
Invloed van spoorbreedte op spuitboombewegingen

J.M.G.P. Michielsen
J.C. van de Zande

Nota P 2003-24

April 2003



Invloed van spoorbreedte op spuitboombewegingen

J.M.G.P. Michielsen
J.C. van de Zande

April 2003

Nota P 2003-24

©2003
Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG)
Mansholtlaan 10-12, PO box 43, 6700 AA Wageningen
Telephone 0317 – 476300
Telefax 0317 – 425670
www.imag.wageningen-ur.nl

Interne mededeling IMAG. Niets uit deze nota mag elders worden vermeld, of vermenigvuldigd op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van IMAG of opdrachtgever. Bronvermelding zonder de feitelijke inhoud is evenwel toegestaan, op voorwaarde van de volledige vermelding van: auteursnaam, instituut en notanummer en de toevoeging: 'niet gepubliceerd'.

All rights reserved. No part of this document may be reproduced, stored in retrieval system of any nature, in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise, without the prior written permission of IMAG

Voorwoord

In 2002 is een onderzoek uitgevoerd naar het effect van de spoorbreedte van een zelfrijdende veldspuit op spuitboombewegingen.

Dank aan Delvano n.v. (Harelbeke – België) voor het ter beschikking stellen van de Euro-trac zelfrijdende spuit met spoorbreedte verstelling. Dank aan de Oostwaardhoeve voor het opbouwen van de hobbelbaan en het ter beschikking stellen van meetruimte. Een speciaal woord van dank aan machinist Gerrit voor het herhaaldelijk nemen van de talloze hobbels. Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de vakgroep LTO-akkerbouw en werd begeleid door de heer J.P. Kloos.

Inhoud

SAMENVATTING	4
1 INLEIDING	5
2 MATERIAAL & METHODE.....	6
2.1 BESCHRIJVING SPUITMACHINE.....	6
2.2 MEETSYSTEEM SPUITBOOMBEWEGINGEN.....	7
2.3 UITVOERING METINGEN OP HOBDELBAAN EN OP GRASSTROOK	7
2.4 BEOORDELING ZWIEP- EN SLINGERBEWEGINGEN	8
3 RESULTATEN	10
3.1 RESULTATEN ZWIEPBEWEGING.....	18
3.2 RESULTATEN SLINGERBEWEGING	20
4 DISCUSSIE	22
5 CONCLUSIE	23
LITERATUUR.....	24
BIJLAGE	24

Samenvatting

Om alternatieve driftreducerende pakketten te kunnen ontwikkelen heeft de werkgroep "Driftreductie" van de Commissie Vaktechniek Akkerbouw een inventarisatie gemaakt. Eén van de combinatiepakketten waarmee waarschijnlijk een behoorlijke driftreductie bereikt kan worden is de verbetering van de spuitboombalans door een spoorbreedtevergroting van 150 naar 225 cm. In combinatie met rijpaden kan de verbetering van dien aard zijn, dat de spuitboom zonder problemen kan zakken tot 40 cm boven het gewas.

Alvorens de driftmetingen werden uitgevoerd zijn ter onderbouwing eerst metingen aan spuitboombewegingen uitgevoerd bij de verschillende spoorbreedten. Hiervoor is gebruik gemaakt van een zelfrijdende spuit met verstelbare spoorbreedte (Delvano Eurotrac). De bewegingen van de spuitboom in het horizontale en verticale vlak zijn vastgelegd tijdens het rijden over de hobbelbaan (ISO 5008) en door een geconditioneerd spuitspoor.

Spuitboombewegingen werden vastgelegd bij 150, 180 en 225 cm spoorbreedte. Bij de spoorbreedte van 225 cm werd ook een vergelijking tussen een smalle en brede band gemaakt. Elke instelling werd 10 x gemeten. De spuit reed met een gemiddelde rijnsnelheid van 6,2 km/h.

De bewegingsmetingen werden uitgevoerd met behulp van een laser-afstandsmeter en een ultrasoon hoogte meter. De verkregen data werd verwerkt over een meetlengte van 40 m. Over dit traject werd de afwijking in de zwiep (afwijking van de gemiddeld voortschrijdende afstand), de slinger (afwijking van de ingestelde hoogte) en het snelheidsverschil van de boomtip ten opzichte van de gemiddelde snelheid uitgerekend.

Een maat voor de beoordeling van de zwiep is de tijd over een meettraject, waarbij het snelheidsverschil van de boomtip ten opzichte van de gemiddelde snelheid van de boomtip kleiner is dan 10%. Een maat voor de beoordeling van de slinger is de tijd over een meettraject, waarbij de afwijking van de boomhoogte kleiner is dan 10%.

Alhoewel de verschillen in zwiep en slinger tussen spoor- en bandbreedtes gering zijn, geeft op de hobbelbaan een spoorbreedte van 225 cm met een smalle band het beste resultaat. Op de grasbaan is het beste resultaat verkregen bij een spoorbreedte van 225 cm met een brede band. Voor de uitvoering van de driftmetingen verdient een spoorbreedte van 225 cm met brede band de aanbeveling.

1 Inleiding

Wanneer met nieuwe spuittechnieken en verbeterde bedrijfsvoering een vergelijkbare afname in drift wordt bereikt als met reeds in het Lozingenbesluit (Anonymus, 2000) vermelde spuittechnieken, kan dit als alternatief voor een bredere teeltvrije zone worden toegepast.

Om alternatieven te ontwikkelen heeft de werkgroep “Driftreductie” van de Commissie Vaktechniek Akkerbouw een inventarisatie gemaakt van driftbeperkende spuittechnieken. Doel daarbij was om praktisch hanteerbare pakketten te ontwikkelen, die controleerbaar en certificeerbaar zijn. Eén van de combinatiepakketten waarvan de werkgroep vaststelde waarmee waarschijnlijk een behoorlijke driftreductie te bereiken valt, is de verbetering van de spuitboombalans door een spoorbreedte vergroting van 150 naar 225 cm. In combinatie met rijpaden voor de spuitstrook kan de verbetering van dien aard zijn, dat de spuitboom zonder problemen kan zakken tot 40 cm boven het gewas. Deze verlaging leidt niet tot vermindering van de effectiviteit van de bespuiting en verkleining van de afstand tussen doppen op de spuitboom is daarom niet noodzakelijk. Gecombineerd met driftarme doppen en kantdoppen aan het eind van de spuitboom zal dit naar verwachting een aanzienlijke reductie van de driftdepositie in het oppervlaktewater tot gevolg hebben.

Ter onderbouwing zijn voor het overgaan tot driftmetingen allereerst metingen uitgevoerd om de spuitboombewegingen bij verschillende spoorbreedten vast te stellen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een zelfrijdende spuit met verstelbare spoorbreedte. De bewegingen van de spuitboom in het horizontale en verticale vlak zijn vastgelegd tijdens het rijden door een gestandaardiseerd spoor (hobbelbaan) en een geconditioneerd spuitspoor op grasland. Spuitboombewegingen zijn vastgelegd voor een spuit met 1,50m, 1,80m en 2,25m spoorbreedte. Deze metingen werden aan dezelfde spuit gedaan. Bij de hobbelbaan werd steeds op dezelfde manier over de baan gereden. Bij het spuitspoor werd herhaaldelijk door hetzelfde spuitspoor gereden. Voor de spoorbreedte 2,25m zijn tevens twee bandenmaten vergeleken. De meetresultaten zijn verwerkt en worden gepresenteerd in deze rapportage.

2 Materiaal & methode

2.1 Beschrijving spuitmachine



type	Delvano EURO-TRAC
werkbreedte	33 m
balanceringspuitboom	parallellogram
spoorbreedte	hydraulisch traploos verstelbaar 150 – 225 cm
wielen	(4) kunnen onafhankelijk van elkaar bewegen, omdat ze ieder aan een lange scharnierende arm zijn bevestigd. Ieder wiel is gedragen door een cilinder en met een accumulator geveerd.
banden	smal = 300/95 12.4 R 46; 2 bar breed = 460/85 18.4 R 38; 2 bar
wielbasis	330 cm
totale lengte	900 cm
bodemvrijheid	± 90 cm
leeg gewicht	± 8,7 ton
totale breedte	285 cm
totale hoogte	380 cm
tankinhoud	3100 l inclusief de 250 l spoeltank, leeg

2.2 Meetsysteem spuitboombewegingen

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 (de 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. De bewegingsmetingen werden uitgevoerd met behulp van een laser-afstandsmeter en een ultrasoon hoogte meter. De **laser afstandsmeter** (SICK DME 200) bepaalt de horizontale afstand van het meetinstrument tot een reflectie-scherm bevestigd op de spuitboom. De **ultrasoonsensor** (AE, P42-A4N-2D-1C1-130) bepaalt de hoogte van de spuitboom tot de grond. Door deze gemeten waarden en de tijd aan elkaar te koppelen is de beweging van de spuitboomtip te bepalen.

2.3 Uitvoering metingen op hobbelbaan en op grasstrook

De boombeweging is gemeten bij spoorbreedtes van 150, 180 en 225 cm op 'smalle' banden en ook op 'brede' banden op 225 cm spoorbreedte. Dit is uitgevoerd op een hobbelbaan en op een strook gras. Vóór het wegrijden werd de boomhoogte ingesteld. Elke variant werd 10 x gemeten. De spuit reed met een gemiddelde rijsnelheid van 6,2 km/h. Bij alle metingen reed de spuit van de meetapparatuur weg.

Hobbelbaan

De hobbelbaan (ISO 5008) lag op een bestaand betonnen kavelpad. Het linker rijspoor lag links tegen de rand van het pad, het rechter rijspoor werd op een dusdanige afstand gelegd dat de wielen in het midden over de sporen reden. Bij veranderen van spoorbreedte werd de hobbelbaan aangepast door het rechter rijspoor ten opzichte van de linker te verschuiven. Om de spuit op snelheid te brengen en de hierdoor veroorzaakte boombeweging niet in de meetstrook op te nemen werd over een lengte van 30 m aangereden (conform de voorgestelde ISO standaard ISO/CD 14131). Om het aanrijden op de hobbelbaan vloeiend te laten verlopen lagen er rijplaten op zand voor de hobbelbaan. De hobbelbaan is 50 m lang. Een schets staat in bijlage 1.

Grasstrook

Naast de metingen op de hobbelbaan werd er gereden op een perceel kort gras. Hier werd eerst een recht spoor uitgezet, waarna het twee keer werd 'ingereden'. Bij een andere spoorbreedte werd een nieuw spoor uitgezet en 'ingereden'. De totale lengte was 150 m, waarbij de eerste 30 m voor het aanrijden werd gebruikt. Een schets staat in bijlage 2.

De metingen op de hobbelbaan en op gras zijn geëvalueerd over een totale rijlengte van 40 m. De hobbelbaan heeft een totale lengte van 50 m, maar om het effect van het op-en afrijden van de hobbelbaan niet in de resultaten op te nemen, zijn de stroken 5 m na oprijden

en 5 m voor afrijden niet in beschouwing genomen. Vanwege deze 40 m op de hobbelbaan is ook op de grasstrook over een 40 m geëvalueerd, Over deze 40 m zijn van alle 10 herhalingen per object het gemiddelde en de standaardafwijking van de zwiep, de slinger en de snelheid bepaald. Van de 10 herhalingen waren er bij de hobbelbaan 150 cm en 180 cm en op gras 150 cm resp. 7, 9 en 9 herhalingen bruikbaar, bij de overige objecten waren alle 10 herhalingen goed bruikbaar.

2.4 Beoordeling zwiep- en slingerbewegingen

De beoordeling van de spuitboombeweging hangt af van de aspecten waarin men geïnteresseerd is. Zo is de snelheidsvariatie van de boomtip een belangrijke maat voor de verdeling van de spuitvloeistofdepositie en is de afwijking van de zwiep en de slinger meer een maat voor de constructieve eigenschappen van de spuit.

Zwiep

De zwiep geeft aan in hoeverre de boomtip afwijkt van de gemiddelde voortschrijdende afstand. Elke meting is over een meetlengte van 40 m geëvalueerd. Hierbij wordt de zwiep per 0,1 sec uitgerekend. De gemiddelde zwiep wordt berekend over alle metingen binnen de meetlengte van 40 m. De spreiding in zwiep komt tot uitdrukking in de standaardafwijking. Van elke meting is de gemiddelde zwiep en de standaardafwijking bepaald.

De snelheid van de boomtip is uitgerekend uit de afstandsmeting door:

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

Omdat het in deze studie niet uitmaakt of de snelheid van de boomtip te hoog dan wel te laag is, maar eerder, dat de snelheid afwijkt is het absolute snelheidsverschil uitgerekend. Hierna is per meting berekend wat het absolute snelheidsverschil ten opzichte van de gemiddelde snelheid was over de meetlengte van 40 m per 0,1 sec. Dit snelheidsverschil is per object gemiddeld over de herhalingen.

Stel dat er een wezenlijk depositie-verschil optreedt als het snelheidsverschil groter is dan 10% van het gemiddelde, dan is dat een maat om de zwiep te beoordelen. Om te bepalen hoe groot het deel van het meettraject is waar de snelheid te hoog of te laag is, is van elk meetpunt bepaald hoe groot de afwijking ten opzichte van het gemiddelde is. Daarna is een grens gelegd bij 10% hoger of lager dan de gemiddelde snelheid, en vervolgens is van elk meettraject bepaald wat het aandeel van de tijd is dat binnen en buiten de 10% grens is opgetreden. Dit is uitgedrukt als percentage van de totale tijd van het meettraject.

Slinger

De slinger is de afwijking van de ingestelde hoogte. Bij elke meting is over een meetlengte van 40 m geëvalueerd. Hierbij is het verschil tussen de actueel gemeten hoogte en de

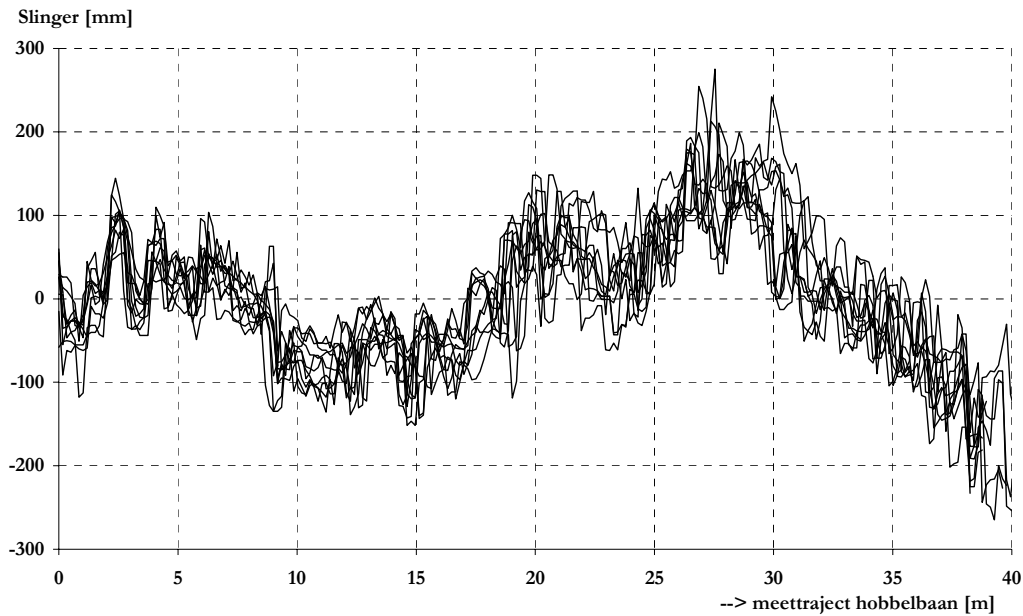
ingestelde spuitboomhoogte over de meetlengte van 40 m per 0,1 sec berekend. Van deze waarden is van elke meting de gemiddelde slinger en de standaardafwijking bepaald. De standaardafwijking van de slinger geeft de absolute afwijking ten opzichte van het gemiddelde aan. Om te bekijken hoe groot deel van de tijd van het meettraject de boom te hoog of te laag is, is over het meettraject bepaald hoe vaak de boom binnen de bandbreedte van ± 10 cm van het gemiddelde bleef. Dit is uitgedrukt als percentage van de totale tijd van het meettraject.

Statistische analyse

De resultaten van de verschillende spoorbreedten zijn statistisch getoetst (Payne et al., 1993) op verschillen met behulp van een variantie-analyse (ANOVA, zie bijlage 3). Hierbij is het effect van de spoorbreedte op zwiep, slinger, snelheidsverschil en tijdklasse getoetst. Op dezelfde wijze is het effect van de bandbreedte bij een spoorbreedte van 225 cm getoetst.

3 Resultaten

Over de 40 m hobbelbaan en grasstrook is van elke meting de zwiep, de slinger en de snelheid van de boomtip bepaald. In bijlage 4 en 5 staan de resultaten per meting weergegeven. In figuur 1 staat van één object (225 cm spoorbreedte, smalle band, hobbelbaan) alle 10 metingen (herhalingen) in grafiek weergegeven.



figuur 1 : Voorbeeld van 10 keer de slingerbeweging meten bij 225 cm spoorbreedte op smalle band op de hobbelbaan.

Het is duidelijk dat de slingerbeweging reproduceerbaar is. Uit deze 10 metingen kan het gemiddelde en de standaardafwijking worden berekend. Dit is weergegeven in figuur 2.



figuur 2: Voorbeeld van gemiddelde van 10 slingerbeweging (+ spreiding = std) gemeten bij 225 cm spoorbreedte op smalle band op de hobbelbaan.

Het is dus gerechtvaardigd om voor de vergelijking van de objecten in de grafieken het gemiddelde van de herhalingen per object te presenteren.

In de volgende figuren **3-8** staan voor de verschillende spoorbreedte- en bandbreedte-combinaties de gemeten gemiddelde bewegingen over de 40 m meetstrook weergegeven.

figuur 3: Gemiddelde zwiep op hobbelbaan

figuur 4: Gemiddelde zwiep op grasland

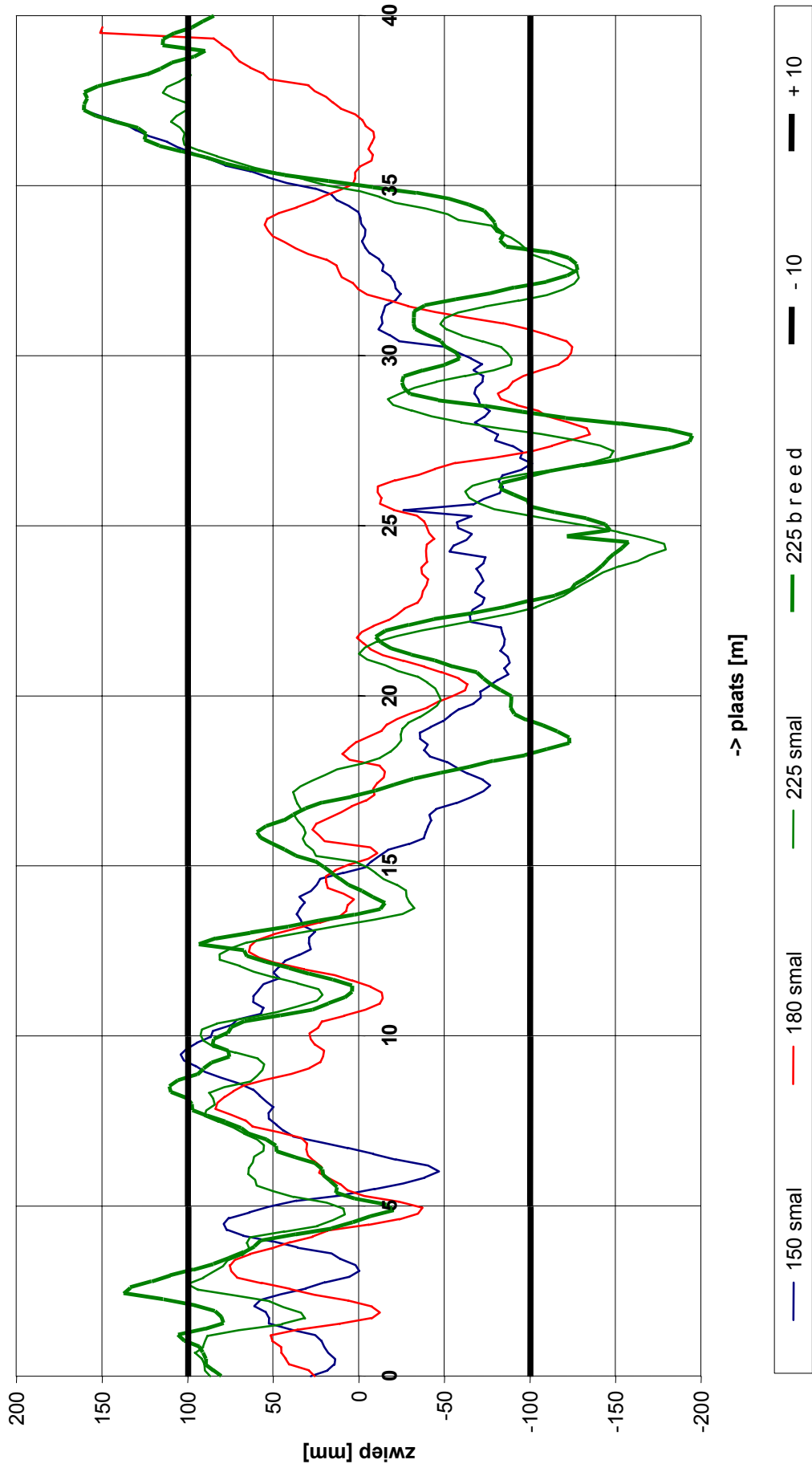
figuur 5: Gemiddelde slinger op hobbelbaan

figuur 6: Gemiddelde slinger op grasland

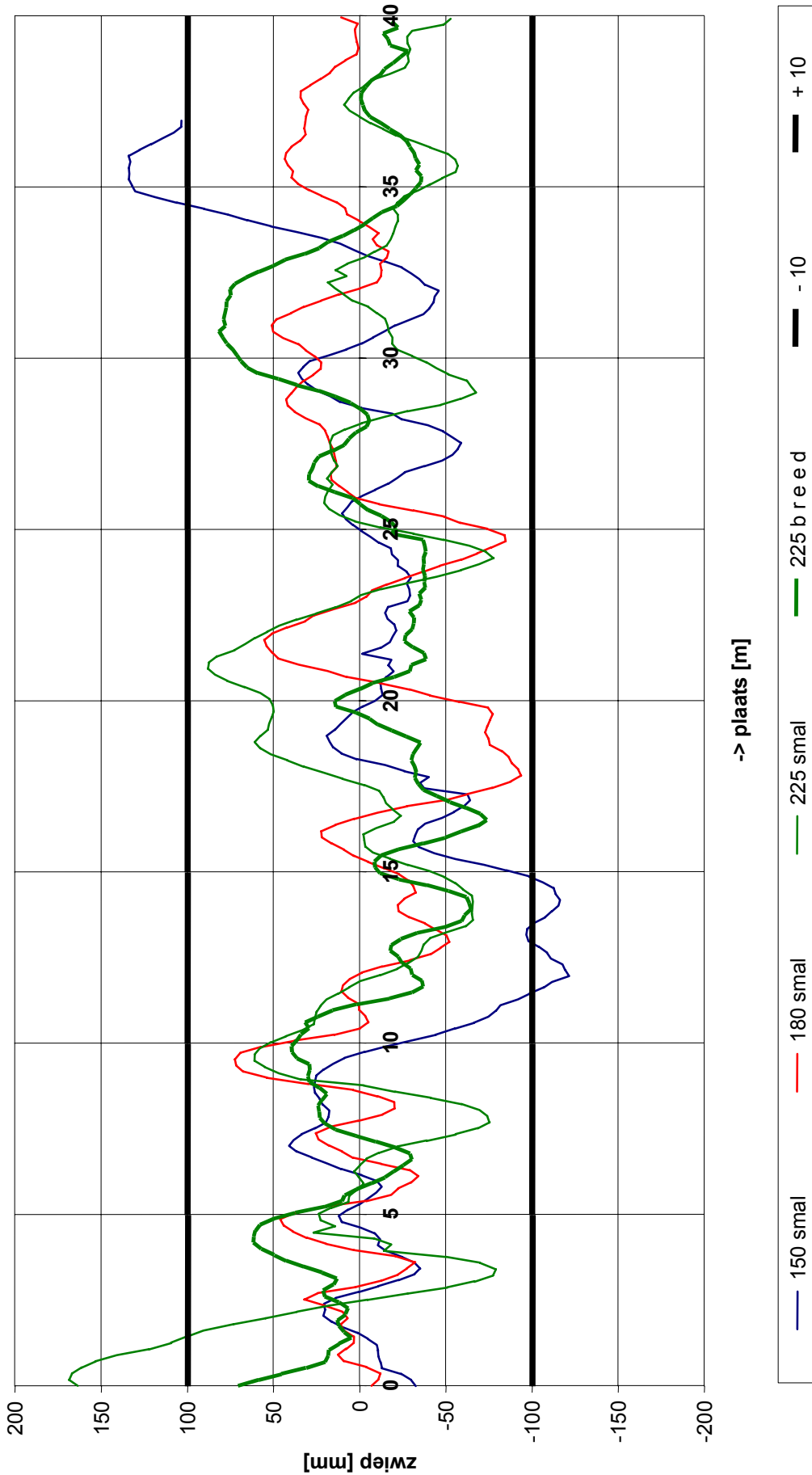
figuur 7: Gemiddelde snelheid op hobbelbaan

figuur 8: Gemiddelde snelheid op grasland

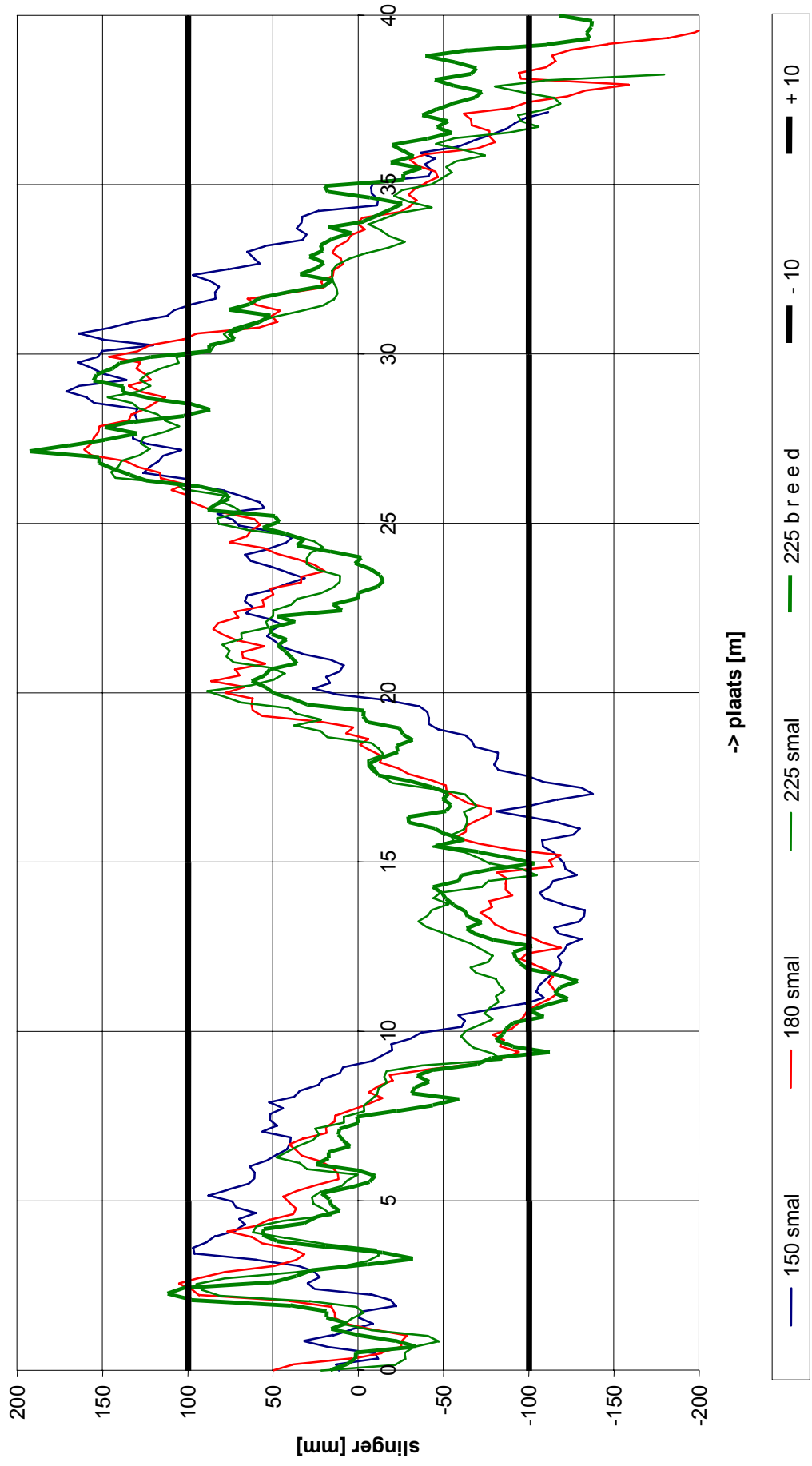
Gemiddelde Zwiëp Hobbelbaan



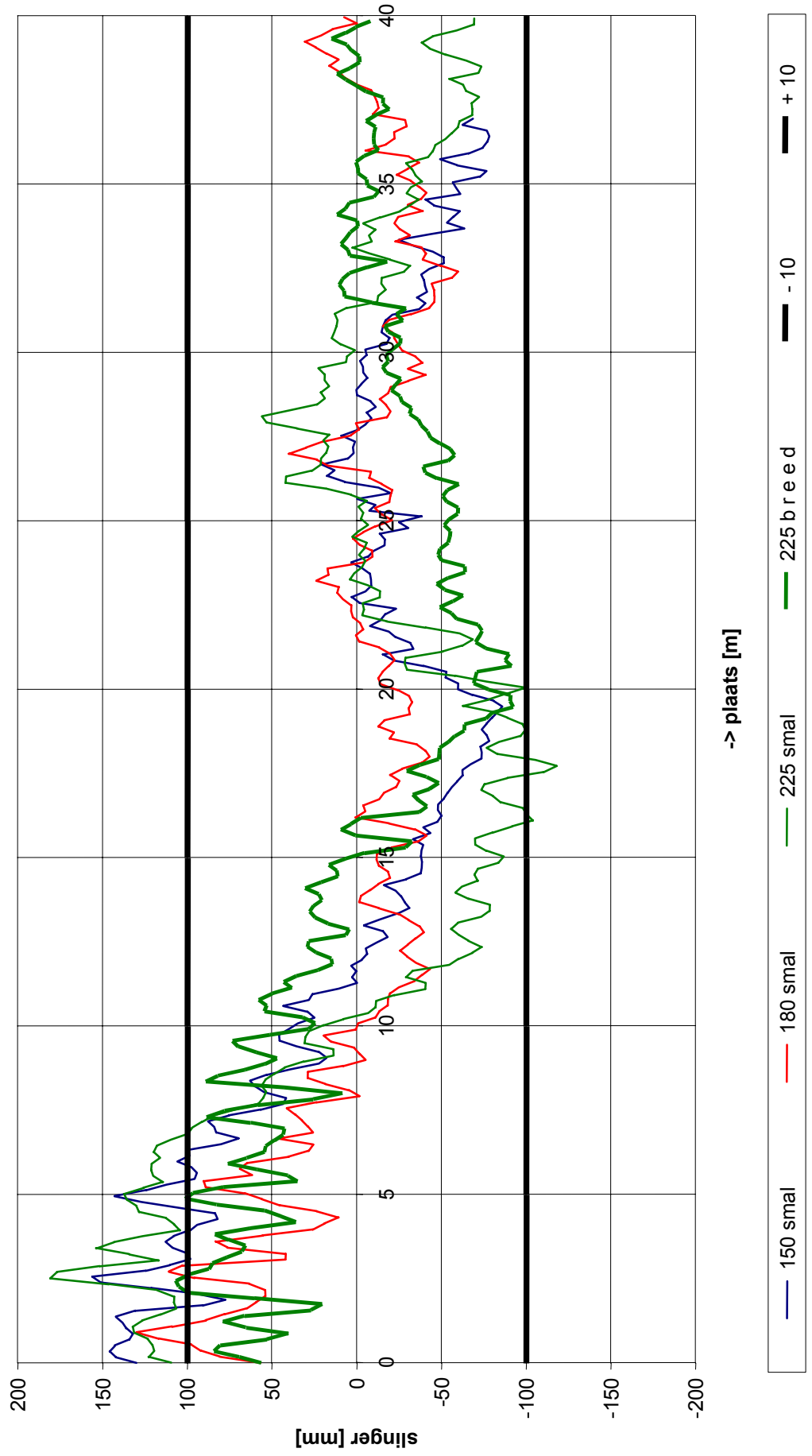
Gemiddelde Zwiëp op GRAS



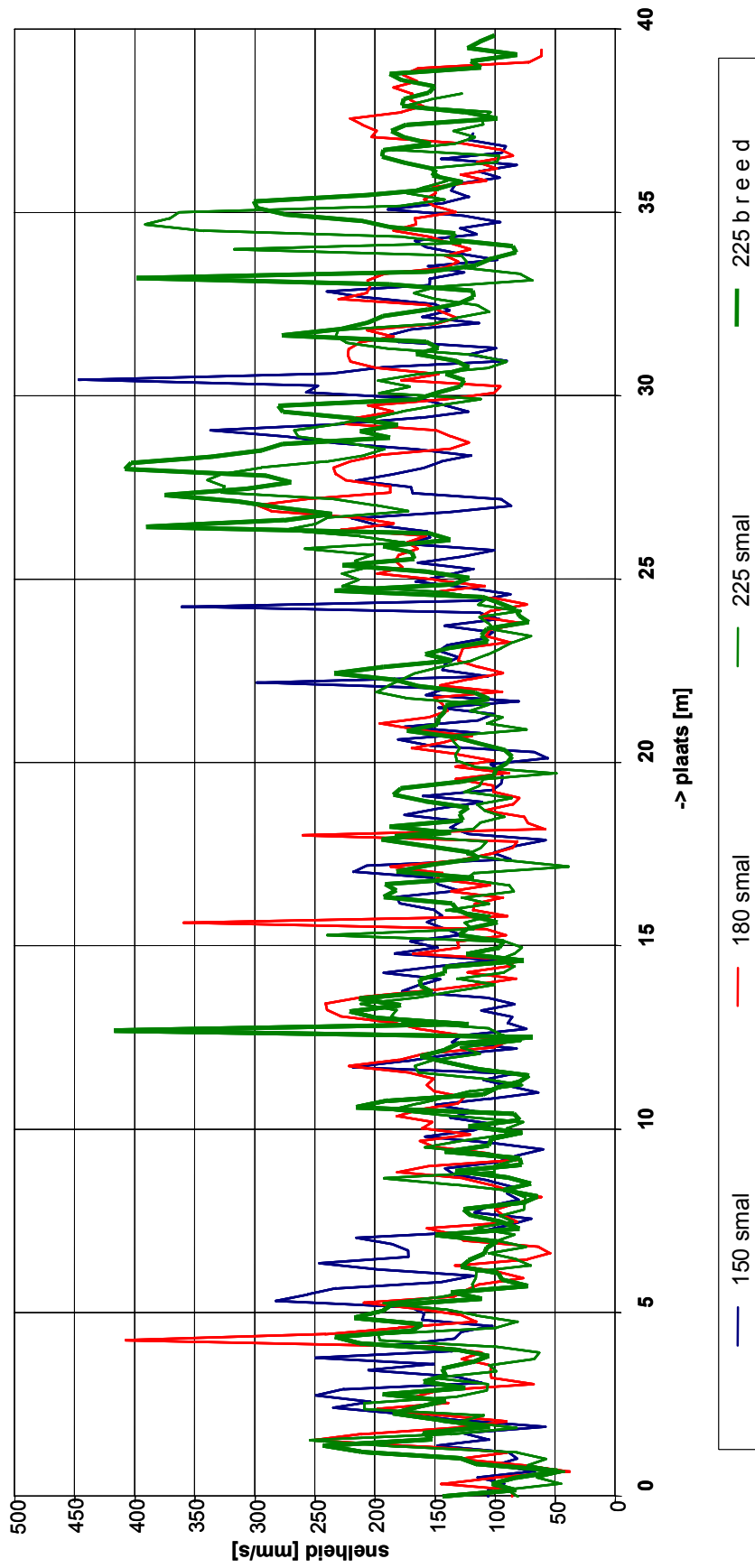
Gemiddelde Slinger Hobbelbaan



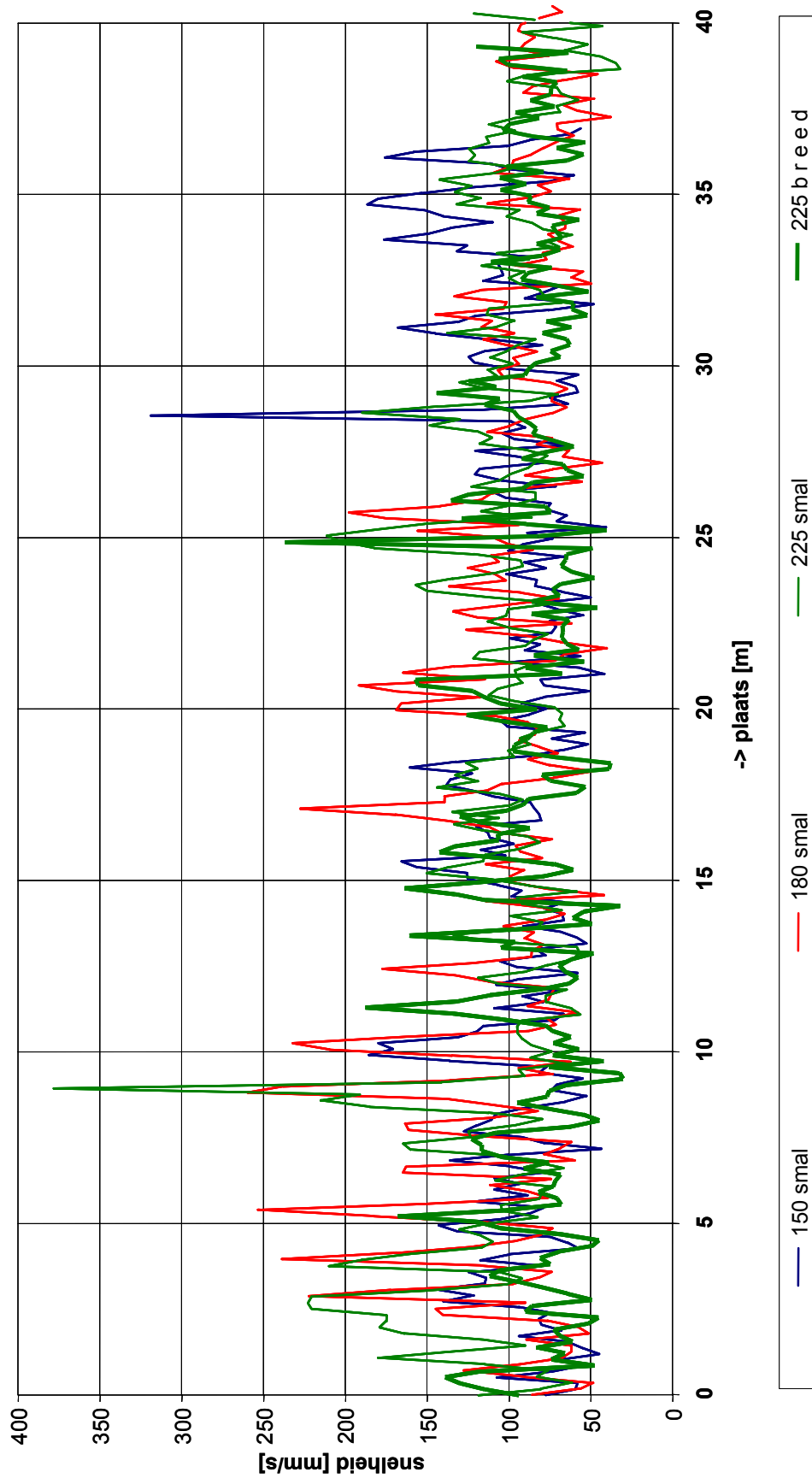
Gemiddelde Slinger op GRAS



Gem ABSoluut snelheidsverschil op Hobbelbaan



Gem ABSoluut snelheidsverschil op GRAS



3.1 Resultaten zwiepbeweging

De zwiep geeft aan in hoeverre de boomtip afwijkt van de gemiddelde voortschrijdende afstand. De beoordeling van de zwiep is allereerst gebaseerd op de afwijking ten opzichte van de gemiddelde zwiep over het traject van 40 m. Om een beoordeling naar de depositie te maken is de snelheid van de boomtip een betere maat. Immers de snelheid is omgekeerd evenredig met de dosering. Daarnaast is van de snelheidsverschillen per meting een klasse-indeling gemaakt met 10% verschil met de gemiddelde snelheid als klasse-grens.

In bijlage 4 en 5 staan de resultaten per meting weergegeven, in tabel 1 staan de resultaten van de zwiep samengevat.

tabel 1: De zwiep beschreven als afwijking ten opzichte van gemiddelde rijnsnelheid, als gemiddeld snelheidsverschil en als % van de tijd in de snelheidsklasse kleiner dan 10% van het gemiddelde; per object (ondergrond, bandbreedte, spoorbreedte)

onder- grond	band	spoor-		de zwiep beschreven als:							
		breedte [cm]	rijnsnelheid		gem afwijking op gem zwiep			gem snelheids- verschil [cm/s]		% tijd afw.snelheid gem±10%	
			mm/s	km/h	n	[cm]					
hobbel- baan	smal	150	1722	6.2	7	15	a	14	a	67	a
	smal	180	1704	6.1	9	11	b	15	a	66	a
	smal	225	1723	6.2	10	12	b _x	14	a _x	68	a _x
	breed	225	1738	6.3	10	13	x	16	y	64	y
gras	smal	150	1711	6.2	9	8	a	10	a	85	a
	smal	180	1798	6.5	10	6	b	10	a	85	a
	smal	225	1791	6.4	10	8	a _x	11	a _x	81	a _x
	breed	225	1741	6.3	10	7	x	9	y	90	y

n = aantal metingen

a = gelijke letters duiden op geen verschil ($\alpha = 0,05$) tussen spoorbreedte

x = gelijke letters duiden op geen verschil ($\alpha = 0,05$) tussen bandenmaat

Beoordeling ten aanzien van depositie:

Bij veldspuiten is het doel om een zo regelmatig mogelijke verdeling van de spuitvloeistof over het perceel/gewas te krijgen. Dit doel kan het best bereikt worden als de boom eenparig voortbeweegt, dus niet zwiept en als de spuitboom-hoogte constant is, dus niet slingert.

Bij de beoordeling van de zwiep ten aanzien van de depositie is gekozen voor het percentage van de tijd dat de snelheidsafwijking van de boomtip minder is dan 10%, aangezien bij een percentage van de tijd hoger dan 10% een wezenlijke depositie-verandering kan worden verwacht.

Met een getal van 100 in deze klasse wordt bedoeld dat de snelheid van de spuitboom gedurende de hele meting (100% van de tijd) tussen de 0,9-maal en 1,1-maal de gemiddelde rijnsnelheid lag.

Op de **hobbelbaan** heeft bij de spuit met de smalle band een verandering van spoorbreedte van 150 naar 180 of 225 cm geen effect op de zwiep. Bij een spoorbreedte van 225 cm geeft een brede band iets meer zwiep dan een smalle band. Het percentage van de tijd met een snelheidsafwijking minder dan 10% is bij de spoorbreedte van 225 cm respectievelijk voor de brede en smalle band 64 en 68%.

Op de **grasbaan** heeft bij de spuit met de smalle band een verandering van spoorbreedte van 150 cm naar 180 of 225 cm ook geen effect op de zwiep. Bij een spoorbreedte van 225 cm geeft een brede band echter minder zwiep dan een smalle band. Het percentage van de tijd met een snelheidsafwijking minder dan 10% is voor de brede en smalle band bij de spoorbreedte van 225 cm respectievelijk 90 en 81%. De kleinste zwiep (90% van de tijd was het snelheidsverschil kleiner dan 10%) werd gemeten bij een spoorbreedte van 225 cm en een brede band.

Bovenstaande conclusies gelden ook voor het gemiddelde snelheidsverschil.

Beoordeling ten aanzien van de constructie:

Voor de beoordeling van de constructie lijkt de standaard afwijking van de zwiep een goed beoordelingscriterium.

Algemeen kan worden gesteld dat de waarden van de zwiep niet groot zijn: 6 – 15 cm zwiep over een meettraject van 40 m bij een boombreedte van 33 m.

Op de hobbelbaan is bij de smalle band de zwiep verminderd door vergroting van de spoorbreedte van 150 cm naar 180 en 225 cm. De zwiep tussen de spoorbreedtes 180 en 225 cm is gelijk.

Op het gras geeft de smalle band bij een spoorbreedte van 180 cm de kleinste zwiep. Tussen 150 en 225 cm is er geen verschil in zwiep.

Bij de spoorbreedte van 225 cm is er op zowel de hobbelbaan als op gras geen verschil tussen de beide bandenmaten.

3.2 Resultaten slingerbeweging

Per meting is de slinger uitgerekend. De beoordeling van de slinger is allereerst gebaseerd op de standaardafwijking ten opzichte van de gemiddelde slinger over het traject van 40 m. Er kan gesteld worden dat er een wezenlijk depositie-verschil optreedt als het hoogteverschil groter is dan 10 cm. Van de hoogteverschillen is per meting een klasse-indeling gemaakt met 10 cm verschil als klasse-grens.

In bijlage 4 en 5 staan de resultaten per meting weergegeven, in tabel 2 staan de resultaten van de slingerbewegingen samengevat.

tabel 2: De slinger beschreven als standaard afwijking ten opzichte van gemiddelde spuitboomhoogte en als % van de tijd in de hoogteklasse kleiner dan 10 cm hoogteverschil; per object (ondergrond, bandbreedte, spoorbreedte)

onder- grond	band	spoor-		n	gem standaard afwijking hoogte		% tijd afw hoogte gem<10cm	
		breedte [cm]	rijnsnelheid mm/s km/h		[cm]			
hobbel- baan	smal	150	1722 6.2	7	10	a	64	a
	smal	180	1704 6.1	9	9	b	72	b
	smal	225	1723 6.2	10	8	c x	80	c x
	breed	225	1738 6.3	10	9	x	76	x
gras	smal	150	1711 6.2	9	8	a	78	a
	smal	180	1798 6.5	10	5	b	94	b
	smal	225	1791 6.4	10	8	a x	76	a x
	breed	225	1741 6.3	10	6	y	93	y

n = aantal metingen

a = gelijke letters duiden op geen verschil ($\alpha = 0,05$) tussen spoorbreedte

x = gelijke letters duiden op geen verschil ($\alpha = 0,05$) tussen bandenmaat

Beoordeling ten aanzien van depositie:

Bij veldspuiten is het doel om een zo regelmatig mogelijke verdeling van de spuitvloeistof over het perceel/gewas te krijgen. Dit doel kan het best bereikt worden als de boom eenparig voortbeweegt, dus niet zwiëpt en als de spuitboom-hoogte constant is, dus niet slingerd.

Bij de beoordeling van de slinger ten aanzien van de depositie is gekozen voor het percentage van de tijd dat de hoogteafwijking van de boomtip minder dan 10cm is, aangezien bij een hoogteverschil groter dan 10 cm een wezenlijke depositie-verandering verwacht kan worden.

Een getal van 100 in deze klasse betekent dat de spuitboom zich gedurende de hele meting (100% van de tijd) tussen de 10 cm onder en 10 cm boven het gemiddelde heeft bewogen.

Op de **hobbelbaan** heeft bij de spuit met de smalle band de spoorbreedte invloed op de mate van slingering. Bij een spoorbreedte van 150 cm is de boomtip 64% van de tijd op de juiste

hoogte en bij een spoorbreedte van 225 cm is dit 80%. Bij een spoorbreedte van 225 cm is geen invloed van de bandbreedte op de slinger gevonden.

Op de **grasbaan** geeft bij de smalle band een spoorbreedte van 180 cm de minste slinger aan de boomtip. De boomtip is 94% van de tijd op de juiste hoogte, terwijl dit bij een spoorbreedte van 150 en 225 cm respectievelijk 78 en 76% is. Bij een spoorbreedte van 225 cm geeft een brede band minder slinger dan een smalle band, respectievelijk 93 en 76 % van de tijd op de juiste hoogte.

Beoordeling ten aanzien van de constructie:

Voor de beoordeling van de constructie lijkt de standaard afwijking van de slinger een goed beoordelingscriterium.

Algemeen kan worden gesteld dat de waarden van de slinger niet groot zijn: 5 – 10 **cm** slinger over een meettraject van 40 m bij een boombreedte van 33 m.

Op de hobbelbaan met de smalle band is een duidelijk effect van de spoorbreedte te zien, bij grotere spoorbreedte is de slinger kleiner. Let wel dat hierbij kleine gemeten verschillen van 1 cm door de grote hoeveelheid metingen nog als een verschil aangemerkt kunnen worden. Bij 225 cm spoorbreedte is geen effect van de bandbreedte op de slinger.

Op het gras met smalle band geeft 180 cm spoorbreedte de kleinste slinger. Bij 150 en 225 cm spoorbreedte is de slinger even groot. Op gras is bij 225 cm spoorbreedte de slinger bij de brede band kleiner dan bij de smalle band.

4 Discussie

- Bij de slingerbewegingen wordt gemeten wat de afstand is tussen boomtip en grondoppervlak. Daardoor zitten effecten van de ondergrond van de hobbelbaan of de grasbaan en de meetstrook in de metingen. Het profiel van de ondergrond is wel opgemeten, maar door het verschuiven van de boomtip (zie figuur in bijlage 2) door het verplaatsen van het rijpad kan er toch een lokaal verschil zijn geweest.
- Algemeen kan worden gesteld dat de waarden van de zwiep niet groot zijn: 6 – 15 **cm** zwiep over een meettraject van 40 m bij een boombreedte van 33 m. Dit zijn op het oog bijna niet waarneembare bewegingen. Dit moet men zich bij de beschouwing van deze resultaten bewust zijn.
- Ook bij de slinger kan gesteld worden dat de waarden niet groot zijn: 5 – 10 **cm** slinger over een meettraject van 40 m bij een boombreedte van 33 m.
- In de bespreking van de resultaten is voor de vergelijking van de boombewegingen ook uitgegaan van de standaardafwijking van de zwiep en slinger over een meettraject van 40 m. De standaardafwijking lijkt een goede parameter om de zwiep- en slingerbeweging in één getal te beschrijven.
- Om een relatie van de spuitboombeweging met de depositie te maken is in deze studie van de zwiepbeweging gekeken naar het (absolute) verschil in snelheid van de boomtip ten opzichte van de gemiddelde snelheid.
- Door de boombeweging te meten en vervolgens de zwiep en slinger te beoordelen kan een classificatiesysteem van spuitboombewegingen in relatie met depositie worden opgezet. De classificatie kan worden gebaseerd op de tijdklasse van het snelheidsverschil (zwiép) en op de tijdklasse van de afwijking van de hoogte (slinger).

5 Conclusie

Een goede maat voor de beoordeling van de zwiep is de tijd waarbij het snelheidsverschil van de boomtip ten opzichte van de gemiddelde snelheid van de boomtip over een meettraject kleiner is dan 10%. Een goede maat voor de beoordeling van de slinger is de tijd waarbij de afwijking van de boomhoogte over een meettraject kleiner is dan 10 cm van de gemiddelde (of de ingestelde) spuitboomhoogte.

Alhoewel de verschillen in zwiep en slinger tussen de spoorbreedte en bandbreedte gering zijn, geeft op de hobbelbaan een spoorbreedte van 225 cm met een smalle band het beste resultaat. Op de grasbaan is het beste resultaat verkregen bij een spoorbreedte van 225 cm met een brede band. Een spoorbreedte van 225 cm met brede band verdient de aanbeveling voor de uitvoering van de driftmetingen. Bij deze combinatie was het percentage van de tijd dat de snelheidsafwijking van de boomtip minder was dan 10% op de hobbelbaan 64% en op de grasbaan 90%. Het percentage van de tijd dat de afwijking van de hoogte van de boomtip minder was dan 10 cm was op de hobbelbaan 76% en op gras 93%.

Literatuur

Anonymus, 2000. Besluit 43, 27 januari 2000 (Lozingen besluit open teelt en veehouderij). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, besluit 43, artikel 13-15.

ISO 5008, Agricultural wheeled tractors and field machinery – Measurement of whole-body vibration of the operator

ISO/CD 14131,2002. Equipment for crop protection – Boom steadiness, date: 11-2002.

Jong, A. de, J.M.G.P. Michielsen, H. Stallinga & J.C. van de Zande, 2001. Effect of sprayer boom height on spray drift. Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen, Universiteit van Gent, (B) 65/2b, 2000. p. 919-930.

Payne, R.W., Genstat 5 Committee, 1993. Genstat Release 3 Ref. Man. Oxford Clarendon Press

Bijlage

Bijlage 1: Schets rijpaden op hobbelbaan

Bijlage 2: Schets rijpaden op grasbaan

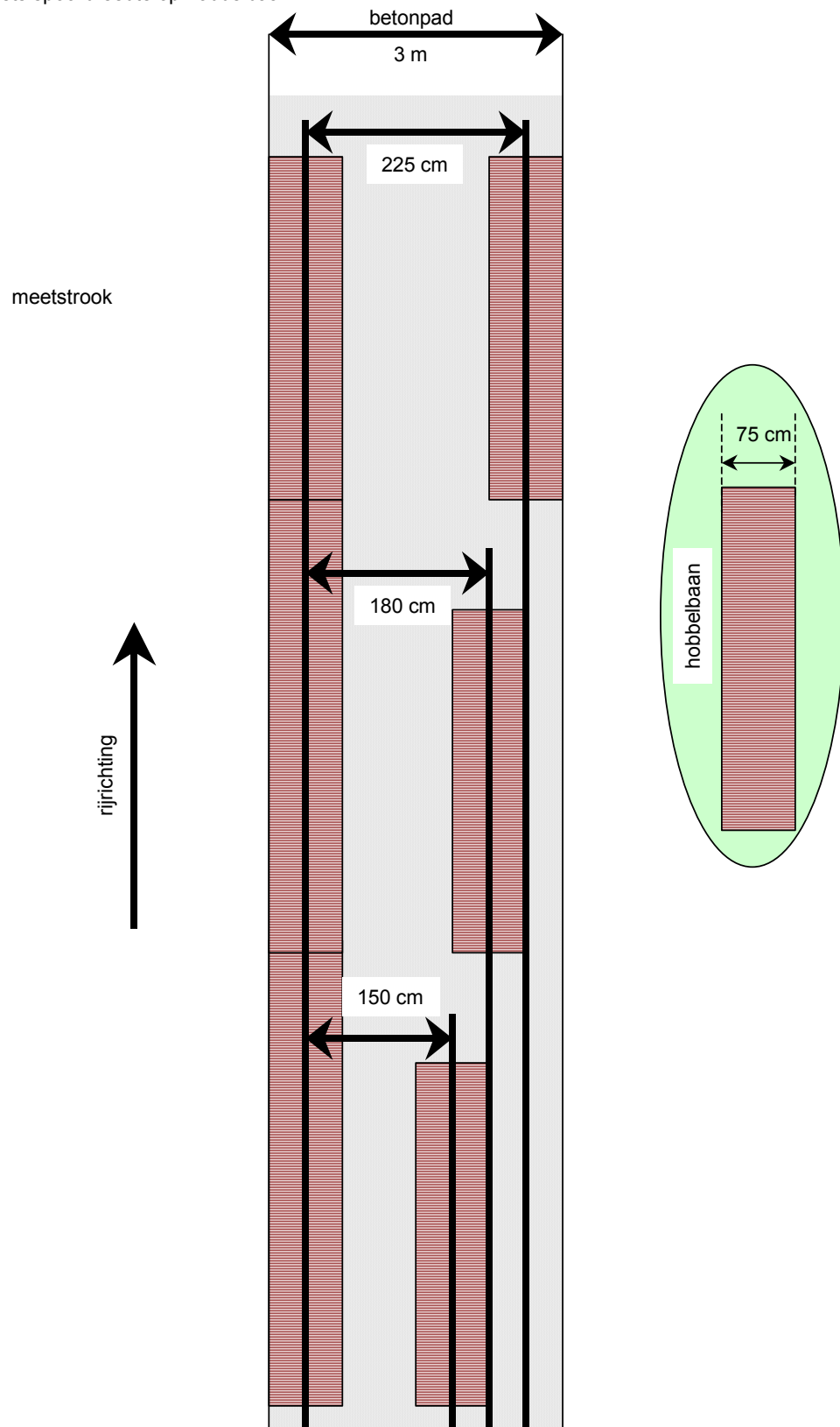
Bijlage 3: Statistische analyse (Genstat)

Bijlage 4: Data bewegingsmetingen op hobbelbaan

Bijlage 5: Data bewegingsmetingen op gras

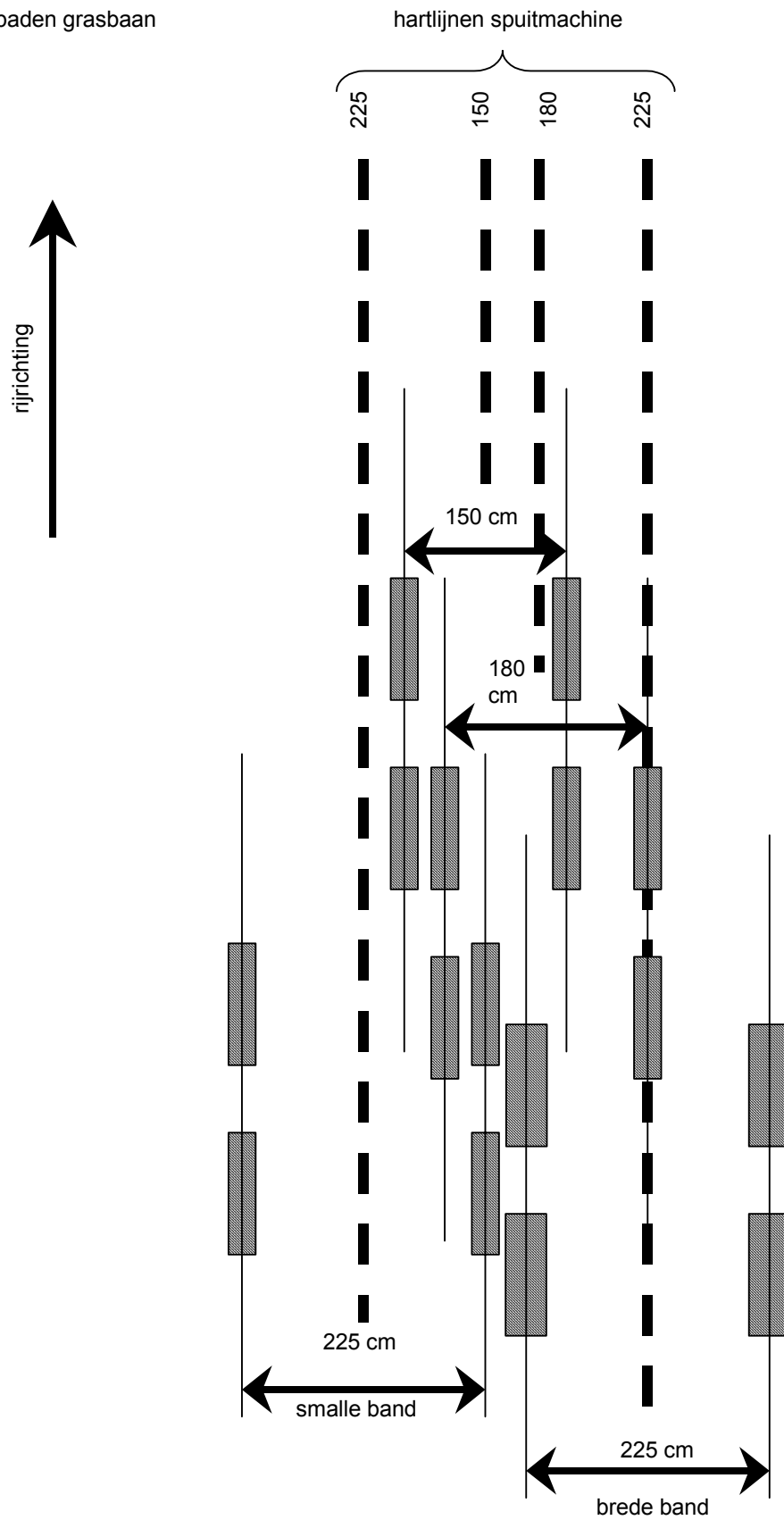
Bijlage 1: Schets rijpaden op hobbelbaan

bijlage - schets spoorbreedte op hobbelbaan



Bijlage 2: Schets rijpaden op grasbaan

bijlage - schets paden grasbaan



Bijlage 3: Statistische analyse (Genstat)

```
%CD 'M:/Spuit 2002/Delvano Spoorbreedte/bewegingsmeting/uitwerkingen'
"----- analyse beweging Delvano -----"
"-----"
" werkdirectory: Spuit 2002/Delvano Spoorbreedte/bewegingsmeting/uitwerkingen "
" input file : Resu_1.GEN , data file : Resu_1.txt "
" ----- ===== ----- ===== -----"

"--- declaratie factoren ----- "
FACTOR [LABELS = !T ('H' , 'G' ) ] bodem
FACTOR [LEVELS = ! ( 150 , 180 , 225) ] spoor
FACTOR [LABELS = !T ('S' , 'B' ) ] band
FACTOR [LEVELS = !(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) ] herh

"----- inlezen -----"
OPEN 'Resu_1.txt' ; CH=2
READ [CH=2] bodem, spoor, band, herh, V_reg, Zw, S_Zw, SI, S_SI, V, S_V ; \
      FREP = lab, lev, lab, lev , 7 (*)

" naamgeving variabelen "
"----- "
" bodem = Hobbelbaan , Gras"
" spoor = spoorbreedte "
" band = Smal, Breed"
" V_reg = gemiddelde snelheid uit regressie "
" Zw = gemiddelde zwiep + S_Zw = std zwiep"
" SI = gemiddelde slinger + S_SI = std slinger"
" V = gemiddelde snelheid + S_V = std snelheid"

" ----- controle inlezen ----- OKAY ----- "
" TABULATE [CLASS= bodem, spoor, band ; PRINT=MEANS] S_Zw, S_SI, S_V "

FOR Y = S_V

    RESTRICT Y ; CONDITION = bodem .EQ. 2 .and. spoor .EQ. 225
    TABULATE [CLASS= bodem, spoor, band ; PRINT=MEANS] Y

    TREAT band
    BLOCKS herh
    ANOVA [FPROB=YES] Y

ENDFOR

STOP
```

Bijlage 4: Data bewegingsmetingen op hobbelbaan

spoor- breedte [cm]	band- file	data- file	regressie [mm/s]	begin hoogte [cm]	aantal waar- neming	Zwiep			Slinger			
						std [mm]	Abs v [mm/s]	klasse V<10%	std [mm]	klasse std<10cm		
150	smal	107m3	1789	1220	217	130	150	70	113	54		
		107m4	1817	1145	218	201	151	69	86	72		
		m6 ??	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		m9 ??	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		107 m10	1719	1100	233	145	148	66	97	69		
		117del1	1638	1000	246	173	132	71	122	56		
		117del2	1595	1000	253	218	127	70	108	60		
		117del3	1761	1050	229	106	162	62	103	61		
		del 4 ??	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		117del5	1735	1150	232	97	144	63	89	75		
180	smal	127m2	1726	1050	233	119	124	71	117	52		
		127m3	1662	1100	242	91	132	68	79	86		
		127m4	1710	1050	236	142	156	61	100	70		
		127m5	1806	1250	223	99	148	68	92	76		
		127m6	1693	1200	238	145	186	57	94	78		
		127m7	1717	1100	235	100	135	71	100	61		
		127m8	1537	1150	262	105	157	59	97	70		
		127m9	1753	1250	231	86	137	71	87	71		
		m 10 ??	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		127m	1731	1050	233	101	141	67	80	86		
225	smal	225m2	1734	1075	226	152	155	64	75	80		
		225m3	1759	900	229	112	138	68	78	77		
		225m4	1765	1075	229	79	129	72	74	78		
		225m5	1757	825	229	129	141	68	68	87		
		225m6	1755	1130	230	141	140	68	56	92		
		225m7	1721	1125	230	113	160	71	82	80		
		225m8	1717	1050	235	119	147	66	99	69		
		225m11	1676	1050	240	98	150	67	92	73		
		225m12	1678	1000	241	92	132	73	93	81		
		225m14	1664	1125	242	148	139	66	78	83		
		225	breed	460h1	1795	1050	225	115	180	62	101	67
				460h2	1748	1050	231	134	167	58	127	52
				460h3	1745	1050	231	140	159	65	57	90
				460h4	1718	1050	235	125	157	64	79	80
460h6	1677			1050	240	73	132	70	84	82		
460h8	1655			1050	243	137	132	68	82	76		
460h9	1757			1050	228	197	170	65	82	85		
460h11	1747			1050	229	110	158	60	64	89		
460h12	1748			1050	231	112	141	69	87	73		
460h13	1795			1050	225	115	182	61	101	67		

Bijlage 5: Data bewegingsmetingen op gras

spoor- breedte [cm]	band- file	data- file	regressie [mm/s]	begin hoogte [cm]	aantal waar- neming	Zwiep			Slinger	
						std [mm]	Abs v [mm/s]	klasse V<10%	std [mm]	klasse std<10cm
150	smal	150m1	1678	1000	240	58	88	88	72	74
		*	*	*	*	*	*	*	*	*
		150m3	1721	1000	234	69	104	83	90	71
		150m4	1674	1000	241	76	94	81	73	87
		150m5	1694	1000	239	126	94	88	72	81
		150m6	1687	1000	239	119	106	85	73	83
		150m7	1701	1000	237	71	95	83	72	82
		150m9	1750	1000	230	75	100	82	85	69
		150m10	1746	1000	231	63	97	86	87	65
		150m11	1749	1000	230	63	93	87	63	93
		180	smal	180m1	1801	1000	224	68	102	86
180m2	1783			1000	227	66	109	79	43	97
180m4	1777			1000	227	75	114	79	61	89
180m5	1778			1000	227	51	102	83	*	*
180m6	1771			1000	228	104	116	80	43	97
180m7	1790			1000	226	52	96	89	54	96
180m8	1814			1000	223	35	92	89	55	94
180m9	1827			1000	221	68	103	83	78	83
180m10	1825			1000	221	56	90	91	36	99
180m11	1812			1000	223	37	93	87	37	100
225	smal			225m3	1841	1000	220	64	105	83
		225m5	1795	1000	225	70	99	86	91	66
		225m7	1797	1000	224	72	86	91	75	77
		225m8	1794	1000	225	83	110	80	88	71
		225m9	1782	1000	227	67	94	85	98	58
		225m10	1797	1000	224	68	118	74	75	82
		225m11	1725	1000	234	141	106	79	85	76
		225m14	1787	1000	226	98	91	88	69	80
		225m15	1794	1000	225	73	106	88	75	83
		225m17	1795	1000	225	87	165	59	88	74
225	breed	460 m2	1732	1000	233	73	76	94	50	98
		460 m3	1726	1000	234	51	78	91	53	93
		460 m4	1715	1000	235	76	77	92	49	97
		460 m5	1704	1000	237	56	90	89	77	77
		460 m6	1766	1000	228	135	83	93	54	96
		460 m7	1791	1000	225	77	88	92	56	94
		460 m8	1744	1000	232	55	74	92	55	96
		460 m9	1755	1000	230	60	95	87	50	96
		460 m11	1735	1000	233	67	94	88	58	92
		460 m12	1740	1000	231	80	94	84	57	93