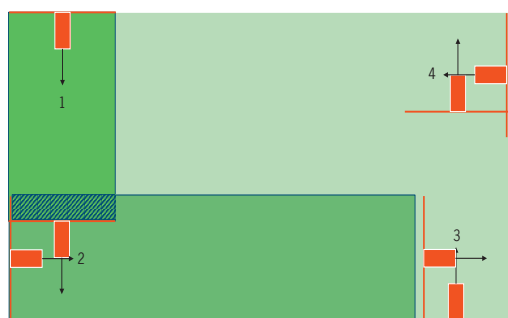
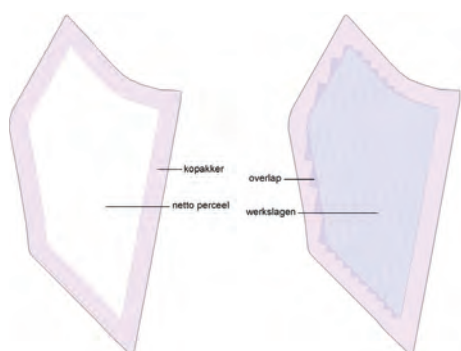




Overlap van behandelde oppervlaktes op percelen bij verschillende werk- en sectiebreedtes van spuitmachines

J.C. van de Zande & L.J.J. Jeurissen





Overlap van behandelde oppervlaktes op percelen bij verschillende werk- en sectiebreedtes van spuitmachines

J.C. van de Zande¹ & L.J.J. Jeurissen²

¹ Plant Research International

² Alterra Wageningen UR

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. 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 DLO.

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

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



Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 06 88
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Abstract	1
Voorwoord	3
1. Inleiding	5
2. Materiaal en methode	7
3. Resultaten	11
4. Discussie	17
5. Conclusies	21
6. Samenvatting	23
Summary	25
Referenties	26
Bijlage I. Overlap bij verschillende werk- en sectiebreedtes in m ² en als percentage van de perceelsoppervlakte	6 pp.
Bijlage II. Berekening van de extra overlap door een spuitnauwkeurigheid van 1 m en 2 m bij de overgang van werkslag en kopakker	4 pp.

Abstract

Zande, J.C. van de & L.J.J. Jeurissen, 2012. Overlap of treated areas in the field using different work widths and section widths of boom sprayers. Wageningen University and Research Centre, Plant Research International, WUR-PRI Report 481, Wageningen. 42 pp.

An inventory is made of the potential reduction in overlap when using GPS on boom sprayers to shut off boom sections or individual nozzles and therefor reduce the use of plant protection products. Of 74 fields in the river Meuse basin (total area 311 ha, average 4,5 ha per field) the dimensions of the field were incorporated in a GIS system. In the GIS system an analysis is done on the level of overlap in treated field area when using very precise section control (3 m) or individual nozzle control (0,50 m). The analysis is performed for sprayer working widths of 24 m, 33 m and 48 m. Overlap of treated area in the field occurs in the corners of the field when spraying the headland and when the sprayer enters or leaves the headland when spraying the centre part of the field. The accuracy of shutting of the sprayer boom section and nozzles is assessed using 1 m and 2 m precision. The saving of plant protection products by means of reduction in overlap of treated field is 7.8% when shifting from manual operated section control (8.8% overlap) to individual nozzle control (1.0% overlap).

Keywords: boom sprayer, section control, overlap

Voorwoord

Deze studie is uitgevoerd in het kader van het KRW-project 'Samen werken aan een schone Maas'. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de perceelsgegevens van participerende telers in dit project. De telers worden bedankt voor het beschikbaar stellen van hun gegevens.

Doel van het project 'Samen werken aan een schone Maas' is het verminderen van de belasting van het oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen. Het project is gefinancierd door Agentschap NL, RIWA-Maas, Federatie Agrotechniek en de provincie Noord-Brabant. Zij worden ondersteund door CLM Onderzoek en Advies, DLV Plant en WUR PPO/PRI.

Wageningen, oktober 2012

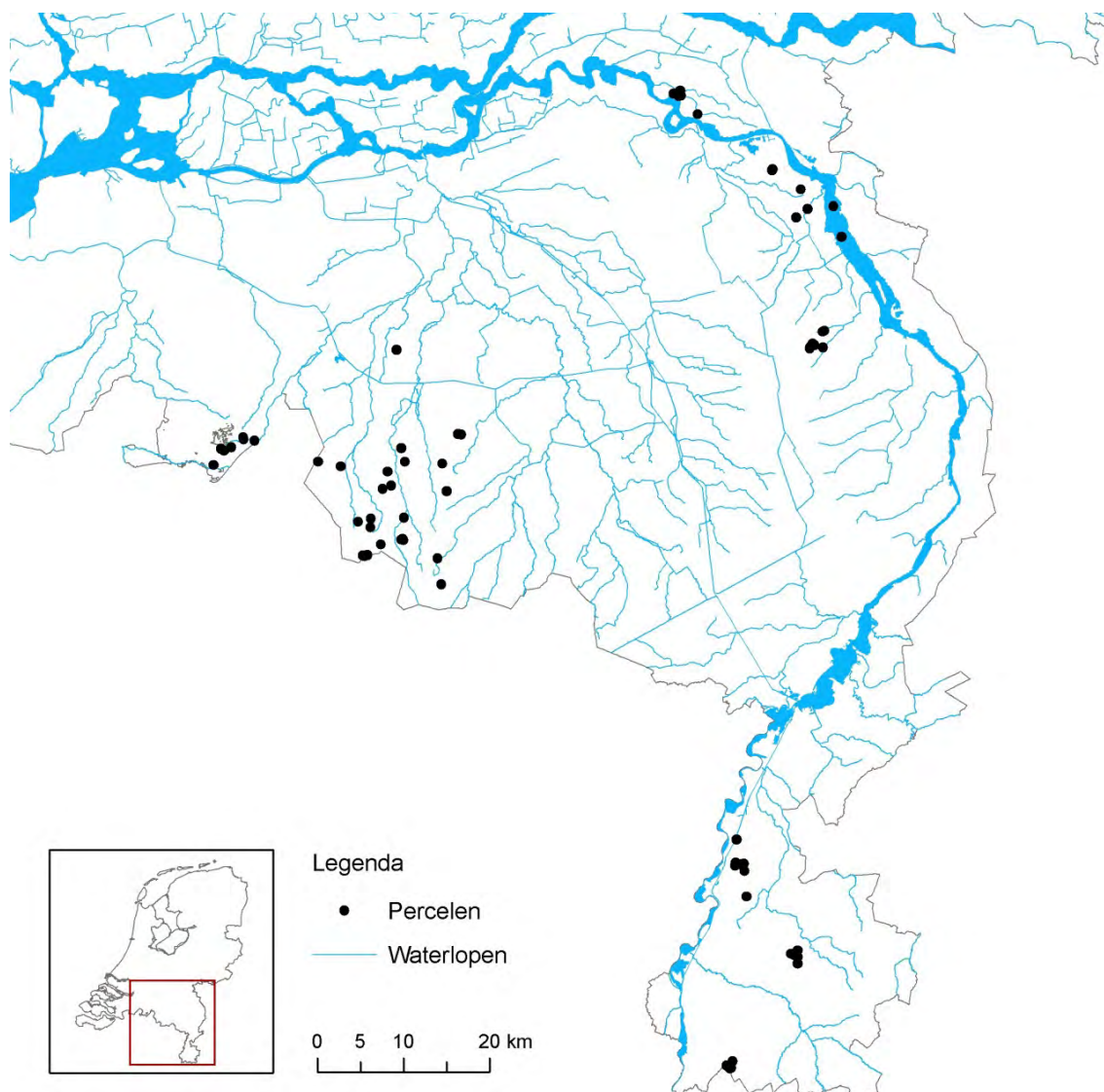
1. Inleiding

In het stroomgebied van de Maas komt een veelheid aan gewasbeschermingstoepassingen voor. Dit komt door de verschillen in werkwijze die in de loop van de tijd regionaal ontstaan zijn. Binnen de akkerbouw en vollegrondsgroente-teelt komt een grote diversiteit aan spuittechnieken voor (doptype, werkbreedte, dopafstand op spuitboom, spuitboomhoogte, rijnsnelheid, etc.) die door de aard van de toepassing niet altijd tot de gewenste emissiereductie leidt. Tussen individuele telers en loonwerkers is er een verschil in rijnsnelheid wat ook leidt tot verschil in drift. Driftbeperkende maatregelen worden niet altijd op de beste wijze ingezet. Nieuwe technologieën dienen zich aan en kunnen een substantiële bijdrage leveren aan de reductie van emissie van gewasbeschermingsmiddelen door zowel driftbeperking als besparing op middelgebruik door gebruik van GPS en gewasafhankelijk te spuiten. In het kader van het 'KRW - Schone Maas' project is een inventarisatie uitgevoerd naar het nut van GPS precisietechnieken op middelbesparing door secties en doppen verantwoord af te sluiten waardoor overlap van bespuitingen wordt voorkomen.

Van een groot aantal praktijkpercelen uit het Maas gebied zijn de vastgelegde maten en vormen in een GIS (geografisch informatiesysteem) ingevoerd. In het GIS is een analyse uitgevoerd naar het effect op de mate van overlap als gebruik gemaakt gaat worden van GPS op de spuit waarmee secties (3 m) of individuele spuitdoppen (50 cm) afgesloten kunnen worden wanneer overlap optreedt met eerder gespoten stukken van het perceel. Deze analyse is uitgevoerd voor spuitboombreedtes van 24 m, 33 m en 48 m. De resultaten worden gepresenteerd in deze rapportage. Deze studie geeft aan wat het belang is van investeringen in GPS apparatuur en sectie- en dopcontrolesystemen om de gewasbescherming preciezer uit te voeren en daardoor het gebruik en de emissie van gewasbeschermingsmiddelen te beperken.

2. Materiaal en methode

Van elf telers is informatie ontvangen over percelen die zij bewerken. Van deze percelen gaven zij van 3 percelen aan of zij deze classificeerden als makkelijk, gemiddeld of moeilijk voor het uitvoeren van bewerkingen en een verwacht klein, gemiddeld of groot effect op overlap van bespuitingen. Het percentage overlap door spuiten is voor deze percelen uitgerekend. Van de overige percelen zijn per teler willekeurig nog 3 percelen gekozen voor bepaling van het percentage overlap bij bespuitingen. In totaal werden zo aan 74 percelen berekeningen voor de bepaling van de overlap uitgevoerd. Voor een overzicht van de percelen in het stroomgebied van de Maas zie Kaart 1.



Kaart 1. Overzicht van de percelen in het stroomgebied van de Maas waaraan berekeningen uitgevoerd zijn ter bepaling van de overlap van bespuitingen.

Overlap door bespuitingen vindt binnen het perceel plaats op de hoeken van de percelen waar terug gestoken moet worden bij de bespuiting van de kopakker en bij de overgang van de werkslagen in het veld naar de omgang langs de omtrek van het perceel.

Overlap op hoeken van percelen

Bij een rechthoekig perceel zijn er vier hoeken waar de spuit bij de bewerking van de buitenste werkgang (op de kopakker) overlap van bespuitingen heeft (Figuur 1). Doordat een trekker-spuit combinatie een bepaalde lengte heeft, bijvoorbeeld 9 m, wordt er met spuiten doorgedaan totdat de voorwielen van de trekker in het spuitspoor staan van de kopakker bespuiting van het volgende kopakkerstuk. De spuitboom stopt dan op 9 m van hart werkbreedte van de akkerrand. Bij een werkbreedte van bijvoorbeeld 24 m wordt er van de 12 m vanuit het hart van het spuitspoor (halve werkbreedte) dan 3 m dubbel gespoten. Dit treedt op de vier hoeken van het perceel op. Voor de verschillende werkbreedtes van 24 m, 33 m en 48 m is uitgerekend wat de overlap in de hoeken van het perceel is bij afsluitbare breedtes op de spuitboom van een halve werkbreedte en van één sectie overlap bij een sectie van 3 m en 0,50 m.



Figuur 1. Volgorde van werkslagen (1, 2, 3, 4) op de kopakker op een rechthoekig perceel en overlap van de bespuiting in de hoeken (gearceerd bij werkslagen 1 en 2).

Overlap werkslag in perceel en kopakker

Het percentage overlap van de behandelde oppervlaktes hangt af van de vorm van het perceel en de werk- en sectiebreedte van het werktuig. Bij het keren op de kopakker en bij de laatste werkslag is er namelijk overlap met reeds behandeld gebied indien het perceel niet precies rechthoekig is. Er is een methodiek ontwikkeld om voor verschillende percelen voor een aantal werk- en sectiebreedtes deze overlap geautomatiseerd te bepalen. Deze methode maakt gebruik van gis-tools (ArcGIS10) en bestaat o.a. uit twee Pythonscripts.

De perceelvorm van de vierenzeventig aangeleverde percelen is gehaald uit de BRP (Basis Registratie Percelen). Bij deze methode is uitgegaan van een bepaalde manier van berijding van een perceel (Figuur 2). Namelijk eerst een werkgang rondom het perceel, de zogenaamde kopakker of buitenste werkgang, en vervolgens meerdere werkslagen evenwijdig aan de zogenaamde ABlijn. Deze methode bepaalt alleen de overlap tussen de werkslagen en de kopakker. De overlap binnen de kopakker, veroorzaakt door draaien en terugsteken bij hoeken, wordt hier niet bepaald.

Voor elk perceel is een potentiële ABlijn bepaald met behulp van het eerste Pythonscript en gismethodes. Onder andere is de 'minimum boundary geometry'-tool gebruikt die de kleinste rechthoek om het perceel creëert. Indien nodig is de potentiële ABlijn met de hand aangepast. Uitgangspunt hierbij is de langste, min of meer rechte kant van het perceel. De uiteindelijke ABlijn raakt aan het perceel.

Op basis van de perceelsvorm en de ABlijn zijn de werkslagen bepaald. Hierbij is uitgegaan van een eerste werkgang rondom het perceel met de hele werkbreedte (= kopakker). Daarna volgen de werkslagen vanaf de kant van de ABlijn en evenwijdig aan de ABlijn. Wanneer bij een werkslag de hele werk- of sectiebreedte de kopakker heeft bereikt wordt de behandeling gestopt. Na kering wordt de behandeling weer gestart zogauw het eerste punt van de werk- of sectiebreedte de kopakker verlaat. Bij de keringen en bij de laatste werkslag vindt dus overlap in behandeling plaats. De laatste werkslag is minimaal 0,50 m breed. In het tweede Pythonscript zijn met behulp van gis-tools voor elk perceel afzonderlijk deze vlakken bepaald en de oppervlaktes berekend. Figuur 3 laat het model zien dat ten grondslag ligt aan de Pythonscripts. Korte beschrijving van de gis-tools in het model:

'Buffer' en 'Clip'	Delen het perceel op in kopakker en netto-perceel.
'Multiple ring buffer'	Creëert meerdere banen parallel aan de ABlijn.
'Clip'	Snijdt daaruit de gedeeltes die in het netto-perceel en niet in de kopakker liggen. Hierdoor is bekend op welk punt de behandeling gestopt of begonnen wordt.
'Minimum boundary geometry'	(MBG) creëert rond die gedeeltes de kleinste rechthoeken: de werkslagen.

Na deze bewerkingen zijn de overlappen aan begin en eind van elke werkslag bekend, maar nog niet de oppervlakte van de zijdelingse overlap van de laatste werkslag met de kopakker. Deze is apart berekend als:

$$\text{zolw} = (\text{sb} - \text{brh}) * \text{lrh}$$

zolw = zijdelingse overlap laatste werkslag (m²).

sb = sectiebreedte (m).

brh = breedte laatste rechthoek (m) (uit minimum boundary geometry).

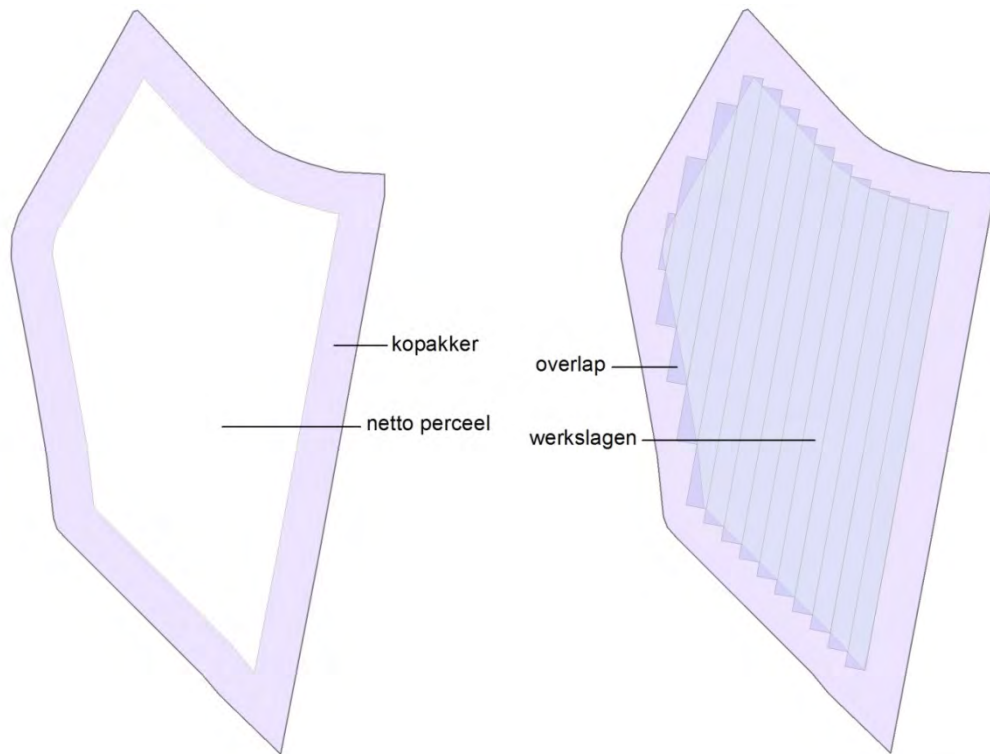
lrh = lengte laatste rechthoek (m) (uit minimum boundary geometry).

De totale overlap van de werkslagen met de kopakker is berekend als de som van de oppervlaktes van de werkslagen plus de oppervlakte van de zijdelingse overlap van de laatste werkslag min de oppervlakte van het netto-perceel.

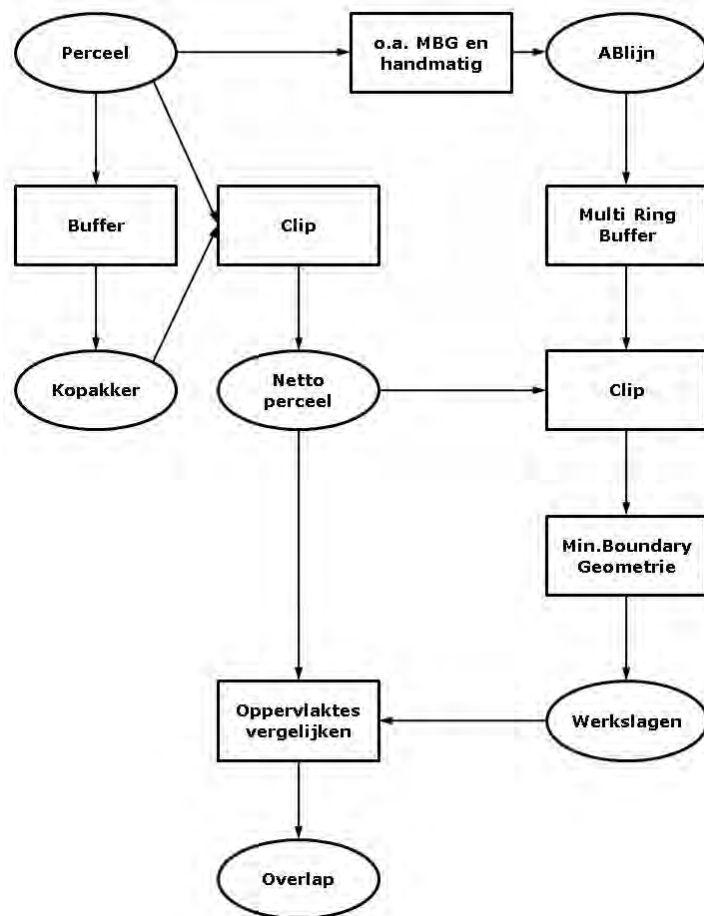
De hier beschreven bewerkingen zijn gedaan voor elk aangeleverd perceel voor werkbreedtes van 24 m, 33 m en 48 m en bij elke werkbreedte voor sectiebreedtes gelijk aan de werkbreedte, de halve werkbreedte, 3 m en 0,5 m. Als het netto-perceel na een omgang smaller was dan de opgegeven werkbreedte werden de berekeningen niet uitgevoerd.

Nauwkeurigheid van sectie afsluiten bij passeren kopakkergrrens

Bij de overgang van de werkslagen naar de kopakker is de snelheid van reageren en de precisie van aansturen van de sectie en dopafsluiters maatgevend voor de mate van overlap. De overlap wordt door het GIS model precies uitgerekend, dit is niet realistisch. Daarom is ook uitgerekend wat de overlap is door een precisie van afsluiten bij passeren van de overgang werkslag en kopakker van 1 m en 2 m (bijvoorbeeld 0,5 sec. of 1 sec precies bij een rijsnelheid van 7,2 km/h). Hiervoor is voor de nettobreedte van het perceel (perceelsbreedte – 2 x werkbreedte) de extra overlap uitgerekend door per werkslag van de sectiebreedte aan beide zijden van het perceel resp. 1 m of 2 m lengte op te tellen.



Figuur 2. Overzicht perceel en berijding.



Figuur 3. Model bepaling oppervlakte overlap.

3. Resultaten

Overlap op hoeken van percelen

Door op de kopakker in de hoeken van het perceel heen en terug te steken (Figuur 1) treedt er overlap op. Als de lengte van de trekker-spuit combinatie 9 m is dan wordt berekend dat bij een werkbreedte van 24 m 288 m² overlap is (Tabel 1). Dit is ook 288 m² bij 3 m sectie afsluiting en kan verkleind worden tot 48 m² bij afsluiting per individuele spuitdop. Voor een 33 m spuitbreedte is de oppervlakte overlap 990 m², welke verkleind wordt tot 396 m² bij 3 m secties op de spuitboom en tot 66 m² bij individuele dopafsluiting. Voor een 48 m spuit wordt in de hoeken 2880 m² overlapt, die verkleind wordt tot 576 m² bij 3 m sectieafsluiting en tot 96 m² bij individuele dopafsluiting.

Tabel 1. Oppervlakte overlap door heen- en terugsteken in de hoeken van een perceel bij verschillende werkbreedte en sectiebreedte (halve werkbreedte, 3 m sectie en dopafsluiting).

Werk- breedte (m)	(1)	Per hoek (2)	Per perceel	Per perceel	Per perceel
	½ wrkbr-9 m	Opp (1)	(2)*4	Met 3 m sectie*)	Met 0,5 m sectie*)
	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
24	3	72	288	288	48
33	7,5	248	990	396	66
48	15	720	2880	576	96

**) wrkbr * sectie * 4.*

Bij een gemiddelde perceelsgrootte van 4,5 ha zoals in deze studie is het percentage overlap door heen- en weer steken in de hoeken van het perceel 0,6% voor afsluiting per halve spuitboom, 0,6% voor 3 m sectie afsluiting en 0,11% voor individuele spuitdop afsluiting bij een spuit met een werkbreedte van 24 m. Voor een 33 m spuit zijn de percentages overlap respectievelijk 2,2%, 0,9% en 0,15%. En voor de 48 m brede spuit zijn de percentages overlap resp. 6,4%, 1,3% en 0,21% van het totale perceeloppervlak. Door verandering van afsluiting per halve spuitboom naar per sectie en naar per individuele spuitdop wordt in de hoeken van het perceel het dubbel bespoten oppervlak per perceel verlaagd van gemiddeld 3,1% (0,6%-6,4%), naar 0,9% (0,6%-1,3%) en tot 0,2% (0,11%-0,21%).

Overlap werkslag in perceel en kopakker

De oppervlakte van het perceel en de overlap bij de verschillende werk- en sectiebreedtes bij de overgang van de werkslagen naar de kopakker zijn vermeld in Bijlage I.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de overlap werkslag en kopakker alleen berekend is voor percelen die na één omgang over de kopakker nog tenminste één werkbreedte over houden. Zes percelen (nr. 15, 31, 35, 38, 46 en 49) zijn niet breed genoeg voor werkbreedtes van 33 of 48 m. Zestien percelen (nr. 3, 13, 14, 17, 19, 30, 34, 36, 37, 39, 55, 62, 63, 65, 67 en 73) zijn niet breed genoeg voor een werkbreedte van 48 m. Acht percelen (nr. 20, 21, 25, 27, 28, 29, 52 en 53) zijn te smal voor een werkbreedte van 24 m. De resultaten bij werkbreedtes van 24 m, 33 m en 48 m zijn gebaseerd op respectievelijk 66, 60 en 44 percelen.

De gemiddelde perceel grootte van de 74 aangeleverde percelen was 4,5 ha. Door een spuit te gebruiken met 24 m spuitboom was de overlap bij de overgang van werkslag naar kopakker gemiddeld 0,35 ha, bij een werkbreedte van 33 m was dit 0,44 ha en bij 48 m werkbreedte 0,58 ha (Tabel 2). Door de spuitboom per halve werkbreedte af te sluiten bij passeren van het behandelde oppervlak op de kopakker worden de overlap oppervlaktes verlaagd naar resp. 0,19 ha, 0,22 ha en 0,31 ha. Door op de overgang de individuele secties van 3 m werkbreedte te schakelen kan het overlap oppervlak terug gebracht worden naar resp. 554 m², 505 m² en 456 m². Door individuele dopafsluiting neemt

het oppervlak overlap verder af tot resp. 162 m², 142 m² en 124 m² bij de werkbreedtes 24 m, 33 m en 48 m. De grootste afname in overlap oppervlak treedt op als er van volle werkbreedte naar halve werkbreedte en van halve werkbreedte naar 3 m sectie bespuiting gegaan wordt (Tabel 2). De afname in overlap oppervlak is voor de overgang van volle werkbreedte naar halve werkbreedte gemiddeld 0,22 ha en voor de overgang van halve werkbreedte naar 3 m sectiebreedte 0,19 ha. Door de spuitboom per individuele dop af te sluiten (sectiebreedte 0,50 m) kan gemiddeld nog 362 m² minder oppervlak bespoten worden.

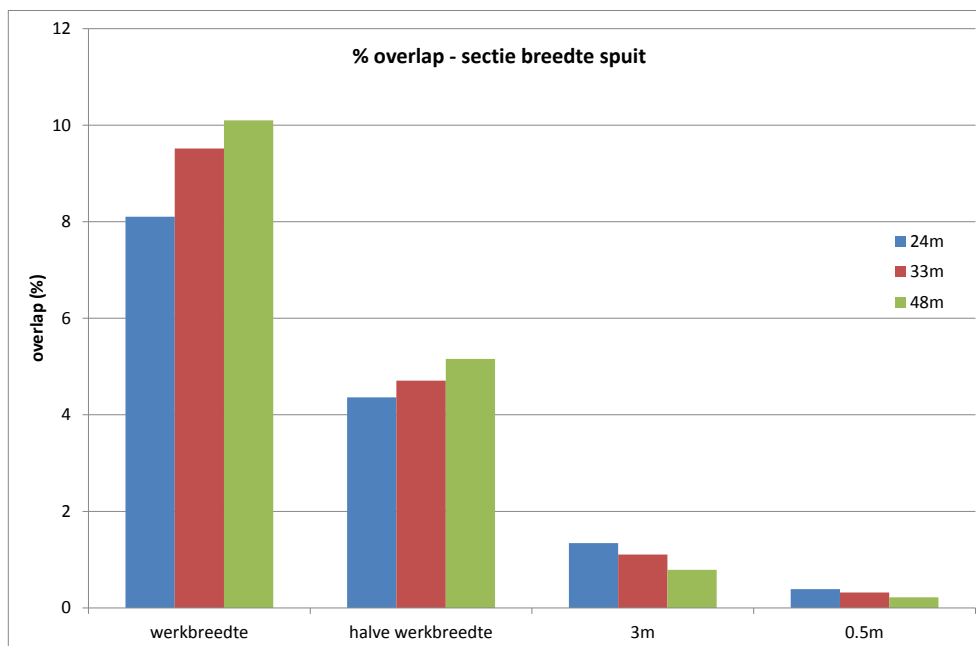
Tabel 2. Gemiddelde oppervlakte (m²) overlap van behandeld oppervlak van 66 percelen door bespuitingen met spuiten met een werkbreedte van 24 m, 33 m en 48 m en afsluiting van de spuitboom per halve werkbreedte, 3 m secties of individuele dopafsluiting (0,50 m) en afname van overlap oppervlak (m²) bij afname van de sectiebreedte.

Werkbreedte	m ² overlap oppervlak				m ² reductie in overlap oppervlak		
	Spuitbreedte	Halve werkbreedte	3 m	0.5 m	werkb->half	half->3 m	3 m->0.5 m
24 m	3463	1862	554	162	1600	1308	393
33 m	4426	2177	505	142	2249	1672	362
48 m	5834	3057	456	124	2776	2601	332
gem.	4574	2366	505	143	2209	1860	362

Het gemiddeld percentage overlap van de 66 percelen staat procentueel uitgedrukt in Tabel 3 en Figuur 4. Voor de spuitboombreedtes 24 m, 33 m en 48 m is het percentage overlap bij de overgang van de werkslagen in het netto veld naar de kopakker toe gemiddeld 9,2% van het totale perceel oppervlak als er met de volledige werkbreedte gespoten wordt. Sluit men de spuitboom links/rechts af als men het behandelde oppervlak van de kopakker passeert dan neemt het percentage overlap af naar 4,7%. Door per sectie van 3 m te schakelen neemt het percentage overlap af tot 1,1% en bij individuele dopafsluiting tot 0,3%.

Tabel 3. Gemiddeld percentage overlap van perceel oppervlak van 66 percelen door bespuitingen met spuiten met een werkbreedte van 24 m, 33 m en 48 m en afsluiting van de spuitboom per hele werkbreedte, halve werkbreedte, 3 m secties of individuele dopafsluiting (0,50 m).

Werkbreedte	% Overlap oppervlak			
	Hele werkbreedte	Halve werkbreedte	3 m	0,5 m
24 m	8,1	4,4	1,3	0,4
33 m	9,5	4,7	1,1	0,3
48 m	10,1	5,2	0,8	0,2
Gem.	9,2	4,7	1,1	0,3



Figuur 4. Gemiddeld percentage overlap van behandeld oppervlak van 71 percelen door bespuitingen met spuiten met een werkbreedte van 24 m, 33 m en 48 m en afsluiting van de spuitboom per halve werkbreedte, 3 m secties of individuele dopafsluiting (0,50 m).

Nauwkeurigheid van sectie afsluiten bij passeren kopakkergrans

Bovenstaande berekeningen met de gis-tool gaan ervanuit dat er bij het passeren van de werkslag met de kopakkergrans op de cm precies geschakeld kan worden. Afhankelijk van de in de praktijk gebruikte systemen is het reëler om met een nauwkeurigheid van schakelen van 0,5 seconde of 1,0 seconde te rekenen. Bij een rijsnelheid van 7,2 km/h is dat een verlenging van de overlap strook van respectievelijk 1 m en 2 m aan beide kanten. De extra oppervlakte die door deze schakeltijden overlapt wordt is per perceel uitgerekend (Bijlage II; Tabel 4), alsook het percentage overlap voor de gemiddelde perceelsgrootte in deze studie (4,50 ha).

Bij schakeling van de spuitdoppen per halve werkbreedte van de spuit is de overlap bij een nauwkeurigheid van 1 m gemiddeld 5,7% (4,7%-7,2%) en voor een 2 m nauwkeurigheid gemiddeld 6,2% (5,2%-7,6%). Bij sectieafsluiting van 3 m op de spuitboom is bij 1 m nauwkeurigheid de overlap gemiddeld 1,6% (1,8%-1,4%) en bij 2 m nauwkeurigheid de overlap gemiddeld 2,1% (2,3%-1,8%). Bij individuele dopafsluiting (0,50 m breedte) en een nauwkeurigheid van 1 m is de overlap 0,8% (0,9%-0,7%) en bij 2 m nauwkeurigheid is de overlap gemiddeld 1,3% (1,5%-1,1%). Door van een afsluitnauwkeurigheid van de spuitboom van een halve werkbreedte naar 3 m sectie of individuele dopafsluiting te gaan neemt bij een schakelnauwkeurigheid van 1 m het percentage overlapt bespuiting af van gemiddeld 5,7% naar 1,6% en 0,8%.

De overlap in bespuiting van een perceel door heen- en weer steken op de kopakker, passeren van de overgang werkslag en kopakker met een nauwkeurigheid van 1 m is voor de verschillende werkbreedtes en sectiebreedtes van de spuit uitgerekend (Tabel 5).

Tabel 4. *Oppervlakte overlap door bij overgang van werkslag naar kopakker op 1 m of op 2 m precies te schakelen en percentage overlap voor gemiddelde perceelsgrootte van 4,50 ha bij verschillende werkbreedtes en sectiebreedtes.*

Werkbreedte	Overlap (m ²)	Xtra- 1 m (m ²)	Totaal overlap (m ²)	(%)	Xtra- 2 m (m ²)	Totaal overlap (m ²)	(%)
Sectiebreedte halve wb							
24 m	1862	249	2111	4.7	498	2361	5,2
33 m	2177	220	2397	5.3	439	2616	5,8
48 m	3057	188	3245	7.2	376	3433	7,6
gem.	2366			5.7			6,2
Sectiebreedte 3 m							
24 m	554	249	803	1.8	498	1052	2,3
33 m	505	220	724	1.6	439	944	2,1
48 m	456	188	644	1.4	376	832	1,8
gem.	505			1.6			2,1
Sectiebreedte 0,5 m							
24 m	162	249	411	0.9	498	660	1,5
33 m	142	220	362	0.8	439	582	1,3
48 m	124	188	312	0.7	376	500	1,1
gem.	143			0.8			1,3

Tabel 5. *Totale oppervlakte overlap (m² en % van perceelsoppervlakte) door bij overgang van werkslag naar kopakker op 1 m precies te schakelen en heen- en weersteken in hoeken op kopakker. En percentage overlap voor gemiddelde perceelsgrootte van 4,50 ha.*

Werkbreedte	Overlap Werksl- kopakker (m ²)	Xtra- 1 m (m ²)	Tot- m ² (m ²)	% tot (%)	Xtra- hoek halve wb (m ²)	Tot- m ² (m ²)	% tot (%)
Sectiebreedte halve wb							
24 m	1862	249	2111	4,7	288	2399	5,3
33 m	2177	220	2397	5,3	990	3387	7,5
48 m	3057	188	3245	7,2	2880	6125	13,6
gem.	2366			5,7			8,8
Sectiebreedte 3 m							
24 m	554	249	803	1,8	288	1091	2,4
33 m	505	220	724	1,6	396	1120	2,5
48 m	456	188	644	1,4	576	1220	2,7
gem.	505			1,6			2,5
Sectiebreedte 0,5 m							
24 m	162	249	411	0,9	48	459	1,0
33 m	142	220	362	0,8	66	428	0,9
48 m	124	188	312	0,7	96	408	0,9
gem.	143			0,8			1,0

Een 24 m spuit met afsluiting per halve spuitboom heeft gemiddeld voor de in de studie voorkomende perceelsgrootte van 4,50 ha een totale overlap van bespoten oppervlak van 5,3%, voor de 33 m spuit is dit 7,5% en voor de 48 m spuit van 13,6%. Bij een sectieafsluiting van 3 m op de spuitboom is de gemiddelde overlap van bespoten oppervlak voor de 24 m spuit 2,4% voor de 33 m spuit 2,5% en voor de 48 m spuit 2,7%. Bij individuele dopafsluiting op de spuitboom is de totale overlap in bespoten oppervlakte van het perceel gemiddeld 1,0% voor de 24 m spuit en 0,9% voor de 33 m en de 48 m spuit.

De totale overlap in bespoten oppervlakte van een perceel door heenen weer steken in de hoeken op de kopakker en de overlap door passeren van de werkslagen op de kopakker met een nauwkeurigheid van 1 m is gemiddeld voor het perceel zoals in deze studie voorkwam (4,50 ha) 8,8% (5,3% - 13,6%) voor afsluiting per halve werkbreedte, 2,5% (2,4% - 2,7%) voor afsluiting per sectie van 3 m op de spuitboom en 1,0% (0,9% - 1,0%) wanneer op de spuitboom de spuitdoppen individueel afgesloten kunnen worden per 0,50 m).

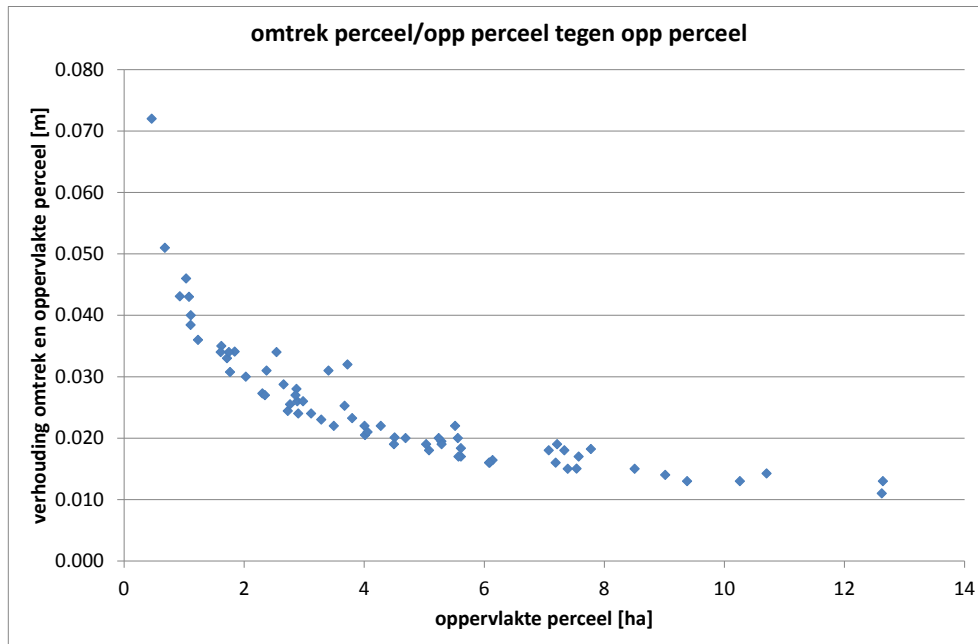
4. Discussie

De ontwikkelde berekeningswijze voor het bepalen van de overlap van werkgangen lijkt voor de aangeleverde percelen robuust te zijn. Duidelijk is dat sommige percelen minder geschikt zijn voor brede werkbreedtes (33 m en 48 m), uitgaande van de berekeningswijze dat er na één omgang over de kopakker met de volledige werkbreedte minder dan één werkbreedte over bleef om te bewerken.

In de praktijk zal de nauwkeurigheid van schakelen bij de overgang van de werkslag naar de kopakker bij handmatig schakelen veelal tussen een halve werkbreedte en sectieafsluiting (3 m) in zitten. Gaat men gebruik maken van door GPS gestuurde sectie afsluiting of individuele dopafsluiting dan zal het percentage overlap van bespoten oppervlak verlaagd worden van 8,8% naar 2,5% en 1,0%. Hierin zijn betrokken de effecten van heen- en weer steken op de kopakker, sectiebreedte overlap bij de overgang van van werkslag naar kopakker en een nauwkeurigheid van schakelen van 1 m bij de overgang van werkslag naar kopakker. Met cm-precisie door GPS zijn de precieze afsluitingen van de secties op de overgang van werkslag en kopakker mogelijk. Ook is het hiermee mogelijk om exact parallel te rijden zonder overlap van de werkslagen zoals in deze studie is aangenomen. In de praktijk zal het effect dus in de orde van grootte liggen van de gepresenteerde getallen. Veldmetingen uit de USA (Zandonadi *et al.*, 2011) geven ook aan dat het waargenomen percentage overlap in de praktijk zit tussen dat van de hele spuitboom en de berekende overlap met cm-precisie afsluiting en exact parallel rijden. Onnauwkeurigheden van het systeem in de praktijk zijn debet aan de grote verschillen in theoretische en gerealiseerde overlap, zoals: overlap door niet exact parallel rijden, later schakelen op kopakker als gevolg van onnauwkeurigheid van de GPS, traagheid van de afsluiters en instellingen van de regel software en elektronica.

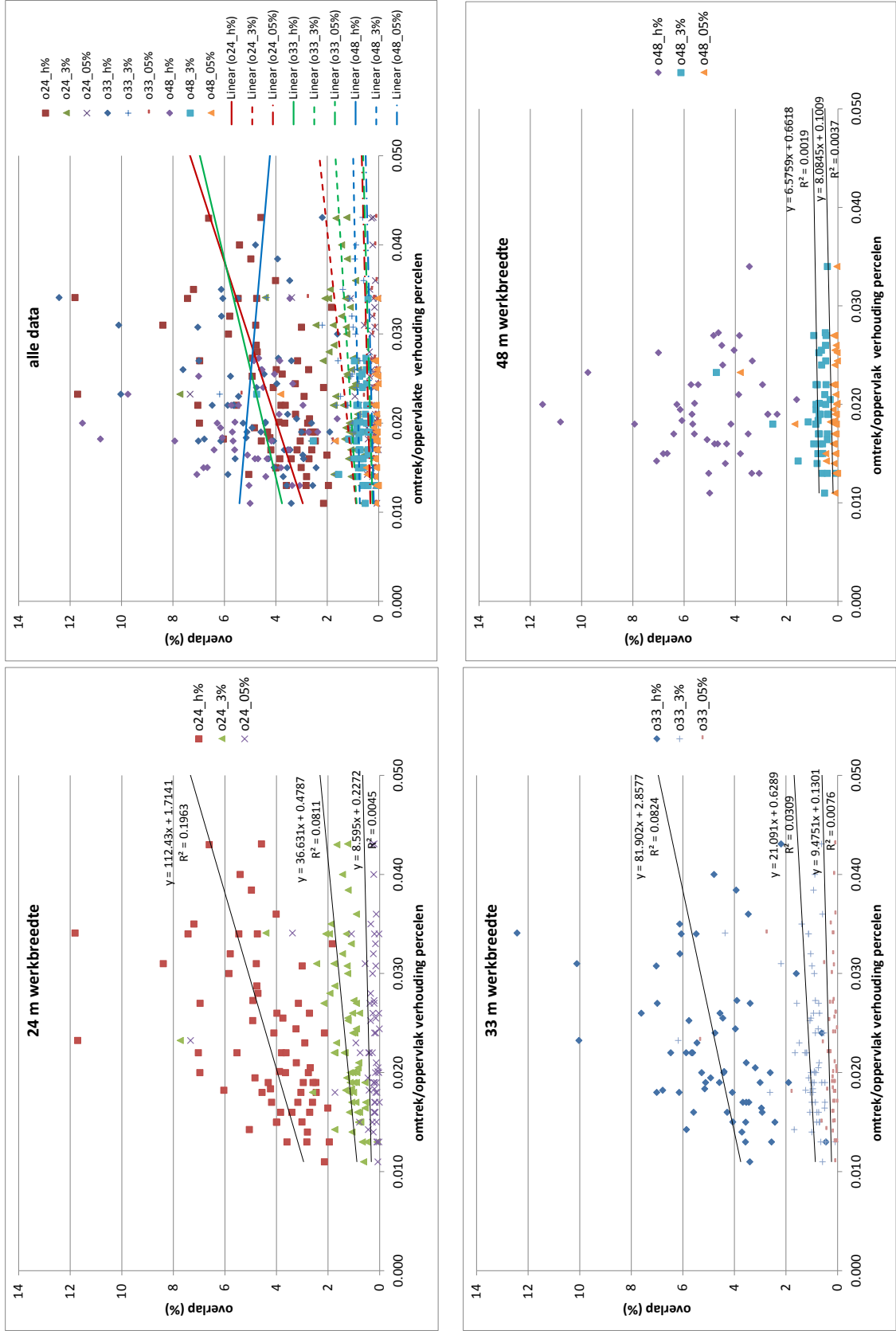
De bepaling van de ABlijn voor het parallel over het perceel leggen van de werkslagen is per perceel gedaan met een gis-tool die de kleinste rechthoek rond het perceel legt. De langste min of meer rechte kant is de ABlijn die soms handmatig iets verdraaid is. Uit studies blijkt dat bij complexere percelen (Luck *et al.*, 2010) door systematisch een hoekverdraaiing over het perceel te leggen en de overlap uit te rekenen, andere ABlijnen dan langs de lange rechte kant kunnen leiden tot aanzienlijk lagere overlap (Zandonadi *et al.*, 2011). Dit geldt vooral voor grotere sectiebreedtes (12 m en 3 m) en is voor kleinere secties, zoals bij individuele dopafsluiting, niet aanwezig. Een indicator die gebruikt kan worden om aan te geven of overlapverlaging bij hoekverdraaiing van de ABlijn optreedt is bijvoorbeeld de verhouding perceelsomtrek/oppervlakte perceel (Luck *et al.*, 2010, 2011). Hoe hoger dit verhoudingsgetal hoe meer insluiting van greppels, vijvers, boompartijen etc. en des te meer voordeel er is van automatische sectiecontrole boven handmatige sectie afsluiting. Bij een verhouding van omtrek/oppervlak van het perceel lager dan 0,0175 vond Luck *et al.* (2011) geen significant lagere overlap door op een 24,8 m spuit automatisch 7 secties in plaats van 5 secties automatisch te schakelen. Een positieve correlatie werd gevonden tussen de omtrek/oppervlakte verhouding van het perceel en het percentage overlap. Bij een toenemende verhouding omtrek/oppervlakte van het perceel nam de overlap bij handmatig spuiten meer toe dan bij automatische sectie controle op de spuit. Luck *et al.* (2010) vond bij bespuiting van dezelfde percelen (21 percelen, 578 ha totaal oppervlak) in de praktijk een percentage overlap bij handmatig schakelen met 5 secties van 12,4% (2,1% - 38,9%) werd dat naar 6,2% (1,3% - 13,9%) verlaagd door automatisch te schakelen met 7 secties op een 24,8 m spuitboom.

Voor de in deze studie gebruikte percelen staat de omtrek/oppervlakte verhouding van de percelen weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5. Verhouding omtrek/oppervlakte perceel uitgezet tegen de oppervlakte van de percelen.

Voor de in deze studie verkregen data is de relatie tussen de omtrek/oppervlakte verhouding van de percelen uitgezet tegen de overlap van de werkslagen en de kopakker voor de bespuiting van het nettoveld zonder schakelvertraging (Figuur 6). Bij toenemende waarden van de omtrek/oppervlakteverhouding van de percelen neemt de overlap bij de overgang van de werkslagen en de kopakker toe (behalve bij de 48 m werkbreedte en de halve spuitboom afsluiting). Duidelijk is dat de toename in overlap voor de halve spuitboom hoger ligt dan voor de 3 m sectie breedte en de individuele dopafsluiting. Naarmate preciezer gespoten wordt (0,50 m bij individuele dopafsluiting) neemt de overlap af maar is ook het effect van de vorm van het perceel kleiner, immers de lijnen voor de individuele dopafsluiting ligt voor de werkbreedtes 24 m, 33 m en 48 m bijna gelijk en de helling is voor alle drie de werkbreedtes minimaal. Waar bij 3 m sectiebreedte er nog een effect is van werkbreedte op de mate van overlap afhankelijk van de perceelsvorm is dat bij individuele dopafsluiting niet aanwezig. Bij individuele dopafsluiting (0,50 m sectiebreedte) is de perceelsvorm dus niet meer belangrijk voor de mate van overlap.



Figuur 6. Percentage overlap van de werkslagen en de kopakker bij 24 m, 33 m en 48 m werkbreedte veldspuiten met halve spuitboom (h), 3 m sectie (3) en individuele spuitdop (0,50 m; _05) afsluiting zonder vertraging in schakeltijd uitgezet tegen de verhouding omtrek/oppervlakte van de percelen.

5. Conclusies

Door het gebruik van sectieafsluiting op de spuitboom (werkbreedte 24 m, 33 m, 48 m) kan gewasbeschermingsmiddel bespaard worden door het voorkomen van overlap van eerder bespoten oppervlak. Als in plaats van per halve spuitboom per sectie van 3 m geschakeld wordt bij passeren van de reeds behandelde kopakker dan kan op basis van de perceelsgegevens (66 percelen totale oppervlakte 311 ha, gemiddelde perceelsoppervlakte 4,50 ha) in deze studie 6,3% aan middel bespaard worden. Het overlap oppervlak neemt dan af van 8,8% naar 2,5% van het totale perceelsoppervlak. Wordt de spuitboom per individuele spuitdop aan/uit geschakeld dan kan nog eens 1,5% extra bespaard worden op het middelgebruik en de middelkosten omdat er minder overlap is. Het overlap oppervlak is bij individuele dopafsluiting (0,50 m sectiebreedte) 1,0% van het totale perceelsoppervlak. De besparing aan gewasbeschermingsmiddel door van handbediende sectie afsluiting (8,8% overlap) naar GPS gestuurde dopafsluiting te gaan (1,0 % overlap) is op grond van de perceelsgegevens in deze studie gemiddeld 7,8%.

Zonder overlap van heen en weer rijden op de kopakker en vertraging van de afsluiters is voor de spuitboombreedtes 24 m, 33 m en 48 m het percentage overlap bij de overgang van de werkslagen in het netto veld naar de kopakker toe gemiddeld 9,3% van het totale perceelsoppervlak als er met de volledige werkbreedte gespoten wordt. Sluit men de spuitboom links/rechts af als men het behandelde oppervlak van de kopakker passeert dan neemt het percentage overlap af naar 4,7%. Door per sectie van 3 m te schakelen neemt het percentage overlap af tot 1,1% en bij individuele dopafsluiting tot 0,3%. Dit zijn voor de percelen in deze studie de theoretisch laagste overlap percentages afhankelijk van de perceelsvorm.

Bij 3 m sectiebreedte is er nog een effect van werkbreedte op de mate van overlap afhankelijk van de perceelsvorm waar dat bij individuele dopafsluiting niet meer aanwezig is. Bij individuele dopafsluiting (0,50 m sectiebreedte) is bij de overgang van werkslag naar kopakker de perceelsvorm dus niet meer belangrijk voor de mate van overlap.

6. Samenvatting

In het kader van het 'KRW - Schone Maas' project is een inventarisatie uitgevoerd naar het nut van GPS precisietechnieken voor middelbesparing door secties en doppen verantwoord af te sluiten waardoor overlap van bespuitingen wordt voorkomen.

Van 74 praktijkpercelen uit het Maasgebied (totale oppervlakte 311 ha, gemiddelde perceelsoppervlakte 4,50 ha) zijn de vastgelegde maten en vormen in een GIS systeem ingevoerd. In het GIS systeem is een analyse uitgevoerd naar het effect op de mate van overlap als gebruik gemaakt gaat worden van GPS op de spuit waarmee secties (3 m) of individuele spuitdoppen (50 cm) afgesloten kunnen worden wanneer overlap optreedt met eerder gespoten stukken van het perceel. Deze analyse is uitgevoerd voor spuitboombreedtes van 24 m, 33 m en 48 m. Overlap door bespuitingen vindt binnen het perceel plaats op de hoeken van de percelen waar heen- en teruggestoken moet worden bij de bespuiting van de kopakker en bij de overgang van de werkslagen in het veld naar de kopakker (de omgang langs de omtrek van het perceel). De mate van nauwkeurigheid van afsluiten bij het passeren van de grens netto perceel en kopakker is in deze studie meegenomen door de overlap ook uit te rekenen voor een afsluitnauwkeurigheid van 1 m en van 2 m.

Zonder overlap van heen en weer rijden op de kopakker en vertraging van de afsluiters is voor de spuitboombreedtes 24 m, 33 m en 48 m het percentage overlap bij de overgang van de werkslagen in het netto veld naar de kopakker toe gemiddeld 9,3% van het totale perceeloppervlak als er met de volledige werkbreedte gespoten wordt. Sluit men de spuitboom links/rechts af als men het reeds behandelde oppervlak van de kopakker passeert dan neemt het percentage overlap af naar 4,7%. Door per sectie van 3 m te schakelen neemt het percentage overlap af tot 1,1% en bij individuele dopafsluiting tot 0,3%. Dit zijn voor de percelen in deze studie de theoretisch laagste overlap percentages afhankelijk van de perceelsvorm.

Bij 3 m sectiebreedte is er nog een effect van werkbreedte op de mate van overlap afhankelijk van de perceelsvorm waar dat bij individuele dopafsluiting niet meer aanwezig is. Bij individuele dopafsluiting (0,50 m sectiebreedte) is de perceelsvorm bij de overgang van werkslag naar kopakker dus niet meer belangrijk voor de mate van overlap.

Door het gebruik van sectieafsluiting op de spuitboom (werkbreedte 24 m, 33 m, 48 m) kan gewasbeschermingsmiddel bespaard worden door het voorkomen van overlap van eerder bespoten oppervlak. Als op de kopakker rekening gehouden wordt met heen en weer rijden in de hoeken van het perceel, een nauwkeurigheid van 1 m bij de overgang van nettoveld naar kopakker en in plaats van per halve spuitboom per sectie van 3 m geschakeld wordt bij het passeren van de al behandelde kopakker, dan kan op basis van de perceelsgegevens in deze studie 6,3% aan middel bespaard worden. Het overlap oppervlak neemt dan af van 8,8% naar 2,5% van het totale perceelsoppervlak. Wordt de spuitboom per individuele spuitdop aan/uit geschakeld dan kan nog eens 1,5% extra bespaard worden op het middelgebruik en de middelkosten omdat er minder overlap is. Het overlap oppervlak is bij individuele dopafsluiting (0,50 m sectiebreedte) 1,0% van het totale perceelsoppervlak. De besparing aan gewasbeschermingsmiddel door van handbediende sectie afsluiting (8,8% overlap) naar GPS gestuurde dopafsluiting te gaan (1,0% overlap) is op grond van de perceelsgegevens in deze studie gemiddeld 7,8%.

Summary

An inventory is made of the potential reduction in overlap when using GPS on boom sprayers to shut off boom sections or individual nozzles and therefor reduce the use of plant protection products. Of 74 fields in the river Meuse basin (total area 311 ha, average 4,5 ha per field) the dimensions of the field were incorporated in a GIS system. In the GIS system an analysis is done on the level of overlap in treated field area when using very precise section control (3 m) or individual nozzle control (0,50 m). The analysis is performed for sprayer working widths of 24 m, 33 m and 48 m. Overlap of treated area in the field occurs in the corners of the field when spraying the headland and when the sprayer enters or leaves the headland when spraying the centre part of the field. The accuracy of shutting of the sprayer boom section and nozzles is assessed using 1 m and 2 m precision.

Without overlap of consecutive parallel working widths and no delay in on/off switching the overlap when passing the headland borders in the central part of the field is for the different working widths on average 9.3% of the total field area. When the boom is switched off in left/right hand side separately when passing the headland border the overlap is 4.7% of the field area. The use of 3 m section control resulted in an overlap of 1.1% and individual nozzle control of 0.3% overlap. These overlap values are for the field in this study the lowest values possible dependent on field shape.

For 3 m section control the field shape still has an effect on the calculated overlap whereas for individual nozzle control the shape of the field does not matter anymore in calculated overlap.

By means of the use of section control on the spray boom (spray boom working width 24 m, 33 m, 48 m) plant protection product can be saved by not spraying repeatedly earlier sprayed parts of the field. When in practice a farmer switches from manual section control, assumed to be half boom shutting of with 1 m accuracy, to 1 m precise 3 m section control overlap in treated field reduces from 8.8% to 2.5% and therefor 6.3% savings in plant protection products can be reached. The overlap of treated area can be reduced to 1.0% when using individual nozzle switching and 1 m precise switching when passing headland borders. The saving of plant protection products by means of reduction in overlap of treated field is 7.8% when shifting from manual operated section control (8.8% overlap) to individual nozzle control (1.0% overlap).

Referenties

- Luck, J.D., R.S. Zandonadi, B.D. Luck & S.A. Schearer, 2010.
Reducing pesticide over-application with map-based automatic boom section control on agricultural sprayers.
Transactions of the ASABE 53(2010)3: 685-690.
- Luck, J.D., R.S. Zandonadi & S.A. Schearer, 2011.
A case study to evaluate shape factors for estimating overlap errors with manual and automatic section control.
Transactions of the ASABE 54(2011)4: 1237-1243.
- Zandonadi, R.S., J.D. Luck, T.S. Stombaugh, M.P. Sama & S.A. Schearer, 2011.
A computational tool for estimating off-target application areas in agricultural fields. Transactions of the ASABE 54(2011)1: 41-49.

Bijlage I.

Overlap bij verschillende werk- en sectiebreedtes in m² en als percentage van de perceelsoppervlakte

De codering in de tabelkoppen is als volgt:

Percnr: nummer van het perceel.

Perc. opp. m²: oppervlakte van het perceel in m².

O: overlap.

Eerste getal: werkbreedte in m.

Tweede getal: sectiebreedte in m, 'h' staat voor halve werkbreedte, '05' staat voor 0.5 m.

m²: overlap in m².

%: overlap als percentage van perceelsoppervlakte.

Nvt: deze werkbreedte is niet van toepassing bij dit perceel.

Perc. nr	Perc. opp. m ²	O24_24 m ²	O24_24%	O24_hm ²	O24_h%	O24_3 m ²	O24_3%	O24_05 m ²	O24_05%	O33_33 m ²	o33_33%	o33_hm ²
P001	23057	2302	9.99	1131	4.91	230	1	50	0.21	2393	10.38	899
P002	77778	9618	12.37	4695	6.04	1025	1.32	322	0.41	7875	10.13	5277
P003	11087	976	8.81	551	4.97	135	1.22	-8	-0.08	814	7.34	436
P004	27268	1865	6.84	883	3.24	245	0.9	4	0.01	2021	7.41	1079
P005	52884	4675	8.84	2555	4.83	671	1.27	236	0.45	5952	11.26	2604
P006	56122	4620	8.23	2373	4.23	613	1.09	110	0.2	5806	10.35	2890
P007	61397	4046	6.59	1236	2.01	342	0.56	47	-0.08	2301	3.75	1813
P008	75374	6158	8.17	2266	3.01	568	0.75	87	0.12	3611	4.79	3059
P009	27656	1934	6.99	1038	3.75	341	1.23	42	0.15	2031	7.35	1230
P010	38005	5862	15.42	4451	11.71	2939	7.73	2786	7.33	5581	14.68	3813
P011	107027	8782	8.21	5405	5.05	1865	1.74	468	0.44	11314	10.57	6269
P012	36730	3927	10.69	1808	4.92	447	1.22	128	0.35	4391	11.96	2114
P013	9289	857	9.23	425	4.58	115	1.24	19	0.21	542	5.84	204
P014	18441	3150	17.08	2179	11.81	814	4.41	623	3.38	3272	17.74	2292
P015	26583	1370	5.15	1264	4.76	463	1.74	-154	-0.58	nvt	nvt	nvt
P016	45073	3409	7.56	1750	3.88	442	0.98	30	0.07	3506	7.78	1984
P017	17666	2018	11.42	530	3	222	1.26	27	0.15	2983	16.88	1242
P018	40137	2241	5.58	1080	2.69	332	0.83	23	0.06	1979	4.93	1282
P019	28859	1565	5.42	785	2.72	304	1.05	76	0.26	2545	8.82	2196
P021	4614	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P022	44957	1508	3.35	1111	2.47	449	1	52	0.12	4235	9.42	853
P023	126397	7137	5.65	3565	2.82	848	0.67	140	0.11	9129	7.22	4511
P024	42761	3236	7.57	2365	5.53	586	1.37	165	0.39	4366	10.21	2769
P025	6814	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P026	34947	2806	8.03	1327	3.8	468	1.34	145	0.42	3669	10.5	2051
P027	10350	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P030	11120	1096	9.85	602	5.41	160	1.44	26	0.23	1142	10.27	533
P031	25394	3735	14.71	1887	7.43	495	1.95	5	0.02	nvt	nvt	nvt
P032	126230	7127	5.65	2700	2.14	780	0.62	90	0.07	6817	5.4	4297
P033	71900	4190	5.83	2763	3.84	844	1.17	152	0.21	6026	8.38	4015
P034	55161	4792	8.69	3879	7.03	955	1.73	157	0.28	9727	17.63	3100
P035	23729	1267	5.34	1135	4.78	420	1.77	-27	-0.11	nvt	nvt	nvt
P036	32851	1292	3.93	952	2.9	550	1.67	304	0.92	3990	12.15	1791

Perc. nr	Perc. opp. m²	O24_24 m²	O24_24%	O24_hm²	O24_h%	O24_3 m²	O24_3%	O24_05 m²	O24_05%	O33_33 m²	O33_33%	O33_hm²
P037	16211	1941	11.97	1167	7.2	305	1.88	55	0.34	1776	10.95	991
P038	10817	1437	13.28	715	6.61	180	1.66	29	0.27	nvt	nvt	nvt
P039	34050	5660	16.62	2857	8.39	830	2.44	192	0.56	8191	24.06	3441
P040	56103	2552	4.55	2351	4.19	304	0.54	4	0.01	5347	9.53	1929
P041	60900	3885	6.38	2072	3.4	524	0.86	123	0.2	4750	7.8	2606
P042	73901	6076	8.22	2954	4	606	0.82	575	0.78	5796	7.84	1796
P043	73337	3675	5.01	2234	3.05	744	1.01	106	0.15	6068	8.27	2991
P044	60796	3360	5.53	1648	2.71	474	0.78	103	0.17	5338	8.78	1777
P045	50810	3763	7.41	1250	2.46	598	1.18	51	0.1	6276	12.35	3119
P046	17154	515	3	314	1.83	188	1.1	28	0.16	nvt	nvt	nvt
P047	52888	2700	5.1	1565	2.96	477	0.9	104	0.2	3393	6.41	1587
P048	17462	1770	10.13	828	4.74	365	2.09	191	1.09	2260	12.94	1057
P049	28725	1817	6.32	1357	4.72	553	1.93	99	0.35	nvt	nvt	nvt
P050	85067	3776	4.44	3391	3.99	624	0.73	242	0.28	8795	10.34	3032
P051	46888	6917	14.75	3268	6.97	532	1.14	-87	-0.19	5843	12.46	1225
P054	40074	2321	5.79	1456	3.63	706	1.76	306	0.76	3984	9.94	2269
P055	20274	2498	12.32	1184	5.84	252	1.24	56	0.27	336	1.66	325
P056	40561	2856	7.04	1309	3.23	327	0.81	55	0.13	2981	7.35	1436
P057	55614	4692	8.44	2028	3.65	572	1.03	90	0.16	5642	10.14	2455
P058	29030	2399	8.26	1191	4.1	302	1.04	58	0.2	2610	8.99	1380
P059	23466	1501	6.39	740	3.15	210	0.9	49	0.21	1842	7.85	795
P060	50334	1998	3.97	1298	2.58	285	0.57	49	-0.1	3214	6.39	2305
P061	72150	6130	8.5	3119	4.32	825	1.14	164	0.23	7461	10.34	3697
P062	52424	1451	2.77	1447	2.76	463	0.88	15	0.03	7870	15.01	2763
P063	31157	2513	8.07	666	2.14	301	0.96	47	0.15	218	0.7	190
P064	90150	4759	5.28	2522	2.8	968	1.07	220	0.24	6845	7.59	3346
P065	16099	1928	11.98	880	5.46	207	1.29	32	0.2	1741	10.81	883
P066	93805	3609	3.85	1829	1.95	461	0.49	73	0.08	4671	4.98	2401
P067	12318	734	5.96	494	4.01	111	0.9	16	0.13	879	7.14	427
P068	28568	3774	13.21	1988	6.96	617	2.16	110	0.38	4002	14.01	1997
P069	75736	6372	8.41	2404	3.17	699	0.92	127	0.17	7945	10.49	2778
P070	70734	6591	9.32	3226	4.56	1840	2.6	1221	1.73	10280	14.53	4960
P071	29819	2572	8.63	1188	3.98	232	0.78	10	0.03	2889	9.69	1360

Perc. nr	Perc. opp. m²	O24_24 m²	O24_24%	O24_hm²	O24_h%	O24_3 m²	O24_3%	O24_05 m²	O24_05%	O33_33 m²	O33_33%	O33_hm²
P072	102595	4087	3.98	3684	3.59	99	0.1	20	0.02	942	0.92	461
P073	37217	4316	11.6	2155	5.79	535	1.44	88	0.24	4883	13.12	2272
P074	55720	4028	7.23	1450	2.6	602	1.08	112	0.2	2479	4.45	1970

Percnr	o33_h%	o33_3 m²	o33_3%	o33_05 m²	o33_05%	o48_48 m²	o48_48%	o48_hm²	o48_h%	o48_3 m²	o48_3%	o48_05 m²	o48_05%
P001	3.9	198	0.86	35	0.15	2174	9.43	1075	4.66	113	0.49	-4	-0.02
P002	6.78	968	1.24	310	0.4	10392	13.36	8417	10.82	904	1.16	223	0.29
P003	3.93	103	0.93	-8	-0.07	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P004	3.96	203	0.75	5	0.02	2341	8.59	911	3.34	128	0.47	4	0.02
P005	4.92	592	1.12	100	0.19	4998	9.45	3253	6.15	452	0.85	94	0.18
P006	5.15	538	0.96	99	0.18	7359	13.11	3412	6.08	431	0.77	73	0.13
P007	2.95	306	0.5	-43	-0.07	3742	6.1	3132	5.1	250	0.41	-37	-0.06
P008	4.06	521	0.69	82	0.11	5677	7.53	5021	6.66	447	0.59	61	0.08
P009	4.45	284	1.03	34	0.12	2987	10.8	1121	4.05	177	0.64	34	0.12
P010	10.03	2350	6.18	2026	5.33	5142	13.53	3706	9.75	1801	4.74	1448	3.81
P011	5.86	1798	1.68	465	0.43	14745	13.78	7563	7.07	1662	1.55	486	0.45
P012	5.76	394	1.07	117	0.32	5744	15.64	2573	7	270	0.74	10	0.03
P013	2.19	57	0.62	9	0.09	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P014	12.43	804	4.36	506	2.75	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P015	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P016	4.4	407	0.9	19	0.04	4715	10.46	2520	5.59	329	0.73	12	0.03
P017	7.03	174	0.99	25	0.14	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P018	3.19	296	0.74	19	0.05	905	2.25	647	1.61	121	0.3	-4	-0.01
P019	7.61	269	0.93	23	0.08	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P021	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P022	1.9	410	0.91	46	0.1	4923	10.95	1067	2.37	306	0.68	38	0.08
P023	3.57	819	0.65	135	0.11	13691	10.83	6374	5.04	767	0.61	128	0.1
P024	6.47	539	1.26	142	0.33	4391	10.27	2452	5.73	365	0.85	86	0.2
P025	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P026	5.87	427	1.22	103	0.3	3872	11.08	1905	5.45	278	0.8	41	0.12

Percnr	o33_h%	o33_3 m ²	o33_3%	o33_05 m ²	o33_05%	o48_48 m ²	o48_48%	o48_hm ²	o48_h%	o48_3 m ²	o48_3%	o48_05 m ²	o48_05%
P064	3.71	901	1	164	0.18	7883	8.74	3956	4.39	734	0.81	134	0.15
P065	5.48	182	1.13	29	0.18	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P066	2.56	433	0.46	70	0.08	4985	5.31	2884	3.07	381	0.41	64	0.07
P067	3.46	71	0.58	10	0.08	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P068	6.99	451	1.58	82	0.29	2447	8.57	1387	4.85	267	0.94	50	0.17
P069	3.67	648	0.86	118	0.16	5358	7.08	4844	6.4	578	0.76	108	0.14
P070	7.01	1850	2.62	1258	1.78	12925	18.27	5607	7.93	1800	2.54	1188	1.68
P071	4.56	210	0.7	22	0.07	3067	10.29	1350	4.53	142	0.48	21	0.07
P072	0.45	87	0.09	19	0.02	3972	3.87	3443	3.36	66	0.06	15	0.01
P073	6.11	389	1.04	65	0.17	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
P074	3.54	557	1	63	0.11	3672	6.59	3121	5.6	401	0.72	40	0.07

Bijlage II.

**Berekening van de extra overlap door een
spuitnauwkeurigheid van 1 m en 2 m bij de
overgang van werkslag en kopakker**

Perc. nr.	Perc. br	Rest -24 m	Rest -33 m	Rest -48 m	Opp +1 m-24 m	Opp +2 m-24 m	Opp +1 m-33 m	Opp +2 m-33 m	Opp +1 m-48 m	Opp +2 m-48 m
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
1	151	103	85	55	207	414	171	342	111	222
2	343	295	277	247	591	1182	555	1110	495	990
3	102	54	36	6	108	217	72	145	12	25
4	183	135	117	87	271	541	235	469	175	349
5	183	135	117	87	269	539	233	467	173	347
6	209	161	143	113	321	642	285	570	225	450
7	224	176	158	128	352	705	316	633	256	513
8	224	176	158	128	352	704	316	632	256	512
9	171	123	105	75	247	493	211	421	151	301
10	162	114	96	66	227	455	191	383	131	263
11	227	179	161	131	358	717	322	645	262	525
12	195	147	129	99	293	586	257	514	197	394
13	106	58	40	10	117	233	81	161	21	41
14	163	115	97	67	231	462	195	390	135	270
15	91	43	25		87	174	51	102		
16	223	175	157	127	351	701	315	629	255	509
17	106	58	40	10	116	233	80	161	20	41
18	193	145	127	97	290	579	254	507	194	387
19	125	77	59	29	153	307	117	235	57	115
20	225	177	159	129	354	708	318	636	258	516
21	70	22	4		45	89	9	17		
22	214	166	148	118	332	664	296	592	236	472
23	257	209	191	161	418	837	382	765	322	645
24	185	137	119	89	274	549	238	477	178	357
25	68	20	2		41	81	5	9		
26	178	130	112	82	260	520	224	448	164	328
27	72	24	6		48	95	12	23		
29	73	25	7		50	100	14	28		
30	100	52	34	4	105	210	69	138	9	18
31	75	27	9		53	106	17	34		
32	324	276	258	228	552	1104	516	1032	456	912

Perc. nr.	Perc. br	Rest -24 m	Rest -33 m	Rest -48 m	Opp +1 m-24 m	Opp +2 m-24 m	Opp +1 m-33 m	Opp +2 m-33 m	Opp +1 m-48 m	Opp +2 m-48 m
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
33	188	140	122	92	281	562	245	490	185	370
34	121	73	55	25	147	293	111	221	51	101
35	91	43	25		87	174	51	102		
36	144	96	78	48	191	382	155	310	95	190
37	141	93	75	45	187	373	151	301	91	181
38	83	35	17		70	141	34	69		
39	83	35	17		70	141	34	69		
40	206	158	140	110	317	633	281	561	221	441
41	219	171	153	123	343	686	307	614	247	494
42	244	196	178	148	392	783	356	711	296	591
43	166	118	100	70	236	471	200	399	140	279
44	250	202	184	154	404	808	368	736	308	616
45	199	151	133	103	301	602	265	530	205	410
46	98	50	32	2	100	199	64	127	4	7
47	306	258	240	210	516	1032	480	960	420	840
48	147	99	81	51	198	396	162	324	102	204
49	99	51	33	3	102	204	66	132	6	12
50	210	162	144	114	323	646	287	574	227	454
51	146	98	80	50	195	390	159	318	99	198
52	59	11			21	43				
53	54	6			12	24				
54	211	163	145	115	326	652	290	580	230	460
55	100	52	34	4	105	210	69	138	9	18
56	200	152	134	104	304	607	268	535	208	415
57	174	126	108	78	253	506	217	434	157	314
58	179	131	113	83	262	524	226	452	166	332
59	212	164	146	116	328	656	292	584	232	464
60	189	141	123	93	282	564	246	492	186	372
61	323	275	257	227	550	1100	514	1028	454	908
62	141	93	75	45	186	371	150	299	90	179
63	133	85	67	37	170	340	134	268	74	148
64	287	239	221	191	479	957	443	885	383	765

Perc. nr.	Perc. br (m)	Rest -24 m (m)	Rest -33 m (m)	Rest -48 m (m)	Opp +1 m-24 m (m ²)	Opp +2 m-24 m (m ²)	Opp +1 m-33 m (m ²)	Opp +2 m-33 m (m ²)	Opp +1 m-48 m (m ²)	Opp +2 m-48 m (m ²)
65	104	56	38	8	112	224	76	152	16	32
66	338	290	272	242	580	1160	544	1088	484	968
67	129	81	63	33	162	324	126	252	66	132
68	161	113	95	65	226	452	190	380	130	260
69	218	170	152	122	340	680	304	608	244	488
70	248	200	182	152	400	800	364	728	304	608
71	177	129	111	81	258	516	222	444	162	324
72	231	183	165	135	367	733	331	661	271	541
73	125	77	59	29	155	310	119	238	59	118
74	235	187	169	139	375	750	339	678	279	558