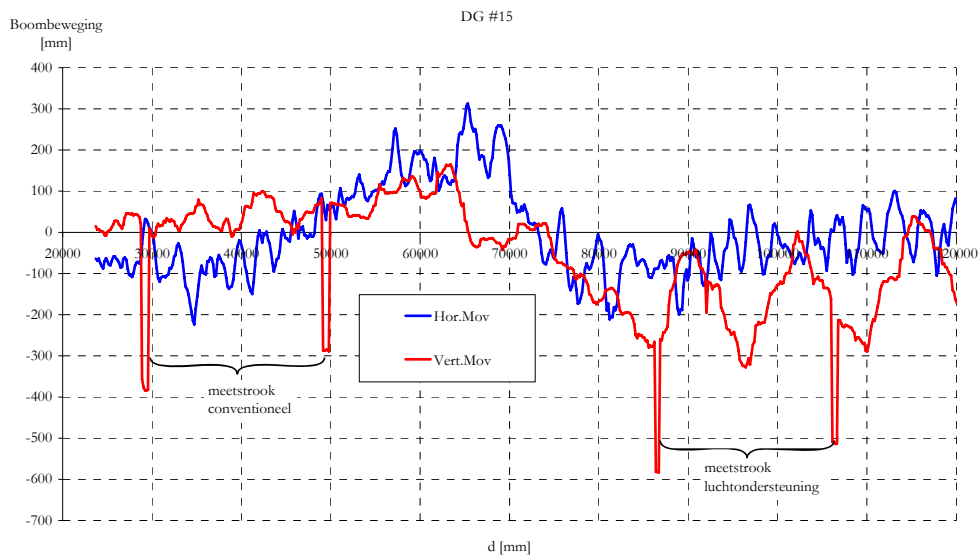
3.3.1 Berekenen van de horizontale boombeweging

De horizontale boombeweging geeft aan in hoeverre de boomtip afwijkt van de gemiddelde voortschrijdende afstand. Om de horizontale boombeweging te berekenen werd van het gekozen traject (uit Figuur 3) de afstand tegen de tijd uitgezet. Aan de lijn die zo ontstond werd een lineaire trendlijn toegevoegd. De trendlijn formule was nodig voor het berekenen van de horizontale boombeweging. In Figuur 4 staat een voorbeeld van een regressie-analyse (=regressie-afstand) met de daarbij horende vergelijking, over het meettraject: 60 – 120 seconden.



Figuur 4. Voorbeeld regressie-analyse trend afstandsmeting voor de meettijd 60-120 sec.

De horizontale boombeweging werd berekend als het verschil tussen de lineaire trend en de gemeten afstand op hetzelfde tijdstip. Hierbij werd er dus vanuit gegaan dat de trekker een constante snelheid heeft; deze snelheid volgt uit de richtingscoëfficiënt (mm per 0,1s) in de trendlijn formule. De horizontale boombeweging werd berekend als het verschil tussen de actueel gemeten plaats en de berekende plaats volgens de trendlijn methode. Bij een positieve waarde liep het spuitboomuiteinde voor op de spuit, en bij een negatieve achter. In Figuur 5 staat een voorbeeld van de horizontale boombeweging over de tijd waar de regressie-analyse was uitgevoerd.



Figuur 5. Voorbeeld van horizontale boombeweging en verticale boombeweging tijdens een meting voor het traject 20 – 120 m vanaf de laser-meetopstelling.

Elke herhaling is over de meetlengte van 20 m tussen de bakens bij de meetstrook geëvalueerd. Hierbij werd de horizontale boombeweging per 0,1 sec uitgerekend. De gemiddelde horizontale boombeweging werd berekend over alle metingen binnen de meetlengte van 20 m (Figuur 6). De spreiding in horizontale boombeweging komt tot

uitdrukking in de standaardafwijking. Van elke herhaling is de gemiddelde horizontale boombeweging en de standaardafwijking bepaald.

3.3.2 Berekening snelheidsverschil

De snelheid van de boom of liever de spuitdop bevestigd aan de boom is een verklarende en/of veroorzakende factor voor verschillen in depositie van spuitvloeistof. Gaat de dop sneller dan de (gemiddelde) voortbewegings-snelheid dan krijg je een lagere depositie en omgekeerd, gaat de dop langzamer dan krijg je een hogere depositie. De snelheid is uitgerekend uit de afstandsmeting door:

$$\text{snelheid [mm/s]} = \frac{\text{mm afstand}_{t_2} - \text{mm afstand}_{t_1}}{t_2 - t_1 [\text{s}]}$$

Omdat het in deze studie niet uitmaakt of de snelheid te hoog dan wel te laag is, maar eerder dat de snelheid afwijkt, is het *absolute* snelheidsverschil uitgerekend. Hierna is per herhaling berekend wat het absolute snelheidsverschil ten opzichte van de gemiddelde snelheid was over de meetlengte van 20 m voor ieder tijdsinterval van 0,1 sec. Dit snelheidsverschil is per object gemiddeld over de herhalingen.

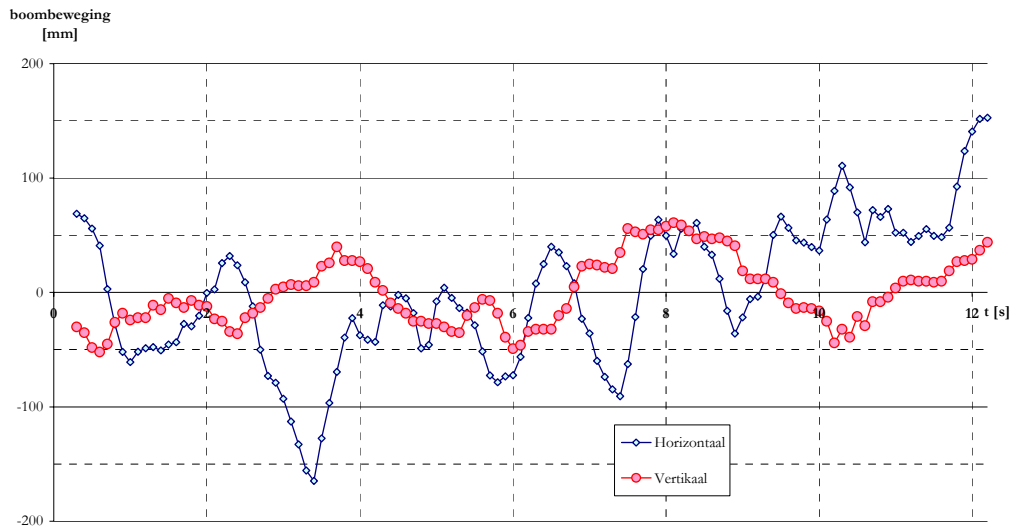
3.3.3 Berekening verticale boombeweging

De verticale boombeweging is de afwijking van de ingestelde hoogte; grafiek 5 geeft hiervan een voorbeeld. Bij elke herhaling is over een meetlengte van 20 m geëvalueerd. Hierbij is het verschil tussen de actueel gemeten hoogte en de ingestelde spuitboomhoogte over de meetlengte van 20 m voor ieder tijdsinterval van 0,1 sec berekend (Figuur 6). Van deze waarden is van elke meting de gemiddelde verticale boombeweging en de standaardafwijking bepaald.

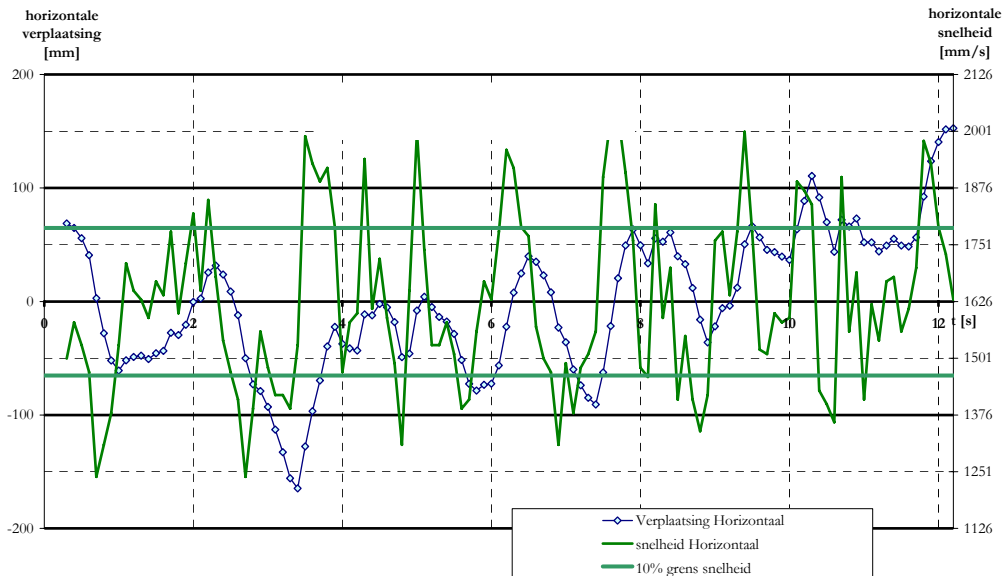
3.4 Tijdklasse

De standaardafwijking bij een horizontale boombeweging of verticale boombeweging is een indicatie hoever de metingen rondom het gemiddelde zijn verdeeld. Daarnaast is het interessant om te weten voor welk deel van de tijd de boom buiten het gemiddelde heeft bewogen. Hiervoor is een grens getrokken van +/- 10 cm (Figuur 6) rondom het gemiddelde.

Zo is het ook interessant om te weten voor welk deel van de tijd de snelheid van de spuitboomtip buiten het gemiddelde was. Hiervoor is een grens getrokken voor het verschil van 10 % groter dan de gemiddelde snelheid (Figuur 7). Is het snelheidsverschil groter dan 10% dan kan een significant verschil in de depositie worden verwacht.



Figuur 6. Horizontale en verticale boombeweging over 20 m(12s) meetstrook.



Figuur 7. Voorbeeld horizontale boombeweging, mm verplaatsing en snelheid [mm/s].

4. Resultaten

In de resultaten wordt eerst de depositie-verdeling boven het gewas en de drift-depositie-verdeling naast het gewas besproken. Vervolgens worden de resultaten van de spuit-boombewegingsmetingen behandeld. Hierna zal in hoofdstuk 5 de depositie-verdeling boven het gewas worden gerelateerd aan de gemeten horizontale spuitboomsnelheid en in hoofdstuk 6 de drift-depositie-verdeling worden gerelateerd aan de gemeten spuitboomhoogte.

4.1 Depositie metingen boven gewas

De gemeten depositie waarden staan in Bijlage II en III. In Tabel 4 staan de resultaten samengevat. Ook is procentueel aangegeven hoeveel van de depositiedoeken maximaal 10% van de gemiddelde depositie afwijken. Dit laatste is meer een voorzet voor de vergelijking met de spuitboombeweging (hoofdstuk 5). In de Figuren 8, 9, 10 en 11 staat het depositie patroon weergegeven. Voor een beter beeld van het depositiepatroon, is de depositie in de figuren gerelateerd aan de gemiddelde depositie over de 9m (per object gemiddeld).

Tabel 4. Depositie spuitvloei stof boven voorlaatste aardappelrug, % van afgifte.

herhaling	dop-type	geen/wel lucht- onder- steuning	meet- strook	depositie% boven laatste rug			
				gemiddelde	standaard afwijking	variatie- coëfficiënt	depo klasse [<10%]
15	XR	-	1	99.9	18.6	19	28%
15	DG	-	1	81.2	9.4	12	50%
16	XR	-	1	90.8	14.5	16	50%
16	DG	-	1	100.7	14.2	14	56%
15	XR	+	2	93.0	15.8	17	33%
15	DG	+	2	81.1	14.1	17	39%
16	XR	+	2	96.7	14.2	15	56%
16	DG	+	2	106.4	9.9	9	78%
17	XR	-	3	106.1	11.8	11	56%
17	DG	-	3	74.6	9.3	12	44%
18	XR	-	3	115.5	8.2	7	89%
18	DG	-	3	121.0	10.2	8	67%
17	XR	+	4	90.4	13.1	15	44%
17	DG	+	4	66.7	23.9	36	22%
18	XR	+	4	106.9	11.1	10	67%
18	DG	+	4	131.6	11.7	9	83%

Omdat de depositie aan het uiteinde van de spuitboom is gemeten kun je door bijvoorbeeld verschil in boombeweging en windinvloed, verschillen verwachten in depositie, althans afwijkend van de verwachte afgifte.

De variatiecoëfficiënt is de belangrijkste parameter in de beschrijving van de regelmaat van de depositie, in Tabel 5 staat de variatiecoëfficiënt gemiddeld naar meetstrook en in Tabel 6 gemiddeld naar techniek (dop/lucht).

Variatiecoëfficiënt gemiddeld over de meetstrook

Tabel 5. Gemiddelde variatiecoëfficiënt van de spuitvloeistofdepositie boven de voorlaatste aardappelrug, per meetstrook (a=getallen met niet gelijke letters duiden op significante verschillen getoetst bij 95% betrouwbaarheid, b= getoetst bij 90% betrouwbaarheid).*

meetstrook	1	2	3	4	gem
	15 <i>a,b</i>	15 <i>a,b</i>	10 <i>b*</i>	17 <i>a</i>	14

Op meetstrook 1 en 2 is de variatiecoëfficiënt even groot (15%). Op meetstrook 3 is de variatiecoëfficiënt het laagst (10%) en op meetstrook 4 is de variatiecoëfficiënt het hoogst (17%). Dit laatste is vooral veroorzaakt door een hoge variatiecoëfficiënt van de DG+#17 (36%). Het gemiddelde van de andere drie technieken op deze meetstrook (11%) is vergelijkbaar met de variatiecoëfficiënt op meetstrook 3.

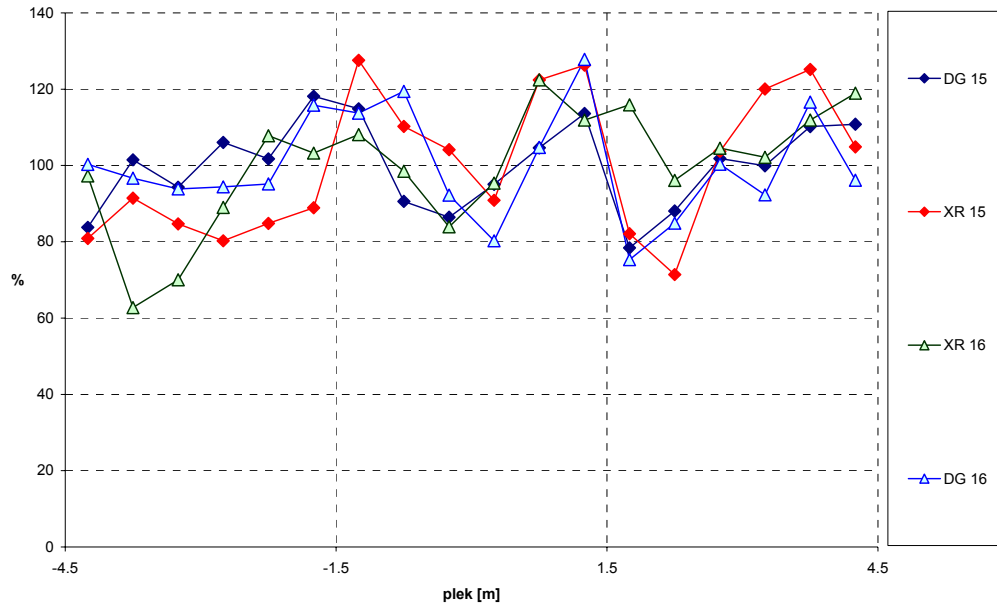
De meetstroken 1 en 2 (perceel 1) gaven een grotere variatiecoëfficiënt dan de meetstroken 3 en 4 (perceel 2).

Variatiecoëfficiënt gemiddeld over de techniek

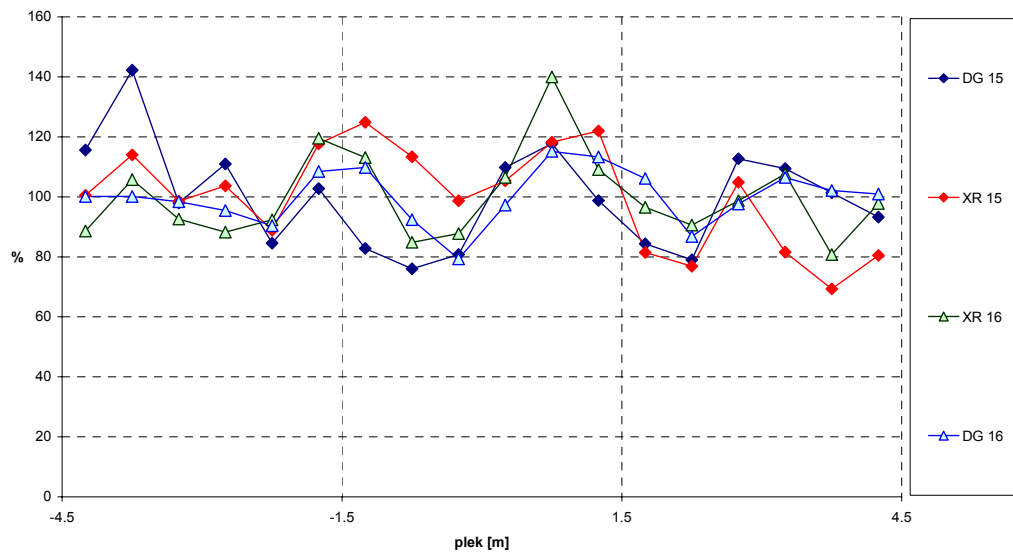
Tabel 6. Gemiddelde variatiecoëfficiënt van de spuitvloeistofdepositie boven de voorlaatste aardappelrug, per techniek (a=getallen met niet gelijke letters duiden op significante verschillen).

techniek	XR conventioneel	XR met luchtondersteuning	DG conventioneel	DG met luchtondersteuning	gem
	13 <i>a</i>	14 <i>a</i>	12 <i>a</i>	18 <i>a</i>	14

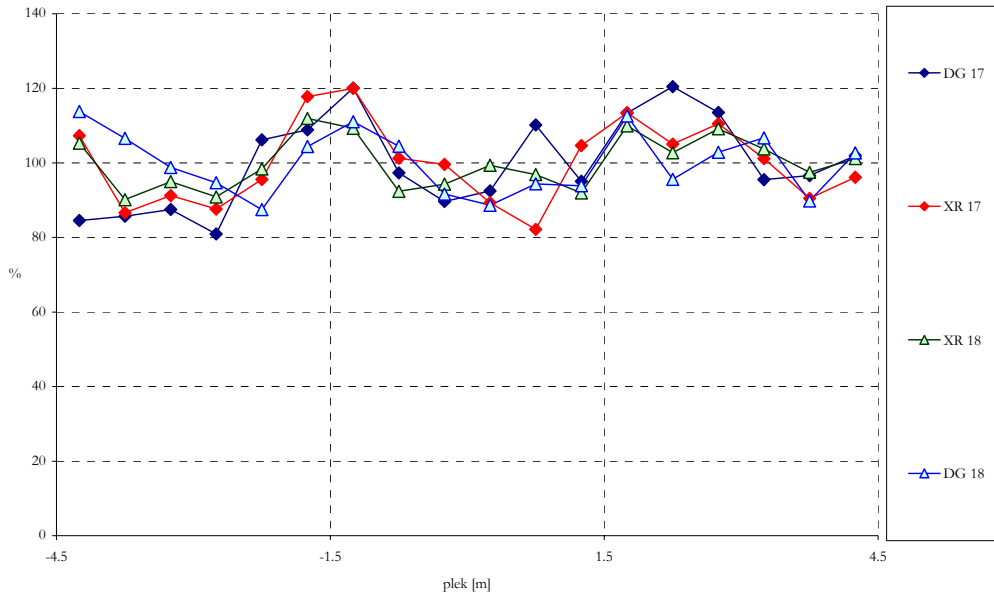
De variatiecoëfficiënt bij de XR-dop zonder en met luchtondersteuning is vergelijkbaar, 13 en 14%. De variatiecoëfficiënt van de DG-dop zonder luchtondersteuning is vergelijkbaar met de beide XR-dop technieken (12%). Door de hoge variatiecoëfficiënt van DG-dop met luchtondersteuning #17 (*DG+#17*) is de gemiddelde variatiecoëfficiënt van de DG-dop met luchtondersteuning het hoogst (18%). Het gemiddelde van de andere drie DG-dop met luchtondersteuning metingen is gemiddeld 12%, gemiddeld gelijk aan de DG-dop zonder luchtondersteuning en de beide XR-dop-technieken. Kortom tussen de vier technieken is niet zo'n groot verschil, als de DG+#17 als een uitbijter uit de resultaten wordt gelaten. Of anders gesteld kan geconcludeerd worden dat bij de depositie boven het gewas door luchtondersteuning geen grotere variatiecoëfficiënt is gemeten dan bij de conventionele bespuiting. En dat de variatiecoëfficiënt van de depositie van de driftarme spuitdop niet groter is dan van de standaard spleetdop.



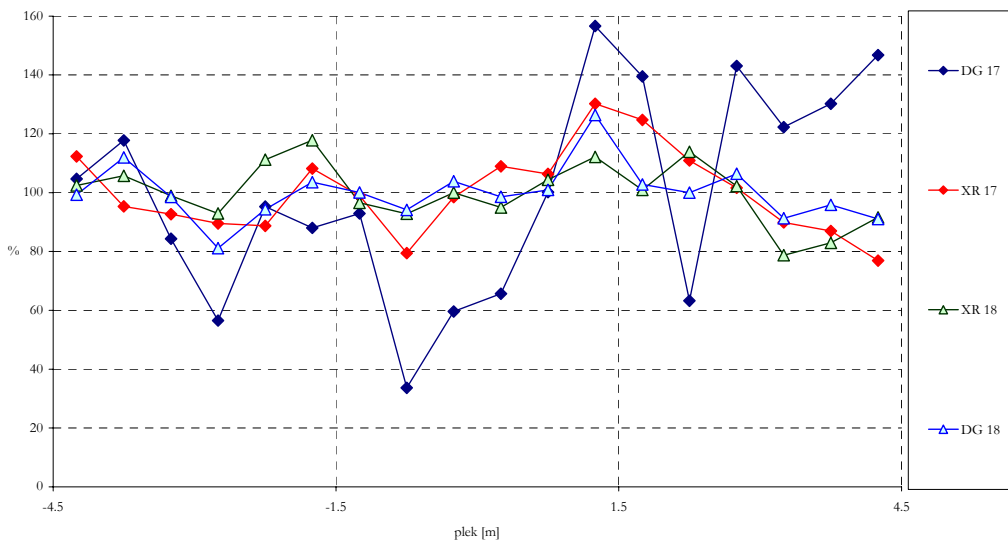
Figuur 8. Spuitvloestofdepositie (% van gemiddeld over meetstrook) over 9m lengte boven voorlaatste aardappelrug voor een conventionele spuittechniek met een standaard spleetdop (XR) en een driftarme spuitdop (DG), 3-9-2002.



Figuur 9. Spuitvloestofdepositie (% van gemiddeld over meetstrook) over 9m lengte boven voorlaatste aardappelrug voor een luchtondersteunde spuittechniek met een standaard spleetdop (XR) en een driftarme spuitdop (DG), 3-9-2002.



Figuur 10. *Spruitvloestofdepositie (% van gemiddeld over meetstrook) over 9m lengte boven voorlaatste aardappelrug voor een conventionele spuittechniek met een standaard spleetdop (XR) en een driftarme spuitdop (DG), 4-9-2002.*



Figuur 11. *Spruitvloestofdepositie (% van gemiddeld over meetstrook) over 9m lengte boven voorlaatste aardappelrug voor een luchtondersteunde spuittechniek met een standaard spleetdop (XR) en een driftarme spuitdop (DG), 4-9-2002.*

Beschrijving Figuren 8 - 11

De grafieken zijn per meetstrook gegroepeerd. Wat dan opvalt is dat de depositiepatronen binnen een meetstrook een sterke gelijkenis hebben. Er is maar een gering verschil in spuitvloestofdepositie tussen de verschillende technieken. Kennelijk is de meetplaats bepalend voor de boombeweging en daarmee de variatie in depositie. De ondergrond van het spuitspoor is dusdanig dat het een zodanige beweging oplevert. Dit levert dan ook, onafhankelijk van de toegepaste techniek (dop / luchtondersteuning) een zelfde depositiepatroon op.

Er is één meting die een afwijkend depositiepatroon heeft (DG+L#17, Figuur 11), wat de oorzaak hiervan is, is onduidelijk.

4.2 Driftmetingen naast gewas

In paragraaf 4.2.1 worden de resultaten van de metingen op de 9m strook in de lengterichting naast het perceel weergegeven en besproken. In paragraaf 4.2.2 worden de resultaten van de 9m strook vergeleken met de standaard driftmeting.

4.2.1 Driftmeting op 9m strook

De gemeten driftdepositie waarden staan in Bijlage IV. In Tabel 7 staan de resultaten samengevat. Ook is procentueel aangegeven hoeveel van de doeken met de depositie maximaal 10% van de gemiddelde depositie afwijken. Dit laatste is meer een voorzet voor de vergelijking met de spuitboombeweging (hoofdstuk 6).

Ter verduidelijking en verklaring van de data zijn de windsnelheid en hoek van de wind opgenomen. Ook is de mediaan van de drift berekend, de mate van afwijking van mediaan ten opzichte van het gemiddelde is ook een maat voor de regelmaat.

Tabel 7. Drift op 2m naast gewas, % van afgifte.

herhaling	doptype	geen/wel luchtondersteuning	meetstrook	meteo		%drift op 2 m naast gewas					
				windsnelheid [m/s]	hoek [° t.o.v. haaks] + = rugwind	gemiddelde	standaard afwijking	variatiecoëfficiënt	drift klasse [<10%]	mediaan	mediaan / gemiddelde
15	XR	-	1	3,7	16	14,06	6,05	43	17%	12,60	0,9
15	DG	-	1	3,6	10	2,07	0,96	46	11%	1,84	0,9
16	XR	-	1	3,0	19	6,87	3,15	46	17%	7,18	1,0
16	DG	-	1	3,1	28	1,95	0,74	38	17%	1,78	0,9
15	XR	+	2	3,3	17	0,79	0,69	88	0%	0,50	0,6
15	DG	+	2	3,7	12	0,22	0,07	32	22%	0,20	0,9
16	XR*	+	2	3,0	13	0,54	0,75	138	0%	0,27	0,5
16	DG*	+	2	3,4	26	1,12	1,08	96	6%	0,99	0,9
17	XR	-	3	2,2	47	1,94	0,59	30	22%	1,94	1,0
17	DG	-	3	2,6	26	1,06	0,18	17	50%	1,06	1,0
18	XR	-	3	2,0	11	4,12	1,88	45	17%	4,58	1,1
18	DG	-	3	1,4	-7	0,81	0,48	59	6%	0,69	0,9
17	XR	+	4	2,1	52	1,70	1,13	66	11%	1,43	0,8
17	DG	+	4	2,8	25	0,06	0,06	90	6%	0,04	0,7
18	XR	+	4	2,4	14	0,23	0,10	43	28%	0,23	1,0
18	DG	+	4	1,5	-8	0,03	0,03	102	11%	0,02	0,7

* Mogelijk XR/DG wisselen? zie Bijlage V.

De variatiecoëfficiënt is de belangrijkste parameter in de beschrijving van de regelmaat van de driftdepositie, in Tabel 8 staat de variatiecoëfficiënt gemiddeld naar meetstrook en gemiddeld naar techniek (dop/lucht).

Tabel 8: gemiddelde variatiecoëfficiënt van de driftdepositie (a=getallen met niet gelijke letters duiden op significante verschillen).

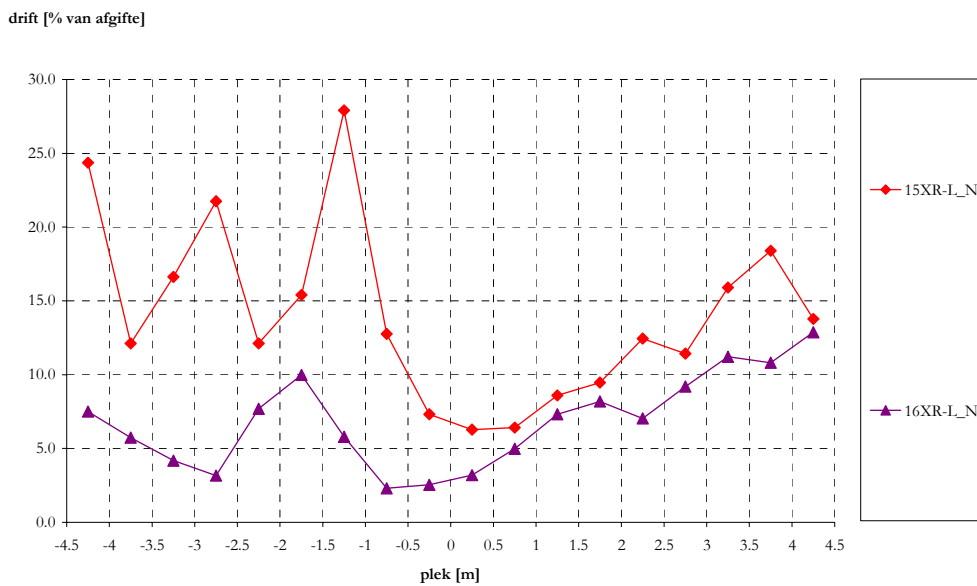
techniek	XR -	XR +	DG -	DG +	gem
	41 a	84 b	40 a	80 b	61
meetstrook	1	2	3	4	gem
	43 a	89 b	38 a	75 b	61

De variatiecoëfficiënt van de driftdepositie op 2m afstand is gelijk voor de standaard spleetdop (XR, 41%) en de driftarme spleetdop (DG, 40%). De variatiecoëfficiënt voor luchtondersteunde spuiten is hoger dan voor conventioneel spuiten, dit geldt voor beide typen spuitdoppen (resp. 84 en 80%). In de vergelijking tussen de 4 meetstroken valt op dat de meetstrook 1 en 3 een gelijke variatiecoëfficiënt hebben en dat de meetstroken 2 en 4 een gelijke variatiecoëfficiënt hebben, maar onderling significant verschillen. Op de meetstroken 1 en 3 werd met de

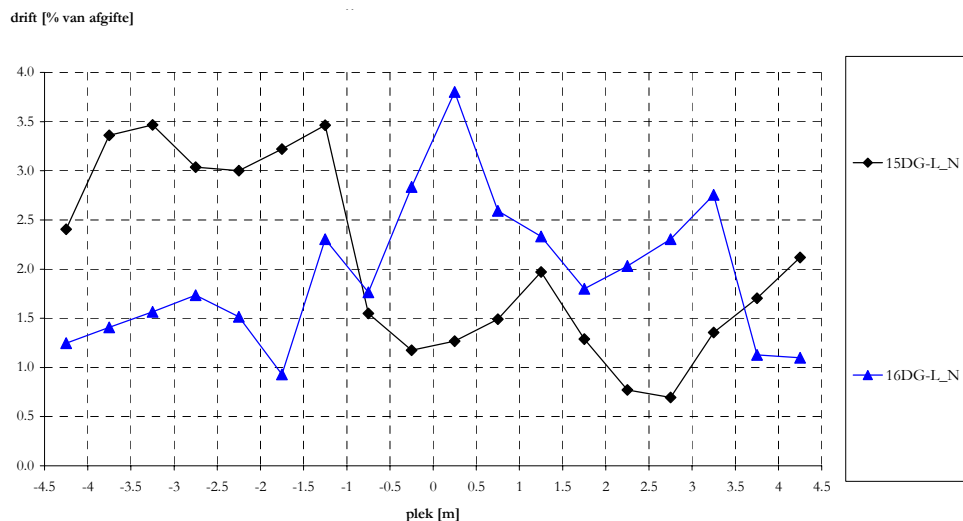
conventionele techniek gespoten en op de meetstroken 2 en 4 met de luchtondersteunde techniek. Ook hier volgt dus uit dat de variatiecoëfficiënt voor luchtondersteunde spuiten hoger is dan voor conventioneel spuiten.

Meetstrook 1: conventioneel 3-9

De gemiddelde drift van de twee DG's is vrijwel gelijk, de drift van XR15 is tweemaal zo hoog als XR16. Dit is zo niet uit de windsnelheid/windrichting te verklaren. De drift van de XR is wel substantieel hoger dan de drift van de DG. De variatiecoëfficiënt van de 4 objecten is nagenoeg gelijk, ook al lijkt het dat de XR (Figuur 12) onregelmatiger is dan de DG (Figuur 13). Dit is gedeeltelijk te wijten aan de schaal/ hoogte; de drift van de DG is aanzienlijk lager dan van de XR spuitdop. De twee XR-en vertonen een gelijk beeld (Figuur 12), zeker van -1 tot 4,5 m. De DG's lijken een tegenstrijdig beeld te hebben (Figuur 13), er is ook geen overeenkomst met de XR-doppen.



Figuur 12. Drift meetstrook 1, XRconv #15&16.



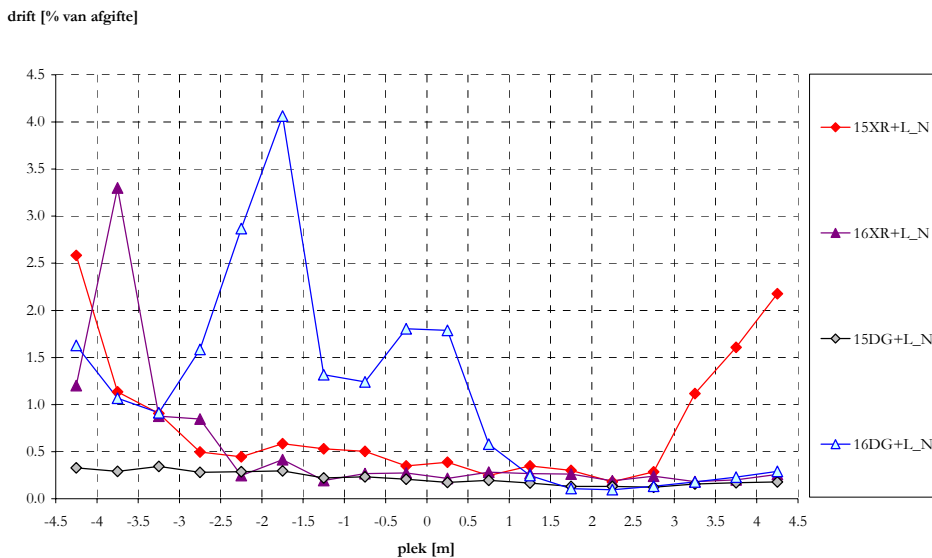
Figuur 13. Drift meetstrook 1, DGconv #15&16.

Meetstrook 2: luchtondersteuning 3-9

De drift door luchtondersteuning is lager dan bij de conventionele bespuiting. Is er op meetstrook 1 een duidelijk onderscheid tussen XR en DG, op deze meetstrook (2) geldt dat niet. Hier is de drift bij de DG de laagste (0,22; DG15) en de hoogste (1,12; DG16).

Op deze meetstrook is de variatiecoëfficiënt erg hoog, uitgezonderd voor de DG15. Uit de figuren blijkt dat dit wordt veroorzaakt door slechts een klein aantal metingen op de 9m strooklengte. Deze waarnemingen hebben een heel hoge drift%. Op deze meetstrook is een groot verschil tussen de vier objecten. De variatiecoëfficiënt van de DG15 is laag, van de andere is de variatiecoëfficiënt erg hoog, tegen de 100% en zelfs hoger dan 100%.

Kijkend naar de resultaten lijken de XR16 en DG16 verwisseld, althans door wisselen van de resultaten XR16/DG16 zijn de driftresultaten eenvoudiger te verklaren. Uit de verwerking van de resultaten is hier weliswaar geen aanleiding tot wisselen voor te vinden, zie Bijlage VI.

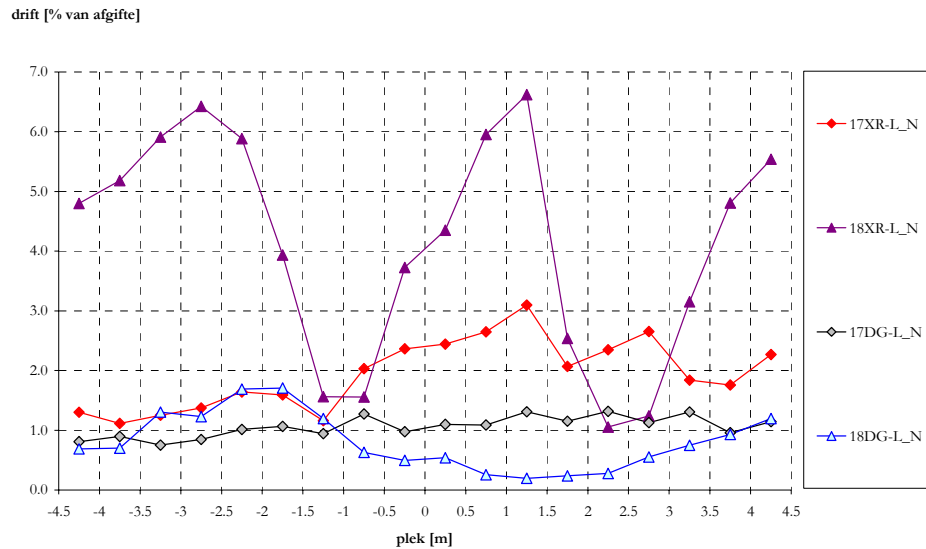


Figuur 14. Drift meetstrook 2, luchtondersteund.

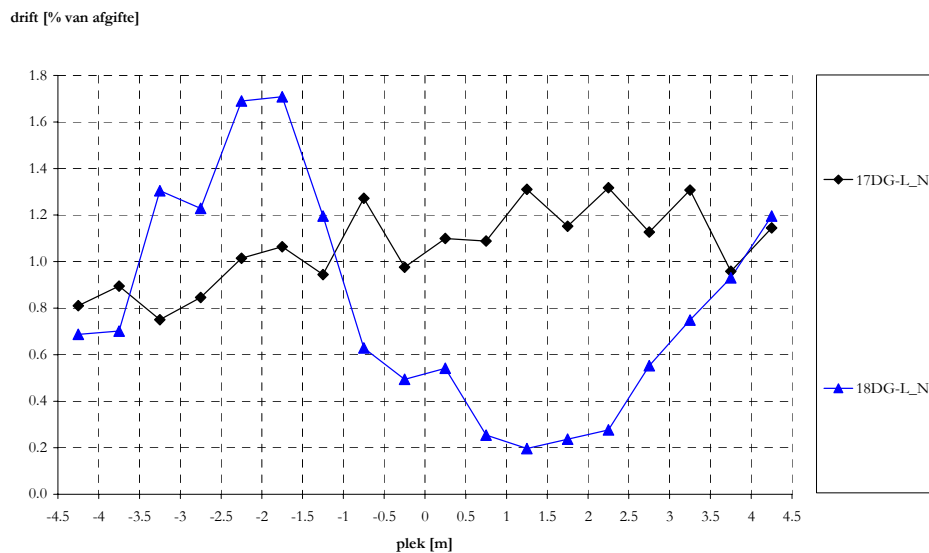
Meetstrook 3: conventioneel 4-9

De drift was op meetstrook 3 lager dan de dag ervoor op meetstrook 1, de windsnelheid was ook lager (resp. $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ – resp. $3,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Let wel dat de hoek bij XR17 in feite te groot was om een goede meting van de drift te maken; mogelijk verklaard de hoek ook het lagere driftpercentage bij deze techniek ten opzichte van de andere drie metingen met XR-dop conventioneel.

De gemiddelde variatiecoëfficiënt op deze meetstrook is de laagste van de 4 meetstroken. Met name de variatiecoëfficiënt van XR17 en DG17 zijn laag. Op deze meetstrook geeft XR18 een grillig patroon met een variatiecoëfficiënt van 45%. Het patroon van DG 18 is vloeiender maar door de grote spreiding is de variatiecoëfficiënt 59%. De patronen van de vier objecten op deze strook hebben geen overeenkomst met elkaar.



Figuur 15. Drift meetstrook 3, conventioneel.

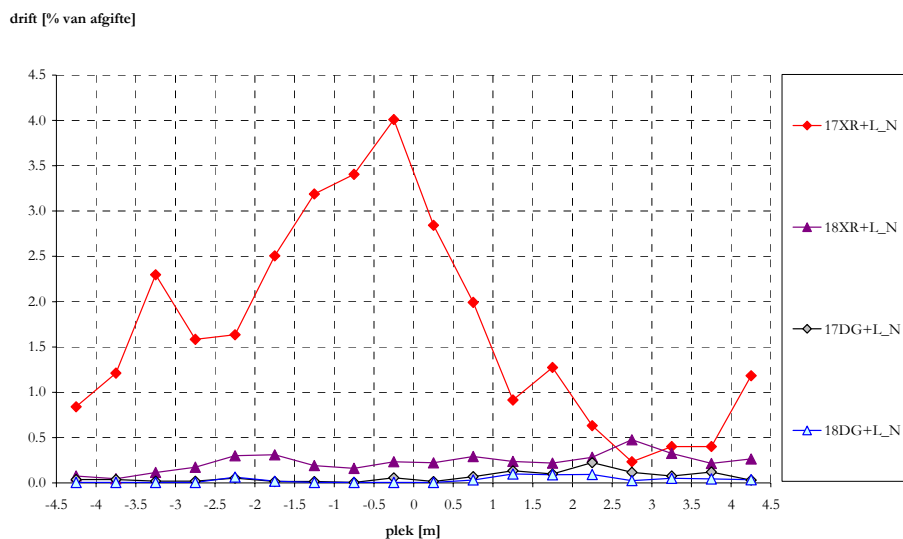


Figuur 16. Drift meetstrook 3, DG conventioneel metingen 17&18.

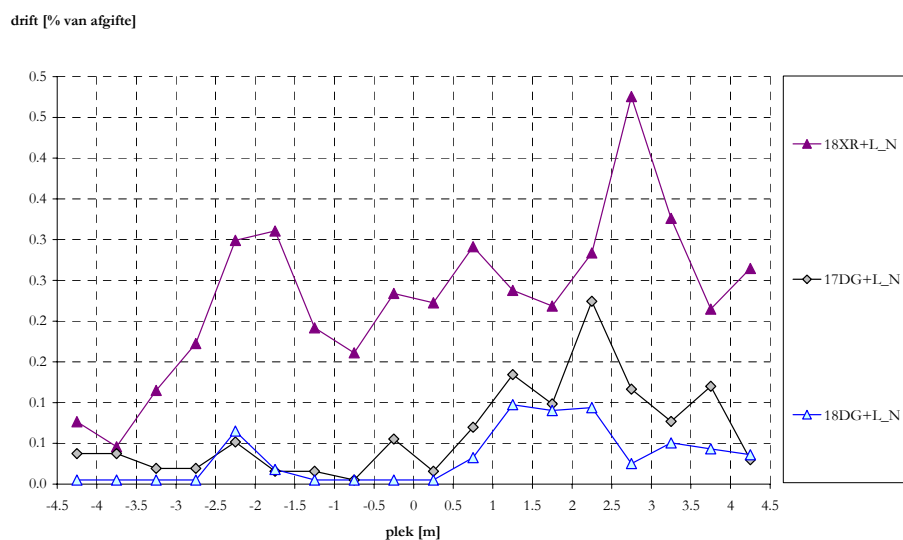
Meetstrook 4: luchtondersteuning 4-9

Op meetstrook 4 is met luchtondersteuning gemeten; de drift van de DG is laag, m.n. die van DG18, waar veel waarden onder de detectiegrens zaten. Er is een groot verschil tussen de beide XR-en. In het bijzonder de XR17 valt op door een relatief hoge waarde, ook hoger dan de meetwaarden van 3-9. Opvallend hierbij is dat de windhoek van 52°, erg groot, een hogere drift geeft, in tegenstelling tot een zelfde grote hoek bij XRconv17, waar de drift lager was.

De gemiddelde variatiecoëfficiënt van de metingen op meetstrook 4 is hoger dan bij de conventionele metingen. In de Figuur 17 valt het patroon van XR17 op. Zonder deze waarden, Figuur 18, valt op dat de patronen van de drie resterende objecten een gelijkenis vertonen. De hoge variatiecoëfficiënt van de DG wordt voornamelijk veroorzaakt door de lage waarden.



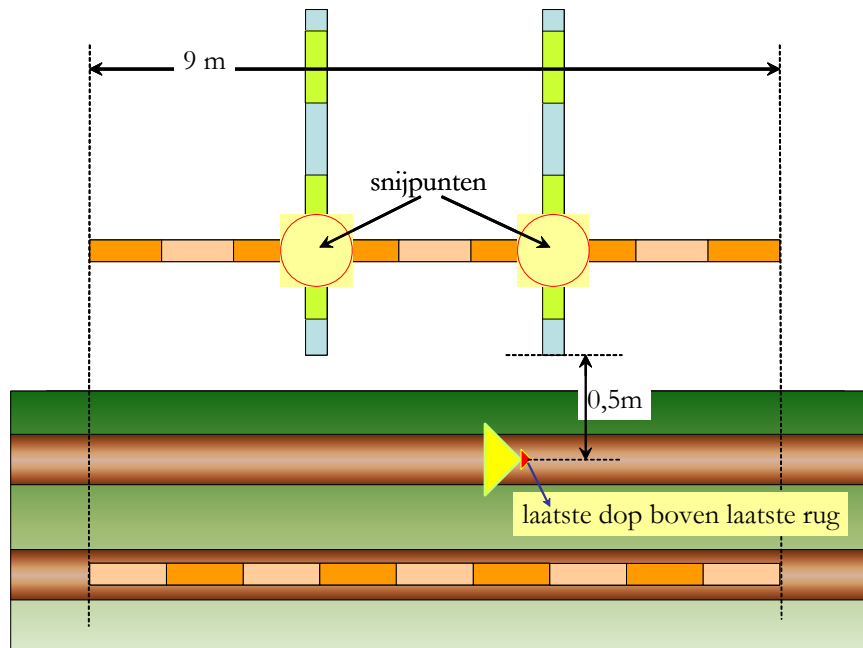
Figuur 17. Drift meetstrook 4, luchtondersteund.



Figuur 18. Drift meetstrook 4, luchtondersteund zonder meting XR+L17.

4.2.2 Vergelijking drift op meetstroken parallel aan het perceel en de standaardmethode

In deze paragraaf worden de resultaten van de drift uit de 'standaard' driftmeetmethode vergeleken met de driftmetingen in de lengterichting naast het perceel. Om ze te vergelijken zijn de meetwaarden uitgerekend naar het snijpunt van beide metingen (zie Figuur 19).



Figuur 19. Snijpunten van de driftmeetopstellingen.

De drift op 2m uit de curve is berekend door interpolatie (Holterman, 1998) uit het percentage op 1½-2m en 2-3m (Tabel 9). De drift uit de lengterichting is berekend uit het gemiddelde van de 2 doeken naast de standaard driftmeting (Tabel 10). De 2 waarden zijn in Tabel 11 naast elkaar gelegd en in de Figuren 20 en 21 is hun verband aangegeven.

Tabel 9. % drift uit standaard driftmeetstroken.

dag	herh	dop	rij	conventioneel			+ luchtondersteuning		
				1½-2	2-3	op 2 m	1½-2	2-3	op 2 m
3 - 9	15	DG	1	5,54	2,35	4,10	0,34	0,25	0,30
			2	2,72	1,28	2,09	0,25	0,22	0,24
	XR	1	49,7	22,9	37,9	1,05	0,42	0,76	
		2	20,3	7,93	14,6	0,85	0,26	0,55	
	16	XR	1	22,0	2,71	9,81	1,03	0,23	0,60
			2	17,9	5,54	11,7	1,29	0,20	0,63
	DG	1	1,69	1,60	1,66	2,60	0,35	1,21	
		2	4,19	2,03	3,26	0,24	0,10	0,18	
4 - 9	17	DG	1	1,75	1,39	1,62	0,06	0,03	0,04
			2	2,15	1,19	1,75	0,25	0,21	0,23
		XR	1	2,58	1,35	2,06	5,89	0,82	2,78
			2	7,62	2,34	4,99	5,14	0,14	1,00
	18	XR	1	3,26	1,11	2,22	2,51	0,14	0,74
			2	11,6	4,90	8,58	0,99	0,13	0,46
		DG	1	0,36	0,19	0,29	0,06	0,02	0,04
			2	1,32	1,09	1,24	0,30	0,19	0,26

Tabel 10. Drift ter hoogte van de standaard driftrij, doeken rondom deze rij!

techniek	rij doek plek [m] herh	1		2		gem	
		6 -2 - -1,5	7 -1,5 - -1	12 1 - 1,5	13 1,5 - 2	1	2
XR -L	15	15,40	27,91	8,60	9,47	21,66	9,03
	16	9,98	5,79	7,32	8,18	7,89	7,75
	17	1,59	1,16	3,10	2,07	1,38	2,58
	18	3,94	1,56	6,62	2,54	2,75	4,58
XR+L	15	0,59	0,53	0,35	0,30	0,56	0,33
	16	0,42	0,19	0,27	0,26	0,31	0,27
	17	2,51	3,19	0,91	1,27	2,85	1,09
	18	0,31	0,19	0,24	0,22	0,25	0,23
DG -L	15	3,22	3,46	1,97	1,29	3,34	1,63
	16	0,93	2,30	2,33	1,80	1,62	2,07
	17	1,06	0,94	1,31	1,15	1,00	1,23
	18	1,71	1,20	0,20	0,24	1,45	0,22
DG +L	15	0,30	0,22	0,17	0,13	0,26	0,15
	16	4,06	1,32	0,25	0,11	2,69	0,18
	17	0,02	0,02	0,13	0,10	0,02	0,12
	18	0,02	0,01	0,10	0,09	0,01	0,09

Tabel 11. Vergelijking drift in driftcurve en drift in 9 m langs op 2 m van laatste dop.

dop	herhaling	rij	conventioneel		luchtondersteuning	
			curve	9m	curve	9m
XR	15	1	37,93	21,66	0,76	0,56
		2	14,57	9,03	0,55	0,33
	16	1	9,81	7,89	0,60	0,31
		2	11,75	7,75	0,63	0,27
	17	1	2,06	1,38	2,78	2,85
		2	4,99	2,58	1,00	1,09
	18	1	2,22	2,75	0,74	0,25
		2	8,58	4,58	0,46	0,23
DG	15	1	4,10	3,34	0,30	0,26
		2	2,09	1,63	0,24	0,15
	16	1	1,66	1,62	1,21	2,69
		2	3,26	2,07	0,18	0,18
	17	1	1,62	1,00	0,04	0,02
		2	1,75	1,23	0,23	0,12
	18	1	0,29	1,45	0,04	0,01
		2	1,24	0,22	0,26	0,09

Uit de resultaten volgt dat de berekende drift in de lengterichting lager werd geschat dan de drift in de curve. Natuurlijk is de drift op het 'snijpunt' niet echt gemeten, maar berekend uit de basiscijfers. Maar toch levert het wel een consistent beeld op. Ruwweg kan geconcludeerd worden dat de drift in de lengterichting de helft is van de drift in de curve. Wel is duidelijk te zien dat de pieken en dalen in de drift in de lengterichting terugkomen in de verschillen tussen de twee meetrijen in de standaardmethode.

De verschillen die altijd tussen de twee meetrijen worden gevonden zijn gezien het beeld in de lengterichting een 'normaal' verschijnsel, veroorzaakt door de spreiding optredend bij het verschijnsel drift.

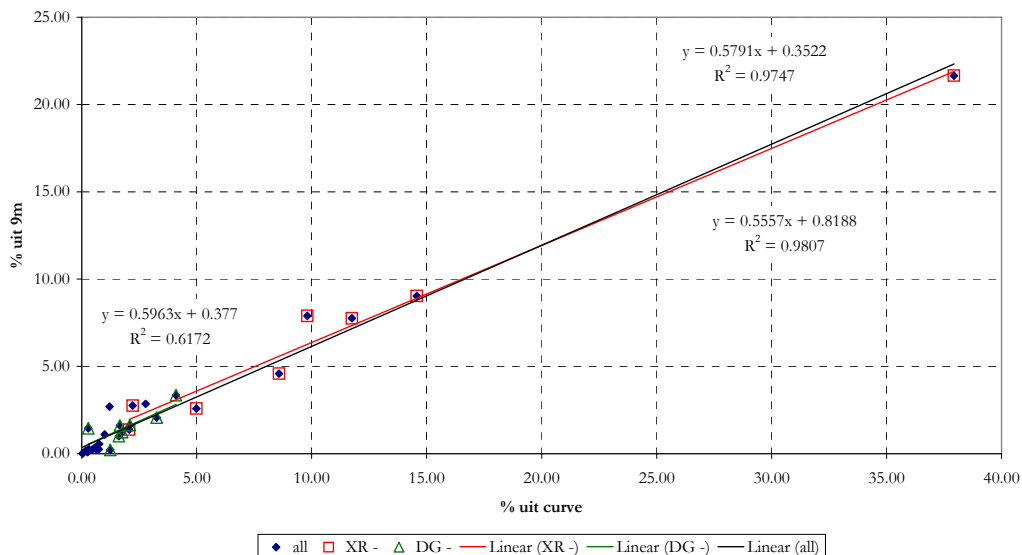
De vraag rijst dan ook of de gehanteerde methode van de twee meetrijen een goede schatting van die drift geeft. Mogelijk dat aan de hand van de drift in de lengterichting een statistisch onderzoek uitgevoerd kan worden over de variatie / variantie / spreiding / etc. wat een antwoord op deze vraag kan geven.

Tabel 12. *Vergelijking gemiddelde drift op 2m uit curve met gemiddelde drift over 9m op 2m.*

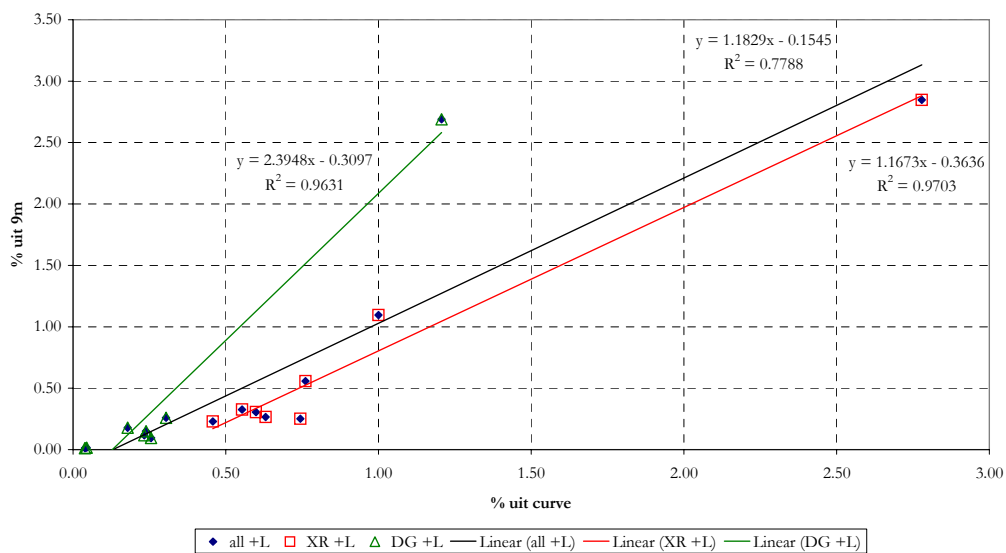
dop	#	conventioneel		luchtondersteund		verhouding curve/9m	
		curve	9m	curve	9m	conv.	lucht.
XR	15	26,25	14,06	0,66	0,79	1,9	0,8
	16	10,78	6,87	0,61	0,54	1,6	1,1
	17	3,52	1,94	1,89	1,70	1,8	1,1
	18	5,40	4,12	0,60	0,23	1,3	2,6
DG	15	3,10	2,07	0,27	0,22	1,5	1,2
	16	2,46	1,95	0,69	1,12	1,3	0,6
	17	1,69	1,06	0,14	0,06	1,6	2,2
	18	0,76	0,81	0,15	0,03	0,9	4,5

In Tabel 12 is de berekende driftdepositie op 2 m (curve) vergeleken met de gemiddelde driftdepositie over 9m op 2m (9m). In de meeste gevallen is de drift in de curve hoger dan de drift op de 9m strook. Bij de XR-conventioneel is dit consequent zo. Bij de andere technieken in 3 van de 4 metingen. Er lijkt wat dit betreft een verschil tussen conventioneel en luchtondersteund. Bij conventioneel is de verhouding tussen de waarden uit de curve en de 9 m strook tussen de 1 en 2, dit lijkt (uitgezonderd DG18) vrij systematisch. Bij luchtondersteund zijn de verschillen wat dit betreft groter, onregelmatiger. Waarschijnlijk is dit veroorzaakt door de hoogte van de meetwaarden, of eigenlijk de lage waarden.

De vergelijking tussen beide driftmetingen / schattingen op het snijpunt in Tabel 11 zijn in de Figuren 20 en 21 weergegeven. Bij de conventionele objecten lijkt er een vast verband te bestaan tussen de drift uit de 9m lengte metingen en de drift op 2m uit de curve, ($y=0,6.x$, $R^2=0,98$). De drift geschat uit de curve is hoger dan de drift geschat uit de 9m lengte. Dit geeft toch aan dat beide metingen principieel anders zijn. Vreemd genoeg is bij de luchtondersteunde objecten de verhouding juist omgekeerd, wat wordt veroorzaakt door de as-afsnijding, in werkelijkheid is ook hier de drift geschat uit de curve hoger dan de drift geschat uit de 9m lengte.



Figuur 20. Alle vergelijkingen, conventioneel objecten.



Figuur 21. Vergelijking van luchtondersteunde objecten.

Effect van de lengte van de fictieve collector in de interpolatieberekening

In de schatting van de driftdepositie op 2m zoals in dit verslag vermeld is uitgegaan van een collector lengte van 50 cm. In een aparte berekening is de depositie op 2m berekend over een collector van 10 cm. In Tabel 13 staat de verhouding van beide berekeningen weergegeven. Bij een waarde 1,00 zijn beide waarden gelijk, bij een waarde kleiner dan 1,00 is de driftdepositie op de collector van 10 cm lager dan de driftdepositie van 50 cm.

Tabel 13. Verhouding collectorlengte 10/50 cm op 2 m.

dop	#	rij	verhouding 10 cm / 50 cm	
			conventioneel	luchtondersteund
XR	15	1	0,99	0,98
		2	0,98	0,97
	16	1	0,90	0,95
		2	0,97	0,92
	17	1	0,99	0,92
		2	0,97	0,67
	18	1	0,98	0,80
		2	0,99	0,91
gemiddeld			0,97	0,89
DG	15	1	0,99	1,00
		2	0,99	1,00
	16	1	1,00	0,91
		2	0,99	0,99
	17	1	1,00	0,99
		2	0,99	1,00
	18	1	0,99	0,97
		2	1,00	1,00
gemiddeld			0,99	0,98

Algemeen genomen ligt de driftdepositie op 10 cm lager dan op 50 cm. In een aantal gevallen wijken ze sterk van elkaar af, met name bij XR+luchtondersteuning.

4.3 Spuitboombewegingen

De resultaten van de spuitboombewegingsmetingen over de 20 m staan hieronder in Tabel 14 samengevat aan de hand van de in § 2.3 besproken parameters. In de Figuren 22 – 29 staan de gemeten spuitboombewegingen weergegeven. Van elke meetstrook zijn van de objecten op die meetstrook de beschikbare spuitboombewegingsmetingen weergegeven uitgesplitst naar horizontale en verticale spuitboombewegingen.

Tabel 14. Spuitboombewegingsparameters per object per meetstrook.

herhaling	dootype	geen/wel luchtondersteuning	meetstrook	aantal metingen op meetstrook	horizontale beweging					verticale beweging		
					gem snelheid [m/s]	gem snelheid [km/h]	standaard afwijking [cm]	standaardafwijking [m/s]	snelheidsklasse [%<10%]	gem boomhoogte [cm]	standaardafwijking [cm]	hoogte klasse [<10cm]
15	XR	-	1	-								
15	DG	-	1	120	1,63	5,9	6	0,19	60	54	3	100
16	XR	-	1	122	1,60	5,8	6	0,21	50	63	5	93
16	DG	-	1	119	1,65	5,9	6	0,22	55	59	5	96
15	XR	+	2	-								
15	DG	+	2	119	1,63	5,9	5	0,23	56	35	9	76
16	XR	+	2	119	1,71	6,2	12	0,53	52	55	6	97
16	DG	+	2	118	1,65	6,0	8	0,24	52	56	5	98
17	XR	-	3	118	1,66	6,0	8	0,25	55	58	4	100
17	DG	-	3	119	1,62	5,8	6	0,21	57	55	4	100
18	XR	-	3	85	1,70	6,1	6	0,45	44	31	4	100
18	DG	-	3	-								
17	XR	+	4	118	1,64	5,9	6	0,16	67	65	6	97
17	DG	+	4	-								
18	XR	+	4	99	1,66	6,0	8	0,24	49	26	4	99
18	DG	+	4	-								

- = geen metingen

Voor het overzicht is de volgende Tabel 15:

Tabel 15. Gemiddelde boombewegingsparameters per dooptype / per meetstrook (a=getallen per kolom met niet gelijke letters duiden op significante verschillen)

doptype	geen/wel luchtondersteuning	meetstrook	n metingen / gem	horizontale beweging					verticale beweging		
				gem snelheid [m/s]	gem snelheid [km/h]	standaard afwijking [cm]	standaardafwijking [m/s]	snelheidsklasse [%<10%]	gem boomhoogte [cm]	standaardafwijking [cm]	hoogte klasse [<10cm]
XR	-		3	1,65	5,9	7 <i>a,b</i>	0,31 <i>a,b</i>	50 <i>a</i>	51 <i>a</i>	4 <i>a</i>	98 <i>a</i>
XR	+		3	1,67	6,0	9 <i>a</i>	0,31 <i>a</i>	56 <i>a</i>	49 <i>a</i>	5 <i>a,b</i>	98 <i>a</i>
DG	-		3	1,63	5,9	6 <i>a,b</i>	0,21 <i>a,b</i>	57 <i>a</i>	56 <i>a</i>	4 <i>a</i>	99 <i>a</i>
DG	+		2	1,64	5,9	6 <i>b</i>	0,24 <i>b</i>	54 <i>a</i>	46 <i>a</i>	7 <i>b</i>	87 <i>b</i>
		1	3	1,63	5,9	6 <i>a,b</i>	0,21 <i>a,b</i>	55 <i>a</i>	59 <i>a</i>	4 <i>a</i>	96 <i>a,b</i>
		2	3	1,66	6,0	8 <i>b</i>	0,33 <i>b</i>	53 <i>a</i>	49 <i>a</i>	6 <i>b</i>	90 <i>b*</i>
		3	3	1,66	6,0	7 <i>a,b</i>	0,31 <i>b</i>	52 <i>a</i>	48 <i>a</i>	4 <i>a</i>	100 <i>a</i>
		4	2	1,65	5,9	7 <i>a</i>	0,20 <i>a</i>	58 <i>a</i>	46 <i>a</i>	5 <i>a,b</i>	98 <i>a,b</i>
gem				1,65	6,0	7	0,27	54	51	5	96

Door falen van de apparatuur zijn niet alle metingen gelukt en ontbreken er resultaten.

De standaardafwijking in het horizontale vlak was gemiddeld 7 cm en in het verticale vlak gemiddeld 5 cm (Tabel 15).

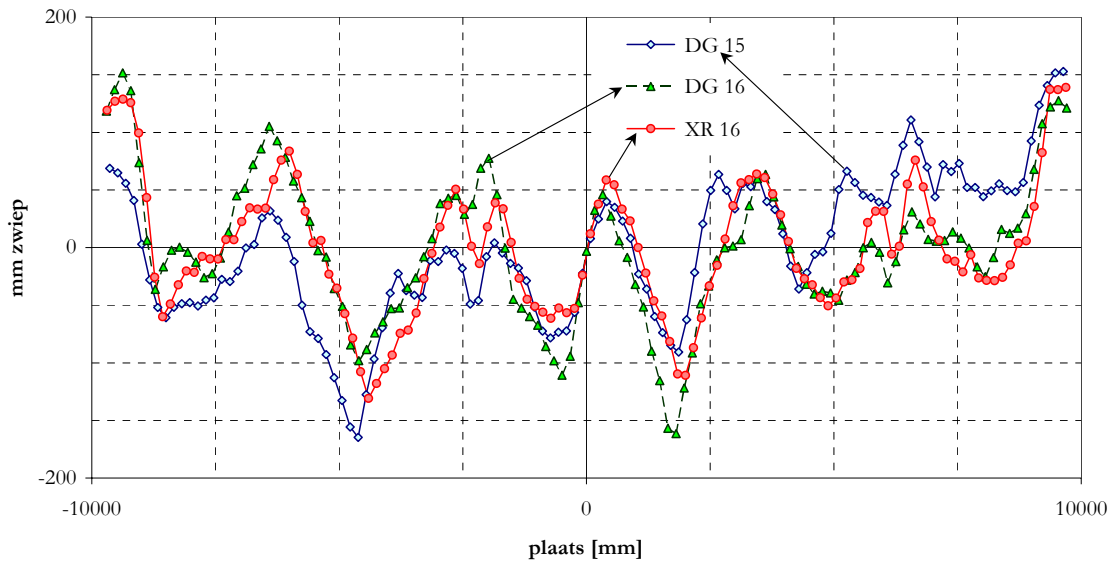
De afzonderlijke metingen wijken niet veel van dit gemiddelde af.

De tijd dat de snelheid van de boomtip binnen de 10%-marge zat was gemiddeld 54%. De verschillende metingen variëren rond dit gemiddelde, er is weliswaar geen meetstrook/techniek aan te wijzen die een hoger of lager percentage gaf. Ditzelfde geldt ook voor de 'hoogteklasse' bij de verticale beweging. Gemiddeld was die 96%. Alleen bij de meting DG+15 was dit lager (76%).

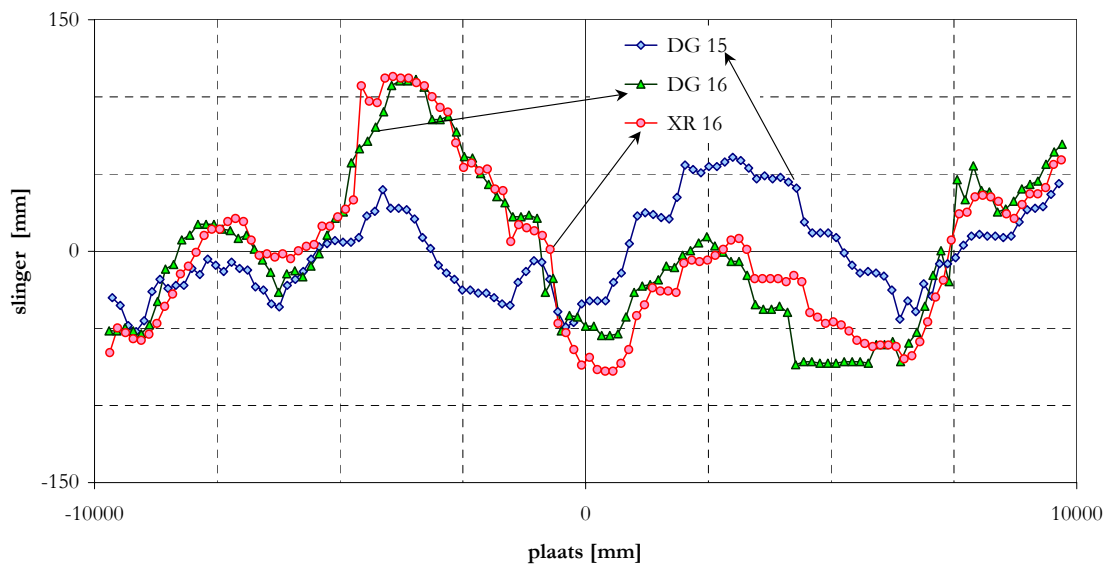
De meetplek en de toegepaste techniek hadden dus weinig invloed op het gedrag van de spuitboom, althans op basis van de weergave van de metingen met deze parameters.

De figuren geven duidelijk aan dat de meetplek wel een duidelijke invloed heeft op de spuitboombeweging. Maar de techniek niet. Bij elke meetplek komt dezelfde beweging terug, zowel in het horizontale als in het verticale vlak. Ook is duidelijk te zien dat de beweging gering is.

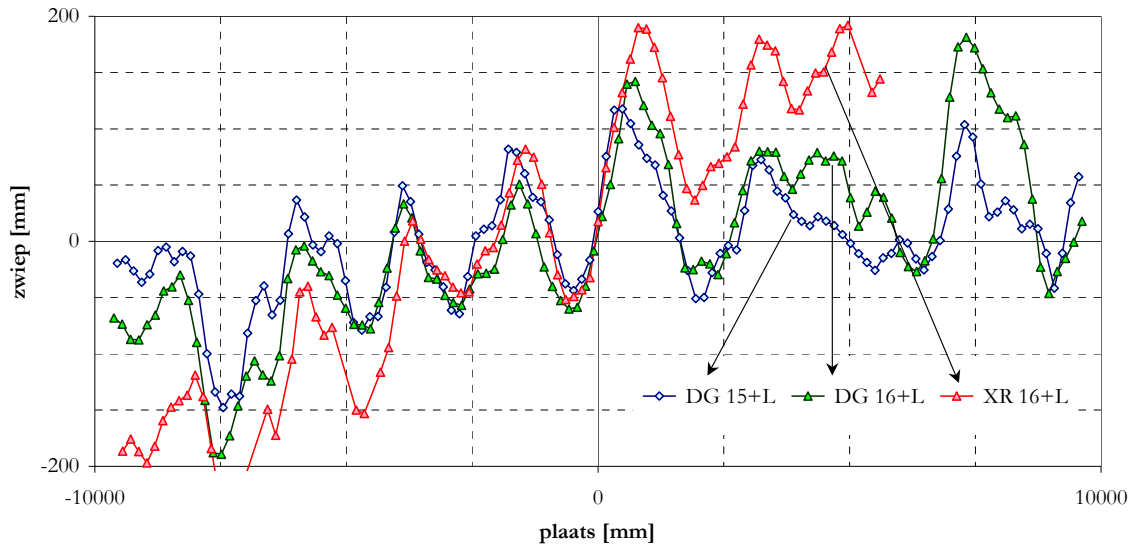
De afleiding van de horizontale beweging is de snelheid, deze is weergegeven in Figuur 30 – 33. In deze figuren is de overeenkomst per meetstrook te zien. De lijnen zijn wel erg 'piekerig', niet vloeiend, wat wordt veroorzaakt doordat er niet veel meetpunten zijn zodat de stap van meetpunt naar meetpunt nogal groot is. Het duidelijkst is de invloed te zien in Figuur 32, waar tijdens de XR18 meting de laser even 'weigerde', wat dan een erg groot verschil in boomtipsnelheid gaf.



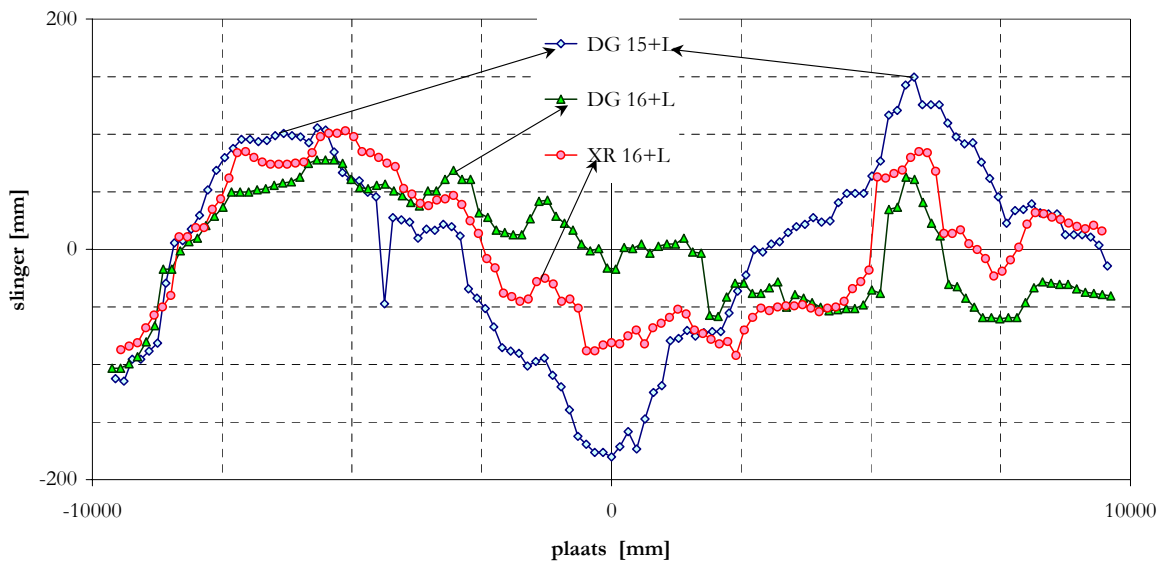
Figuur 22. Horizontale boombeweging op meetstrook 1, 3-9-2002, conventioneel.



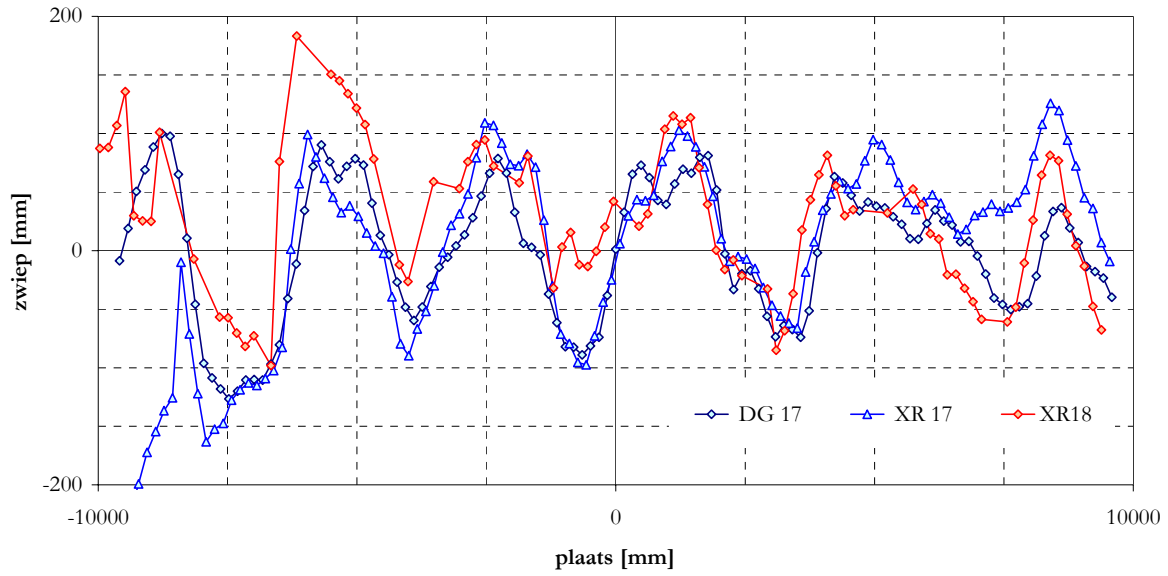
Figuur 23. Verticale boombeweging op meetstrook 1, 3-9-2002, conventioneel.



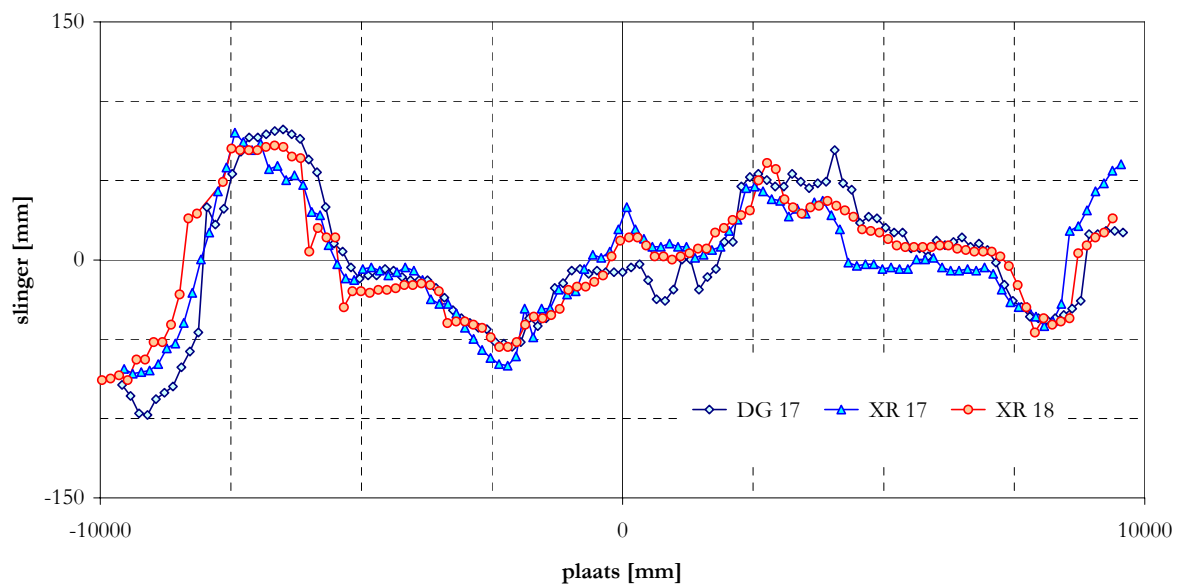
Figuur 24. Horizontale boombeweging op meetstrook 2, 3-9-2002, + luchtondersteuning.



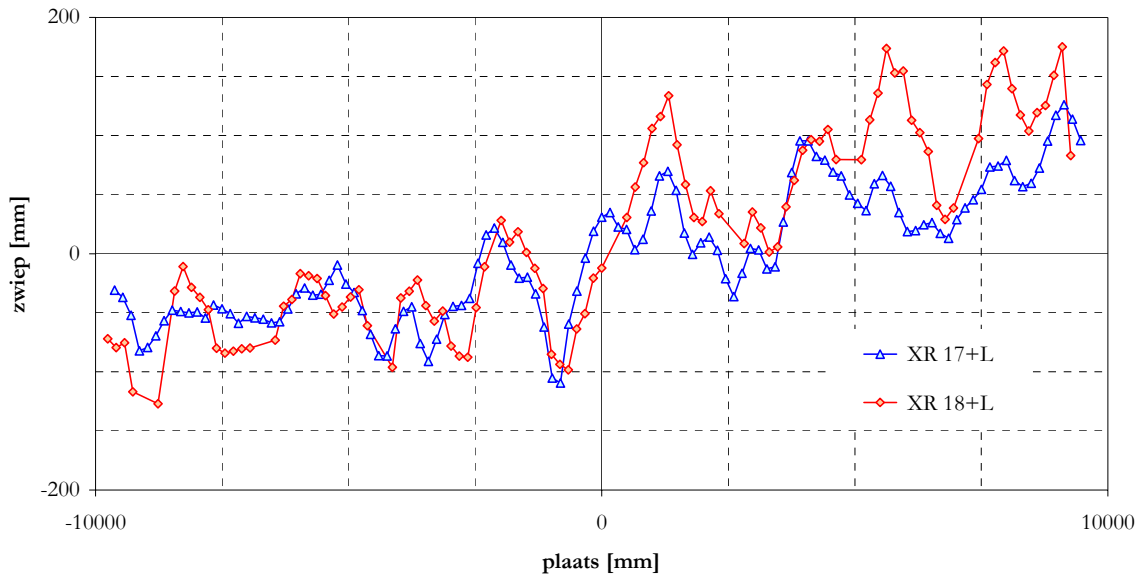
Figuur 25. Verticale boombeweging op meetstrook 2, 3-9-2002, + luchtondersteuning.



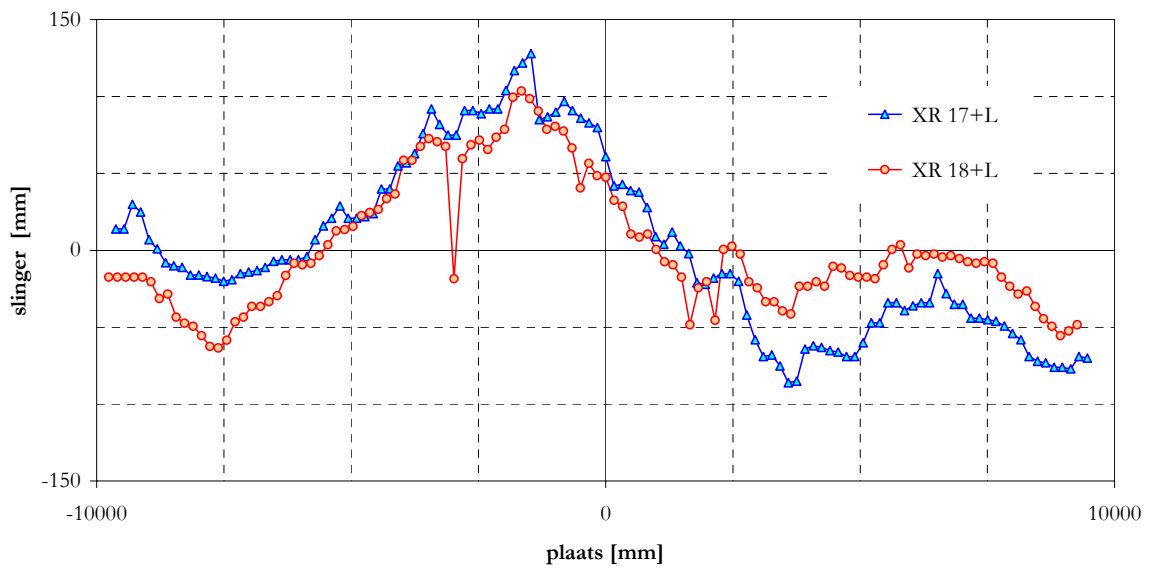
Figuur 26. Horizontale boombeweging op meetstrook 3, 4-9-2002, conventioneel.



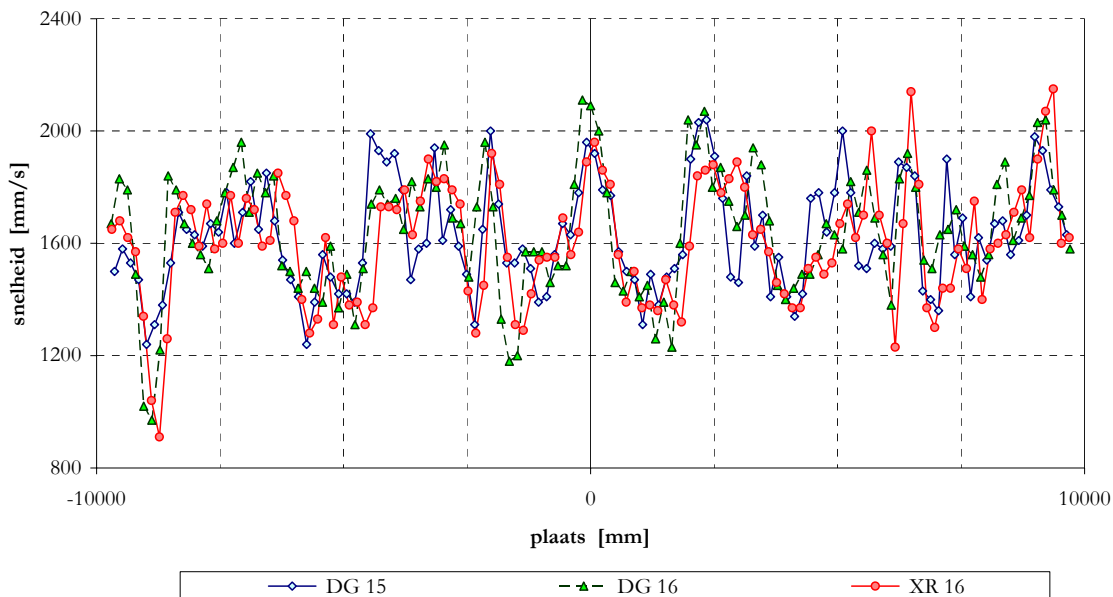
Figuur 27. Verticale boombeweging op meetstrook 3, 4-9-2002, conventioneel.



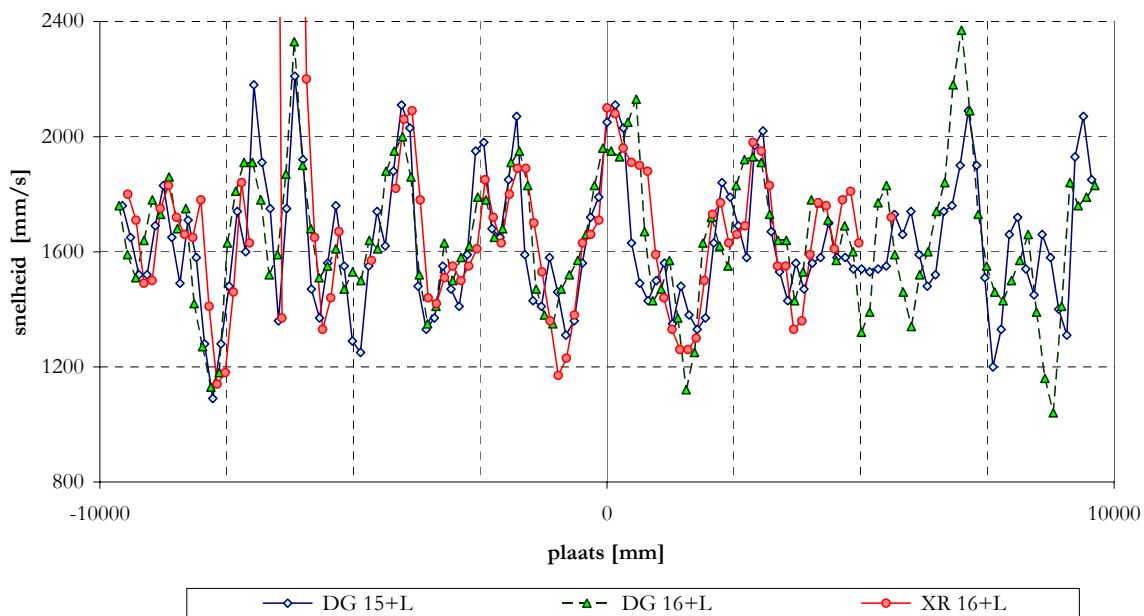
Figuur 28. Horizontale boombeweging op meetstrook 4, 4-9-2002, + luchtondersteuning.



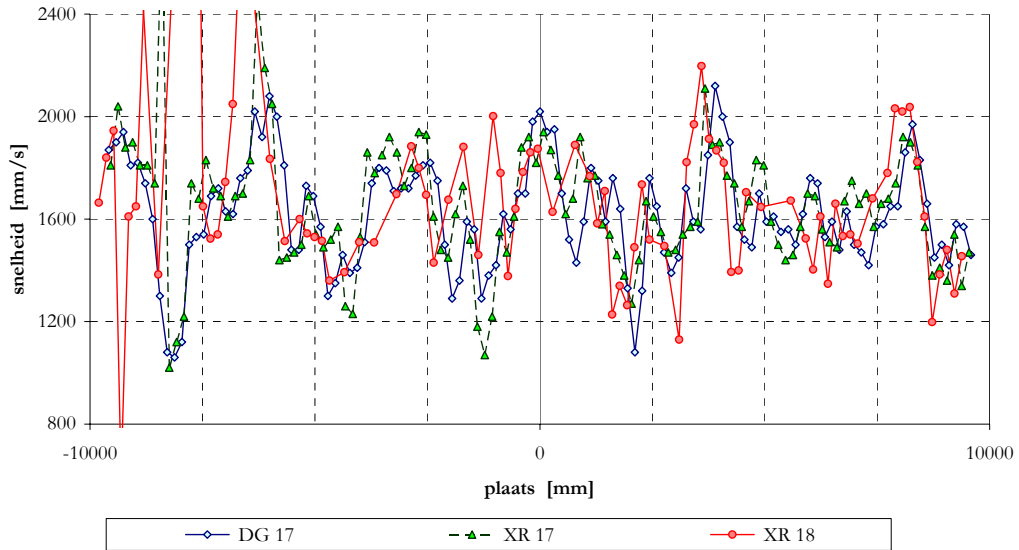
Figuur 29. Verticale boombeweging op meetstrook 4, 4-9-2002, + luchtondersteuning.



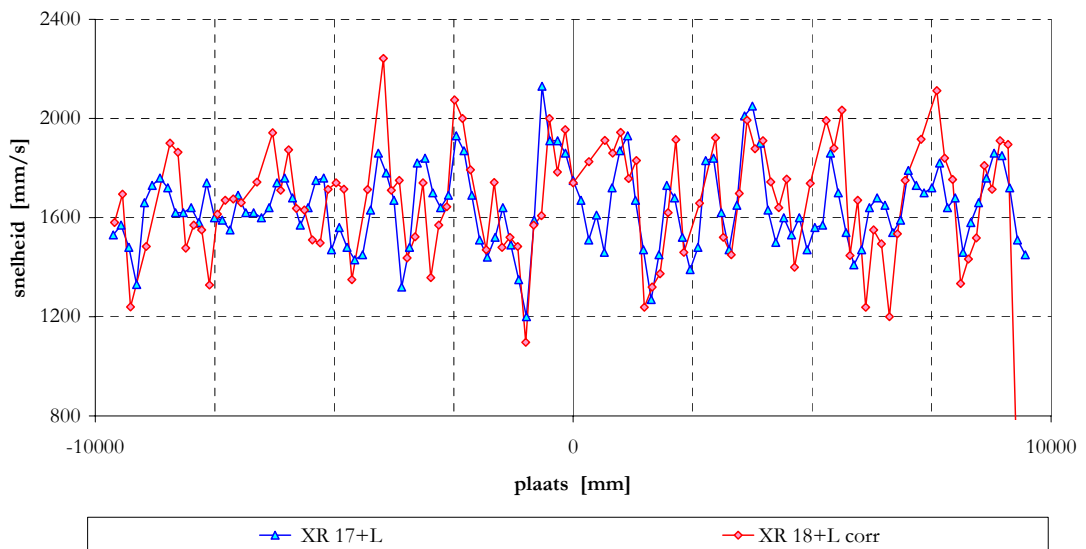
Figuur 30. Horizontale snelheid meetstrook 1, 3-9-2002, conventioneel.



Figuur 31. Horizontale snelheid meetstrook 2, 3-9-2002, + luchtondersteuning.



Figuur 32. Horizontale snellheid meetstrook 3, 4-9-2002, conventioneel.



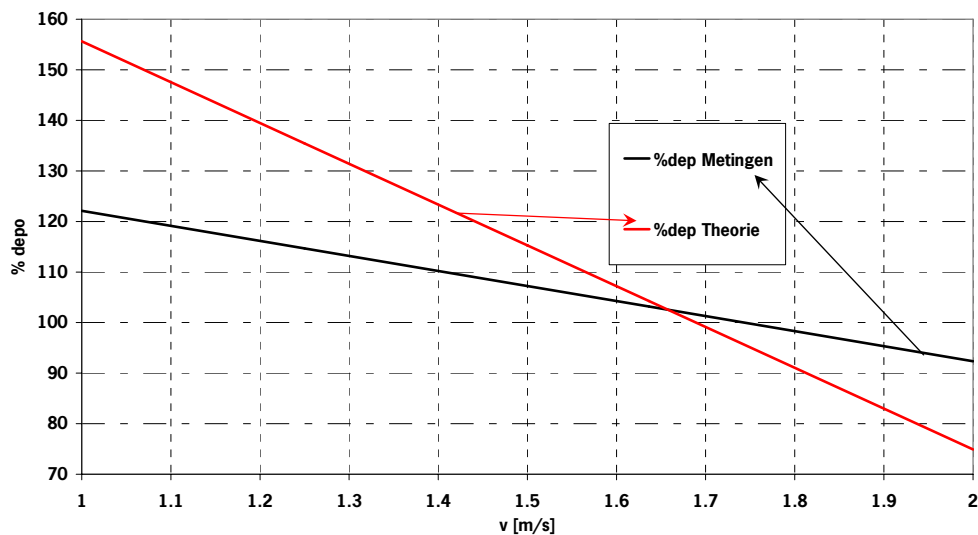
Figuur 33. Horizontale snellheid meetstrook 4, 4-9-2002, + luchtondersteuning.

5. Horizontale boombewegingsnelheid en spuitvloeistof depositie boven voorlaatste rug

5.1 Relatie boomsnelheid en depositie (XR-L)

Voor de relatie tussen de boomsnelheid en de depositie boven het gewas is een analyse gemaakt van de data van de bespuiting met de XR-dop conventioneel. Hierbij is de gemeten depositie op de meetstrook uitgezet tegen de gemiddeld gemeten boomsnelheid over de 50 cm lengte van de collector op die plaats. De resultaten staan weergegeven in Bijlage VIII.

In Figuur 34 staat het resultaat van deze analyse weergegeven als een regressielijn door alle meetpunten en het theoretische verband tussen depositie en rijnsnelheid (100% = 5,9 km.h⁻¹).



Figuur 34. Regressielijn depositiepercentage tegen boomsnelheid op meetstrook bij bespuiting XR conventioneel met theoretisch verband

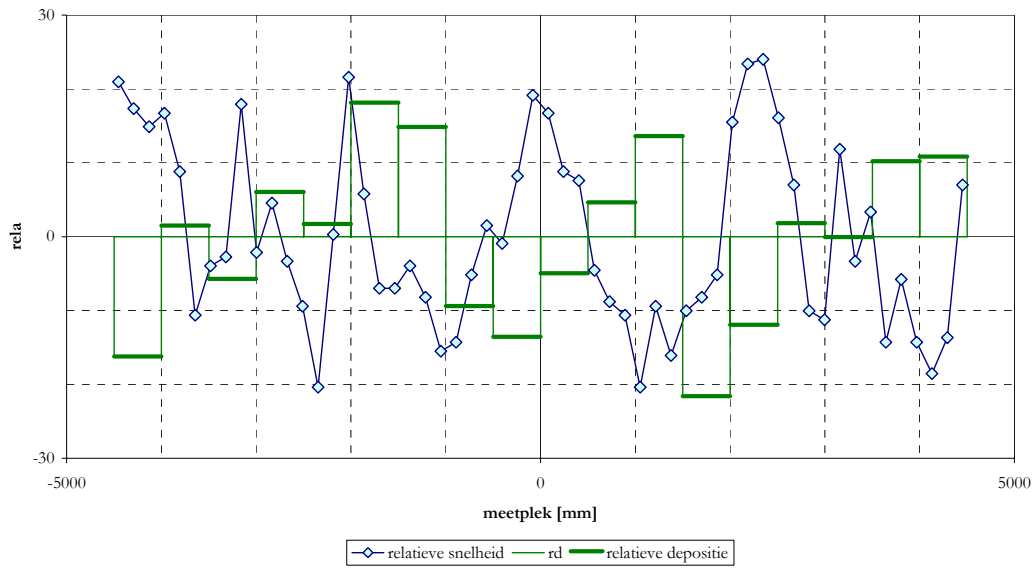
Het theoretische verband geeft een sterker dalende lijn dan de regressielijn afgeleid uit de metingen, veroorzaakt door de spreiding en door uitmiddeling over de 50 cm collectorlengte.

5.2 Grafische presentatie meetstrook

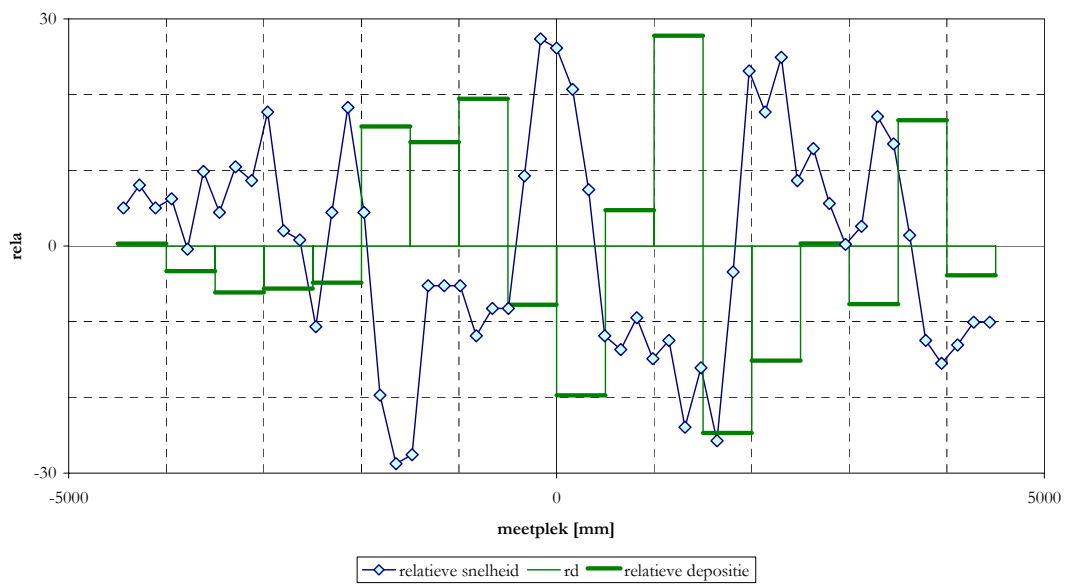
Voor het presenteren van de relatie tussen de horizontale spuitboombeweging en de spuitvloeistofdepositie boven de voorlaatste aardappelrug is eerst de depositie over de totale 9 m gemiddeld, waarna per meetplek het verschil met het gemiddelde is uitgerekend. In Figuur 35 – 45 staat de depositie als staafdiagram uitgezet, er is immers steeds gemeten op een collector met een lengte van 0,5 m, de depositie geldt dus over die 0,5 m.

De snelheid van de boomtip over de 9 m is gemiddeld en per meetpunt is het verschil met het gemiddelde uitgerekend, in Figuur 35 – 45 is dit weergegeven als een puntlijn.

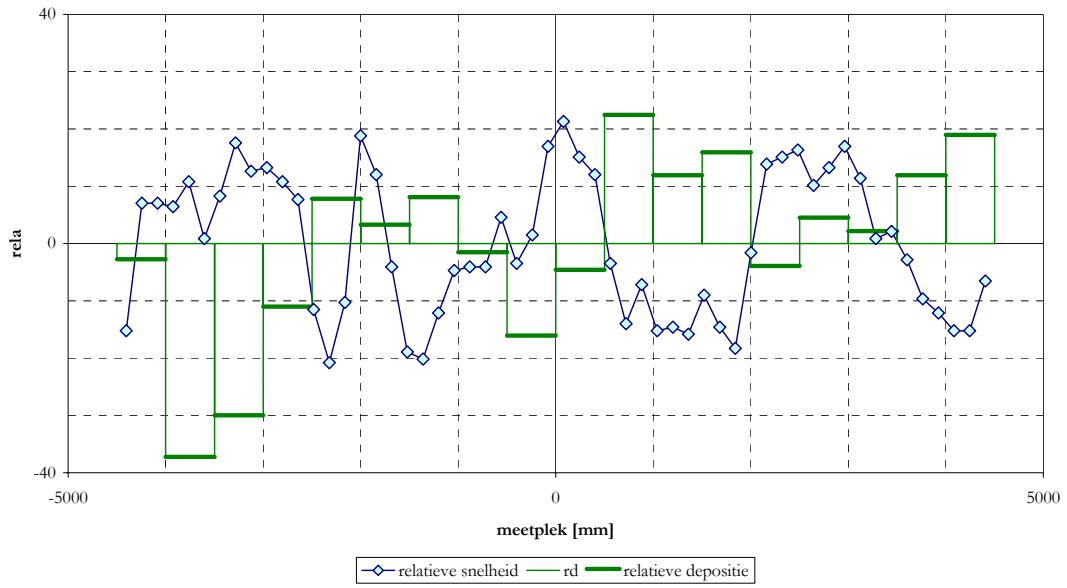
Verwacht wordt dat er een relatie is met de snelheid van de boomtip en de depositie. Is de snelheid hoger dan het gemiddelde dan is de depositie lager en omgekeerd. In de figuur is dan te zien dat bij een positieve snelheid de depositie negatief is en bij een negatieve snelheid de depositie positief is. (Verwacht wordt dat door deze weergave de tegenstelling in de figuren wordt benadrukt.)



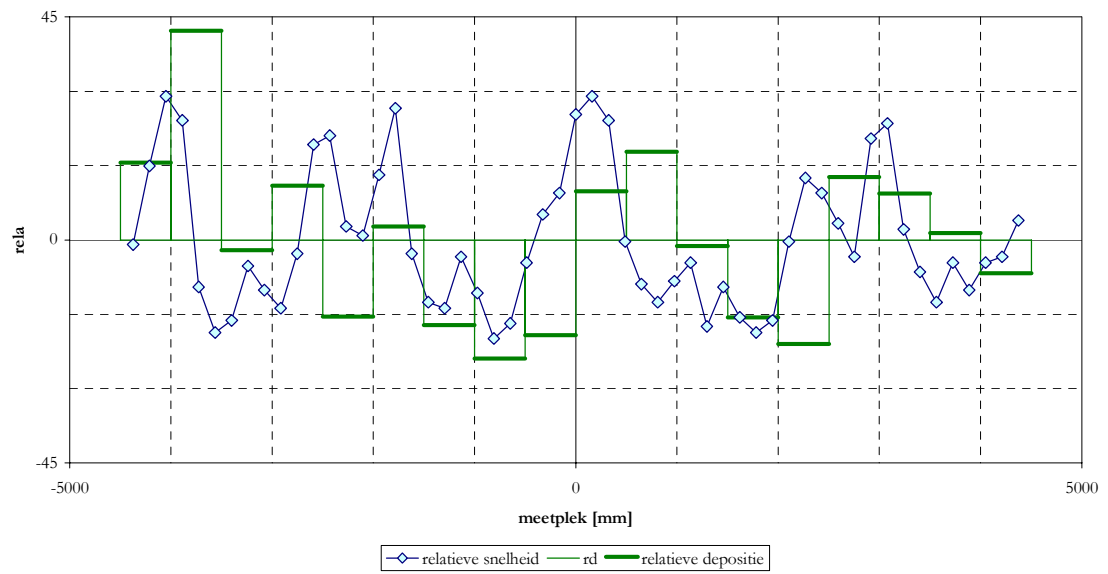
Figuur 35. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, DG 15 conv, 3-9.



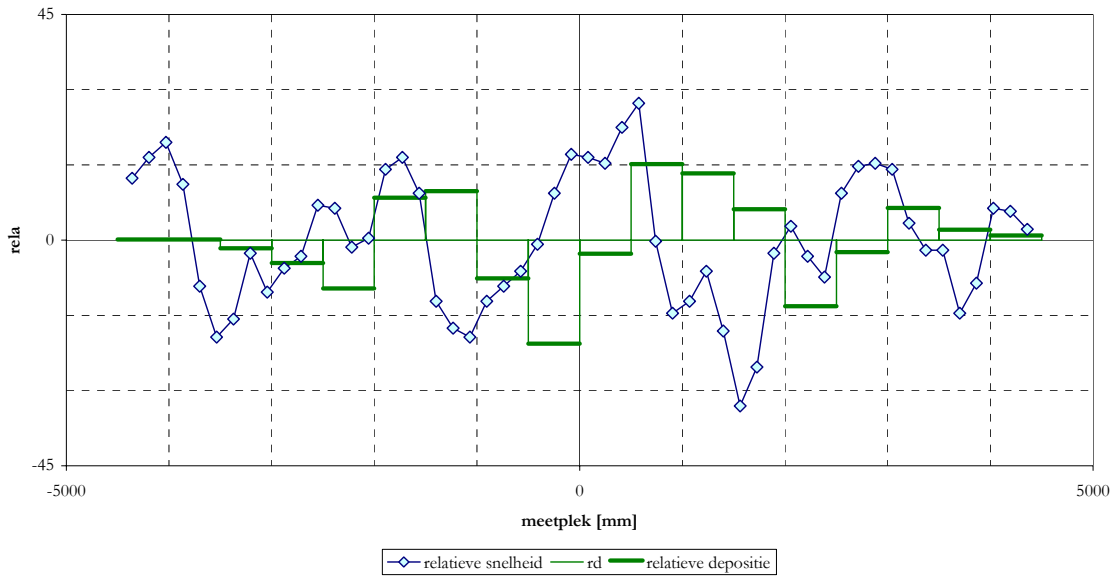
Figuur 36. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, DG 16 conv, 3-9.



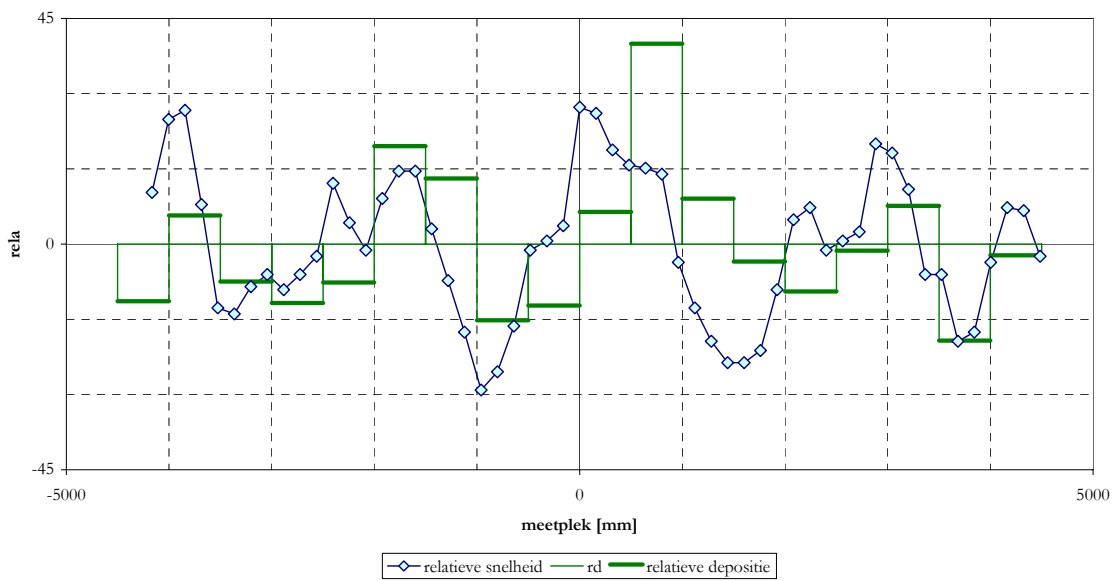
Figuur 37. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, XR 16 conv, 3-9.



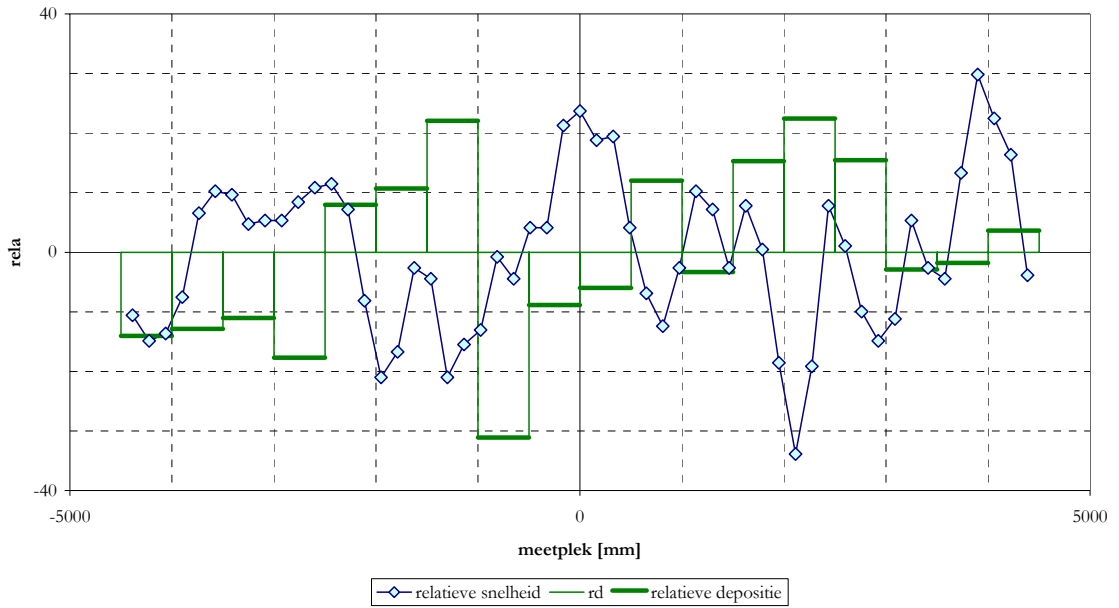
Figuur 38. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, DG 15 luchtondersteund, 3-9.



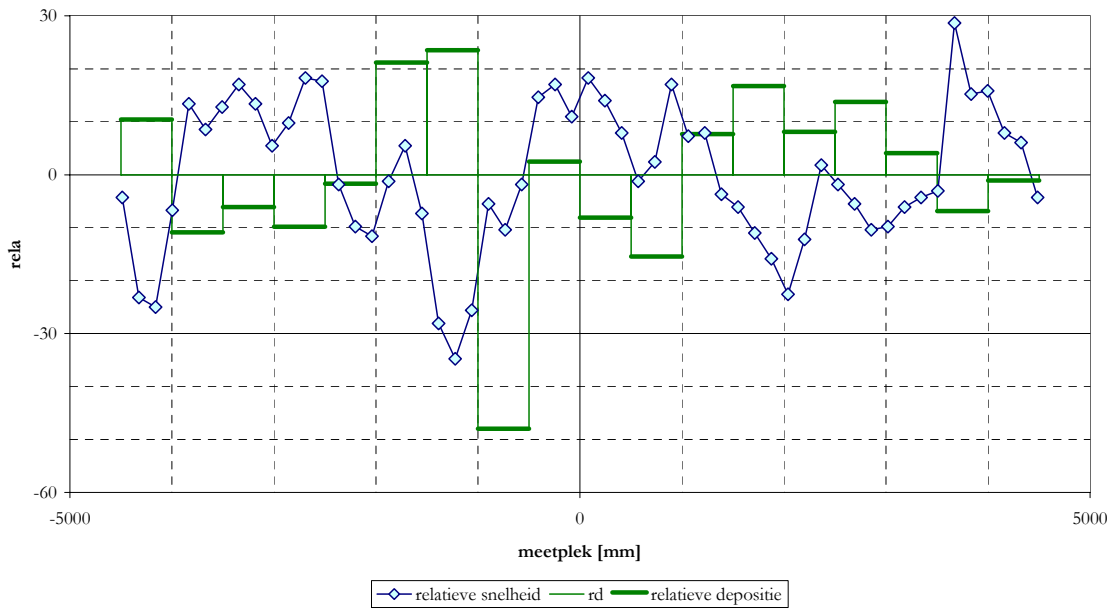
Figuur 39. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, DG 16 luchtondersteund, 3-9.



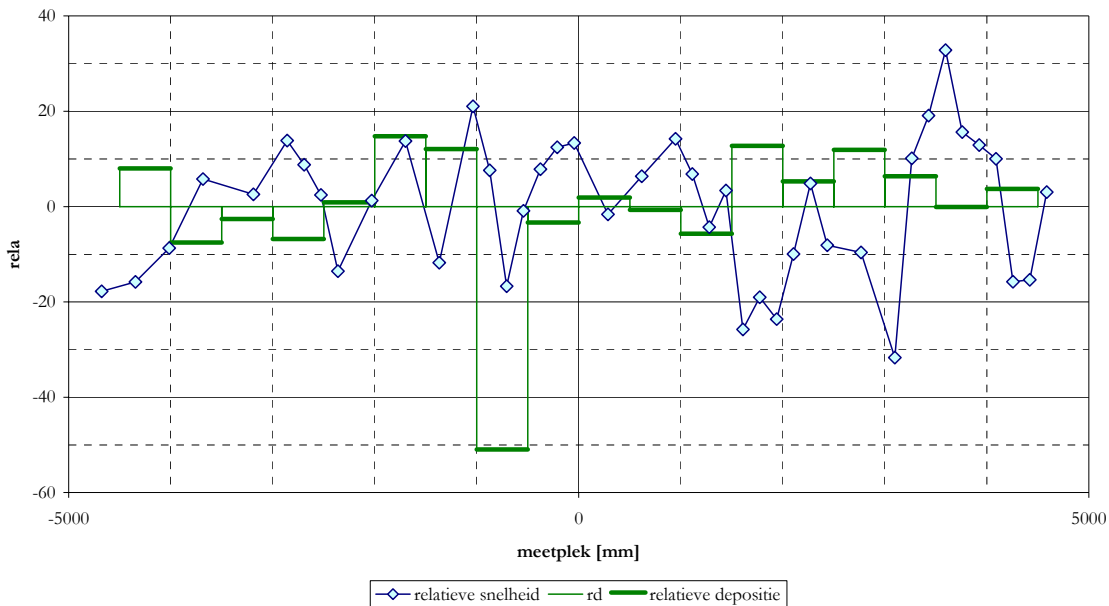
Figuur 40. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, XR 16 luchtondersteund, 3-9.



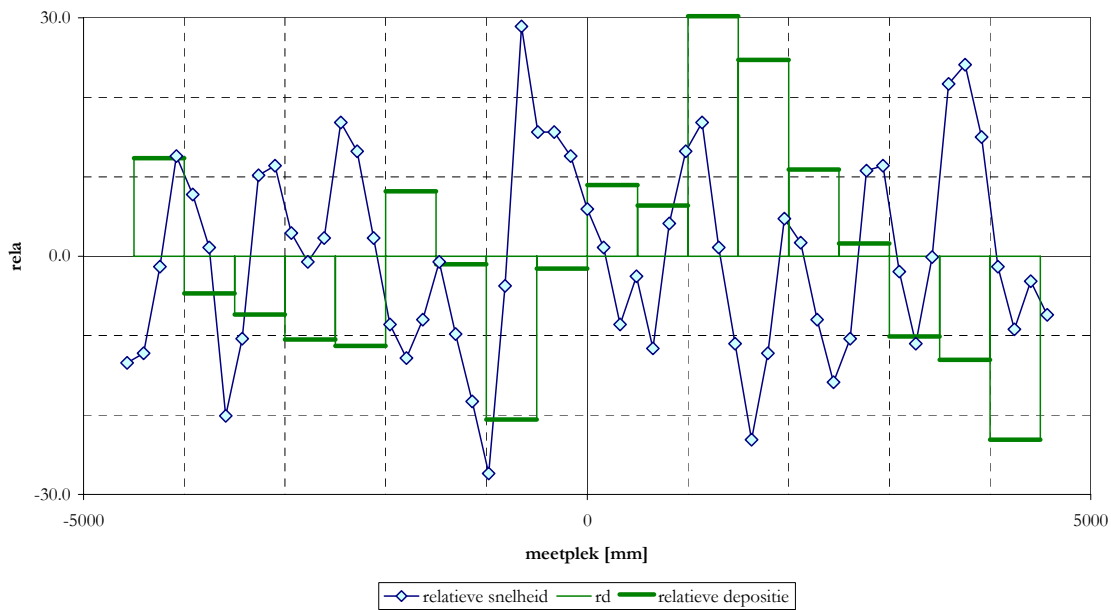
Figuur 41. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, DG 17 conv, 4-9.



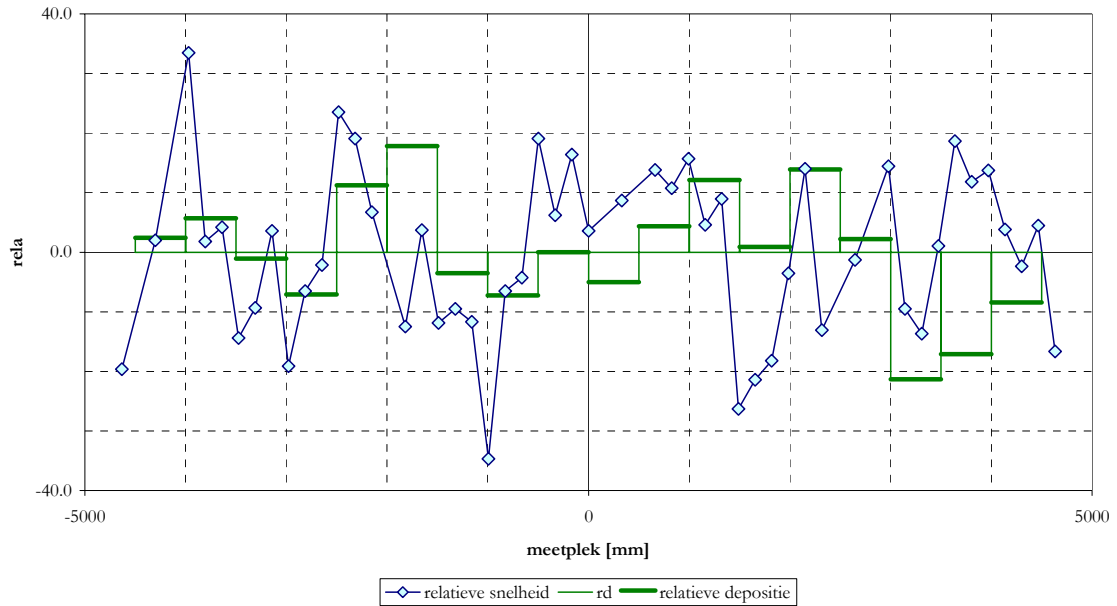
Figuur 42. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, XR 17 conv, 4-9.



Figuur 43. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, XR 18 conv, 4-9.



Figuur 44. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, XR 17 luchtondersteund, 4-9.



Figuur 45. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boontip, XR 18 luchtondersteund, 4-9.

Er is een duidelijke relatie tussen boontipsnelheid en spuitvloei stof depositie, zoals verwacht hoe hoger de snelheid hoe lager de depositie en andersom. Deze relatie is bij de conventionele bespuiting het best zichtbaar, bij de metingen met luchtondersteuning is het minder goed vast te stellen.

5.3 Variatiecoëfficiënt en tijdklasse %<10%

Aangezien uit de grafische weergave blijkt dat er een relatie is tussen boontipsnelheid en spuitvloei stof depositie is het dus zinvol om de verschillende parameters berekend voor de depositie en de boomsnelheid met elkaar te vergelijken.

In Tabel 16 en 17 staan de kenmerkende parameters voor de depositie en boontipsnelheid per techniek en per meetstrook gemiddeld.

Tabel 16. Parameters van de spuitvloei stof depositie (%vc = variatiecoëfficiënt en %<10% = klasse % <10%, van de metingen met bewegingsmetingen) en parameters van de horizontale spuitboomsnelheid (%vc = variatiecoëfficiënt en v%<10% = boontipsnelheid klasse % <10%) geordend per meetstrook.

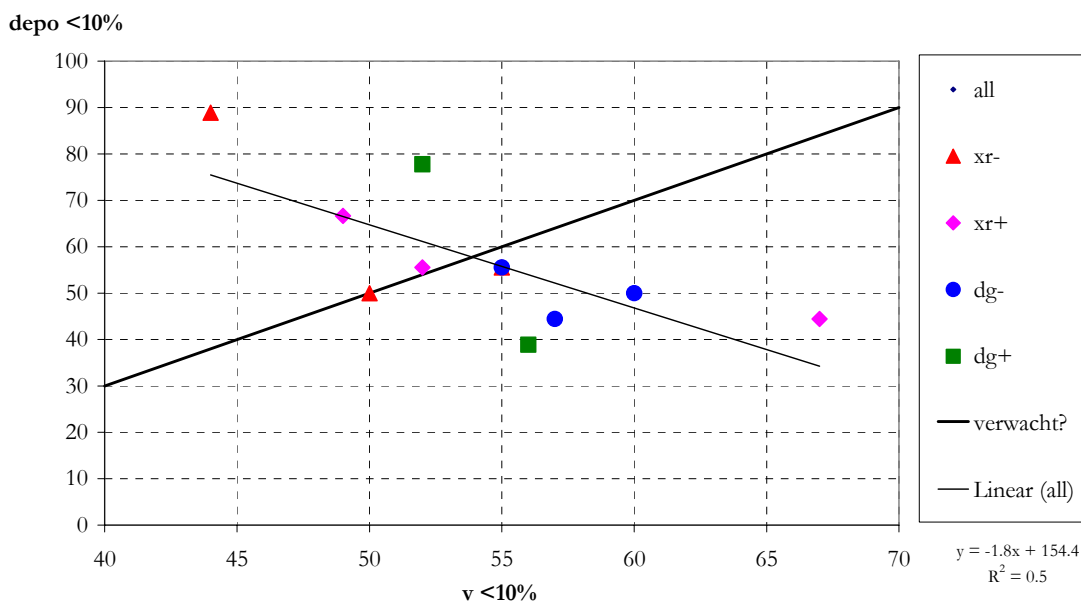
		meetstrook			
		1	2	3	4
depositie	%vc	14	14	10	12
	%< 10%	52	57	63	56
hor. boom- beweging	%vc	13	20	18	12
	v %<10%	55	53	52	58

Tabel 17. Parameters van de spuitvloeistof depositie (%vc = variatiecoëfficiënt en %<10% = klasse % <10%, van de metingen met bewegingsmetingen) en parameters van de horizontale spuitboomsnelheid (%vc = variatiecoëfficiënt en v%<10% = boomtipsnelheid klasse % <10%) geordend per spuittechniek.

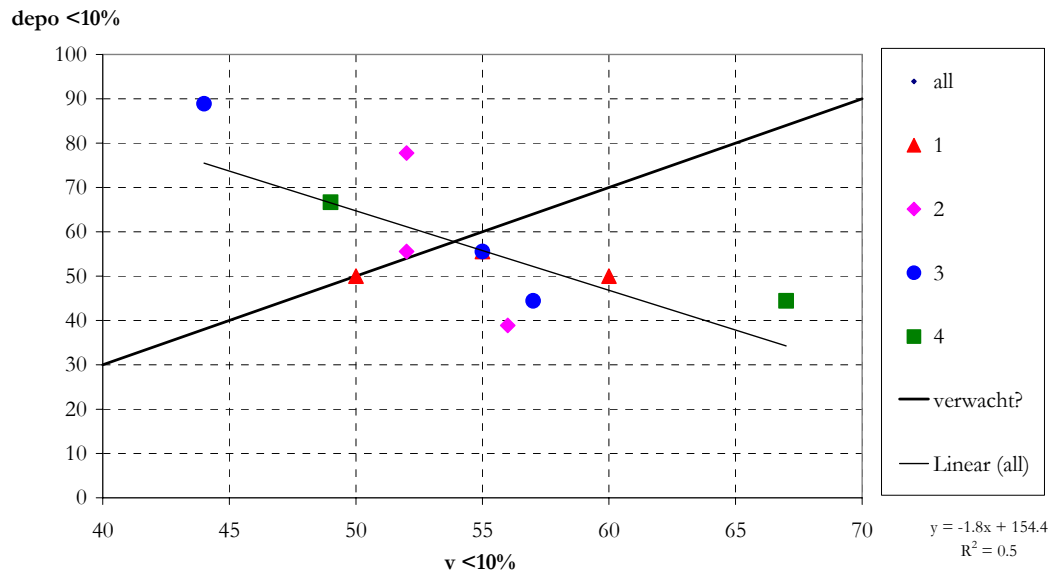
		spuittechniek			
		XR -	XR +	DG -	DG +
depositie	%vc	11	13	13	13
	%< 10%	65	56	50	58
hor. boom- beweging	%vc	18	19	13	14
	v %<10%	50	56	57	54

Bovenstaande parameters per techniek / per meetstrook zijn weergegeven in figuren 46 – 48.

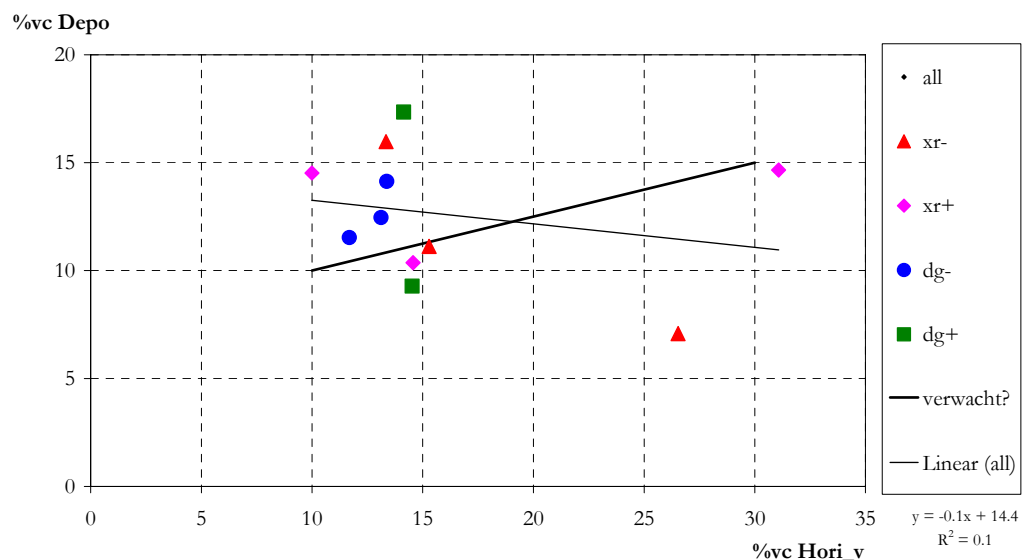
Op basis van deze parameters zijn geen conclusies te trekken, er lijkt geen (cijfermatige) relatie tussen spuitboomsnelheid en depositie. Mogelijke oorzaak hiervoor is een te beperkt aantal waarnemingen om een lijn in de resultaten te ontdekken. Het is mogelijk dat de gebruikte parameters niet de goede zijn om deze relatie te beschrijven. Want dat is het sterke, de relatie is er wel zoals blijkt uit de grafische weergave (Figuur 35-45).



Figuur 46. Depositie klasse %<10% tegen boomtipsnelheid klasse %<10% per techniek.



Figuur 47. Depositie klasse %<10% tegen boomtipsnelheid klasse %<10% per meetstrook.



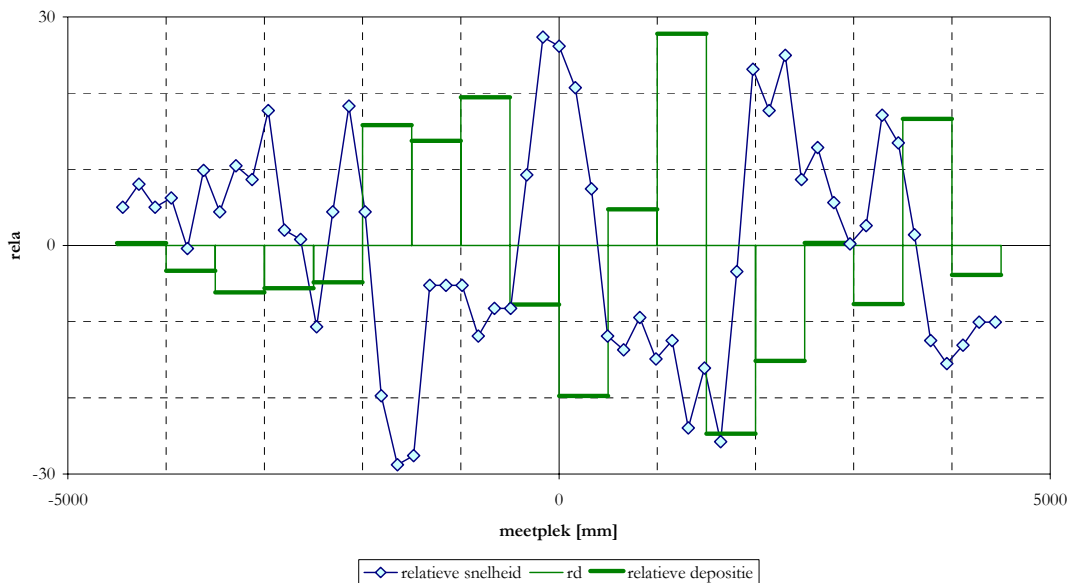
Figuur 48. Variatiecoëfficiënt spuitvloei stof depositie tegen variatiecoëfficiënt boomtipsnelheid (per meetstrook).

5.4 10% over- en onderschrijding

Uit de grafieken met boomtipsnelheid en depositie (Figuur 35 – 45) blijkt dat er een relatie is tussen beiden. Een boomtipsnelheid hoger dan het gemiddelde geeft een depositie lager dan het gemiddelde, en omgekeerd. Uit de analyse van de standaardafwijking, de variatiecoëfficiënt en de tijd dat de boomsnelheid tussen +/- 10% van het gemiddelde ligt en de depositie tussen +/- 10% van het gemiddelde was, is de relatie niet te halen. Vermoed wordt daarom dat beter gekeken kan worden naar verschillen in de extremen in de depositie dan rond het gemiddelde (zie Bijlage VI).

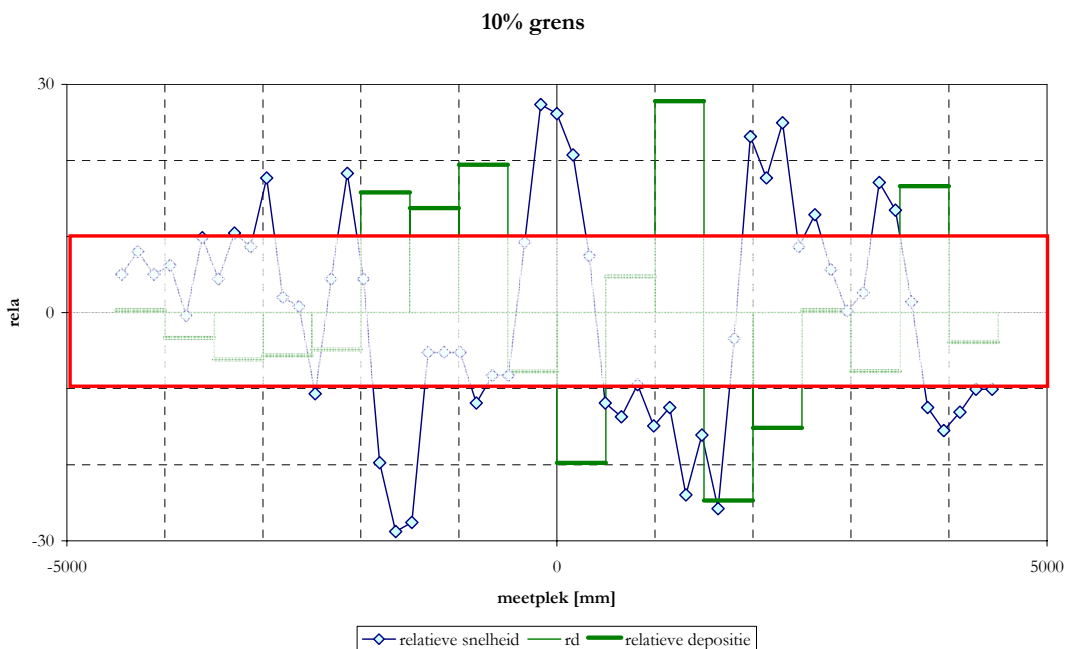
Daarom is geprobeerd in plaats van kijken hoe lang de spuitboomsnelheid rond het gemiddelde beweegt, te meten hoe lang de spuitboomsnelheid op de meetstrook hoger is dan het gemiddelde en dit vergelijken met het aantal waarnemingen dat de depositie op de meetstrook lager is. Als voorbeeld is dit uitgewerkt in Figuur 49 van de meting

op 3-9-2002, DG –L herhaling 16. In deze figuur is te zien dat de lijn van de snelheid van de boomtip tegengesteld is aan de lijn van de depositie



Figuur 49. Depositie per meetplek t.o.v. snelheid boomtip, DG 16 conv, 3-9.

Als hier nu grenzen op 10% en 20 % worden gelegd kan berekend worden hoeveel waarnemingen boven deze grenzen liggen (Figuur 50). Door te delen op het totale aantal waarnemingen krijg je het aandeel in de tijd dat een grens wordt overschreden.



Figuur 50. Grens op 10% boven en 10% onder het gemiddelde aangebracht op grafiek depositie per meetplek en boomtipsnelheid.

In getallen uitgedrukt volgt hieruit Tabel 18.

Tabel 18. *Fractie van totaal aantal waarnemingen in meetstrook met een afwijking in boomtipsnelheid en depositie van meer dan 10% en 20% van het gemiddelde.*

object	grens	parameter	toelichting	boomtip snelheid	depositie
3-9		n tot	aantal waarnemingen	55	18
DG-L		n < -10%	aandeel kleiner dan -10%	0.31	0.17
# 16	10%	n > 10%	aandeel groter dan 10%	0.22	0.28
		-10<x<10	aandeel binnen 10% grens	0.47	0.56
	20%	n < -20%	aandeel kleiner dan -20%	0.07	0.06
		n > 20%	aandeel groter dan 20%	0.09	0.06

Door het aandeel boomtipsnelheidsmetingen kleiner dan -10% tegenover het aandeel depositiemetingen groter dan +10% te zetten krijg je de volgende Tabel 19.

Tabel 19. *Relatie tussen aandeel in de tijd dat de boomtipsnelheid kleiner is dan -10% (20%) en de depositiemeting groter is dan 10% (20%) op de meetstrook (en omgekeerd).*

object	grens	boomtip snelheid	depositie	boomtip snelheid	depositie
		groter dan gemiddeld	kleiner dan gemiddeld	kleiner dan gemiddeld	groter dan gemiddeld
		>	<	<	>
3-9					
DG-L	10%	0.31	0.28	0.22	0.17
#16	20%	0.07	0.06	0.09	0.06

In Bijlage VII staan de resultaten voor alle metingen, in Tabel 20 staan de resultaten van de analyse van de 10% grens. Hierbij is ook de meetstrook in de tabel opgenomen. De toegepaste techniekcombinaties (dootype en lucht-ondersteuning) zijn hieraan gecorreleerd. De bespuiting zonder lucht-ondersteuning is altijd op een andere meetstrook gemeten dan de bespuiting met lucht-ondersteuning.

Tabel 20. Relatie tussen aandeel in de tijd dat de boomtipsnelheid kleiner is dan 90% van het gemiddelde en de depositiemeting groter is dan 110% van het gemiddelde op de meetstrook (en omgekeerd) (a=getallen per kolom met niet gelijke letters duiden op significante verschillen getoetst bij een betrouwbaarheid van 95%, b* = verschil bij een betrouwbaarheid van 90%)

dag	dop	lucht	herh	meetstrook	snelheid		depositie			
					lager dan	hoger dan	hoger dan	lager dan		
					90%	110%	110%	90%		
					laag	hoog	hoog	laag		
3-9	DG	-L	15	1	0.25	0.28	0.23	0.22		
	DG	-L	16	1	0.31	0.28	0.22	0.17		
	XR	-L	16	1	0.29	0.28	0.33	0.22		
	gem				0.28	0.28	0.26	0.20		
3-9	DG	+L	15	2	0.29	0.28	0.24	0.33		
	DG	+L	16	2	0.24	0.11	0.26	0.11		
	XR	+L	16	2	0.24	0.17	0.27	0.28		
	gem				0.26	0.19	0.26	0.24		
4-9	DG	-L	17	3	0.25	0.33	0.22	0.28		
	XR	-L	17	3	0.21	0.28	0.27	0.17		
	XR	-L	18	3	0.26	0.22	0.29	0.06		
	gem				0.24	0.28	0.26	0.17		
4-9	XR	+L	17	4	0.25	0.22	0.28	0.33		
	XR	+L	18	4	0.26	0.22	0.26	0.11		
	gem				0.25	0.22	0.27	0.22		
					-L	1	0.28 a	0.28 a	0.26 a	0.20 a
					+L	2	0.26 a,b	0.19 b	0.26 a	0.24 a
					-L	3	0.24 b*	0.28 a	0.26 a	0.17 a
					+L	4	0.25 a,b	0.22 a,b	0.27 a	0.20 a
					gem	0.26	0.24	0.26	0.21	

Gemiddeld is de boomtipsnelheid 26% van de tijd hoger dan 110% en 26% van de tijd lager dan 90%, dit resulteert in een ten minste 10% lagere depositie gedurende 24% van de tijd en een ten minste 10% hogere depositie gedurende 21% van de tijd.

Deze vergelijking lijkt een betere relatie tussen boombeweging en depositie te geven.

Gemiddeld lijkt de 10% overschrijding en de 10% onderschrijding van de boomtipsnelheid per meetstrook gelijk aan elkaar. De onderschrijding van de boomtipsnelheid varieert tussen de 24 en 28%, de overschrijding tussen 26 en 27%. De onder/overschrijding van de depositie geeft een grotere spreiding, de overschrijding varieert tussen 19 en 28% en de onderschrijding tussen 17 en 24%. Bij de depositie geven de meetstroken met luchtondersteuning een lagere over- en onderschrijding dan de meetstroken zonder luchtondersteuning (vergelijking binnen één meetdag). Het lijkt er op dat luchtondersteuning een andere relatie heeft tussen tipsnelheid en depositie dan conventioneel.

6. Drift en boomhoogte

6.1 Grafische presentatie meetstrook

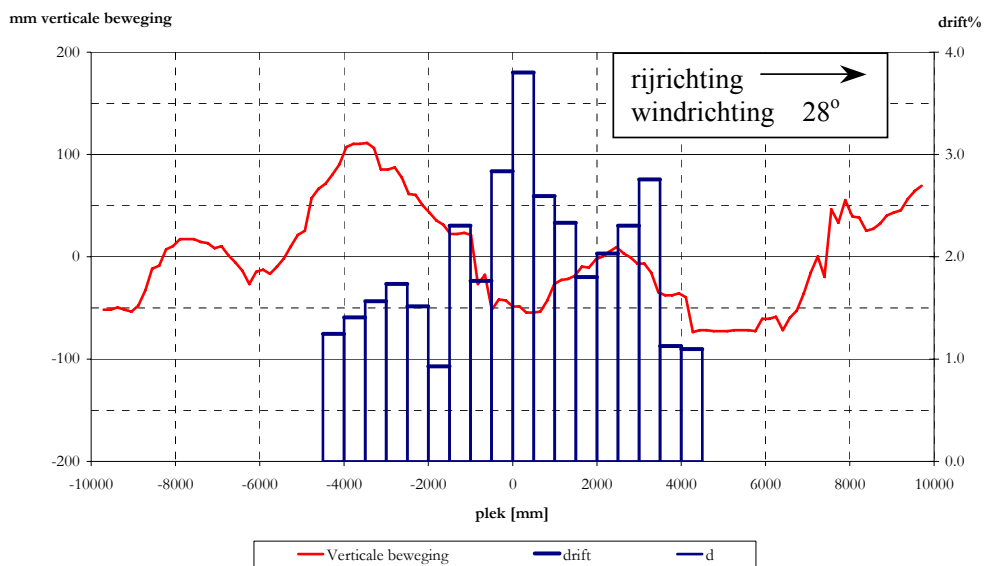
In deze paragraaf wordt gekeken of de driftdepositie op 2m naast het gewas verklaard kan worden uit de spuitboom-beweging. In eerste instantie wordt de boombeweging beperkt tot de spuitboomhoogte, waarvan een directe relatie met de drift wordt verwacht. Hiervoor worden in Tabel 21 en 22 de parameters van de boombeweging en de driftdepositie vergeleken. In de figuren 51 – 61 staan het patroon van de driftdepositie en het patroon van de boomhoogte weergegeven. Bij de boomhoogte leek het noodzakelijk om daar de hoogte over 20m weer te geven om een beter verband met de drift te geven.

Ter verduidelijking staat ook de rijrichting en de gemiddelde windrichting aangegeven (+ 10° = de gemiddelde windrichting is 10° afwijkend van haaks en wel 10° met de rijrichting mee).

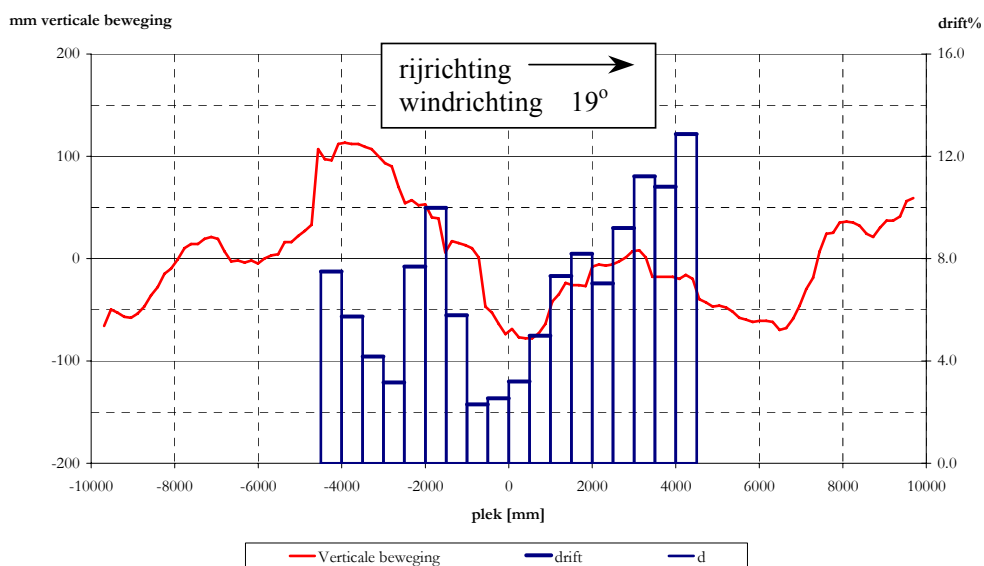
In een aantal figuren is te zien dat door de windhoek het verband tussen spuitboomhoogte en driftdepositie in plaats verschuift (de 'lag'). Immers de meetstrook ligt ten minste 2m van de spuitboomtip af; de ter hoogte van de meetstrook gemeten boomhoogte heeft dus pas later effect op de driftdepositie, dus verder in de rijrichting. Als de figuren zo worden bekeken lijkt het toch dat de boomhoogte en driftdepositie sterk gecorreleerd zijn.



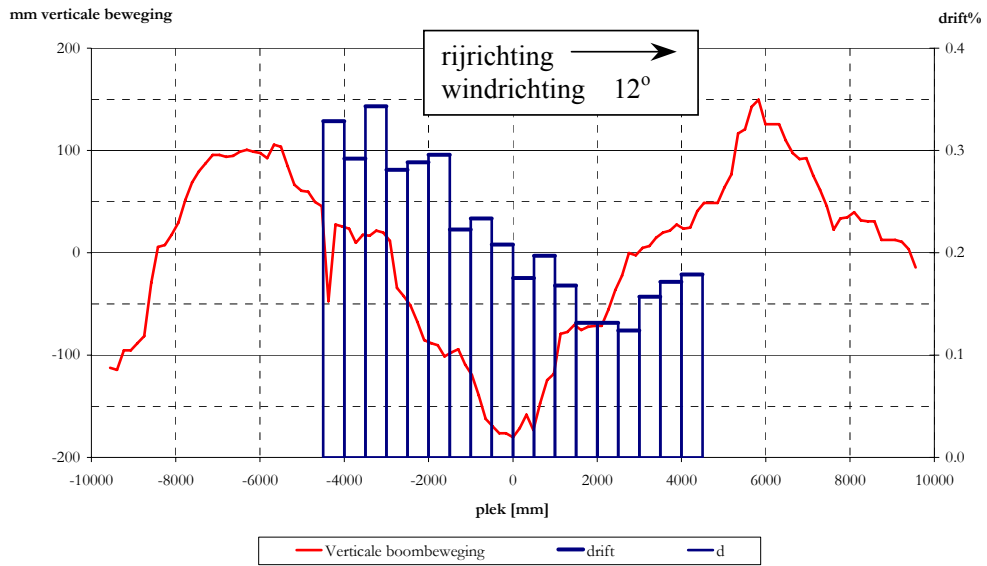
Figuur 51. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte DG 15 conv, 3-9.



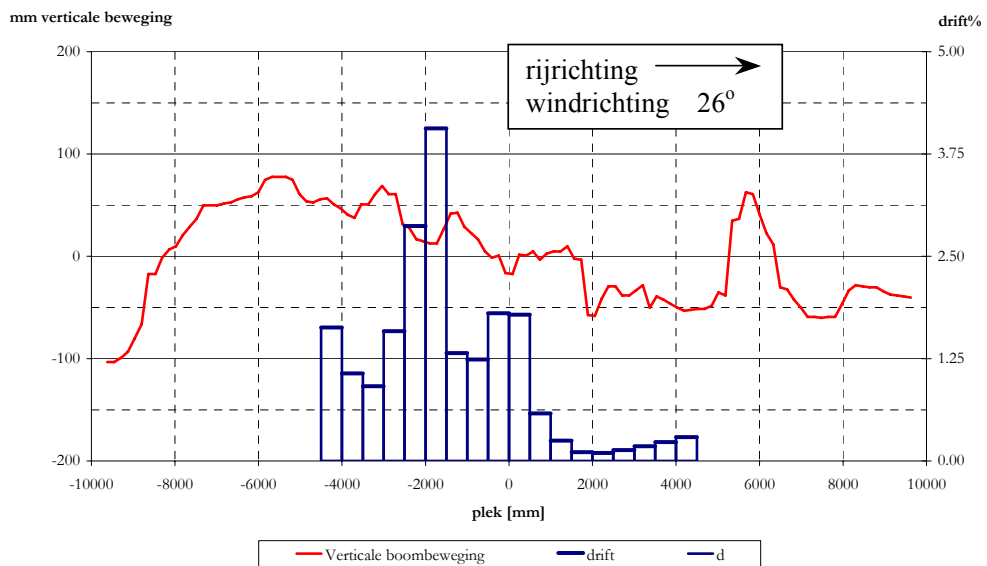
Figuur 52. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte DG 16 conv, 3-9.



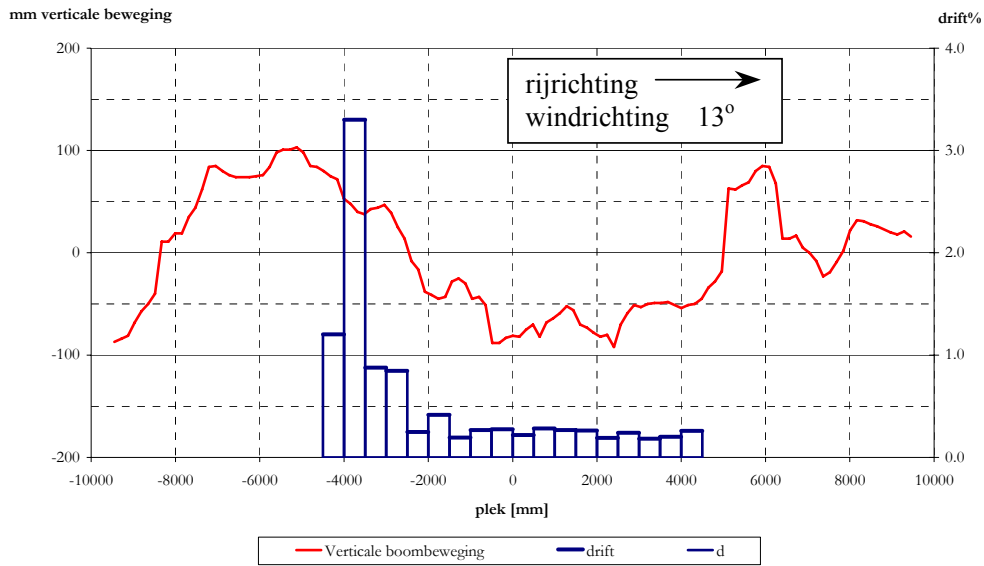
Figuur 53. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte XR 16 conv, 3-9.



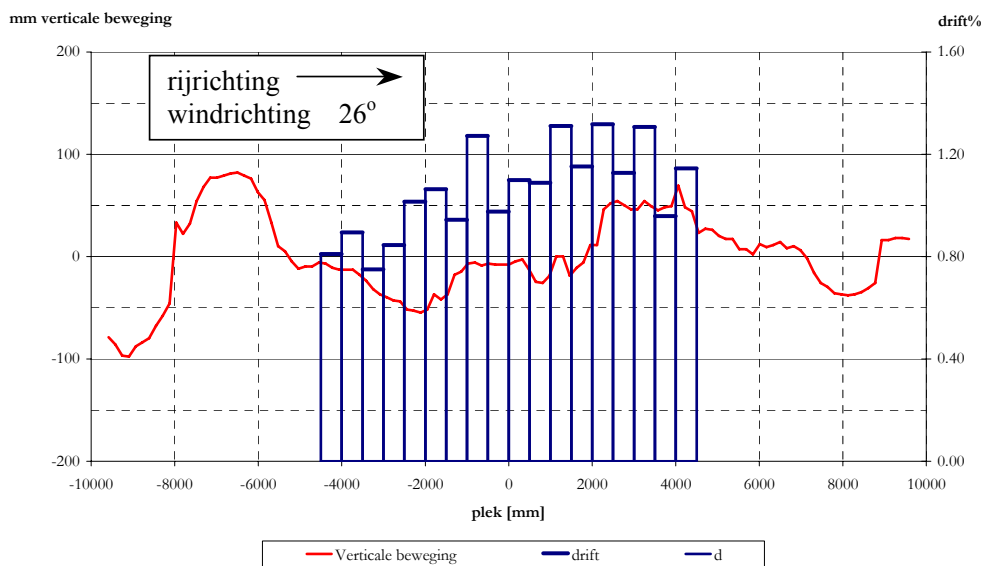
Figuur 54. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte DG+L 15, 3-9.



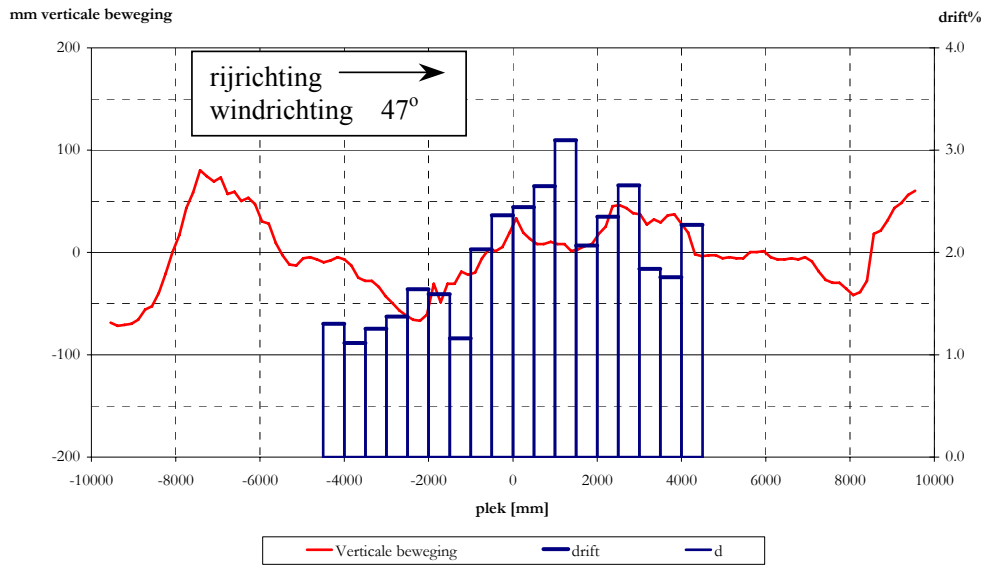
Figuur 55. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte DG+L 16, 3-9.



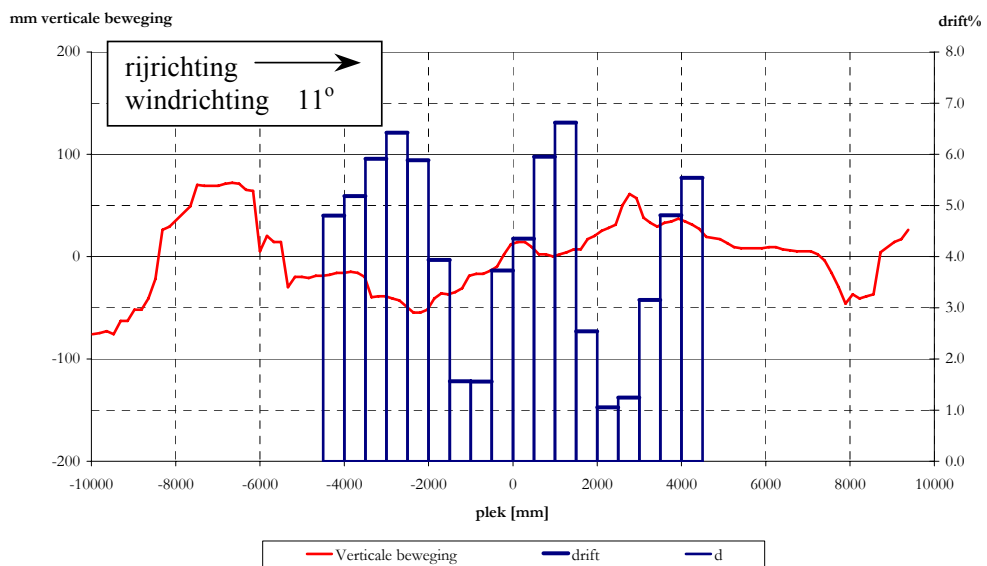
Figuur 56. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte XR+L 16 , 3-9.



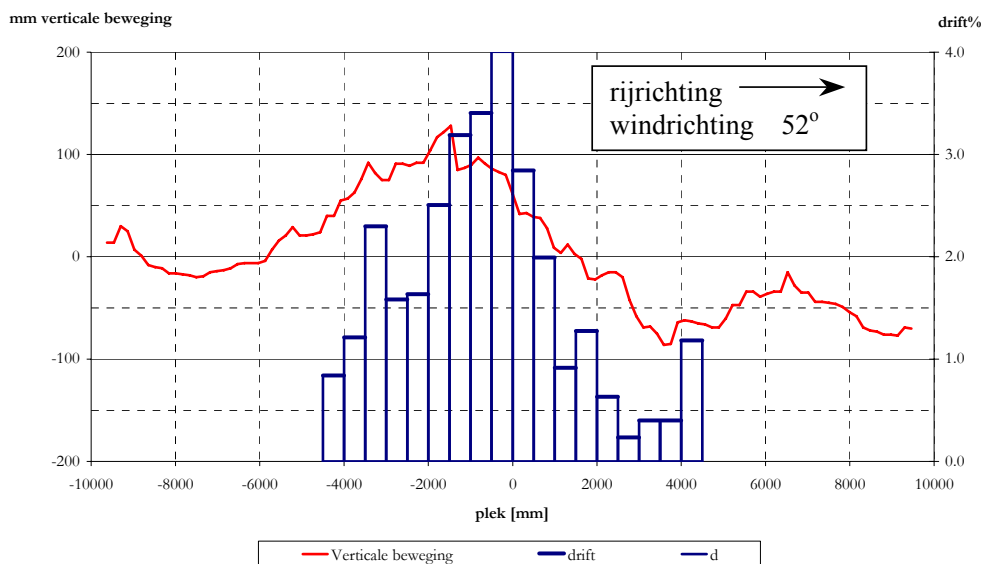
Figuur 57. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte DG 17 conv, 4-9.



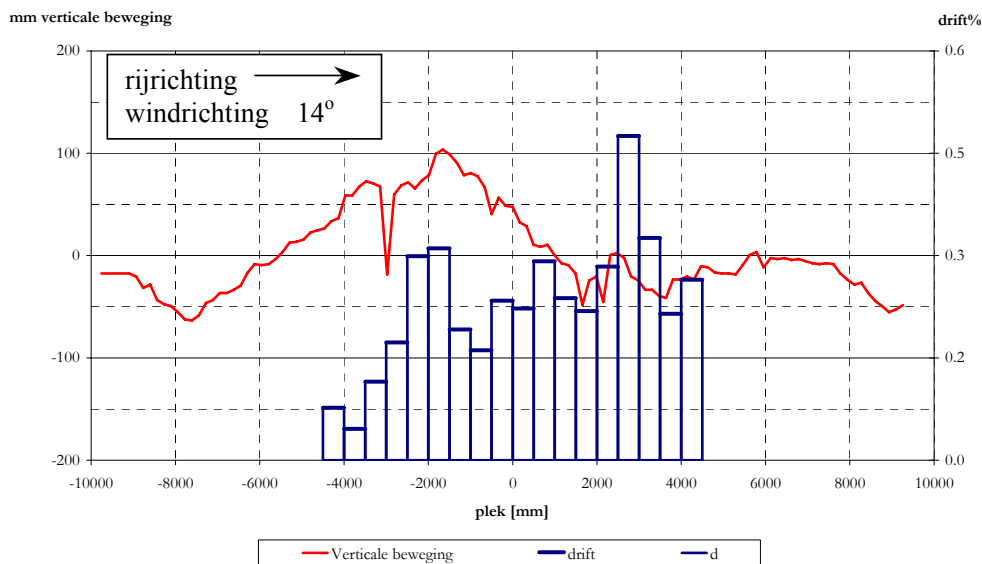
Figuur 58. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte XR 17 conv, 4-9.



Figuur 59. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte XR 18 conv, 4-9.



Figuur 60. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte XR+L 17, 4-9.



Figuur 61. De gemeten drift en de gemeten boomhoogte XR+L 18, 4-9.

6.2 Variatiecoëfficiënt en tijdklasse %<10%

In Tabel 21 staan twee parameters van de driftdepositie weergegeven en twee parameters van de gemeten spuitboomhoogte gemiddeld per meetstrook. In Tabel 22 staan twee parameters van de driftdepositie weergegeven en twee parameters van de gemeten spuitboomhoogte gemiddeld per techniek (dop XR of DG en geen of wel lucht-ondersteuning). De driftdepositie is weergegeven met de variatiecoëfficiënt (%vc) en als het percentage van de doeken die een kleinere afwijking dan 10% van het gemiddelde hebben (%<10%). De spuitboomhoogte is weergegeven als de standaardafwijking en als het percentage van de tijd dat de boomhoogte binnen 10 cm van het gemiddelde beweog.

Tabel 21. Parameters van de drift depositie (%vc = variatiecoëfficiënt en %<10% = klasse % <10%, van de metingen met bewegingsmetingen) en parameters van de spuitboomhoogte (std = mm standaardfout en %<10 cm = spuitboomhoogte klasse % <10 cm) geordend per meetstrook.

		meetstrook			
		1 (conv.)	2 (lucht)	3 (conv.)	4 (lucht)
drift	%vc	43	89	31	55
	%< 10%	28	9	59	19
spuitboom- hoogte	std [mm]	43	64	38	49
	%<10 cm	96	90	100	98

Tabel 22. Parameters van de drift depositie (%vc = variatiecoëfficiënt en %<10% = klasse % <10%, van de metingen met bewegingsmetingen) en parameters van de spuitboomhoogte (std = mm standaardfout en %<10 cm = spuitboomhoogte klasse % <10 cm) geordend per spuittechniek.

		spuittechniek			
		XR -	XR +	DG -	DG +
drift	%vc	40	83	34	64
	%< 10%	19	13	26	14
spuitboom- hoogte	std [mm]	41	52	40	66
	%<10 cm	98	98	99	87

Uit de tabellen 21 en 22 volgt dat de spuitboom wel erg weinig verticale beweging heeft, de standaardafwijking is 4 tot 7 cm, wat uiteraard dan ook leidt tot een tijd dat de boomhoogte minder dan 10 cm afweek van het gemiddelde praktisch 100% was. Deze parameters zijn geen goed instrument om de variatie die optreedt in de driftdepositie te verklaren. En die variatie is enigszins systematisch, in die zin dat de objecten met luchtondersteuning een grotere variatie geven.

Uit de grafische weergave volgde de aanwijzing dat de boomhoogte en driftdepositie sterk gecorreleerd zijn, wat dus evenwel niet uit de parameters in Tabel 21 en 22 volgt. Hier moet dus een 'slimmere' analyse worden uitgevonden.

7. Discussie

Meetmethodiek

- *Meteo*

In de standaard driftmetingen worden volgens het protocol metingen met een windhoek groter dan 30° ten opzichte van haaks niet opgenomen in de resultaten. Daarom zou de meting van XR17 niet worden meegenomen in de analyse. Omdat de bespreking in dit rapport zich richt op de relatie spuitboombeweging en depositie en het aantal metingen gering is, is besloten deze meting toch in dit verslag op te nemen.

- *Drift*

Bij de driftmeting in de lengterichting naast het perceel vindt mogelijk ook driftdepositie op de opstaande rand van de collector plaats, monsteroppervlak in plaats van 500 cm² → + 50x1 = 550cm², de drift wordt dan overschat.

- *Spuitboombeweging*

Door weigeren van de meetapparatuur voor de spuitboombewegingen zijn niet alle metingen geslaagd. Bij de metingen die wel goed zijn uitgevoerd bleek het mogelijk de locatie van de meetstrook in de meting terug te vinden. Doordat er naar verhouding weinig meetpunten zijn geeft de eerste afgeleide van de plaats in de tijd, de spuitboomsnelheid, een nogal piekerig patroon. Het verdient aanbeveling een 'snellere' meetmethodiek (> 10Hz) te ontwikkelen om juist de spuitboomsnelheid goed vast te leggen.

- *Tijdsklasse*

Om een beter begrip te krijgen voor de metingen is er voor gekozen de metingen te presenteren als tijd waarin ze aan een bepaalde voorwaarde voldoen. Hierbij is arbitrair een grens getrokken. Deze studie moet ook enigszins de geldigheid van die tijdsclasses aangeven. Voor de beweging in het horizontale vlak lijkt het een goede methode. Twijfels zijn er rond de klasse-indeling van de beweging in het verticale vlak. In dit vlak is de boom erg stabiel gebleken en is geen verband te leggen met depositie- en/of driftmeting.

- *Meetstrook*

In dit onderzoek werd in één spuitgang eerst de conventionele bespuiting uitgevoerd gevolgd door de bespuiting met luchtondersteuning. Dit is consequent bij alle metingen uitgevoerd. Hierdoor is de meting afhankelijk van de meetstrook en, belangrijker, de toegepaste techniek afhankelijk van de meetstrook. Omdat de spuitboombeweging afhankelijk is van het spoor waar de spuit doorheen rijdt kan er dus geen verschil tussen de technieken worden onderzocht. Wil je die verschillen wel aantonen, zul je de meetprocedure hier op moeten aanpassen zodanig dat de verschillende technieken ook op dezelfde meetstroken worden getest / gemeten.

Resultaten

- § 4.1 *Depositie boven gewas*

Om de depositiepatronen goed te vergelijken is de depositie omgerekend naar het percentage van de gemiddelde depositie (per object) over de hele meetstrook. Uit de patronen volgt dat het depositiepatroon per meetstrook verschillend is, maar bij elke meetstrook is het patroon van de verschillende objecten vergelijkbaar (relatief dus, niet absoluut!). Uit de analyse van de variatiecoëfficiënt volgt hetzelfde, deze is per meetstrook vergelijkbaar, tussen objecten/technieken is het verschil gering.

- § 4.2 Drift naast gewas

In de drift% is niet echt een goede lijn terug te vinden. Wel valt op dat de variatiecoëfficiënt op de meetstroken met luchtondersteuning groter is dan de variatiecoëfficiënt op de stroken met conventionele bespuiting. Ook in de vergelijking tussen technieken valt op dat de technieken met luchtondersteuning een grotere variatiecoëfficiënt hebben dan de conventionele technieken.

- § 4.4.2 Vergelijking drift op meetstroken parallel aan perceel en standaardmetingen

De variatie die gevonden wordt tussen de 2 meetstroken van de standaardmeting kan geheel verklaard worden uit de variatie op de 9 m strook.

Wel is er een (vaste) verhouding tussen beide meetopstellingen. Dit kan verklaard worden door het feit dat de waarden van de driftdepositie op de snijpunten zijn afgeleid uit de originele waarden, en wel elk op een andere wijze.

- § 4.3 Spuitboombewegingen

Uit de patronen van de spuitboombeweging valt af te leiden dat op dezelfde plaats dezelfde beweging terugkomt, in het horizontale én verticale vlak (voor deze meetdagen). De verticale beweging was gering, een gemiddelde standaard afwijking van 5 cm op de gemiddelde boomhoogte van 50 cm. De klasse <10 cm geeft hier ook nauwelijks onderscheid tussen de objecten. De horizontale beweging was ook gering, gemiddelde 7 cm. De verschillen in snelheid van de boomtip lijken groter (gemiddeld 0,27m/s = 16%). Toch is er in deze metingen geen duidelijke relatie tussen de standaardafwijking van de horizontale beweging en de standaardafwijking van de horizontale snelheid. De verschillen zijn ook zo gering dat er geen sprake is van een meetstrook of techniek effect.

Vergelijking depositie en drift met spuitboombewegingen

- *Horizontale spuitboombeweging en depositie boven gewas*

Hier wordt verwacht dat het depositiepatroon verklaard kan worden uit de boombeweging boven de collectoren, voornamelijk in het horizontale vlak. Dit is niet uit de kengetallen (%<10%) te halen, wel uit de grafische weergave van de depositie- en boombewegingspatronen. Althans voor de bespuiting zonder luchtondersteuning. Daar is een tegengesteld patroon terug te vinden, beweegt de spuitboom langzamer dan is de depositie hoger en omgekeerd bij een snellere boombeweging is de depositie lager. Bij de patronen van de bespuitingen met luchtondersteuning is er geen relatie te vinden.

Uit dit onderzoek en ook vervolgonderzoek blijkt dat de beweging altijd op dezelfde plek optreedt. Bij een bespuiting als tegen *Phytophthora* betekent dit dat elke keer een onder- of overdosering op dezelfde plek voorkomt. In totaal komt daar in het geval van onderdosering aanzienlijk minder spuitvloeistof met het grote gevaar van haardvorming en bij overdosering een probleem met residu op het oogstproduct.

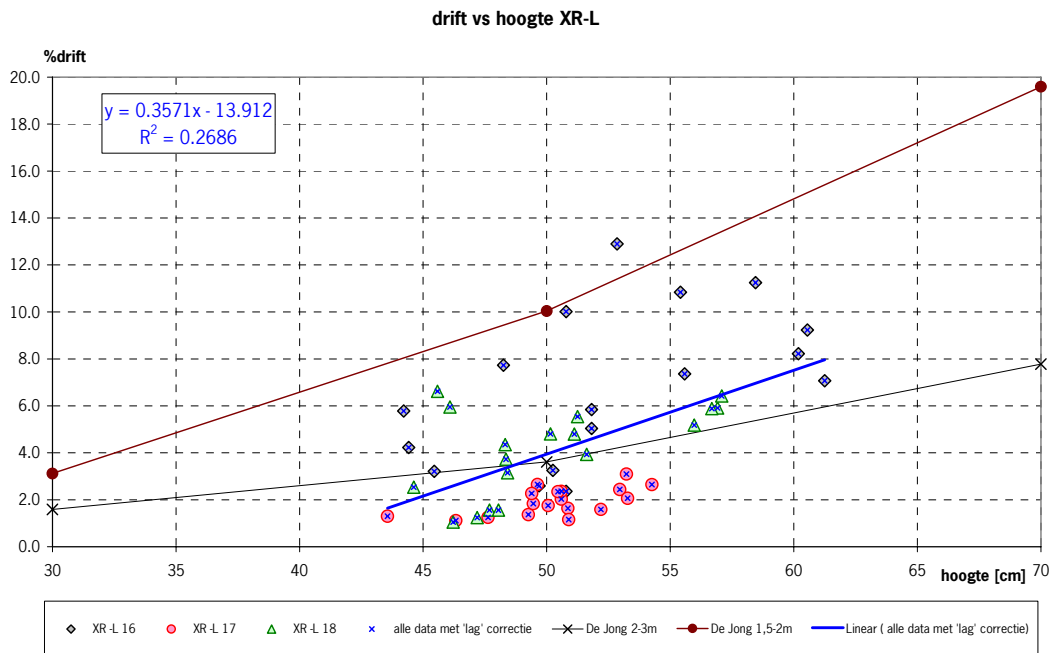
- *Spuitboomhoogte en drift*

Er is geen relatie gevonden tussen drift afhankelijk van gemeten spuitboomhoogte. Verwacht werd dat uit de spuitboomhoogte de verschillen in drift over de 9 m meetlengte verklaard konden worden. Er traden echter maar kleine verschillen in de spuitboomhoogte op. Waarschijnlijk zijn andere factoren meer bepalend voor de variatie (patroon) in de drift over de meetlengte. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan variatie in windsnelheid.

In oktober 2006 zijn de depositie- en driftcijfers geanalyseerd in vergelijking met de gemeten spuitboombewegingen (IJken 2006). Hierbij werd gebruik gemaakt van een Fast Fourier Transform algoritme, waarmee de Fouriertransformatie van een signaal wordt uitgerekend. Uit deze berekening volgt een frequentiespectrum. De spectra van de depositie- en driftcijfers is vergeleken met de spectra van de overeenkomstige spuitboombeweging. Uit deze studie volgt weliswaar geen onderling verband. Eén van de redenen hier is dat het aantal waarnemingen van depositie en drift per afzonderlijke meting te klein is, waardoor de analyse onvoldoende informatie geeft.

In Bijlage IX is voor de XR-L herhalingen een relatie tussen driftdepositie en boomhoogte gelegd. Dit is evenwel bereikt door de gemeten boomhoogten te verschuiven over de meetplek, aan de hand van de zogenaamde 'lag' zoals al beschreven door Kok (2001).

In Figuur 62 staan de resultaten weergegeven. Ook al is de spreiding groot, toch is een zekere tendens in de resultaten te zien. Bij grotere boomhoogte is de driftdepositie hoger. Gelet op de R^2 is dit niet de volledige verklaring van de resultaten. Hierbij valt te denken aan de weersomstandigheden, temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en windrichting. Uit het onderzoek van De Jong (2001) volgt een duidelijke relatie tussen boomhoogte en drift. In Figuur 62 staan de driftdepositieresultaten van De Jong voor de afstanden 1,5-2 m en 2-3 m bij de boomhoogten 30, 50 en 70 cm boven het gewas weergegeven. Deze zijn gecombineerd met de resultaten in Figuur Y.



Figuur 62. Verband tussen hoogte spuitboom boven gewas en driftdepositie.

De resultaten van de drie XR-L herhalingen vertonen dezelfde tendens als de metingen van De Jong.

8. Conclusie

Uit deze studie volgt dat de spuitboombeweging voornamelijk bepaald wordt door het spuitspoor en niet beïnvloed wordt door de toegepaste techniek (dooptype, luchtondersteuning) op dezelfde spuit, Tabel 23. De variatiecoëfficiënt voor de standaard spleetdop (XR) was 13% en van de driftarme spleetdop (DG) 12%. Bij de luchtondersteunde bespuitingen was de variatiecoëfficiënt voor de standaard spleetdop ($XR + luchtondersteuning$) was 14% en van de driftarme spleetdop ($DG + luchtondersteuning$) 18% .

Op dezelfde plaats komt (bij gebruik van dezelfde spuit) consequent dezelfde beweging terug. De snelheid van de spuitboom in het horizontale vlak is niet nauwkeurig genoeg af te leiden uit de data, door te grote stappen geeft dit een 'piekerig' beeld. Met een sneller meetstelsel moet dit probleem op te vangen zijn.

De depositiepatronen binnen een meetstrook hebben een sterke gelijkenis. Er was een gering verschil in vloeistofdepositie tussen de verschillende technieken.

De variatiecoëfficiënt van de driftdepositie op 2 m afstand is gelijk voor de standaard spleetdop (XR , 41%) en de driftarme spleetdop (DG , 40%). De variatiecoëfficiënt voor luchtondersteund spuiten was hoger dan voor conventioneel spuiten (XR 84% en DG 80%).

De spuitboombeweging in het horizontale vlak heeft een sterke correlatie met de spuitvloeistofdepositie boven het gewas. Kijkend naar het patroon van beide is het echter niet mogelijk dit aan te geven met de gebruikte kengetallen als de tijd dat de spuitboombeweging binnen grenzen van 10% van de gemiddelde snelheid verbleef en de variatiecoëfficiënt. De kengetallen percentage van de tijd dat de spuitboom meer dan 10% langzamer (en sneller) beweegt dan gemiddeld heeft wel een duidelijk verband met het kengetal dat de depositie meer dan 10% hoger (en lager) is dan het gemiddelde.

De spuitboombeweging in het verticale vlak lijkt op basis van de grafische weergave een correlatie met de drift naast het gewas te hebben, maar andere factoren zijn hier ook sterk bij betrokken. Hierbij moet vooral gedacht worden aan de windsnelheid en de windrichting (hoek ten opzichte van haaks op rijrichting). Hier moet het mogelijk zijn om met een 'slimmere' analysemethode een correlatie aan te tonen.

Literatuur

Holterman, H.J., 1998.

Rekenkundige bewerkingen van driftmetingen. IMAG-DLO nota V 98-127. Wageningen.

Kok, J., 2001.

The influence of sprayer boom movement on spray deposition underneath the sprayer boom and spray drift deposition at surface water level. Based on an experiment under field conditions. MSc thesis Wageningen Universiteit. Wageningen.

Stallinga, H., J.M.G.P. Michielsen, P. van Velde & J.C. van de Zande, 2003.

Driftbeperking door spuitboomhoogteverlaging op een veldspuit. Metingen 2002. IMAG Nota P 2003-18. Wageningen.

Jong, A. de, J.M.G.P. Michielsen, H. Stallinga & J.C. van de Zande, 2001.

Effect of sprayer boom height on spray drift. Proceedings of the 52nd International symposium on crop protection, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, Ghent University, Belgium.

IJken, H., 2006.

Verband tussen spuitboombeweging en depositie en drift. Scriptie bachelorafsluiting agrotechnologie. Wageningen Universiteit.

Samenvatting

In dit verslag wordt de methodiek van de spuitboombewegingsmetingen en de verwerking daarvan besproken. De spuitboombeweging wordt daarbij gepresenteerd als patroon in een figuur en er worden kengetallen aan verbonden die in de analyse worden besproken. De depositie en drift van spuitvloeistof is gemeten over een lengte van 9 m parallel aan de rijrichting, tijdens de bespuiting van een aardappelgewas. Het patroon van depositie en drift wordt grafisch weergegeven en er worden kengetallen aan verbonden die in de analyse worden besproken.

Dit verslag is een toets voor de kengetallen, zijn deze afdoende voor het verklaren van de onderlinge relaties.

De bespuitingen werden uitgevoerd met een Hardi Commander Twin Force getrokken veldspuit met 24 m werkbreedte en mogelijkheid tot luchtondersteuning. Er werd gespoten bij een werkdruk van 3,0 bar met een Teejet XR 110.04 en een Teejet DG 110.04 dop met Lechler IS 80.04 kantdop, beide gaven een spuitvolume van 300 l/ha. De bespuitingen werden op 3 en 4 september 2002 uitgevoerd op een perceel aardappelen op de Oostwaardhoeve.

De objecten zonder en met luchtondersteuning werden in één spuitgang direct achter elkaar gespoten, waarbij voor beide objecten een meetstrook was uitgezet. Elke dag zijn 2 herhalingen gemeten met de 2 dooptypen en zonder en met luchtondersteuning.

Om de spuitvloeistofdepositie onder het uiteinde van de bewegende spuitboom te meten werd boven de voorlaatste aardappelrug in de rijrichting een meetstrook van 9 m lengte opgezet.

De collectoren werden na de bespuiting verzameld en gecodeerd voor verdere analyse op de hoeveelheid fluorescerende stof (BSF).

Om in het veld de beweging van een spuitboom te kunnen volgen is het noodzakelijk om op bepaalde tijdstippen in het horizontale vlak (de afstand) en in het verticale vlak (de hoogte) de positie van de boom te bepalen. Met deze drie gegevens, tijd, horizontale en verticale plaats is het mogelijk de bewegingen van de boom te volgen, te reproduceren en te analyseren. Een laser afstandmeter bepaalt de horizontale afstand van het meetinstrument tot een reflectiescherm wat is bevestigd op de spuitboom. Een ultrasoonsensor bepaalt de hoogte van de spuitboom tot de grond. Het reflectiescherm en de ultrasoonsensor zijn bevestigd aan het uiteinde van de spuitboom. Door deze gemeten waarden aan elkaar te koppelen is de beweging van de spuitboomtip te bepalen.

De metingen zijn geëvalueerd over een totale rijlengte van 20 m.

De horizontale boombeweging wordt berekend als het verschil tussen de actueel gemeten plaats en de berekende plaats volgens de trendlijn methode. Van elke meting is de gemiddelde horizontale boombeweging en de standaardafwijking bepaald.

De verticale boombeweging is de afwijking van de ingestelde hoogte. Van deze waarden is van elke meting de gemiddelde verticale boombeweging en de standaardafwijking bepaald.

De standaardafwijking bij horizontale boombeweging of verticale boombeweging is een indicatie hoever de metingen rondom het gemiddelde zijn verdeeld. Daarnaast is het interessant om te weten voor welk deel van de tijd de boom buiten het gemiddelde heeft bewogen. Hiervoor is een grens getrokken van +/- 10 cm rondom het gemiddelde.

Zo ook is het interessant om te weten voor welk deel van de tijd de snelheid van de spuitboomtip buiten het gemiddelde was. Hiervoor is een grens getrokken van 10 % groter dan de gemiddelde snelheid. Is het snelheidsverschil groter dan 10% kan een significant verschil in de depositie worden verwacht.

Uit deze studie volgt dat de spuitboombeweging voornamelijk bepaald wordt door het spuitspoor en niet beïnvloed wordt door de toegepaste techniek (dooptype en luchtondersteuning) op dezelfde spuit. Op dezelfde plaats komt consequent dezelfde beweging terug. De snelheid van de spuitboom in het horizontale vlak is niet nauwkeurig

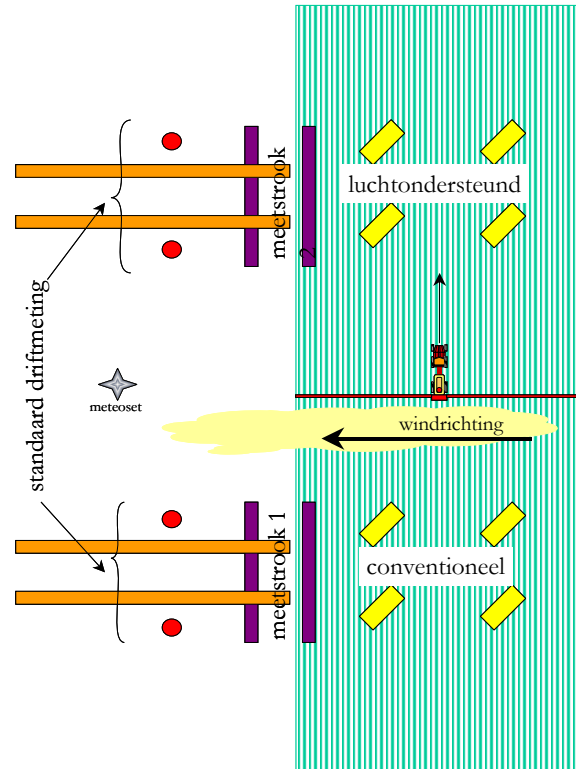
genoeg af te leiden uit de data, door te grote stappen geeft dit een 'piekerig' beeld. Met een sneller meetsysteem moet dit probleem op te vangen zijn.

De spuitboombeweging in het horizontale vlak heeft een sterke correlatie met de spuitvloeistofdepositie boven het gewas. Kijkend naar het patroon van beide is het echter niet mogelijk dit aan te geven met de gebruikte kengetallen als de tijd dat de spuitboombeweging binnen grenzen van 10% verbleef en de variatiecoëfficiënt. De kengetallen percentage van de tijd dat de spuitboom meer dan 10% langzamer beweegt dan gemiddeld heeft wel een duidelijk verband met het kengetal dat de depositie meer dan 10% hoger is dan het gemiddelde.

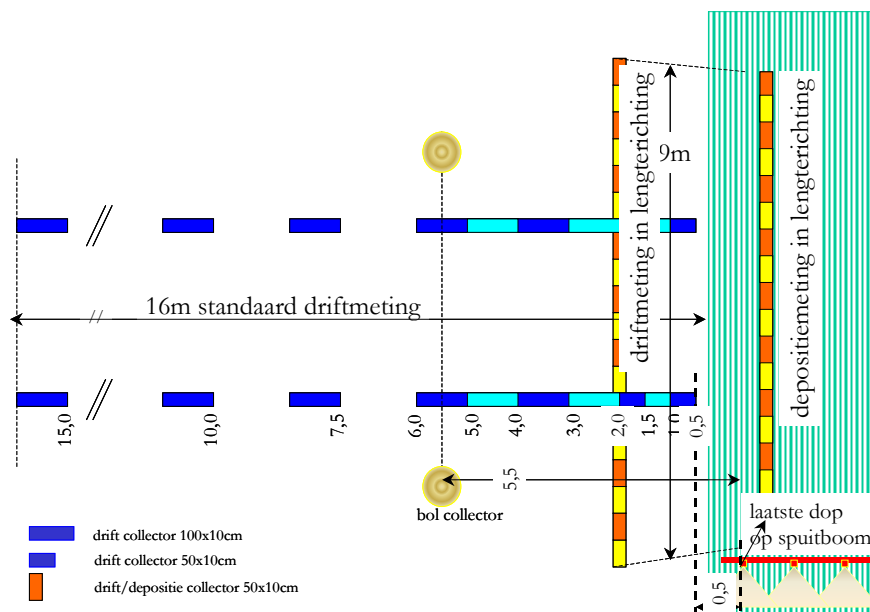
De spuitboombeweging in het verticale vlak lijkt een correlatie met de drift naast het gewas te hebben, maar andere factoren zijn hier ook sterk bij betrokken. Hierbij moet vooral gedacht worden aan de windsnelheid en de windrichting (hoek ten opzichte van haaks op rijrichting).

Bijlage I.

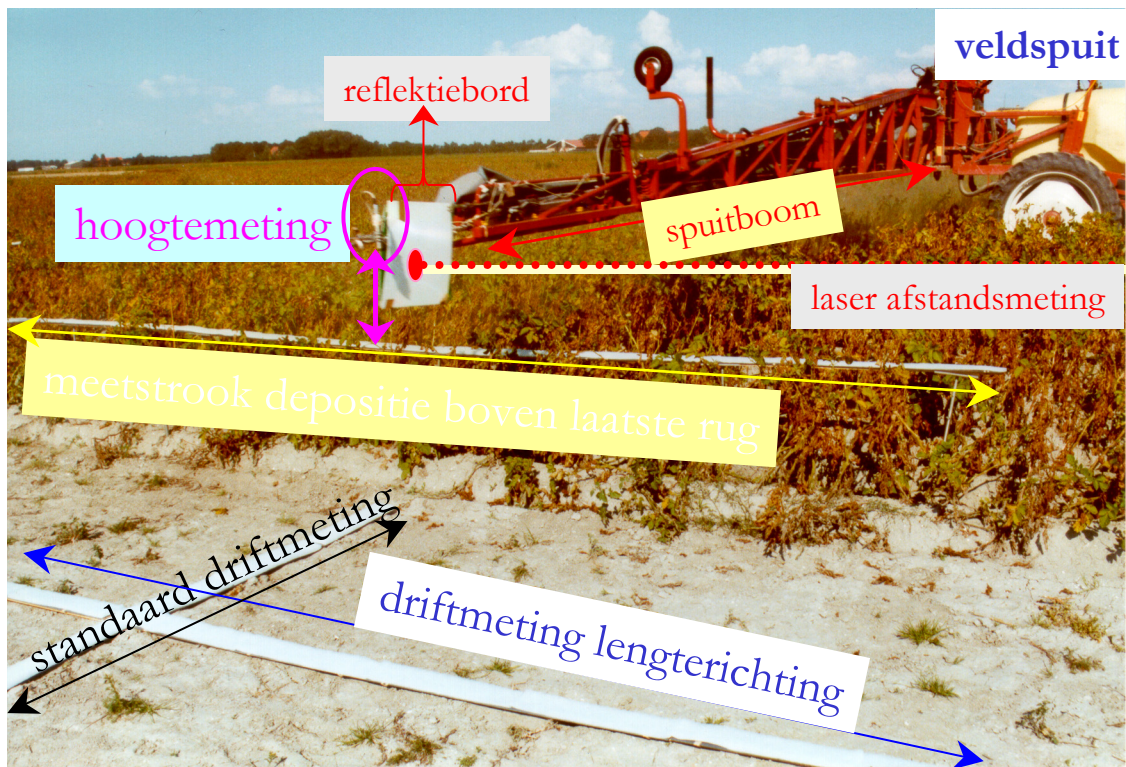
Schetsen en foto's meetopstelling



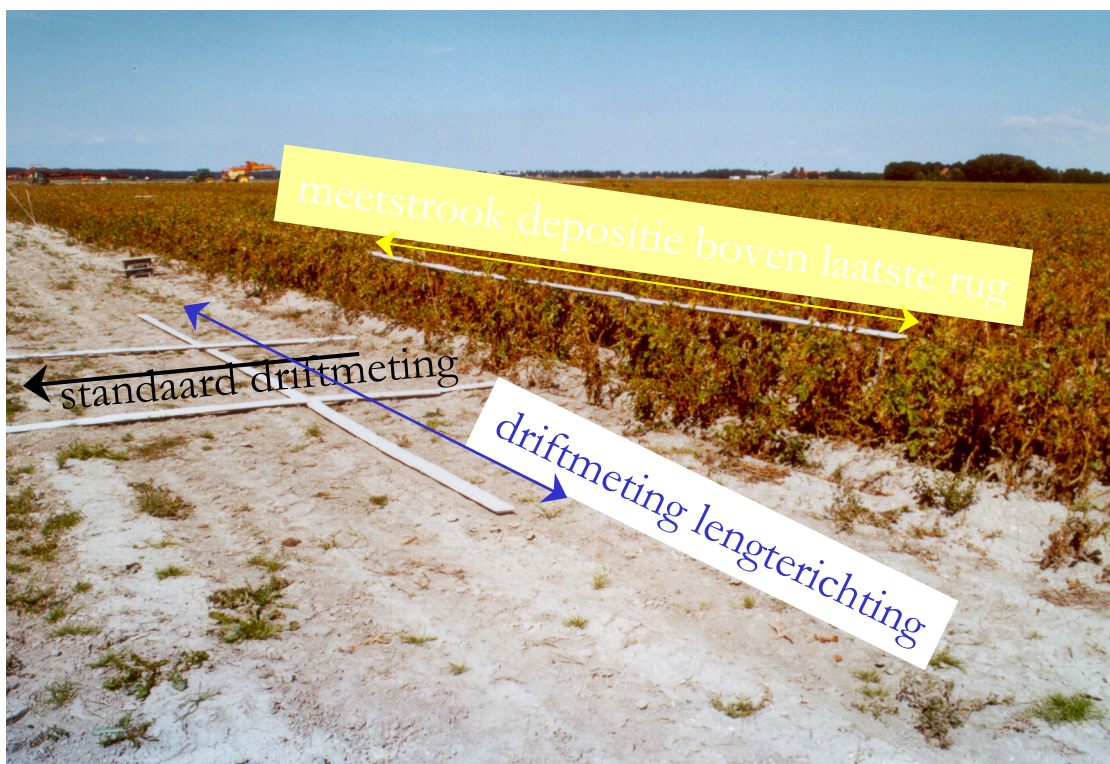
Figuur Bijlage Ia. Meetopstelling overzicht.



Figuur Bijlage Ib. Meetopstelling gedetailleerd.



Figuur Bijlage Ic. Foto spuit bij meetopstelling.



Figuur Bijlage Id. Foto meetopstelling.

Bijlage II.**Depositie boven voorlaatste rug, als % van afgifte***Data XR zonder lucht.*

nr	plek	dag herhaling meetplek	herhaling gemeten op dag op meetplek						
			3-9		4-9				
			15	16	17	18			
			1	1	3	3			
1	-4,25	80,7	<	88,3		114,0		121,7	
2	-3,75	91,3		56,7	<	91,8	<	104,1	
3	-3,25	84,5	<	63,3	<	96,8		109,7	
4	-2,75	80,0	<	80,7	<	92,9	<	104,9	
5	-2,25	84,7	<	97,9		101,4		113,7	
6	-1,75	88,8	<	93,7		125,1	>	129,4	>
7	-1,25	127,7	>	98,2		127,5	>	126,3	
8	-0,75	110,2	>	89,4		107,5		106,7	
9	-0,25	104,1		76,0	<	105,7		108,9	
10	0,25	90,7		86,6		94,7	<	114,8	
11	0,75	122,5	>	111,3	>	87,1	<	111,9	
12	1,25	126,4	>	101,6	>	111,1		106,2	
13	1,75	81,9	<	105,3	>	120,5	>	127,1	>
14	2,25	71,1	<	87,2		111,6		118,7	
15	2,75	103,6		94,9		117,4	>	126,2	
16	3,25	120,1	>	92,7		107,4		119,9	
17	3,75	125,2	>	101,6	>	96,0		112,6	
18	4,25	104,8		108,1	>	102,0		116,9	
	gem	99,9		90,8		106,1		115,5	
	std	18,6		14,5		11,8		8,2	
	%vc	19%		16%		11%		7%	
	n<10%	28%		50%		56%		89%	

Data XR MET lucht.

nr	plek	dag herhaling meetplek	herhaling gemeten op dag op meetplek						
			3-9		4-9				
			15	16	17	18			
			2	2	4	4			
1	-4,25	93,4	85,6	<	101,6	>	109,6		
2	-3,75	106,1	>	102,2	<	86,1	113,1		
3	-3,25	91,6		89,4		83,7	105,8		
4	-2,75	96,4		85,2	<	80,8	<	99,3	
5	-2,25	82,6	<	89,2		80,1	<	119,0	>
6	-1,75	109,5	>	115,7	>	97,8		126,1	>
7	-1,25	116,2	>	109,4	>	89,4		103,2	
8	-0,75	105,5	>	81,9	<	71,6	<	99,2	
9	-0,25	91,7		84,7	<	88,9		107,0	
10	0,25	98,0		102,9		98,5		101,5	
11	0,75	110,1	>	135,6	>	96,2		111,6	
12	1,25	113,6	>	105,5		117,9	>	120,0	>
13	1,75	75,6	<	93,3		112,8	>	107,9	
14	2,25	71,3	<	87,5		100,3	>	121,9	>
15	2,75	97,5		95,4		91,8		109,3	
16	3,25	75,7	<	104,1		81,1	<	84,0	<
17	3,75	64,2	<	77,9	<	78,5	<	88,5	<
18	4,25	74,7	<	94,5		69,3	<	97,9	
	gem	93,0		96,7		90,4		106,9	
	std	15,8		14,2		13,1		11,1	
	%vc	17%		15%		15%		10%	
	n<10%	33%		56%		44%		67%	

Data DG zonder lucht.

nr	plek	dag herhaling meetplek	herhaling gemeten op dag op meetplek			
			3-9		4-9	
			15	16	17	18
			1	1	3	3
1	-4,25		67,9 <	101,0	63,0 <	137,8 >
2	-3,75		82,4	97,3	63,8 <	129,0
3	-3,25		76,5	94,5	65,2 <	119,5
4	-2,75		86,1	95,0	60,2 <	114,5
5	-2,25		82,6	95,8	79,2	105,8 <
6	-1,75		96,1 >	116,7 >	81,2	126,3
7	-1,25		93,4 >	114,6 >	89,7 >	134,5 >
8	-0,75		73,5	120,4 >	72,5	126,5
9	-0,25		70,1 <	92,8	66,8 <	110,9
10	0,25		77,2	80,7 <	68,9	107,2 <
11	0,75		85,0	105,5	82,2 >	114,2
12	1,25		92,4 >	128,8 >	70,9	113,6
13	1,75		63,5 <	75,7 <	84,7 >	136,4 >
14	2,25		71,4 <	85,3 <	89,9 >	115,7
15	2,75		82,7	101,0	84,8 >	124,5
16	3,25		81,2	92,9	71,2	129,2
17	3,75		89,6 >	117,5 >	72,0	108,6 <
18	4,25		90,1 >	96,8	76,0	124,3
	gem		81,2	100,7	74,6	121,0
	std		9,4	14,2	9,3	10,2
	%vc		12%	14%	12%	8%
	n<10%		50%	56%	44%	67%

Data DG MET lucht.

nr	plek	dag herhaling meetplek	herhaling gemeten op dag op meetplek							
			3-9			4-9				
			15	16	17	18				
			2	2	4	4				
1	-4,25		93,8	>	106,6		69,8		130,7	
2	-3,75		115,6	>	106,6		78,7	>	146,4	>
3	-3,25		79,4		104,7		56,1	<	129,8	
4	-2,75		90,0	>	101,5		37,4	<	108,1	<
5	-2,25		68,5	<	96,1		63,5		124,5	
6	-1,75		83,3		115,5		58,6	<	136,0	
7	-1,25		67,0	<	116,9		61,9		131,7	
8	-0,75		61,5	<	98,3		22,0	<	124,3	
9	-0,25		65,4	<	84,3	<	39,5	<	136,4	
10	0,25		89,1		103,5		43,6	<	129,8	
11	0,75		95,6	>	122,7	>	66,8		132,7	
12	1,25		80,1		120,7	>	104,9	>	164,4	>
13	1,75		68,3	<	113,0		93,3	>	135,1	
14	2,25		63,9	<	92,3	<	41,9	<	131,6	
15	2,75		91,5	>	103,9		95,7	>	139,5	
16	3,25		88,8		113,3		81,7	>	120,7	
17	3,75		82,2		108,7		87,1	>	126,4	
18	4,25		75,6		107,4		98,2	>	120,5	
	gem		81,1		106,4		66,7		131,6	
	std		14,1		9,9		23,9		11,7	
	%vc		17%		9%		36%		9%	
	n<10%		39%		78%		22%		83%	

Bijlage III.**Depositie boven gewas als % van afgifte**

dag	herh	dop	luchtondersteuning	A	B	C	D	<i>gem</i>
3 - 9	15	DG	-	76	95	73	71	<i>79</i>
		XR	-	97	110	87	89	<i>96</i>
	16	XR	-	85	73	75	82	<i>79</i>
		DG	-	104	127	98	115	<i>111</i>
4 - 9	17	DG	-	55	58	48	71	<i>58</i>
		XR	-	91	108	87	87	<i>94</i>
	18	XR	-	67	90	90	93	<i>85</i>
		DG	-	102	96	93	99	<i>98</i>

Bijlage IV.

Drift als % van afgifte

Data XR -L.

nr	plek	dag herhaling meetplek	herhaling gemeten op dag op meetplek							
			3-9				4-9			
			15		16		17		18	
			1		1		3		3	
1	-4,25		24,4	>	7,5		1,3	<	4,8	>
2	-3,75		12,1	<	5,7	<	1,1	<	5,2	>
3	-3,25		16,6	>	4,2	<	1,3	<	5,9	>
4	-2,75		21,8	>	3,2	<	1,4	<	6,4	>
5	-2,25		12,1	<	7,7	>	1,6	<	5,9	>
6	-1,75		15,4		10,0	>	1,6	<	3,9	
7	-1,25		27,9	>	5,8	<	1,2	<	1,6	<
8	-0,75		12,8		2,3	<	2,0		1,6	<
9	-0,25		7,3	<	2,5	<	2,4	>	3,7	
10	0,25		6,3	<	3,2	<	2,4	>	4,4	
11	0,75		6,4	<	5,0	<	2,6	>	6,0	>
12	1,25		8,6	<	7,3		3,1	>	6,6	>
13	1,75		9,5	<	8,2	>	2,1		2,5	<
14	2,25		12,5	<	7,0		2,3	>	1,1	<
15	2,75		11,4	<	9,2	>	2,7	>	1,2	<
16	3,25		15,9	>	11,2	>	1,8		3,2	<
17	3,75		18,4	>	10,8	>	1,8		4,8	>
18	4,25		13,8		12,9	>	2,3	>	5,5	>
	gem		14,06		6,87		1,94		4,12	
	std		6,05		3,15		0,59		1,88	
	%vc		43%		46%		30%		45%	
	n<10%		17%		17%		22%		17%	
	mediaan		12,60		7,18		1,94		4,58	
	med / gem		0,9		1,0		1,0		1,1	

Data XR MET L.

		herhaling gemeten op dag op meetplek							
		3-9				4-9			
		15		16		17		18	
nr	plek	2		2		4		4	
	dag								
	herhaling								
	meetplek								
1	-4,25	2,58	>	1,20	>	0,84	<	0,08	<
2	-3,75	1,14	>	3,30	>	1,21	<	0,05	<
3	-3,25	0,91	>	0,88	>	2,30	>	0,12	<
4	-2,75	0,50	<	0,85	>	1,58		0,17	<
5	-2,25	0,45	<	0,25	<	1,64		0,30	>
6	-1,75	0,59	<	0,42	<	2,51	>	0,31	>
7	-1,25	0,53	<	0,19	<	3,19	>	0,19	<
8	-0,75	0,50	<	0,27	<	3,40	>	0,16	<
9	-0,25	0,35	<	0,27	<	4,01	>	0,23	
10	0,25	0,39	<	0,22	<	2,84	>	0,22	
11	0,75	0,25	<	0,28	<	1,99	>	0,29	>
12	1,25	0,35	<	0,27	<	0,91	<	0,24	
13	1,75	0,30	<	0,26	<	1,27	<	0,22	
14	2,25	0,18	<	0,19	<	0,63	<	0,28	>
15	2,75	0,29	<	0,24	<	0,23	<	0,48	>
16	3,25	1,12	>	0,18	<	0,40	<	0,33	>
17	3,75	1,61	>	0,20	<	0,40	<	0,21	
18	4,25	2,18	>	0,26	<	1,18	<	0,26	>
	gem	0,79		0,54		1,70		0,23	
	std	0,69		0,75		1,13		0,10	
	%vc	88%		138%		66%		43%	
	n<10%	0%		0%		11%		28%	
	mediaan	0,50		0,27		1,43		0,23	
	med / gem	0,6		0,5		0,8		1,0	

Data DG -L.

		herhaling gemeten op dag op meetplek							
		3-9				4-9			
		15		16		17		18	
nr	plek	1		1		3		3	
1	-4,25	2,41	>	1,25	<	0,81	<	0,69	<
2	-3,75	3,36	>	1,41	<	0,89	<	0,70	<
3	-3,25	3,47	>	1,57	<	0,75	<	1,30	>
4	-2,75	3,04	>	1,74	<	0,85	<	1,23	>
5	-2,25	3,00	>	1,52	<	1,01		1,69	>
6	-1,75	3,22	>	0,93	<	1,06		1,71	>
7	-1,25	3,46	>	2,30	>	0,94	<	1,20	>
8	-0,75	1,55	<	1,76		1,27	>	0,63	<
9	-0,25	1,18	<	2,84	>	0,98		0,49	<
10	0,25	1,27	<	3,80	>	1,10		0,54	<
11	0,75	1,49	<	2,59	>	1,09		0,25	<
12	1,25	1,97		2,33	>	1,31	>	0,20	<
13	1,75	1,29	<	1,80		1,15		0,24	<
14	2,25	0,77	<	2,03		1,32	>	0,28	<
15	2,75	0,69	<	2,30	>	1,13		0,55	<
16	3,25	1,36	<	2,76	>	1,31	>	0,75	
17	3,75	1,70	<	1,13	<	0,96		0,93	>
18	4,25	2,12		1,10	<	1,14		1,20	>
	gem	2,07		1,95		1,06		0,81	
	std	0,96		0,74		0,18		0,48	
	%vc	46%		38%		17%		59%	
	n<10%	11%		17%		50%		6%	
	mediaan	1,84		1,78		1,08		0,69	
	med / gem	0,9		0,9		1,0		0,9	

Data DG MET L.

		herhaling gemeten op dag op meetplek							
		3-9				4-9			
		15		16		17		18	
nr	plek	2		2		4		4	
	dag								
	herhaling								
	meetplek								
1	-4,25	0,33	>	1,63	>	0,04	<	0,01	<
2	-3,75	0,29	>	1,07	>	0,04	<	0,01	<
3	-3,25	0,34	>	0,91	<	0,02	<	0,01	<
4	-2,75	0,28	>	1,59	>	0,02	<	0,01	<
5	-2,25	0,29	>	2,87	>	0,05	<	0,07	>
6	-1,75	0,30	>	4,06	>	0,02	<	0,02	<
7	-1,25	0,22		1,32	>	0,02	<	0,01	<
8	-0,75	0,23		1,24	>	0,01	<	0,01	<
9	-0,25	0,21		1,80	>	0,06	<	0,01	<
10	0,25	0,18	<	1,79	>	0,02	<	0,01	<
11	0,75	0,20		0,58	<	0,07		0,03	
12	1,25	0,17	<	0,25	<	0,13	>	0,10	>
13	1,75	0,13	<	0,11	<	0,10	>	0,09	>
14	2,25	0,13	<	0,10	<	0,22	>	0,09	>
15	2,75	0,12	<	0,13	<	0,12	>	0,03	<
16	3,25	0,16	<	0,18	<	0,08	>	0,05	>
17	3,75	0,17	<	0,23	<	0,12	>	0,04	>
18	4,25	0,18	<	0,29	<	0,03	<	0,04	
	gem	0,22		1,12		0,06		0,03	
	std	0,07		1,08		0,06		0,03	
	%vc	32%		96%		90%		102%	
	n<10%	22%		6%		6%		11%	
	mediaan	0,20		0,99		0,04		0,02	
	med / gem	0,9		0,9		0,7		0,7	

Bijlage V.

Vergelijking #16 XR/DG +L

herhaling	doptype	geen/wel luchtondersteuning	meetstrook	meteo		%drift op 2 m naast gewas					
				windsnelheid [m/s]	hoek [t.o.v. haaks]	gemiddelde	standaard afwijking	variatie-coëfficiënt	drift klasse [<10%]	mediaan	mediaan / gemiddelde
16	XR	+	2	3,0	13	0,54	0,75	138	0%	0,27	0,5
16	DG	+	2	3,4	26	1,12	1,08	96	6%	0,99	0,9

XR+L

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
16	1,20	3,30	0,88	0,85	0,25	0,42	0,19	0,27	0,27	0,22	0,28	0,27	0,26	0,19	0,24	0,18	0,20	0,26
						0,31						0,27						

DG+L

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
16	1,63	1,07	0,91	1,59	2,87	4,06	1,32	1,24	1,80	1,79	0,58	0,25	0,11	0,10	0,13	0,18	0,23	0,29
						2,69						0,18						

Driftcurve

#	rij	1/2-1	1-1½	1½-2	2-3	3-4	4-5	5-6	7½-8½	10-11	15-16
---	-----	-------	------	------	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------

XR+L

16	1	17,41	11,13	1,03	0,23	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,00
16	2	19,55	6,78	1,29	0,20	0,06	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02

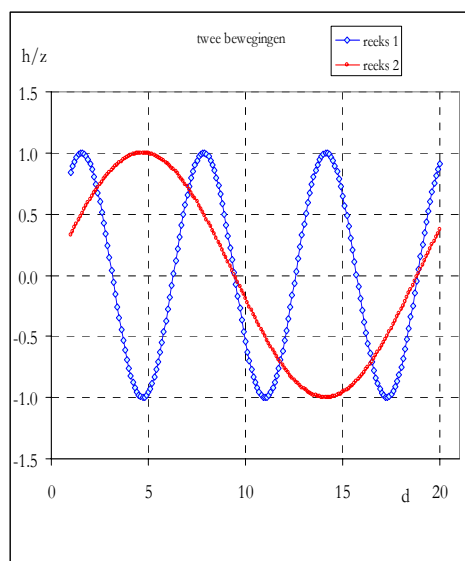
DG+L

16	1	22,68	10,93	2,60	0,35	0,10	0,07	0,08	0,06	0,03	0,02
16	2	11,63	0,62	0,24	0,10	0,06	0,10	0,09	0,06	0,04	0,03

Bijlage VI.

Beschouwing twee verschillende bewegingen

In onderstaande figuur staat ook aangegeven hoe twee op het oog verschillende grafieken, precies dezelfde parameters geven.



	reeks 1		reeks 2	
n =	191		191	
gem =	0.01		0.00	
std =	0.71		0.71	
max =	1.000		1.000	
min =	-1.000		-1.000	
n < -0.1	87	46%	88	46%
n > 0.1	92	48%	91	48%
-0.1 < x < 0.1	12	6%	12	6%
n < -0.5	63	33%	63	33%
n > 0.5	66	35%	63	33%
-0.5 < x < 0.5	62	32%	65	34%
n < -0.9	27	14%	27	14%
n > 0.9	28	15%	27	14%
-0.9 < x < 0.9	136	71%	137	72%

n = aantal punten / 'waarnemingen'

gem = gemiddelde

std = standaardafwijking

max = grootste waarde

min = kleinste waarde

n < -0.1 / -0.5 / -0.9 = aantal punten kleiner dan -0.1 / -0.5 / -0.9

n > 0.1 / 0.5 / 0.9 = aantal punten groter dan 0.1 / 0.5 / 0.9

-0.1 < x < 0.1 = aantal waarnemingen groter dan -0.1 en kleiner dan 0.1

in rood staat het percentage van het totaal

Bijlage VII.

Resultaten relatie boomtipsnelheid en depositiemeting

Tabel Bijlage VII. Relatie tussen aandeel in de tijd dat de boomtipsnelheid kleiner is dan -10% en de depositiemeting groter is dan 10% op de meetstrook (en omgekeerd).

dag	wat	v_tip	depo		v_tip <-> depo	
3-9	n tot	56	18		laag	hoog
DGL 15	n < -10%	0.25	0.22	10%	0.25	0.28
	n > 10%	0.23	0.28	20%	0.04	0
	-10<x<10	0.52	0.50		hoog	laag
	n < -20%	0.04	0.06	10%	0.23	0.22
	n > 20%	0.07	0	20%	0.07	0.06
3-9	n tot	55	18		laag	hoog
DGL 16	n < -10%	0.31	0.17	10%	0.31	0.28
	n > 10%	0.22	0.28	20%	0.07	0.06
	-10<x<10	0.47	0.56		hoog	laag
	n < -20%	0.07	0.06	10%	0.22	0.17
	n > 20%	0.09	0.06	20%	0.09	0.06
3-9	n tot	55	18		laag	hoog
XRL 16	n < -10%	0.29	0.22	10%	0.29	0.28
	n > 10%	0.33	0.28	20%	0.04	0.06
	-10<x<10	0.38	0.50		hoog	laag
	n < -20%	0.04	0.11	10%	0.33	0.22
	n > 20%	0.02	0.06	20%	0.02	0.11
3-9	n tot	55	18		laag	hoog
DG +L 15	n < -10%	0.29	0.33	10%	0.29	0.28
	n > 10%	0.24	0.28	20%	0	0.06
	-10<x<10	0.47	0.39		hoog	laag
	n < -20%	0	0.11	10%	0.24	0.33
	n > 20%	0.16	0.06	20%	0.16	0.11
3-9	n tot	54	18		laag	hoog
DG +L 16	n < -10%	0.24	0.11	10%	0.24	0.11
	n > 10%	0.26	0.11	20%	0.04	0
	-10<x<10	0.50	0.78		hoog	laag
	n < -20%	0.04	0.06	10%	0.26	0.11
	n > 20%	0.04	0	20%	0.04	0.06
3-9	n tot	55	18		laag	hoog
XR +L 16	n < -10%	0.24	0.28	10%	0.24	0.17
	n > 10%	0.27	0.17	20%	0.09	0.06
	-10<x<10	0.49	0.56		hoog	laag
	n < -20%	0.09	0	10%	0.27	0.28
	n > 20%	0.07	0.06	20%	0.07	0

dag	wat	v_tip	depo		v_tip <-> depo	
4-9	n tot	55	18		laag	hoog
DG-L 17	n < -10%	0.25	0.28	10%	0.25	0.33
	n > 10%	0.22	0.33	20%	0.05	0.11
	-10<x<10	0.53	0.39		hoog	laag
	n < -20%	0.05	0.06	10%	0.22	0.28
	n > 20%	0.07	0.11	20%	0.07	0.06
4-9	n tot	56	18		laag	hoog
XR-L 17	n < -10%	0.21	0.17	10%	0.21	0.28
	n > 10%	0.27	0.28	20%	0.11	0.11
	-10<x<10	0.52	0.56		hoog	laag
	n < -20%	0.11	0.06	10%	0.27	0.17
	n > 20%	0.02	0.11	20%	0.02	0.06
4-9	n tot	42	18		laag	hoog
XR-L 18	n < -10%	0.26	0.06	10%	0.26	0.22
	n > 10%	0.29	0.22	20%	0.07	0
	-10<x<10	0.45	0.72		hoog	laag
	n < -20%	0.07	0.06	10%	0.29	0.06
	n > 20%	0.05	0	20%	0.05	0.06
4-9	n tot	57	18		laag	hoog
XR +L 17	n < -10%	0.25	0.33	10%	0.25	0.22
	n > 10%	0.28	0.22	20%	0.05	0.11
	-10<x<10	0.47	0.44		hoog	laag
	n < -20%	0.05	0.11	10%	0.28	0.33
	n > 20%	0.05	0.11	20%	0.05	0.11
4-9	n tot	50	18		laag	hoog
XR +L 18	n < -10%	0.26	0.11	10%	0.26	0.22
	n > 10%	0.26	0.22	20%	0.06	0
	-10<x<10	0.48	0.67		hoog	laag
	n < -20%	0.06	0.06	10%	0.26	0.11
	n > 20%	0.04	0	20%	0.04	0.06

Extra: depositie resultaten waarbij geen boombewegingsmeting zijn (gelukt)

dag	wat	v_tip	depo		v_tip <-> depo
3-9	n tot		18		laag hoog
XR -L 15	n < -10%		0.39	10%	0.33
	n > 10%		0.33	20%	0.28
	-10<x<10		0.28		laag
	n < -20%		0.06	10%	0.39
	n > 20%		0.28	20%	0.06
3-9	n tot		18		laag hoog
XR +L 15	n < -10%		0.33	10%	0.33
	n > 10%		0.33	20%	0.11
	-10<x<10		0.33		laag
	n < -20%		0.11	10%	0.33
	n > 20%		0.11	20%	0.11
4-9	n tot		18		laag hoog
DG -L 18	n < -10%		0.06	10%	0.28
	n > 10%		0.28	20%	0
	-10<x<10		0.67		laag
	n < -20%		0.06	10%	0.06
	n > 20%		0	20%	0.06
4-9	n tot		18		laag hoog
DG +L 17	n < -10%		0.39	10%	0.39
	n > 10%		0.39	20%	0.33
	-10<x<10		0.22		laag
	n < -20%		0.28	10%	0.39
	n > 20%		0.33	20%	0.28
4-9	n tot		18		laag hoog
DG +L 18	n < -10%		0.06	10%	0.11
	n > 10%		0.11	20%	0.06
	-10<x<10		0.83		laag
	n < -20%		0	10%	0.06
	n > 20%		0.06	20%	0

Bijlage VIII.

Relatie boomsnelheid vs depositie

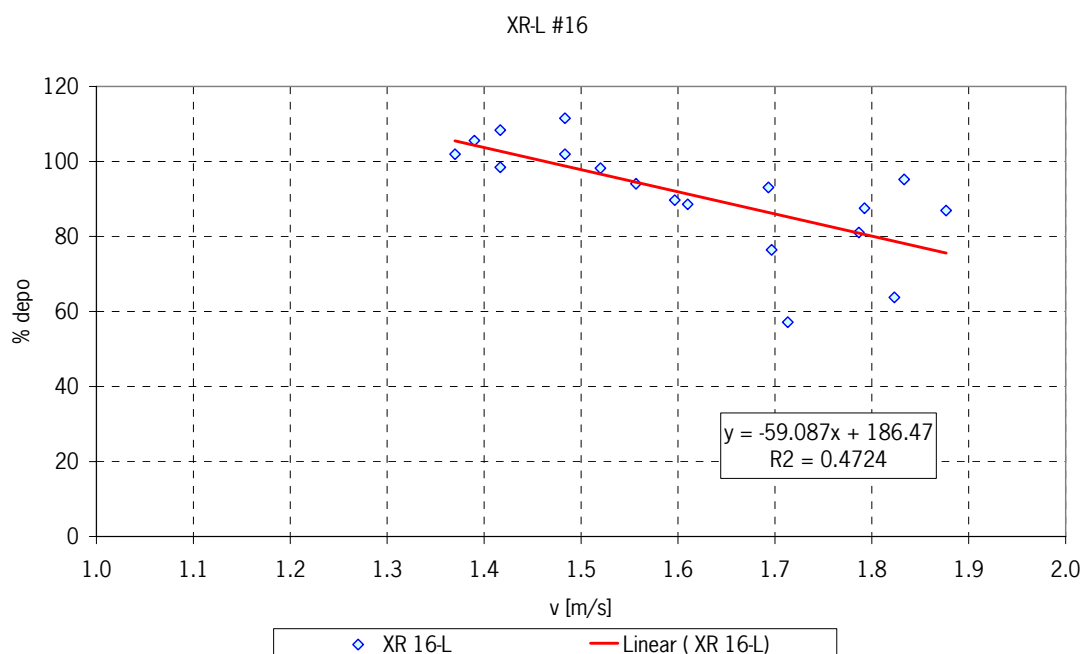
Voor de XR conventionele metingen is onderzocht of er een relatie bestaat tussen de gemeten boomsnelheid en de gemeten depositie boven het gewas.

Hiervoor is de gemeten snelheid over een lengte van de depositiecollector gemiddeld. Deze waarden zijn tegen elkaar in een grafiek gezet.

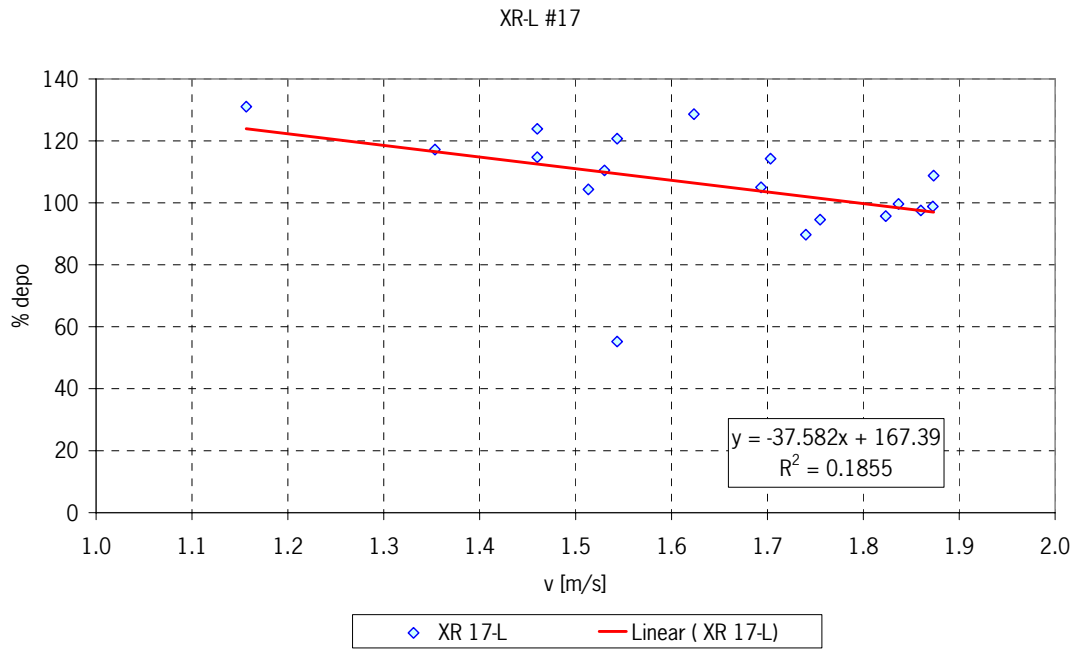
In de Figuren 8-1 – 8-3 staan voor de drie XR conventioneel bespuitingen de depositie op de afzonderlijke collectoren uitgezet tegen de gemiddeld gemeten boomsnelheid over de lengte van de collectoren. Hierbij is ook de regressielijn door de meetpunten weergegeven.

In Figuur 8-4 staan de drie herhalingen in één figuur bijeengebracht. Uit deze figuur is de regressielijn over alle meetpunten overgenomen in Figuur 8-5. In Figuur 8-5 staat ook het theoretisch verband, waarbij de depositie is berekend uit de snelheid (uitgaande van 100% depositie bij 5,9 km.h-1, dus bij 1 m.s-1 164% en bij 2 m.s-1 82%).

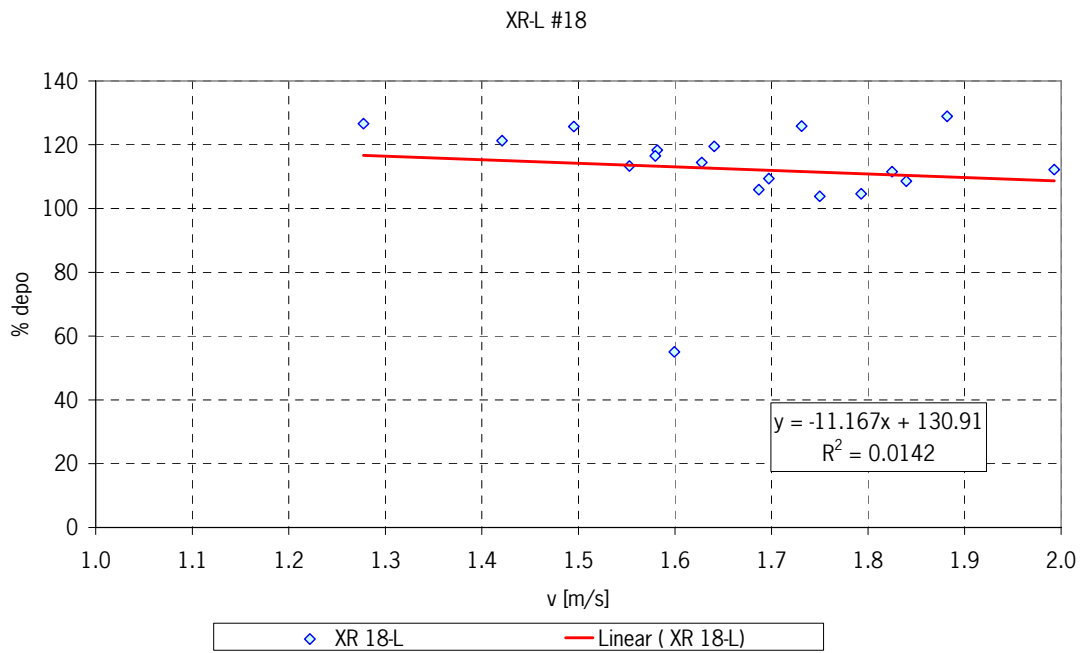
Het theoretisch verband geeft een sterker dalende lijn dan de regressielijn afgeleid uit de metingen, veroorzaakt door de spreiding en door uitmiddeling over de 50 cm collectorlengte.



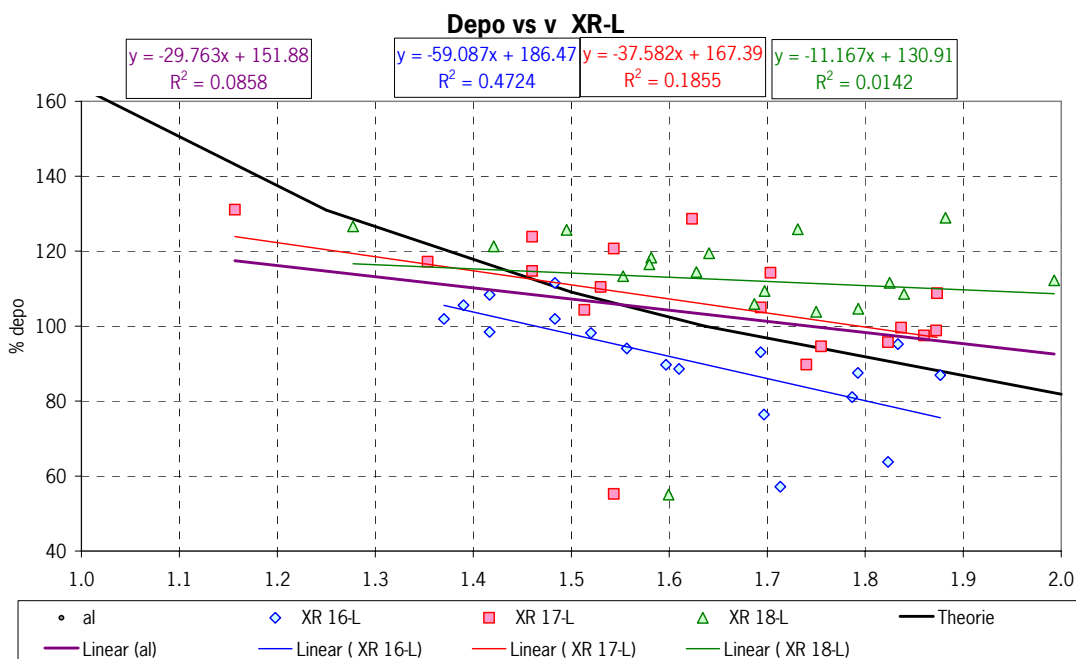
Figuur Bijlage VIII-1. Depositiepercentages tegen boomsnelheid op meetstrook bij bespuiting XR conventioneel herhaling 16



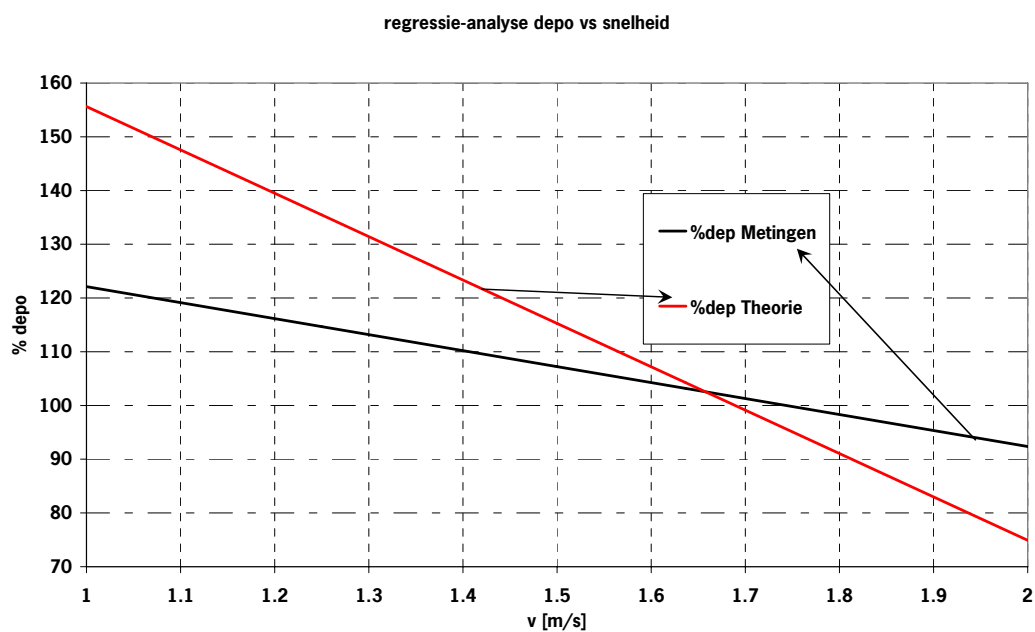
Figuur Bijlage VIII-2. Depositiepercentage tegen boomsnelheid op meetstrook bij bespuiting XR conventioneel herhaling 17.



Figuur Bijlage VIII-3. Depositiepercentage tegen boomsnelheid op meetstrook bij bespuiting XR conventioneel herhaling 18.



Figuur Bijlage VIII-4. Depositiepercentage tegen boomsnelheid op meetstrook bij bespuiting XR conventioneel.



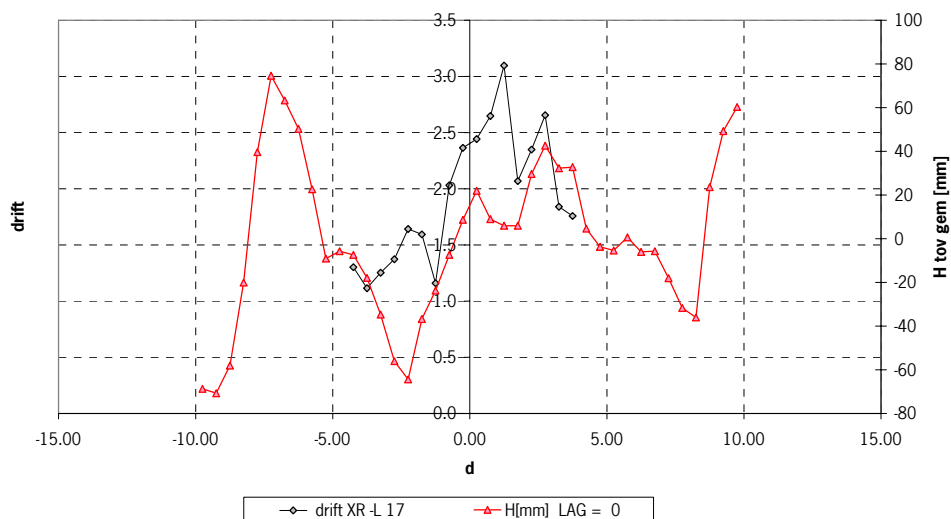
Figuur Bijlage VIII-5. Regressielijn depositiepercentage tegen boomsnelheid op meetstrook bij bespuiting XR conventioneel met theoretisch verband.

Bijlage IX.

Relatie boomhoogte vs Driftdepositie

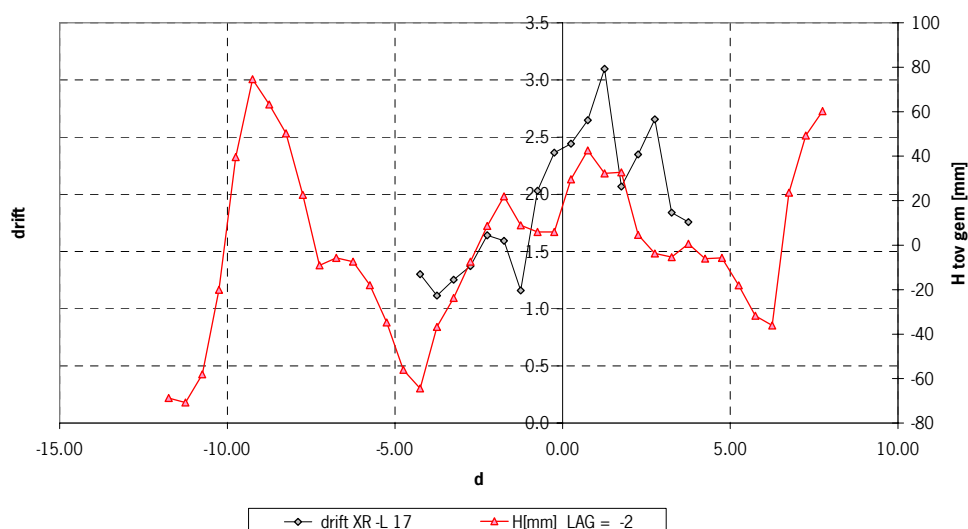
Voor de XR conventionele metingen is onderzocht of er een relatie bestaat tussen de gemeten boomhoogte en de gemeten driftdepositie naast het gewas.

In Figuur IX-1 staat als voorbeeld de gemeten boomhoogte en gemeten driftdepositie van meting XR –L herhaling 17 in één figuur weergegeven.



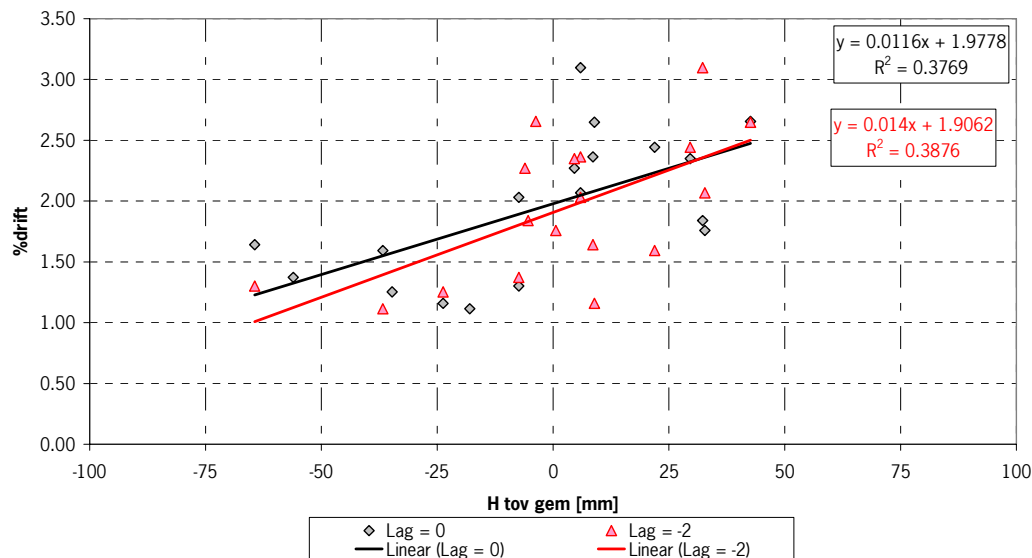
Figuur Bijlage IX-1. Boomhoogte en driftdepositie XR-L herhaling 17.

Wat in alle figuren opvalt is dat de driftdepositie verschoven lijkt te zijn ten opzichte van de gemeten boomhoogte, dit is door Jeroen Kok al beschreven als de 'LAG'. Door nu de boomhoogte-grafiek te verschuiven is het goed mogelijk de grafieken over elkaar te leggen. Dit is als voorbeeld weergegeven in Figuur 9-2.



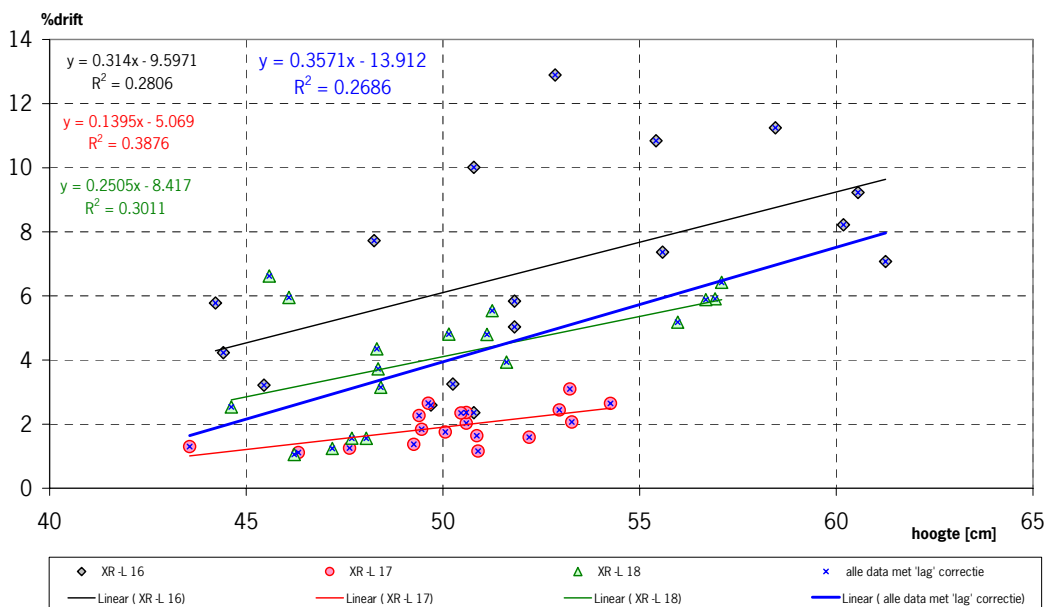
Figuur Bijlage IX-2. Boomhoogte en driftdepositie XR-L herhaling 17, waarbij de plaats van de boomhoogte 2m is verschoven (lag = -2m).

Hierna is de gemeten hoogte over een lengte van de driftdepositiecollector gemiddeld. Deze waarden zijn tegen elkaar in grafiek 9-3 uitgezet.



Figuur Bijlage IX-3. Driftdepositie tegen spuitboomhoogte boven gewas van XR-I herhaling 17.

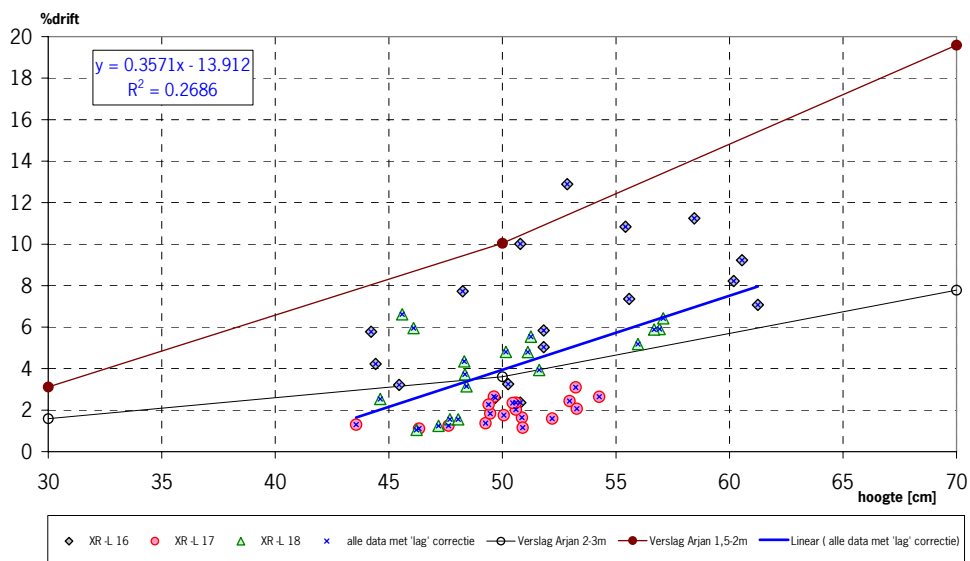
In Figuur 9-4 zijn de van de drie XR-L herhalingen de gemeten driftdepositie tegen de gemeten boomhoogte weer-gegeven.



Figuur Bijlage IX-4. Driftdepositie tegen spuitboomhoogte boven gewas van alle XR-I.

Ook al is de spreiding groot, toch is een zekere tendens in de resultaten te zien. Bij grotere boomhoogte is de driftdepositie hoger. Gelet op de R^2 is dit niet de volledige verklaring van de resultaten. Hierbij valt te denken aan de weersomstandigheden, temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en windrichting.

Uit het onderzoek van De Jong (2001) volgt een duidelijke relatie tussen boomhoogte en drift. In Figuur 9-5 staan de driftdepositieresultaten van De Jong voor de afstanden 1,5-2m en 2-3m bij de boomhoogten 30, 50 en 70 cm boven het gewas weergegeven. Deze zijn gecombineerd met de resultaten uit Figuur 9-4.



Figuur Bijlage IX-5. Driftdepositie tegen spuitboomhoogte boven gewas van alle XR-I en data De Jong 2001.

De resultaten van de drie XR-L herhalingen vertonen dezelfde tendens als de metingen van De Jong.

