

////////////////////////////////////

BEMESTINGSVRIJE
STROKEN LANGS
WATERLOPEN

VOLGENS BESTEK NR. APM/2016/5

Eindverslag

Publicatiedatum: 23.11.2018

////////////////////////////////////

Colofon

Projectnummer: APM/2016/5 (besteknummer VLM)

Opdrachtgever: Vlaamse Landmaatschappij

Publicatiedatum: 23/11/2018

Uitvoerders: Bodemkundige Dienst van België vzw, Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Wijze van citeren:

Tits M., Coussement T., Nuyttens D., Amery F., Foqué D., Elsen F. (2018). Bemestingsvrije stroken langs waterlopen. Bodemkundige Dienst van België vzw en Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek i.o.v. de Vlaamse Landmaatschappij. Eindrapport, 23/11/2018.



Inhoudstafel

Samenvatting.....	19
1 Inleiding.....	33
2 Aanpak	35
3 Luik 1: Extra gevoelige gebieden in Vlaanderen	37
3.1 WP 1: Literatuurstudie transportwegen, processen en factoren	37
3.1.1 Inventarisatie transportwegen, processen en factoren	37
3.1.2 Begroting van de processen en hun invloedsfactoren	39
3.1.3 Conclusies	50
3.2 WP 2: Kartering van betrokken oppervlaktewaters (OW) en contact landbouwpercelen	51
3.2.1 Doel	51
3.2.2 Aanpak	51
3.2.3 Resultaten	59
3.2.4 Leverbaarheden	62
3.3 WP 3: Kartering van gevoelige gebieden voor andere factoren (GAF)	64
3.3.1 Doel	64
3.3.2 Aanpak en resultaten	64
3.3.3 Leverbaarheden	67
3.4 WP 4: Relatie gevoelige gebieden tot beleid en programma's	68
3.4.1 Doel	68
3.4.2 Aanpak en resultaten	68
3.4.3 Leverbaarheden	69
3.5 WP 5 Synthese en geografische database voor doorrekening scenario's	70
3.5.1 Doel	70
3.5.2 Aanpak en resultaten	70
3.5.3 Leverbaarheden	72
4 Luik 2: Inventarisatie en analyse van bemestingstechnieken.....	73
4.1 Algemeen	73
4.2 WP 6: Inventarisatie en omschrijving bemestingstechnieken	73
4.2.1 Doel	73
4.2.2 Aanpak	73
4.2.3 Resultaten	74
4.2.4 Leverbaarheden	79
4.3 WP 7: Gebruiksdeel van de BT in Vlaanderen	80
4.3.1 Doel	80
4.3.2 Aanpak	80



4.3.3	Resultaten	83
4.3.4	Leverbaarheden	88
4.4	WP 8: Spreidingspatronen BT	89
4.4.1	Doel	89
4.4.2	Aanpak	89
4.4.3	Methodiek	94
4.4.4	Resultaten	101
4.4.5	Leverbaarheden	116
4.5	WP 9: Risicoanalyses	117
4.5.1	Doel	117
4.5.2	Aanpak	117
4.5.3	Resultaten	118
4.5.4	Leverbaarheden	120
4.6	WP 10: Controlemogelijkheden	121
4.6.1	Doel	121
4.6.2	Aanpak	121
4.6.3	Resultaten	121
4.6.4	Leverbaarheden	125
4.7	WP 11: Voorstel BT en controlemogelijkheden voor praktische proeven	127
4.7.1	Doel	127
4.7.2	Aanpak	127
4.7.3	Resultaten	127
4.7.4	Leverbaarheden	128
5	Luik 3: Praktische proeven spreidingspatroon.....	129
5.1	WP12: Spreidingspatronen en risico's op afwijkingen van theoretische spreidingspatronen	129
5.1.1	Doel	129
5.1.2	Aanpak	129
5.1.3	Resultaten	131
5.1.4	Leverbaarheden	134
5.2	WP13: Controlemogelijkheden evalueren in de praktijk	135
5.2.1	Doel	135
5.2.2	Aanpak	135
5.2.3	Resultaten	135
5.2.4	Leverbaarheden	141
5.3	WP14: Afleiden van aangepaste strookbreedtes per bemestingstechniek (ASB)	142
5.3.1	Doel	142



5.3.2	Aanpak	142
5.3.3	Resultaten	142
5.3.4	Leverbaarheden	143
5.4	WP15: Afleiden van best beschikbare bemestingstechnieken (BBT)	144
5.4.1	Doel	144
5.4.2	Aanpak	144
5.4.3	Resultaten	144
5.4.4	Leverbaarheden	144
6	Luik 4: Scenarioanalyse voor landbouw en waterkwaliteit	145
6.1	Werkwijze voor het doorrekenen van scenario's	145
6.1.1	Afbakening bemestingszones en definities	145
6.1.2	Bepaling van de bemesting per perceel o.b.v. BAM	146
6.1.3	Toewijzing van de gebruikte bemestingstechnieken aan de percelen	148
6.1.4	Theoretische berekening van de bemesting langs een waterloop	153
6.1.5	Vereenvoudigde opbrengstresponscurve	158
6.1.6	Berekening van de meemesthoeveelheid per perceel	161
6.1.7	Berekening van de opbrengstverliezen per perceel	161
6.1.8	Berekening machinekosten	164
6.1.9	Kosten meststoffen	169
6.2	Datasets	170
6.2.1	Dataset percelen	170
6.2.2	Dataset bemestingstechnieken	171
6.2.3	Dataset teeltgroepen	172
6.3	WP16: Opbouw van scenario's o.b.v. bemestingstechnieken, bemestingsvrije strookbreedtes en waterlopen	176
6.3.1	Referentiescenario's (s0)	177
6.3.2	Worst case scenario's (swc)	177
6.3.3	Best case scenario's (sbc)	178
6.3.4	Extreem scenario	178
6.3.5	Handhaafbaarheidsscenario's	178
6.3.6	Kanstrooisceario	179
6.4	WP17 & WP18: Resultaten van de scenario-doorrekeningen	180
6.4.1	Gebruikte eenheden en voorbeelden	181
6.4.2	Resultaten per scenario	182
6.4.3	Vergelijking van de scenario's	213
6.4.4	Inschatting van het effect van de scenario's op niet-direct-meemesthoeveelheden	226
6.5	WP19: Besluiten voor beleid	231



6.5.1	Afweging directe verliezen met andere vrachten	231
6.5.2	Controle en handhaving	231
7	Luik 5: Kennisoverdracht en sensibilisering.....	233
7.1	WP20: Tussentijds en eindrapport en samenvatting	233
7.2	WP21: Persbericht en presentaties	233
7.3	WP22: Voorlichtingssessies	234
7.4	WP23: Brochure	234
8	Referenties.....	235
9	Bijlagen.....	239
Bijlage 1.	Illustratie van de aanmaak van de samengestelde kaart	240
Bijlage 2.	Illustratie van de aanmaak van de samengestelde kaart	242
Bijlage 3.	Illustratie attributentabel met grenslengtes	246
Bijlage 4.	Lijst met contacten – gegevens over bemestings-technieken, strooibeelden & verdelingsmetingen (WP.06 & WP.08)	248
Bijlage 5.	Technische fiche per bemestingstechniek (WP.06)	249
Bijlage 6.	Afdrukbare versie enquête – overzicht van de vragen (WP.07)	250
Bijlage 7.	Enquête - lijst met contacten & overzicht van acties/publiciteit (WP.07)	251
Bijlage 8.	Informatiefiches van de 175 verdelingsmetingen met verschillende bemestingstechnieken (WP08)	252
Bijlage 9.	Literatuurstudie: optimalisatie controle – controlemogelijkheden (WP10)	253
Bijlage 10.	Overzicht output enquête www.bemestingstechnieken.be (WP7)	254
Bijlage 11.	Berekening totale kosten voor ‘eigen beheer (€/ha)’ en ‘loonwerk (€/ha)’ voor de verschillende BT	255
Bijlage 12.	Detectie van mengmest op akkerland m.b.v drone beelden – verkennende proef	256
Bijlage 13.	Persbericht	257
Bijlage 14.	Powerpoint presentatie – doelgroep beleid - Nederlands	258
Bijlage 15.	Powerpoint presentatie – doelgroep beleid - Engels	259
Bijlage 16.	Powerpoint presentatie – doelgroep landbouwers - Nederlands	260
Bijlage 17.	Welke bemestingstechnieken worden in Vlaanderen gebruikt? (Vulgariserende publicatie)	261
Bijlage 18.	Detection of fertilizer-free buffer strips using drones or ground-based cameras (Wetenschappelijke publicatie)	262
Bijlage 19.	Brochure bemestingstechnieken	263
Bijlage 20.	Korte samenvatting	264
Bijlage 21.	Brief summary	265



Lijst van figuren

Figuur 1: Transportwegen en processen die tussenkomen in de nutriëntenaanvoer naar het oppervlaktewater	38
Figuur 2: Schematische nutriëntenstroom langs landbouwpercelen en niet landbouwpercelen naar de waterloop.....	41
Figuur 3: Relatie tussen hellingspercentage en S-factor volgens McCool <i>et al.</i> (1987, 1989)	43
Figuur 4: Illustratie van het gebruikte kaartmateriaal.....	51
Figuur 5: (Al dan niet) overlap tussen VHA en GRB voor de verschillende VHA-categorieën.....	52
Figuur 6: Illustratie van het effect van het weglaten van GRB polygonen waar geen VHA-lijn doorloopt. De behouden GRB polygonen zijn in het paars weergegeven, de weggelaten GRB-polygonen in het blauw	53
Figuur 7: Illustratie van GRB polygonen met meerdere VHA-klassen.....	53
Figuur 8: Frequentieanalyse van de verhouding maximale tot totale lengte van VHA-lijnstukken binnen een GRB-polygonen met 2 of meer VHA-segmenten	54
Figuur 9: Illustratie van de aanpak met voorbeeldzoekzone van 2,5 meter.....	55
Figuur 10: Illustratie van de aanpak met zoekzones.....	56
Figuur 11: Zoekzones (rode, blauwe en groene lijnen) rond polygonen van waterlopen (rode, blauwe en groene vlakken) en overlap met landbouwgebruikspercelen (gele rechthoeken).....	57
Figuur 12: Aantal betrokken percelen voor verschillende zoekzones voor verschillende VHA-klassen	58
Figuur 13: Aantal km betrokken waterloop voor verschillende zoekzones voor verschillende VHA-klassen	59
Figuur 14: Aantal betrokken percelen	60
Figuur 15: Aantal km betrokken waterloop.....	61
Figuur 16: Frequentieverdeling (links) en cumulatieve frequentieverdeling (rechts) van het aantal percelen in de dataset in functie van hun grenslengte. De blauwe stippellijn in de cumulatieve verdeling duidt het totaal aantal percelen in de dataset (147 628) aan.....	62
Figuur 17: Bodemtextuur van de percelen geïdentificeerd in WP02.....	64
Figuur 18: Illustratie hellingskaart.....	65
Figuur 19: Erosiegevoeligheid van de percelen geïdentificeerd in WP02.....	66
Figuur 20: Teeltgroep van de percelen geïdentificeerd in WP02 voor 2016	67
Figuur 21: Voorbeeldfiche gebruikte terminologie	76
Figuur 22: Voorbeeldfiche mesttypes – Kunstmest vloeibaar	76
Figuur 23: Voorbeeld technische fiche bemestingstechnieken – bouwland injector.....	77
Figuur 24: Voorbeeld fiche kantstrooien (kant af) en technieken om aan kantstrooien te doen (ketsplaat).....	77
Figuur 25: Verkoopcijfers uit de Fedagrim-database (2011-2016)	79
Figuur 26: Screenshot van de welkomstpagina op www.bemestingstechnieken.be	81
Figuur 27: Vermelding van project en enquête in vakpers en multimedia (details zie Bijlage 7)	82
Figuur 28: Respons op de webenquête www.bemestingstechnieken.be	84
Figuur 29: Fictief voorbeeld van een spreidingspatroon van een kunstmeststofstrooier voor verschillende breedtes van mestluwe of bemestingsvrije strook (0 m, 1 m en 5 m) waarbij aan kant op strooien wordt gedaan en met een waterloop bij de 5 m MLS.....	91
Figuur 30: Opmeten van spreidingspatroon van een kunstmeststofstrooier met behulp van klassieke opvangbakjes.....	92
Figuur 31: Verdelingsmeting van een stalmestverspreider m.b.v. 2 rijen opvangbakjes in overeenstemming met de Europese norm EN 13080 (2003)	93



Figuur 32: Enkelvoudig strooibeeld van 8_Sulky_Van Hamme1_2004 met een werkbreedte van 21 m	96
Figuur 33: Bepalen van absoluut samengesteld strooibeeld en gemiddelde toegepaste dosis op basis van enkelvoudig strooibeeld en werkbreedte voor meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004.....	97
Figuur 34: Bepalen van relatief enkelvoudig en samengesteld strooibeeld op basis van gemiddelde toegepaste dosis in het veld (=100%) voor meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004	98
Figuur 35: Verliescurves (links, rechts en gemiddeld) uitgedrukt als % van de toegepaste dosis in het veld als functie van afstand tot de direct bemeste zone voor meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004.....	99
Figuur 36: Volledig spreidingspatroon uitgedrukt als % van de toegepaste vollevelsdosis in functie van de afstand tot de direct bemeste zone voor meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004 met laatste werkgang op 10,5 m	100
Figuur 37: Driftcurves voor verschillende types spuitdoppen bij gemiddelde weersomstandigheden (windsnelheid = 3 m/s, temperatuur = 16°C en absolute luchtvochtigheid = 8 g/kg)	101
Figuur 38: Individuele verliescurves van de 12 metingen met schotelstrooiers (rode curves) en de 14 metingen van stalmestverspreiders met verticale walsen (blauwe curves) samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval).....	102
Figuur 39: Gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor de schotelstrooiers –standaard (rood - vol), de schotelstrooiers – kant (rood - gestreept), de verticale walsen – standaard (blauw - vol) en de verticale walsen – kant (blauw - gestreept).....	103
Figuur 40: Volledige spreidingspatronen voor de verschillende technieken van stalmestverspreiders met indicatie van de ligging van de laatste werkgang van de schotelstrooiers – standaard en de verticale walsen – standaard.....	104
Figuur 41: Individuele verliescurves van de 22 metingen breedwerpig mengmest verspreiden samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval).....	105
Figuur 42: Gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor het breedwerpig mengmest verspreiden	105
Figuur 43: Volledige spreidingspatronen voor het breedwerpig mengmest toepassen met indicatie van de gemiddelde ligging van het laatste rijpad.....	106
Figuur 44: Individuele verliescurves van de 49 metingen met centrifugaalstrooiers bij standaard-instellingen samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval)	107
Figuur 45: Individuele verliescurves van de 16 metingen met centrifugaalstrooiers ‘kant op’ (grijs/zwart) en 6 metingen ‘kant af’ (groen) samen met de gemiddelden (+ 95% betrouwbaarheidsinterval)	107
Figuur 46: Gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor de centrifugaalstrooiers bij standaard-instellingen (grijs), kant op strooien (groen) en kant af strooien (rood).....	108
Figuur 47: Volledige spreidingspatronen voor de centrifugaalstrooiers bij standaard-instellingen (grijs), kant op strooien (groen) en kant af strooien (rood) met indicatie van de gemiddelde ligging van de laatste rijpaden	108
Figuur 48: Individuele verliescurves van de 8 metingen met pendelstrooiers bij standaard-instellingen (groen), 4 metingen met kantstrooi-instellingen (grijs) samen met de gemiddelde curves.....	109
Figuur 49: Gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor de pendelstrooiers standaard en kant.....	110
Figuur 50: Volledige spreidingspatronen voor de pendelstrooiers bij standaard instellingen (groen) en bij kantstrooien (grijs) met indicatie van de gemiddelde ligging van het laatste rijpad.....	110
Figuur 51: Individuele verliescurves van de 3 metingen met een pneumatische strooier samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval).....	111
Figuur 52: Gemiddelde verliescurves van de verschillende BT zonder (boven) en met (onder) indicatie van 95% BI en aanduiding van de positie van een 5 of 10 m mestluwe of bemestingsvrije strook	113
Figuur 53 Volledige gemiddelde spreidingspatronen van alle BT (boven), de BT voor organische mest (midden) en de BT voor kunstmest (onder).....	116
Figuur 54: Gemiddelde verliescurve voor ‘kant op’ strooien met centrifugaalstrooiers samen met de 75, 90 en 95% BI op basis van 16 individuele verliescurves (Figuur 45)	118



Figuur 55: Worstcaseverliescurves (op basis van bovengrens 95% BI) voor de verschillende BT samen met de gemiddelde verliescurves (stippellijn).....	119
Figuur 56: Illustratie van de bufferzonereglementering voor GBM in België waarbij 1. Verschillende spuittechnieken een driftreductiepercentage krijgen (0, 50, 75 of 90%) (boven), 2. Er op elk product een specifieke bufferzone aangegeven staat (onder rechts) en 3. Deze bufferzone kan aangepast worden naargelang de gebruikte techniek (onder links).....	123
Figuur 57: Fictief voorbeeld van de bepaling van de ASB bij een max. toegelaten verlies van 2.5% voor verschillende BT voor vaste kunstmest.....	124
Figuur 58: Keuring spuittoestellen – momenteel wordt bij de keuring de goede werking van de verschillende onderdelen gecontroleerd (debiet doppen, druk per sectie spuitboom, enz.) alsook de onderhoudstoestand/veiligheid van het toestel.....	126
Figuur 59: Opmeten van het transvers strooibeeld via collectiebakken met roosters. Deze worden nadien afzonderlijk gewogen.....	126
Figuur 60: Testopstelling voor het doormeten van emissiearme toedieningstechnieken voor mengmest	126
Figuur 61: Foto's van de verdelingsmetingen met de Vicon pendelstrooier (standaard- en kantstrooi-instellingen)	130
Figuur 62: Opgemeten enkelvoudige spreidingspatronen en berekende samengestelde (kant)strooibeelden voor elk van de 6 technieken met de pendelstrooier (Tabel 35); (7) en (8) Standaard volveldstoepassing, (1k) Kantstrooi pijp, (2k) Schuinstellen milieustand, (3k) Schuinstellen opbrengststand en (4k) Gereduceerde ophanghoogte en toerental.....	132
Figuur 63: Verliescurves voor elk van de 6 technieken getest met de pendelstrooier samen met de gemiddelde verliescurves voor pendelstrooiers – standaard en pendelstrooiers kant (Tabel 35).....	133
Figuur 64: Volledige spreidingspatronen voor elk van de 6 technieken getest met de pendelstrooier (Tabel 35) met aanduiding van de locatie van de laatste werkgangen	133
Figuur 65: Ligging van het proefperceel R9 (waar de specifieke bemestingsproef zal uitgevoerd worden) en de percelen van ILVO “Neerstraat” en “Over de deur” (waar al enkele verkennende dronevluchten werden uitgevoerd).....	138
Figuur 66: Proefopzet voor de specifieke bemestingsproef: “Detectie van fysiek zichtbare sporen van mest met behulp van camera en drone”	139
Figuur 67: Aanleg van de specifieke bemestingsproef: “Detectie van fysiek zichtbare sporen van mest met behulp van camera en drone”	140
Figuur 68: Gestichte foto's van vlucht boven het perceel “Dier – over de deur” voor (links) en na (rechts) bemesting	140
Figuur 69: Schematisch overzicht van de bemesting langs waterlopen met afbakening van de verschillende zones: zone met lagere bemesting (Z), direct bemeste zone (DBZ), bemestingsvrije strook (MLS).....	146
Figuur 70: Gecorrigeerde (gearceerd) vs. niet-gecorrigeerde resultaten van de scenario-analyses voor de onderschatting van de reële bemestingsdosissen in de randpercelen	148
Figuur 71: Sigmoidale mestspreidingscurve in de zone met lagere bemesting (Z).....	153
Figuur 72: Verdeling van de hoeveelheid mest in de zone met lagere bemesting	154
Figuur 73: Voorbeelden van de theoretische berekening van de bemesting langs waterlopen voor 4 bemestingstechnieken	157
Figuur 74: Voorbeeld van een vereenvoudigde N-responscurve voor suikerbieten	159
Figuur 75: toepassing van bemestingstechnieken met vaste breedte van de bemestingsvrije strook op een perceel: situering van de bemestingsmachines en breedte van de bemestingszones langs de waterloop (in m) DBZ = Direct Bemeste Zone (breedte = ½ werkbreedte), MLS = bemestingsvrije strook, WL = waterloop.....	163
Figuur 76: toepassing van bemestingstechnieken met variabele (optimale) breedte van de bemestingsvrije strook op een perceel: situering van de bemestingsmachines en breedte van de bemestingszones langs de waterloop (in m) DBZ = Direct Bemeste Zone (breedte = ½ werkbreedte), MLS = bemestingsvrije strook, WL = waterloop, OSB = optimale breedte bemestingsvrije strook.....	164
Figuur 77: Procentuele verdeling van de randpercelen volgens teeltgroepen en teeltklassen.....	180
Figuur 78: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario s0, uitgedrukt per m grenslengte	184



Figuur 79: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario s0+, uitgedrukt per m grenslengte.....	186
Figuur 80: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario s0b, uitgedrukt per m grenslengte.....	188
Figuur 81: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario swc1, uitgedrukt per m grenslengte	190
Figuur 82: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario swc2, uitgedrukt per m grenslengte	192
Figuur 83: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario swc3, uitgedrukt per m grenslengte	194
Figuur 84: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sbc1, uitgedrukt per m grenslengte	196
Figuur 85: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sbc1+, uitgedrukt per m grenslengte	198
Figuur 86: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sbc2, uitgedrukt per m grenslengte	200
Figuur 87: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sbc3, uitgedrukt per m grenslengte	202
Figuur 88: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sextr, uitgedrukt per m grenslengte.....	204
Figuur 89: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sh1, uitgedrukt per m grenslengte.....	206
Figuur 90: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sh2, uitgedrukt per m grenslengte.....	208
Figuur 91: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sh3, uitgedrukt per m grenslengte.....	210
Figuur 92: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sk, uitgedrukt per m grenslengte	212
Figuur 93: Overzicht resultaten van de scenario's: totalen voor Vlaanderen.....	214
Figuur 94: Overzicht resultaten van de scenario's: resultaten per m grenslengte langs waterloop.....	215
Figuur 95: Overzicht resultaten van de scenario's: resultaten in % van perceelsofbrengst en totaal toegediende bemesting	215
Figuur 96: Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts) voor de belangrijkste scenario's	216
Figuur 97: Overzicht resultaten van de scenario's: totalen voor Vlaanderen, per teeltgroep.....	221
Figuur 98: Effect van de invoering van bemestingsvrije stroken langs geklasseerde (s0) en langs alle (s0b) waterlopen in vergelijking met de situatie zonder bemestingsvrije stroken (swc1). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).....	222
Figuur 99: Effect van het invoeren van een teeltvrije strook van 1m langs alle waterlopen.....	223
Figuur 100: Effect van de invoering van teeltvrije stroken (resp. s0+ en sbc1+) in vergelijking met de situatie zonder teeltvrije stroken (resp. s0 en sbc1). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).....	223
Figuur 101: Effect van een toenemende breedte van de teeltvrije & bemestingsvrije strook (swc1, sh1, sh2, sh3)	224



Figuur 102: Effect van een toenemende breedte van teeltvrije en bemestingsvrije stroken (resp. swc1, sh1, sh2 en sh3). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).	224
Figuur 103: Effect van de vervanging van de huidige bemestingstechnieken (s0+) door de best beschikbare technieken (sbc3). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).....	225
Figuur 104: Extra machinekosten in de verschillende scenario's t.o.v. de huidige situatie	225
Figuur 105: Effect van het toepassen van kantstrooien waar mogelijk (sk) in vergelijking met de huidige situatie (s0+). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).	226
Figuur 106: Gedeelte van de mestspreadscurve dat gevoelig is voor niet-direct meemesten.....	227
Figuur 107: Links: cumulatieve frequentieverdeling van de afspoeling [g N/meter grenslengte] voor de randpercelen voor scenario's s0b, swc1 en sbc3, en casussen "100%" en "gradueel" (grad). Rechts: zelfde figuur, ingezoomd op de 20% percelen met de hoogste afspoeling en 0 tot 50 g N/meter GL afspoeling.	230
Figuur 108: Links: cumulatieve frequentieverdeling van de afspoeling [g P/meter grenslengte] voor de randpercelen voor scenario's s0b, swc1 en sbc3, en casussen "100%" en "gradueel" (grad). Rechts: zelfde figuur, ingezoomd op de 20% percelen met de hoogste afspoeling en 0 tot 50 g P/meter GL afspoeling.	230



Lijst van tabellen

Tabel 1: Gemiddelde verliezen (% van de toegepaste volleveldsdosis) voor verschillende BT op verschillende afstanden van de direct bemeste zone.	24
Tabel 2: Breedte van de ASB (of bemestingsvrije strook) (m) voor de verschillende BT die noodzakelijk is om verliezen te beperken tot 0, 1, 2.5 of 5% op basis van gemiddelde (links) en worst case (rechts) verliescurve.....	25
Tabel 1: Statistieken i.v.m. de breedte van de waterlopen o.b.v. analyse van het GRB-WTZ voor Vlaanderen.....	39
Tabel 2: Oppervlakkige afspoeling van N en P voor de 11 bekkens in Vlaanderen volgens NEMO (bron: VMM), gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012	40
Tabel 3: K-factor voor verschillende textuurklassen volgens Notebaert <i>et al.</i> (2006) en Oorts <i>et al.</i> (2018).....	43
Tabel 4: Voorbeeld berekening OA_{perceel} voor stikstof, voor 16 percelen met OA_{bekken} en LW_{bekken} voor het Dijle- en Zennebekken	45
Tabel 5: N- en P-vracht via grondwater voor de 11 bekkens in Vlaanderen volgens NEMO (bron: VMM), gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012	47
Tabel 6: Voorbeeld berekening GW_{perceel} voor stikstof, voor 16 percelen met GW_{bekken} en $LW_{\text{bekken,niet gedraineerd}}$ voor het Dijle- en Zennebekken	48
Tabel 7: N- en P-vracht via drainage voor de 11 bekkens in Vlaanderen volgens NEMO (bron: VMM), gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012	48
Tabel 8: Voorbeeld berekening DR_{perceel} voor stikstof, voor 16 percelen met DR_{bekken} en $DR_{\text{bekken,niet gedraineerd}}$ voor het Dijle- en Zennebekken	49
Tabel 9: Breedte van de waterlopen van verschillende VHA-klassen op basis van de verhouding omtrek-oppervlakte van de GRB-polygonen binnen die bepaalde klasse.....	54
Tabel 10: Aantal betrokken percelen voor verschillende zoekzones voor verschillende VHA-klassen.....	58
Tabel 11: Aantal km betrokken waterloop voor verschillende zoekzones voor verschillende VHA-klassen	58
Tabel 12: Aantal betrokken percelen	60
Tabel 13: Aantal km betrokken waterloop	60
Tabel 14: Aantal percelen in de dataset in functie van de grenslengte.....	62
Tabel 15: Aantal randpercelen en grenslengte in kilometer voor de berekening op basis van de percelenkaart van 2012, voor de verschillende VHA-klassen.....	63
Tabel 16: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de verschillende textuurklassen van de bodemkaart (klasse G, X, en M niet getoond wegens verwaarloosbaar klein) voor de verschillende VHA-categorieën	65
Tabel 17: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de verschillende drainagetrappen van de bodemkaart voor de verschillende VHA-categorieën	65
Tabel 18: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de verschillende erosiegevoeligheidsklassen voor de verschillende VHA-categorieën. Erosiegevoeligheidsklasse “zeer laag” is inclusief “verwaarloosbaar”	66
Tabel 19: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor landgebruik grasland, akkerbouw en groenten, en overig landgebruik (fruitbomen, sierteelt,...) voor de verschillende VHA-categorieën in 2016	67
Tabel 20: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het beleidsthema focusgebieden voor de verschillende VHA-categorieën. Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven	69
Tabel 21: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het beleidsthema fosfaat voor de verschillende VHA-categorieën. Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven	69



Tabel 22: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het beleidsthema focusgebieden voor landgebruik akkerbouw (incl. groententeelt), grasland, en overig landgebruik (fruitbomen, sierteelt,...). Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven	70
Tabel 23: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het beleidsthema focusgebieden voor de verschillende bodemtextuurklassen (klasse G, M, V, en X niet getoond wegens verwaarloosbaar klein). Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven	71
Tabel 24: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het beleidsthema focusgebieden voor de verschillende erosiegevoeligheidsklassen. Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven. Erosiegevoeligheidsklasse “zeer laag” is inclusief “verwaarloosbaar”	72
Tabel 25: Lijst van 16 bemestingstechnieken in gebruik in Vlaanderen of potentieel bruikbaar	75
Tabel 26: Totale kost eigen beheer (€/ha)” en “kost loonwerk (€/ha)” van de verschillende BT.....	78
Tabel 27: Inschatting van het aantal machines per BT voor Vlaanderen.....	85
Tabel 28: Inschatting van het aantal machines per BT voor België	86
Tabel 29: Verdeelsleutel per mestsoort van de totale hoeveelheid mest die per jaar door de bemestingstechnieken uitgespreid worden	87
Tabel 30: Procentueel aandeel van kantstrooiotechnieken in de hoeveelheid mest die per BT wordt toegepast	88
Tabel 31: Verschillende BT met (oranje) en zonder (groen) risico op meemesten	89
Tabel 32: Overzicht van het aantal beschikbare verdelingsmetingen van BT met een risico op meemesten zowel met als zonder kantstrooi-instellingen. Een ‘x’ in de kolom ‘met/zonder kantstrooi-instellingen’ betekent dat deze bemestingstechniek al dan niet kan toegepast worden met kantstrooi-instellingen	94
Tabel 33: Informatiefiches van verdelingsmetingen 1-8 van centrifugaalstrooiers bij standaard-instellingen	95
Tabel 34: Werkbreedte, gewenste dosis, gemiddelde dosis, variatiecoëfficiënt, rijnsnelheid (gemiddeld, [min-max]) van de experimenten met de verschillende BT	101
Tabel 35: Gemiddelde verliezen (% van vollevelsdosis) voor de verschillende BT op afstanden van 0.25, 1, 2, 2.5, 3, 4, 5, 7.5, 10 en 12.5 m van de direct bemeste zone	114
Tabel 36: Worst case (o.b.v. bovengrens 95% BI) (boven) en gemiddelde (onder) verliezen voor de verschillende BT op afstanden van 0.25, 1, 2, 2.5,3, 4, 5, 7.5, 10 en 12.5 m van de direct bemeste zone.	120
Tabel 37: Instellingen van de 6 verdelingsmetingen met de Vicon Superflow PS pendelstrooier.....	130
Tabel 38: VC-waarden aan de rand van de direct bemeste zone (van -18 m tot 0 m) voor elk van de 6 technieken.....	134
Tabel 39: Overzicht van de dagen waarop er beelden van de specifieke bemestingsproef verzameld werden en hoe dit gebeurde.....	137
Tabel 40: Breedte van de ASB (of bemestingsvrije strook) (m) voor de verschillende BT die noodzakelijk is om verliezen te beperken tot 0, 1, 2.5 of 5% op basis van gemiddelde (boven) en worstcase (onder) verliescurve	142
Tabel 41: Meemesteffect (in % van toegepaste vollevelsdosis) voor verschillende BT en dit zowel op basis van gemiddelde en worstcase verliescurves.....	143
Tabel 42: BBT voor de verschillende mestsoorten op basis van het laagste verlies op 5 m van de direct bemeste zone en de praktische implementeerbaarheid voor Vlaanderen	144
Tabel 43: Mestgebruik in Vlaanderen in 2012 en 2016 (bron: VLM 2013 en VLM 2017).....	147
Tabel 44: Restricties voor toewijzing van bemestingstechnieken aan percelen.....	150
Tabel 45: Controle aandeel toegewezen bemestingstechnieken	151
Tabel 46: Bemestingstechnieken (BT) en overeenkomstige BBT, SBT en KBT	152
Tabel 47: Optimale strookbreedte per bemestingstechniek	156

////////////////////////////////////

Tabel 48: Vereenvoudigde N-responscurves per teeltgroep: N-levering door bodem, depositie en (optimale) bemesting, N_{opt} (optimale hoeveelheid beschikbare N), N_0 (beschikbare N waarbij de opbrengst=0), Y_{max} (maximale opbrengst), a (opbrengst bij beschikbare N = 0) en b (meeropbrengst per kg N)	160
Tabel 49: Correctiefactoren opbrengstverliezen (o.b.v. overleg met VLM, e-mail van 31/10/2018)	161
Tabel 50: Maximaal aantal bemestingsdoorgangen per jaar in functie van de teeltgroep	166
Tabel 51: Berekende kostprijzen per bemestingstechniek (BT) en per doorgang	168
Tabel 52: VLM-teeltcodes die niet meegenomen worden in de scenarioberekeningen	173
Tabel 53: Indeling teeltcodes VLM in 48 teeltgroepen en 3 teeltklassen	174
Tabel 54: Lijst scenario's	177
Tabel 55: Voorbeeldberekening van opbrengstverliezen in de bemestingsvrije strook voor 3 verschillende teelten	182
Tabel 56: Overzicht van de resultaten van de scenario's: meemesthoeveelheden	217
Tabel 57: Overzicht van de resultaten van de scenario's: opbrengstverliezen	218
Tabel 58: Overzicht van de resultaten van de scenario's: extra machinekosten t.o.v. scenario s_0 en kunstmestbesparingen langs waterlopen	219
Tabel 59: Overzicht van de 2 casussen voor afspoeling van de bemestingsvrije strook	228
Tabel 60: Afspoeling en directe verliezen in ton N/jaar voor Vlaanderen, met een vergelijking van de gemiddelde NEMO-output voor de periode 2010-2012	228
Tabel 61: Afspoeling en directe verliezen uitgedrukt als percentage van de totale N-vracht naar het oppervlaktewater volgens NEMO (gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012)	228
Tabel 62: Afspoeling en directe verliezen in ton P/jaar voor Vlaanderen, met een vergelijking van de gemiddelde NEMO-output voor de periode 2010-2012	229
Tabel 63: Afspoeling en directe verliezen uitgedrukt als percentage van de totale P-vracht naar het oppervlaktewater volgens NEMO (gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012)	229
Tabel 64: Nutriëntenvrachten volgens NEMO (gemiddelde resultaten voor periode 2010-2012), en de directe verliezen naar de waterloop berekend in het huidige project voor de scenario's swc1, s_0 en s_0+ , voor Vlaanderen	231



Lijst met gebruikte afkortingen en begrippen

Aandachtsgebieden: Gebieden omschreven binnen de stroombekkenbeheerplannen waar goede toestand van de waterlichamen haalbaar geacht wordt mits gerichte inspanningen maar waarschijnlijk niet tegen 2021

AD: Atmosferische Depositie

AG: Aandachtsgebieden van het Integraal Waterbeleid

AGIV: Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen

AMS: Afdeling Monitoring en Studie van Beleidsdomein Landbouw en Visserij van de Vlaamse Overheid

AS: Adorptie en sedimentatie (voor P) [kg of ton P /jaar]

ASB: Aangepaste strookbreedte per bemestingstechniek [m]

AQWEST: De onderzoeksgroep Aquatische, Wetland en Estuariene Ecosysteemdiversiteit maakt deel uit van het INBO met als missie om, op basis van monitoringresultaten, te evalueren of vooropgestelde ecologische beleidsdoelstellingen ook effectief gehaald worden

BAM: BemestingsAllocatieModel, ontwikkeld in het kader van het ArcNEMO-project (Van Opstal et al., 2014)

BBT: Best beschikbare BemestingsTechniek

BDB: Bodemkundige Dienst van België vzw

BI: Betrouwbaarheidsinterval

BO Beheersovereenkomsten m.b.t. percelen of delen van percelen in het kader van het PDPOIII

BT: Bemestingstechnieken (alle)

BWK: Biologische Waarderingskaart: polygonen met bepaalde biologische waarde en met combinatie van voorkomende vegetatiekundige eenheden, elementen van menselijk gebruik en ecotypes

C-factor: gewaserosiviteitsfactor volgens Verbist et al. (2004) [-]

CN: Curve Number

DBZ: Direct Bemeste Zone [m²]

DI: Directe zaai

DN: Denitrificatie [kg of ton N /jaar]

DOV: Databank Ondergrond Vlaanderen

DR: Aanvoer via drainage [kg of ton N of P /jaar]

DWA: Droogweerafvoer, rioolafvoer voor afvalwater

GAF: Gevoelige gebieden voor Andere Factoren (GAF) dan meemesten m.b.t. bemestingsvrije strookbreedte

GBM: Gewasbeschermingsmiddelen

GL: GrensLengte langs waterlopen [m]

GO: Gewasopname [kg of ton N of P /jaar]

GPS: Global positioning system

////////////////////////////////////

GRB: Het Grootchalig Referentiebestand is een digitale topografische referentiekaart van Vlaanderen. Het GRB bevat enkel geografische en kenmerkende informatie van goed definieerbare, conventioneel aanvaarde referentiegegevens, o.m. percelen, wegen, waterlopen enz. De gegevens zijn bruikbaar in voorstelling met een schaalbereik tussen 1/250 en 1/5000.

GRB-WTZ: Aanduiding van de watergangen in het Grootchalig Referentiebestand. De watergang (wtz) beslaat het gebied dat rechtstreeks gedomineerd wordt door de fysieke aanwezigheid van oppervlaktewater (waterlopen en stilstaande wateroppervlakken). In de praktijk benadert de watergang het oppervlak tussen de insteken van de beide oevertaluds (kruin).

GRUP: Gewestelijke Ruimtelijke Uitvoeringsplannen

GW: Aanvoer via het grondwater [kg of ton N of P /jaar]

HBT: Huidige BemestingsTechniek

HBTk: Huidige BemestingsTechniek met kantstrooien

ILVO: Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

INBO: Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

IPM: Integrated Pest Management

IWB: Het integraal waterbeleid in Vlaanderen. Het beleid bevat ook de omzetting van de EU-kaderrichtlijn Water en de Overstromingsrichtlijn

k: krommingscoëfficiënt van de mestspreadscurve [m⁻¹]

K: geklasseerde waterlopen

K-factor: bodemerosiegevoeligheidsfactor volgens Notebaert et al. (2006) en Oorts et al. (2018) [-]

KBA: Een in dit onderzoek ontwikkelde kartering (kaart en attributen) van de betrokken oppervlaktewaters

KLE: Kleine landschapselementen zijn de lijn- of puntvormige elementen waarvan het uitzicht, de structuur of de aard deel uitmaken van de natuur, bv. hagen, dijken, poelen, bomenrijen, enz. Deze elementen kunnen het resultaat zijn van menselijke ingrepen.

KMva: vaste kunstmest

KMvl: vloeibare kunstmest

kostEB: kostprijs uitvoering bemesting (machinekost) in eigen beheer [€/ha]

kostLW: kostprijs uitvoering bemesting (machinekost) in loonwerk [€/ha]

KRW: Europese kaderrichtlijn Water. Deze richtlijn is sinds 2000 van kracht en tekent een uniform waterbeleid uit in de hele Europese Unie.

LW: totale lengte van waterlopen [m]

MAP: Mestactieplan

MB: MachineBreedte = werkbreedte van de machine [m]



½MB: halve MachineBreedte, komt overeen met de breedte van de direct bemeste zone (DBZ)	[m]
MD: bemestingsdosis	[kg N of P /m ²]
MDw: werkelijke bemestingsdosis	[kg N of P /m ²]
MDg: gewenste bemestingsdosis	[kg N of P /m ²]
MH: totale mesthoeveelheid	[kg N of P]
MLS: Bemestingsvrije strook (is eerder een Mest"Luwe" Strook) die begint op een afstand van een halve werkbreedte van de machine en kan grenzen aan de waterloop	[m ²]
MW: hoeveelheid mest in de waterloop	[kg N of P]
NDMM: Niet-direct meemesteffect	[kg of ton N of P /jaar]
NDVI: Normalized Difference Vegetation Index	[-]
NEMO: Nutrient Emission Model, ontwikkeld in het kader van het ArcNEMO-project (Van Opstal et al., 2014)	
NK: niet-geklasserde waterlopen	
Nopt: optimale hoeveelheid beschikbare stikstof	[kg N/ha]
NO: beschikbare N-hoeveelheid waarbij de opbrengst daalt tot 0 €/ha	[kg N/ha]
NV: Nutriëntenvrucht	[kg of ton N of P /jaar]
OA: Oppervlakkige Afspoeling	[kg of ton N of P /jaar]
Oeverzone: Strook land vanaf de bodem van de bedding van het oppervlaktewaterlichaam die een functie vervult inzake de natuurlijke werking van watersystemen of het natuurbehoud of inzake de bescherming tegen erosie of inspoeling van sedimenten, pesticiden of meststoffen	
Oppervlaktewater: Al het permanent of op geregelde tijdstippen stilstaande of stromende water op het landoppervlak, uitgezonderd het grondwater, aan de landzijde van de basislijn vanaf waar de breedte van de territoriale zee wordt gemeten	
OSB: Optimale StrookBreedte, wordt gedefinieerd als de strookbreedte waarbij maximaal een bepaald percentage (bv. 0,1%) van de toegediende bemestingsdosis in de waterloop terechtkomt via meemesten	[m]
OU: Oppervlakkige uitspoeling of interflow	[kg of ton N of P /jaar]
OMva: Vaste organische mest	
OMvl: Vloeibare organische mest	
OW: Oppervlaktewater	
OWL: Oppervlaktewaterlichaam, een onderscheiden oppervlaktewater, bv. een meer, een wachtbekken, een spaarbekken, een stroom, een rivier, een kanaal, een overgangswater, of een deel van een stroom, rivier, kanaal of overgangswater	
PAE: Apparatuur voor de toepassing van pesticiden	
PDPOIII: Het derde Vlaams Programma voor Plattelandsontwikkeling 2014-2020. Plattelandsontwikkeling is de tweede pijler van het Europese Gemeenschappelijke Landbouwbeleid.	



R.U.S.L.E.: Revised Universal Soil Loss Equation (Renard et al., 1997).

S-factor: factor voor het bodemerosierisico in functie van de lokale hellingsgraad volgens het RUSLE-model [-]

SB: StrookBreedte = breedte van de bemestingsvrije strook. [m]

sb: Best case scenario

SBT: Slechtst beschikbare BemestingsTechniek

sextr: extreem scenario

sh: handhaafbaarheidsscenario

sk: kantstrooisceario

SPG: Speerpuntgebieden van het Integraal Waterbeleid: gebieden omschreven binnen de stroombekkenbeheerplannen waar goede toestand van de waterlichamen haalbaar geacht wordt tegen 2021 mits gerichte inspanningen

swc: worst case scenario

t: buigpunt van de mestspredingscurve [m]

Talud: Strook land binnen de bedding van een oppervlaktewaterlichaam vanaf de bodem van de bedding tot aan het begin van het omgevende maaiveld of de kruin van de berm

TVS: Teeltvrije strook

VC: variatiecoëfficiënt [%]

VEN: Vlaams Ecologisch Netwerk

VHA: Vlaamse Hydrografische Atlas

WB: Breedte van de Waterloop [m]

Ymax: maximale gewasopbrengst [€/ha]

Z: Zone met lagere bemesting, in de buitenste werkgang tussen de machine en de waterloop, is gelijk aan DBZ+MLS [m²]



SAMENVATTING

Deze studie kadert in de realisatie van de waterkwaliteitsdoelstellingen zoals opgelegd in het kader van de Nitraatrichtlijn en de Actieprogramma's die hieraan gekoppeld zijn.

Het huidige Mestdecreet stelt dat "het op of in de bodem brengen van meststoffen verboden is tot 5 m landinwaarts van de bovenste rand (van het talud) van een waterloop, tot 10 m voor waterlopen gelegen in het Vlaams Ecologisch Netwerk en tot 10 m als een steile helling grenst aan een waterloop". Een uitzondering op dit verbod vormt de bemesting door rechtstreekse uitscheiding (begrazing). De waterlopen die hierboven worden bedoeld zijn de bevaarbare en onbevaarbare waterlopen van de eerste, tweede en derde categorie, ingedeeld op grond van de wet van 28 december 1967 betreffende onbevaarbare waterlopen (geklasseerde waterlopen).

In het kader van deze studie werd in de toepassing van het Mestdecreet aangenomen dat de landbouwer of loonwerker bij het uitvoeren van een bemesting steeds een afstand aanhoudt van een halve werkbreedte van de bemestingsmachine (= de "direct bemeste zone") tot aan deze "bemestingsvrije strook" (goede bemestingspraktijk). Dit betekent dat er in de praktijk, afhankelijk van het mestspreads patroon van de machine, toch nog een beperkte hoeveelheid mest buiten deze halve werkbreedte kan terechtkomen. Daarom werd in deze studie ook de aanduiding "mestluwe" i.p.v. "bemestingsvrije" strook gebruikt.

Daarnaast dient vermeld te worden dat sinds 2018 ook de verplichting gehandhaafd wordt om langs alle waterlopen (geklasseerde en niet-geklasseerde) een onbewerkte en dus teeltvrije zone van 1 m breed te respecteren.

Het risico op instroom van nutriënten afkomstig van bemesting van percelen nabij waterlopen is afhankelijk van verschillende factoren die de landbouwer al dan niet in de hand heeft. De studie spitste zich toe op de verschillende gangbare en best beschikbare bemestingstechnieken en de noodzakelijke bemestingsvrije-strookbreedtes met het doel het risico op nutriënteninstroom in waterlopen betekenisvol te reduceren.

Het doel van de studie is om aanbevelingen te formuleren voor goede landbouwpraktijken en voor het beleid met betrekking tot best beschikbare bemestingstechnieken en aangewezen breedtes voor bemestingsvrije stroken langs de Vlaamse waterlopen. Het zwaartepunt ligt hierbij op het meemesteffect, maar daarnaast wordt ook een inschatting gemaakt van de (plaatsspecifieke) rol van andere factoren op de waterkwaliteit.

In het proces van de studie werden methodiek en beslissingen steeds doorgesproken met de opdrachtgever, en eveneens met de begeleidende stuurgroep samengesteld door de opdrachtgever en bestaande uit experts van de betrokken administraties en andere stakeholders.

De opdracht in deze studie omvatte 5 luiken:

Luik 1: In kaart brengen van extra gevoelige gebieden in Vlaanderen

Luik 2: Inventarisatie en analyse van bemestingstechnieken

Luik 3: Praktische proeven mestspreads patronen

Luik 4: Scenario-analyse voor landbouw en waterkwaliteit

Luik 5: Kennisoverdracht en sensibilisering

//

Luik 1: In kaart brengen van extra gevoelige gebieden in Vlaanderen

Inventarisatie en begroting van transportwegen en processen

In Luik 1 werd in beeld gebracht waar in Vlaanderen er naast het meemesteffect ook andere factoren een grote rol spelen voor wat betreft het risico op nutriënteninstroom ten gevolge van bemesting van percelen grenzend aan oppervlaktewater ("randpercelen"). Dit liet toe om het belang van meemesteffecten t.o.v. andere effecten af te toetsen.

De verschillende transportwegen waarlangs nutriënten onbedoeld in het oppervlaktewater terechtkomen evenals de omzettingprocessen die plaatsvinden tijdens dit transport werden geïnventariseerd, evenals de factoren die deze processen beïnvloeden. De focus werd hierbij gelegd op de nutriënten N en P. De volgende transportwegen werden onderscheiden: directe depositie tijdens bemesting ("meemesten"), atmosferische depositie, afspoeling, uitspoeling, drainage. Tijdens dit transport evenals in het oppervlaktewater zelf zijn nutriënten onderhevig aan verschillende processen die er voor kunnen zorgen dat ze tegengehouden, omgezet en/of verwijderd worden: gewasopname, fysische processen (adsorptie, sedimentatie), chemische en microbiologische processen (denitrificatie).

De **atmosferische depositie** in Vlaanderen bedraagt gemiddeld 30 kg N en gemiddeld 0,33 kg P per hectare per jaar. Dit zijn relatief kleine hoeveelheden. De hoeveelheid nutriënten die via deze weg in het oppervlaktewater terechtkomen wordt bovendien niet beïnvloed door de breedte van bemestingsvrije strook en zijn ook niet noodzakelijk afkomstig van de landbouw.

De totale instroom van nutriënten uit de landbouw in het oppervlaktewater door **oppervlakkige afspoeling** werd met het NEMO-model berekend op 597 ton N/jaar en 163 ton P/jaar voor Vlaanderen. Ongeveer de helft hiervan, nl. 298 ton N/jaar en 81 ton P/jaar, spoelt af via landbouwpercelen grenzend aan waterlopen ("randpercelen"). Oppervlakkige afspoeling wordt beïnvloed door de hellingsgraad, de bodemtextuur, de drainageklasse en de bodembedekking in de winter. Het werd aangetoond dat de invloed van de breedte van de strook op de bijdrage van oppervlakkige uitspoeling aan de nutriëntenvrucht naar het oppervlaktewater verwaarloosbaar is.

Een effect dat weinig in de literatuur aan bod komt, is de impact van mest die niet direct in de waterloop terecht komt, maar direct naast de waterloop blijft liggen, waardoor deze bij regenval gemakkelijk afspoelt en op korte termijn in het water kan terechtkomen. De reductie in het direct meemesten die door bemestingsvrije stroken bereikt wordt, zal door deze afspoeling, indien die zich voordoet, deels teniet gedaan worden. Dit **niet-direct meemesteffect** kan bij de berekende oppervlakkige afspoeling opgeteld worden. In tegenstelling tot een bufferstrook heeft een bemestingsvrije strook geen invloed op afspoeling aangezien deze op zich geen verschil in gewas of ruwheid van de bodem veroorzaakt. De bemestingsvrije strook heeft wel een invloed op de reistijd van de nutriënten doordat ze verder van de waterloop afgezet worden en dus een langere reistijd hebben om naar de waterloop te migreren. Een toename in reistijd betekent dat er voor stikstofvormen meer kansen zijn op denitrificatie en voor fosfor meer kansen op sorptie. De toename in reistijd is sterk afhankelijk van de bodemfysische eigenschappen (voornamelijk vochthuishouding) en de lokale hellingsgraad vlak naast de waterloop. De uiteindelijke impact van deze toegenomen reistijd op de afname van nutriëntenvrucht naar de waterloop wordt echter als eerder gering beschouwd. Immers, denitrificatie op perceelsniveau heeft slechts een zeer klein aandeel in de N-balans en, indien de P-beschikbaarheid in de bodem aan het oppervlak van de bemestingsvrije strook dezelfde is als deze in de rest van het perceel, zal er (onder aanname van evenwicht van P tussen bodem en afspoelend water) geen bijkomende sorptie optreden in de bemestingsvrije strook in vergelijking met een referentiestrook.



Bij **uitspoeling vanuit het grondwater** heeft de breedte van de bemestingsvrije strook slechts een verwaarloosbaar effect op de reistijd van de nutriënten tot aan het oppervlaktewater. Voor dit proces werden met het NEMO-model waarden berekend van 9 444 ton N/jaar en 202 ton P/jaar voor heel Vlaanderen.

Ook bij **drainage** is het effect van de breedte van de bemestingsvrije strook verwaarloosbaar. Voor deze bijdrage werden met het NEMO-model waarden berekend van 12 608 ton N/jaar en 244 ton P/jaar voor heel Vlaanderen.

Kartering van betrokken oppervlaktewaters en contact landbouwpercelen

Op basis van de Vlaamse Hydrografische Atlas, het Grootchalig Referentiebestand en de Watervlakkenkaart werd in deze studie een geografische database opgesteld van mogelijk betrokken oppervlaktewaters: geklasseerde en niet-geklasseerde waterlopen en ook de stilstaande waters (vijvers, poelen, afgesloten meanderarmen,...). Door overlay met de GIS-laag van de landbouwgebruikspercelen werden de percelen grenzend aan deze oppervlaktewaters geïdentificeerd en werd hun grenslengte aan deze waters bepaald. Hierbij uitgegaan van een breedte van 3 m voor de waterlopen waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn in het GRB voor niet-geklasseerde waterlopen (onder het GRB worden waterlopen gekarteerd vanaf een breedte van 3 m). Voor alle waterlopen werd een "zoekzone" van 2,5 m breed langs de waterlopen gehanteerd. In totaal werden op deze manier 140 561 landbouwpercelen geïdentificeerd, met een totale grenslengte langs oppervlaktewaters van 22 925 km, waarvan 14 556 km langs geklasseerde en 8 368 langs niet-geklasseerde waterlopen en stilstaande waters. Van deze percelen hebben 86% een grenslengte tussen 0 en 300 m, en 2% minder dan 5 m. De grenslengte van niet-geklasseerde waterlopen en van stilstaande waters betekenen resp. 29 % en 7% van de totale grenslengte langs oppervlaktewaters.

Kartering van de gevoelige gebieden voor andere factoren

De andere belangrijkste factoren geïdentificeerd bij de begroting van de transportwegen en de processen betroffen de bodemtextuur, de hellingsgraad, de drainageklasse en de bodembedekking in de winter. De bodemtextuur en drainageklasse zijn beschikbaar voor heel Vlaanderen als attribuut bij de Bodemkaart van België en werden gekoppeld aan de opgestelde geografische database van de percelen. Voor de hellingsgraad werd gebruik gemaakt van de hellingenkaart van AGIV (maart 2014). De bodembedekking in de winter werd afgeleid uit de teeltgegevens in de landbouwgebruiksperceelkaart.

Relatie gevoelige gebieden tot beleid en programma's

De beleidselementen i.v.m. mestbeleid, beheerovereenkomsten, erosiebestrijdingsmaatregelen en het VEN werden opgenomen in de geografische database.

Luik 2 en Luik 3: Inventarisatie en analyse van bemestingstechnieken en praktische proeven mestspreads patronen

Inventarisatie en omschrijving bemestingstechnieken

In Luik 2 werd een **inventarisatie** gemaakt van de gebruikte bemestingstechnieken in Vlaanderen voor toediening van zowel organische als minerale meststoffen (dierlijke mestsoorten, kunstmeststoffen; in vloeibare en vaste vorm). Dit resulteerde in een lijst van **16 bemestingstechnieken** in gebruik of potentieel bruikbaar in Vlaanderen. Deze technieken werden beschreven in **technische fiches** met informatie over hun werkingsprincipe, technische parameters (werkbreedte, gewicht, laadvermogen), opties om meemesten te reduceren (bv. kantstrooittechnieken) en kostprijzen (aankoop/aanpassing machine, arbeidsuren, loonwerk, brandstofverbruik). Voor elke bemestingstechniek werd een onderbouwde benadering gemaakt van de kostprijs voor het gebruik in eigen beheer of in loonwerk. Om de technische fiches correct te kunnen interpreteren werd de gebruikte terminologie (werkbreedte, strooibreedte, direct bemeste zone, verliezen, meemesten, enz.)



gedefinieerd en geïllustreerd en werden de verschillende mesttypes omschreven en gelinkt aan de overeenkomstige bemestingstechnieken.

Gebruiksaandeel van de bemestingstechnieken in Vlaanderen

Om het **gebruiksaandeel** van de verschillende bemestingstechnieken in Vlaanderen te bepalen werd een uitgebreide **webenquête** gelanceerd met speciale aandacht voor technieken en maatregelen die het risico op meemesten beperken. Deze enquête omvatte 152 vragen betreffende o.a. type, grootte en ligging van het bedrijf, gebruikte meststoffen en hoeveelheden, gebruikte technieken in eigen beheer en/of loonwerk, maatregelen om meemesten te vermijden, enz. In totaal werd de enquête gestart door 562 landbouwers en 55 loonwerkers, waarvan 466 landbouwers en 39 loonwerkers de enquête volledig ingevuld hebben. Resultaten gaven o.m. aan

- dat elke landbouwer gemiddeld 2 technieken in eigen beheer bezit, en elke loonwerker gemiddeld 3 technieken bezit,
- dat de meest populaire techniek de centrifugaalstrooier is met naar schatting 21 500 toestellen in België.

Per mesttype werd het aandeel van iedere bemestingstechniek en van loonwerk/eigen beheer bepaald. Zo wordt in het geval van vaste organische mest 50% van de totale hoeveelheid in Vlaanderen toegepast in loonwerk en 50% in eigen beheer; 24% wordt toegepast met schotelstrooiers, 55% met verticale walsen en 21% met horizontale walsen. In geval van schotelstrooiers wordt in ongeveer 50% van de gevallen een kantstrooi techniek gebruikt; bij verticale walsen is dit 75%.

Ook het verschil in gebruikte technieken tussen landbouwers en loonwerkers kwam uit deze enquête naar voor. Zo maken hoofdzakelijk landbouwers nog gebruik van horizontale walsen en zijn het vooral loonwerkers die reeds over technieken voor kantstrooien beschikken. Ook voor de andere mesttypes en technieken zijn dergelijke gegevens beschikbaar in dit rapport. Er werden geen significante verschillen vastgesteld tussen regio's of sectoren.

Tot slot bleek uit de enquête ook dat landbouwers en loonwerkers zich bewust zijn van het meemestriscico bij breedwerpige technieken en ervaren ze weinig of geen risico bij de precisietechnieken (bv. mestinjectie en rijenbemesting). Inzetten op bemestingstechnieken die de mest preciezer kunnen verdelen, op de plek waar de mest thuishoort, wordt als meest efficiënte maatregel naar voor geschoven om meemesten te reduceren. Er is een lichte voorkeur voor bemestingsvrije stroken met een variabele breedte afhankelijk van de gebruikte techniek, in vergelijking met een vaste strook. Dit zal de regelgeving complexer maken, maar het beleid zou op deze manier wel het gebruik van precisietechnieken en kantstrooisystemen verder kunnen stimuleren.

Spreidingspatronen van de bemestingstechnieken

Van de bemestingstechnieken met risico op meemesten (schotelstrooier, verticale walsen, breedwerpige mengmestverspreider, centrifugaalstrooier, pendelstrooier, pneumatische strooier en spuittoestel) werden objectieve gegevens verzameld over de **spreidingspatronen** (uniformiteit in het veld + meemestriscico) inclusief technieken die het risico op meemesten potentieel reduceren. Hiervoor werd in eerste instantie gebruik gemaakt van historische data beschikbaar bij ILVO en andere internationale onderzoekscentra. Hiaten werden opgevuld door het uitvoeren van nieuwe verdelingsmetingen o.a. voor pendelstrooiers met kantstrooi-instellingen. Zo werden in totaal 175 verdelingsmetingen geïnventariseerd (144 standaard, 31 kantstrooi-instellingen) en zijn er nu voor alle bemestingstechnieken met een risico op meemesten data beschikbaar zowel met als zonder kantstrooi-instellingen. Globaal bekeken kunnen op basis van de **verliezen** buiten de direct bemeste zone vier groepen onderscheiden worden (de direct bemeste zone is de zone vanaf de grens met de bemestingsvrije strook, perceel inwaarts, overeenkomend met de halve werkbreedte van de machine).



- De grootste verliezen worden waargenomen bij de ‘Schotelstrooiers -standaard’ en de ‘Centrifugaalstrooiers - standaard’. Niet toevallig werken beiden volgens het principe van ‘roterende schijven’, hebben beiden een grote werkbreedte (respectievelijk 13,6 m en 20,1 m) en zijn ze niet voorzien van kantstrooi-instellingen. Op 5 m buiten de direct bemeste zone zijn de verliezen nog aanzienlijk, resp. 14,0% en 13,9%. Op 10 m dalen die naar resp. 1,0% en 1,3%.
- Een tweede groep met aanzienlijke verliezen bestaat uit ‘Pendelstrooiers – standaard’, ‘Verticale walsen - standaard’ en ‘Centrifugaalstrooiers – kant op’. De techniek van ‘kant op’ strooien reduceert dus slechts in beperkte mate de verliezen t.o.v. standaard strooien (bv. van 13,9% naar 5,3% op 5 m). Bij de ‘Pendelstrooiers – standaard’ en de ‘Verticale walsen’ vinden we op 5 m verliezen van respectievelijk 3,8% en 4,0%. Vanaf 7,5 m worden geen significante verliezen meer vastgesteld.
- Een derde groep bestaat uit de ‘Pendelstrooiers – kant’ en ‘Schotelstrooiers – kant’. Op 5 m van de direct bemeste zone, worden voor deze technieken geen significante verliezen meer opgemeten (respectievelijk 0% en 0,3%). Een bemestingsvrije strook van 5 m volstaat dus in principe om de verliezen in een aanpalende waterloop tot 0 te herleiden. Dichterbij de direct bemeste zone worden wel nog aanzienlijke verliezen vastgesteld van bv. 12,0% en 9,2% op 1 m en 1,2% en 3,2% op 2,5 m.
- De laagste verliezen vinden we logischerwijs enerzijds bij de niet breedwerpige technieken nl. ‘Pneumatische strooiers’ en ‘Spuittoestel luchtmengdoppen’ maar anderzijds ook bij ‘Centrifugaalstrooiers – kant af’, ‘Verticale walsen – kant’ en ‘Mengmestverspreiders – breedwerpig’. Voor deze technieken zou een bemestingsvrije strook van minder dan 5 m kunnen volstaan om de verliezen in de waterloop nagenoeg tot 0 te herleiden. ‘Kant af strooien’ is dus een prima techniek om verliezen te reduceren. Reeds op 2,5 m van de perceelsgrens worden zo goed als geen verliezen meer waargenomen (0,4%). Algemeen kunnen we stellen dat ‘kant af strooien’ de hoeveelheid verliezen reduceert met 90-100% t.o.v. standaard strooien terwijl ‘kant op strooien’ de verliezen reduceert met 50-60%. Voor de breedwerpige mengmestverspreiders worden vlakbij de direct bemeste zone nog hoge verliezen gemeten (33,7% op 0,25 m) maar deze dalen zeer snel naar 2,3% op 1 m en naar 0% op 2 m. Hetzelfde geldt voor de pneumatische strooiers met vrij hoge verliezen op 0,25 m (16,4%) die ook zeer snel naar 0 afnemen op iets meer dan 1 m. De verliezen voor het ‘Spuittoestel luchtmengdoppen’ zijn minder hoog bij de perceelsgrens (6,6% op 0,25 m) maar dalen iets minder snel naar 0,6% op 2,5 m. In geval van ‘Verticale walsen – kant’ kan er gesteld worden dat er praktisch geen verliezen zijn buiten de direct bemeste zone.

De resultaten van de verliesmetingen worden samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 1: Gemiddelde verliezen (% van de toegepaste vollevelsdosis) voor verschillende BT op verschillende afstanden van de direct bemeste zone.

Bemestingstechniek	Gemiddeld verlies (% van toegepaste vollevelsdosis)									
	0,25 m	1 m	2 m	2,5 m	3 m	4 m	5 m	7,5 m	10 m	12,5 m
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - standaard	44,6	41,8	40,2	37,9	33,6	21,6	14,0	5,6	1,0	0,3
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - kant	17,5	9,2	4,6	3,2	1,6	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - standaard	47,0	33,1	19,2	15,8	12,8	7,1	4,0	0,1	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Mengmestverspreiders Breedwerpig	33,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9. Centrifugaalstrooiers standaard	50,5	44,9	36,3	32,7	28,6	20,5	13,9	4,8	1,3	0,1
9. Centrifugaalstrooiers kant op	34,1	28,6	19,0	14,4	11,9	9,2	5,3	2,0	0,6	0,1
9. Centrifugaalstrooiers kant af	5,2	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10. Pendelstrooiers standaard	44,9	29,5	20,4	16,7	13,2	7,2	3,8	0,3	0,0	0,0
10. Pendelstrooiers kant	19,0	12,0	2,7	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11. Pneumatische strooiers	16,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14. Spuittoestel - luchtmengdoppen	6,6	1,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1



Naast de verliezen werden ook de **volledige spreidingspatronen** in het veld van de verschillende bemestingstechnieken geanalyseerd aangezien een onderdosering gevolgen kan hebben voor de gewasopbrengst. Algemeen zien we voor alle breedwerpige technieken een continue afname van de toegepaste hoeveelheid mest in de direct bemeste zone (en dus een onderdosering) vanaf de laatste werkgang tot aan de grens van de direct bemeste zone: hoe breder de werkbreedte, hoe breder de zone van onderdosering. Niet-breedwerpige technieken (spuittoestel, pneumatische strooier) en technieken met een scherp afgelijnd rechthoekig spreidingspatroon (breedwerpige mengmestverspreiders) hebben quasi geen zone van onderbemesting. Specifieke kantstrooiertechnieken waarbij m.b.v. bijvoorbeeld een ketsplaat of -deur of een kantstrooi pijp het strooibeeld gewijzigd wordt (maar met behoud van de totale toegepaste dosis) geven naast een zone van onderbemesting ook een duidelijke zone van overbemesting (dosissen van 150-180%). Het gaat hier om 'Schotelstrooiers-kant', 'Verticale walsen-kant', 'Pendelstrooiers-kant'. Meer geavanceerde kantstrooiertechnieken toegepast op centrifugaalstrooiers ('kant op' en 'kant af') hebben deze pieken van overdosering niet. Technieken met beperkte verliezen zoals 'Verticale walsen-kant' en 'Centrifugaalstrooiers-kant af', resulteren ook in de sterkste onderdosering aan de rand van de direct bemeste zone.

Risicoanalyse, aangepaste strookbreedte en best beschikbare technieken

Voor een zelfde bemestingstechniek werd een relatief grote variatie tussen individuele verliescurven vastgesteld door een brede waaier van factoren zoals verschillen in machines en instellingen, variatie in weersomstandigheden, verschillen in meetprotocol en omgevingscondities, verschillen in mesttypes en samenstelling van de mest. Op basis van deze variatie werden **worst-case verliescurven** berekend voor de verschillende technieken.

Voor elke techniek werd een **aangepaste bemestingsvrije-strookbreedte** (ASB) berekend op basis van de spreidingspatronen en een maximaal toegelaten meemesteffect (0%, 1%, 2,5% en 5% van de volleveldsdosis) en dit zowel op basis van de gemiddelde verliescurves als op basis van de worstcase verliescurves. Afhankelijk van techniek en scenario variëren de aangepaste strookbreedtes tussen 0 m en 15 m (Tabel 2).

Tabel 2: Breedte van de ASB (of bemestingsvrije strook) (m) voor de verschillende BT die noodzakelijk is om verliezen te beperken tot 0, 1, 2.5 of 5% op basis van gemiddelde (links) en worst case (rechts) verliescurve

ASB (m)	Gemiddelde verliescurve				Worst case verliescurve			
	0%	1%	2.5%	5%	0%	1%	2.5%	5%
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - standaard	13	10	9	8	14	13	10	9
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - kant	8	4	3	2	8	4	3	3
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - standaard	8	7	6	5	10	7	7	6
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant	1	0	0	0	1	0	0	0
4. Mengmestverspreiders Breedwerpig	2	2	1	1	2	2	1	1
9. Centrifugaalstrooiers standaard	15	11	9	8	15	12	10	8
9. Centrifugaalstrooiers kant op	14	9	8	6	14	10	8	7
9. Centrifugaalstrooiers kant af	6	2	1	1	6	3	2	1
10. Pendelstrooiers standaard	10	7	6	5	10	7	7	6
10. Pendelstrooiers kant	4	3	2	2	4	3	3	3
11. Pneumatische strooiers	2	1	1	1	2	1	1	1
14. Spuittoestel - luchtmengdoppen	-	2	1	1	-	2	1	1

Finaal werd voor elk van de 4 mesttypes de **best beschikbare techniek** vastgelegd op basis van een minimaal meemestrisico en rekening houdend met de praktische implementeerbaarheid in Vlaanderen. Dit resulteerde



in de volgende best beschikbare technieken: stalmestverspreider - verticale walsen (vaste organische mest), bouwlandinjector (vloeibare organische mest), vijzelstrooier (vaste kunstmest), spuittoestel (vloeibare kunstmest).

Controlemogelijkheden en evaluatie in de praktijk

Naast de bemestingstechnieken en hun spreidingspatronen ging er speciale aandacht naar **controlemogelijkheden, handhaafbaarheid**, om het correct gebruik van bemestingstechnieken na te gaan zodat er kan gegarandeerd worden dat er 'geen' nutriënten via meemesten in de waterloop terecht komen. In een eerste fase werd op basis van een literatuurstudie een overzicht gemaakt van 'alle' potentiële controlemogelijkheden. Er werd gekeken naar eventuele controlemechanismen toegepast in andere landen en sectoren. Tevens kwam er een groot deel 'out of the box' denken bij kijken. Er werden drie types van controlemogelijkheden naar voor geschoven:

- *Controle op niveau van de machine.* Hierbij wordt nagegaan over welk type toestel de landbouwer beschikt (al dan niet met opties om het meemesten te reduceren) en, daaruit volgend, welke (aangepaste) strookbreedte dient gerespecteerd te worden. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de landbouwer de bemesting correct uitvoert en de voorgeschreven strookbreedte respecteert. Aanvullend kan het respecteren van de strookbreedte nagegaan worden op basis van GPS-gegevens (zie 'controle na toepassing'). Praktisch zou dit kunnen via een keuringsdienst (cfr. spuittoestellen), een certificering waarbij alle bemestingstechnieken (cfr. bufferzonereglementering voor GBM) ingedeeld worden in 'meemestklassen' of via een controle op het bedrijf.
- *Controle tijdens de toepassing.* Dit betreft een feitelijke vaststelling tijdens het uitvoeren van het bemestingsproces en het al dan niet respecteren van de aangepaste strookbreedte door een controleur.
- *Controle na de toepassing via:*
 - controle op injectiesporen, rijsporen in combinatie met toepassingsbreedte, enz.;
 - controle op de aanwezigheid van fysiek zichtbare sporen van mest (of de aanwezigheid van bv. merkers of kleurstoffen) in de bemestingsvrije strook na de toepassing;
 - bodem- en/of gewasstalen;
 - opvragen van het gevolgde GPS-traject tijdens de bemesting of de gebruikte taakkaart.

Voor elk van de mogelijkheden werden de voor- en nadelen omschreven. In overleg met de stuurgroep werd beslist om de piste van het objectief bepalen van fysiek zichtbare sporen van mest met behulp van **camera en drone** verder te onderzoeken. Hiervoor werd een **veldproef** aangelegd waarbij twee mesttypes (referentie kunstmest & dierlijke vaste mest) toegepast werden op twee types ondergrond (nl. grasland en braakliggende grond) in vijf bemestingshoeveelheden (0%, 5%, 10%, 50%, 100%) en in raster van 1m x 1m. Beelden werden genomen met zowel de professionele ILVO-drone (met hoge resolutie RGB-camera en de multispectrale Parrot Sequoia camera) als een standaard DJI Mavic drone (met standaard RGB-camera) en dit op verschillende tijdstippen (0, 1 en 5 dagen) na bemesting. Er werd een regenbui gesimuleerd om het effect op de visuele waarneembaarheid van mest te evalueren. Naast de dronebeelden werden ook beelden van op de grond genomen met een standaard smartphonecamera. Naast deze specifieke veldproef werden ook vluchten uitgevoerd boven grasland waar recent drijfmest toegepast werd.

Deze experimenten toonden aan dat bemesting met *organische mest* zowel direct als indirect waar te nemen is met dronebeelden. Directe waarnemingen betreffen dan het visueel spotten van organische mest na (breedwerpige) toediening en zolang de mest nog niet ondergewerkt is. Indirecte waarnemingen zijn bv. bandensporen, scherp afgelijnde verschillen in de ontwikkeling en/of kleur van het gewas, recent omgewoelde aarde, enz. Standaard drones uitgerust met een standaard RGB-camera kunnen dus gebruikt worden om



controleurs ondersteuning te geven tijdens hun veldbezoeken waarbij op een relatief snelle manier een vrij grote oppervlakte gescreend kan worden.

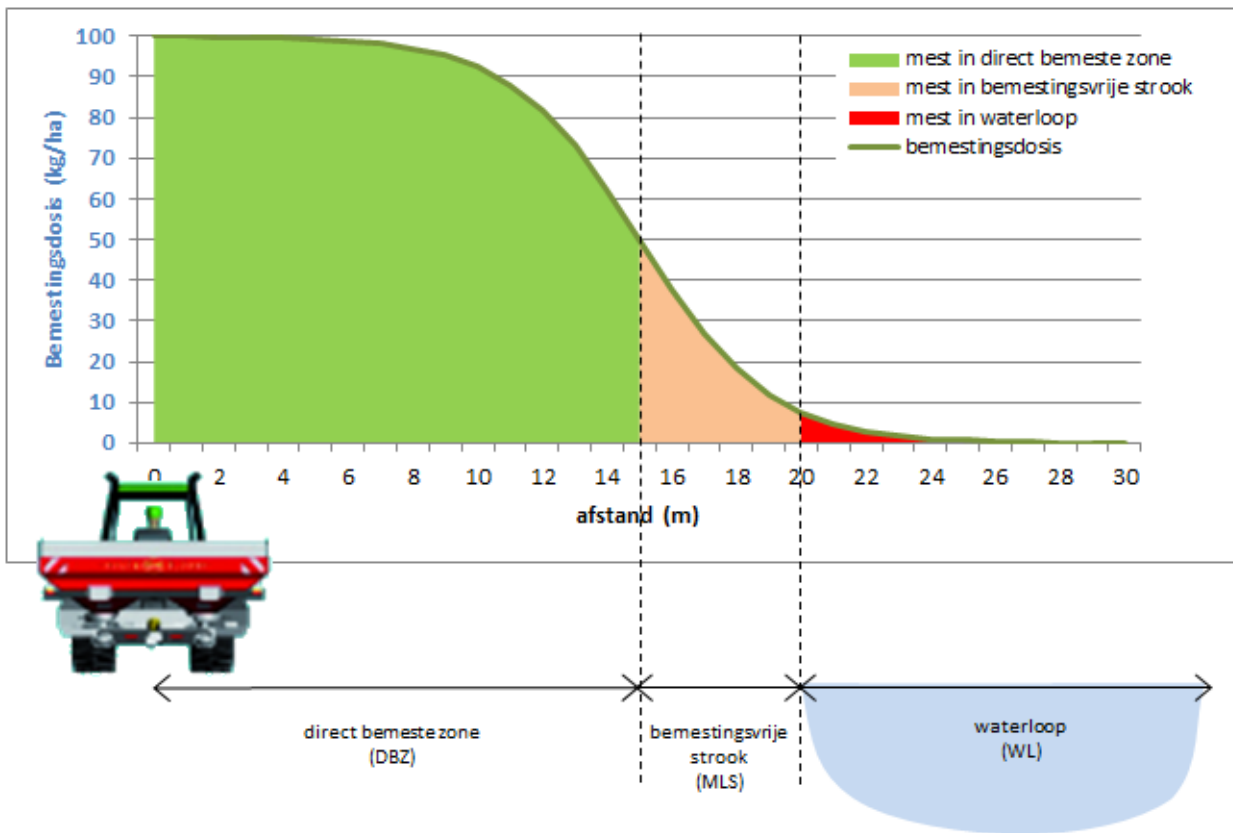
Het detecteren van kunstmeststofkorrels bleek een stuk complexer. Rechtstreekse visuele detectie bleek niet mogelijk op basis van dronebeelden maar wel op basis van hoge resolutie RGB-beelden en met complexere deep learning beeldverwerkingsalgoritmen. Belangrijk hierbij is dat een rechtstreekse detectie van kunstmeststofkorrels quasi direct na toepassing dient te gebeuren aangezien deze reeds na één dag visueel niet meer waarneembaar waren. We kunnen verwachten dat in de nabije toekomst ook met drones hoge resolutie RGB-beelden beschikbaar zullen zijn. Daarnaast werd een indirecte detectie op basis van multispectrale beelden en de bepaling van de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) geëvalueerd. Hieruit bleek dat NDVI een mogelijke tool kan zijn om verschillen in bemesting te kwantificeren, eens de visuele sporen van bemesting verdwenen zijn (of de mest is ingewerkt). Op basis van multispectrale beelden zijn mogelijk nog andere indices te berekenen om bemestingstrappen te detecteren.

Luik 4: Scenario-analyse voor landbouw en waterkwaliteit

In dit luik werden 15 mogelijke scenario's m.b.t. bemestingstechnieken en bemestingsvrije stroken afgeleid, doorgerekend en geanalyseerd. De doorrekening van de scenario's omvatte een ecologisch (impact op het meemesten van de waterloop) en een economisch (kosten-batenanalyse voor de landbouwers) luik. De impacten werden eerst berekend op perceelsniveau, waarna de resultaten geaggregeerd werden naar schaal Vlaanderen en per teeltklasse (grasland, akkerbouw, groenten).

Om de scenario's te beoordelen werd het ecologisch aspect (meemesthoeveelheden) afgewogen tegen het economisch aspect (kosten-batenanalyse voor de landbouwers). De meemesthoeveelheden werden berekend voor N en P. Aangezien de verschillen tussen de scenario's voor beide elementen analoog zijn, werd de bespreking enkel gebaseerd op de N-hoeveelheden. De kosten-batenanalyse hield voornamelijk rekening met de opbrengstverliezen in en langs de bemestingsvrije stroken. Daarnaast werden ook de meststofbesparingen in de direct bemeste zone en de bemestingsvrije strook langs de waterlopen en de eventuele extra machinekosten t.o.v. het referentiescenario berekend. Uit de resultaten bleek dat kunstmestbesparingen weinig betekenisvol zijn in vergelijking met mogelijke opbrengstverliezen. Extra machinekosten waren enkel van toepassing in de scenario's die een verandering van de gebruikte bemestingstechnieken inhielden. Deze kosten kunnen aanzienlijk zijn en werden dan ook in rekening gebracht bij de bespreking van deze scenario's.





Figuur 1: Verdeling van de hoeveelheid mest in de zone tussen de machine en de waterloop (=zone met lagere bemesting)

Werkwijze

De **bemesting per perceel** werd afgeleid uit de outputdataset van het Bemestingsallocatiemodel dat ontwikkeld werd in het kader van het ArcNEMO-project (BAM). Dit model verdeelt de totale hoeveelheid mest gebruikt op een landbouwbedrijf over de percelen van dit bedrijf, rekening houdend met de geldende bemestingsnormen en teelten op de percelen. Door deze dataset te gebruiken voor de scenario-doorrekeningen werden de reeds geldende beleidsmaatregelen met betrekking tot de bemesting impliciet in rekening gebracht.

De meest recente beschikbare BAM-run dateert van 2012. De bemestingsnormen, waarop de toewijzingsprincipes van BAM gebaseerd zijn, zijn intussen echter significant gewijzigd, waardoor de door BAM2012 berekende dosissen waarschijnlijk afwijken van de huidige situatie. Daarom werden op de BAM-output 2012 correcties doorgevoerd op basis van de mestgebruikscijfers van de VLM en van de Afdeling Monitoring en Studie van de Vlaamse Overheid (AMS).

Aan elk landbouwperceel werden op toevallige wijze (maximaal) 4 **bemestingstechnieken** toegewezen, nl. 1 per mesttype. Hierbij werd enerzijds rekening gehouden met de beperkingen eigen aan elke bemestingstechniek (bv. enkel op grasland of op akkers, niet op steile hellingen, enz.) en anderzijds met de verdeelsleutel van de bemestingstechnieken op basis van de webenquête (Luik 2).

Voor elk van de bemestingstechnieken werd een sigmoïde curve afgeleid ter benadering van het mestspreadingspatroon opgesteld in Luik 2, gekarakteriseerd door een krommingscoëfficiënt en buigpunt. Dit liet toe om, voor elk individueel perceel, de **meemesthoeveelheden** en de gemiddelde bemestingsdosissen in



de zone tussen de machine en de waterloop (direct bemeste zone en bemestingsvrije strook) vlot te berekenen bij wijzigende strookbreedtes (volgens scenario's).

Voor de **economische analyse** werd gewerkt met een schatting van de opbrengsten op basis van de werkzame-N-bemestingsdosis. Er werd geen rekening gehouden met de P-bemesting omdat deze veel minder bepalend is voor de gewasopbrengst dan de beschikbaarheid van de P die reeds aanwezig is in de bodem. Het aandeel van percelen met sub-optimaal P-gehalte ligt immers in België zeer laag (5% voor akkers en 22% voor weilanden). Per teelt(groep) werd een vereenvoudigde lineaire **N-responscurve** opgesteld op basis van literatuur, nationale en Vlaamse landbouwstatistieken, prijsinformatie van de veilingen, historische proefveldresultaten en eigen expertise. De N-responscurves werden uitgedrukt als financiële opbrengst (€/ha) in functie van de beschikbare N. De beschikbare N werd voor elk perceel berekend op basis van de geschatte N-levering door de bodem en N-depositie tijdens de teeltperiode enerzijds en de berekende N-bemesting anderzijds. Tenslotte werden voor elk perceel de **opbrengstverliezen** voor de hoofdteelt berekend in de zone tussen de machine en de waterloop, op basis van de berekende gemiddelde hoeveelheden beschikbare N en de N-responscurves. Voor teelt(groep)en waarvan verondersteld wordt dat er (meestal) meer dan 1 teelt per jaar op een perceel geogst wordt (sommige groenten, gras-maïs) werden de berekende opbrengstverliezen achteraf vermenigvuldigd met het geschatte aantal teelten per jaar.

Voor de berekening van de (extra) **machinekosten** werd per bemestingstechniek een gewogen gemiddelde berekend van de kostprijs bij uitvoering in eigen beheer en in loonwerk. Hierbij werd gerekend met 2 verschillende machinekosten "eigen beheer", nl. met en zonder inbegrip van de afschrijvingskost. Dit liet toe om een onderscheid te maken tussen de kost wanneer landbouwers in eigen beheer werken met oude, reeds afgeschreven machines (afschrijvingskost = 0) en de kost als deze landbouwers andere bemestingstechnieken zouden moeten toepassen in bepaalde scenario's (bv. best beschikbare technieken). In de scenario's werd gerekend met de kost "eigen beheer zonder afschrijving" als de gebruikte bemestingstechniek niet wijzigt, en met de kost "eigen beheer met afschrijving" als deze wel wijzigt. Vervolgens werd de totale machinekost per perceel berekend door de kosten voor de verschillende bemestingsdoorgangen op te tellen. De technieken voor vaste en vloeibare kunstmest werden hierbij gecombineerd in één doorgang, op basis van de gewogen gemiddelde kostprijs van de toegewezen techniek voor vaste en voor vloeibare kunstmest. Op die manier werden maximaal 3 doorgangen per jaar bekomen, nl. 1 voor kunstmest, 1 voor vaste dierlijke (organische) mest en 1 voor vloeibare organische mest. Voor teelten met (gemiddeld) meer doorgangen per jaar (grasland, granen, sommige groenten, derogatie-gras-maïs) werden de berekende machinekosten per doorgang vermenigvuldigd met het gemiddeld aantal doorgangen per jaar. Tenslotte werden eventuele besparingen in machinekosten door het verkleinen van de te bemesten oppervlakte in geval van teelt- of bemestingsvrije stroken als verwaarloosbaar beschouwd.

De berekening van de mogelijke **meststofbesparingen** door toepassing van bemestingsvrije stroken gebeurde enkel op basis van de kunstmest. Voor de organische (dierlijke) mest werd er van uitgegaan dat de landbouwers in de verschillende scenario's steeds dezelfde totale mesthoeveelheden gebruiken maar, afhankelijk van de toegepaste strookbreedtes, over een kleinere oppervlakte. Er werden dus geen besparingen of meerkosten voor organische mest berekend.

Scenario's

In totaal werden 15 verschillende scenario's gedefinieerd, op te delen in 3 referentiescenario's, 3 worst case scenario's, 4 best case scenario's, 1 extreem scenario, 3 handhaafbaarheidsscenario's en 1 kantstrooisscenario.

De referentiescenario's komen overeen met:

////////////////////////////////////

- de beleidssituatie bij de start van het onderzoek (anno 2017), nl. de huidige bemestingstechnieken met bemestingsvrije stroken van 5 m enkel langs geklasseerde waterlopen en zonder teeltvrije stroken (s0);
- de situatie in 2018, nl. met bijkomend de handhaving van een teeltvrije zone tot 1 m van de waterloop zowel voor geklasseerde als voor niet-geklasseerde waterlopen (s0+) en
- de uitbreiding van s0 naar bemestingsvrije stroken langs alle waterlopen (zonder teeltvrije stroken).

De worst case scenario's komen overeen met:

- de situatie vóór de invoering van bemestings- en/of teeltvrije stroken (swc1);
- idem, maar met vervanging van de huidige technieken door de slechtst beschikbare technieken (swc2);
- idem als swc2, waarbij de niet-precisie-bemestingsmachines 50% dichter bij de waterloop rijden dan de goede bemestingspraktijk voorschrijft (nl. de halve werkbreedte).

De best case scenario's komen overeen met:

- de toepassing van optimale bemestingsvrije-strookbreedtes per (huidige) bemestingstechniek, zonder teeltvrije stroken (sbc1) of met teeltvrije stroken (sbc1+);
- de toepassing van de best beschikbare bemestingstechnieken met optimale bemestingsvrije-strookbreedtes, in combinatie met 1 m teeltvrije strook langs alle waterlopen (sbc2);
- de toepassing van de best beschikbare bemestingstechnieken met de huidige bemestings- en teeltvrije stroken (sbc3).

In het extreem scenario (sextr) werd het effect van een extreme bemestingsvrije-strookbreedte van 10 m, zowel langs geklasseerde als langs niet-geklasseerde waterlopen, berekend.

In de handhaafbaarheidsscenario's (resp. sh1, sh2 en sh3) werd het principe van bemestings- en teeltvrije stroken bekeken vanuit het oogpunt van de mogelijkheid tot handhaving. De huidige bemestingstechnieken werden behouden en er werd uitgegaan van een vaste strook zonder bemesting en zonder teelt, langs alle waterlopen, respectievelijk van 1, 2 en 3 m breed.

In het kantstroois scenario (sk) werden de huidige bemestingstechnieken voor alle percelen behouden en, waar mogelijk, uitgerust met een kantstrooisysteem.

Globale resultaten en bespreking scenario's

De resultaten van de scenario's voor heel Vlaanderen worden samenvattend voorgesteld in Figuur 2.

De invoering van 5 m bemestingsvrije strook langs geklasseerde waterlopen (situatie 2017, s0) heeft gezorgd voor een vermindering van de totale meemesthoeveelheid met iets meer dan de helft (van 124 038 naar 60 269 kg N) t.o.v. de situatie zonder bemestingsvrije stroken (swc1). Het percentage percelen met een meemesthoeveelheid groter dan 1 g N per meter grenslengte langs oppervlaktewater daalde van 83% naar 50%. Dit ging gepaard met een vervijfvoudiging van de opbrengstverliezen langs de waterlopen (van 1,58.10⁶ € naar 7,47.10⁶ €) in het eerste jaar na de toepassing van de bemestingsvrije stroken en een verzesvoudiging (van 1,58.10⁶ € naar 9,56.10⁶ €) na 10 jaar. Het percentage percelen met opbrengstverliezen groter dan 1 €/m grenslengte steeg hierbij van 0,4% naar 8,4%.

Wanneer de bemestingsvrije stroken ook langs niet-geklasseerde waterlopen zouden ingevoerd worden (s0b) zouden de meemesthoeveelheden verder dalen naar 23 000 kg N en zou het percentage percelen met meemesthoeveelheden groter dan 1 g N/m grenslengte dalen naar 6% (zie figuur 2). In het eerste jaar zouden de opbrengstverliezen stijgen tot 10,60.10⁶ €. Na 10 jaar zouden de opbrengstverliezen stijgen tot 13,80.10⁶ € met in 13,3% van de percelen verliezen groter dan 1 €/m grenslengte.



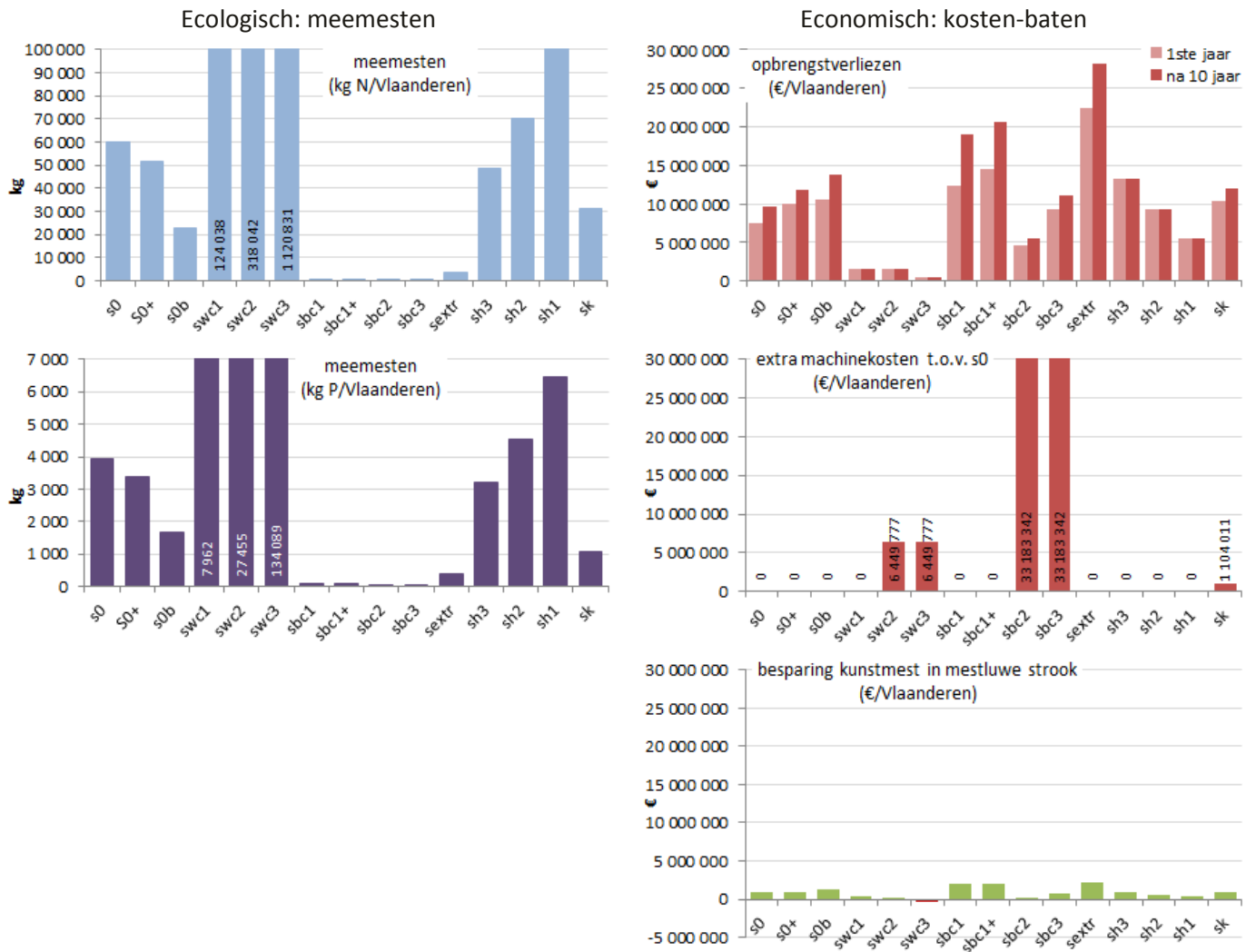
Het in acht nemen van 1 m teeltvrije strook langs alle waterlopen (s0+) heeft gezorgd voor een verdere afname van de meemesthoeveelheden met ongeveer 14% (van 60 269 naar 51 825 kg N) t.o.v. de referentiesituatie (s0), en een afname van het aantal percelen met een meemesthoeveelheid groter dan 1 g N/m grenslengte van 50% naar 6%. Dit ging gepaard met een verdere toename van de opbrengstverliezen met 35% in het eerste jaar en 23% na 10 jaar. Het percentage percelen met opbrengstverliezen groter dan 1 €/m grenslengte steeg na 10 jaar van 8,4% naar 12,8%.

Een toenemende breedte van (gemakkelijk handhaafbare) teelt- en bemestingsvrije stroken van 0 m (swc1) tot 3 m (sh3) zou gepaard gaan met quasi lineair afnemende meemesthoeveelheden en lineair toenemende opbrengstverliezen. Per extra meter bemestings- en teeltvrije strook komt er grosso modo 25 000 kg N minder in de waterlopen terecht (hetzij 1,2 g N/m grenslengte) en stijgt het totaal opbrengstverlies met $4 \cdot 10^6$ € (hetzij 0,2 €/m grenslengte). Het percentage percelen met een meemesthoeveelheid groter dan 1 g N/m grenslengte daalt van 73% (swc1) naar 53% (sh3). Omgekeerd stijgt het percentage percelen met een opbrengstverlies groter dan 1 €/m grenslengte van 2% (swc1) naar 14% (sh3).

Door overal steeds de best beschikbare bemestingstechnieken te gebruiken in combinatie met de huidig toegepaste bemestingsvrije-strookbreedtes (sbc3) zou er nagenoeg niet meer meegemest worden, terwijl de opbrengstverliezen van dezelfde grootteorde zouden zijn als met de huidige bemestingstechnieken (s0+). Dit zou echter gepaard gaan met uitermate hoge extra machinekosten ($33,18 \cdot 10^6$ €) als gevolg van de noodzakelijke investeringen en afschrijvingskosten van nieuwe machines voor de percelen waar de best beschikbare technieken nog niet gebruikt werden.

Door waar mogelijk kantstrooien toe te passen waar dit nog niet het geval was (sk) kan de meemesthoeveelheid met ongeveer 40% teruggedrongen worden (van 51 825 kg N naar 31 415 kg N in gans Vlaanderen), waarbij het percentage percelen met een meemesthoeveelheid groter dan 1 g N/m grenslengte zou dalen van 6% naar 2%. Tegelijkertijd blijven de opbrengstverliezen ongeveer op hetzelfde niveau. Dit scenario (sk) brengt weliswaar een kleine extra machinekost ($1,1 \cdot 10^6$ €) met zich mee t.o.v. het referentiescenario omdat voor machines met kantstrooien de kostprijzen 5% hoger ingeschat worden dan voor de analoge machines zonder kantstrooien.





Figuur 2: Overzicht resultaten van de scenario's: totalen voor Vlaanderen

Verschillen tussen grasland, akkerbouw en groenten

Voor de randpercelen in Vlaanderen bestaat meer dan de helft (52%) van het areaal uit grasland, 45% uit akkerbouwgewassen en slechts 3% uit groenten. De totale berekende meemesthoeveelheden voor N in Vlaanderen bleken dan ook het hoogst voor grasland (ook omwille van de doorgaans hogere bemestingsdosissen in grasland), gevolgd door akkerbouw en het kleinst voor groenten. Voor P zijn de totale meemesthoeveelheden iets hoger voor akkerbouw dan voor grasland. De totale opbrengstverliezen echter zijn significant hoger voor de akkerbouwteelten dan voor grasland, omwille van de grotere financiële waarde van teelten zoals aardappelen, granen, suikerbieten. En ondanks het feit dat de groenten slechts 3% van het areaal uitmaken bedragen de berekende opbrengstverliezen in de groenten 1/6 van de totale opbrengstverliezen in Vlaanderen.

Uitgedrukt per m grenslengte langs waterlopen of in % van de totaal toegediende mesthoeveelheden waren de meemestresultaten van de verschillende teeltgroepen meer gelijkaardig, wat er op wijst dat de toewijzingsmethode van de bemestingstechnieken aan de percelen niet geleid heeft tot betekenisvolle verschillen tussen de teeltgroepen.



Voor de opbrengstverliezen uitgedrukt per m grenslengte langs waterlopen waren er grote verschillen: voor groenten werden relatief gezien veel grotere opbrengstverliezen berekend langs waterlopen dan voor de andere teeltgroepen. Dit heeft uiteraard te maken met de zeer hoge financiële waarde van groenten, zeker voor de versmarkt, in vergelijking met de andere teeltgroepen. Uitgedrukt in % van de totale perceelsopbrengst werden de resultaten opnieuw meer gelijkaardig tussen de teeltgroepen. Grasland gaf zowel de hoogste meemestpercentages als de hoogste opbrengstverliespercentages, gevolgd door de akkerbouwteelten en als laatste de groenten.

Algemeen besluit

De totale jaarlijkse meemesthoeveelheden die berekend werden voor de laatste jaren dalen van 124 038 kg N vóór de invoering van de bemestingsvrije stroken tot 60 269 kg N in 2017 na de invoering van de bemestingsvrije stroken en tot 51 825 kg N na de handhaving van de teeltvrije zones in 2018. Dit zijn zeer kleine hoeveelheden in vergelijking met de berekende nutriëntenlasten die via andere transportwegen in het oppervlaktewater terechtkomen (597 000 kg N via oppervlakkige afspoeling, 9 444 000 kg N via het grondwater en 12 608 000 kg N via drainage).

De meemesthoeveelheden betreffen echter piekbelastingen die in het oppervlaktewater terechtkomen in relatief korte tijdspannes en op dat moment tijdelijk kunnen zorgen voor hoge nutriëntenconcentraties. Ze zijn dus wel degelijk van belang voor de oppervlaktewaterkwaliteit.

De resultaten van de doorgerekende scenario's geven mogelijke pistes aan om deze meemesthoeveelheden verder terug te dringen op een handhaafbare manier en zonder veel bijkomende economische verliezen voor de landbouwers.

Luik 5: Kennisoverdracht en sensibilisering

De resultaten van deze studie werden en worden beschikbaar gesteld voor de verschillende doelgroepen (opdrachtgevers, beleid, landbouwers en loonwerkers, onderzoekers) via rapporten, persmededelingen, publicaties in vakbladen en wetenschappelijke tijdschriften, voorlichtingsvergaderingen en demonstraties, wetenschappelijke symposia en een technische brochure.



1 INLEIDING

Dit rapport geeft invulling aan de opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij (VLM), volgens de gunning van 27/04/2017 voor het onderzoek "Bemestingsvrije stroken" gekend onder bestek nr. APM/2016/5.

Het onderzoek dat in dit verslag gefaseerd wordt voorgesteld, kadert in het realiseren van de waterkwaliteitsdoelstellingen zoals opgelegd in het kader van de Nitraatrichtlijn en de Actieprogramma's die hieraan gekoppeld zijn.

Het huidige Mestdecreet stelt dat het op of in de bodem brengen van meststoffen verboden is tot 5 m landinwaarts van de bovenste rand (van het talud) van een waterloop, tot 10 m voor waterlopen gelegen in het Vlaams Ecologisch Netwerk en tot 10 m als een steile helling grenst aan een waterloop. Een uitzondering op dit verbod vormt de bemesting door rechtstreekse uitscheiding (begrazing). De waterlopen die hierboven worden bedoeld zijn de bevaarbare en onbevaarbare waterlopen van de eerste, tweede en derde categorie, ingedeeld op grond van de wet van 28 december 1967 betreffende onbevaarbare waterlopen.

Het risico op instroom van nutriënten afkomstig van bemesting van percelen nabij waterlopen is afhankelijk van verschillende factoren die de landbouwer al dan niet in de hand heeft. Het onderzoek zal zich toespitsen op de verschillende gangbare bemestingstechnieken en de noodzakelijke bemestingsvrije strookbreedtes voor een aanvaardbaar risico op nutriënteninstroom in waterlopen. In het huidige Mestdecreet worden beperkingen opgelegd noch voor niet geklasseerde waterlopen, noch voor stilstaande waters. Gezien deze wellicht een aanzienlijk deel van de contactoppervlakte met landbouwpercelen uitmaken, zijn deze mee onderwerp van de studie.

Het doel van het onderzoek is aanbevelingen formuleren voor goede landbouwpraktijken en het beleid met betrekking tot best beschikbare bemestingstechnieken en aangewezen breedtes voor de bemestingsvrije stroken langs de Vlaamse waterlopen. De specifieke onderzoeksvraag hierbij is 'Wat is het relatieve effect van de breedte van de bemestingsvrije strook en de bemestingstechniek op nutriëntenverliezen naar het oppervlaktewater?'. Het zwaartepunt ligt hierbij op het meemesteffect, maar daarnaast wordt ook een inschatting gemaakt van de (plaats specifieke) rol van andere factoren op de waterkwaliteit.

In het kader van het onderzoek wordt de "bemestingsvrije strook" gedefinieerd als de strook die grenst aan de waterloop en die begint op een afstand van een halve werkbreedte van de bemestingsmachine. In de praktijk zal in deze strook, afhankelijk van de gebruikte bemestingstechnieken, toch nog een beperkte hoeveelheid meststoffen terechtkomen. Daarom wordt hier en daar de term "mestluwe" in de plaats van bemestingsvrije strook gebruikt.

Het onderzoek wordt gevoerd door een consortium bestaande uit de Bodemkundige Dienst van België (BDB) en het Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO).

Het onderzoek wordt voorgelegd en opgevolgd door de stuurgroep aangesteld door de opdrachtgever. De stuurgroep bestaat uit volgende leden of hun vervanger:

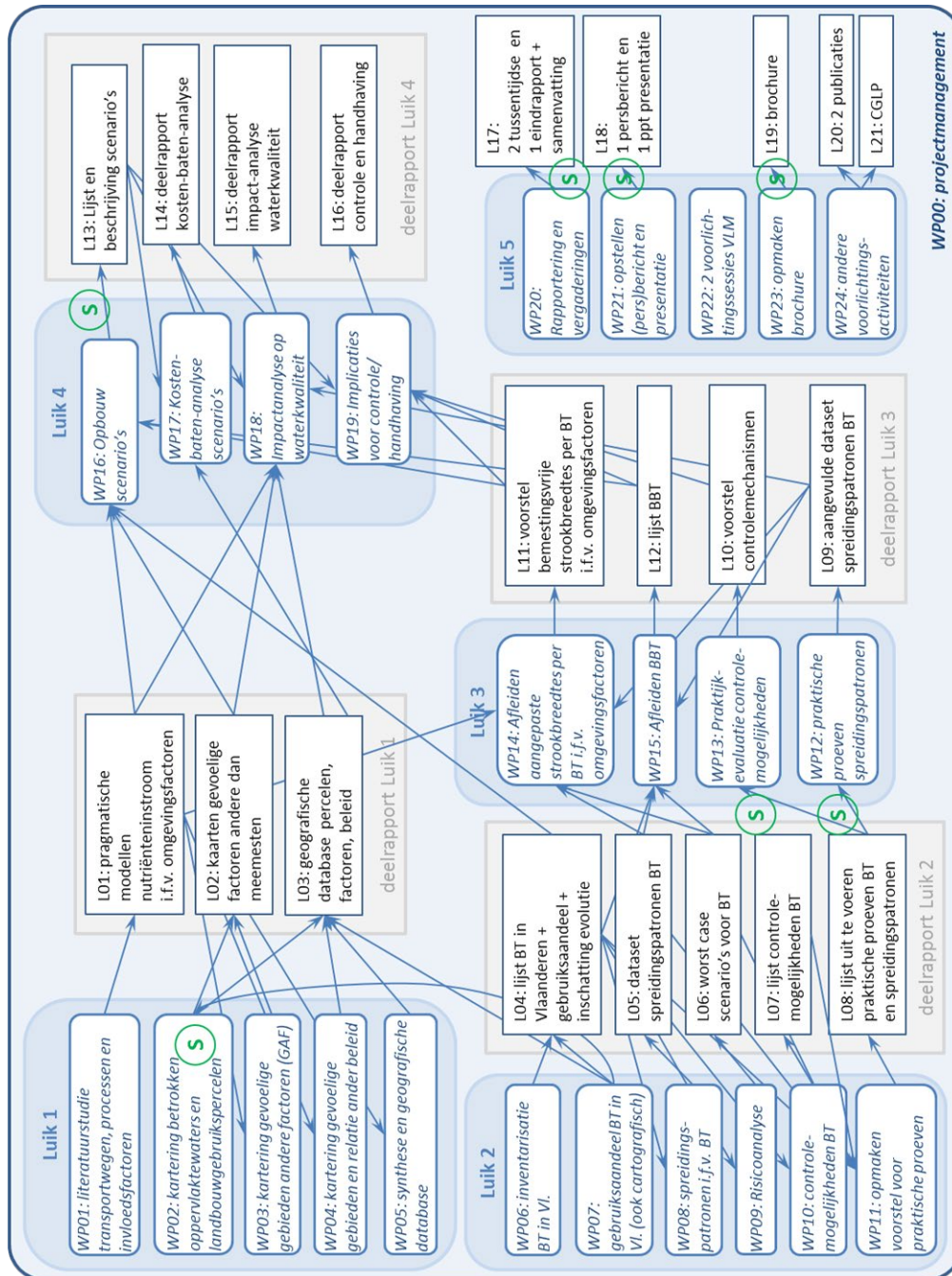


Samenstelling Stuurgroep	Stuurgroepleden
Voorzitter, VLM	Veerle Verguts
Projectopvolging, VLM	Monique Van Oeckel
Inhoudelijk expert, VLM	Monique Van Oeckel
Bedrijfsadvies, VLM	Bart Ghyselen (vervangers Wendy Janssen, Peter Van Der Straeten)
Mestbank, VLM	Tim Van Gheem (vervanger Kurt Vanneste); Johan Standaert (vervanger Sara De Bolle)
Netwerk water, VLM	Filip Debrabandere
VMM	Stijn Overloop
VMM	Jonathan Peeters, VHA-expert
Dept. L&V	Geert Rombouts, Bart Debussche, Tim Baeten
ALBON	Joost Salomez
Onderzoekspatform	Karoline D'Haene
Onderzoekspatform	Georges Hofman
CVBB	Brecht Catteeuw, Dirk Coomans
BB	Toon Dekeukelaere
ABS	Mark Wulfrancke (vervanger Guy Depraetere)
Bioforum	An Jamart
Natuurpunt	Freek Verdonckt; Wim Vangils
BBL	Mathias Bienstman
Kabinet Schauvlieghe	Sibylle Verplaetse, Kevin Grauwels
Bijkomende inhoudelijke experten	Jo Van Valckenborgh, AGIV
	Koen Martens, VMM
Consortiumleden, BDB	Frank Elsen, Tom Coussement, Mia Tits, Jens Bonnast, Annemie Elsen, Hilde Vandendriessche, Jan Bries
Consortiumleden, ILVO	David Nuyttens, Fien Amery, Donald Dekeyser en Dieter Foqué, Bart Vandecasteele, Greet Ruysschaert, Jürgen Vangeyte



2 AANPAK

In het hierna voorgestelde stroomschema worden de verschillende luiken met hun werkpakketten, leverbaarheden en onderlinge samenhang voorgesteld. De groene cirkels met S geven aan waar interactie met de stuurgroep vereist is.





Doelstelling in Luik 1 is het in beeld brengen waar in Vlaanderen naast het meemesteffect ook andere factoren een grote rol spelen voor wat betreft het risico op nutriënteninstroom in het oppervlaktewater ten gevolge van bemesting van de landbouwpercelen.

Dit vormt de basis voor de opdrachtnemer en de stuurgroep om het belang van het meemesteffect t.o.v. andere effecten af te toetsen. Dit zal van belang zijn voor de toepasbaarheid van de scenario's en de doorrekening ervan voor Vlaanderen of slechts een deel van Vlaanderen.

3.1 WP 1: LITERATUURSTUDIE TRANSPORTWEGEN, PROCESSEN EN FACTOREN

3.1.1 Inventarisatie transportwegen, processen en factoren

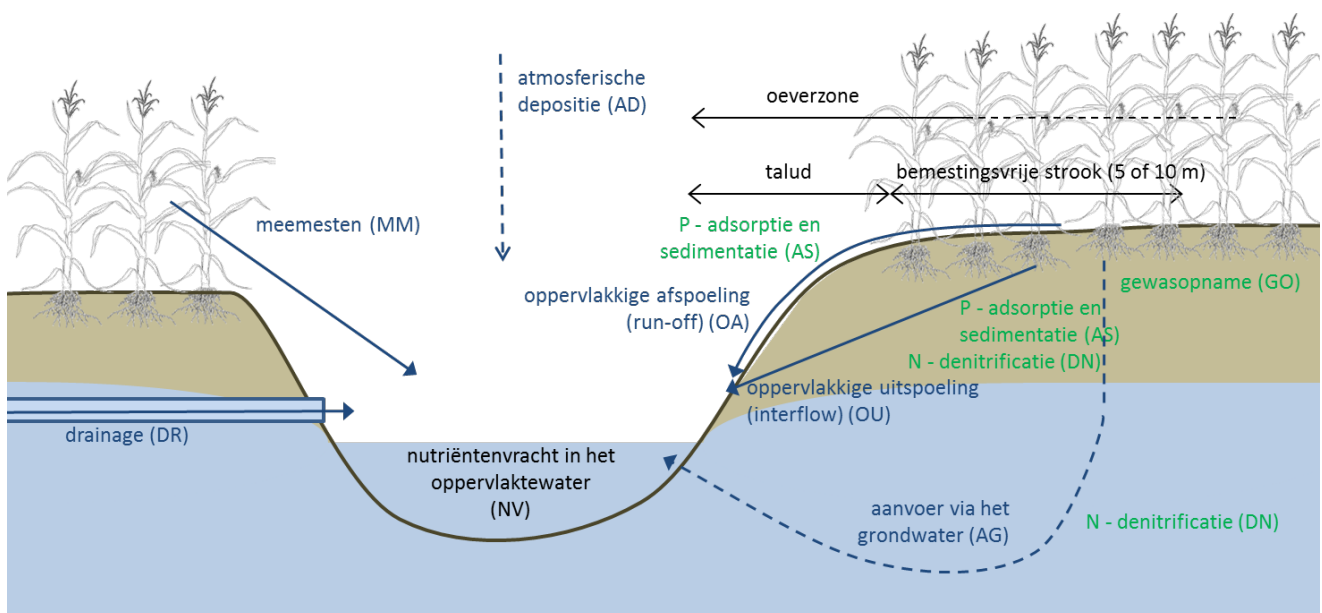
Nutriënten uit bemesting van landbouwpercelen kunnen via verschillende transportwegen (onbedoeld) in het oppervlaktewater terechtkomen:

- door directe depositie tijdens bemesting ("meemesten"),
- door afspoeling,
- door uitspoeling,
- via drainage.

Tijdens dit transport evenals in het oppervlaktewater zelf zijn nutriënten onderhevig aan verschillende processen die er voor kunnen zorgen dat ze tegengehouden, omgezet en/of verwijderd worden:

- gewasopname,
- fysische processen (adsorptie, sedimentatie),
- chemische en microbiologische (denitrificatie) processen.

Schematische voorstelling: zie Figuur 1.



Figuur 1: Transportwegen en processen die tussenkomen in de nutriëntenaanvoer naar het oppervlaktewater

In deze literatuurstudie wordt in hoofdzaak ingegaan op processen en transportwegen waarop bemestingsvrije stroken en de toegepaste bemestingstechnieken een invloed (kunnen) hebben.

De totale nutriëntenvrucht naar het oppervlaktewater kan als volgt opgesplitst worden in aan- en afvoerposten (apart te berekenen voor N en P):

$$NV = MM + DR + AD + OA + OU + AG - GO - AS - DN$$

waarbij:

NV = nutriëntenvrucht in het oppervlaktewater;

MM = aanvoer nutriënten door meemesten;

DR = aanvoer nutriënten door drainage;

AD = aanvoer nutriënten door atmosferische depositie;

OA = aanvoer nutriënten door oppervlakkige afstroming;

OU = aanvoer nutriënten door oppervlakkige uitspoeling;

AG = aanvoer nutriënten via het grondwater (opwelling);

GO = afvoer nutriënten door gewasopname;

AS = afvoer nutriënten door adsorptie en sedimentatie (voor P);

DN = afvoer nutriënten door denitrificatie (voor N).

In Luik 4 (scenario-analyse) van deze opdracht zullen de effecten van mogelijke maatregelen m.b.t. mestvrije strookbreedten in landbouwpercelen grenzend aan waterlopen op de oppervlaktewaterkwaliteit worden begroot. Hiertoe zullen de (verschillen in) nutriëntenvruchten naar het oppervlaktewater door meemesten berekend worden en afgewogen tegen de totale nutriëntenvruchten afkomstig van de landbouw die het oppervlaktewater bereiken via andere transportwegen (zoals oppervlakkige afstroming, opstijging vanuit grondwater, drainage, ...). Let wel, in de praktijk kunnen ook nutriënten afkomstig van andere bronnen (dan de landbouw) het oppervlaktewater bereiken via landbouwpercelen. Hierover hebben we echter geen gegevens beschikbaar, waardoor we ons in deze studie beperken tot nutriëntenstromen afkomstig van de landbouw.

Naast het meemesteffect spelen de breedte van de mestvrije stroken en de gebruikte bemestingstechnieken enkel nog een effectieve (beperkte) rol voor de oppervlakkige afspoeling (OA). Bij uitspoeling naar het grondwater zal de breedte van de bemestingsvrije strook immers in de praktijk slechts een verwaarloosbaar effect hebben op de reistijd van de nutriënten tot aan het oppervlaktewater. Bij drainage is het effect van de breedte van de bemestingsvrije strook verwaarloosbaar.

3.1.2 Begroting van de processen en hun invloedsfactoren

In dit WP worden de verschillende processen begroot en wordt, waar relevant, de invloed van omgevingsfactoren op deze processen geschat met behulp van eenvoudige pragmatische modellen.

3.1.2.1 Meemesten (MM)

Hierbij komen nutriënten direct in het oppervlaktewater terecht bij het bemesten (ook wel "directe verliezen door bemesting" genoemd in bv. SENTWA en NEMO). In Luik 2 van dit project worden de spreidingspatronen en



risico's op meemesten evenals de factoren die hier een invloed op hebben uitgebreid onderzocht en in kaart gebracht voor de in Vlaanderen toegepaste bemestingstechnieken.

3.1.2.2 Atmosferische depositie (AD)

De atmosferische depositie (AD) in Vlaanderen bedraagt gemiddeld 30 kg N en 0,25 tot 0,7 kg P per hectare per jaar (Sattari *et al.*, 2012; Schoumans *et al.*, 2008; Tipping *et al.*, 2014). Voor P wordt de waarde van 0,33 kg P per hectare volgens Tipping *et al.* (2014) als de meest relevante voor Vlaanderen beschouwd. Voor de bijdrage van AD aan de N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater moet een onderscheid gemaakt worden tussen de AD die rechtstreeks in het waterlichaam terecht komt, en de AD die op de aanpalende percelen terecht komt en het waterlichaam zal bereiken via andere transportwegen. Deze andere transportwegen worden verder in dit WP besproken (secties 3.1.2.3 tot 3.1.2.6).

De AD rechtstreeks in het oppervlaktewater voor een specifiek waterlichaam kan berekend worden door de gemiddelde waarde voor Vlaanderen te vermenigvuldigen met de oppervlakte van het waterlichaam. Op basis van GIS-berekeningen uitgevoerd in WP02 is voor elk perceel de lengte van de aanpalende waterloop gekend samen met de VHA-klasse. Op basis van een evaluatie van informatie uit het GRB-WTZ i.v.m. de spatiale eigenschappen van de waterlopen is een berekening gemaakt van het gemiddelde en de mediaan van de breedte van de waterlopen per VHA-klasse. Resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Statistieken i.v.m. de breedte van de waterlopen o.b.v. analyse van het GRB-WTZ voor Vlaanderen

VHA-klasse	Aantal polygonen	Breedte [m]				
		Gemiddelde	Stdev	Maximum	Minimum	Mediaan
Bevaarbaar	471	58,0	71,8	610,4	1,9	37,7
Geklasseerd, 1 ^{ste} categorie	1759	10,4	10,1	212,2	1,2	8,4
Geklasseerd, 2 ^{de} categorie	33053	5,1	6,6	434,7	0,3	4,2
Geklasseerd, 3 ^{de} categorie	6857	4,9	7,7	271,4	0,8	3,9
Niet geklasseerd	13568	5,8	12,3	516,5	0,5	3,8

Op basis hiervan kan de oppervlakte van de waterloop aanpalend aan een perceel berekend worden door de lengte te vermenigvuldigen met de mediane breedte van de specifieke VHA-klasse. De globale waarde voor de atmosferische depositie per perceel direct naar de waterloop wordt als volgt berekend:

$$AD = 30 * \text{Oppervlakte waterloop} \quad [\text{kg N/jaar}]$$

$$AD = 0,33 * \text{Oppervlakte waterloop} \quad [\text{kg P/jaar}]$$

Voorbeeld: voor een perceel met een aanpalende waterloop van 2^{de} categorie met lengte 100 meter zal de atmosferische N-depositie direct in deze waterloop $30 * (100 * 4,2) / 10000 = 1,3$ kg N/jaar bedragen.

Op deze manier wordt voor elk perceel de AD rechtstreeks in de aanpalende waterloop bepaald. Indien er langs een segment waterloop echter langs weerszijden percelen aanwezig zijn, zal deze berekening hier in tot een overschatting van de AD in de waterloop leiden. De bemestingsvrije strook zal op deze rechtstreekse AD geen impact hebben, en aangezien de rechtstreekse AD slechts relatief kleine hoeveelheden N en P bedraagt, die verder ook niet noodzakelijk afkomstig zijn van de landbouw, wordt besloten om deze post niet mee te nemen voor de scenarioanalyses in Luik 4.

3.1.2.3 Oppervlakkige afspoeling (OA)

De breedte van de bemestingsvrije stroken kan in de impact van deze transportweg een effectieve rol spelen.



3.1.2.3.1 Standaardwaarde

In het NEMO-model (voorheen ArcNemo; Van Opstal *et al.*, 2014) worden voor rasters van 50x50 m² voor Vlaanderen de verliezen van N en P naar het oppervlaktewater berekend. In dit model wordt de neerslag opgesplitst in een infiltrerend gedeelte en een oppervlakkig afspoelend gedeelte op basis van de USDA-SCS 'Curve Number' methode (USDA-SCS, 1972). Deze 'Curve Number' (CN) is een empirische parameter waarvan de waarde afhankelijk is van bodemseriee en landgebruik. In NEMO wordt deze waarde verder nog aangepast op basis van het vochtgehalte in de bovenste 3 bodemcompartimenten (Raes *et al.*, 2009).

De nutriëntenvrachten van de oppervlakkige afvoer berekend met NEMO (versie 2.4, output werd ontvangen van VMM op 23/10/2017) zijn voor de 11 grote bekkens van Vlaanderen weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Oppervlakkige afspoeling van N en P voor de 11 bekkens in Vlaanderen volgens NEMO (bron: VMM), gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012

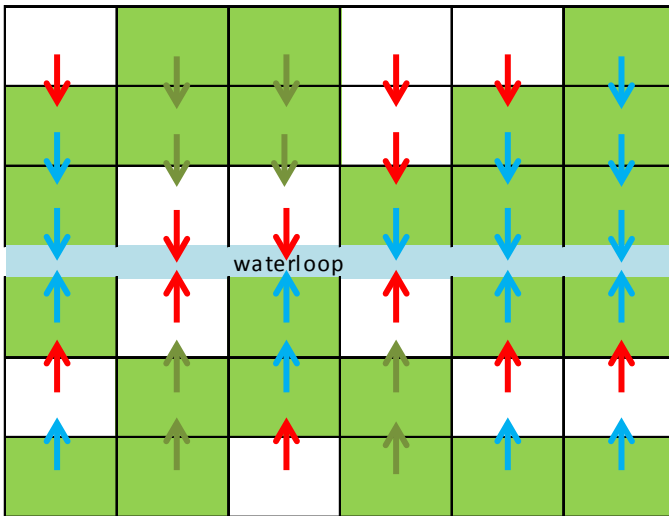
Bekken	Organische N-vracht via erosie [ton N/jaar]	Organische P-vracht via erosie [ton P/jaar]	Fosforvracht gesorbeerd aan bodempartikels via erosie [ton P/jaar]
Benedenshelde	32,8	6,8	2,2
Bovenshelde	146,6	30,4	2,0
Brugse Polders	6,6	1,4	2,7
Demer	132,6	27,6	3,5
Dender	73,5	15,5	0,7
Dijle en Zenne	89,9	18,7	1,1
Gentse kanalen	6,0	1,3	2,6
IJzer	36,9	7,7	9,2
Leie	31,5	6,6	9,7
Maas	30,7	6,4	3,1
Nete	9,7	2,0	2,0

De output van NEMO wordt uitgedrukt als kg N of P per hectare totale landbouwgrond per jaar.

De oppervlakkige afvoer van N en P naar het oppervlaktewater gebeurt per definitie steeds via percelen grenzend aan waterlopen. De bijdrage van percelen die zich helling-opwaarts van deze percelen bevinden moet ook worden meegenomen. Dit betekent dat de totale nutriëntenvracht (per bekken) moet verdeeld worden over de percelen langs waterlopen.

De landbouwpercelen die grenzen aan waterlopen worden geïdentificeerd in WP02. Echter, niet alle percelen langs waterlopen zijn landbouwpercelen. M.a.w. slechts een deel van de totale nutriëntenstroom afkomstig van landbouw kan toegewezen worden aan oppervlakkige afstroming via landbouwpercelen (Figuur 2). Om dit deel te schatten, kunnen we, per bekken, de totale nutriëntenhoeveelheid (Tabel 2) vermenigvuldigen met een factor gelijk aan de verhouding tussen de totale grenslengte van landbouwpercelen enerzijds en de totale grenslengte van alle percelen anderzijds.





Figuur 2: Schematische nutriëntenstroom langs landbouwpercelen en niet landbouwpercelen naar de waterloop

Legende:

- groen: landbouwperceel,
- wit: niet-landbouwperceel,
- rode pijlen: nutriëntenafstroming uit niet-landbouwpercelen: niet meegerekend,
- groene pijlen: nutriëntenafstroming uit landbouwpercelen die het oppervlaktewater bereikt via niet-landbouwpercelen: meegerekend door NEMO, maar niet meegerekend in deze studie,
- blauwe pijlen: nutriëntenafstroming uit landbouwpercelen die het oppervlaktewater bereikt via alle relevante hogergelegen landbouwpercelen: meegerekend in deze studie.

De totale N- en P-vrachten via oppervlakkige afspoeling in een bekken (OA_{bekken}) uit Tabel 2 worden dus nog gecorrigeerd als volgt:

$$OA_{\text{bekken}} = OA_{\text{bekken},NEMO} * \frac{\sum GL_{\text{perceel}}}{2 * LW_{\text{bekken}}}$$

met:

- OA_{bekken} = de totale N- of P-vracht via oppervlakkige afspoeling voor het bekken [kg N of P/jaar],
- GL_{perceel} = de grenslengte waterloop langs een perceel [meter],
- LW_{bekken} = de totale lengte van waterlopen in het bekken [meter].

Voor heel Vlaanderen heeft de verhouding $\frac{\sum GL_{\text{perceel}}}{2 * LW_{\text{bekken}}}$ een waarde van 0,50.

3.1.2.3.2 Invloedsfactoren

Oppervlakkige afspoeling wordt beïnvloed door de hellingsgraad, de bodemtextuur, de drainageklasse en de bodembedekking in de winter. De globale waarde berekend op basis van NEMO houdt rekening met deze processen, maar aangezien er omgerekend wordt naar een totale nutriëntenvracht per bekken betreft deze globale waarde in feite een gemiddelde voor het bekken. Voor percelen met een afwijkende waarde voor deze factoren (bijvoorbeeld met een zwaardere bodemtextuur dan gemiddeld in het bekken voorkomt) wordt een correctie voorzien.



De nutriëntenvracht door oppervlakkige afspoeling in een perceel (OA_{perceel}) in functie van deze invloedsfactoren wordt als volgt berekend:

$$OA_{\text{perceel}} = OA_{\text{bekken}} * \frac{GL_{\text{perceel}}}{GL_{\text{bekken}}} * \frac{(a_{\text{perceel}} * b_{\text{perceel}} * c_{\text{perceel}} * d_{\text{perceel}})}{\text{Gewogen gemiddelde factoren}}$$

waarbij:

$$\text{Gewogen gemiddelde factoren} = \frac{\sum(GL_{\text{perceel}} * a_{\text{perceel}} * b_{\text{perceel}} * c_{\text{perceel}} * d_{\text{perceel}})}{GL_{\text{bekken}}}$$

met:

OA_{perceel} = de N- of P-vracht door oppervlakkige afspoeling die via een bepaald perceel de waterloop bereikt [kg N of P/jaar],

OA_{bekken} = de totale N- of P-vracht via oppervlakkige afspoeling voor het bekken [kg N of P/jaar],

GL_{perceel} = de grenslengte waterloop langs een perceel [meter],

GL_{bekken} = de totale grenslengte van waterlopen in het bekken [meter]; komt overeen met de som van alle GL_{perceel} in het bekken,

a_{perceel} = de invloedsfactor voor hellingsgraad,

b_{perceel} = de invloedsfactor voor bodemtextuur,

c_{perceel} = de invloedsfactor voor vochttoestand,

d_{perceel} = de invloedsfactor voor winterbedekking.

Voor het bepalen van de invloedsfactor voor de hellingsgraad (a) wordt de hellingsgraad van het perceel berekend op basis van GIS gegevens. Volgens het RUSLE model (Revised Universal Soil Loss Equation; Renard *et al.*, 1991) wordt het bodemerosierisico in functie van de topografie bepaald aan de hand van de S-factor. Deze factor wordt als volgt berekend (McCool *et al.*, 1987, 1989):

$$\text{Indien hellingspercentage} < 9\% \quad S = 10,8 * \sin\theta + 0,03$$

$$\text{Indien hellingspercentage} > 9\% \quad S = 16,8 * \sin\theta - 0,5$$

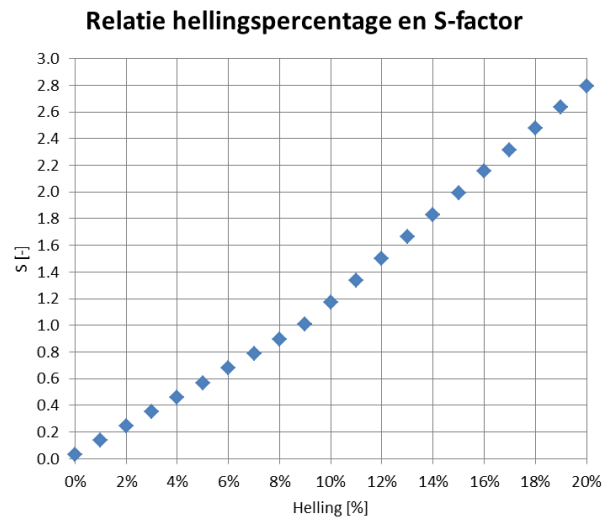
met:

S = de factor voor het bodemerosierisico in functie van de lokale hellingsgraad [-],

θ = de hellingshoek.

De relatie tussen het hellingspercentage en de S-factor is grafisch weergegeven in Figuur 3.





Figuur 3: Relatie tussen hellingspercentage en S-factor volgens McCool *et al.* (1987, 1989)

Voor elk perceel wordt vervolgens de gemiddelde hellingsgraad op en in de directe omgeving (500 meter) van het perceel berekend, en vervolgens omgerekend naar de S-factor uit RUSLE. De impactfactor voor hellingsgraad $a_{perceel}$ wordt vervolgens gedefinieerd als de verhouding van de S-factor voor de directe omgeving van het perceel tot de gemiddelde S-factor voor het volledige bekken:

$$a_{perceel} = \frac{S_{perceel}}{S_{bekken}}$$

Voor de **bodemtextuur** (textuurklasse) wordt een gelijkaardige aanpak gevolgd: de bodemtextuur in de directe omgeving (500 meter) van het perceel wordt vergeleken met de meest voorkomende bodemtextuur in het bekken, en indien dit voor het perceel afwijkt wordt de oppervlakkige afspoeling aangepast. De mate van de aanpassing wordt bepaald op basis van de bodemerosiegevoeligheidsfactor K die door Notebaert *et al.* (2006) berekend werd (Tabel 3). Voor klei en zware klei werden recentere waarden uit Oorts *et al.* (2018) gebruikt.

Tabel 3: K-factor voor verschillende textuurklassen volgens Notebaert *et al.* (2006) en Oorts *et al.* (2018)

Textuurklasse	K-factor [kg h MJ-1 mm-1]
Leem (A)	42
Stenig leem (G)	42
Zandleem (L)	40
Licht zandleem (P)	25
Lemig zand (S)	20
Zand (Z)	12
Klei (E)	27.5
Zware klei (U)	22.5
Venige gronden (V)	0
Kunstmatige gronden	0

De impactfactor voor bodemtextuur $b_{perceel}$ wordt op basis van deze K-factor als volgt bepaald:

$$b_{perceel} = \frac{K_{perceel}}{K_{bekken}}$$

waarbij K_{bekken} het gewogen gemiddelde (naar perceelsoppervlakte) is van de $K_{perceel}$ voor heel het bekken.



Ook de **drainageklasse** van de bodem zal de oppervlakkige afspoeling beïnvloeden; bij bodems waar de bovenste bodemlagen gedurende lange periodes in het jaar nat zijn zal de afspoeling toenemen. Van Bakel *et al.* (2008) rapporteren in deze context sterk toegenomen P-vrachten bij ongedraineerde (en dus nattere) percelen in vergelijking met gedraineerde percelen (toename met een factor van ca. 4). In het NEMO-model, en in deze studie, wordt er echter aangenomen dat zeer natte percelen (vanaf drainagetrapp e) gedraineerd zullen zijn, waardoor hoge vochttoestanden in de oppervlakkige bodemlagen niet zullen voorkomen. Dit zal in de realiteit voor de meeste akkerbouwpercelen ook het geval zijn. Bovendien heeft er sinds het opstellen van de bodemkaart in bepaalde gebieden een gevoelige verdroging plaatsgevonden (bijvoorbeeld voor het Dommel- en Velpebekken beschreven in Coussement *et al.*, 2015), zodat de drainageklasse niet altijd de huidige situatie meer weergeeft. Ten slotte wordt het effect van de bodemvochttoestand ook al (deels) in rekening gebracht bij de K-factor hierboven. Bijgevolg wordt de impactfactor voor vochttoestand $c_{perceel}$ niet in rekening gebracht (m.a.w. gelijkgesteld aan 1):

$$c_{perceel} = 1$$

De **bodembedekking in de winter** zal ook een belangrijke impact hebben op de oppervlakkige afspoeling. De impact van deze factor wordt begroot op basis van het effect van een groenbedekker op de gewaserosiviteitsfactor C zoals berekend door Verbist *et al.* (2004). Deze gegevens worden verder aangevuld met recentere cijfers die door de stuurgroep ter beschikking gesteld zijn.

De impactfactor voor winterbedekking $d_{perceel}$ wordt op basis van deze C-factor als volgt bepaald:

Indien winterbedekking

$$d_{perceel} = 1$$

Indien geen winterbedekking
$$d_{perceel} = \frac{C \text{ zonder toepassing groenbedekker}}{C \text{ met toepassing groenbedekker}}$$

Tabel 5 illustreert het resultaat van deze berekeningswijze voor 16 percelen in het Dijle- en Zennebekken. De totale nutriëntenvrucht in het bekken OA_{bekken} bedroeg 45,2 ton N/jaar en 10,0 ton P/jaar (waarde uit Tabel 2 voor het Dijle- en Zennebekken, gecorrigeerd met factor 0,50), en de totale grenslengte GL_{bekken} bedroeg 783 km. Resultaten in kolom “ $OA_{perceel}$ zonder correcties” tonen de $OA_{perceel}$ indien de totale nutriëntenvrucht OA_{bekken} verdeeld wordt over de percelen door enkel rekening te houden met de grenslengte waterloop langs elk perceel. Resultaten in kolom “ $OA_{perceel}$ met correcties” tonen de impact van de impactfactoren voor bodemtextuur, helling en winterbedekking op de finale $OA_{perceel}$. Deze waarden liggen tussen de 0,2 en 19,7 kg N/jaar en 0,1 en 4,3 kg P/jaar voor de beschouwde percelen.



Tabel 4: Voorbeeld berekening OA_{perceel} voor stikstof, voor 16 percelen met OA_{bekken} en LW_{bekken} voor het Dijle- en Zennebekken

Perceel	GL_{perceel} [m]	OA_{perceel} zonder correcties		a	b	c	d	OA_{perceel} met correcties	
		[kg N/jr]	[kg P/jr]					[kg N/jr]	[kg P/jr]
1	195,0	11,2	2,5	1,17	0,47	1,00	1,22	7,1	1,6
2	104,1	6,0	1,3	1,17	0,94	1,00	1,00	6,2	1,4
3	140,3	8,1	1,8	0,70	1,87	1,00	1,00	9,9	2,2
4	97,6	5,6	1,2	1,12	2,34	1,00	0,85	11,8	2,6
5	84,7	4,9	1,1	1,12	0,23	1,00	0,85	1,0	0,2
6	58,5	3,4	0,7	0,34	0,23	1,00	0,96	0,2	0,1
7	52,5	3,0	0,7	1,12	0,94	1,00	0,96	2,9	0,6
8	86,1	5,0	1,1	0,70	0,47	1,00	1,17	1,8	0,4
9	91,5	5,3	1,2	0,70	1,41	1,00	1,17	5,7	1,3
10	124,7	7,2	1,6	1,17	2,11	1,00	1,18	19,7	4,3
11	66,1	3,8	0,8	1,17	0,23	1,00	0,67	0,7	0,1
12	58,5	3,4	0,7	1,12	0,70	1,00	0,72	1,8	0,4
13	62,0	3,6	0,8	1,17	0,47	1,00	1,00	1,8	0,4
14	26,9	1,6	0,3	1,12	0,94	1,00	1,22	1,9	0,4
15	119,3	6,9	1,5	0,70	1,10	1,00	1,00	5,0	1,1
16	101,1	5,8	1,3	1,12	1,20	1,00	1,00	7,4	1,6

3.1.2.3.3 Niet-direct meemesten

Een effect dat weinig in de literatuur aan bod komt, is de impact van mest die niet direct in de waterloop terecht komt, maar bovenop de mestvrije strook blijft liggen, waardoor deze bij regenval gemakkelijk afspoelt. De reductie in het direct meemesten die door mestvrije stroken bereikt wordt, zal door dit proces, indien het zich voordoet, deels teniet gedaan worden. Dit niet-direct meemesteffect (NDMM) kan, analoog aan McDowell *et al.* (2005), bij de hierboven berekende OA opgeteld worden:

$$OA_{\text{perceel}} = OA_{\text{bekken}} * \frac{GL_{\text{perceel}}}{GL_{\text{bekken}}} * \frac{(a_{\text{perceel}} * b_{\text{perceel}} * c_{\text{perceel}} * d_{\text{perceel}})}{\text{Gewogen gemiddelde factoren}} + NDMM_{\text{perceel}}$$

De grootte van dit “niet-direct meemesteffect” is sterk afhankelijk van de mestspreadingstechniek, die in Luik 2 onderzocht zal worden. Ook het moment van de mesttoediening zal een grote rol spelen. Op basis van neerslaggegevens kan voor verschillende tijdstippen van mesttoediening de kans en grootte van een gemiddeld neerslagevent berekend worden. Op deze manier kan vervolgens met gegevens over de verschillende mestspreadingstechnieken vergaard in Luik 2 het niet-direct meemesteffect begroot worden.

Om de grootteorde van het NDMM in te schatten, wordt een voorbeeld uitgewerkt. Beschouw een bemesting van 100 kg N/ha kunstmestkorrels, uitgevoerd op een perceel met grenslengte langs een waterloop van 100 meter en een mestvrije strook van 5 meter breedte. Indien deze mestdosis verspreid wordt op 2 meter van deze mestvrije strook, zal er in totaal 2 kg N (0,02 ha*100 kg N/ha) potentieel risico lopen om bij een hevig neerslagevent kort na de mesttoediening af te spoelen van de mestvrije strook naar de waterloop. Indien de mesttoediening plaatsvindt in april, en we aannemen dat de kans op een dergelijk neerslagevent 25% is, zal het gemiddelde NDMM 0,5 kg N bedragen voor dit perceel. Deze hoeveelheid kan in realiteit nog verder gereduceerd worden door infiltratie tijdens het afspoelen, hetgeen afhankelijk zal zijn van de hellingsgraad, de bodemtextuur, en de antecedente bodemvochttoestand. Bij mestspreadingstechnieken zoals injectie zal het NDMM uiteraard veel lager zijn, aangezien de mest hier niet bovenop het perceel blijft liggen.



Op basis van informatie omtrent de verschillende mestverspreidingstechnieken die in Luik 2 en 3 vergaard zal worden zal beslist worden of het NDMM voor Vlaanderen een betekenisvolle nutriëntenvracht bedraagt die in rekening gebracht moet worden bij de scenariostudies in Luik 4.

3.1.2.3.4 Impact van de breedte van de mestvrije strook

Mestvrije stroken worden in NEMO niet gemodelleerd. De hierboven berekende nutriëntenvracht door oppervlakkige afspoeling kan bijgevolg nog beïnvloed worden door het toepassen van een mestvrije strook van een bepaalde breedte.

- Impact op niet-direct meemesten

Zoals beschreven in sectie 3.1.2.4 kan het NDMM gereduceerd worden door infiltratie tijdens het afspoelen. Dit betreft een relatief complex proces dat afhankelijk is van o.a. de hellingsgraad, bodemtextuur, en het antecedente vochtgehalte. De breedte van de mestvrije strook speelt hier ook een rol, aangezien een bredere strook meer ruimte tot infiltratie biedt. Indien op basis van informatie uit Luik 2 en 3 blijkt dat het NDMM een betekenisvolle vracht is voor N en/of P zal dit effect via een eenvoudig model begroot worden bij de scenariostudies in Luik 4.

- Impact op de reistijd

In tegenstelling tot een bufferstrook zal een mestvrije strook geen invloed hebben op erosie aangezien het al dan niet toepassen van een mestvrije strook geen verschillen in gewas of ruwheid van de bodem veroorzaakt (tenzij de minderbemesting een grote impact op de gewasopkomst heeft en zodoende op de erosiegevoeligheid). Er zal ook geen dosiseffect meespelen aangezien de aanwezigheid van een mestvrije strook de bemestingsdosis over het gehele perceel niet beïnvloedt. De mestvrije strook heeft wel een invloed op de reistijd van de nutriënten aangezien de nutriënten bij toepassen van een mestvrije strook verder van de waterloop afgezet worden en bijgevolg een langere reistijd hebben om naar de waterloop te migreren. Een toename in reistijd betekent dat er voor N meer kansen zijn voor denitrificatie en voor P meer kansen voor sorptie. Echter, indien de fosforbeschikbaarheid in de bodem aan het oppervlak van de mestvrije strook dezelfde is als deze in de rest van het perceel, zal er (onder aanname van evenwicht van P tussen bodem en afspoelend water) geen bijkomende sorptie optreden in de mestvrije strook in vergelijking met een referentiestrook. Beduidende verschillen in fosforbeschikbaarheid in een mestvrije strook en een referentiestrook zijn pas mogelijk na jarenlange verschillen in bemestingsdosis.

De toename in reistijd is sterk afhankelijk van de bodemfysische eigenschappen (voornamelijk vochthuishouding) en de lokale hellingsgraad vlak naast de waterloop. Het begroten van dit proces vereist een zeer complexe berekening, waarbij op perceelsniveau ook nog rekening gehouden moet worden met de aard en ontwikkeling van het gewas en de aard en timing van de bemesting. Gezien de complexe aard van dit proces, en de afwezigheid van bestaande literatuurgegevens over de impact die een bemestingsvrije strook hierop zal uitoefenen, zal dit proces niet verder meegenomen worden in de scenarioanalyse in Luik 4.

3.1.2.4 Oppervlakkige uitspoeling (OU)

Gezien deze post in het NEMO-model in feite vervat zit in de uitspoeling via het grondwater, wordt deze in deze studie niet verder beschouwd.



3.1.2.5 Aanvoer via het grondwater (GW)

Bij uitspoeling vanuit het grondwater zal de breedte van de bemestingsvrije strook in de praktijk slechts een verwaarloosbaar effect hebben op de reistijd van de nutriënten tot aan het oppervlaktewater. Voor deze post worden enkel globale grootteordes opgesteld om de afweging tussen de verschillende posten te kunnen maken in Luik 4. In het NEMO-model worden voor de nitraat- en fosfaatvracht via het grondwater de volgende waarden gesimuleerd (Tabel 6):

Tabel 5: N- en P-vracht via grondwater voor de 11 bekken in Vlaanderen volgens NEMO (bron: VMM), gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012

Bekken	Stikstof via het grondwater [ton N/jaar]	Fosfor via het grondwater [ton P/jaar]
Benedenschelde	984,5	18,3
Bovenshelde	490,8	6,5
Brugse Polders	978,0	28,3
Demer	645,7	14,0
Dender	280,1	7,8
Dijle en Zenne	416,4	11,2
Gentse kanalen	800,4	19,3
IJzer	1530,3	56,5
Leie	720,4	11,0
Maas	1776,1	8,6
Nete	820,8	20,0

Vanaf vochttrap d, e, f, g, h of i worden percelen als onvoldoende drainerend beschouwd, en bereikt het grondwater een maximale stijghoogte van 40-50 cm-mv (van Ranst & Sys, 2000). Landbouwpercelen met deze vochttrappen worden in deze studie verondersteld gedraineerd te zijn, hetgeen ook overeenkomt met de modelaanpak van NEMO. Bij de natte en zeer natte gronden met relatief hoge ligging (drainagetrappen h en i) stijgt het grondwater tot 0-20 cm-mv, ook deze gronden worden verondersteld gedraineerd te zijn. Voor gedraineerde percelen wordt de nutriëntenvracht via het grondwater gelijk aan 0 gesteld, en zal de ondergrondse nutriëntenstroming exclusief via het drainagesysteem verlopen.

Indien vochttrap = d, e, f, g, h of i
$$GW_{perceel} = 0$$

Indien vochttrap = a, b of c
$$GW_{perceel} = \frac{GL_{perceel}}{GL_{bekken, niet\ gedraineerd}} * GW_{bekken}$$

In Tabel 7 wordt de berekening voor de 16 voorbeeldpercelen uit Tabel 5 uitgebreid met de berekening van $GW_{perceel}$, aan de hand van fictieve drainagetrappen. De ongedraineerde grenslengte, die overeenkomt met het aandeel van de vochttrappen a, b of c, bedraagt 65% van de totale grenslengte (dit is een aanname gemaakt voor dit voorbeeld; bij de scenarioberekening in Luik 4 zal het aandeel per bekken berekend worden). GW_{bekken} betreft de totale nutriëntenvracht via het grondwater voor het Dijle- en Zennebekken (Tabel 6).



Tabel 6: Voorbeeld berekening GW_{perceel} voor stikstof, voor 16 percelen met GW_{bekken} en $LW_{\text{bekken, niet gedraineerd}}$ voor het Dijle- en Zennebekken

Perceel	LW_{perceel} [m]	OA_{perceel}		Vochttrap	GW_{perceel}	
		[kg N/jr]	[kg P/jr]		[kg N/jr]	[kg P/jr]
1	195,0	7,1	1,6	a	159,4	4,3
2	104,1	6,2	1,4	d	0,0	0,0
3	140,3	9,9	2,2	e	0,0	0,0
4	97,6	11,8	2,6	b	79,8	2,1
5	84,7	1,0	0,2	b	69,3	1,9
6	58,5	0,2	0,1	c	47,8	1,3
7	52,5	2,9	0,6	c	42,9	1,2
8	86,1	1,8	0,4	f	0,0	0,0
9	91,5	5,7	1,3	a	74,8	2,0
10	124,7	19,7	4,3	d	0,0	0,0
11	66,1	0,7	0,1	g	0,0	0,0
12	58,5	1,8	0,4	e	0,0	0,0
13	62,0	1,8	0,4	b	50,7	1,4
14	26,9	1,9	0,4	c	22,0	0,6
15	119,3	5,0	1,1	d	0,0	0,0
16	101,1	7,4	1,6	f	0,0	0,0

Een bespreking van deze resultaten volgt onder sectie 3.1.2.6.

3.1.2.6 Drainage (DR)

Bij drainage is het effect van de breedte van de bemestingsvrije strook verwaarloosbaar. Voor deze post worden enkel globale grootteordes opgesteld om de afweging tussen de verschillende posten te kunnen maken in Luik 4.

In het NEMO-model wordt al het grondwater dat boven 60 cm-mv stijgt als gedraineerd beschouwd, het model geeft volgende resultaten:

Tabel 7: N- en P-vracht via drainage voor de 11 bekken in Vlaanderen volgens NEMO (bron: VMM), gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012

Bekken	Nitraatvracht via drainage [ton N/jaar]	Fosforvracht via drainage [ton P/jaar]
Benedenschelde	1078,1	34,2
Bovenschedde	893,2	10,4
Brugse Polders	1641,2	37,7
Demer	920,3	13,4
Dender	437,5	9,6
Dijle en Zenne	355,9	12,0
Gentse kanalen	914,7	19,1
IJzer	2960,4	64,1
Leie	1771,9	18,9
Maas	1171,8	7,4
Nete	463,1	17,0



Zoals beschreven in sectie 3.1.2.5 zal een landbouwperceel in deze studie als gedraineerd beschouwd worden indien de vochttrap volgens de bodemkaart e, f, g, h of i bedraagt. De nutriëntenvrachten uit Tabel 8 zullen voor deze percelen van toepassing zijn.

$$\text{Indien vochttrap} = d, e, f, g, h \text{ of } i \quad DR_{\text{perceel}} = \frac{GL_{\text{perceel}}}{GL_{\text{bekken,gedraineerd}}} * DR_{\text{bekken}}$$

$$\text{Indien vochttrap} = a, b \text{ of } c \quad DR_{\text{perceel}} = 0$$

In Tabel 9 wordt de berekening voor de 16 voorbeeldpercelen uit Tabel 5 en Tabel 7 opnieuw uitgebreid met de berekening van DR_{perceel} , aan de hand van dezelfde fictieve drainagetrappen. De gedraineerde grenslengte, die overeenkomt met het aandeel van de vochttrappen d, e, f, g, h en i, bedraagt 35% van de totale grenslengte. DR_{bekken} betreft de nutriëntenvracht via drainage voor het Dijle- en Zennebekken (Tabel 8).

Tabel 8: Voorbeeld berekening DR_{perceel} voor stikstof, voor 16 percelen met DR_{bekken} en $DR_{\text{bekken,niet gedraineerd}}$ voor het Dijle- en Zennebekken

Perceel	LW _{perceel} [m]	OA _{perceel}		Vochttrap	GW _{perceel}		DR _{perceel}	
		[kg N/jr]	[kg P/jr]		[kg N/jr]	[kg P/jr]	[kg N/jr]	[kg P/jr]
1	195,0	7,1	1,6	a	159,4	4,3	0,0	0,0
2	104,1	6,2	1,4	d	0,0	0,0	135,1	4,6
3	140,3	9,9	2,2	e	0,0	0,0	182,1	6,1
4	97,6	11,8	2,6	b	79,8	2,1	0,0	0,0
5	84,7	1,0	0,2	b	69,3	1,9	0,0	0,0
6	58,5	0,2	0,1	c	47,8	1,3	0,0	0,0
7	52,5	2,9	0,6	c	42,9	1,2	0,0	0,0
8	86,1	1,8	0,4	f	0,0	0,0	111,8	3,8
9	91,5	5,7	1,3	a	74,8	2,0	0,0	0,0
10	124,7	19,7	4,3	d	0,0	0,0	161,8	5,5
11	66,1	0,7	0,1	g	0,0	0,0	85,7	2,9
12	58,5	1,8	0,4	e	0,0	0,0	75,9	2,6
13	62,0	1,8	0,4	b	50,7	1,4	0,0	0,0
14	26,9	1,9	0,4	c	22,0	0,6	0,0	0,0
15	119,3	5,0	1,1	d	0,0	0,0	154,9	5,2
16	101,1	7,4	1,6	f	0,0	0,0	131,2	4,4

Deze waarden voor DR_{perceel} vallen voor N en P hoog uit in vergelijking met deze gerapporteerd door Rozemeijer *et al.* (2012) (tabel 4.2 pag. 26: ca. 20 kg N/ha/jaar, en ca. 0,25 kg P/ha/jaar) en door van Bakel *et al.* (2008) (figuur 4.8 pag. 48: 10-60 kg N/ha/jaar, zie ook tabel 4.7 pag. 56). De totale N-vracht via drainage naar het oppervlaktewater voor Vlaanderen waarmee hier gerekend wordt (12608 ton N/jaar) ligt wel beduidend hoger dan deze berekend met SENTWA door Seuntjens *et al.* (2008) (ca. 8000 ton N/jaar, afhankelijk van het gebruikte scenario). De N-vracht via het grondwater hier gebruikt (9444 ton N/jaar) ligt meer in de lijn met de waarden uit Seuntjens *et al.* (ca. 9000 ton N/jaar, afhankelijk van scenario).

3.1.2.7 Gewasopname (GO)

De gewasopname is via de CropInfo en CropTypeInfo tabellen uit het BemestingsAllocatieModel (BAM) opgenomen in NEMO en zit dus bijgevolg reeds vervat in de modelresultaten voor oppervlakkige afspoeling, aanvoer via het grondwater, en drainage. Bijgevolg moet deze post niet meer apart begroot worden. De breedte van de mestvrije strook zal geen effect hebben op deze post.



3.1.2.8 P-adsorptie en –sedimentatie (AS)

Net zoals de gewasopname zitten deze processen reeds vervat in de output van het NEMO-model.

3.1.2.9 N-denitrificatie (DN)

Dit proces zit net zoals de gewasopname en de P-adsorptie en -sedimentatie reeds vervat in de output van het NEMO-model en moet dus niet apart begroot worden.

Het toepassen van een mestvrije strook kan in principe de reistijd van de opgeloste N en P doen toenemen, zodat er meer mogelijkheid voor denitrificatie is. Op basis van literatuurgegevens uit Van Cleemput *et al.* (1996) en N-eco² (BDB, K.U. Leuven en R.U. Gent, 2002) blijkt echter dat denitrificatie op perceelsniveau slechts een zeer klein aandeel heeft in de N-balans, waardoor de breedte van de mestvrije strook slechts een verwaarloosbaar effect zal hebben op de reductie in N-vracht naar het oppervlaktewater door denitrificatie.

3.1.3 **Conclusies**

Voor het kaderen van de resultaten van de scenariostudies uit Luik 4 wordt uit dit literatuuronderzoek besloten dat de breedte van de bemestingsvrije strook geen betekenisvol effect zal hebben op de nutriëntenvrachten naar de waterloop via de transportwegen oppervlakkige afspoeling, oppervlakkige uitspoeling, drainage, en grondwaterstroom. Mogelijk is wel dat er een risico op niet-direct-meemesten (NDMM) ontstaat door de toediening van mest in de bemestingsvrije strook, die vervolgens kan afspoelen naar de aanpalende waterloop. Dit effect wordt in sectie 6.4.4 begroot en vergeleken met de directe verliezen en de nutriëntenvrachten uit andere transportwegen. Om voor heel Vlaanderen de directe verliezen uit de scenariostudies in Luik 4 te vergelijken met de vrachten uit andere transportwegen wordt gebruik gemaakt van de waarden uit NEMO, dewelke op basis van deze literatuurstudie beschouwd worden als het meest relevant voor Vlaanderen.



3.2 WP 2: KARTERING VAN BETROKKEN OPPERVLAKTEWATERS (OW) EN CONTACT LANDBOUWPERCELEN

3.2.1 Doel

Het doel van dit werkpakket is het in kaart brengen van de betrokken oppervlaktewaters en landbouwgebruikspercelen, en het documenteren van relevante eigenschappen in de attribuentabel. Er wordt een geografische database opgesteld van landbouwgebruikspercelen gekoppeld aan de betrokken waterlopen.

3.2.2 Aanpak

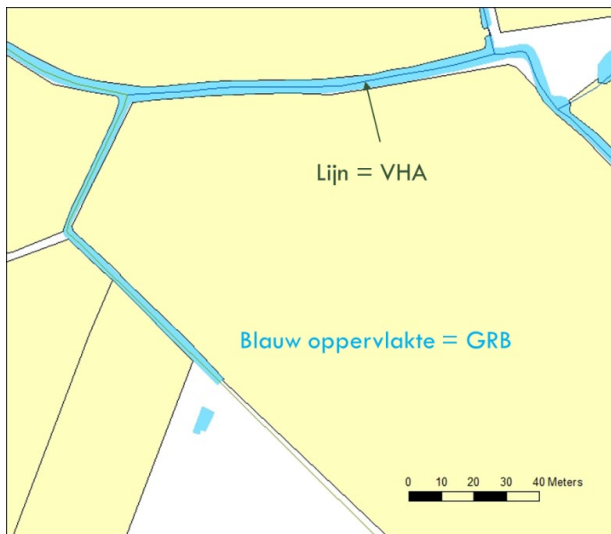
3.2.2.1 Gebruikt kaartmateriaal

Er wordt voor de waterlopen gebruik gemaakt van informatie uit de Vlaamse Hydrografische Atlas (VHA, versie gedownload juni 2017), waarin de assen van de waterlopen als lijnstuk beschikbaar zijn. Volgens het VHA worden er 6 klassen waterloop onderscheiden: bevaarbaar, geklasseerd van 1ste categorie, geklasseerd van 2^{de} categorie, geklasseerd van 3^{de} categorie, niet geklasseerd, en gracht van algemeen belang. Deze laatste betreft maar een zeer klein aandeel van het aantal features en na overleg met de opdrachtgever en stuur-groep werd besloten deze niet verder te beschouwen¹. De VHA-kaart bevat ruimtelijk enkel informatie over de as van de waterloop, maar verder geen informatie over zijn ruimtelijke spreiding. Deze informatie is wel aanwezig in het Grootchalig Referentiebestand: de kaart Watergangen (GRB-WTZ) bestaat uit polygonen zodat hier ook informatie over bijvoorbeeld de breedte van de waterloop aanwezig is. Deze kaartlaag zal verder in dit verslag gewoon als GRB benoemd worden. Er wordt gebruik gemaakt van de AGIV versie gedownload in januari 2017. Voor de stilstaande waters wordt de Watervlakkenkaart (AQWEST, versie verkregen juni 2017²) gebruikt. Voor de locatie en eigenschappen van de landbouwpercelen werd de Landbouwgebruiks-percelenkaart van 2016 van de opdrachtgever verkregen. Figuur 4 illustreert het gebruikte kaartmateriaal.

¹ Momenteel brengen AGIV en VMM nog meer kleine waterlopen in kaart. Dit is work-in-progress dat op vandaag nog niet mee kan opgenomen worden in de studie.

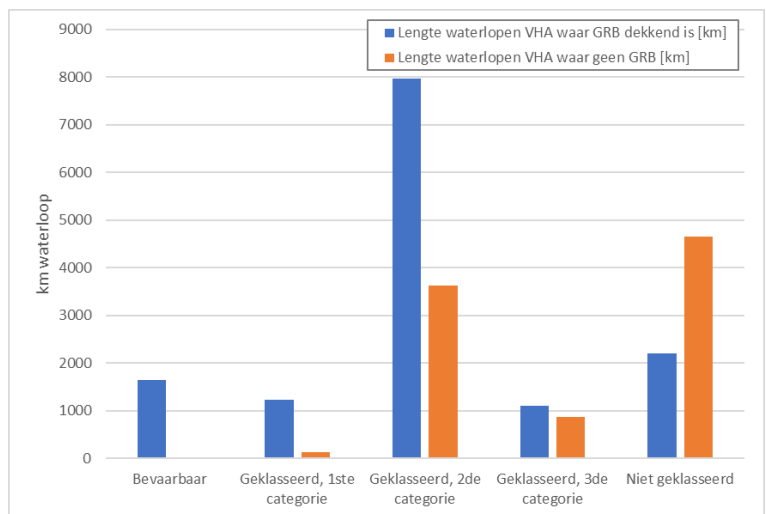
² Benaming tot medio 2018: Blauwe-laag-plassen.





Figuur 4: Illustratie van het gebruikte kaartmateriaal

Het GRB geeft gedetailleerde informatie over de ruimtelijke spreiding van de waterloop, maar is niet over heel Vlaanderen dekkend. Een evaluatie van de overlap tussen VHA en GRB toont aan dat naarmate de waterlopen kleiner worden, het GRB steeds minder dekkend is (Figuur 5). Er zijn met andere woorden vooral voor de niet-geklasseerde waterlopen grote stukken waterloop waar er enkel informatie uit het VHA is, en dus de breedte van de waterloop niet gekend is.



Figuur 5: (Al dan niet) overlap tussen VHA en GRB voor de verschillende VHA-categorieën

3.2.2.2 Aanmaak samengestelde kaart VHA en GRB

Er werd besloten om de informatie uit het GRB zoveel mogelijk te gebruiken indien mogelijk, en indien niet aanwezig om verder te gaan op het VHA.

Volgende operaties werden uitgevoerd in ArcGis en QGIS:



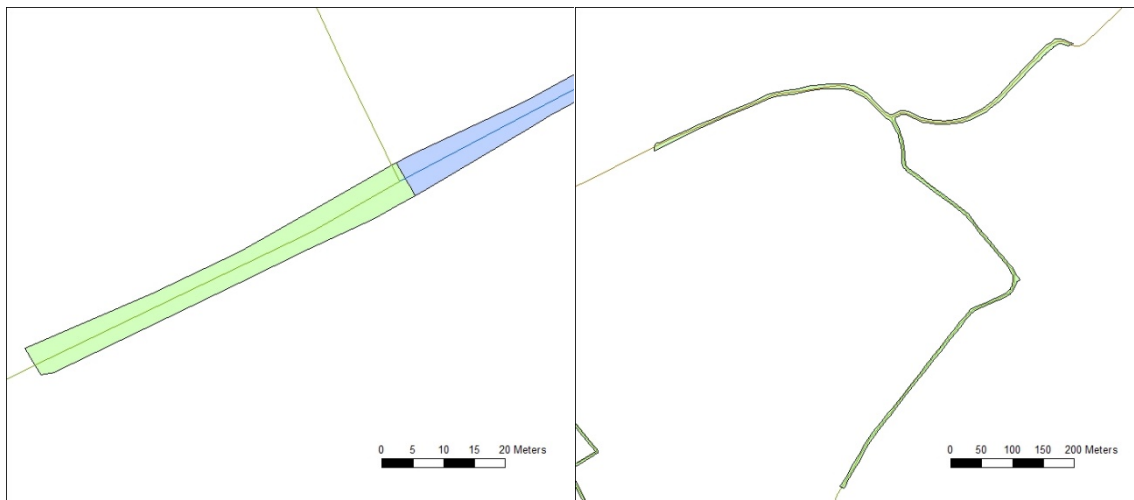
1. Weglaten van de GRB-polygonen waar geen VHA-lijn door loopt. Hierdoor worden de stilstaande waters uit het GRB weggelaten. Figuur 6 illustreert het effect van deze operatie.



Figuur 6: Illustratie van het effect van het weglaten van GRB polygonen waar geen VHA-lijn doorloopt. De behouden GRB polygonen zijn in het paars weergegeven, de weggelaten GRB-polygonen in het blauw

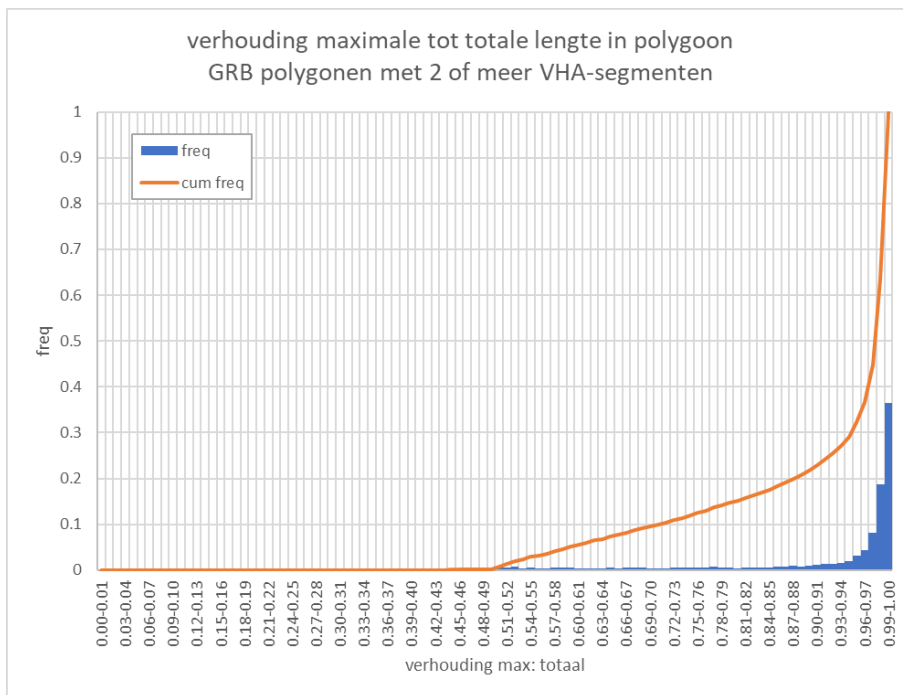
2. VHA-klasse toewijzen aan GRB-polygonen. De GRB-polygonen bevatten in hun attributentabel geen informatie over de VHA-categorie waartoe ze behoren. In deze operatie werd aan elke polygoon de VHA-klasse toegekend van de VHA-lijn die door de polygoon loopt. Bij 11% van de polygonen kwam er meer dan één VHA-klasse voor in de polygoon. In het overgrote deel van de gevallen kwam dit voor bij een splitsing van de waterloop, waarbij de afsplitsende waterloop een andere VHA-klasse had die nog voor een zeer kort stuk binnen de GRB polygoon lag. Dit wordt geïllustreerd links in Figuur 7. In de groene polygoon splitst een VHA-waterloop van klasse 3 (blauwe lijn) zich af van een VHA-waterloop van klasse 2 (groene lijn). De groene polygoon zal bijgevolg een zeer beperkte lengte VHA-waterloop van klasse 3 bevatten. Rechts in Figuur 7 wordt de andere situatie getoond. Hier bevat de GRB-polygoon gelijke lengtes van VHA-waterlopen van klasse 2 en 3.





Figuur 7: Illustratie van GRB polygoenen met meerdere VHA-klassen

Een frequentieanalyse van de verhouding van maximale tot de totale lengte van VHA-lijnen binnen een GRB-polygoon waar meerdere VHA-lijnen voorkomen, toont aan dat het voorbeeld links in Figuur 7 het meest zal voorkomen: in meer dan 80% van de gevallen waar er meerdere VHA-segmenten in één polygoon voorkomen zal één van de segmenten 90% van de totale lengte binnen de polygoon bedragen en dus dominant zijn (Figuur 8).



Figuur 8: Frequentieanalyse van de verhouding maximale tot totale lengte van VHA-lijnstukken binnen een GRB-polygoenen met 2 of meer VHA-segmenten



3. Vervolgens werd een breedte toegekend aan de VHA-segmenten waar geen GRB-informatie aanwezig was. Initieel werd deze breedte berekend op basis van de eigenschappen van de overige GRB-polygonen binnen een bepaalde VHA-klasse (specifiek de relatie omtrek-oppervlakte, Tabel 10).

Tabel 9: Breedte van de waterlopen van verschillende VHA-klassen op basis van de verhouding omtrek-oppervlakte van de GRB-polygonen binnen die bepaalde klasse

VHA-klasse	Aantal polygonen	Breedte [m]				
		Gemiddelde	Stdev	Maximum	Minimum	Mediaan
Bevaarbaar	471	58,0	71,8	610,4	1,9	37,7
Geklasseerd, 1^{ste} categorie	1759	10,4	10,1	212,2	1,2	8,4
Geklasseerd, 2^{de} categorie	33053	5,1	6,6	434,7	0,3	4,2
Geklasseerd, 3^{de} categorie	6857	4,9	7,7	271,4	0,8	3,9
Niet geklasseerd	13568	5,8	12,3	516,5	0,5	3,8

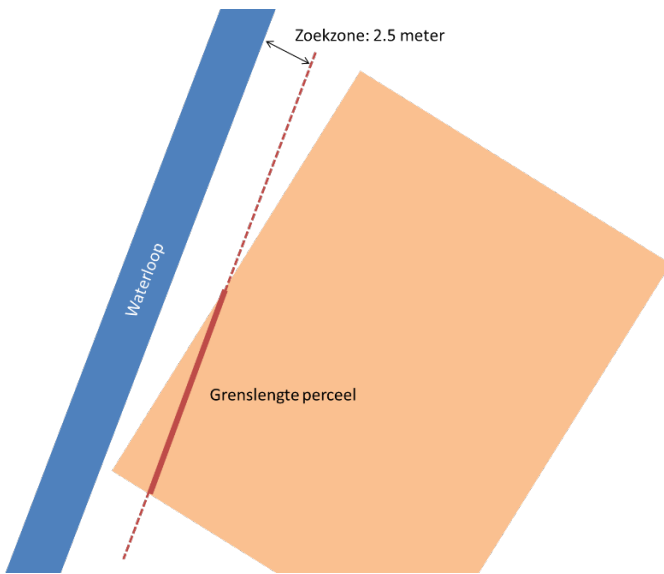
Na overleg met de stuurgroep werd echter besloten om aan de waterlopen van 2^{de} en 3^{de} categorie, en aan de niet-geklasseerde waterlopen, een breedte van 3 meter toe te kennen. Dit is de minimum breedte vanaf wanneer een waterloop in de praktijk gekarteerd zal worden. Aan de bevaarbare waterlopen en de waterlopen van 1^{ste} categorie werd geen breedte toegekend; voor deze waterlopen is het GRB bijna volledig dekkend (Figuur 5).

Finaal werden de VHA-segmenten met toegekende breedte samengevoegd met de GRB polygonen, en werd een samengestelde waterlopenkaart verkregen. Dit volledige proces wordt voor een voorbeeldlocatie in Vlaanderen nogmaals geïllustreerd in Bijlage 1.

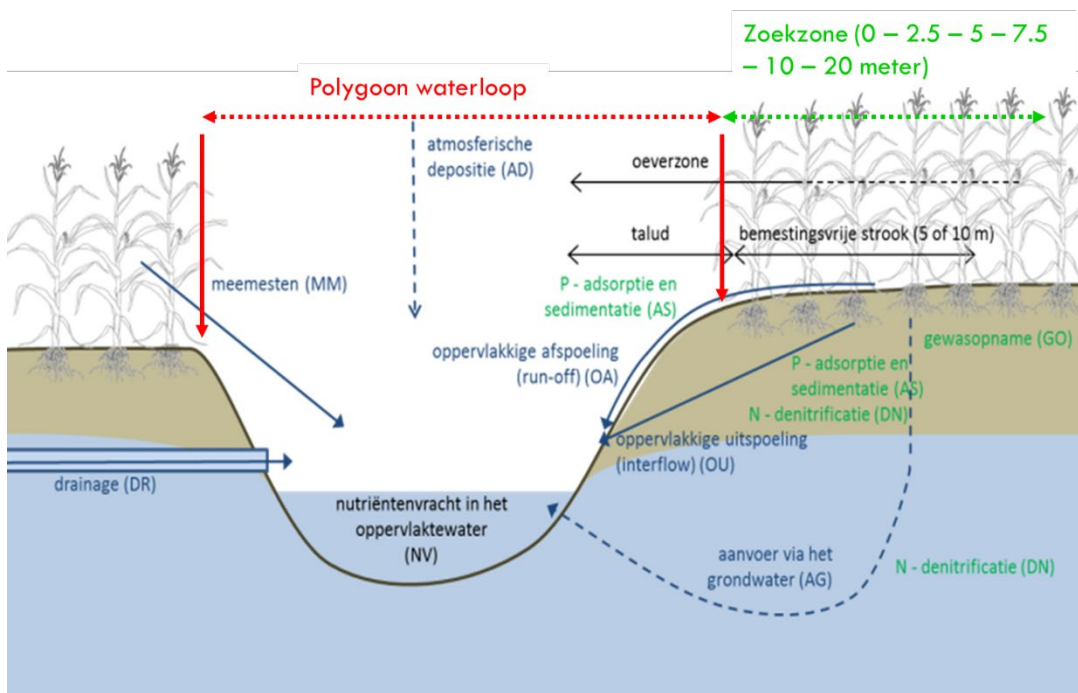
3.2.2.3 Identificatie betrokken landbouwpercelen en waterlopen

De verkregen samengestelde waterlopenkaart werd samengelegd met de landbouwgebruikspercelenkaart. Vervolgens werden verschillende zoekzones gedefinieerd: op de afstanden 0, 2.5, 5, 7.5, 10 en 20 meter van de rand van de waterlopen werd gekeken welke landbouwpercelen er aanwezig zijn en in welke mate deze percelen betrokken zijn. De mate van betrokkenheid wordt gekwantificeerd d.m.v. de grenslengte waterloop die aan een perceel grenst (op een bepaalde afstand gelijk aan de zoekzone). De aanpak wordt schematisch geïllustreerd in Figuur 9 en Figuur 10.





Figuur 9: Illustratie van de aanpak met voorbeeldzoekzone van 2,5 meter



Figuur 10: Illustratie van de aanpak met zoekzones

Figuur 11 illustreert de 6 zoekzones (0, 2.5, 5, 7.5, 10 en 20 meter) voor waterlopen van verschillende VHA-classes. Aan elk landbouwperceel wordt in de attribuentabel van de landbouwgebruikspcelenkaart de grenslengte voor deze 6 zoekzones toegevoegd.





Figuur 11: Zoekzones (rode, blauwe en groene lijnen) rond polygonen van waterlopen (rode, blauwe en groene vlakken) en overlap met landbouwgebruikspcelen (gele rechthoeken)

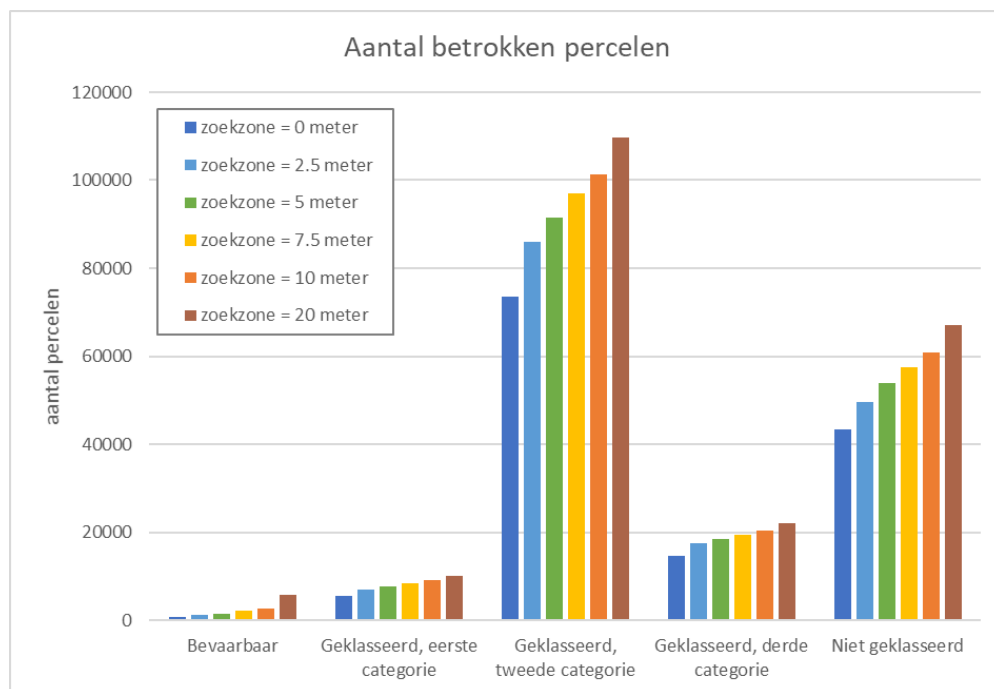
Een illustratie van het gebruik van zoekzones om de percelen en de bijhorende grenslengte van de betrokken waterloop af te bakenen is weergegeven in Bijlage 2. Een voorbeeld van de zodanig gegenereerde attribuentabel van de landbouwgebruikspcelenkaart met de grenslengtes voor de verschillende zoekzones en verschillende VHA-classes is weergegeven in Bijlage 3.

In Tabel 11 en Figuur 12 wordt een overzicht gegeven van het betrokken landbouwpercelen voor verschillende zoekzones voor de verschillende VHA-classes.



Tabel 10: Aantal betrokken percelen voor verschillende zoekzones voor verschillende VHA-klassen

VHA-klasse	Zoekzone					
	0m	2,5m	5m	7,5m	10m	20m
Bevaarbaar	843	1144	1516	2160	2742	5743
Geklasseerd, 1^{ste} categorie	5414	6849	7675	8497	9001	9982
Geklasseerd, 2^{de} categorie	73627	86066	91565	96944	101262	109659
Geklasseerd, 3^{de} categorie	14613	17470	18538	19526	20375	22126
Niet geklasseerd	43467	49702	53817	57597	60834	67181



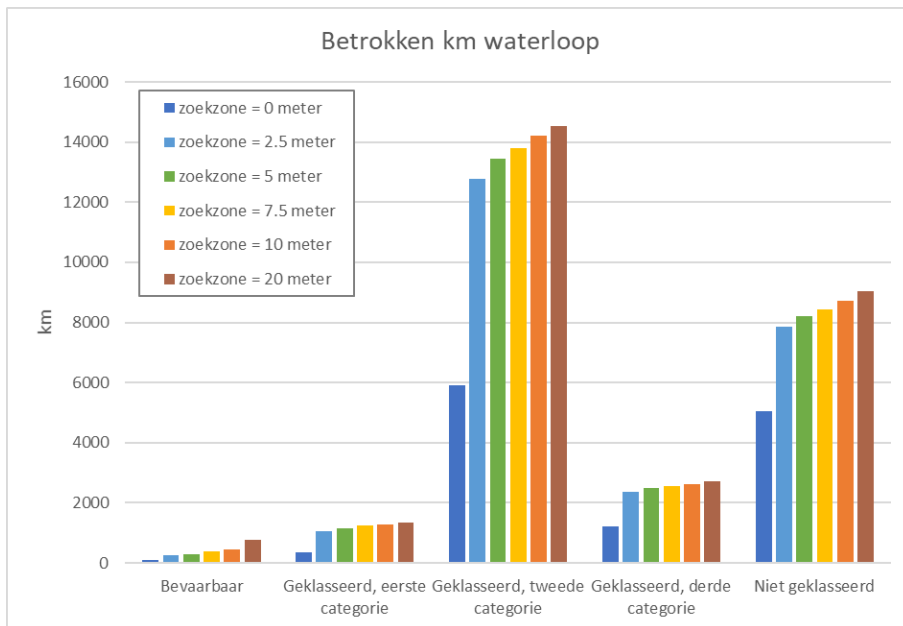
Figuur 12: Aantal betrokken percelen voor verschillende zoekzones voor verschillende VHA-klassen

Hieruit blijkt dat zelfs met een zoekzone van 0 meter (waarbij dus eigenlijk gekeken wordt naar percelen die overlappen met de waterloop) er al een zeer groot aandeel van de landbouwpercelen geselecteerd wordt. Wanneer echter gekeken wordt naar de totale som van de grenslengtes voor alle percelen voor verschillende zoekzones en VHA-klassen (Figuur 12 en Figuur 13), blijkt meteen dat de zoekzone van 0 meter slechts een beperkt stuk van het perceel zal selecteren, waardoor de totale grenslengte voor deze zoekzone veel lager ligt dan bij de zoekzones 2.5, 5, 7.5, 10 en 20 meter.

Tabel 11: Aantal km betrokken waterloop voor verschillende zoekzones voor verschillende VHA-klassen

VHA-klasse	Zoekzone:					
	0m	2,5m	5m	7,5m	10m	20m
Bevaarbaar	91	250	296	375	446	768
Geklasseerd, 1^{ste} categorie	361	1056	1150	1233	1282	1333
Geklasseerd, 2^{de} categorie	5895	12787	13433	13801	14209	14537
Geklasseerd, 3^{de} categorie	1210	2379	2489	2555	2636	2709
Niet geklasseerd	5060	7849	8207	8446	8705	9040





Figuur 13: Aantal km betrokken waterloop voor verschillende zoekzones voor verschillende VHA-klassen

Het uiteindelijke doel van deze operatie is om de percelen te identificeren waarop mestvrije stroken relevant zijn, m.a.w. percelen die dicht bij de waterlopen liggen, en de betrokken lengte waterloop voor elk perceel te kwantificeren. Een te korte zoekzone, bijvoorbeeld 0 meter, zal percelen dicht bij de waterloop niet identificeren, terwijl een zoekzone van 20 meter ook percelen zal selecteren die niet relevant zijn voor dit onderzoek. In samenspraak met de opdrachtgever en de stuurgroep werd op het bijzonder overleg van 29 juni 2017 besloten om verder te werken met een zoekzone van 2,5 meter. Deze keuze blijkt zeer evenwichtig te zijn: uit Figuur 13 blijkt duidelijk dat een zoekzone van 0 meter voor een zeer groot aandeel percelen slechts een zeer beperkte grenslengte zal identificeren, terwijl anderzijds een toename van de zoekzone boven de 2,5 meter niet tot een grote toename in grenslengte zal leiden. Bovendien verhoogt een grotere zoekzone het risico dat er ook percelen geselecteerd worden die niet werkelijk grenzen aan de waterloop, maar waar bv. kleine landschapselementen aanwezig zijn tussen perceel en waterloop.

3.2.3 Resultaten

Na selectie van de zoekzone werd een finale berekening uitgevoerd met volgende eigenschappen:

- zoekzone 2,5 meter,
- zoekzone van 0 meter werd nogmaals uitgevoerd ter vergelijking,
- breedte segmenten VHA waar geen GRB is: 3 meter voor geklasseerde waterlopen van 2^{de} en 3^{de} categorie en voor niet-geklasseerde waterlopen (bij de resultaten hierboven besproken werd nog gerekend met de breedtes uit Tabel 10),
- ook berekening voor de stilstaande waters uit de Watervlakkenkaart, die in juni 2017 verkregen werd.

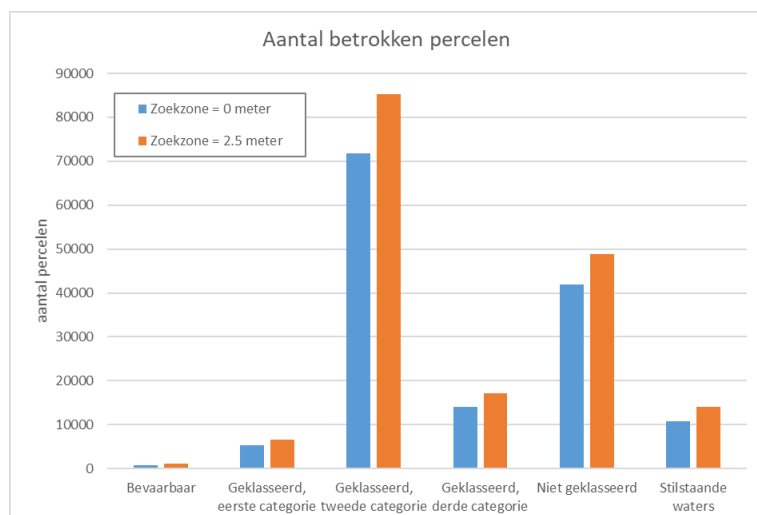
Resultaten voor de finale berekening van het aantal betrokken percelen zijn weergegeven in Tabel 13 en Figuur 14, en voor het aantal kilometer betrokken waterloop in Tabel 14 en Figuur 15. De bekomen waarden zijn iets lager in vergelijking met deze uit Tabel 11 en Tabel 12, hetgeen logisch is aangezien de breedte van de VHA-



segmenten zonder GRB-informatie licht teruggedrongen is. In de oorspronkelijke berekening werd een breedte van 4,2, 3,9 of 3,8 meter (respectievelijk voor geklasseerde waterlopen van 2^{de} categorie, van 3^{de} categorie, en niet-geklasseerde waterlopen, zie Tabel 10) toegekend aan stukken waterloop waar de breedte niet uit het GRB afgeleid kon worden, in de finale berekening werd hiervoor een breedte van 3 meter gebruikt. Deze berekening wijst verder uit dat het aandeel van de stilstaande waters op het totaal beperkt is: slechts 4% op basis van de betrokken km waterloop (Tabel 14, zoekzone 2,5 meter).

Tabel 12: Aantal betrokken percelen

VHA-klasse	Zoekzone	
	0 m	2,5 m
Bevaarbaar	835	1136
Geklasseerd, 1^{ste} categorie	5248	6656
Geklasseerd, 2^{de} categorie	71719	85187
Geklasseerd, 3^{de} categorie	14149	17227
Niet geklasseerd	41924	48916
Stilstaande waters	10798	14044

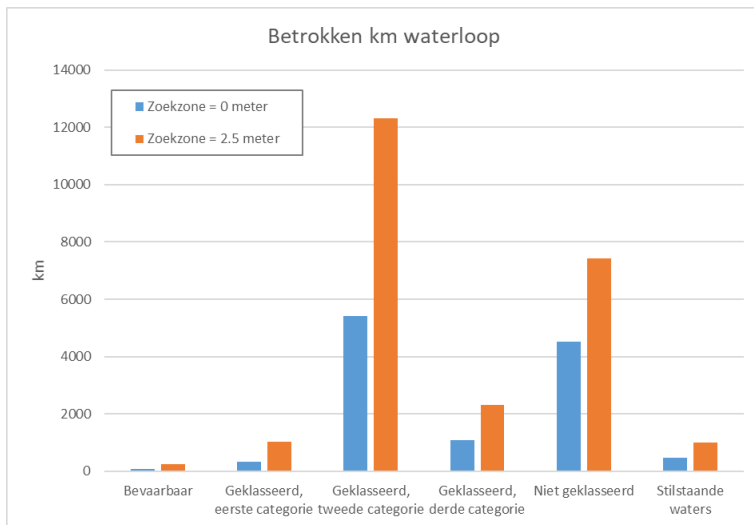


Figuur 14: Aantal betrokken percelen

Tabel 13: Aantal km betrokken waterloop

VHA-klasse	Zoekzone	
	0 m	2,5 m
Bevaarbaar	78	250
Geklasseerd, 1^{ste} categorie	324	1020
Geklasseerd, 2^{de} categorie	5428	12581
Geklasseerd, 3^{de} categorie	1092	2318
Niet geklasseerd	4512	7420
Stilstaande waters	465	1011



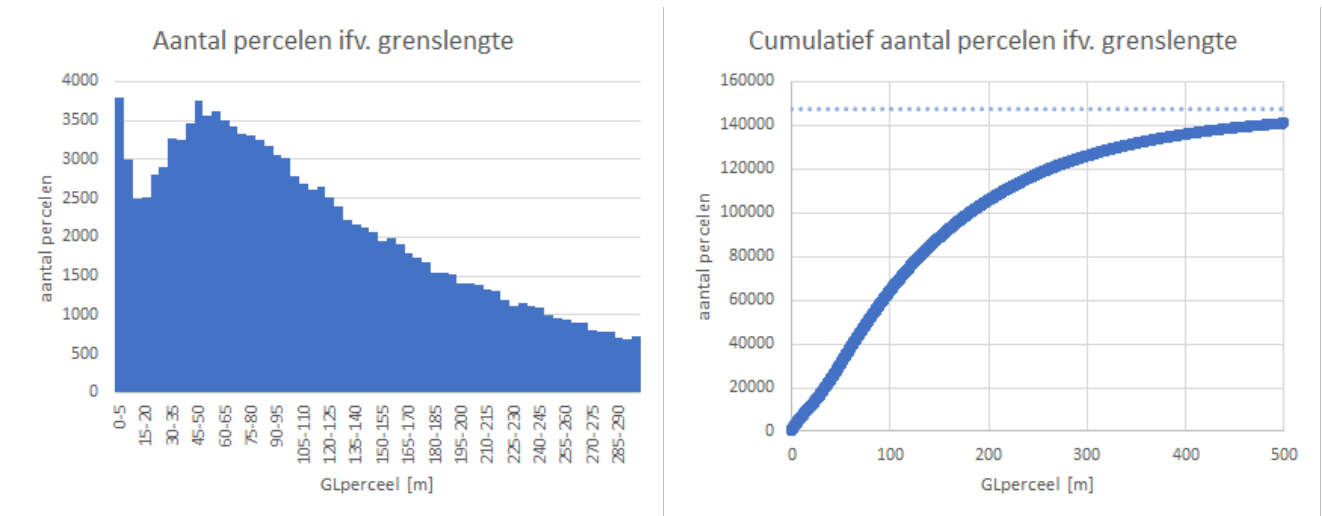


Figuur 15: Aantal km betrokken waterloop

De dataset bevat na deze berekeningen 147 628 percelen, op een totaal van 558 356 landbouwpercelen in Vlaanderen in 2016. Merk op bij Tabel 13 dat één perceel kan grenzen aan waterlopen van verschillende categoriën, zodat dergelijke percelen in meer dan één categorie ingedeeld worden. Omdat eenzelfde perceel in meerdere VHA-klassen kan voorkomen, is de som van de aantallen per VHA-klasse groter dan het totaal aantal betrokken percelen (147 628 percelen).

De berekening wijst dus uit dat 26% van de landbouwpercelen in Vlaanderen zich voor een deel (en dit kan een zeer klein deel zijn) binnen de 2,5 meter van de talud van een waterloop bevindt, met de locatie van de talud op basis van het GRB-Wtz of de toegekende breedte aan de VHA-lijn zoals beschreven in sectie 3.2.2.2. Om het aandeel van de percelen met een beperkte grenslengte te begroten werd een frequentieanalyse uitgevoerd op de totale dataset (Figuur 16). De resultaten hiervan tonen aan dat 85% van de percelen een grenslengte tussen 0 en 300 meter bezit. Percelen met een beperkte grenslengte (tot 5 meter) bedragen 3% van de totale dataset (Tabel 15).





Figuur 16: Frequentieverdeling (links) en cumulatieve frequentieverdeling (rechts) van het aantal percelen in de dataset in functie van hun grenslengte. De blauwe stippellijn in de cumulatieve verdeling duidt het totaal aantal percelen in de dataset (147 628) aan

Tabel 14: Aantal percelen in de dataset in functie van de grenslengte

GL _{perceel}	Aantal percelen	% van totale dataset
≤ 0 meter	0	0%
≤ 1 meter	1314	1%
≤ 2 meter	1928	1%
≤ 2,5 meter	2248	2%
≤ 3 meter	2257	2%
≤ 4 meter	3176	2%
≤ 5 meter	3801	3%
≤ 7,5 meter	5372	4%
≤ 10 meter	6802	5%
≤ 20 meter	11792	8%
≤ 50 meter	31245	21%
≤ 100 meter	64464	44%
≤ 300 meter	126084	85%

3.2.4 Leverbaarheden

De geografische database van betrokken waterlopen en landbouwpercelen werd aangemaakt voor 2016. Aan 147 628 percelen is een grenslengte toegekend van een nabijgelegen waterloop, met bijhorend de VHA-klasse van de waterloop. Ook voor de stilstaande waters is de grenslengte geïntegreerd via de Watervlakkenkaart.

Aangezien recente output (2016) van het BemestingsAllocatieModel niet tijdig beschikbaar was voor de scenariostudies, werd de aanmaak van de dataset van de betrokken percelen opnieuw uitgevoerd met de percelenkaart van 2012. Uit de bekomen dataset werden vervolgens percelen met een teeltgroep weggelaten die voor de scenarioanalyse als niet relevant beschouwd werd. De lijst met weggelaten teeltcodes is te vinden in Tabel 52 in sectie 6.2.3.1. Op deze manier werd een nieuwe dataset met in totaal 140 561 percelen bekomen, met een totale grenslengte langs oppervlaktewaters van 22 925 km, waarvan 14 557 km langs geklasseerde en 8 368 km langs niet-klasseerde waterlopen en stilstaande waters (Tabel 15).



Tabel 15: Aantal randpercelen en grenslengte in kilometer voor de berekening op basis van de percelenkaart van 2012, voor de verschillende VHA-klassen

VHA-klasse	Aantal percelen	Grenslengte [km]
Bevaarbaar	1163	253
Geklasseerd, 1^{ste} categorie	5872	929
Geklasseerd, 2^{de} categorie	73577	11273
Geklasseerd, 3^{de} categorie	15066	2101
Niet geklasseerd	42898	6712
Stilstaande waters	25164	1656



3.3 WP 3: KARTERING VAN GEVOELIGE GEBIEDEN VOOR ANDERE FACTOREN (GAF)

3.3.1 Doel

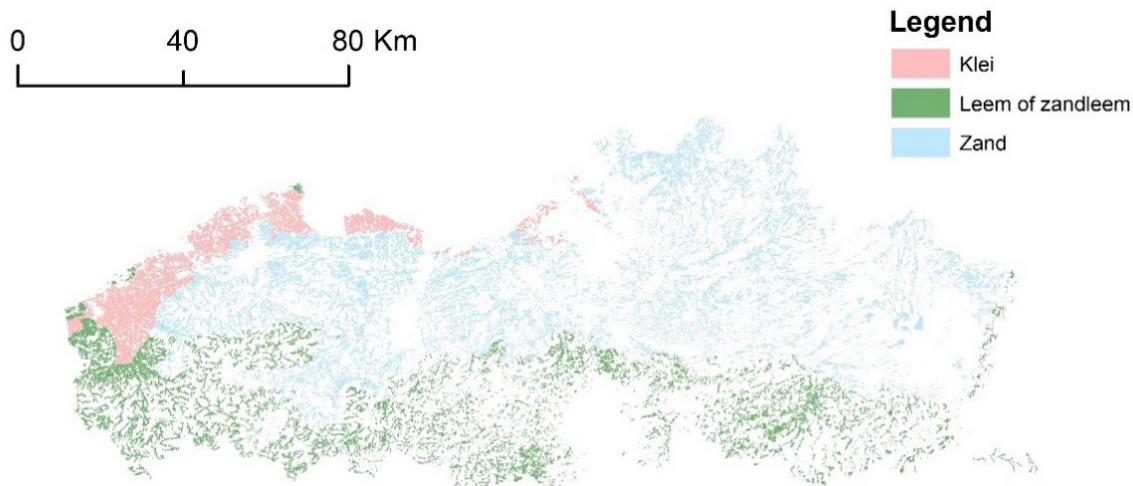
Kartering van gevoelige gebieden voor andere factoren (GAF) dan meemesten m.b.t. bemestingsvrije strookbreedte.

3.3.2 Aanpak en resultaten

De andere belangrijkste factoren geïdentificeerd in WP01 zijn:

- bodemtextuur,
- hellingsgraad,
- drainageklasse (niet meegenomen),
- bodembedekking in de winter.

De bodemtextuur en drainageklasse zijn beschikbaar voor heel Vlaanderen als attribuut bij de bodemkaart van België. Dit kaartmateriaal wordt gekoppeld aan de geografische database aangemaakt in WP02. In Figuur 17 is een overzicht gegeven van de bodemtextuur van de percelen die in WP02 geïdentificeerd zijn als relevant voor dit onderzoek. De verdeling van de totale grenslengte per VHA-categorie voor de verschillende textuurklassen is weergegeven in Tabel 16. In deze tabel zijn de textuurklassen G (stenige gronden), X (duinen) en M (mergel) niet getoond, deze hadden een verwaarloosbaar lage grenslengte.



Figuur 17: Bodemtextuur van de percelen geïdentificeerd in WP02



Tabel 16: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de verschillende textuurklassen van de bodemkaart (klasse G, X, en M niet getoond wegens verwaarloosbaar klein) voor de verschillende VHA-categorieën

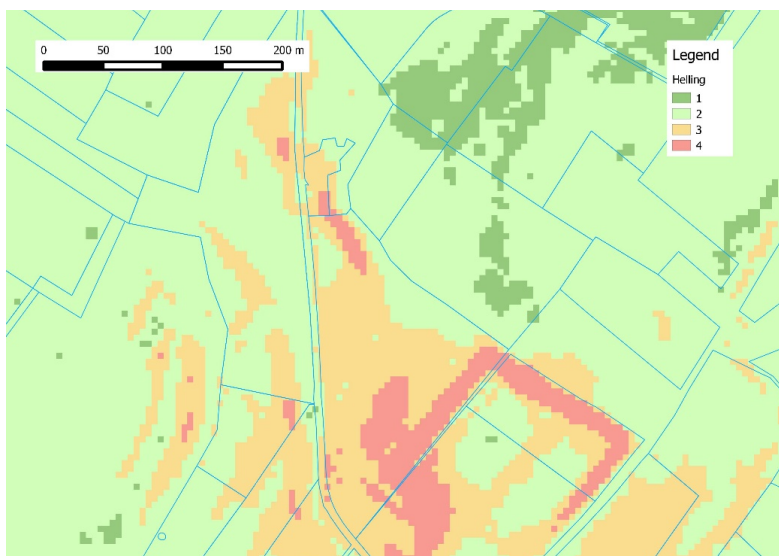
Categorie	Overige (OB, D5,...)	Zand (Z)	Lemig zand (S)	Lichte zandleem (P)	Zandleem (L)	Leem (A)	Klei (E)	Zware klei (U)	Veen (V)
Bevaarbaar	206	1	9	8	15	1	9	1	0
Geklasseerd, 1^{ste} categorie	350	31	122	91	122	138	127	13	24
Geklasseerd, 2^{de} categorie	2591	1564	2283	1463	2336	1190	913	120	82
Geklasseerd, 3^{de} categorie	214	678	587	215	295	126	132	48	16
Niet geklasseerd	2774	776	921	530	1205	829	290	47	33
Stilstaande waters	336	87	115	112	188	56	89	13	12

De verdeling van de totale grenslengte per VHA-categorie voor de verschillende drainagetrappen is weergegeven in Tabel 17.

Tabel 17: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de verschillende drainagetrappen van de bodemkaart voor de verschillende VHA-categorieën

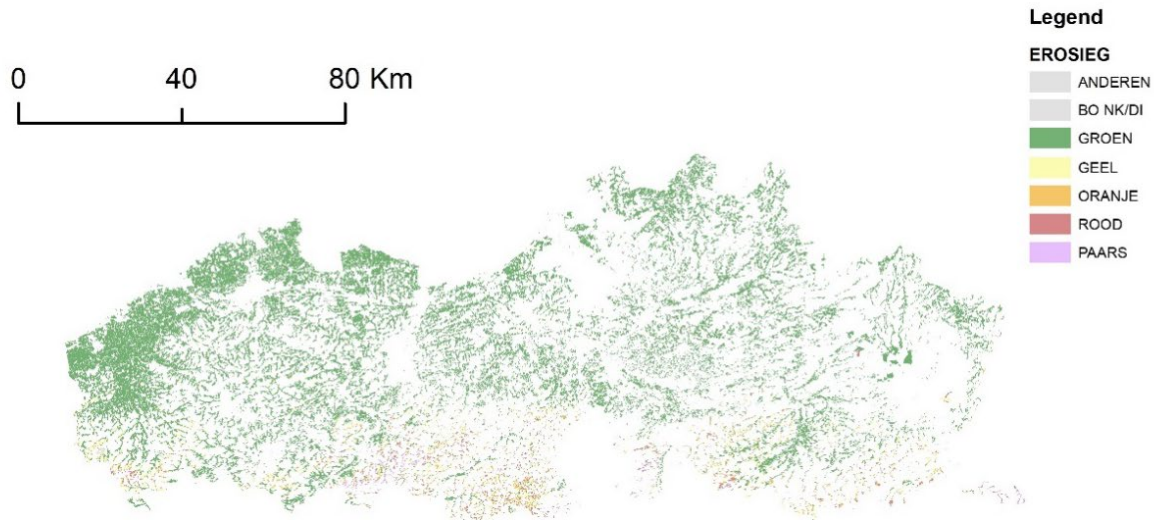
Categorie	Geen	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Veen (V)
Bevaarbaar	206	0	12	6	11	11	3	1	0	0	0
Geklasseerd, 1^{ste} categorie	351	1	10	47	170	264	136	3	16	0	22
Geklasseerd, 2^{de} categorie	2637	23	384	1340	4107	2556	998	30	428	4	73
Geklasseerd, 3^{de} categorie	220	4	71	394	1033	391	136	12	41	0	16
Niet geklasseerd	2792	12	305	757	2028	857	343	8	282	7	30
Stilstaande waters	341	2	25	90	254	173	76	6	33	0	10

Voor de hellingsgraad wordt gebruik gemaakt van de hellingenkaart ter beschikking gesteld door AGIV in maart 2014. Deze kaart bevat de hellingsgraad voor 5x5 m² pixels in GeoTIFF-formaat (Figuur 18).



Figuur 18: Illustratie hellingenkaart

Om een indicatie te geven van de spreiding van deze factor wordt in Figuur 19 een overzicht gegeven van de erosiegevoeligheid van de percelen geïdentificeerd in WP02.



Figuur 19: Erosiegevoeligheid van de percelen geïdentificeerd in WP02

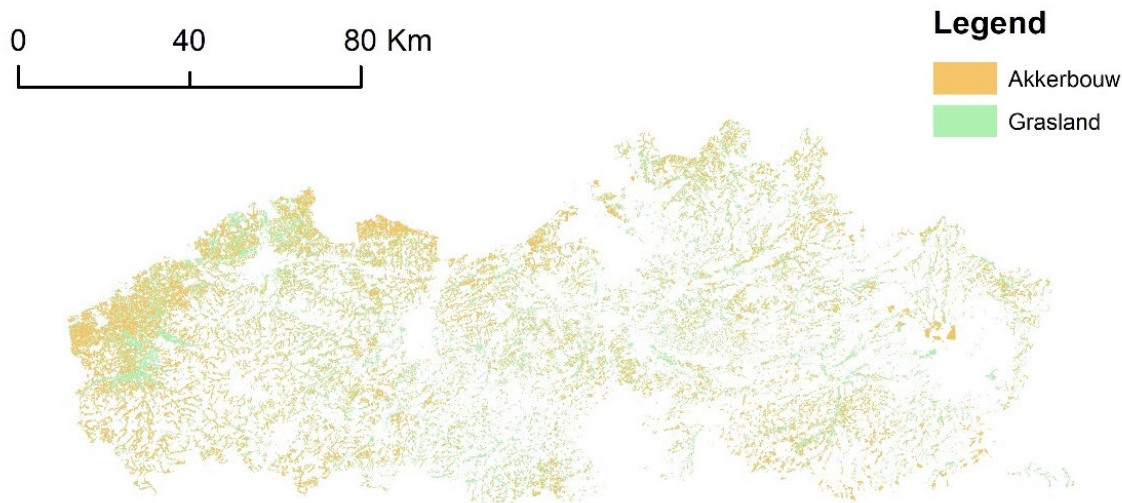
De verdeling van de totale grenslengte per VHA-categorie voor de verschillende erosiegevoeligheidsklassen is weergegeven in Tabel 18.

Tabel 18: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de verschillende erosiegevoeligheidsklassen voor de verschillende VHA-categorieën. Erosiegevoeligheidsklasse “zeer laag” is inclusief “verwaarloosbaar”

Categorie	Zeer laag	Laag	Medium	Hoog	Zeer hoog
Bevaarbaar	174	44	10	20	2
Geklasseerd, 1 ^{ste} categorie	957	43	8	8	1
Geklasseerd, 2 ^{de} categorie	11390	672	195	189	45
Geklasseerd, 3 ^{de} categorie	2146	71	32	37	11
Niet geklasseerd	6682	324	160	170	50
Stilstaande waters	915	55	15	17	4

De bodembedekking in de winter wordt afgeleid uit de teeltgegevens in de landbouwgebruiksperceelkaart. Deze gegevens zijn reeds aanwezig in de geografische database aangemaakt in WP02. Aangezien de bodembedekking in de winter elk jaar kan veranderen is dit geen factor waarvoor permanent gevoelige gebieden geïdentificeerd kunnen worden. Op jaarbasis kan echter wel een kaart opgemaakt worden die toont in welke gebieden er die winter geen bodembedekking aanwezig was. Ter illustratie van de ruimtelijke spreiding over Vlaanderen in 2016 wordt een eenvoudige opsplitsing voor grasland en akkerland voor de geïdentificeerde percelen uit WP02 weergegeven in Figuur 20. De verdeling van de totale grenslengte per VHA-categorie voor grasland, akkerbouw en groenten, en overig landgebruik (fruitbomen, sierteelt,...) is weergegeven in Tabel 19.





Figuur 20: Teeltgroep van de percelen geïdentificeerd in WP02 voor 2016

Tabel 19: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor landgebruik grasland, akkerbouw en groenten, en overig landgebruik (fruitbomen, sierteelt,...) voor de verschillende VHA-categorieën in 2016

Categorie	Akkerbouw en groenten	Grasland	Overige
Bevaarbaar	30	205	15
Geklasseerd, 1 ^{ste} categorie	250	741	29
Geklasseerd, 2 ^{de} categorie	5358	6709	515
Geklasseerd, 3 ^{de} categorie	1135	1062	121
Niet geklasseerd	3346	3734	340
Stilstaande waters	138	763	110

3.3.3 Leverbaarheden

Kaarten van de GAF, en dit voor elke betekenisvolle factor, of eventueel een combinatie van factoren, en de toelichtingen m.b.t. de zonering en wijze van weergave. Het benodigde kaartmateriaal is beschikbaar en onder GIS samengebracht met de geografische database uit WP02.



3.4 WP 4: RELATIE GEVOELIGE GEBIEDEN TOT BELEID EN PROGRAMMA'S

3.4.1 Doel

Onderzoek in welke mate er overeenstemming bestaat tussen de GAF en specifiek beleid: de focusgebieden van het mestbeleid, de speerpunt- en de aandachtsgebieden van het integraal waterbeleid, de andere beleidsprogramma's, in het bijzonder het PDPOIII (beheerovereenkomsten).

3.4.2 Aanpak en resultaten

Hieronder een overzicht van het kaartmateriaal m.b.t. beleid dat gebruikt wordt, en zijn locatie binnen de geografische database.

– MAP, Mestbeleid:

Deze gegevens zijn beschikbaar als attribuut in landbouwgebruikspercelenkaart (alle gegevens uit de kaart van 2016):

- Kwetsbaar gebied natuur:
 - ▶ Thema gewestplan (TH_GEWPL): 7 domeinen
 - ▶ Thema gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan: 3 domeinen
 - ▶ Thema natuur (TH_NAT): samenvattende combinatie van TH_GEWPL en TH_GRUP: 18 domeinen
- Fosfaatverzadigd gebied:
 - ▶ Thema fosfaat (TH_FOSF): 3 domeinen
- Focusgebied
 - ▶ Thema focusgebied (TH_FOCUS): 4 domeinen
- Speerpuntgebieden (SPG) en Aandachtsgebieden (AG) van het Integraal Waterbeleid
- Beheerovereenkomsten: attribuut in landbouwgebruikspercelenkaart:
 - AANV_BW1, TOEK_BW1: BO 'water met startdatum 1 oktober 2005'
 - AANV_BW2, TOEK_BW2: BO 'water met startdatum 1 januari 2006'
 - AANV_BW3, TOEK_BW3: BO 'water gesloten vanaf 1 januari 2007'
 - AANV_DI1, TOEK_DI1: pakket 'directe inzaai met startdatum voor 1 januari 2007'
 - AANV_DI2, TOEK_DI2: pakket 'directe inzaai gesloten vanaf 1 januari 2007'
 - AANV_NK2, TOEK_NK2: pakket 'niet-kerende bodembewerking gesloten vanaf 1 januari 2007'
 - AANV_AV1, TOEK_AV1: pakket 'akkervogelbeheer – leeuwerikvlakjes'
 - AANV_AV2, TOEK_AV2: pakket 'akkervogelbeheer – faunaranden'
 - AANV_AV3, TOEK_AV3: pakket 'akkervogelbeheer – graanranden'
 - AANV_AV4, TOEK_AV4: pakket 'akkervogelbeheer – winterstoppel'
 - AANV_WV1, TOEK_WV1: pakket 'weidevogelbeheer met vluchtstroken'
 - AANV_WV25, TOEK_WV25: pakket 'weidevogelbeheer – nesten'
 - AANV_DA, TOEK_DA: derogatie
 - AANV_BKM, TOEK_BKM: BKM
- Andere gebiedsgerichte acties of beleid met effecten op perceelsniveau:
 - Erosiebestrijdingsmaatregelen:
 - ▶ Attribuut in LGPK: Erosiegevoeligheid (EROSIEREG): 6 domeinen
 - ▶ Potentiële bodemerosiekaart per perceel (2014); bron DOV



- VEN

Voor de beleidsthema's focusgebieden (TH_FOCUS) en fosfaat (TH_FOSF) is de verdeling van de totale grenslengte per VHA-categorie voor de verschillende domeinen binnen deze thema's weergegeven in Tabel 20 (thema focusgebieden) en Tabel 21 (thema fosfaat).

Tabel 20: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het **beleidsthema focusgebieden** voor de verschillende VHA-categorieën. Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven

Categorie	Geen focusgebied		Focusgebied met bonusopbouw		Nieuw focusgebied		Was & blijft focusgebied	
	Kilometer	%	Kilometer	%	Kilometer	%	Kilometer	%
Bevaarbaar	192140	1%	14466	0%	0	0%	43474	0%
Geklasseerd, eerste categorie	713716	3%	53795	0%	7981	0%	244712	1%
Geklasseerd, tweede categorie	8526748	35%	386823	2%	253113	1%	3414358	14%
Geklasseerd, derde categorie	2018292	8%	10795	0%	60156	0%	228842	1%
Niet geklasseerd	5270058	21%	364700	1%	77499	0%	1708028	7%
Stilstaande waters	695727	3%	30874	0%	16722	0%	268151	1%

Tabel 21: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het **beleidsthema fosfaat** voor de verschillende VHA-categorieën. Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven

Categorie	Fosfaatverzaaid gebied		Fosfaatverzaaid gebied met laag FBV		Geen FV gebied	
	Kilometer	%	Kilometer	%	Kilometer	%
Bevaarbaar	2299	0%	0	0%	247781	1%
Geklasseerd, eerste categorie	1390	0%	0	0%	1018814	4%
Geklasseerd, tweede categorie	69881	0%	11584	0%	12499576	51%
Geklasseerd, derde categorie	43280	0%	4986	0%	2269818	9%
Niet geklasseerd	25586	0%	2212	0%	7392487	30%
Stilstaande waters	5802	0%	243	0%	1005428	4%

De resultaten in Tabel 20 en Tabel 21 tonen duidelijk aan dat het thema focusgebieden van veel groter belang gaat zijn voor de hier beschouwde dataset dan het thema fosfaat.

3.4.3 Leverbaarheden

De beleidselementen i.v.m. mestbeleid, beheerovereenkomsten, erosiebestrijdingsmaatregelen en het VEN zijn aanwezig in de geografische database.



3.5 WP 5 SYNTHESE EN GEOGRAFISCHE DATABASE VOOR DOORREKENING SCENARIO'S

3.5.1 Doel

De voor de verdere onderzoeken relevante geografische informatie samenbrengen onder een uniek GIS. Er wordt nagegaan of er betekenisvolle regionale uitsplitsingen voorkomen.

3.5.2 Aanpak en resultaten

Na evaluatie van de aanpak voorgesteld in WP01 werd de synthese van de geografische database uitgevoerd. In Tabel 22, Tabel 23 en Tabel 24 is de uitsplitsing van de totale grenslengte waterloop langs de percelen voor het beleidsthema focusgebieden over de impactfactoren landgebruik, bodemtextuur en erosiegevoeligheid weergegeven. Eenzelfde analyse werd uitgevoerd voor het beleidsthema fosfaat, maar aangezien meer dan 99% van de grenslengte waterloop zich in niet fosfaatverzadigd gebied bevindt (Tabel 21), wordt deze hier niet meer weergegeven.

Tabel 22: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het beleidsthema focusgebieden voor landgebruik akkerbouw (incl. groententeelt), grasland, en overig landgebruik (fruitbomen, sierteelt,...). Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven

Thema Focusgebied	Landgebruik	Bevaarbaar		Geklasseerd 1 ^{ste} categorie		Geklasseerd 2 ^{de} categorie		Geklasseerd 3 ^{de} categorie		Niet geklasseerd		Stilstaande waters	
Geen focusgebied	Akkerbouw	23746	0%	193287	1%	3522254	14%	997068	4%	2355584	10%	87771	0%
	Grasland	153778	1%	497776	2%	4655351	19%	921669	4%	2712185	11%	536561	2%
	Overige	14616	0%	22653	0%	349143	1%	99556	0%	202289	1%	71395	0%
Focusgebied met bonusopbouw	Akkerbouw	0	0%	7595	0%	163549	1%	3589	0%	132463	1%	4940	0%
	Grasland	14466	0%	45979	0%	208889	1%	6422	0%	222597	1%	22455	0%
	Overige	0	0%	222	0%	14385	0%	783	0%	9640	0%	3480	0%
Nieuw focusgebied	Akkerbouw	0	0%	1454	0%	114805	0%	34343	0%	36790	0%	2021	0%
	Grasland	0	0%	6238	0%	130282	1%	23443	0%	38138	0%	12106	0%
	Overige	0	0%	289	0%	8026	0%	2370	0%	2572	0%	2595	0%
Was & blijft focusgebied	Akkerbouw	6180	0%	47414	0%	1556965	6%	99532	0%	820950	3%	43706	0%
	Grasland	36562	0%	191432	1%	1714238	7%	110591	0%	761203	3%	192346	1%
	Overige	731	0%	5866	0%	143154	1%	18719	0%	125875	1%	32099	0%



Tabel 23: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het beleidsthema focusgebieden voor de verschillende bodemtextuurklassen (klasse G, M, V, en X niet getoond wegens verwaarloosbaar klein). Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven

Thema Focusgebied	Textuur	Bevaarbaar		Geklasseerd 1 ^{ste} categorie		Geklasseerd 2 ^{de} categorie		Geklasseerd 3 ^{de} categorie		Niet geklasseerd		Stilstaande waters	
Geen focusgebied	Overige	155066	1%	263132	1%	1984190	8%	189868	1%	2273328	9%	279655	1%
	Zand (Z)	606	0%	24215	0%	1111908	5%	607247	2%	497419	2%	61240	0%
	Lemig zand (S)	9457	0%	70922	0%	1559699	6%	513726	2%	578429	2%	80512	0%
	Licht zandleem (P)	7687	0%	63535	0%	908664	4%	193038	1%	344833	1%	64927	0%
	Zandleem (L)	8673	0%	73038	0%	1312002	5%	238095	1%	661268	3%	91665	0%
	Leem (A)	710	0%	111707	0%	955531	4%	95926	0%	619835	3%	45215	0%
	Klei (E)	9389	0%	73770	0%	503924	2%	116962	0%	220233	1%	49104	0%
Focusgebied met bonusopbouw	Overige	14466	0%	21410	0%	118415	0%	878	0%	147876	1%	10988	0%
	Zand (Z)	0	0%	1675	0%	40733	0%	34	0%	17524	0%	1849	0%
	Lemig zand (S)	0	0%	4919	0%	41506	0%	1941	0%	30330	0%	2422	0%
	Licht zandleem (P)	0	0%	1052	0%	42297	0%	4145	0%	24662	0%	2596	0%
	Zandleem (L)	0	0%	14970	0%	105093	0%	2635	0%	105360	0%	10893	0%
	Leem (A)	0	0%	2660	0%	27083	0%	1027	0%	34508	0%	1135	0%
	Klei (E)	0	0%	5426	0%	9539	0%	0	0%	3934	0%	985	0%
	Zware klei (U)	0	0%	713	0%	363	0%	0	0%	0	0%	6	0%
Nieuw focusgebied	Overige	0	0%	5185	0%	8292	0%	1852	0%	6453	0%	932	0%
	Zand (Z)	0	0%	1652	0%	45718	0%	43821	0%	21587	0%	5505	0%
	Lemig zand (S)	0	0%	508	0%	97288	0%	13987	0%	30755	0%	1994	0%
	Licht zandleem (P)	0	0%	6	0%	13072	0%	496	0%	756	0%	1660	0%
	Zandleem (L)	0	0%	0	0%	58349	0%	0	0%	9169	0%	3871	0%
	Leem (A)	0	0%	511	0%	8513	0%	0	0%	5691	0%	65	0%
	Klei (E)	0	0%	0	0%	12185	0%	0	0%	1397	0%	699	0%
	Zware klei (U)	0	0%	0	0%	7023	0%	0	0%	0	0%	663	0%
Was & blijft focusgebied	Overige	36657	0%	60704	0%	480143	2%	21296	0%	346340	1%	43969	0%
	Zand (Z)	0	0%	3594	0%	365535	1%	26542	0%	239233	1%	18509	0%
	Lemig zand (S)	0	0%	45630	0%	584309	2%	57299	0%	281381	1%	30389	0%
	Licht zandleem (P)	0	0%	25965	0%	499195	2%	17368	0%	159651	1%	42363	0%
	Zandleem (L)	6805	0%	34455	0%	860570	3%	54263	0%	429609	2%	81327	0%
	Leem (A)	6	0%	22930	0%	198507	1%	28631	0%	168698	1%	10029	0%
	Klei (E)	5	0%	48152	0%	387313	2%	15410	0%	64180	0%	37963	0%
	Zware klei (U)	0	0%	1374	0%	13025	0%	283	0%	4673	0%	1723	0%



Tabel 24: Totale kilometer grenslengte waterloop langs de percelen voor de domeinen binnen het beleidsthema focusgebieden voor de verschillende erosiegevoeligheidsklassen. Naast de totale grenslengte in kilometer is ook het percentage van de totale grenslengte weergegeven. Erosiegevoeligheidsklasse “zeer laag” is inclusief “verwaarloosbaar”

Thema Focusgebied	Erosie-gevoeligheid	Bevaarbaar		Geklasseerd 1 ^{ste} categorie		Geklasseerd 2 ^{de} categorie		Geklasseerd 3 ^{de} categorie		Niet geklasseerd		Stilstaande waters	
Geen focusgebied	Zeer laag	125704	1%	678090	3%	7695192	31%	1893229	8%	4751037	19%	632753	3%
	Bijdrage	0	0%	437	0%	56832	0%	15872	0%	20951	0%	3949	0%
	Laag	37060	0%	24855	0%	438567	2%	53535	0%	200074	1%	33391	0%
	Medium	9741	0%	5677	0%	145774	1%	25870	0%	121138	0%	9870	0%
	Hoog	17825	0%	4334	0%	153572	1%	24853	0%	134592	1%	12503	0%
	Zeer hoog	1810	0%	324	0%	36811	0%	4932	0%	42267	0%	3260	0%
Focusgebied met bonusopbouw	Zeer laag	9139	0%	51542	0%	351214	1%	10716	0%	336263	1%	28633	0%
	Bijdrage	0	0%	0	0%	2522	0%	79	0%	3348	0%	244	0%
	Laag	4277	0%	2240	0%	23624	0%	0	0%	18538	0%	1633	0%
	Medium	0	0%	14	0%	5700	0%	0	0%	3295	0%	226	0%
	Hoog	1050	0%	0	0%	3718	0%	0	0%	2422	0%	137	0%
	Zeer hoog	0	0%	0	0%	45	0%	0	0%	834	0%	0	0%
Nieuw focusgebied	Zeer laag	0	0%	7397	0%	237321	1%	60156	0%	67118	0%	15534	0%
	Bijdrage	0	0%	0	0%	3042	0%	0	0%	2379	0%	143	0%
	Laag	0	0%	584	0%	8870	0%	0	0%	4434	0%	608	0%
	Medium	0	0%	0	0%	1826	0%	0	0%	3308	0%	253	0%
	Hoog	0	0%	0	0%	2052	0%	0	0%	260	0%	183	0%
Was & blijft focusgebied	Zeer laag	38891	0%	219722	1%	3106052	13%	181607	1%	1527825	6%	237606	1%
	Bijdrage	0	0%	2311	0%	28399	0%	5506	0%	7566	0%	1568	0%
	Laag	2767	0%	15641	0%	200463	1%	17418	0%	100776	0%	19025	0%
	Medium	361	0%	2792	0%	41981	0%	6314	0%	31997	0%	4970	0%
	Hoog	1455	0%	3603	0%	29579	0%	11897	0%	33078	0%	3980	0%
	Zeer hoog	0	0%	643	0%	7884	0%	6099	0%	6786	0%	1001	0%

3.5.3 Leverbaarheden

De database onder GIS zoals hierboven uiteengezet.



instantie terugvallen op eigen expertise, (voor)kennis en de desktopstudie die uitgevoerd werd. Bijkomende informatie werd bekomen via contacten en overleg met zowel constructeurs, Fedagrim, landbouworganisaties en verenigingen van loonwerkers. Een overzicht van de contacten is terug te vinden in Bijlage 4. Een vermelding naar de gebruikte bronnen werd aangebracht onder de vorm van een voetnoot.

- Om de technische fiches correct te kunnen interpreteren, werd de gebruikte terminologie (werkbreedte, strooibreedte, verliezen, meemesten, enz.) gedefinieerd en geïllustreerd en werden de verschillende mesttypes (organisch vast en vloeibaar, kunstmest vast en vloeibaar) omschreven en gelinkt aan de overeenkomstige BT.
- Zoals uit de geüpdate en aangevulde technische fiches (Bijlage 5) zal blijken, werd niet altijd alle informatie qua kostprijs voor gebruik in eigen beheer of loonwerk gevonden. Om voor de 16 BT een “totale kost eigen beheer (€/ha)” en “kost loonwerk (€/ha)” te bekomen, werden er een aantal assumpties gemaakt. Een overzichtstabel van de informatie uit de technische fiches en een lijst van de assumpties die gemaakt werden om tot de kostprijzen te komen die nodig zijn als input van ‘WP17 Kosten Baten-analyse scenario’s’, is terug te vinden in Bijlage 11. In de overzichtstabel in Bijlage 11 vindt u de gebruikte bronnen terug als een superscript in het kolomhoofd of bij de opgegeven cijfers (indien deze afwijkt van de hoofdbron voor deze kolom).
- Met uitzondering van spuittoestellen (verplichte keuring) zijn er geen data beschikbaar m.b.t. het gebruiksaandeel van verschillend BT in Vlaanderen. Fedagrim stelde wel verkoopcijfers ter beschikking voor de periode 2011-2016 (en minder gedetailleerde voor de periode 2005-2015). Deze zijn echter op Belgisch niveau. Bij de contacten met constructeurs en verdelers werd eveneens gepolst naar mogelijkheden om een inschatting te maken van het gebruiksaandeel verschillende BT echter met weinig resultaat.

4.2.3 Resultaten

- Tabel 25 geeft de volledige lijst van 16 bemestingstechnieken die verder beschouwd zullen worden in dit project. Deze worden ingedeeld op basis van het mesttype waarvoor ze kunnen aangewend worden nl. organisch vast, organisch vloeibaar, kunstmest vast en kunstmest vloeibaar. Daarnaast wordt gespecificeerd of het een breedwerpige² techniek is en of er mogelijkheden zijn om aan kantstrooien te doen. Merk op dat we de terminologie (kant)strooien, strooibreedte, enz. zowel gebruiken voor vaste als voor vloeibare organische en kunstmest. In het kader van de problematiek van meemesten, zal in het vervolg van het project de meeste aandacht uitgaan naar de breedwerpige technieken.

² Breedwerpige techniek: de werp- of strooibreedte is breder dan de werkbreedte van de machine



Tabel 25: Lijst van 16 bemestingstechnieken in gebruik in Vlaanderen of potentieel bruikbaar

	Bemestingstechniek	Breedwerpige techniek	Met/zonder kantstrooi-instellingen				
Organische mest	Vast	1.type schotelstrooier	x	x	1	2	3
		2.type verticale walsen	x	x			
		3.type horizontale wals					
	Vloeibaar	4.Breedwerpig	x		4	5	6
		5.Sleepslangbemester					
		6.Sleepvoet					
		7.Sleufkouter/zodebemester of -injector			7	8	
		8.Bouwland injector					
Kunstmest	Vast	9.Centrifugaalstrooier	x	x	9	10	11
		10.Pendelstrooier	x	x			
		11.Pneumatische strooier					
		12.Vijzelstrooier			12	13	
		13.Rijenbemesting					
	Vloeibaar	14.Spuittoestel		x	14	15	16
		15.Rijenbemesting					
16.Spaakwielbemester							

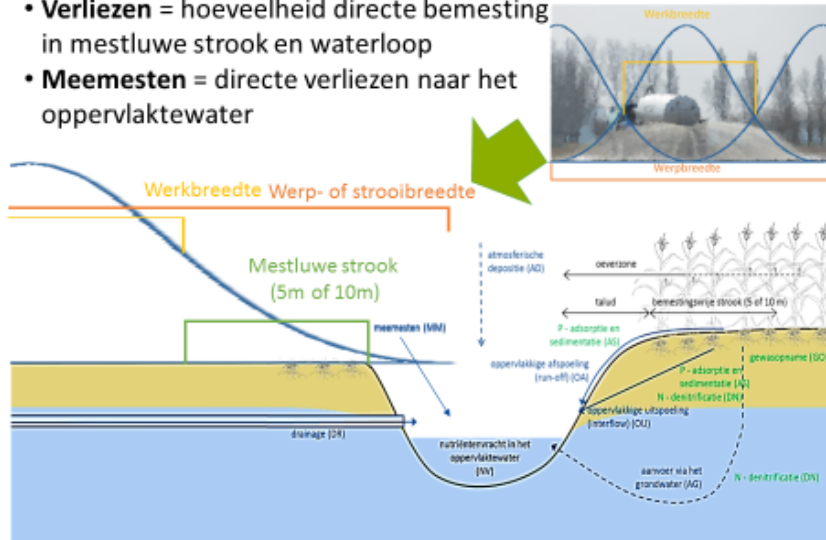
- De uitgebreide Bijlage 5 bevat de eigenlijke output van dit WP en bundelt de gebruikte terminologie, de omschrijving van de mesttypes, de technische fiches van de 16 BT en de kantstrooiotechnieken. De verschillende fiches (43 in totaal) worden hier niet in detail herhaald. Ter illustratie wordt voor elk van de aspecten één voorbeeldfiche gegeven. Opmerkingen en aanvullingen bij de fiches kunnen nog steeds doorgegeven worden aan ILVO.

- **Terminologie:** De fiches m.b.t. terminologie definiëren en illustreren belangrijke termen zoals gewicht, laadvermogen, werkbreedte, strooibreedte, mestluwe of bemestingsvrije strook, meemesten en verliezen, enz. Voorbeeldfiche in Figuur 21 behandelt de terminologie ‘verliezen’, ‘meemesten’, ‘mestluwe strook’, ‘werkbreedte’ en ‘strooibreedte’.



Terminologie

- **Verliezen** = hoeveelheid directe bemesting in mestluwe strook en waterloop
- **Meemesten** = directe verliezen naar het oppervlaktewater



Figuur 21: Voorbeeldfiche gebruikte terminologie

- **Mesttypes:** Elk van de vier mesttypes (organisch vast en vloeibaar, kunstmest vast en vloeibaar) werd omschreven en gelinkt aan de overeenkomstige BT. In Figuur 22 het voorbeeld van vloeibare kunstmest en de link met BT 14. Spuittoestel, 15. Rijenbemesting en 16. Spaakwielbemester.

Kunstmest - Vloeibaar

Algemeen

Als alternatief voor het strooien van korrelmeststoffen kan ook vloeibare anorganische meststof toegepast worden. De afgelopen jaren zat het gebruik van vloeibare meststoffen in de lift. Dit is deels te wijten aan de lagere kostprijs t.o.v. korrelmeststoffen en is deels een gevolg van de toenemende populariteit van precisielandbouwtechnieken. De pH-waarde van het perceel moet wel optimaal zijn om toepassingen toe te laten. Bij een te hoge pH-waarde van de bodem is de vervluchtiging van vloeibare meststoffen erg groot.

Samenvattend heeft het toepassen van vloeibare meststoffen zoals Urean een aantal voordelen ten opzichte van het strooien van korrelmeststoffen zoals Nutramon-KAS.

Voordelen

- Grote werkbreedte mogelijk in combinatie met een goede verdeling;
- Gedeeltelijke opname via blad, zorgt ook voor snelle werking;
- Kan gecombineerd worden met het spuiten van bepaalde gewasbeschermingsmiddelen en bovendien de werking ervan verbeteren;
- Eenvoudiger te verwerken.

Nadelen

- Kans op bladverbranding;
- Corrosieve werking op vooral koper, brons, zink en gegalvaniseerd ijzer van apparatuur;
- Minder geschikt voor toepassing op kalkrijke gronden i.v.m. stikstofvervluchtiging;
- Hogere verzurende werking dan KAS;
- Algemeen hogere stikstofverliezen (tot 20% minder efficiënt);
- Effect van ammoniakvervluchtiging op het milieu;
- Kans op vertraagde werking (Ureum deel);
- Niet toepasbaar bij regenachtig weer;
- Uitkristallisatie bij lage temperaturen;
- Speciale opslagtank/apparatuur nodig (hierdoor hogere kosten voor aanwending);
- In rijbemesting kunnen ook lagere giften uniform toegepast worden.

Vloeibare meststoffen kunnen op diverse manieren worden toegepast:

14. In de basisbemesting worden vloeibare meststoffen veelal toegegend met een spuittoestel of eventueel via beregening, druppelirrigatie of bevoeien.
15. Rijenbemesting waarbij de toediening van vloeibare meststoffen meestal gecombineerd worden met een grondbewerking, poten of zaaien.
16. Tot slot kan er ook gebruik gemaakt worden van een in Vlaanderen vrij onbekende techniek: de spaakwielbemester.

Figuur 22: Voorbeeldfiche mesttypes – Kunstmest vloeibaar

- **Technische fiches:** Voor elk van de BT werd een technische fiche gemaakt waarin in detail het werkingsprincipe, de technische parameters (werkbreedte, gewicht, laadvermogen), de opties om

meemesten te reduceren en kostprijzen (aankoop/aanpassing machine, arbeidsuren, loonwerk, brandstofverbruik) worden gegeven. Figuur 23 toont het voorbeeld van 8. Bouwland injector (organische mest – vloeibaar)

Organische mest – Vloeibaar: 8. Bouwland injector

8. Bouwland injector

Bouwland injector

Min. 15 cm
5-10 cm

Mestinjectie (grasland)

± 50 cm
15-20 cm

Werkingsprincipe:
 Het toepassen van vloeibare organische mest met een bouwland injector gebeurt in principe nog uitsluitend op braakliggend land. Mest wordt via injectietanden in de bodem gebracht tot een diepte van 5 tot 10 cm. Dit gebeurt over het algemeen met een cultivator met vaste of verende tanden zonder garanzvoeten(*) aan de tanden. Met garanzvoeten wordt de grond ook horizontaal doorsneden en wordt er een laterale verspreiding van de mest in de grond bekomen.
 Vroeger werd een gelijkwaardige techniek toegepast in grasland. Bij mestinjectie werd de mest diep in de grond gebracht (15-20 cm) via garanzvoeten aan injectietanden. De gemiddelde rijafstand tussen de tanden bedroeg 50 cm. Na toedienen werden de slijven volledig toegedrukt, zodat aan het grondoppervlak enkel een smalle in de zode zichtbaar bleef. Door de ondergrondse zijdelingse spreiding konden grote hoeveelheden mest aangebracht worden, in het veldland zijn met dit systeem en dan ook meermaals te hoge dosissen aangebracht. Deze techniek wordt nog zelden toegepast in grasland want ze vraagt veel vermogen van de trekker, er is veel gewaaschade en de diepe plaatsing van de mest verkleint de kans voor opname door de plant en vergroot de kans om door te sijpelen naar grond- en oppervlaktewater. De vervangers van de bouwland injector zijn de zodenbemerter en de -injector.

Optie reductie meemesten:
 • Bij correct gebruik is kans op meemesten beperkt wegens strak afgeijnd toedieningspatroon.

Werkbreedte (min-max) [K]	Kostprijs (min - max)
3 - 5 m	Aankoopprijs [1] - zonder opties: 8 200 - 16 600€ + AGR-GPS: +7000€
Gewicht (min-max):	Arbeidskost (min-max) [1A]
3700 - 5900 kg	134,52 - 145,28 €/jaar
Laadvermogen (min-max) [K]	Onderhoud (min-max) [1]
0,44 - 20 m³	55 - 162 €/jaar
	Herstellingen (min-max) [1]
	1,10 - 27 €/jaar
	Loosvermogen [1A]
	40,58 €/ha
Brandstofverbruik [1]	
13,1 l/ha	

Figuur 23: Voorbeeld technische fiche bemestingstechnieken – bouwland injector

- **Kantstrooien:** Fiches die beide types kantstrooien omschrijven (kant op/kant af) alsook de verschillende technieken die hiervoor beschikbaar zijn (kantstrooiplaat, ketsplaat, schuinstelcilinder, kantstrooischoepen, geleidebanen/lamellenblok). Figuur 24 toont het voorbeeld van 'kant af' strooien en een voorbeeld van een techniek om kant af te strooien nl. 'de ketsplaat'.

Kunstmest – Vast: Kantstrooien

Kant af strooien

Bij 'kant af strooien' wordt er gestrooid vanaf de perceelrand naar het centrum van het perceel toe. Deze methode wordt gekenmerkt in de bodembemesting, omdat er een uniforme strooielengte gerealiseerd kan worden in vergelijking met 'kant toe strooien'.

Bij 'kant af strooien' wordt er kort bij perceelrand gereden (tot min. ca. 2 m), waarbij ook de laatste meters voor de perceelrand goed bemest kunnen worden, indien er een waterloop nabij de perceelrand gelegen is, dient er eveneens rekening gehouden te worden met de vooraflijk voorgeschreven breedte van de berekingsstrook [1]. Deze is afhankelijk van de categorie van de waterloop en de nabijheid van gevoelige gebieden.

Kant af strooien gebeurt doorgaans met behulp van een ketsplaat. Bij een tweeschijverstrooier wordt meestal één uitstrooiopening (bromer) van de buitenste schijf – algemeen te dit de rechtere – afgesloten. De ketsplaat zorgt ervoor dat er nagenoeg geen korrels over de perceelrand gaan. Indien er lange tijd kant af gestrooid wordt, is het aan te bevelen om de aanpak van de gestrooide uitstrooiopening uit te schakelen om vermaling van de kunstmest te voorkomen. Bij een hydraulische bediende strooier is het daarnaast mogelijk om de strooier schuin te stellen en de buitenste zijde af te sluiten.

Ook voor de pendelstrooier kan gebruik gemaakt worden van een kantstrooiplaat en/of een aangegote strooiplaat. Bij deze machines dient u de dosering te halveren, u strooit namelijk slechts een half strooielengte.

Kunstmest - Vast: Kantstrooisystemen

Ketsplaat

De ketsplaat of kantstrooiplaat is één van de eenvoudigste systemen, omdat er alleen een plaat op de strooier gemonteerd hoeft te worden. Dit systeem wordt gebruikt bij het 'kant af strooien'. Ook pendelstrooiers kunnen uitgerust worden met dit systeem. Een nadeel bij oudere pendelstrooiers is dat de plaat geteijnsmeerd moet worden.

Er zijn ook diverse tweeschijverstrooiers die uitgerust zijn met een ketsplaat. Een voordeel bij nieuwe strooiers is dat deze uitgerust zijn met een hydraulische kantstrooiplaat. In dit geval is er geen handmatige (de)montage meer nodig.

Het nadeel van de ketsplaat is dat de korrels vaak breken na impact met de ketsplaat. Hierdoor vallen veel korrels ter hoogte van de ketsplaat meteen op de grond. Op deze plek wordt er dan overbemt.

Figuur 24: Voorbeeld fiche kantstrooien (kant af) en technieken om aan kantstrooien te doen (ketsplaat)

- Voor de berekening van de kostprijzen voor de 16 BT (nodig als input voor WP17 – kosten-batenanalyse scenario's) dienden een aantal assumpties gemaakt te worden (zie ook hogerop). Een overzicht van alle

gegevens die gevonden werden voor het opstellen van de kostprijzen op technische fiches, hun bron, de gemaakte assumpties en de finale “totale kost eigen beheer (€/ha)” en “kost loonwerk (€/ha)” voor alle 16 BT vindt u terug in Bijlage 11. De samenvatting vindt u in Tabel 26. De kostprijzen voor eigen beheer (€/ha) werden ingeschat op basis van data betreffende aankoopprijs machine, afschrijvingsperiode, gebruik (ha/jaar, uren/jaar), brandstofverbruik (l/ha) en de kosten voor arbeid, onderhoud en herstellingen (€/jaar). De kostprijzen voor loonwerk werden ingeschat op basis van effectieve kostprijzen die we ontvingen van 6 loonwerkers. Meer info in Bijlage 11.

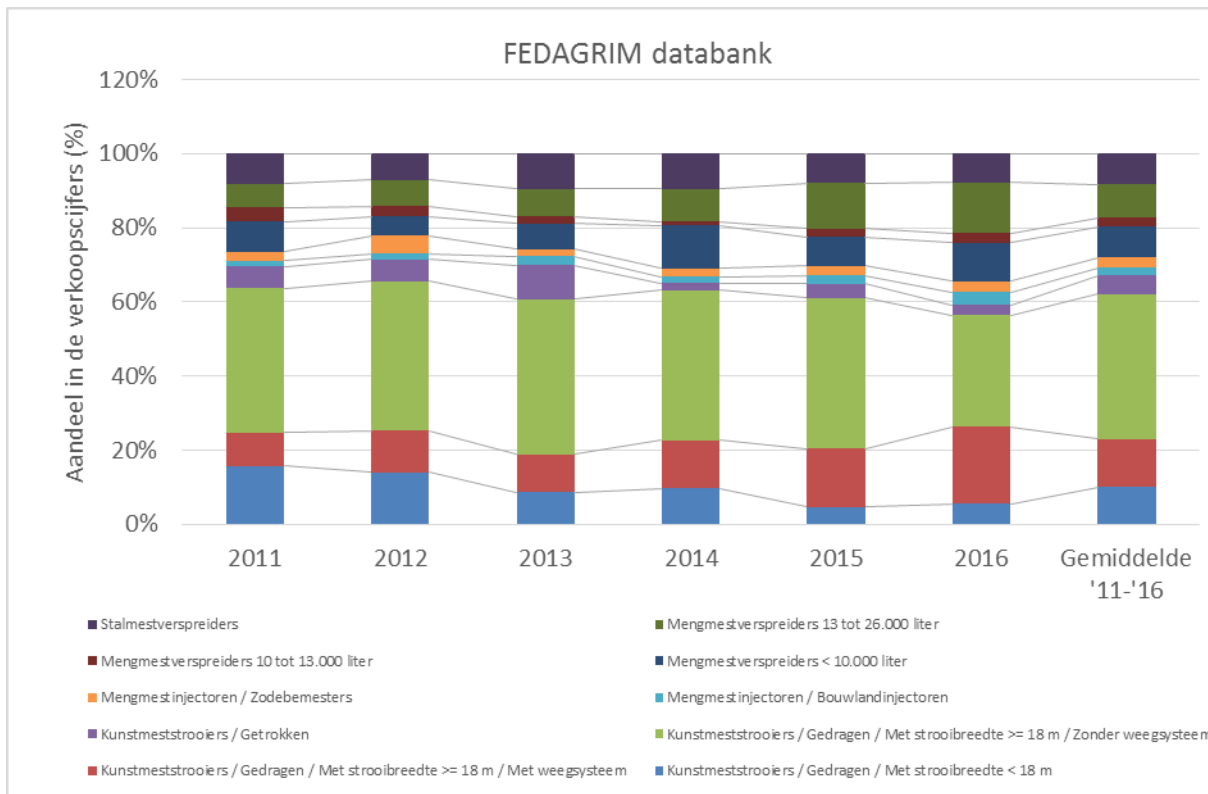
Tabel 26: Totale kost eigen beheer (€/ha)” en “kost loonwerk (€/ha)” van de verschillende BT

		Kost eigen beheer (€/ha)			Loonwerk (€/ha)	
		Gemiddelde vaste kosten (= arbeid + onderhoud+herstellingen+brandstofverbruik)	Afschrijving machine	TOTAAL	Gemiddelde	
Organische mest	Vast	1.type schotelstrooier	13	324	336	102
		2.type verticale walsen	12	112	124	53
		3.type horizontale wals	12	208	220	53
	Vloeibaar	4.Breedwepig ⁽³⁾	40	35	74	90
		5.Sleepslangenbemester ^(2,3)	15	51	66	78
		6.Sleepvoet ⁽³⁾	15	19	34	78
		7.Sleufkouter/zodenbemester of -injector	16	32	48	34
		sleufkouter	16	32	47	34
		zodenbemester	17	32	48	21
		zodinjectie	17	32	48	40
8.Bouwland injector	22	13	34	40		
Kunstmest	Vast	9.Centrifugaalstrooier	6	16	22	10
		gedragen	3	4	7	10
		getrokken	9	27	36	10
		10.Pendelstrooier	6	5	10	10
		11.Pneumatische strooier	5	96	101	8
	Vloeibaar	12.Vijzelstrooier [†]	5	96	101	8
		13.Rijenbemesting	5	6	11	5
		14.Spuittoestel			60	18
		gedragen (82,2%) ⁽⁴⁾	4	31	35	19
		getrokken (12,2%) ⁽⁴⁾	9	104	112	13
	zelfrijdend (5,2%) ⁽⁴⁾	16	317	333	23	
	15.Rijenbemesting	9	2	11	9	
	16.Spaakwielbemester ⁽¹²⁾	-	-	35	23	

- Op basis van de verkoopcijfers die Fedagrim vzw ter beschikking stelde, werd Figuur 25 opgesteld. Hoewel er zeker een aantal trends zichtbaar zijn, waren deze gegevens niet voldoende gedetailleerd voor onze doelstelling om volgende redenen:
 - De Federale schaal waarop deze gegevens beschikbaar zijn.
 - De andere manier van indelen in categorieën op basis van de verkochte machines; algemeen zijn de categorieën minder gedetailleerd dan in Tabel 25 en ligt de focus eerder op de grootte van de machine.
 - Het betreft hier enkel verkoopcijfers die geen weergave zijn van welke BT er momenteel in gebruik zijn. Ze kunnen wel een idee geven van mogelijke evoluties.

Er werd eveneens gepolst bij constructeurs en verdelers of ze op basis van eigen inzicht en/of verkoopcijfers een idee konden geven van het gebruiksandeel per BT in Vlaanderen (om zo ook eventuele regionale verschillen te achterhalen). Sommige contacten zijn nog lopende maar algemeen is de feedback beperkt. Daarom werd reeds snel beslist om via een uitgebreide webenquête een inschatting te maken van o.a. het gebruiksandeel van verschillende BT in Vlaanderen (zie WP 7).





Figuur 25: Verkoopcijfers uit de Fedagrim-database (2011-2016)

4.2.4 Leverbaarheden

L04: Er werd een rapport afgewerkt dat terug te vinden is in Bijlage 5 met een volledige lijst en een technische omschrijving van alle BT in gebruik of potentieel bruikbaar in Vlaanderen voor alle type meststoffen inclusief technieken die het risico op meemesten potentieel beperken, evenals een inschatting van de kostprijs van de bemestingstechnieken (gedetailleerd in Bijlage 11). Aanvullend bevat dit rapport informatie betreffende de gebruikte terminologie, mesttypes en technieken voor kantstrooien. Er werden geen betrouwbare cijfers gevonden betreffende het gebruiksaandeel van de verschillende BT, hiervoor werd een uitgebreide webenquête gelanceerd (WP7).



4.3 WP 7: GEBRUIKSAANDEEL VAN DE BT IN VLAANDEREN

4.3.1 Doel

Bepalen van het gebruiksaandeel van alle BT in Vlaanderen door de landbouwers met speciale aandacht voor technieken en maatregelen die het risico op meemesten potentieel beperken.

4.3.2 Aanpak

- Voor het bepalen van het gebruiksaandeel van alle BT werd logischerwijs vertrokken van de lijst opgesteld in Tabel 25 in WP6. Uit WP6 bleek dat er geen volledige en gedetailleerde cijfers omtrent het gebruiksaandeel van BT in Vlaanderen beschikbaar zijn. Om die reden werd overgestapt naar enquêtering. Er werd als doel vooropgesteld om deze te laten invullen door min. 300 landbouwers en 50 loonwerkers met een goede spreiding, zowel geografisch als qua bedrijfstype.
- Er werd geopteerd voor een webenquête voor zowel landbouwers als loonwerkers om op een zo kort mogelijke termijn zoveel mogelijk input te verzamelen. Op een analoge manier bepaalde ILVO in het SIRA-Apesticon project (Huyghebaert *et al.* 2016), het gebruiksaandeel van verschillende toepassingstechnieken voor GBM via een webenquête bij land- en tuinbouwers (366 respondenten).
- De eerste versie van de enquête werd voorgelegd en getest door verschillende leden uit het projectconsortium en leden van de stuurgroep. Waar nodig, werd de enquête bijgesteld. Een afdrukkare versie van de uiteindelijke webenquête, met zijn 152 (+1) vragen kan u vinden als Bijlage 6.

Samenvattend werden er vragen gesteld over:

- ▶ het type bedrijf (landbouwbedrijf, loonwerk)
- ▶ de ligging van het bedrijf (niveau: gemeente)
- ▶ de bedrijfsoppervlakte en het aandeel hiervan gelegen langs waterlopen (enkel voor landbouwbedrijven)
- ▶ type(s) meststoffen die worden toegepast
- ▶ de gebruikte bemestingstechnieken (Tabel 25) in eigen beheer en/of loonwerk
- ▶ Per BT werden verdere specifieke vragen gesteld m.b.t.:
 - a. de hoeveelheid mest die jaarlijks met die techniek wordt toegepast,
 - b. de werkbreedte van de machine,
 - c. de ouderdom van de machine,
 - d. de afstand die bewaard wordt tot een waterloop,
 - e. het gebruiken van technieken of instellingen om meemesten te vermijden (gekende of 'andere').
- De finale versie van de anonieme enquête was online beschikbaar op www.bemestingstechnieken.be. Een screenshot van de welkomstpagina is weergegeven in Figuur 26.





Figuur 26: Screenshot van de welkomspagina op www.bemestingstechnieken.be

- De URL naar de website en de nodige info werden in eerste instantie per mail verspreid; er werden mails verstuurd naar:
 - ▶ 2221 emailadressen landbouwers en loonwerkers vanuit de database keuring spuittoestellen (1/9/2017 & 14/9/2017)³
 - ▶ 150 emailadressen van loonwerkers nl. leden VOLSOG (5/9/2017 & 14/9/2017)⁴
 - ▶ 11 perscontacten met de vraag om publiciteit te maken voor enquête in hun online en papieren vakblad (5/9/2017)
 - ▶ 29 professionele contacten (5/9/2017; praktijkcentra, adviesdiensten, landbouworganisaties, federaties, enz.) en 30 land- en tuinbouwscholen (6/9/2017) met de vraag om te verspreiden via hun kanalen
 - ▶ 177 emailadressen uit lijst erkende mestvoerders (6/9/2017 & 14/9/2017)⁵
- Naast deze mailing werden volgende acties ondernomen om de respons te maximaliseren:
 - ▶ Er werd een wervende poster en flyer gemaakt (Figuur 27) die als bijlage toegevoegd werden bij de mails
 - ▶ Verspreiding enquête via ILVO communicatiekanalen (website, nieuwsbrief, sociale media, interne mail, enz.)
 - ▶ ILVO was aanwezig op de Werktuigdagen (23/9/17 & 24/9/17) met 2 posters, bijhorende flyers en 2 laptops om volk te ronselen om de enquête (ter plaatse) in te vullen (Figuur 27). Ook BDB maakte de nodige publiciteit tijdens de Werktuigendagen door middel van 1 poster, en toelichting door de medewerkers op de BDB-stand.
 - ▶ Na de Werktuigendagen werden resterende flyers:
 - > mee verstuurd met de uitnodigingen voor de keuring spuittoestellen in de laatste week van september (N = ± 150);
 - > uitgedeeld op twee Fedagrim ledenvergaderingen die door ILVO bijgewoond werden waarop het project en de enquête kort werden toegelicht.

³ www.ilvo.vlaanderen.be/keuringspuittoestellen

⁴ www.volsog.be/

⁵ <https://www.vlm.be/nl/doelgroepen/transportsector/erkende-mestvoerders/Paginas/default.aspx>

- Tot slot werd één extra (+1) optionele vraag toegevoegd aan de enquête met het idee om het aantal respondenten te verhogen. Door hun e-mailadres mee te geven, zouden de deelnemers op de hoogte gebracht worden van de resultaten van de enquête en bovendien kans maken op één van de leuke en toepasselijke prijzen (o.a. gratis doormeting en afstelling kunstmeststofstrooier, gratis keuring spuittoestel, vijf gratis bodemanalyses en bemestingsadvies door BDB).
- Alle bovenstaande acties gaven vrij veel ruchtbaarheid aan dit project en de enquête via vakpers, vermeldingen op websites en sociale media van verschillende stakeholders (Figuur 27).
- Een gedetailleerd overzicht van alle contacten, acties en pers- en multimedia vermeldingen is terug te vinden in Bijlage 7, een bloemlezing in Figuur 27. De enquête werd afgesloten op 15 oktober 2017.



Figuur 27: Vermelding van project en enquête in vakpers en multimedia (details zie Bijlage 7)

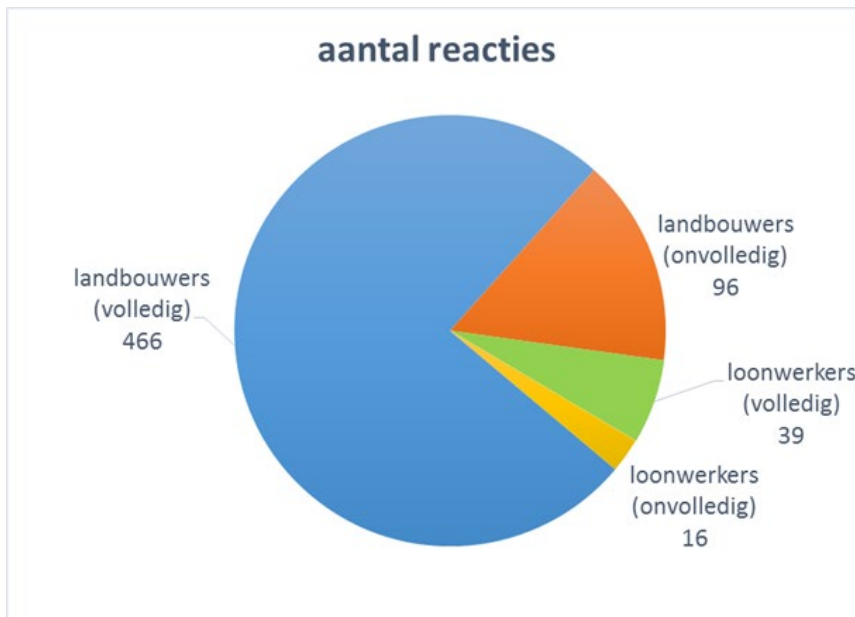
- De resultaten van de enquête, zouden nog aangevuld kunnen worden met gedetailleerde informatie voor spuittoestellen uit de database van de Keuringsdienst spuittoestellen (zie eerder). Op basis van de gemonteerde doppen, kan een indicatie verkregen worden van het gebruiksaandeel van spuittoestellen voor de toepassing van meststoffen. Dit werd momenteel nog niet gedaan.
- Op basis van het aantal machines van de verschillende BT opgegeven uit de enquête (zowel landbouwer als loonwerker), werd ook een inschatting gemaakt van het totale machinepark (BT) in Vlaanderen & België. Naast de output van de enquête werd voor deze schatting beroep gedaan op:
 - ▶ Gegevens van het Departement landbouw en visserij (aantal landbouwbedrijven in Vlaanderen anno 2015: <https://lv.vlaanderen.be/nl/voorlichting-info/feiten-cijfers/landbouwcijfers>)

- ▶ Gegevens van de FOD Economie -StaBel (aantal landbouwbedrijven in België – 2015 genomen cfr. voor Vlaanderen: <https://statbel.fgov.be/nl/themas/landbouw-visserij/land-entuinbouwbedrijven#figures> ; 2016 ook beschikbaar)
- ▶ Gegevens van de FOD Economie -StaBel (aantal loonwerkers in België & Vlaanderen ; laatste gegevens dateren van 2013: <https://statbel.fgov.be/sites/default/files/files/documents/landbouw/8.1%20Land-%20en%20tuinbouwbedrijven/plus/NL/DBREF-L05-2013-TAB-A-NL-DIF.xls>)

4.3.3 Resultaten

- In Figuur 28 wordt een overzicht gegeven van het aantal respondenten. In totaal werd de enquête gestart door 562 landbouwers en 55 loonwerkers, waarvan 466 landbouwers en 39 loonwerkers de enquête volledig ingevuld hebben. Het beoogde aantal landbouwers werd dus ruimschoots bereikt. Het aantal loonwerkers ligt net iets lager dan het beoogde aantal maar kan zeker beschouwd worden als een representatieve steekproef. Dit heeft vermoedelijk te maken met de periode waarin de enquête werd gehouden (september = drukke maand voor loonwerkers; o.a. vanwege de maïsoogst). Ook de niet volledig ingevulde enquêtes werden meegenomen tijdens de verwerking.
- Een overzicht van de output van de enquête onder de vorm van tabellen en grafieken wordt gegeven in Bijlage 10. Deze bijlage vormt dan ook de belangrijkste output van dit WP en heeft o.a. info betreffende:
 - ▶ De verdeling volgens landbouwsector van de ingevulde enquêtes
 - ▶ De bedrijfsoppervlakte, het aandeel oppervlakte langs waterlopen en het aandeel gedraineerde bedrijfsoppervlakte van de bevroagde bedrijven
 - ▶ De geografische spreiding van de bevroagde bedrijven (landbouwers + loonwerkers)
 - ▶ De toegepaste mestsoorten (in eigen beheer/loonwerk/beiden)
 - ▶ Het aantal machines van de verschillende BT (zowel landbouwer als loonwerker)
 - ▶ De werkbreedte van de verschillende BT
 - ▶ De ouderdom van de verschillende BT
 - ▶ De breedte van de bemestingsvrije strook die gerespecteerd wordt voor de verschillende BT
 - ▶ Het gebruik van technieken om meemesten te vermijden voor de verschillende BT
 - ▶ Het aandeel 'kant af' en 'kant op' strooien voor centrifugaal en pendelstrooiers
 - ▶ De mening van landbouwers en loonwerkers betreffende 'het risico op meemesten voor de verschillende BT' en de 'effectiviteit van mogelijke maatregelen om waterkwaliteit te garanderen'





Figuur 28: Respons op de webenquête www.bemestingstechnieken.be

- Op basis van het aantal machines van de verschillende BT dat opgegeven werd in de enquête (zowel door landbouwers als door loonwerkers) en cijfermateriaal over het aantal landbouwbedrijven en loonwerkers (zie hoger) werd een inschatting gemaakt van het BT-machinepark voor Vlaanderen (Tabel 27) en België (Tabel 28). Uit deze tabellen volgt o.a.:
 - Dat elke landbouwer gemiddeld 2 BT in eigen beheer bezit,
 - Dat elke loonwerker gemiddeld 3 BT bezit,
 - Dat 65% van de Belgische BT, in Vlaanderen rondrijdt,
 - Dat de meest populaire BT de centrifugaalstooier is met naar schatting 21500 toestellen in België.



Tabel 27: Inschatting van het aantal machines per BT voor Vlaanderen

Respons enquête landbouwers t.o.v. totaal aantal landbouwbedrijven 2015 Departement L&V - Vlaanderen 2,34%					
Respons enquête loonwerkers t.o.v. totaal aantal 2013 STABEL – Vlaanderen & Landbouwservice 6,05%					
	Aantal machines uit enquête		Inschatting machinepark Vlaanderen		
	Landbouwer	Loonwerker	Landbouwers	Loonwerkers	Totaal
Mestverspreider type schotelstrooier	32	12	1366	198	1564
Mestverspreider type verticale walsen	58	15	2476	248	2724
Mestverspreider type horizontale walsen	112	5	4782	83	4865
Breedwerpig uitspreiden drijfmest	136	31	5807	512	6319
Sleepslangbemester	57	4	2434	66	2500
Sleepvoetbemester	31	5	1324	83	1407
Sleufkouter/zodenbemester	72	27	3074	446	3520
Bouwlandinjector	60	22	2562	364	2926
Centrifugaalstrooier	324	11	13833	182	14015
Pendelstrooier	121	3	5166	50	5216
Pneumatische strooier	3	0	128	0	128
Vijzelstrooier	5	0	213	0	213
Rijenbemesting vaste kunstmest	84	8	3586	132	3718
Sputtoestel	168	13	7173	215	7388
Rijenbemesting vloeibare kunstmest	4	1	171	17	188
Spaakwielbemester	1	-	43	0	43
		TOTAAL	54138	2596	56734



Tabel 28: Inschatting van het aantal machines per BT voor België

Respons enquête landbouwers t.o.v. totaal aantal 2015 STABEL - België				1.52%	
Respons enquête loonwerkers t.o.v. totaal aantal 2013 STABEL - België				4.03%	
	Aantal machines uit enquête		Inschatting machinepark België		
	Landbouwer	Loonwerker	Landbouwers	Loonwerkers	Totaal
Mestverspreider type schotelstrooier	32	12	2102	298	2400
Mestverspreider type verticale walsen	58	15	3810	372	4182
Mestverspreider type horizontale walsen	112	5	7357	124	7481
Breedwerpig uitspreiden drijfmest	136	31	8933	770	9703
Sleepslangbemester	57	4	3744	99	3843
Sleepvoetbemester	31	5	2036	124	2160
Sleufkouter/zodenbemester	72	27	4729	670	5400
Bouwlandinjector	60	22	3941	546	4487
Centrifugaalstrooier	324	11	21282	273	21555
Pendelstrooier	121	3	7948	74	8022
Pneumatische strooier	3	0	197	0	197
Vijzelstrooier	5	0	328	0	328
Rijenbemesting vaste kunstmest	84	8	5518	199	5716
Spuittoestel	168	13	11035	323	11358
Rijenbemesting vloeibare kunstmest	4	1	263	25	288
Spaakwielbemester	1	-	66	0	66
		TOTAAL	83290	3899	87188

- Het aandeel van iedere bemestingstechniek in de totale jaarlijkse hoeveelheid mest (per mestsoort) werd berekend op basis van de enquête. Hieruit werd een verdeelsleutel voor de BT (Tabel 29) en het aandeel kantstrooien per BT (Tabel 30) bepaald.
 - De verdeelsleutel van de landbouwers werd berekend op basis van de tonnages mest gerapporteerd door de landbouwers per BT "in eigen beheer" toegepast.
 - Voor de loonwerkers werd de hoeveelheid mest per mestsoort die door de landbouwers in hun enquête als 'in loonwerk' gerapporteerd werden, gebruikt. Deze totale hoeveelheid mest werd dan verdeeld over de verschillende bemestingstechnieken die volgens de landbouwer door de loonwerker bij hem toegepast worden. Indien de landbouwer 'geen idee' aangeduid had bij de BT, werd de mest verdeeld op basis van de verhouding van de bemestingstechnieken die voortvloeit uit de enquête van de loonwerkers. Voor de BT die niet voorkomen in de enquête van de loonwerkers, werd een bijkomende herschaling gemaakt m.b.v. de verdeling van de mest over de BT van de landbouwers in eigen beheer.



- Op dezelfde wijze werd het aandeel kantstrooien bepaald. Bij de loonwerkers werd het tonnage van de betreffende bemestingstechniek (uit de landbouwers-enquête) vermenigvuldigd met het aandeel kantstrooien op basis van de enquête van de loonwerkers. Indien 'beide' kantstrooisystemen worden toegepast, werd 50% toegekend aan 'kant op' en 50% aan 'kant af'.

Tabel 29: Verdeelsleutel per mestsoort van de totale hoeveelheid mest die per jaar door de bemestingstechnieken uitgespreid worden

	Aandeel per mestsoort (% van ton/jaar)		
	Landbouwer	Loonwerker	Samen
Vaste organisch mest	50,0%	50,0%	100%
1 Schotelstrooier	10,0%	14,0%	24,0%
<i>Standaard</i>	8,9%	3,7%	12,5%
<i>Kantstrooien</i>	1,1%	10,3%	11,4%
2 Verticale walsen	21,6%	33,2%	54,8%
<i>Standaard</i>	13,0%	0,6%	13,6%
<i>Kantstrooien</i>	8,6%	32,6%	41,2%
3 Horizontale walsen	18,4%	2,8%	21,2%
Vloeibare organische mest	68,2%	31,8%	100%
4 Breedwerpig	18,7%	9,1%	27,8%
5 Sleepslangbemester	7,2%	2,3%	9,5%
6 Sleepvoetbemester	6,7%	1,8%	8,5%
7 Sleufkouter/zodenbemester	19,5%	11,0%	30,4%
8 Bouwlandinjector	16,1%	7,6%	23,8%
Vaste kunstmest	99,1%	0,9%	100%
9 Centrifugaalstrooier	79,8%	0,7%	80,4%
<i>Standaard</i>	9,6%	0,002%	9,6%
<i>Kant op strooien</i>	48,4%	0,4%	48,8%
<i>Kant af strooien</i>	21,7%	0,3%	22,0%
10 Pendelstrooier	13,4%	0,1%	13,5%
<i>Standaard</i>	8,7%	0,01%	8,7%
<i>Kant op strooien</i>	1,0%	0%	1,0%
<i>Kant af strooien</i>	3,7%	0,1%	3,8%
11 Pneumatische strooier	0,1%	0%	0,1%
12 Vijzelstrooier	0,8%	0,001%	0,8%
13 Rijenbemesting vast	5,1%	0,1%	5,2%
Vloeibare kunstmest	89,3%	10,7%	
14 Spuittoestel	86,1%	10,7%	96,7%
15 Rijenbemesting vloeibaar	3,1%	0,04%	3,2%
16 Spaakwielbemester	0,1%	0,001%	0,1%



Tabel 30: Procentueel aandeel van kantstrooitechnieken in de hoeveelheid mest die per BT wordt toegepast

		% standaard vs kantstrooien		
		Landbouwer	Loonwerker	Samen
1 Schotelstrooier	<i>Standaard</i>	88,7%	26,4%	52,3%
	<i>Kantstrooien</i>	11,3%	73,6%	47,7%
2 Verticale walsen	<i>Standaard</i>	60,3%	1,7%	24,9%
	<i>Kantstrooien</i>	39,7%	98,3%	75,1%
9 Centrifugaalstrooier	<i>Standaard</i>	12,1%	0,4%	12,0%
	<i>Kant op strooien</i>	60,7%	62,0%	60,7%
	<i>Kant af strooien</i>	27,2%	37,7%	27,3%
10 Pendelstrooier	<i>Standaard</i>	64,8%	12,5%	64,5%
	<i>Kant op strooien</i>	7,3%	0,0%	7,3%
	<i>Kant af strooien</i>	27,9%	87,5%	28,2%

- In de enquête werd de bedrijfslocatie van de respondent op gemeenteniveau bevraagd. Met deze gegevens werd een regionale spreiding van de toegepaste hoeveelheden mest per bemestingstechniek berekend.
 - Per gemeente werden de gerapporteerde tonnages die per jaar door de landbouwers in eigen beheer uitgespreid worden met een bepaalde techniek gesommeerd. Gelijkaardige berekening werd gemaakt voor het deel dat in loonwerk wordt toegepast.
 - Indicatief voor de spreiding over Vlaanderen werd voor iedere BT de toegepaste hoeveelheid per techniek per gemeente gevisualiseerd (zie Bijlage 10, figuur 24).
- Daarnaast werd het aandeel van de BT in de jaarlijks toegepaste hoeveelheid mest ook per bedrijfstype (bv. akkerbouw) geanalyseerd.
 - De hoeveelheid mest van de bedrijven die aangeven actief te zijn in een bepaalde sector werd gesommeerd per BT. Indien een bedrijf in meerdere sectoren actief is, werd de mest in alle afzonderlijke sectoren ten volle meegeteld.
 - Per bedrijfstype werd ook de opsplitsing ‘in eigen beheer’ en ‘door loonwerker’ gemaakt. De som van beide wordt gerapporteerd in de grafieken in Bijlage 10, figuur 25.

4.3.4 Leverbaarheden

L04: Een enquête werd succesvol gelanceerd om o.a.

- het gebruiksaandeel in Vlaanderen van alle BT na te gaan met speciale aandacht voor maatregelen die verliezen aan perceelsranden reduceren,
- een inschatting te maken van de toekomstige evolutie van het machinepark in Vlaanderen,
- een inschatting te maken van het % bemesting in loonwerk,
- aantal toestellen per BT in te schatten,
- regionale verschillen na te gaan in bemestingstechnieken en –strategieën.

De analyse van de basisgegevens voortvloeiend uit de enquête is gemaakt en beschikbaar in Bijlage 10. Deze resultaten werden gebruikt als input voor de scenarioanalyse (Luik 4).















4.4 WP 8: SPREIDINGSPATRONEN BT

4.4.1 Doel

Bestaande objectieve gegevens verzamelen over de spreidingpatronen (uniformiteit in het veld + meemestrisico) van de verschillende bemestingstechnieken op de markt en hun varianten inclusief technieken die het risico op meemesten potentieel reduceren (uit WP06).

4.4.2 Aanpak

Tabel 31: Verschillende BT met (oranje) en zonder (groen) risico op meemesten

		Bemestingstechniek	Breedwerpige techniek	Met/zonder kantstrooi-instellingen	
Organische mest	Vast	1.type schotelstrooier	x	x	  
		2.type verticale wals	x	x	
		3.type horizontale wals			
	Vloeibaar	4.Breedwerpig	x		    
		5.Sleepslangbemester			
		6.Sleepvoet			
		7.Sleufkouter/zodebemester of -injector			
		8.Bouwland injector			
Kunstmest	Vast	9.Centrifugaalstrooier	x	x	  
		10.Pendelstrooier	x	x	
		11.Pneumatische strooier			
	Vloeibaar	12.Vijzelstrooier			    
		13.Rijenbemesting			
		14.Spuittoestel		x	
		15.Rijenbemesting			
		16.Spaakwielbemester			

- Het spreidingspatroon, ook wel distributiepatroon, geeft de spatiale verdeling van de meststof op het veld weer, veelal in één (loodrecht op de rijrichting van de tractor, i.e. transverse verdeling) of twee dimensies. Spreidingspatronen kunnen opgemeten worden bij een statische machine, maar in de meeste gevallen wordt de verdeling bepaald al rijdend. In het geval van breedwerpige technieken (Tabel 25) is de werkbreedte, i.e. de afstand tussen opeenvolgende werkgangen, kleiner dan de strooibreedte vanaf het centrum van de machine en is een overlap tussen opeenvolgende werkgangen noodzakelijk om een homogene verdeling op het veld te verzekeren (nota: bij een asymmetrisch spreidingspatroon t.o.v. het centrum is ook de rijrichting van belang: heen en weer vs. in dezelfde richting). Voor **14. spuittoepassingen** is er het risico op meemesten via drift onder invloed van wind. Voor **11. pneumatisch strooien** is er een beperkt risico op direct meemesten net buiten de werkbreedte van het toestel. Voor de

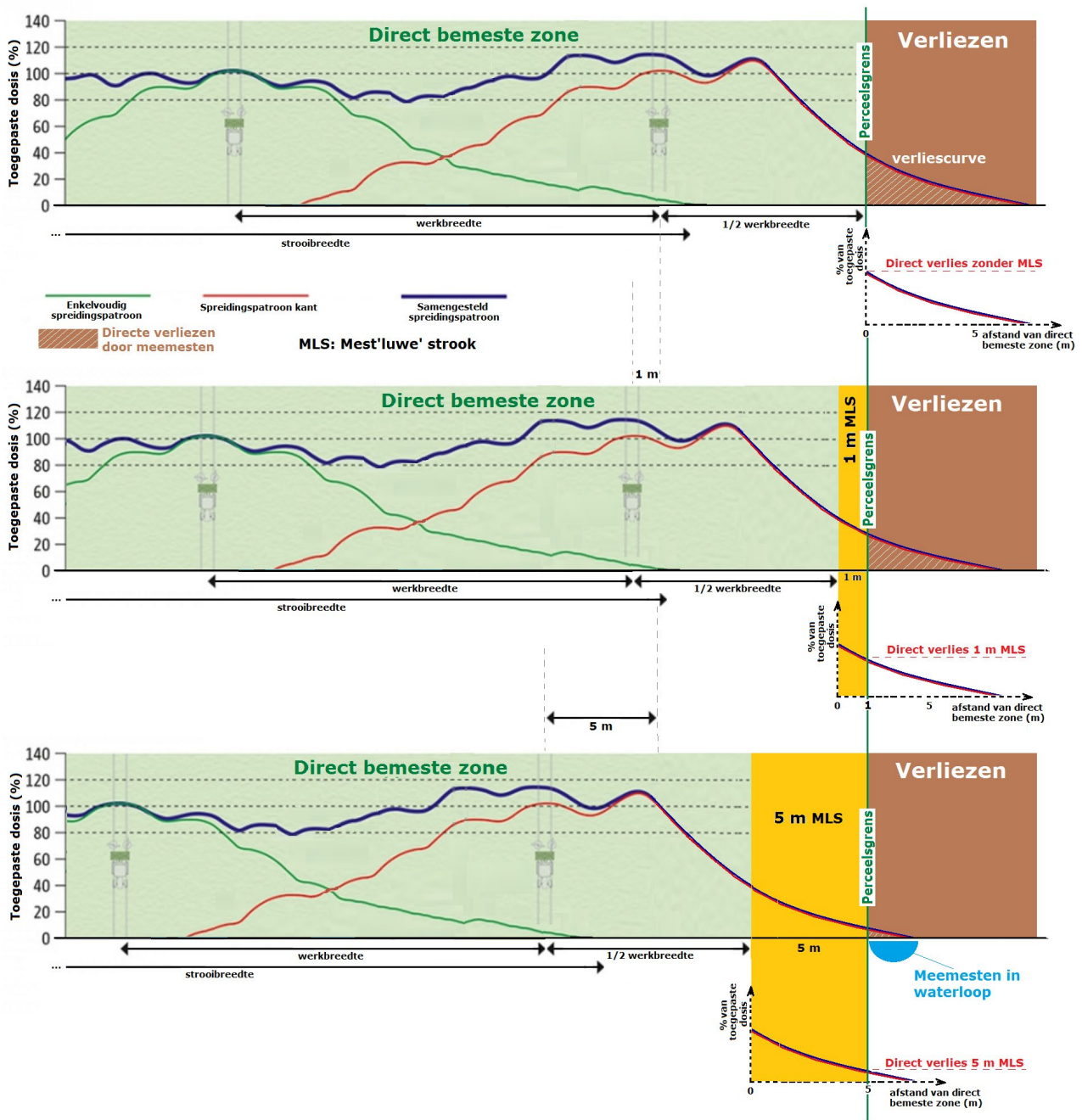


andere niet breedwerpige technieken (Tabel 31, groen gemarkeerd) werd geen enkele indicatie gevonden dat er een risico is op direct meemesten. De focus bij het verzamelen en analyseren van spreidingspatronen ter bepaling van het risico op meemesten lag dan ook op technieken 1, 2, 4, 9, 10, 11, 14 en dit zowel zonder als met kantinstellingen (indien beschikbaar) (Tabel 31, oranje gemarkeerd).

- Voor de verschillende 'oranje' BT werden objectieve gegevens verzameld over hun spreidingspatroon. De volgende parameters werden (indien beschikbaar) verzameld en geïllustreerd in Figuur 29. Het betreft hier een worst case scenario waarbij ook nog in de waterloop verliezen door meemesten optreden. Dit is uiteraard geen goede praktijk maar is hier nodig om de verschillende begrippen te illustreren.
 - ▶ Enkelvoudig spreidingspatroon = spreidingspatroon na toepassing van één werkgang
 - ▶ Strooibreedte = breedte van het enkelvoudig spreidingspatroon of de totale maximale breedte waarover de mest verdeeld wordt in één werkgang
 - ▶ Werkbreedte = afstand tussen opeenvolgende werkgangen
 - ▶ Samengesteld spreidingspatroon i.f.v. werkbreedte = spreidingspatroon na toepassing van verschillende werkgangen, eventueel na overlap
 - ▶ Variatiecoëfficiënt (VC, %) van het samengesteld spreidingspatroon: parameter die de uniformiteit van de bemesting in het veld kwantificeert
 - ▶ Verliezen = hoeveelheid directe bemesting buiten de perceelsgrens
 - ▶ Mestluwe strook (MLS) = strook (eerder dan bemestings"vrije" strook) die begint op een afstand van een halve werkbreedte van de machine en kan grenzen aan de waterloop (in geval van 5 m MLS)
 - ▶ Meemesten = hoeveelheid directe bemesting in de waterloop tijdens de toepassing
 - ▶ Verliescurve = de hoeveelheid directe verliezen i.f.v. de afstand van de direct bemeste zone (uitgedrukt als % van de toegepaste vollevelsdosis)

Deze parameters werden zowel absoluut (kg meststof per oppervlakte-eenheid) als relatief (% van toegepaste dosis) uitgedrukt.





Figuur 29: Fictief voorbeeld van een spreidingspatroon van een kunstmeststofstrooier voor verschillende breedtes van mestluwe of bemestingsvrije strook (0 m, 1 m en 5 m) waarbij aan kant op strooien wordt gedaan en met een waterloop bij de 5 m MLS

- Voor het verzamelen van de spreidingspatronen van BT met een meemestrisico (Tabel 31) werd in eerste instantie beroep gedaan op data beschikbaar op ILVO voortvloeiend uit verschillend projecten m.b.t. bemestingstechnieken. De volgende historische data werden hiervoor gebruikt:



- ▶ **9. Centrifugaalstrooier:** in het kader van de Technologisch Adviseerdienst Agromech⁶ en de ILVO-dienstverlening, werden in het verleden enkele tientallen centrifugaalstrooiers afgesteld door ILVO. Hierbij werd telkens een afdraaiproef en minimaal één verdelingsmeting uitgevoerd met behulp van opvangbakjes in veldcondities (Figuur 30). In geval van een slechte verdeling werd de afstelling van de strooier geoptimaliseerd en een nieuwe verdelingsmeting uitgevoerd. Het betreft hier voornamelijk klassieke centrifugaalstrooiers die niet uitgerust zijn met nieuwe technologieën zoals kantstrooisystemen. De centrifugaalstrooier is veruit het meest gebruikt door de relatief lage kost, robuustheid en grote werkbreedte. Het strooiproces is relatief eenvoudig (WP6) maar moeilijk te controleren aangezien het sterk afhankelijk is van de sterk variërende fysische eigenschappen van de korrels (vorm, grootte, dichtheid), talrijke instellingen van de strooier en externe factoren zoals wind. Om ervoor te zorgen dat de juiste hoeveelheid kunstmest op de juiste plaats terecht komt, moet de strooier op een correcte manier gekalibreerd worden, waarbij het strooibeeld vaak meerdere malen moet opgemeten worden. Traditioneel gebeurt dit door een rij collectiebakken loodrecht op de rijrichting te plaatsen en de massaverdeling in deze dimensie te bepalen. Aan dergelijke metingen zijn echter belangrijkste nadelen verbonden: zeer arbeidsintensief (en dus duur), veel ruimte nodig, het betreft enkel een 1D ‘punt’meting, korrels kunnen uit de bakjes kaatsen en de afhankelijkheid van omgevingscondities (wind, veld, rijnsnelheid, enz.). Als alternatief werden daarom simulatietools ontwikkeld, om het strooibeeld te voorspellen in plaats van het op te meten. Via eenvoudige mechanische (Olieslagers *et al.*, 1996; Aphale *et al.*, 2003, Dintwa *et al.*, 2004) tot complexere “Discrete Element Method”- (DEM) modellen (Van Liedekerke *et al.*, 2009) werd getracht de beweging van de korrels op de schijf en in de lucht te modelleren. Tot op heden zonder succes, waarschijnlijk door de complexe interacties van korrels tijdens de beweging op de schijf. Om die redenen werkt ILVO reeds verschillende jaren aan de ontwikkeling van een hybride techniek waarbij camera’s de vertrekparameters van korrels die de schijven verlaten opmeten gecombineerd met modellen die het korreltraject in de lucht berekenen (gedetailleerde beschrijving zie WP12). Op dit moment is deze meetopstelling volledig operationeel en werden reeds drie strooiers (2 x Amazone ZAM, Vicon) opgemeten bij verschillende instellingen. De resultaten van deze metingen werden eveneens opgenomen.



Figuur 30: Opmeten van spreidingspatroon van een kunstmeststofstrooier met behulp van klassieke opvangbakjes

- ▶ **11. Pneumatische en 10. pendelstrooier:** naast de data van de centrifugaalstrooiers, beschikt ILVO over verdelingsmetingen van één pneumatische strooier (Rauch) en één pendelstrooier (Vicon)

⁶ ILVO-Technologische adviseerdienst Agromech (2003-2007, IWT 020642): advies en doormetingen landbouwmachines



(Cool & Huyghebaert, 2014) in verschillende herhalingen opgemeten met de klassieke bakjesmethode (Figuur 30).

- ▶ **Stalmestverspreiders type 1. Schotelstrooier en 2. Verticale walsen:** op 12 mei 2016 organiseerde de Vlaamse Overheid i.s.m. ILVO een machinedemo 'bemestingstechnieken organische mest'. Voorafgaand aan de demo werden door ILVO de strooibeelden bepaald van 9 stalmestverspreiders (4 type 'schotelstrooier' en 5 type 'verticale walsen'), bij een gewenste dosis van 20 ton/ha en zonder instellingen voor kantstrooien. Metingen werden uitgevoerd volgens de Europese norm EN 13080 (2003). Deze norm schrijft o.a. een VC < 30% voor alsook een werkbreedte die minimum ½ is van de strooibreedte. Concreet werd gebruik gemaakt van 2 rijen van opvangbakjes (0.5 m x 0.5 m) over een totale breedte van 23 m zoals geïllustreerd in Figuur 31.



Figuur 31: Verdelingsmeting van een stalmestverspreider m.b.v. 2 rijen opvangbakjes in overeenstemming met de Europese norm EN 13080 (2003)

- ▶ **14. Spuittoestellen:** Minerale stikstofbemesting in vloeibare vorm gebeurt veelal met klassieke spuittoestellen al dan niet uitgerust met spuitdoppen voor vloeibare meststoffen. Vanuit verschillende onderzoeksprojecten, de keuringsdienst voor spuittoestellen en een geaccrediteerd labo spuittechniek⁷, is het ILVO uitgegroeid tot het expertisecentrum 'spuittechniek' en beschikt het over voldoende data om het potentieel meemesteffect te bepalen zowel in geval van het gebruik van klassieke spuitdoppen als voor spuitdoppen voor vloeibare meststoffen (Figuur 37).
- Naast eigen historische ILVO-data werden ook verschillende externe bronnen geconsulteerd. Het betreft binnen- en buitenlandse onderzoeks- en testcentra en machineconstructeurs. Een volledig overzicht van de contacten en hun feedback is terug te vinden in Bijlage 4. Op basis van hun feedback werden de reeds beschikbare ILVO-data verder aangevuld met:
 - ▶ 12 verdelingsmetingen van centrifugaalstrooiers met kantstrooi-instellingen (bron: CRAw, Gembloux,B)
 - ▶ 11 metingen van breedwerpige stalmestverspreiders (6 schotelstrooiers en 5 verticale walsen) zonder kantstrooi-instellingen (bron: DLG, Duitsland)
 - ▶ 12 nieuwe verdelingsmetingen van stalmestverspreiders (bron: IRSTEA, Frankrijk)
 - 3 schotelstrooiers standaard + 2 schotelstrooiers met kant-instellingen
 - 4 verticale walsen standaard + 3 verticale walsen met kant-instellingen

⁷ www.ilvo.vlaanderen.be/spraytechlab

- ▶ 22 nieuwe verdelingsmetingen van breedwerpige mengmestverspreiders (bronnen: Frick (1999)⁸, Zwitserland en Station des Cormiers, Frankrijk)
- Tot slot werden door ILVO een nieuwe reeks experimenten uitgevoerd met een pendelstrooier met kantstrooi-instellingen (4 metingen) en standaard instellingen (2 metingen) (zie WP12). Van pendelstrooiers met kantstrooi-instellingen waren namelijk geen historische data beschikbaar en werden geen data gevonden in literatuur of bij constructeurs.

4.4.3 Methodiek

Van de verschillende BT met een risico op meemesten (Tabel 31) werden van zes verschillende bronnen (nl. ILVO, CRAw, DLG, IRSTEA, Frick, Station des Cormiers) in totaal 175 verdelingsmetingen geïnventariseerd (144 standaard, 31 kantstrooi-instellingen). Voor alle BT met een risico op meemesten zijn nu data beschikbaar zowel met als zonder kantstrooi-instellingen (Tabel 32).

Tabel 32: Overzicht van het aantal beschikbare verdelingsmetingen van BT met een risico op meemesten zowel met als zonder kantstrooi-instellingen. Een 'x' in de kolom 'met/zonder kantstrooi-instellingen' betekent dat deze bemestingstechniek al dan niet kan toegepast worden met kantstrooi-instellingen

	Bemestingstechniek	Breedwerpige techniek	Met/zonder kantstrooi-instellingen	# verdelingsmetingen standaard instellingen	# verdelingsmetingen kantstrooi-instellingen	
Organische mest	1.type schotelstrooier	x	x	12 (3 ILVO, 6 DLG, 3 IRSTEA)	2 (IRSTEA)	
	2.type verticale walsen	x	x	14 (5 ILVO, 5 DLG, 4 IRSTEA)	3 (IRSTEA)	
	4.Breedwerpig	x		22 (16 Frick, 6 Cormiers)	n.v.t	
Kunstmest	9.Centrifugaalstrooier	x	x	49 (ILVO)	22 (16 kant op, 6 kant af) (10 ILVO, 12 CRAw)	
	10.Pendelstrooier	x	x	8 (ILVO)	4 (ILVO)	
	11.Pneumatische strooier			3 (ILVO)	n.v.t.	
	14.Spuittoestel		x	36 (ILVO)	n.v.t.	
Totaal				144	31	175

- Aangezien de verdelingsmetingen afkomstig waren van verschillende bronnen, werd de nodige tijd geïnvesteerd in het oplijsten van alle beschikbare info (machine, instellingen, experimentele info, enz.) en het uniformiseren van alle data. Als voorbeeld in Tabel 33 de informatiefiches van verdelingsmetingen 1-8 van centrifugaalstrooiers bij standaard instellingen. Bijlage 8 geeft een volledig overzicht van de 175 informatiefiches.

⁸ Frick R. (1999). Verteilgeräte an Güllefässern. FAT Berichte Nr. 531.

Tabel 33: Informatiefiches van verdelingsmetingen 1-8 van centrifugaalstrooiers bij standaard-instellingen

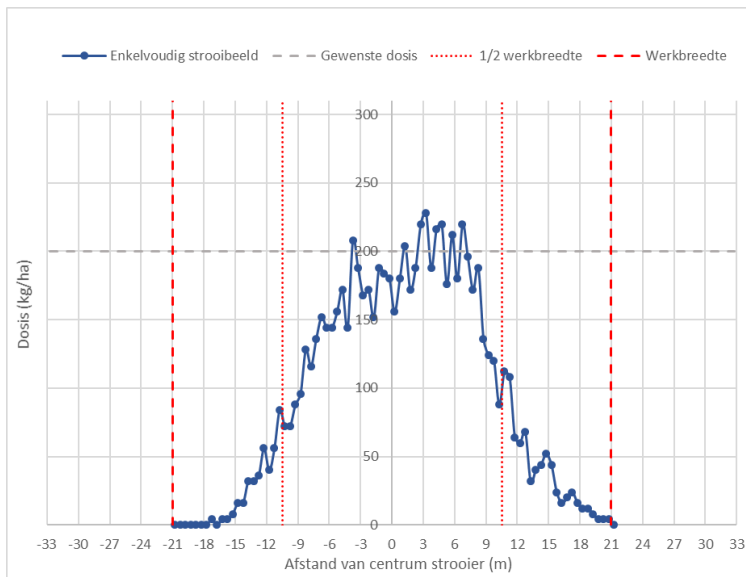
Nr experiment	1	2	3	4	5	6	7	8
Omschrijving	1_Amazone_Vandurme_2016	2_Rauch_Decoster_2004	3_Rauch_Decoster_2004	4_Amazone_Hemelinckxs1_2004	5_Amazone_Hemelinckxs2_2004	6_Amazone_Hemelinckxs3_2004	7_Amazone_Hemelinckxs4_2004	8_Sulky_VanHamme1_2004
Strooier								
Merk	Amazone	Rauch	Rauch	Amazone	Amazone	Amazone	Amazone	Sulky
Type	ZA-M mechanisch	Alpha 1132	Alpha 1132	ZAM Speciale	ZAM Speciale	ZAM Speciale	ZAM Speciale	DPX expert
Schijven	OM 24-36	M4 VXR-s:AL(R)4/BL(R)4	M4 VXR-s:AL(R)4/BL(R)4	12_18 rood	12_18 rood	12_18 rood	12_18 rood	18-24
Schoepinstelling	16/49 (klein, groot)	E4-C2	E4-C2	Kort 69 lang 87	Kort 69 lang 87	Kort 69 lang 87	Kort 69 lang 88	18-24-18-28
PTO - ingesteld (rpm)	540	540	540	540	540	540	540	600
PTO - effectief (rpm)	515							540
Ophanghoogte (m)	0,8	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Schuinstelling (°)	0	0	0	0	0	0	0	0
Werkbreedte (m)	33	21	21	15	15	15	15	21
Rijsnelheid - ingesteld (km/u)	10	8	8	8	8	8	8	7,3
Rijsnelheid - effectief (km/u)	10,03	8	8					
Rijrichting	heen en terug	heen en terug	heen en terug	heen en terug	heen en terug	heen en terug	heen en terug	heen en terug
Gewenste dosering (kg/ha)	300	200	172,4	200			200	200
Experiment								
datum	31/08/2016	11/03/2004	11/03/2004	30/03/2004	30/03/2004	30/03/2004	31/03/2004	30/03/2004
Type meting	Bakjes	Bakjes	Bakjes	Bakjes	Bakjes	Bakjes	Bakjes	Bakjes
Aantal opvangbakken (0,5 m x 0,5 m)	102	96	96	60	60	60	76	84
condities	Zon, droog, windstil	Zwakke wind	Zwakke wind	matige wind, droog	matige wind, droog	matige wind, droog	matige wind, droog	matige wind, droog
herhalingen	2	1	1	1	1	1	1	1
Kunstmest								
Soort	Ammoniumnitraat (27%N + 4% MgO) Scoriethom	AN 27 % Hydo 4% MgO	AN 27 % Hydo 4% MgO	AN 27 % 4 MgO	AN 27 % 4 MgO	AN 27 % 4 MgO	AN 27 % 4 MgO	AN 27 % 4MgO Aveve
Bulkdichtheid (kg/m³)	1040,45							
Grootteverdeling (mm)	massafractione (%)							
	>4.75	0,22						
	3.3-4.75	17,63						
	2-3.3	80,72						
	<2	1,43						

- Met uitzondering van de toepassingen met een spuittoestel, werden op basis van het opgemeten enkelvoudig strooibeeld stapsgewijs verschillende parameters en de verliescurve bepaald. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van één concreet voorbeeld nl. meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004 (Tabel 33, centrifugaalstrooier standaard)

► **Stap 1: Bepalen van absoluut enkelvoudig strooibeeld (kg/ha)**

Op basis van een verdelingsmeting met bakjes of metingen met de hybride ILVO-techniek, wordt het enkelvoudig strooibeeld bepaald waarbij de hoeveelheid toegepaste mest (uitgedrukt als massa per oppervlakte-eenheid) weergegeven wordt i.f.v. de afstand tot het centrum van de strooier, met een interval van 0,5 m. Op dit enkelvoudig strooibeeld wordt ook de werkbreedte en de halve werkbreedte aangeduid alsook de gewenste dosis. In dit concrete voorbeeld was de werkbreedte 21 m en de gewenste dosis 200 kg/ha (Figuur 32). Deze strooier paste aan de rechterzijde meer en verder toe dan aan de linkerzijde.



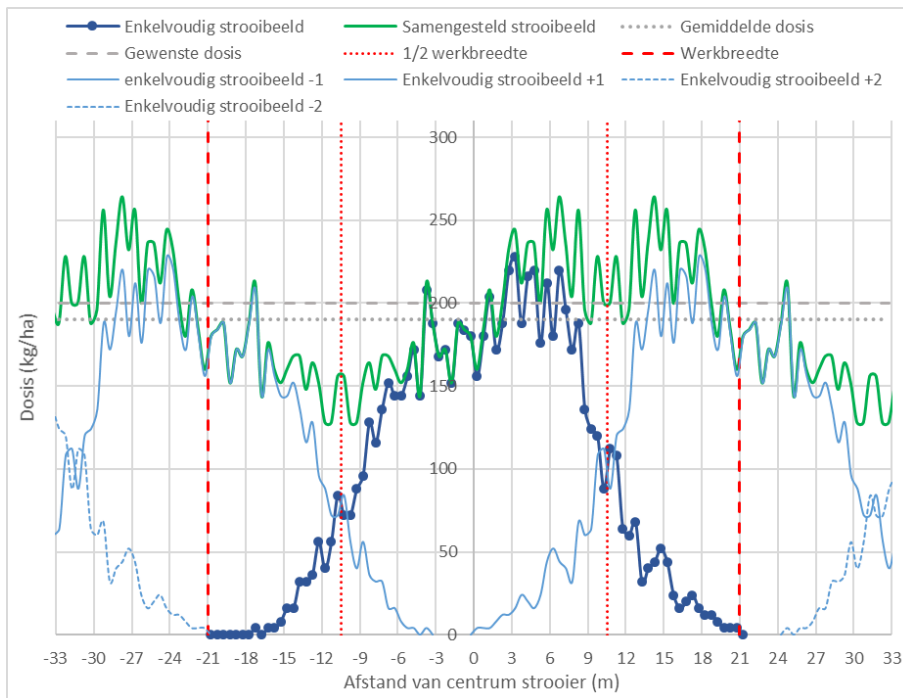


Figuur 32: Enkelvoudig strooibeeld van 8_Sulky_Van Hamme1_2004 met een werkbreedte van 21 m

► **Stap 2: Bepalen van absoluut samengesteld strooibeeld (kg/ha)**

Op basis van het enkelvoudig strooibeeld wordt het samengesteld strooibeeld berekend. Tenzij anders vermeld gebeurde dit op basis van 'heen en weer' rijden in het veld. Hiervoor werd het getransponeerde strooibeeld verschoven over enerzijds '+1 x de werkbreedte' en anderzijds '-1 x de werkbreedte' terwijl het opgemeten enkelvoudig strooibeeld ook verschoven wordt over '+2 x de werkbreedte' en '-2 x de werkbreedte'. Het sommeren van de verschillende individuele strooibeelden levert het samengesteld strooibeeld in volle veld (Figuur 33). Op basis van het samengesteld strooibeeld tussen 2 werkgangen wordt de gemiddelde *effectief toegepaste dosis* in het veld berekend ('gemiddelde dosis' in Figuur 33, in dit geval 190,5 kg/ha) alsook de variatiecoëfficiënt die een maat is voor de uniformiteit in het veld (in dit geval 18,7%).



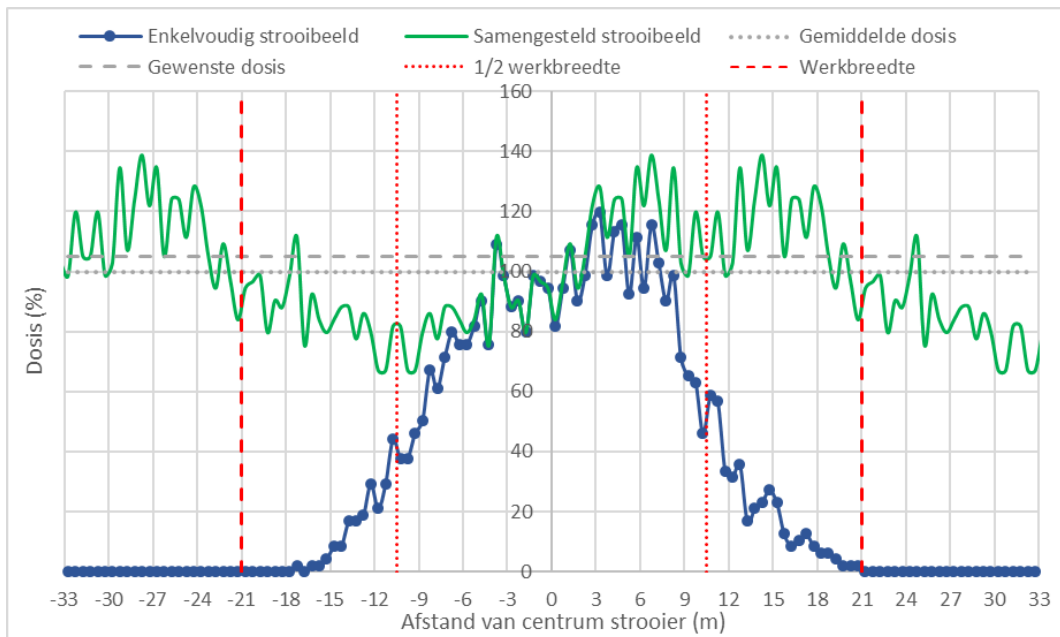


Figuur 33: Bepalen van absoluut samengesteld strooibeeld en gemiddelde toegepaste dosis op basis van enkelvoudig strooibeeld en werkbreedte voor meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004

► **Stap 3: Bepalen van relatief enkelvoudig en samengesteld strooibeeld (%)**

In een volgende stap worden het absolute enkelvoudige en samengesteld strooibeeld genormaliseerd ten opzichte van de effectief toegepaste gemiddelde dosis in het veld (in dit concrete geval gedeeld door 190,5 kg/ha en x 100%). Dit biedt de mogelijkheid om verliezen relatief te beschouwen t.o.v. de toegepaste dosis in het veld alsook om technieken waarbij verschillende dosissen worden toegepast (bv. 100 kg/ha vs. 200 kg/ha) of verschillende bemestingstechnieken (bv. stalmestverspreiders vs. centrifugaalstrooiers) onderling te vergelijken.





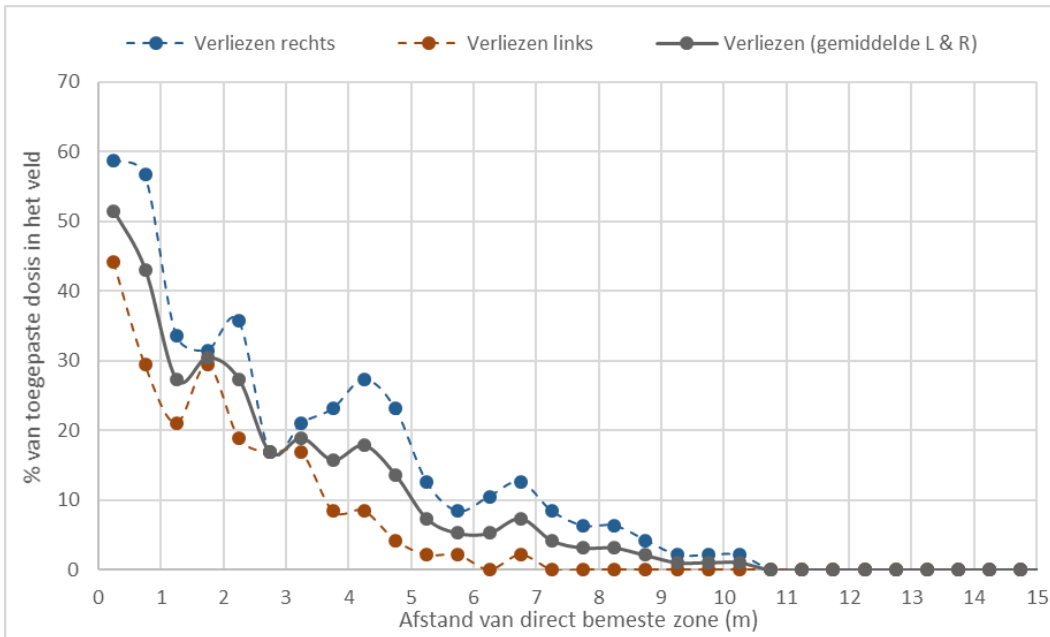
Figuur 34: Bepalen van relatief enkelvoudig en samengesteld strooibeeld op basis van gemiddelde toegepaste dosis in het veld (=100%) voor meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004

► **Stap 4: Bepalen van verliezen buiten de perceelsgrens (%)**

Bij standaard toepassingen, bevindt de laatste werkgang zich op ½ werkbreedte van de perceelsgrens (in dit geval op 10,5 m). Dit is geïllustreerd in Figuur 34 voor de situatie waarbij de perceelsgrens zich aan de rechterzijde bevindt t.o.v. de laatste werkgang. De curve vanaf 10,5 m is in dit concrete geval de verliescurve (% van de toegepaste dosis in het veld) t.o.v. de perceelsgrens. Voor symmetrische strooi-beelden werd de verliescurve berekend als het gemiddelde van de linker- en de rechterzijde (Figuur 35). Hiermee worden ook windeffecten uitgemiddeld. Voor niet symmetrische strooi-beelden (bv. bepaalde kantstrooi-instellingen) werd enkel de zijde gebruikt waar de kantstrooi-instelling van kracht is. Enkel in het geval van ‘kant af’ strooien werd ervan uitgegaan de perceelsgrens zich niet bevindt op ½ werkbreedte maar wel op 2 m van het centrum van de strooier.

Deze verliescurves vormen de basis om verliezen en meemesteffecten te kwantificeren en werden volgens bovenstaande methodiek bepaald voor elk van de 135 metingen (Tabel 32). Voor het concrete voorbeeld (Figuur 35) wordt op 5,25 m van de direct bemeste zone een gemiddeld verlies van 7,3% gemeten wat overeenkomt met 7,3% van 190,5 kg/ha = 14 kg/ha.



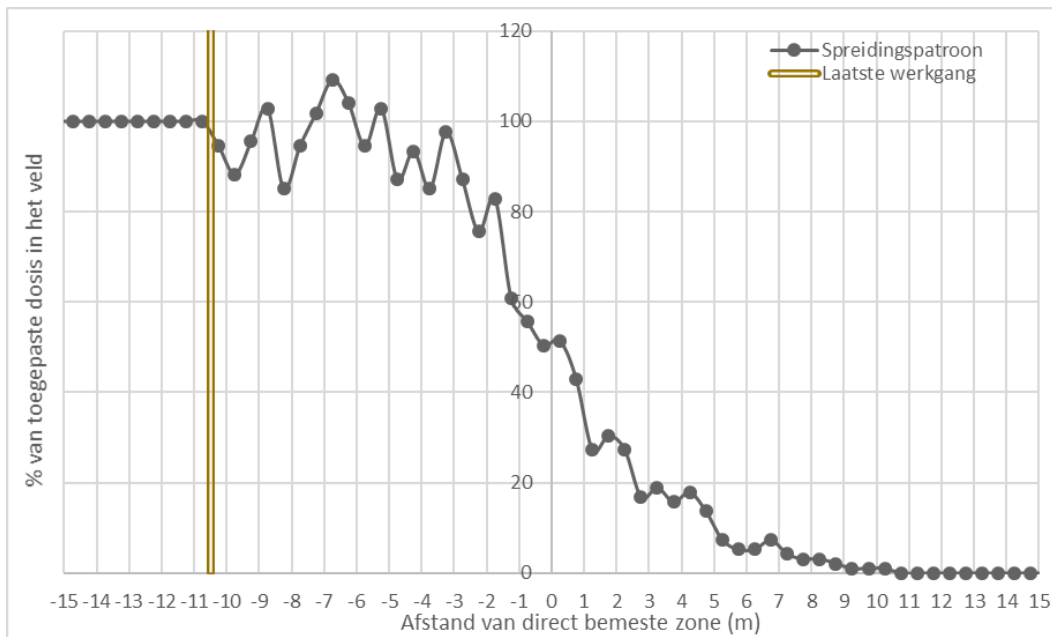


Figuur 35: Verliescurves (links, rechts en gemiddeld) uitgedrukt als % van de toegepaste dosis in het veld als functie van afstand tot de direct bemeste zone voor meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004

► **Stap 5: Bepalen van volledig spreidingspatroon**

In de zone vanaf de laatste werkgang tot de perceelsgrens kan – zeker bij breedwerpige toepassingen – minder mest toegepast worden dan de gewenste volleldsdosis (Figuur 29) met mogelijke gevolgen op de opbrengst. In het kader van ‘WP17: Kosten baten-analyse scenario’s’ werd daarom voor elk van de 175 verdelingsmetingen ook het spreidingspatroon vanaf de laatste werkgang tot het einde van de bemeste zone berekend. Links van de laatste werkgang (‘veldinwaarts’) werd de toegepaste dosis gelijkgesteld aan de volleldsdosis (100%). Voor het concrete voorbeeld (Figuur 36) bevindt de zone van verminderde bemesting zich voornamelijk in de buitenste 3 m van de direct bemeste zone.

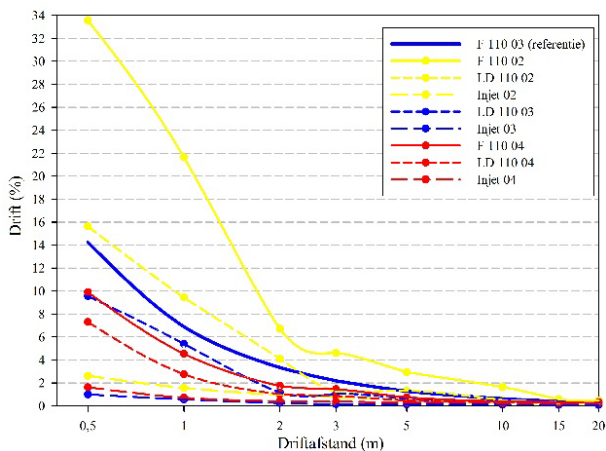




Figuur 36: Volledig spreidingspatroon uitgedrukt als % van de toegepaste vollevelsdosis in functie van de afstand tot de direct bemeste zone voor meting 8_Sulky_Van Hamme1_2004 met laatste werkgang op 10,5 m

- Voor **14. Spuittoestellen** werden de verliescurves bepaald op basis van de driftcurves opgesteld voor verschillende spuitdoppen bij gemiddelde weersomstandigheden door Nuyttens *et al.* (2007) (Figuur 37). Voor de specifieke toepassing van vloeibare meststoffen, werd het gemiddelde genomen van de driftcurves van de drie geteste types van luchtmengdoppen (Injet 02, Injet 03 en Injet 04, 9 metingen) aangezien vloeibare meststoffen weinig of niet met standaard spuitdoppen toegepast worden. Voor toepassingen met meerstraaldoppen mogen we verwachten dat de verliezen verwaarloosbaar zullen zijn (geen data beschikbaar). Als referentie zal ook de verliescurve voor een referentie spuittechniek (27 metingen) meegenomen worden zodat de vergelijking kan gemaakt worden met de problematiek van drift van gewasbeschermingsmiddelen. Belangrijk bij de toepassing met spuittoestellen is dat de verliezen ontstaan door het wegdrijven van de spuitoplossing onder invloed van wind wat niet of minder het geval is bij de andere BT.





Figuur 37: Driftcurves voor verschillende types spuitdoppen bij gemiddelde weersomstandigheden (windsnelheid = 3 m/s, temperatuur = 16°C en absolute luchtvochtigheid = 8 g/kg)

4.4.4 Resultaten

Een samenvatting van de belangrijkste parameters van de verschillende geteste BT is terug te vinden in Tabel 34, een volledig overzicht in Bijlage 8.

Tabel 34: Werkbreedte, gewenste dosis, gemiddelde dosis, variatiecoëfficiënt, rijnsnelheid (gemiddeld, [min-max]) van de experimenten met de verschillende BT

Bemestingstechniek	Werkbreedte (m)	Gewenste dosis	Gemiddelde dosis	Variatiecoëfficiënt (%)	Rijnsnelheid (km/u)
1.type schotelstrooier standaard	13,6 [12,0 - 19,5]	17,8 ton/ha [10,0 - 30,0 ton/ha]	19,7 ton/ha [10,0 - 37,3 ton/ha]	13,7 [7,3 - 18,7]	5,6 [2,7 - 8,1]
1.type schotelstrooier kant	12,0	Statische meting	Statische meting	nvt	Statische meting
2.type verticale walsen standaard	10,8 [6,0 - 13,5]	21,0 ton/ha [10,0 - 30,0 ton/ha]	17,3 ton/ha [4,0 - 34,9 ton/ha]	17,4 [10,1 - 43,4]	4,6 [2,5 - 6,0]
2.type verticale walsen kant	12,0	Statische meting	Statische meting	nvt	Statische meting
4. Breedwerpig	10,0 [7,0 - 13,0]	32,0 ton/ha [16,0 - 55,0 ton/ha]	31,2 ton/ha [15,8 - 55,4 ton/ha]	24,8 [8,5 - 46,6]	onbekend
9.Centrifugaalstrooier standaard	20,1 [12,0 - 33,0]	188,0 kg/ha [100 - 300 kg/ha]	210,4 kg/ha [99,6 - 678,0 kg/ha]	18,7 [5,6 - 80,1]	8,2 [5,6 - 12,0]
9.Centrifugaalstrooier standaard – kant op	26,4 [15,0 - 40,0]	242,0 kg/ha [200 - 320 kg/ha]	238,5 kg/ha [120,8 - 320,0 kg/ha]	nvt	7,1 [4,7 - 10,0]
9.Centrifugaalstrooier standaard – kant af	12,6 [12,0 - 16,0]	142,5 kg/ha [116 - 275 kg/ha]	142,5 kg/ha [116,0 - 275,0 kg/ha]	nvt	nvt
10.Pendelstrooier standaard	11,9 [7,0 - 15,0]	474,6 kg/ha [250 - 1000 kg/ha]	444,2 kg/ha [183,7 - 1028,6 kg/ha]	33,2 [10,8 - 58,4]	8,5 [7,0 - 10,2]
10.Pendelstrooier kant	12,0	370,0 kg/ha	372,3 kg/ha	33,2 [10,8 - 58,4]	7,6 [7,0 - 8,4]
11.Pneumatische strooier	15	275 kg/ha	243,4 kg/ha [240,3 - 245,5 kg/ha]	12,3 [10,5-14,6]	7,0
14.Spuittoestel luchtmengdoppen	27	180 L/ha [120 - 240 L/ha]	180 L/ha [120 - 240 L/ha]	nvt	8,0

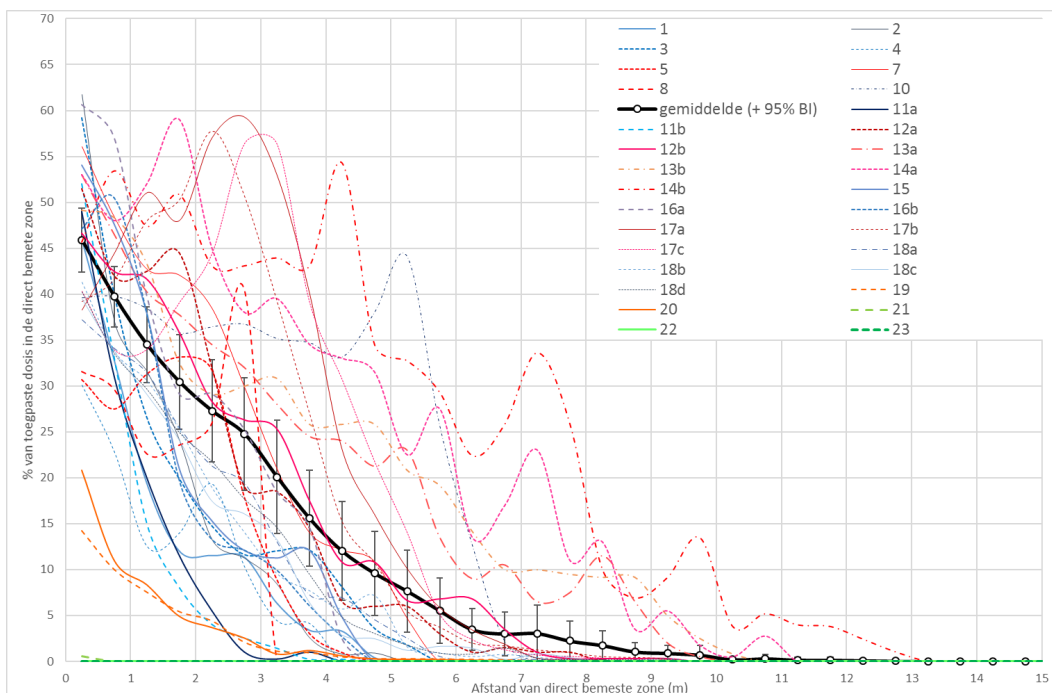
De verliescurves en de verdelingscurves in het veld worden eerst individueel besproken voor elk van de BT (Tabel 32), vervolgens wordt een vergelijking gemaakt tussen de verschillende BT onderling.



- **Stalmestverspreiders type 1. Schotelstrooiers (standaard en kant) en 2. Verticale walsen (standaard en kant)**

Figuur 38 toont de individuele verliescurves van de 12 metingen met schotelstrooiers - standaard (rode curves), 2 metingen met schotelstrooiers - kant (oranje, metingen 19 & 20), 14 metingen met verticale walsen – standaard (blauwe curves), 3 metingen met verticale walsen – kant (groen, metingen 21-23) samen met het gemiddelde van alle standaard metingen (+ 95% betrouwbaarheidsinterval (BI)).

Zeker in geval van de schotelstrooiers –standaard zien we een grote spreiding tussen de verschillende metingen. Algemeen liggen de verliescurves bij de schotelstrooiers hoger dan bij de verticale walsen zowel bij standaard als bij kantstrooi-instellingen. Bij standaard instellingen werden bij de schotelstrooiers verliezen opgemeten tot max. 13 m van de perceelsgrens, bij de verticale walsen tot max. 7 m. Net naast de direct bemeste zone worden verliezen in de grootteorde van 30 tot 60% van de toegepaste vollevelsdosis opgemeten bij standaard instellingen. Het gebruik van kantstrooi-instellingen bij schotelstrooiers reduceert deze verliezen tot de grootteorde van 15-20% en verliezen beperken zich tot maximaal 5 m van de direct bemeste zone. Bij het gebruik van kantstrooi-instellingen bij verticale walsen worden quasi geen verliezen meer opgemeten buiten de direct bemeste zone. Het verschil in efficiëntie van het kantstrooien tussen schotelstrooiers en verticale walsen kan verklaard worden door het verschillende werkingsprincipe. Bij verticale walsen wordt gebruik gemaakt van een kantstrooideur terwijl bij schotelstrooiers een kantstrooiplaat gebruikt wordt (zie WP6).

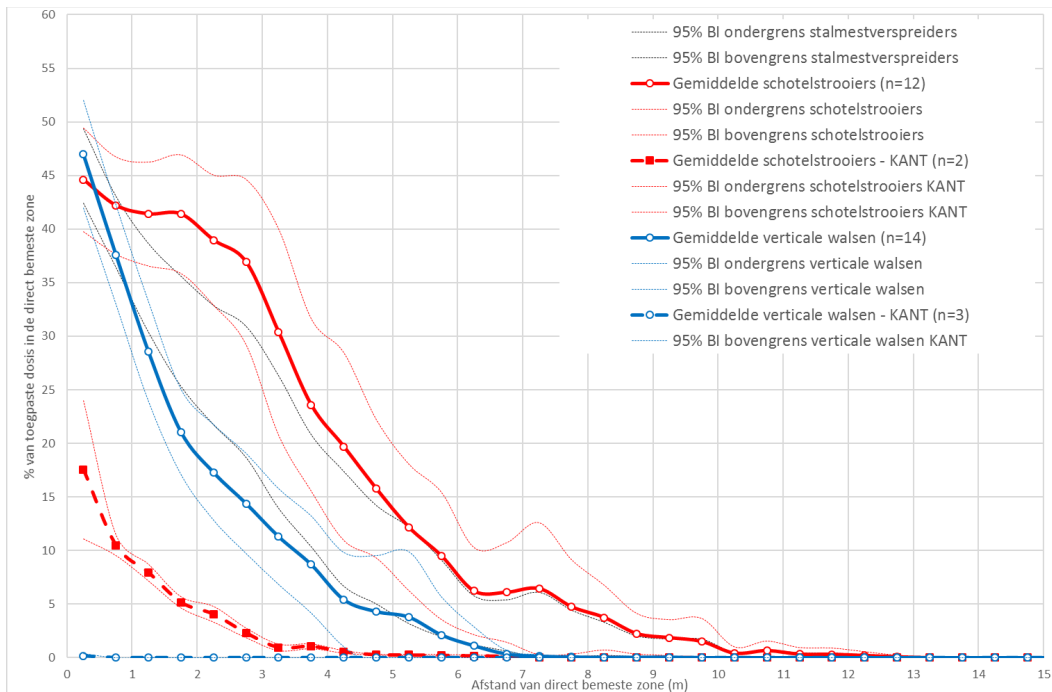


Figuur 38: Individuele verliescurves van de 12 metingen met schotelstrooiers (rode curves) en de 14 metingen van stalmestverspreiders met verticale walsen (blauwe curves) samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval)

Figuur 39 toont de gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor de schotelstrooiers -standaard (rood vol), de schotelstrooiers - kant (rood gestreept) en de verticale walsen - standaard (blauw - vol), verticale walsen – kant (blauw gestreept)). Deze bevestigen dat voor de standaard instellingen net naast de direct bemeste zone de verliezen van schotelstrooiers en verticale walsen gelijkaardig zijn terwijl op grotere afstanden de



schotelstrooiers duidelijk meer verliezen geven. Dit kan verklaard worden op basis van hun verschil in werkingsprincipe (zie WP 6) en de grotere gemiddelde werkbreedte van de schotelstrooiers (13,6 m) t.o.v. de verticale walsen (10,8 m) (Tabel 34).

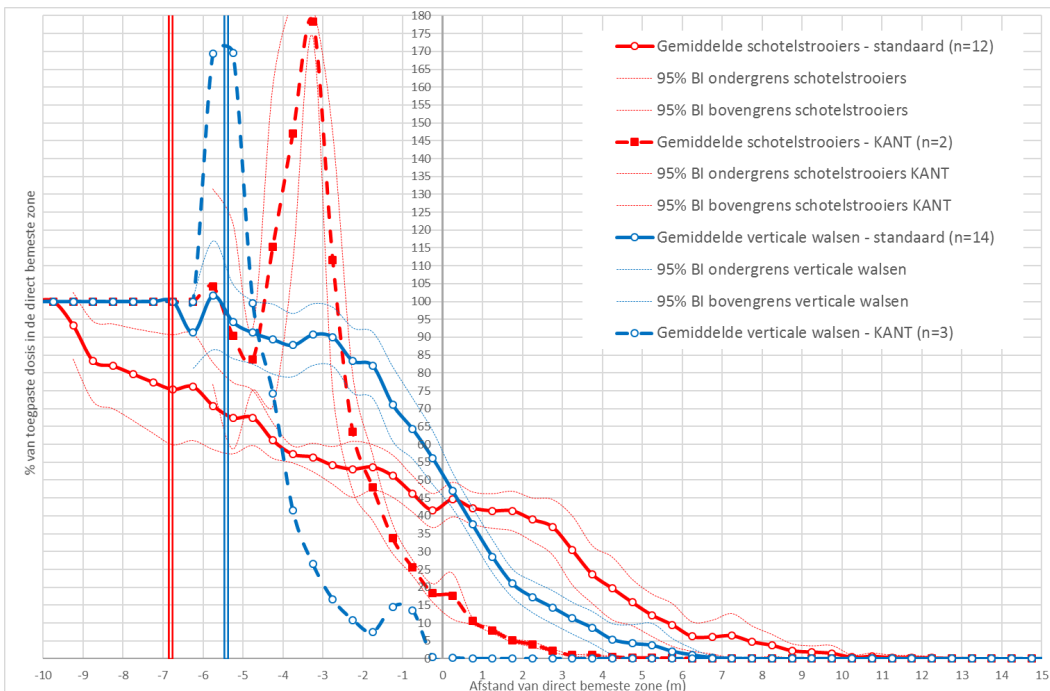


Figuur 39: Gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor de schotelstrooiers –standaard (rood - vol), de schotelstrooiers – kant (rood - gestreept), de verticale walsen – standaard (blauw - vol) en de verticale walsen – kant (blauw - gestreept)

Figuur 40 toont de volledige spreidingspatronen van de verschillende technieken. Voor beide standaard technieken zien we een graduele afname van de toegepaste dosis vertrekkende van de laatste werkgang tot aan de grens van de direct bemeste zone. In deze zone wordt dus minder bemest dan de volveldsdosis. Omwille van de verschillen in werkbreedte strekt deze zone zich uit tot -9 à -10 m voor schotelstrooiers en tot -5 à -6 m voor verticale walsen.

Bij het gebruik van kantstrooi-instellingen zien we zowel voor schotelstrooiers als voor verticale walsen een overdosering (tot 170-180%) net naast de laatste werkgang gevolgd door een sterke onderdosering aan de rand van de direct bemeste zone. Dit is typisch voor het gebruik van een kantstrooier of -plaat.



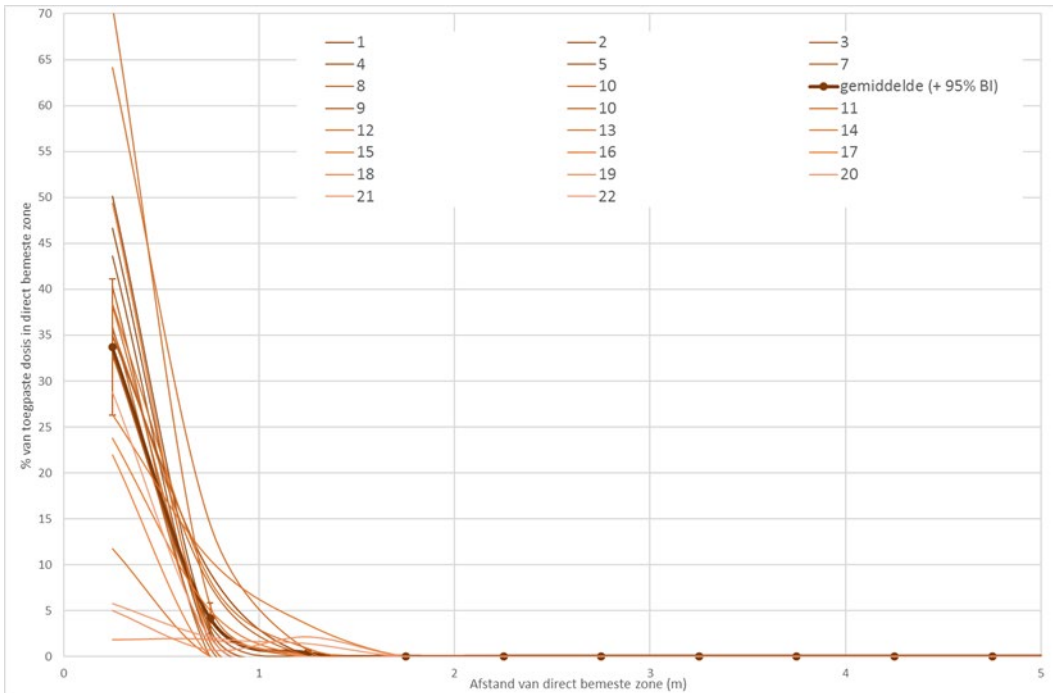


Figuur 40: Volledige spreidingspatronen voor de verschillende technieken van stalmestverspreiders met indicatie van de ligging van de laatste werkgang van de schotelstrooiers – standaard en de verticale walsen – standaard.

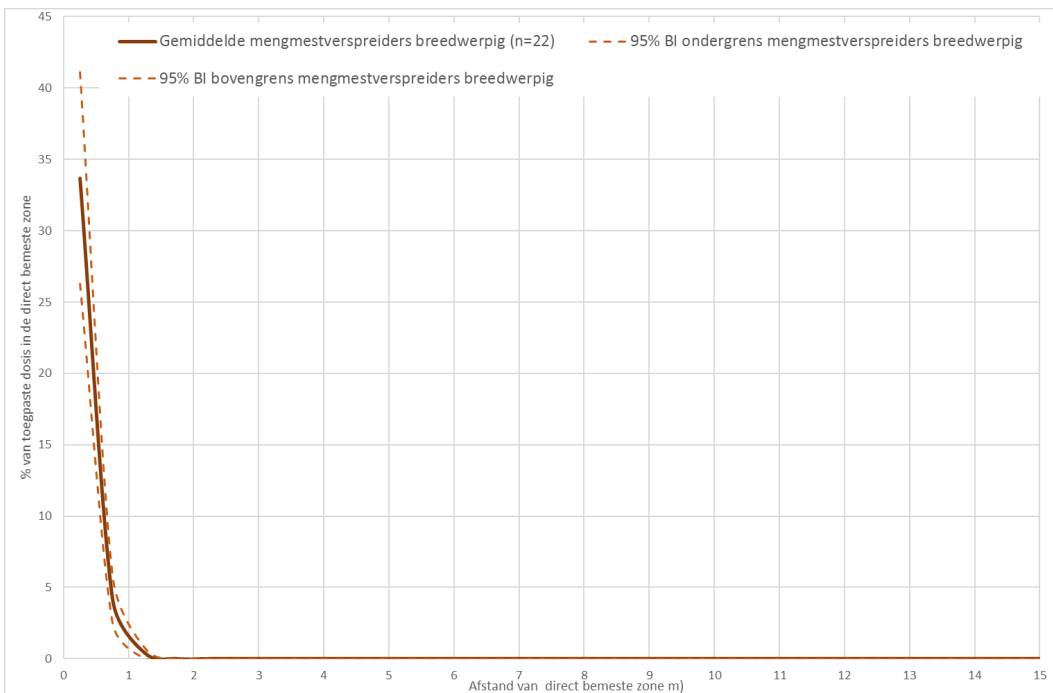
• **4. Breedwerpig mengmest toepassen**

Figuur 41 toont de individuele verliescurves van de 22 metingen waarbij breedwerpig mengmest werd toegepast (+ 95% betrouwbaarheidsinterval). De verliezen direct naast de direct bemeste zone zijn sterk variabel en in sommige gevallen aanzienlijk (tot 70%) maar nemen zeer snel af. Reeds op een afstand van 2 m van de direct bemeste zone worden geen verlies meer waargenomen zoals bevestigd in de gemiddelde verliescurve in Figuur 42. Figuur 43 toont het volledige spreidingspatroon. Door de scherp afgegrensde ‘rechthoekige’ spreidingspatronen in combinatie met een relatief beperkte werkbreedte, is de zone van onderbemesting in de direct bemeste zone erg beperkt.



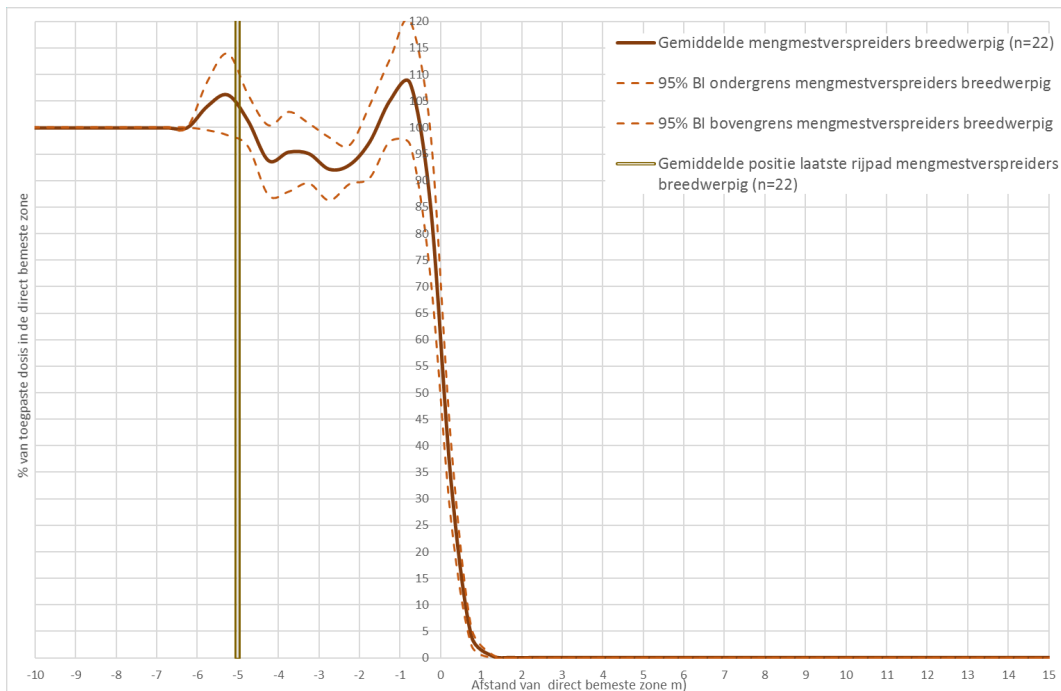


Figuur 41: Individuele verliescurves van de 22 metingen breedwerpig mengmest verspreiden samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval)



Figuur 42: Gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor het breedwerpig mengmest verspreiden





Figuur 43: Volledige spreidingspatronen voor het breedwerpig mengmest toepassen met indicatie van de gemiddelde ligging van het laatste rijpad

• **9. Centrifugaalstrooiers standaard / kant op / kant af**

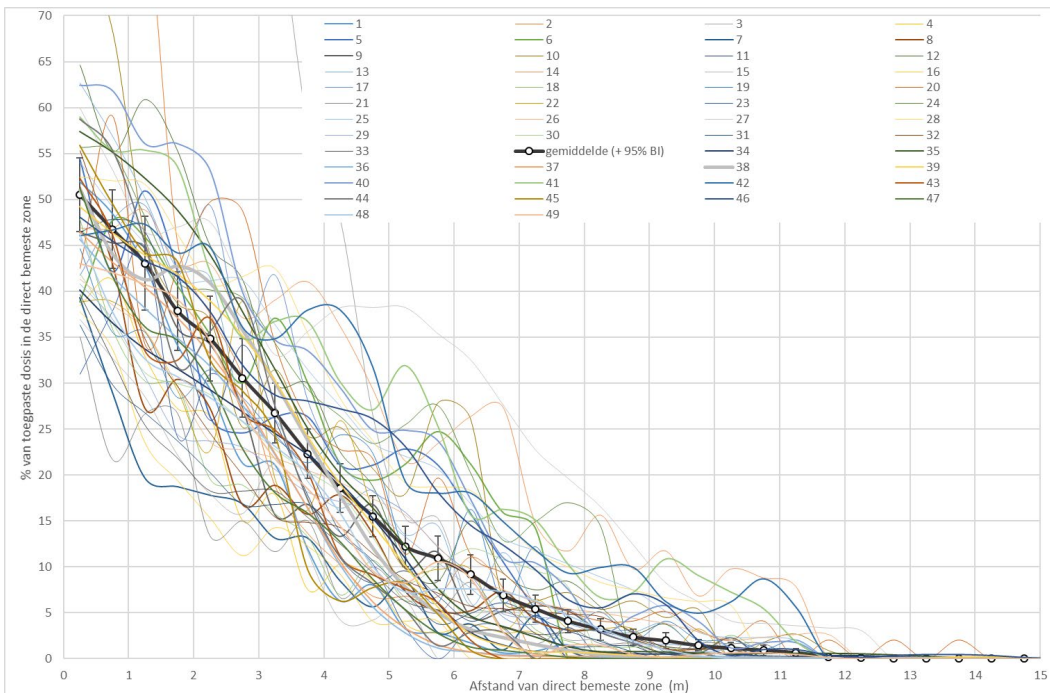
Figuur 44 toont de individuele verliescurves van de 49 metingen met centrifugaalstrooiers bij standaard instellingen samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval). De verliezen net naast de direct bemeste zone zijn hoog en ongeveer 50% van de toegepaste dosis in het veld. Er worden verliezen gevonden van min. 6-7 m tot max. 10-12 m van de direct bemeste zone.

Figuur 45 geeft de individuele verliescurves van de 16 metingen met centrifugaalstrooiers ‘kant op’ en 6 metingen ‘kant af’ samen met de gemiddelden (+ 95% betrouwbaarheidsinterval). Voor de ‘kant op’ metingen is er een grote variatie tussen de verschillende experimenten. Er worden nog steeds verliezen vastgesteld tot op 10 m van de direct bemeste zone maar gemiddeld zijn de verliezen lager in vergelijking met de standaard instellingen, gemiddeld 30-35% net naast de perceelsgrens.

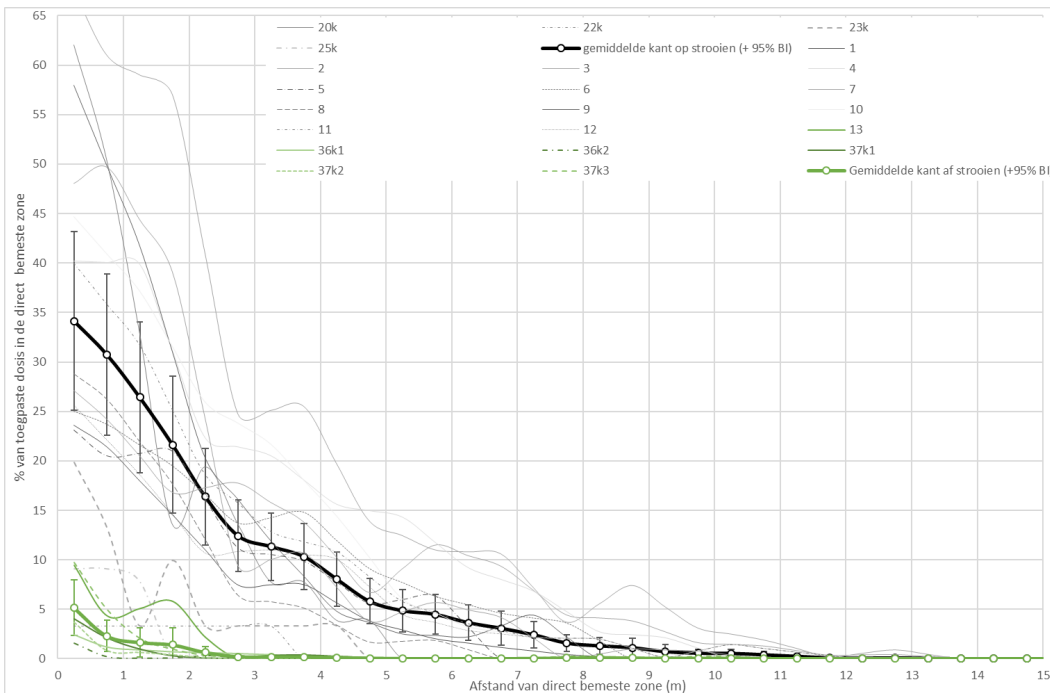
In geval van ‘kant af’ strooien zijn de verliezen beperkt en vinden we verliezen tot max. 2-3 m van de direct bemeste zone. Zelfs net naast de direct bemeste zone zijn de verliezen max. 5%.

De gemiddelde verliescurves (+ 95% BI) in Figuur 46 voor de drie types centrifugaalstrooien (standaard, kant op, kant af) bevestigen nogmaals de duidelijke verschillen. Tot slot geeft Figuur 47 de volledige spreidingspatronen weer voor de verschillende technieken van centrifugaalstrooiers. Zowel voor de standaard toepassing als voor kant op strooien zien we opnieuw een continue afname in bemesting van de laatste werkgang tot het einde van de direct bemeste zone. Deze zone van onderbemesting kan zich uitstrekken tot 13 à 15 m van de grens van de direct bemeste zone. Dit effect is veel minder uitgesproken in geval van kant af strooien waarbij een extra werkgang gelegd wordt aan de rand van de bemeste zone. Deze zorgt ervoor dat de zone van weliswaar aanzienlijke onderbemesting zich beperkt tot een zestal meter.



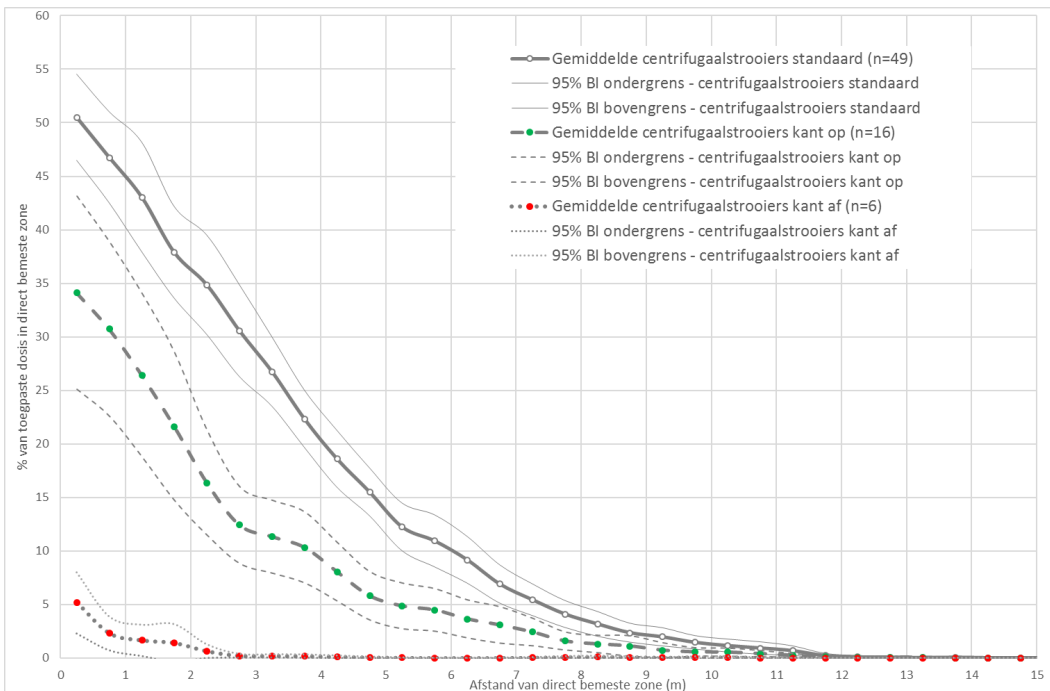


Figuur 44: Individuele verliescurves van de 49 metingen met centrifugaalstrooiers bij standaard-instellingen samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval)

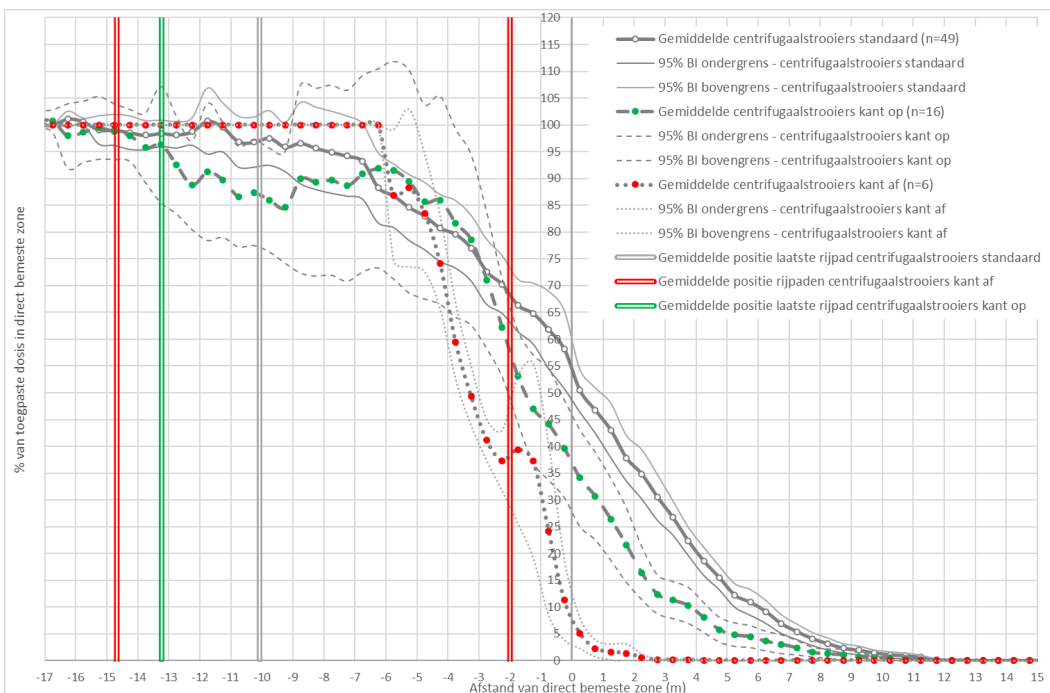


Figuur 45: Individuele verliescurves van de 16 metingen met centrifugaalstrooiers 'kant op' (grijs/zwart) en 6 metingen 'kant af' (groen) samen met de gemiddelden (+ 95% betrouwbaarheidsinterval)





Figuur 46: Gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor de centrifugaalstrooiers bij standaard-instellingen (grijs), kant op strooien (groen) en kant af strooien (rood)



Figuur 47: Volledige spreidingspatronen voor de centrifugaalstrooiers bij standaard-instellingen (grijs), kant op strooien (groen) en kant af strooien (rood) met indicatie van de gemiddelde ligging van de laatste rijpaden

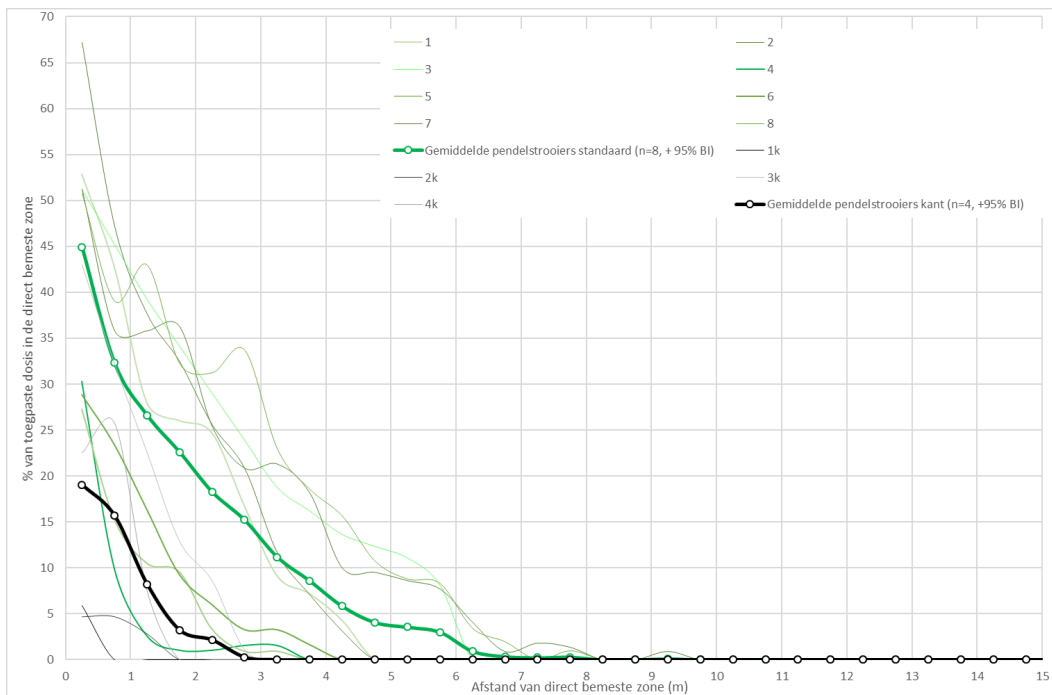


- **10. Pendelstrooier standaard en kant**

Figuur 48 toont de individuele verliescurves van de 8 metingen met pendelstrooiers bij standaard-instellingen en de 4 metingen met kantstrooi-instellingen. Opnieuw is er een grote spreiding tussen de verschillende metingen zowel voor standaard- als voor kantstrooi-instellingen. Dit blijkt ook uit de 95% betrouwbaarheidsintervallen in Figuur 49.

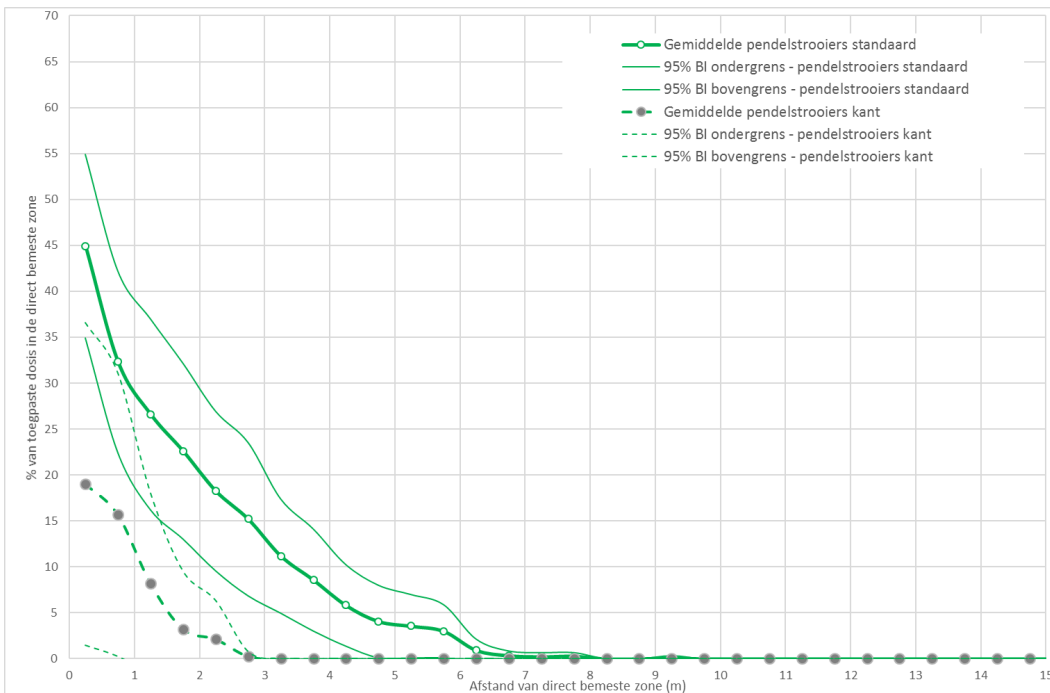
Gemiddeld zijn de verliezen voor standaard-instellingen net naast de direct bemeste zone hoog ($\pm 45\%$) maar net wat lager in vergelijking met standaard centrifugaalstrooiers (Figuur 46). De afstand tot waar er verliezen optreden beperkt zich tot 5-6 m van de direct bemeste zone terwijl dit het dubbele is voor standaard centrifugaalstrooiers. Naar analogie met de stalmestverspreiders (verticale walsen vs. schotelstrooiers) is de oorzaak te zoeken in hun verschil in werkingsprincipe (zie WP 6) en de grotere gemiddelde werkbreedte van de centrifugaalstrooiers (20,1 m) t.o.v. de pendelstrooiers (11,9 m) (Tabel 34).

Bij gebruik van kantstrooi-instellingen dalen de verliezen direct naast de direct bemeste zone tot $\pm 20\%$ en treden er verliezen op tot max. 4 m van de direct bemeste zone. De grote spreiding tussen de verschillende metingen met kantstrooi-instelling wordt veroorzaakt doordat verschillende kantstrooi-technieken getest werden (kantstrooi pijp, schuin stellen, pendelstrooier verlagen). Dit wordt meer in detail besproken in WP12.

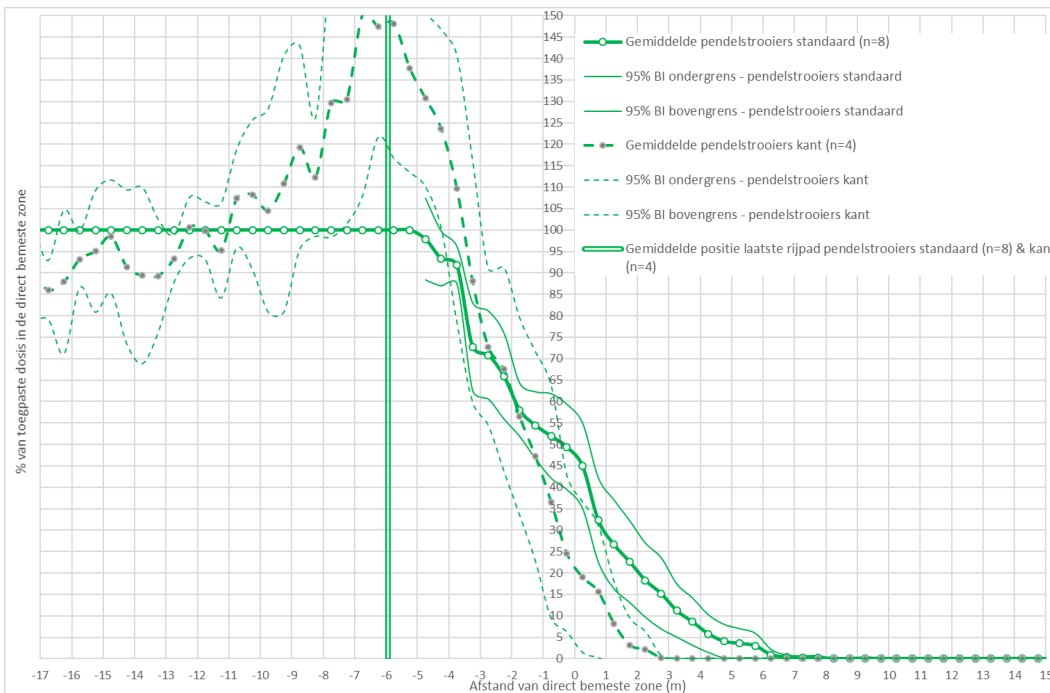


Figuur 48: Individuele verliescurves van de 8 metingen met pendelstrooiers bij standaard-instellingen (groen), 4 metingen met kantstrooi-instellingen (grijs) samen met de gemiddelde curves





Figuur 49: Gemiddelde verliescurve (+ 95% BI) voor de pendelstrooiers standaard en kant

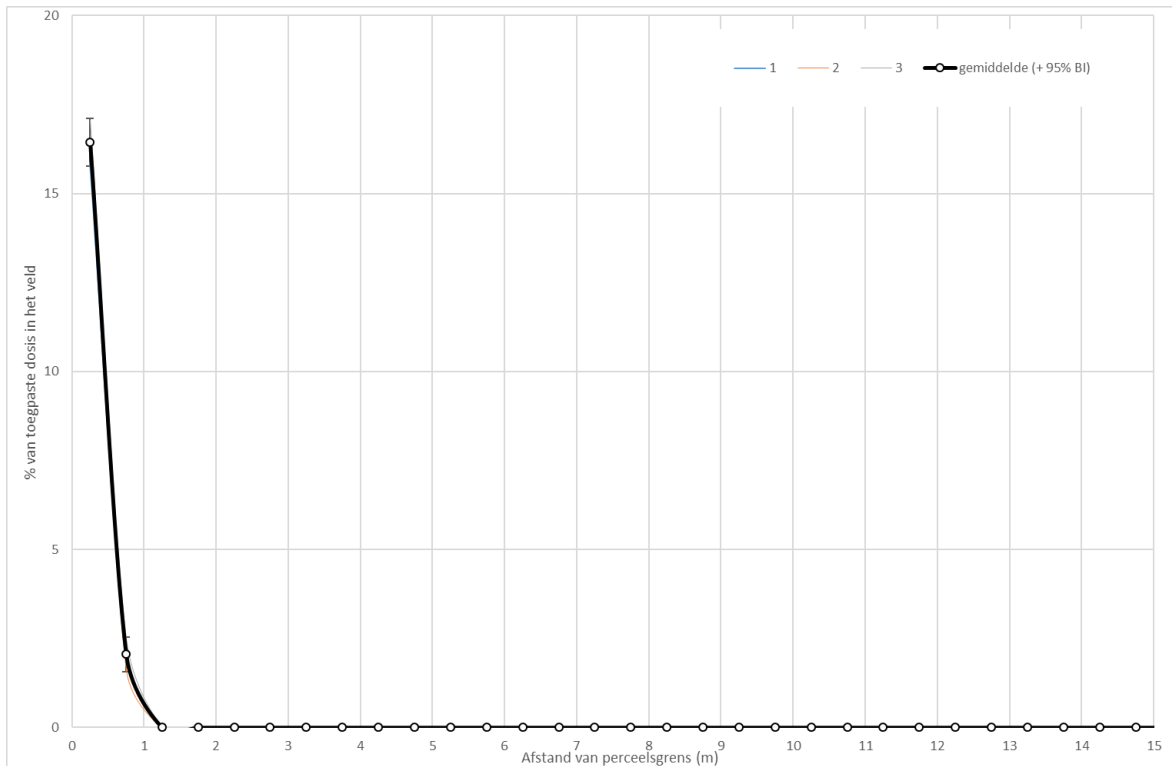


Figuur 50: Volledige spreidingspatronen voor de pendelstrooiers bij standaard instellingen (groen) en bij kantstrooien (grijs) met indicatie van de gemiddelde ligging van het laatste rijpad



- **11. Pneumatische strooier**

Figuur 51 toont de individuele verliescurves van de 3 metingen met de pneumatische strooier samen met het gemiddelde (+ 95% BI). Voor de 3 metingen zijn de verliescurves quasi identiek en beperkt. Net naast de perceelsgrens wordt nog een verlies van goed 15% waargenomen maar verderaf zijn de verliezen verwaarloosbaar. Vanaf minder dan 1 m van de perceelsgrens worden geen verliezen meer vastgesteld, het betreft hier dan ook geen breedwerpige techniek (Tabel 32).



Figuur 51: Individuele verliescurves van de 3 metingen met een pneumatische strooier samen met het gemiddelde (+ 95% betrouwbaarheidsinterval)

- **Vergelijking verliescurves verschillende BT**

In Figuur 52 wordt een samenvatting gegeven van de gemiddelde verliescurves van de verschillende BT zonder (boven) en met (onder) indicatie van 95% BI en indicatie van een 5 of 10 m bemestingsvrije strook. Ter informatie wordt ook de 'Spuittoestel referentie driftcurve' meegegeven naast de 'Spuittoestel luchtmengdoppen' die beschouwd kan worden als de verliescurve voor het toepassen van vloeibare meststoffen. Tabel 35 vat de gemiddelde verliezen samen voor de verschillende BT op afstanden van 0.25, 1, 2, 2.5, 3, 4, 5, 7.5, 10 en 12.5 m van de direct bemeste zone. Deze gegevens kunnen gebruikt worden om verschillende scenario's door te rekenen en om risicoanalyses uit te voeren.

Globaal bekeken kunnen op basis van de verliezen vier groepen onderscheiden worden.

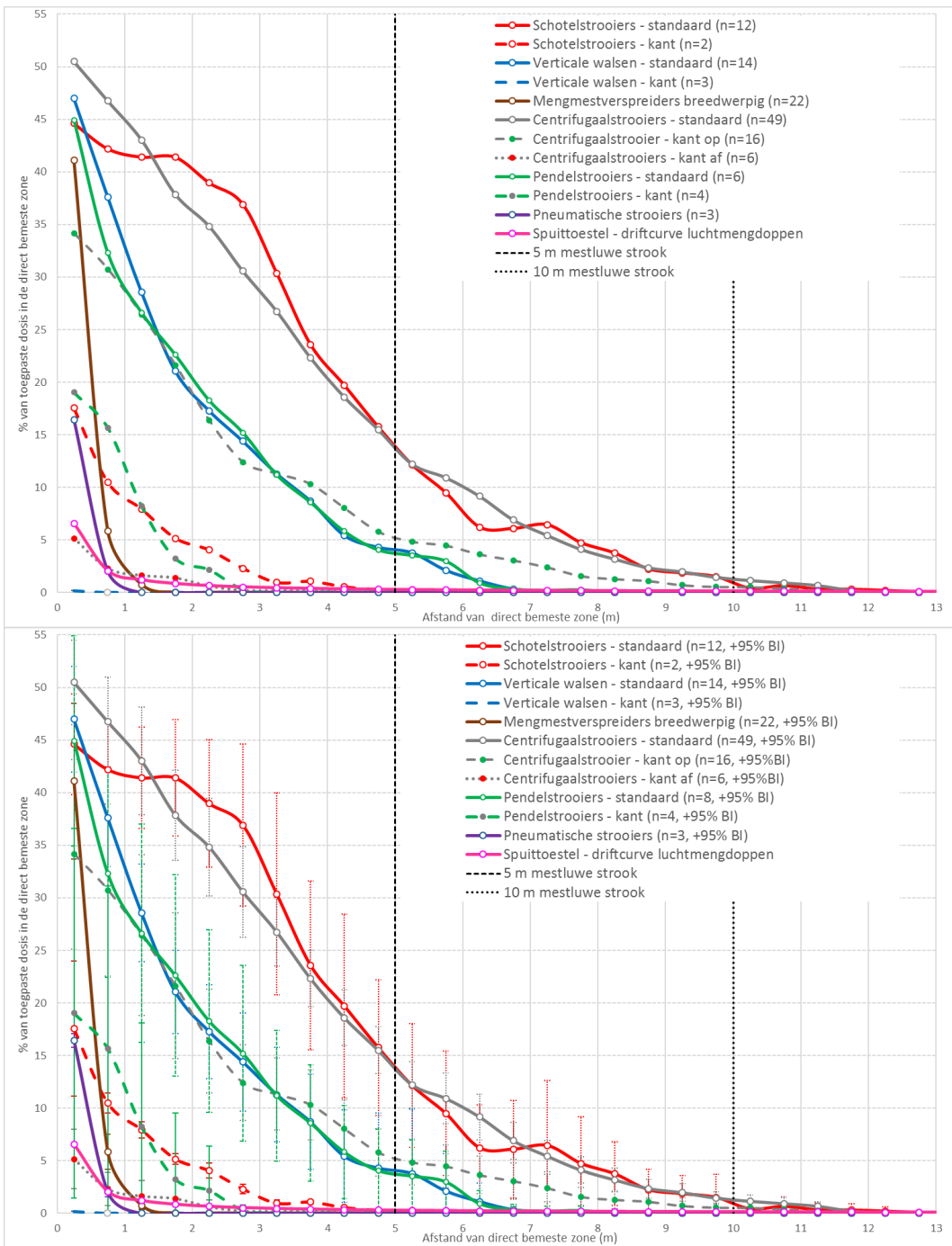
- ▶ De grootste gemiddelde verliezen vinden we terug bij de 'Schotelstrooiers -standaard' en de 'Centrifugaalstrooiers - standaard'. Niet toevallig werken beiden volgens het principe van 'roterende schijven', hebben beiden een grote werkbreedte (respectievelijk 13,6 en 20,1 m) en werden geen



kantstrooi-instellingen toegepast. Op 5 m van de direct bemeste zone zijn de verliezen nog aanzienlijk nl. 14,0 en 14,3%. Op 10 m dalen die naar 1,0 en 1,3%.

- ▶ Een tweede groep met aanzienlijke gemiddelde verliezen bestaat uit 'Pendelstrooiers – standaard', 'Verticale walsen - standaard' en 'Centrifugaalstrooiers – kant op'. De techniek van 'kant op' strooien reduceert dus slechts in beperkte mate de verliezen t.o.v. standaard strooien (bv. van 13,9% naar 5,3% op 5 m). Bij de 'Pendelstrooiers – standaard' en de 'verticale walsen' vinden we op 5 m verliezen van respectievelijk 3,8% en 4,0%. Vanaf 7,5 m worden geen significante verliezen meer vastgesteld.
- ▶ Een derde groep bestaat uit de 'Pendelstrooiers – kant' en 'Schotelstrooiers – kant'. Op 5 m van de direct bemeste zone worden voor deze technieken geen significante verliezen meer opgemeten (respectievelijk 0% en 0,3%). Een bemestingsvrije strook van 5 m volstaat dus in principe om de verliezen in een aanpalende waterloop tot 0 te herleiden. Dichterbij de direct bemeste zone worden wel nog aanzienlijke verliezen vastgesteld van bv. 12,0% en 9,2% op 1 m en 1,2% en 3,2% op 2,5 m.
- ▶ De laagste gemiddelde verliezen vinden we logischerwijs bij de niet breedwerpige technieken nl. 'Pneumatisch strooiers' en 'Spuittoestel luchtmengdoppen' maar ook 'Centrifugaalstrooiers – kant af', 'verticale walsen – kant' en 'mengmestverspreiders – breedwerpig'. Voor deze technieken zou een bemestingsvrije strook van minder dan 5 m kunnen volstaan om de verliezen in de waterloop nagenoeg tot 0 te herleiden.
- ▶ 'Kant af strooien' is dus een prima techniek om verliezen te reduceren. Reeds op 2,5 m van de perceelsgrens worden zo goed als geen verliezen meer waargenomen (0,4%). Algemeen kunnen we stellen dat 'kant af strooien' de hoeveelheid verliezen reduceert met 90-100% t.o.v. standaard strooien terwijl 'kant op strooien' de verliezen reduceert met 50-60%.
- ▶ Voor de breedwerpige mengmestverspreiders worden vlakbij de direct bemeste zone nog hoge verliezen gemeten (33,7% op 0,25 m) maar deze dalen zeer snel naar 2,3% op 1 m en naar 0% op 2 m. Hetzelfde geldt voor de pneumatische strooiers met vrij hoge verliezen op 0,25 m (16,4%) die ook zeer snel naar 0 afnemen op iets meer dan 1 m. De verliezen voor het Spuittoestel luchtmengdoppen' zijn minder hoog bij de perceelsgrens (6,6% op 0,25 m) maar dalen iets minder snel naar 0,6% op 2,5 m. In geval van 'verticale walsen – kant' kan er gesteld worden dat er praktisch geen verliezen zijn buiten de direct bemeste zone.





Figuur 52: Gemiddelde verliescurves van de verschillende BT zonder (boven) en met (onder) indicatie van 95% BI en aanduiding van de positie van een 5 of 10 m mestluwe of bemestingsvrije strook

Tabel 35: Gemiddelde verliezen (% van volleveldsdosis) voor de verschillende BT op afstanden van 0.25, 1, 2, 2.5, 3, 4, 5, 7.5, 10 en 12.5 m van de direct bemeste zone

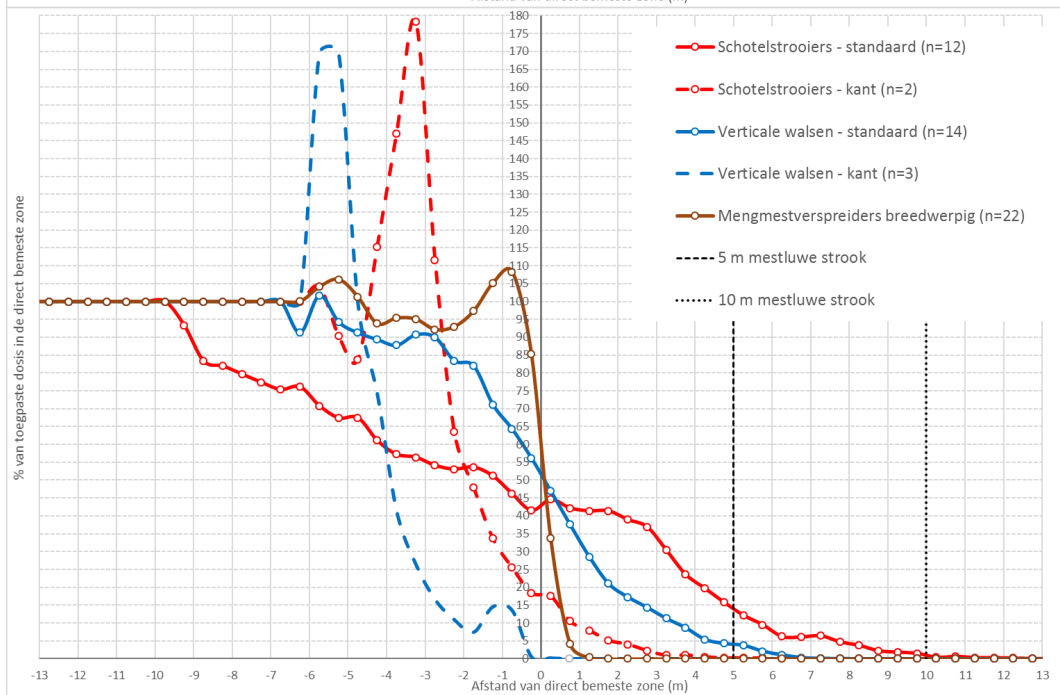
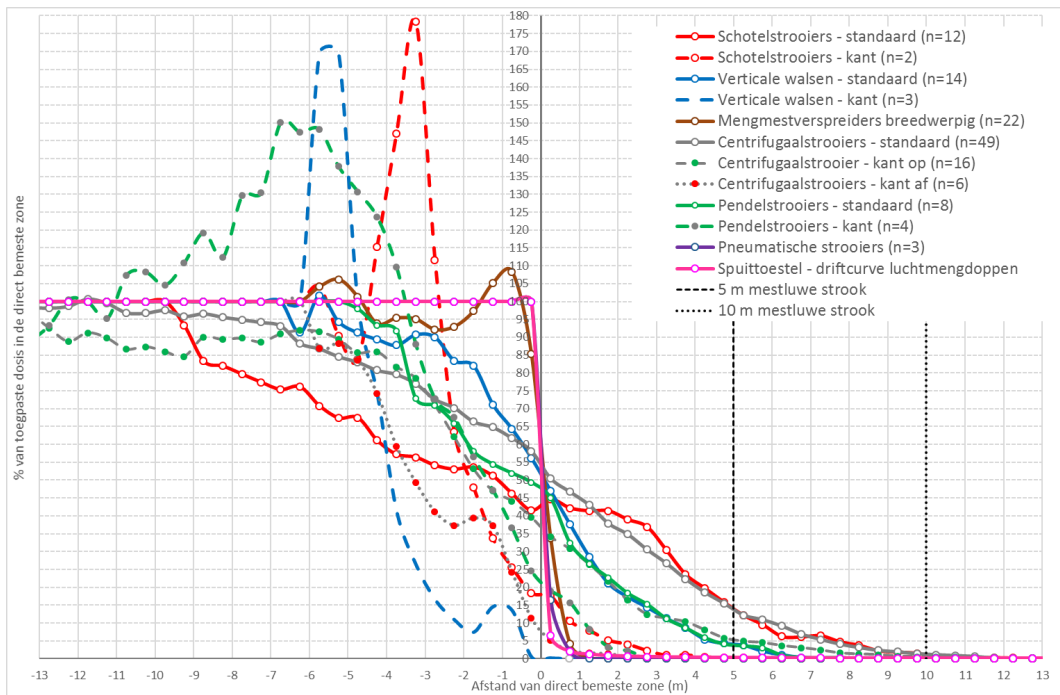
Bemestingstechniek	Gemiddeld verlies (% van toegepaste dosis in direct bemeste zone)										
	0,25 m	1 m	2 m	2,5 m	3 m	4 m	5 m	7,5 m	10 m	12,5 m	
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - standaard	44,6	41,8	40,2	37,9	33,6	21,6	14,0	5,6	1,0	0,3	
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - kant	17,5	9,2	4,6	3,2	1,6	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - standaard	47,0	33,1	19,2	15,8	12,8	7,1	4,0	0,1	0,0	0,0	
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4. Mengmestverspreiders Breedwerpig	33,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9. Centrifugaalstrooiers standaard	50,5	44,9	36,3	32,7	28,6	20,5	13,9	4,8	1,3	0,1	
9. Centrifugaalstrooiers kant op	34,1	28,6	19,0	14,4	11,9	9,2	5,3	2,0	0,6	0,1	
9. Centrifugaalstrooiers kant af	5,2	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
10. Pendelstrooiers standaard	44,9	29,5	20,4	16,7	13,2	7,2	3,8	0,3	0,0	0,0	
10. Pendelstrooiers kant	19,0	12,0	2,7	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11. Pneumatische strooiers	16,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14. Spuittoestel - luchtmengdoppen	6,6	1,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	

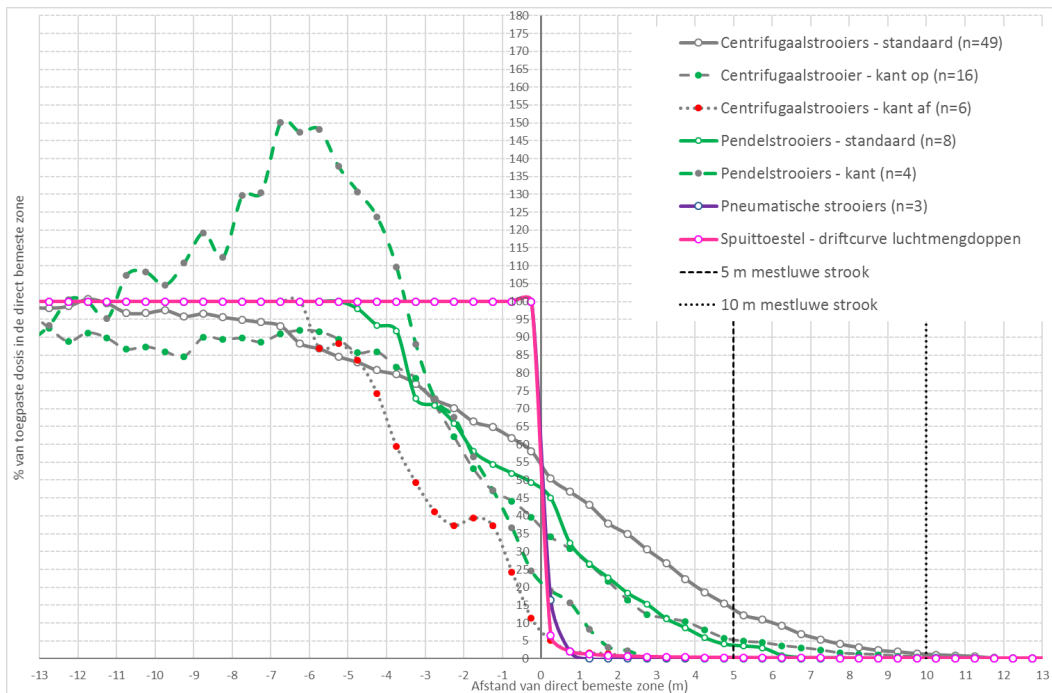
• **Vergelijking volledig spreidingspatroon van de verschillende BT**

Tot slot toont Figuur 53 de volledige spreidingspatronen van de verschillende bemestingstechnieken, zowel in als naast de direct bemeste zone. Deze informatie is belangrijk als input voor ‘WP17: Kosten baten-analyse scenario’s’ aangezien een onderdosering mogelijke gevolgen kan hebben op de gewasopbrengst. De belangrijkste vaststellingen:

- ▶ Algemeen zien we voor alle breedwerpige technieken een continue afname van de toegepaste hoeveelheid mest in de direct bemeste zone (en dus een onderdosering) vanaf de laatste werkgang tot aan de grens van de direct bemeste zone. Hoe breder de werkbreedte, hoe breder de zone van onderdosering.
- ▶ Niet breedwerpige technieken (spuittoestel, pneumatische strooier) en technieken met een scherp afgelijnd rechthoekig spreidingspatroon (mengmestverspreiders breedwerpig) hebben quasi geen zone van onderbemesting.
- ▶ Specifieke kantstrooitechnieken waarbij m.b.v. bijvoorbeeld een ketsplaat of –deur of een kantstrooi pijp het strooibeeld gewijzigd wordt (maar met behoud van de totale toegepaste dosis) geven (naast een zone van onderbemesting) ook een duidelijke zone van overbemesting (dosissen van 150-180%). Het gaat hier om ‘schotelstrooiers – kant’, ‘verticale walsen – kant’, ‘pendelstrooiers – kant’.
- ▶ Meer geavanceerde kantstrooitechnieken toegepast op centrifugaalstrooier (‘kant op’ en ‘kant af’) hebben deze pieken van overdosering niet.
- ▶ Technieken met beperkte verliezen zoals ‘verticale walsen - kant’ en ‘centrifugaalstrooiers – kant af’, resulteren ook in de sterkste onderdosering aan de rand van de direct bemeste zone.







Figuur 53 Volledige gemiddelde spreidingspatronen van alle BT (boven), de BT voor organische mest (midden) en de BT voor kunstmest (onder)

4.4.5 Leverbaarheden

L05: Dit WP levert alle benodigde objectieve data betreffende het gemiddelde te verwachten verspreidingspatroon (uniformiteit in het veld + verliescurves) van de verschillende BT met specifieke aandacht voor (breedwerpige) technieken met een hoog meemestriscico en technieken die dit risico kunnen reduceren zoals aangegeven in Tabel 32.



4.5 WP 9: RISICOANALYSES

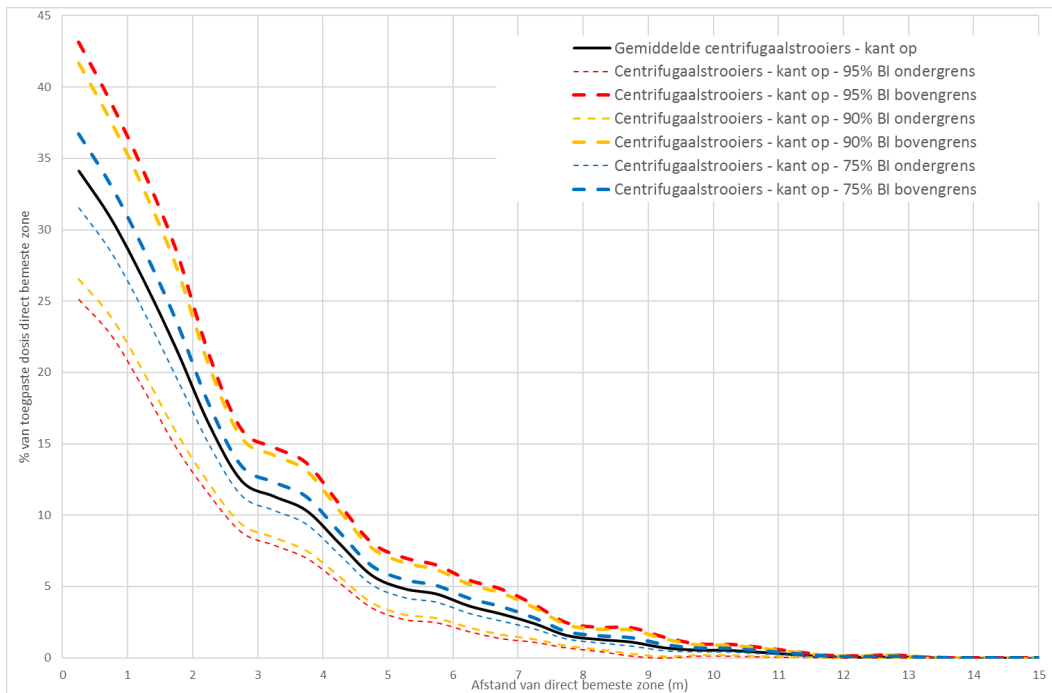
4.5.1 Doel

Risicoanalyse voor wat betreft de mogelijke afwijking van de theoretisch verwachte gemiddelde spreidingspatronen, zodat worstcasescenario gekend is.

4.5.2 Aanpak

- In WP8 werden de gemiddelde verliescurves van verschillende BT (Figuur 52) bepaald. Analyse van de individuele verliescurves van de verschillende BT (bv. Figuur 44, 49 verliescurves van standaard centrifugaalstrooiers) geven aan dat er een (relatief) grote variatie is tussen individuele verliescurves voor éénzelfde BT.
- Voor éénzelfde BT wordt deze variatie veroorzaakt door een zeer brede waaier aan factoren nl.:
 - ▶ Verschillen in machines en instellingen (hoogte, hoek, PTO, schoepinstellingen, enz.)
 - ▶ Variaties in weersomstandigheden (wind)
 - ▶ Verschillen in meetprotocol, kleine afwijkingen rijpad
 - ▶ Verschillen in omgevingscondities (ondergrond, hellingsgraad)
 - ▶ Verschillen in mesttypes en samenstelling van de mest (bv. veel stro vs. weinig stro, verschillende types kunstmest)
- Het is niet mogelijk om binnen dit project het effect van de verschillende factoren te kwantificeren (o.b.v. metingen of simulaties) voor elk van de BT. De worstcasescenario's werden daarom voor elke BT bepaald op basis van de individuele verliescurves waarbij rond het gemiddelde, ook de 75%, 90% en 95% betrouwbaarheidsintervallen berekend werden. De bovengrenzen van de betrouwbaarheidsintervallen (BI) geven dan de worstcasescenario's aan. In bijvoorbeeld het geval van het 90% BI, geeft de bovengrens aan dat in 95% van de gevallen de verliezen onder deze curve zullen liggen. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 54 voor 'kant op' centrifugaalstrooien op basis van 16 individuele verliescurves (Figuur 45). De bovenste gestreepte rode curve (95% BI bovengrens) geeft aan dat in 97,5% van de gevallen, de verliezen zich onder deze curve bevinden. Keuze van het betrouwbaarheidsinterval bepaalt welke veiligheidsmarge gehanteerd wordt. Bij de voorstelling van de resultaten werd telkens gewerkt met het 95% BI.



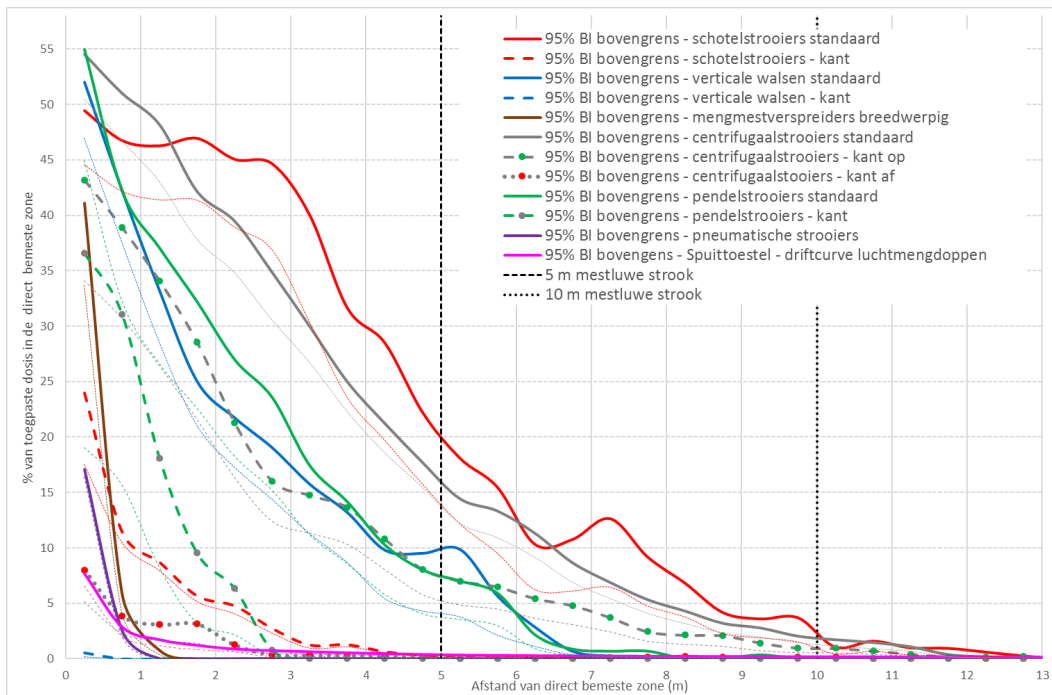


Figuur 54: Gemiddelde verliescurve voor 'kant op' strooien met centrifugaalstrooiers samen met de 75, 90 en 95% BI op basis van 16 individuele verliescurves (Figuur 45)

4.5.3 Resultaten

- Figuur 55 toont de worst-case-verliescurves op basis van de bovengrenzen van de 95% betrouwbaarheidsintervallen voor de verschillende BT samen met de gemiddelde verliescurves (stippellijn). Het is belangrijk om aan te geven dat voor sommige BT, het aantal metingen beperkt is (Tabel 32). Logischerwijs liggen deze worstcasecurves boven de gemiddelde curves. Het verschil tussen gemiddeld en worst case wordt groter naarmate de spreiding tussen de individuele verliescurves groter wordt en het aantal metingen kleiner is.
- Naar analogie met Tabel 35 waar de gemiddelde verliezen (% van toegepaste dosis in het veld) voor de verschillende BT op afstanden van 0.25, 2.5, 5, 7.5, 10 en 12.5 m van de perceelsgrens weergegeven worden, worden in Tabel 36 de 'worst case'-verliezen weergegeven op dezelfde afstanden van de perceelsgrens.





Figuur 55: Worstcaseverliescurves (op basis van bovengrens 95% BI) voor de verschillende BT samen met de gemiddelde verliescurves (stippellijn)



Tabel 36: Worst case (o.b.v. bovengrens 95% BI) (boven) en gemiddelde (onder) verliezen voor de verschillende BT op afstanden van 0.25, 1, 2, 2.5, 3, 4, 5, 7.5, 10 en 12.5 m van de direct bemeste zone.

Bemestingstechniek	Worst case verlies (% van toegepaste vollevelsdosis)									
	0,25 m	1 m	2 m	2,5 m	3 m	4 m	5 m	7,5 m	10 m	12,5 m
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - standaard	49,4	46,5	46,0	44,8	42,3	30,0	20,1	10,9	2,4	0,8
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - kant	24,0	10,1	5,2	3,8	2,0	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - standaard	52,0	37,7	23,4	20,4	17,4	11,5	9,7	0,2	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Mengmestverspreiders Breedwerpig	41,1	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9. Centrifugaalstrooiers standaard	54,5	49,6	40,8	37,2	32,4	23,1	16,1	6,1	1,9	0,3
9. Centrifugaalstrooiers kant op	43,2	36,5	24,9	18,7	15,4	12,2	7,5	3,1	1,0	0,2
9. Centrifugaalstrooiers kant af	8,0	3,5	2,2	0,8	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0
10. Pendelstrooiers standaard	54,9	39,6	29,6	25,3	20,5	12,2	7,5	0,7	0,0	0,0
10. Pendelstrooiers kant	36,6	24,6	8,0	3,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11. Pneumatische strooiers	17,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14. Spuittoestel - luchtmengdoppen	7,7	2,3	1,1	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2

Bemestingstechniek	Gemiddeld verlies (% van toegepaste dosis in direct bemeste zone)									
	0,25 m	1 m	2 m	2,5 m	3 m	4 m	5 m	7,5 m	10 m	12,5 m
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - standaard	44,6	41,8	40,2	37,9	33,6	21,6	14,0	5,6	1,0	0,3
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - kant	17,5	9,2	4,6	3,2	1,6	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - standaard	47,0	33,1	19,2	15,8	12,8	7,1	4,0	0,1	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Mengmestverspreiders Breedwerpig	33,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9. Centrifugaalstrooiers standaard	50,5	44,9	36,3	32,7	28,6	20,5	13,9	4,8	1,3	0,1
9. Centrifugaalstrooiers kant op	34,1	28,6	19,0	14,4	11,9	9,2	5,3	2,0	0,6	0,1
9. Centrifugaalstrooiers kant af	5,2	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10. Pendelstrooiers standaard	44,9	29,5	20,4	16,7	13,2	7,2	3,8	0,3	0,0	0,0
10. Pendelstrooiers kant	19,0	12,0	2,7	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11. Pneumatische strooiers	16,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14. Spuittoestel - luchtmengdoppen	6,6	1,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1

4.5.4 Leverbaarheden

L06: Worstcaseverliescurves voor elk van de BT met een risico op meemesten op basis van statistische betrouwbaarheidsintervallen.



de keuring. Vooral driftmetingen zijn, gezien de werklust, duur en benodigde oppervlakte, niet haalbaar in het kader van een keuring.

- Opmeten van het transversaal strooibeeld via collectiebakken (Figuur 59) is een methode die al langer gebruikt wordt voor het analyseren van strooibeelden van kunstmeststrooiers (Cool & Huyghebaert, 2014). Dit is een vrij arbeidsintensieve meetmethode. Gedurende de voorbije 10 jaar werd er op ILVO gewerkt aan een hybride techniek om de verdeling van een kunstmeststrooier te kunnen bepalen op basis van camerabeelden en een ballistisch model (WP12). Momenteel is de opstelling nog niet mobiel en laat ze dus niet toe om metingen in het veld uit te voeren; de metingen zouden dus allemaal op een vaste locatie dienen te gebeuren (ILVO). Momenteel werd de opstelling enkel op punt gesteld voor centrifugaalstrooiers.
 - De ‘bakjesmethode’ werd door ILVO ook al gebruikt om de verdeling van stalmestverpreiders te bekijken (Figuur 31) in het kader van de machinedemonstratie “bemestingstechnieken organische mest”. Ook andere onderzoekers gebruikten deze methode al in dit kader. In principe zou deze methode eveneens kunnen worden aangewend om breedwerpig toepassen van vloeibare organische meststoffen te evalueren.
 - Tot slot, werd er op ILVO destijds een opstelling gebouwd om de transversale verdeling, het debiet en toegediende dosis te controleren voor verschillende emissiearme BT voor mengmest (Wilsens *et al.*, 2002). Deze opstelling werd echter in 2016 afgebroken. Mocht deze opstelling herbouwd worden, zou deze opnieuw inzetten voor controles betekenen dat landbouwers en loonwerkers zich hiervoor moeten verplaatsen naar Merelbeke. Eventueel zouden er bijkomende meetlocaties kunnen voorzien worden om dit probleem gedeeltelijk op te vangen. Zoals eerder vermeld stelt er zich voor deze emissiearme BT geen probleem van meemesten.
 - Samengevat is er momenteel geen pasklare oplossing om alle beschouwde BT te testen/keuren op een efficiënte manier. Er zijn veel verschillende meetopstellingen die vaak moeilijk te verplaatsen zijn met metingen die vaak erg arbeidsintensief zijn. Momenteel lijkt een keuringsdienst voor alle bemestingstechnieken financieel en praktisch niet haalbaar.
- b. Een certificering waarbij alle BT (cfr. Federale bufferzonereglementering voor GBM) ingedeeld worden in ‘meemestklassen’ (cfr. driftreductieklassen) met een bijhorende ASB op basis van data uit WP8. Figuur 56 illustreert de bufferzonereglementering voor gewasbeschermingsmiddelen in Vlaanderen.



Merk	Type	Dopmaat	Percentage driftreductie volgens spuittechniek				
			standaard spuittoestel	Luchtondersteuning	afgeschermd spuitboom	rijen- of beddenspuit	overkapte rijen- of beddenspuit
Agrotop	TD	ISO 015 – 03	50	90	75	90	90
	TDXL	ISO 04 – 05	75	90	90	90	90
		ISO 06 en grotere maten	90	90	90	90	90
Albuz	AirMix FF	ISO 03 en grotere maten	50	90	75	90	90
		ISO 015 – 03	50	90	75	90	90
		ISO 04 – 05	75	90	90	90	90
	AVE	ISO 06 en grotere maten	90	90	90	90	90
		geel, oranje, rood	50	90	75	90	90
		groen, turquoise	75	90	90	90	90
		blauw, grijs, zwart, ivoor, wit	90	90	90	90	90
	ADI	ISO 03 en grotere maten	50	90	75	90	90
	ADE	rood, groen, turquoise, grijs, zwart, ivoor, wit	50	90	75	90	90
	AXI	ISO 05 en grotere maten	50	90	75	90	90
Hardi	S Injet	ISO 015 – 03	50	90	75	90	90
		ISO 04 – 05	75	90	90	90	90
		ISO 06 en grotere maten	90	90	90	90	90
		ISO 03 en grotere maten	50	90	75	90	90
	Hardi LD 4110	rood, wit	50	90	75	90	90
Lechler	ID	ISO 015 – 03	50	90	75	90	90
		ISO 04 – 05	75	90	90	90	90
		ISO 06 en grotere maten	90	90	90	90	90
	IDK	ISO 025 en grotere maten	50	90	75	90	90
	IDN	ISO 025 en grotere maten	75	90	90	90	90
	IDKN	ISO 03 en grotere maten	50	90	75	90	90
	IDKT	ISO 04 en grotere maten	50	90	75	90	90
	AD	ISO 03 en grotere maten	50	90	75	90	90
	LU	ISO 05 en grotere maten	50	90	75	90	90

7 mogelijkheden vermeld op etiket

	Bufferzone van ...						
	2 m	5 m	10 m	20 m			
	klassieke techniek			50%	75%	90%	
klassiek	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	40 m	200 m
50%	1 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	40 m
75%	1 m	2 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m
90%	1 m	1 m	1 m	1 m	5 m	10 m	20 m

4 klassen van spuit-technieken

Effectief te respecteren bufferzone op basis van de gebruikte techniek



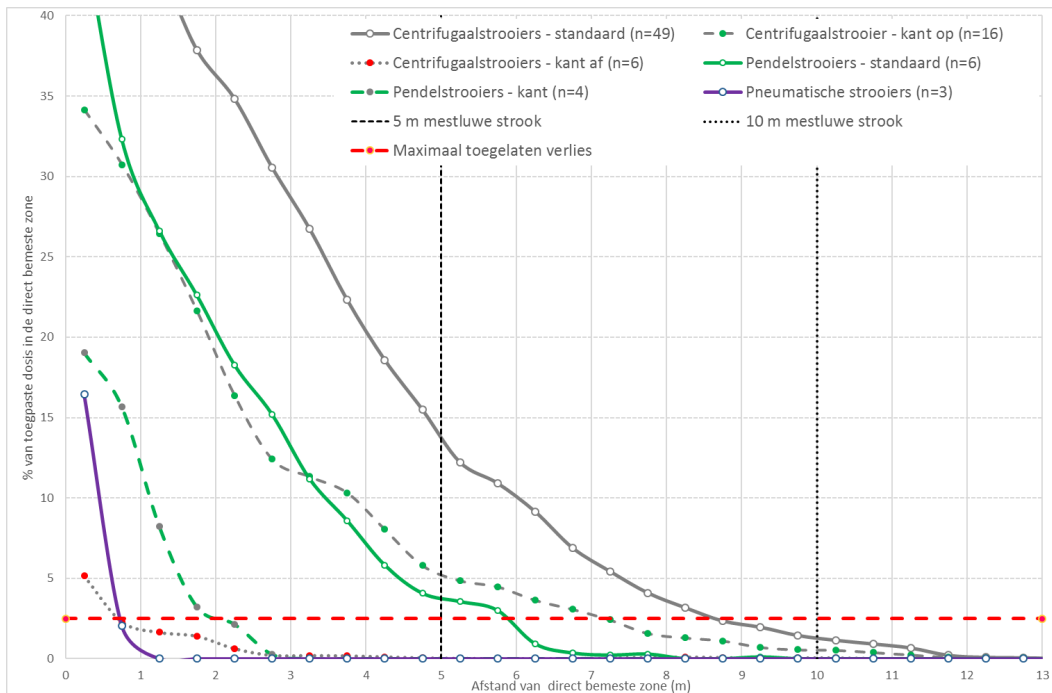
Respecteer met de klassieke spuittechniek een minimale afstand (bufferzone) van 20 m tot eender welke waterloop of wateroppervlakte. (SPe3)

98 x 130 mm

Figuur 56: Illustratie van de bufferzonereglementering voor GBM in België waarbij 1. Verschillende spuittechnieken een driftreductiepercentage krijgen (0, 50, 75 of 90%) (boven), 2. Er op elk product een specifieke bufferzone aangegeven staat (onder rechts) en 3. Deze bufferzone kan aangepast worden naargelang de gebruikte techniek (onder links)

Naar analogie met GBM, is er in het geval van minerale meststoffen de mogelijkheid om voor verschillende BT de bijhorende ASB te vermelden op de productverpakking van de kunstmest zoals dit het geval is bij GBM.

Fictief voorbeeld: stel dat een verlies van 2,5% (van de toegepaste volleveldsdosis) acceptabel is in de waterloop voor vaste kunstmest en er wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde verliescurves uit WP8 dan kan voor elk van de BT de ASB bepaald worden voor een max. verlies van 2,5% zoals geïllustreerd in Figuur 57. In geval van pneumatische strooiers en centrifugaalstrooiers (kant af) betekent dit een ASB van ongeveer 1 m. Voor pendelstrooiers – kant een ASB van 2 m en voor pendelstrooiers standaard een ASB van 6 m. Voor centrifugaalstrooiers (kant op) ongeveer 7,5 m en centrifugaalstrooiers standaard ongeveer 9 m. Alternatief kan ook gebruik gemaakt worden van de worstcasescenario's (WP9) waarbij logischerwijs de ASB zullen verbreden.



Figuur 57: Fictief voorbeeld van de bepaling van de ASB bij een max. toegelaten verlies van 2.5% voor verschillende BT voor vaste kunstmest

- c. Een controle op het erf. Landbouwers krijgen geregeld controles in kader van IPM, Lastenboeken, FAVV, enz. Het controleren van de BT en bijhorende ASB kan gekaderd worden tijdens één van deze controles. Op die manier kan bijvoorbeeld gecontroleerd worden of een landbouwer/loonwerker al dan niet beschikt over een techniek om 'kant af' te strooien. Dit is analoog aan de controle op de aanwezigheid van min. 50% driftreducerende doppen op spuittoestellen in Vlaanderen (vanaf 2017) via IPM. Het indelen in meemestklassen kan gebeuren op basis van data uit (WP8).
2. Controle tijdens de toepassing: bij een controle tijdens de toepassing betreft het een feitelijke vaststelling tijdens het uitvoeren van het bemestingsproces en het al dan niet respecteren van de ASB door een controleur, toezichthouder te velde.
3. Controle na de toepassing: bij de projectaanvraag werden verschillende potentiële mogelijkheden voorgesteld om een controle na toepassing uit te voeren:
 - a. Controle op injectiesporen, rijsporen in combinatie met toepassingsbreedte, enz.
 - b. Het controleren op de aanwezigheid van fysiek zichtbare sporen van mest (of de aanwezigheid van bv. merkers of kleurstoffen) in de ASB na de toepassing. Er kan nagegaan worden of er methoden en technieken bestaan om dergelijke visuele waarnemingen te objectiveren (bv. aantal kunstmeststofkorrels in een raam met vaste grootte op verschillende posities). Een mogelijke piste hierbij is het detecteren van fysiek zichtbare sporen op basis van



dronebeelden. ILVO heeft ervaring met het monitoren van gewassen m.b.v. drones in het kader van het ISense project⁹.

- c. Het nemen van bodem- en/of gewasstalen in zowel perceel als ASB om het meemesteffect in te schatten, als controle op zich of als validatie bij andere controlemethodes. Hiervoor kunnen we een beroep doen op de expertise die werd opgebouwd in de doctoraatsstudies van Paul Pardon en Laura Van Vooren. In die studies werden immers bodem- en gewasstalen genomen volgens een transect loodrecht op een perceelsrand (vb. grasbufferstrook aan een waterweg) wat de onderzoekers in staat stelt om het effect (en de reikwijdte ervan) van een perceelsrand nauwkeurig in kaart te brengen. De locatie van de staalnamepunten om het meemesteffect in te schatten moet de nodige aandacht krijgen.
- d. Het opvragen van het gevolgde GPS-traject tijdens de bemesting of de gebruikte taakkaart waarbij nagegaan wordt of de ASB al dan niet gerespecteerd werd. Erkende mestvervoerders zijn voor transport al verplicht over AGR-GPS-systeem¹⁰ te beschikken om te traceren op welk perceel de mest gebracht wordt. Dergelijk systeem zou kunnen doorgetrokken worden naar alle bemestingstechnieken, doch met hogere registratie-intensiteit.

Op basis van een literatuurstudie, weergegeven in 'Bijlage 9 – Controlemogelijkheden' werd meer in detail gekeken naar mogelijkheden om de "Controle tijdens" & "na de toepassing" te optimaliseren. Samengevat denken we dat de kansen tot verbeteren van de huidige manier van controleren vooral liggen bij:

- Het nemen en analyseren van bodemstalen om het respecteren van de bemestingsvrije stroken te kunnen aantonen; hiervoor dient dan een specifiek staalnameprotocol worden voor opgesteld. Ook vestigen we hierbij nogmaals de aandacht op aanrijking van de oever door het opbrengen van slib bij reinigingswerken van de waterloop (Van Vooren *et al.* 2017).
- Het gebruiken van drones met camera's voor:
 - ▶ Het ondersteunen van de controleurs te velde,
 - ▶ Remote sensing om fysiek zichtbare sporen van mest in beeld te brengen.
- Een geautomatiseerd meetnet in kader van nitraat- (en fosfaat-) vervuiling; de ontplooiing van een dergelijk 'Early warning system' kan dan best gebeuren in samenspraak met de VMM.

Een combinatie van bovenstaande – bv. automatische waarschuwing van controleurs via 'Early warning systems', waarna deze ter plaatse gaan en inspectievluchten uitvoeren met een drone – zijn natuurlijk ook mogelijk. Deze maken de zaken echter duurder en dus minder realiseerbaar. Daarnaast zien we potentieel in het invoeren van een ASB afhankelijk van de gebruikte BT en de instellingen (zie 'certifiëring').

Uit de brede lijst van controlemogelijkheden en op basis van hun voor- en nadelen zal in WP11 een selectie gemaakt worden voor praktijkproeven in WP12.

4.6.4 Leverbaarheden

L07: Een lijst van potentiële controlemogelijkheden van de verschillende BT met hun voor- en nadelen (rapport + Bijlage 9).

⁹ www.isense.farm

¹⁰ www.vlm.be/nl/doelgroepen/transportsector/erkende-mestvoerders/AGR-GPS





Figuur 58: Keuring spuittoestellen – momenteel wordt bij de keuring de goede werking van de verschillende onderdelen gecontroleerd (debiet doppen, druk per sectie spuitboom, enz.) alsook de onderhoudstoestand/veiligheid van het toestel



Figuur 59: Opmeten van het transvers strooibeeld via collectiebakken met roosters. Deze worden nadien afzonderlijk gewogen



Figuur 60: Testopstelling voor het doormeten van emissiearme toedieningstechnieken voor mengmest



4.7 WP 11: VOORSTEL BT EN CONTROLEMOGELIJKHEDEN VOOR PRAKTISCHE PROEVEN

4.7.1 Doel

Selectie van bemestingstechnieken en controlemogelijkheden waarvoor praktische proeven zullen worden uitgevoerd of waarvoor verder onderzoek noodzakelijk is, in samenspraak met de stuurgroep en op basis van het eerste tussentijds rapport.

4.7.2 Aanpak

- Op basis van het eerste tussentijds rapport en in samenspraak met de stuurgroep werd een selectie gemaakt van BT waarvoor bijkomend onderzoek of praktische metingen noodzakelijk zijn in WP12 rekening houdend met:
 - ▶ de inventarisatie (WP06) en het gebruiksaandeel (WP07) van gebruikte en beschikbare BT in Vlaanderen;
 - ▶ de beschikbare data en de hiaten betreffende het spreidingspatronen met specifieke aandacht voor het meemestriscio op datum van 24/11/17 (WP08);
 - ▶ de beschikbare tijd, budget en de praktische haalbaarheid
- In samenspraak met de stuurgroep en op basis van de info uit WP10 werd een selectie gemaakt van controletechnieken waarvoor praktische metingen zullen uitgevoerd worden (WP13). Het betreft hier voornamelijk de 'controlemogelijkheden na toepassing'.

4.7.3 Resultaten

- Op basis van het eerste voortgangsrapport en de feedback van de stuurgroep (24/11/2017) werd onderstaand voorstel gemaakt voor bijkomende proeven in WP12 en WP13. Dit voorstel werd goedgekeurd door VLM en in januari 2018 gecommuniceerd naar alle leden van de stuurgroep.

Voorstel praktische proeven spreidingspatronen (WP12)

- Uit WP8 bleek dat van de verschillende BT (Tabel 25) met een potentieel meemestriscio, er nog geen data beschikbaar is voor:
 - ▶ 1.Schotelstrooier met kantstrooi-instellingen
 - ▶ 2. Verticale walsen met kantstrooi-instellingen
 - ▶ 4. Breedwerpig toepassen organische mest
 - ▶ 10. Pendelstrooier met kantstrooi-instellingen
- Momenteel wordt nog steeds gezocht naar beschikbare data. Indien geen extra data beschikbaar komt zullen volgende proeven uitgevoerd worden:
 - ▶ Voor 1.Schotelstrooier met kantstrooi-instellingen, 2. Verticale walsen met kantstrooi-instellingen en 4. Breedwerpig toepassen organische mest zal telkens één referentiemachine met en zonder kantstrooi-instellingen getest worden. Het spreidingspatroon wordt opgemeten m.b.v. opvangbakjes in overeenstemming met de Europese norm EN 13080 (2003) (Figuur 31).
 - ▶ Voor de 10. *pendelstrooier met kantstrooi-instellingen* zal één referentiemachine getest worden bij verschillende instellingen (zowel kantstrooien als standaard strooien). De verdelingsmetingen



5 LUIK 3: PRAKTISCHE PROEVEN SPREIDINGSPATROON

Zoals voorgesteld in WP11, werden in luik 3 waar nodig proeven uitgevoerd om het spreidingspatroon van de meststoffen op te meten voor de geselecteerde BT (WP12) en controlemogelijkheden (WP13). Op basis van de info uit Luik 2 en de nieuwe data uit WP12 werden aangepaste bemestingsvrije strookbreedtes (ASB) per bemestingstechniek bepaald voor een minimale impact op de waterkwaliteit (WP14) en werd per mestsoort de best beschikbare bemestingstechniek (BBT) bepaald (WP15).

5.1 WP12: SPREIDINGSPATRONEN EN RISICO'S OP AFWIJKINGEN VAN THEORETISCHE SPREIDINGSPATRONEN

5.1.1 Doel

Uit het eerste tussentijds rapport bleek uit WP8 dat er van de verschillende BT (Tabel) met een potentieel meemestrisico, er nog geen data beschikbaar zijn voor:

- ▶ 1. Schotelstrooier met kantstrooi-instellingen
- ▶ 2. Verticale walsen met kantstrooi-instellingen
- ▶ 4. Breedwerpig toepassen organische mest
- ▶ 10. Pendelstrooier met kantstrooi-instellingen

Zoals aangegeven in dit voortgangsverslag (WP8) werden ondertussen data gevonden via verschillende bronnen voor zowel 1. Schotelstrooier met kantstrooi-instellingen, 2. Verticale walsen met kantstrooi-instellingen als 4. Breedwerpig toepassen organische mest.

Enkel voor 10. Pendelstrooier met kantstrooi-instellingen ontbreken dus nog data. Zoals omschreven in WP11 zal daarom één referentiemachine getest worden bij verschillende instellingen (zowel kantstrooien als standaard strooien).

5.1.2 Aanpak

- Omwille van problemen bij het opmeten van pendelstrooiers met de hybride opstelling, werd geopteerd om de verdelingsmetingen uit te voeren met de klassieke bakjesmethode. De metingen werden uitgevoerd op ILVO-terreinen op 26/4/2018. De weersomstandigheden waren zonnig met een stevige W-wind (4 m/s). De metingen werden uitgevoerd met kopwind om het spreidingspatroon minimaal te verstoren. Er werden 97 opvangbakjes (0,5 m x 0,5 m) geplaatst (Figuur 61).
- Als referentiemachine werd gekozen voor de populaire Vicon Superflow PS pendelstrooier. Er werden in totaal 6 verdelingsmetingen (2 standaard volveldstoepassingen + 4 types kantstrooien) uitgevoerd allen met een werkbreedte van 12 m en een gewenste dosering van 370 kg/ha kalkammonsalpeter (27N + 4 MgO).



Tabel 37: Instellingen van de 6 verdelingsmetingen met de Vicon Superflow PS pendelstrooier

Nr.	Type	Omschrijving	PTO (rpm)	Ophanghoogte (cm)	doseerstand	Rijsnelheid (km/u)
7	Volleveld	Standaard volleveldstoepassing	540	75	43	7
8	Volleveld	Standaard volleveldstoepassing	540	75	43	7
1kant	Kantstrooi pijp	kantstrooi pijp, halve dosis, laatste werkgang ligt op VOLLE werkbreedte en die word 2x gereden (1x standaard en 1x met kantstrooi pijp)!	540	75	30	7
2kant	Schuinstellen milieustand	kantstrooicylinder, milieustand (max. cylinderslag)	350	75	43	7
3kant	Schuinstellen opbrengststand	kantstrooicylinder, opbrengststand (halve cylinderslag)	450	75	43	8
4kant	Gereduceerde ophanghoogte en toerental	gereduceerde hoogte en dosering als kantstrooitechniek	400	50	43	8,4



Figuur 61: Foto's van de verdelingsmetingen met de Vicon pendelstrooier (standaard- en kantstrooi-instellingen)



5.1.3 Resultaten

De opgemeten enkelvoudige spreidingspatronen voor elk van de 6 technieken (Tabel 37) worden gegeven in Figuur 62 alsook de berekende samengestelde (kant)strooibeelden via de procedure zoals beschreven in WP8.

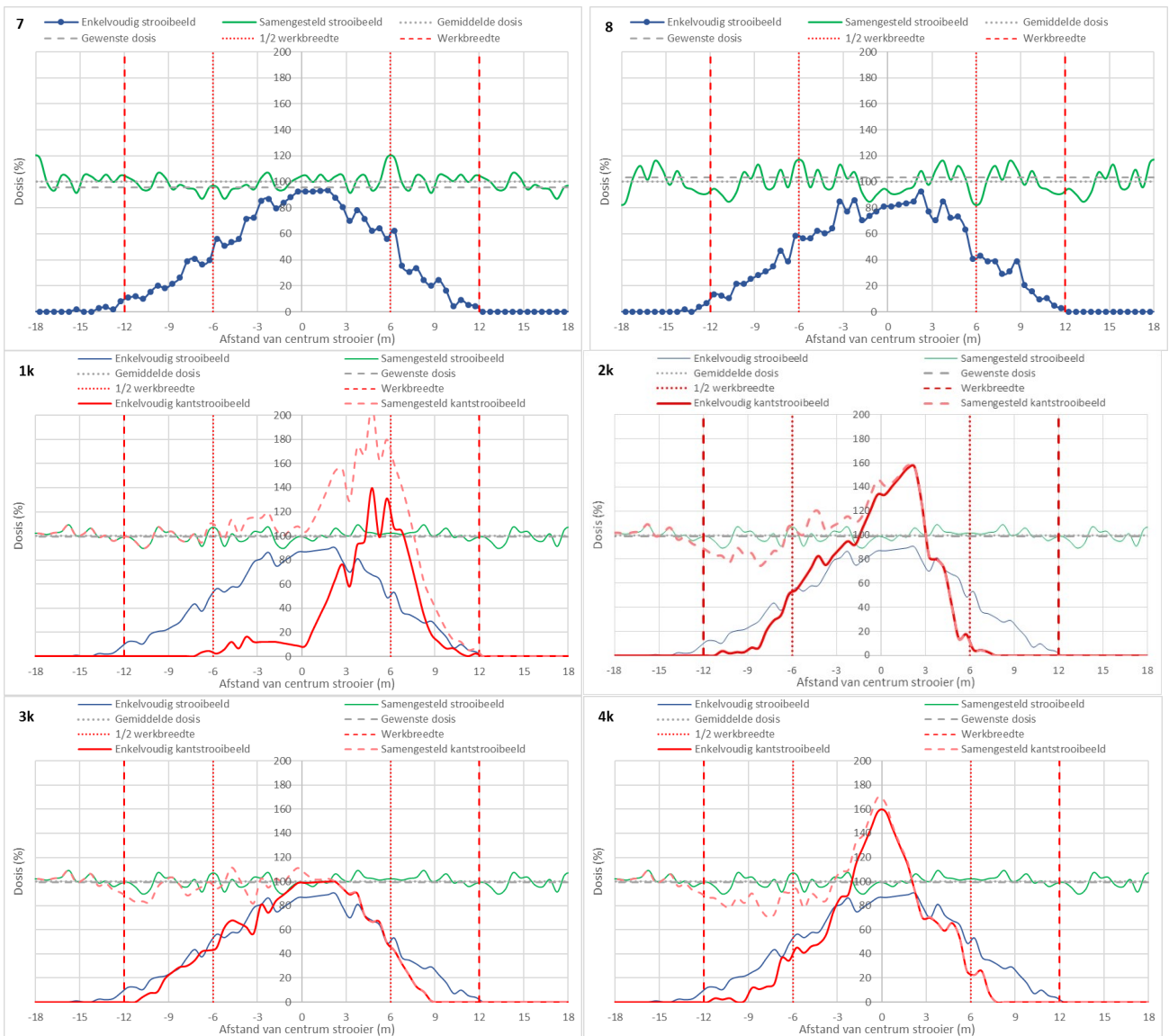
- De standaard volleveldsmetingen (7) en (8) geven een mooi uniform samengesteld strooibeeld (VC-waarden van 6,6% en 9,4%). De strooibreedte is iets meer dan 24 m.
- Het gebruik van de kantstrooi pijp (1k) bij lagere dosis, zorgt ervoor dat het kantstrooibeeld zich zo goed als volledig rechts van de strooier bevindt. Het samengesteld kantstrooibeeld bestaat uit de som van het standaard strooibeeld en het kantstrooibeeld waarbij de strooier twee-maal over de laatste werkgang rijdt die uitzonderlijk op een volle werkbreedte van de grens van de direct bemeste zone ligt.
- Het schuin stellen van de strooier (2k) en (3k) zorgt ervoor dat er enerzijds voor dat er aan de rechterzijde minder ver gestrooid wordt (6 m voor milieustand, 9 m voor opbrengststand) in vergelijking met de standaard-instelling (12 m). Anderzijds resulteert het schuinstellen ook in een overbemesting rechts van de strooier zeker in het geval van de milieustand (2k).
- Bij het verlagen van de strooier wordt het strooibeeld versmald van iets meer dan 24 m tot iets meer dan 16 m. Tegelijkertijd stijgt de toegepaste dosis ter hoogte van het centrum van de strooier waardoor er een overdosering plaats vindt ter hoogte van de laatste werkgang.

Op basis van de strooibeelden, werden opnieuw de verliescurves (Figuur 63) en de volledige spreidingspatronen in het veld (Figuur 64) bepaald voor elk van de technieken. Deze resultaten werden toegevoegd aan de reeds beschikbare data m.b.t. pendelstrooiers in WP8. Algemene conclusies m.b.t. pendelstrooiers en de vergelijking met andere BT zijn terug te vinden in WP8. Met betrekking tot de verschillende geteste kantstrooitechnieken kunnen we uit Figuur 63 en Figuur 64 nog het volgende besluiten:

- Alle geteste kantstrooitechnieken reduceren de verliezen t.o.v. standaard-instellingen, maar er zijn belangrijke verschillen tussen de verschillende kantstrooitechnieken onderling.
- Het gebruik van de kantstrooi pijp resulteert in de laagste verliezen maar tegelijk in de hoogste overdosering (> 200%) in de direct bemeste zone gevolgd door een sterke onderdosering in de rand van de direct bemeste zone. Bovendien dient de laatste werkgang 2x gereden te worden en moet de kantstrooi pijp telkens ge(de)monteerd worden
- Daarnaast reduceert ook de techniek 'Schuinstellen – milieustand' sterk de verliezen. Verder dan 2 m van de direct bemeste zone, worden geen verliezen meer waargenomen. Ook hier opnieuw een overdosering in de direct bemeste zone (160%) gevolgd door een sterke onderdosering. Het gebruik van 'Schuinstellen opbrengststand' reduceert de verliezen minder in vergelijking met de 'milieustand' maar resulteert wel in een uniformer strooibeeld in de direct bemeste zone.
- Het verlagen van de ophanghoogte (in combinatie met verlaging dosering) is een techniek die frequent gebruikt wordt in de praktijk en geen specifieke technologie vereist. Er wordt inderdaad een reductie van de verliezen waargenomen en de verliezen beperken zich tot 2 m van de bemeste zone. Opnieuw wordt zowel een over- als onderdosering waargenomen in de direct bemeste zone ongeveer in dezelfde grootte orde als 'Schuinstellen – milieustand'.

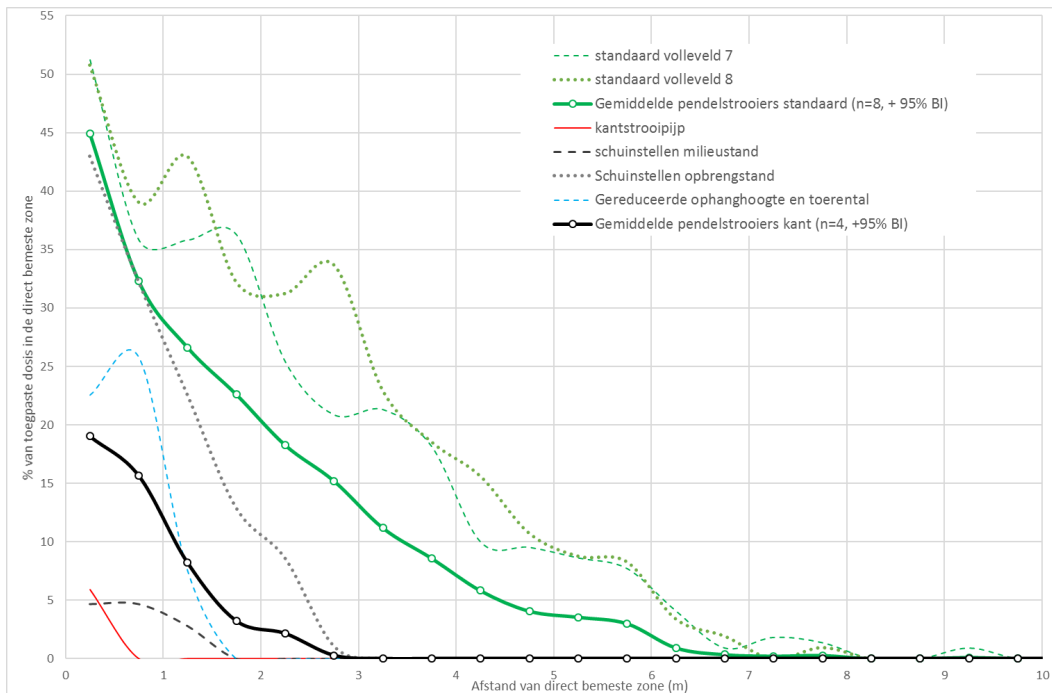
Tot slot werd voor elk van de 6 technieken de VC berekend van het strooibeeld aan de rand van de direct bemeste zone (van -18 m tot 0 m). Hoe lager deze waarde, hoe uniformer de bemesting in de rand van de direct bemeste zone. De VC-waarden in Tabel 38 bevestigen bovenstaande bevindingen.



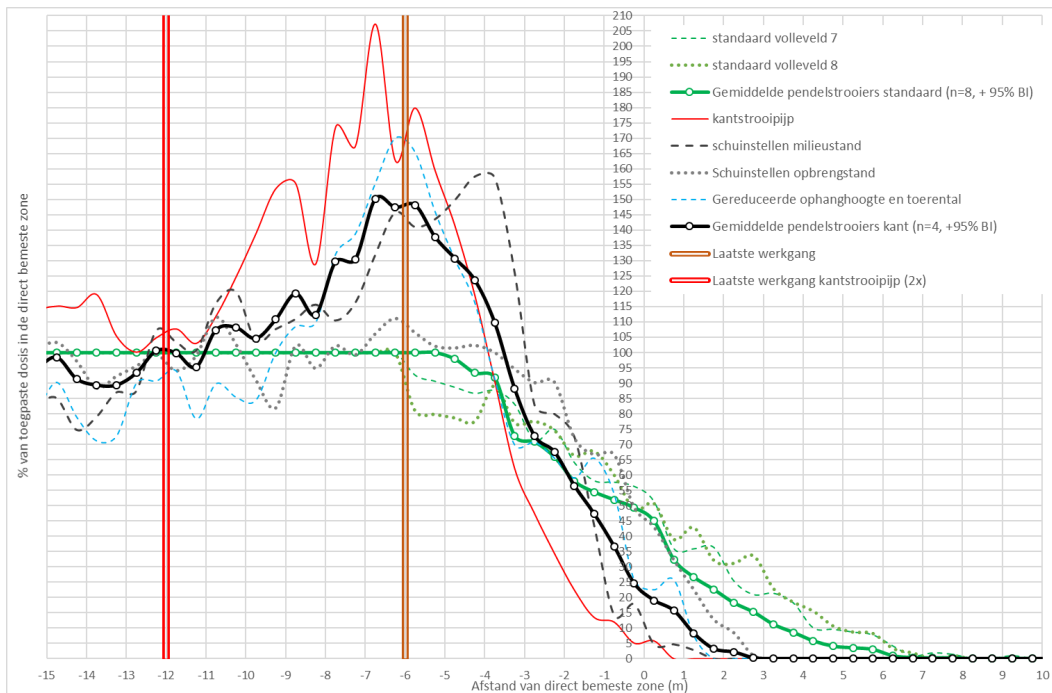


Figuur 62: Opgemeten enkelvoudige spreidingspatronen en berekende samengestelde (kant)strooibeelden voor elk van de 6 technieken met de pendelstrooier (Tabel 35); (7) en (8) Standaard vollelveldstoepassing, (1k) Kantstrooipijp, (2k) Schuinstellen milieustand, (3k) Schuinstellen opbrengststand en (4k) Gereduceerde ophanghoogte en toerental





Figuur 63: Verliescurves voor elk van de 6 technieken getest met de pendelstrooier samen met de gemiddelde verliescurves voor pendelstrooiers – standaard en pendelstrooiers kant (Tabel 35)



Figuur 64: Volledige spreidingspatronen voor elk van de 6 technieken getest met de pendelstrooier (Tabel 35) met aanduiding van de locatie van de laatste werkgangen



Tabel 38: VC-waarden aan de rand van de direct bemeste zone (van -18 m tot 0 m) voor elk van de 6 technieken

Techniek	VC (%)
Volleveld 7	15,3
Volleveld	15,7
Kantstrooipijp	43,1
Schuinstellen milieustand	33,9
Schuinstellen opbrengststand	14,2
Gereduceerde ophanghoogte en toerental	33,8

5.1.4 Leverbaarheden

L09: aangevulde dataset spreidingspatronen BT.



5.2 WP13: CONTROLEMOGELIJKHEDEN EVALUEREN IN DE PRAKTIJK

5.2.1 Doel

Nagaan van de praktische haalbaarheid van de voorgestelde controlemechanismen (uit WP10 en WP11).

5.2.2 Aanpak

Vooraf m.b.t. het objectief bepalen van fysiek zichtbare sporen van mest met behulp van camera en drone, zijn verkennende metingen noodzakelijk om de haalbaarheid na te gaan. Hiervoor werd een specifieke bemestingsproef aangelegd in het voorjaar van 2018:

- Twee mesttypes: referentie kunstmest & dierlijke vaste mest
- Twee types ondergrond nl. grasland en braakliggende grond
- Vijf bemestingshoeveelheden (0%, 5%, 10%, 50%, 100%) toegepast in rasters van 1 m x 1 m
- Drie herhalingen per object – voor het object C (=10% van de maximale hoeveelheid vaste organische mest, worden er nog 9 bijkomende herhalingen aangelegd):
 - Drie waarbij alle mest op 1 plaats terecht komt (*cf.* 1 grote brok mest die weggeslingerd wordt)
 - Drie waarbij de hoeveelheid mest fijner verdeeld is (bv. 10 x 1% gelijkmatig verdeeld over opp.)
 - Drie waarbij de hoeveelheid mest fijn verdeeld is over het oppervlak (bv. 50 x 0,2% gelijkmatig verdeeld over opp.)
- Twee types drones en RGB-camera's:
 - Professionele ILVO-drone met hoge resolutie RGB camera (30 m vlieghoogte) en, onder voorbehoud, met de multispectrale Parrot Sequoia camera
 - Standaard DJI Mavic drone met standaard RGB camera (10 m vlieghoogte)
- Drone vluchten op 3 tijdstippen na mesttoepassing in functie van weersomstandigheden. Er wordt gestreefd naar vluchten op 0, 1 en 5 dagen na toepassing indien weersomstandigheden het toelaten
- In geval van droge weersomstandigheden gedurende de 5 dagen na toepassing zullen de objecten op dag 5 artificieel beregend worden en zullen beelden genomen worden voor en na beregning. In geval van regen gedurende de 5 dagen na toepassing wordt getracht om een vlucht te plannen voor én na de eerste regen
- Beelden worden zowel visueel als met beeldverwerking geanalyseerd. Resultaten worden vergeleken met de effectieve bemestingshoeveelheden

Naast deze specifieke veldproef werd een vlucht uitgevoerd boven grasland waar recent drijfmest toegepast werd met een emissiearme techniek om na te gaan of de grens van toepassen kan onderscheiden worden. Indien de kans zich voordeed zouden verschillende emissiearme toedieningstechnieken vergeleken worden (bv. sleepslangen vs. injectie).

5.2.3 Resultaten

Op het moment van het schrijven van dit eindverslag, werden drie reeksen drone-vluchten uitgevoerd: een reeks vluchten boven de specifieke bemestingsproef en twee reeksen verkennende vluchten tijdens het uitrijden van mengmest. Een overzicht van de ligging van de locaties van proeven en uitgevoerde vluchten vindt u in Figuur 65:

- Specifieke bemestingsproef (03/05/2018 - 29/05/2018):

////////////////////////////////////

- Op 3/5/2018 werd de ‘specifieke’ veldproef aangelegd op proefveld (R9) (Figuur 65). Het akkerland werd geploegd en klaargelegd; het grasland werd twee weken ervoor geklepeld en de proefopzet zoals beschreven in Figuur 66 werd aangelegd. Figuur 67 toont de aanleg van de proef.
- Vervolgens werden er 9 drone-vluchten uitgevoerd om de bemestingsproef op te volgen (zie Tabel 39). Op de vluchtdagen werden er eveneens foto's van de grond genomen van elke proefplot (Smartphone camera).
- Vier dagen na bemesting van de proefplots werden er twee vluchten uitgevoerd. Door de aanhoudende droogte diende er kunstmatig beregend te worden om het effect van regen op de detectie van mest te kunnen evalueren.
- Een uitgebreide bespreking van de proefopzet, beeldverwerking en resultaten vindt u in Bijlage 18 van dit verslag.
- Daarnaast werden er nog twee reeksen verkennende drone-vluchten uitgevoerd tijdens het uitrijden van mengmest:
 - Een eerste reeks werd uitgevoerd op het perceel “Dier - Neerstraat” op 17/4/2018. Het akkerland op dit perceel, werd oppervlakkig bemest met mengmest die diezelfde dag ook ondergewerkt werd. Er werden vluchten uitgevoerd op de dag zelf en één dag na de bemesting. Een kort verslag over de eerste bevindingen (enkel visuele analyse) vindt u in Bijlage 12.
 - Een tweede reeks verkennende vluchten werd uitgevoerd op het perceel “Dier - over de deur” op 20/4/2018.
 - Op dit perceel, werd in het kader van deze vluchten, 1 strook grasland bewaard. Deze strook werd bemest met een mengmestinjecteur-type sleufkouter (Bijlage 12). Na uitvoering van de bemesting werd het grasland eveneens ingefreesd.
 - De rest van de oppervlakte werd voor de bemesting al terug omgevormd tot akkerland. Deze oppervlakte werd door een loonwerker bemest met een zelfrijdende bouwlandinjecteur.
 - Er werden vluchten uitgevoerd voor en na bemesting (Figuur 68) om na te gaan of de bemeste oppervlaktes van onbemeste oppervlaktes te onderscheiden zijn. Figuur 68 toont dat er zowel directe als indirecte aanwijzingen (cfr. de verkleuring van grasland en akkerland t.o.v. onbewerkt, bandensporen, sleuven van de sleufkouter etc.) waar te nemen zijn vanuit de lucht.
 - Van de bemesting met de bouwlandinjecteur werd enkel een video gemaakt.
 - Mede door de hoge windsnelheden op sommige van deze dagen, werden al deze vluchten uitgevoerd met een Standaard DJI Mavic drone met standaard RGB-camera. Toch gaf visuele analyse van het beeldmateriaal op zich al hoopvolle resultaten. Het resultaat van deze verkennende vluchten werd uitgebreid toegelicht en besproken op de 2^{de} stuurgroep aan de hand van de gecapteerde foto's en video's.

Samengevat leerden deze experimenten en dronevluchten ons:

- Dat er zowel directe als indirecte aanwijzingen voor bemesting met organische mest (i.f.v. bemestingsvrije stroken) en veldbewerking (i.f.v. teeltvrije zone) waar te nemen zijn tijdens dronevluchten:
 - Directe aanwijzingen zijn hierbij dan het visueel spotten van vloeibare en vaste organische mest na (breedwerpige) toediening en zolang de mest nog niet ondergewerkt is.



- Bij indirecte aanwijzingen denken we aan bandensporen, scherp afgelijnde verschillen in de ontwikkeling en/of kleur van het gewas, recent omgewoelde aarde, spuitpatronen etc. Standaard drones (cfr. de geteste DJI Mavic drone) uitgerust met een standaard RGB camera kunnen gebruikt worden om controleurs ondersteuning te geven tijdens hun veldbezoeken. Er kan op een relatief snelle manier een vrij grote oppervlakte gescreend worden. Visuele screening kan de controleurs doen beslissen om bepaalde akkers en weilanden in meer detail te gaan controleren.
- Voor het detecteren van kunstmeststofkorrels werden twee pistes bewandeld: 1. Rechtstreekse detectie op basis van hoge resolutie RGB beelden en via deep learning beeldverwerkingsalgoritmen; 2. Indirecte detectie op basis van multispectrale beelden en de bepaling van de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Resultaten worden in detail omschreven in Bijlage 18. Samengevat leren die ons dat:
 - Het in de toekomst mogelijk kan worden om kunstmestkorrels automatisch te detecteren en kwantificeren in akkerland. Hoge resolutie RGB beelden zijn hier echter voor nodig. Deze kunnen momenteel nog niet aangeleverd worden met de standaard drones en camera's maar deze technologieën evolueren snel. In grasland lijkt de reflectie van zonlicht op gras de automatische detectie in de weg te staan. RGB beelden genomen vanuit vogelperspectief en op een lagere hoogte dan 20 m zouden de ondervonden problemen al deels kunnen oplossen.
 - Een rechtstreekse detectie van kunstmeststofkorrels quasi direct na toepassing dient te gebeuren aangezien deze reeds na één dag visueel niet meer waarneembaar waren.
 - NDVI een goede tool kan zijn om verschillen in bemesting te kwantificeren, eens de visuele sporen van bemesting verdwenen zijn (of de mest is ingewerkt). Op basis van multispectrale beelden zijn mogelijk nog andere indices te berekenen om bemestingstrappen te detecteren.

Er zijn echter meer experimenten nodig om de resultaten uit deze eerste proef verder te valideren.

Tabel 39: Overzicht van de dagen waarop er beelden van de specifieke bemestingsproef verzameld werden en hoe dit gebeurde

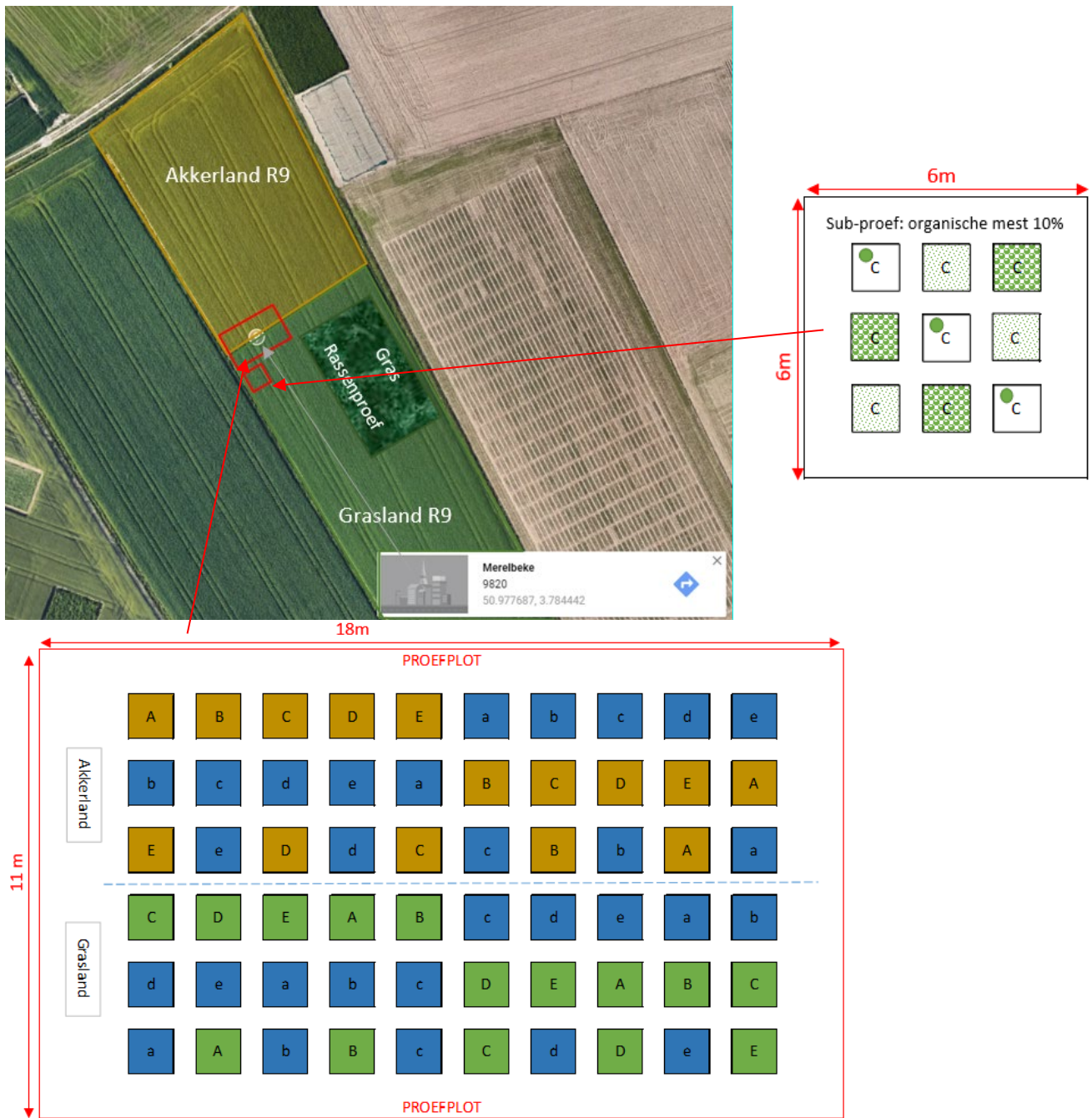
Datum van de vlucht (dd/mm/jaar)	Code dag	DJI Mavic drone	ILVO Drone	Smartphone foto's
03/05/2018	Day 0	RGB	RGB+Sequoia	X
04/05/2018	Day+1	RGB	RGB+Sequoia	X
07/05/2018 (voor berekening)	Day+4	RGB	RGB+Sequoia	X
07/05/2018 (na berekening)	Day+4	RGB	RGB+Sequoia	X
08/05/2018	Day+5	-	RGB+Sequoia	X
17/05/2018	Day+14	-	RGB+Sequoia	X
25/05/2018	Day+22	-	RGB+Sequoia	X
28/05/2018	Day+25	-	RGB	X
29/05/2018	Day+26	-	RGB+Sequoia	X





Figuur 65: Ligging van het proefperceel R9 (waar de specifieke bemestingsproef zal uitgevoerd worden) en de percelen van ILVO "Neerstraat" en "Over de deur" (waar al enkele verkennende dronevluchten werden uitgevoerd)

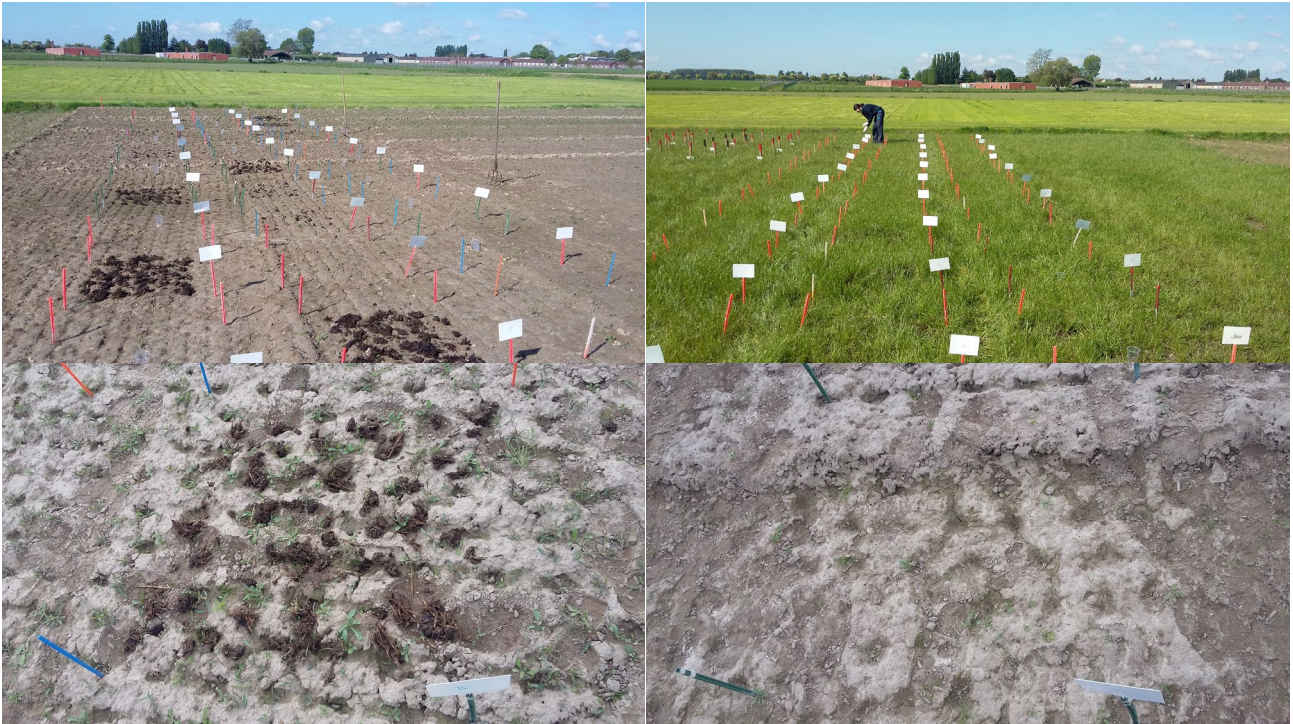




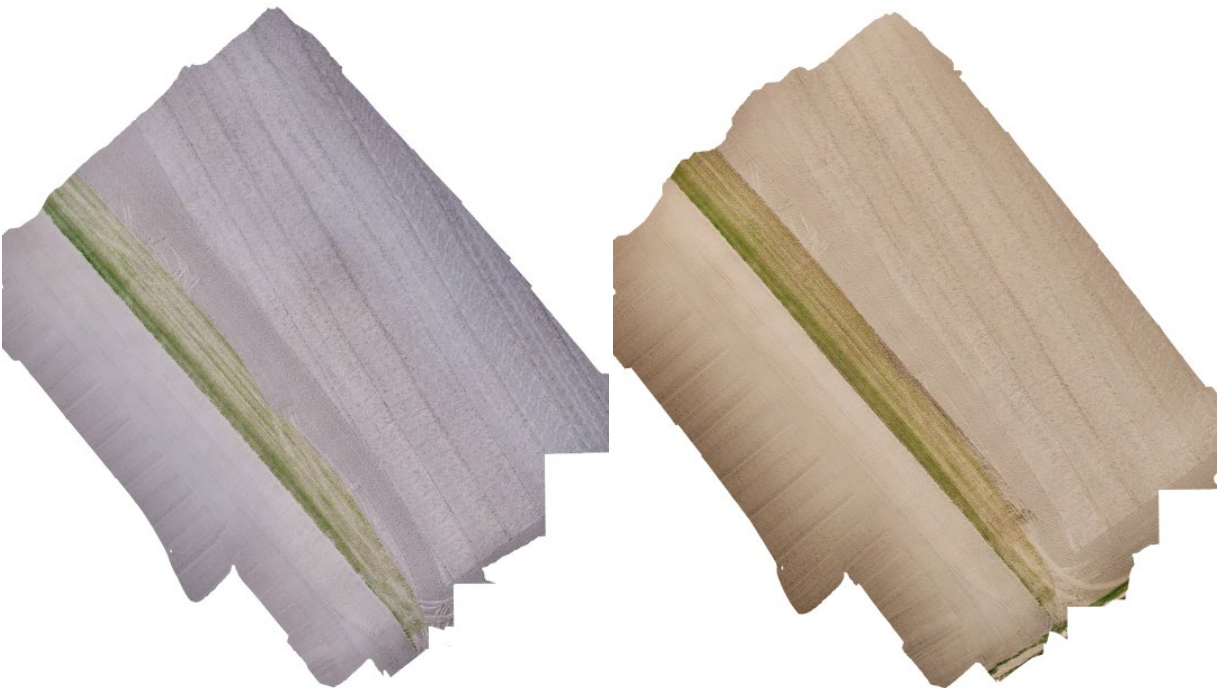
LEGENDE (% van max toegelate toxis op veld)

Percentages	100%	50%	10%	5%	0%
CODE KUNSTMEST	a	b	c	d	e
Code Organische mest	A	B	C	D	E

Figuur 66: Proefopzet voor de specifieke bemestingsproef: "Detectie van fysiek zichtbare sporen van mest met behulp van camera en drone"



Figuur 67: Aanleg van de specifieke bemestingsproef: "Detectie van fysiek zichtbare sporen van mest met behulp van camera en drone"



Figuur 68: Gestichte foto's van vlucht boven het perceel "Dier – over de deur" voor (links) en na (rechts) bemesting



5.2.4 Leverbaarheden

L10: Voorstel controlemechanismen:

- meet- en simulatietechnieken en -protocols om ook in de toekomst het spreidingspatroon van 'nieuwe' BT te gaan bepalen;
- praktische evaluatie van de controlemechanismen geselecteerd uit WP08 en WP09.



5.3 WP14: AFLEIDEN VAN AANGEPASTE STROOKBREEDTES PER BEMESTINGSTECHNIEK (ASB)

5.3.1 Doel

Afleiden van Aangepaste Bemestingsvrije strookbreedtes per bemestingstechniek voor een minimale impact op de waterkwaliteit (ASB).

5.3.2 Aanpak

- Voor elke BT werd een (aangepaste) strookbreedte (ASB) berekend op basis van de gekende spreidingspatronen en meemesteffecten uit WP08, WP09 en WP12. De inschattingen werden momenteel gedaan voor een maximaal toegelaten meemesteffect van zowel 0%, 1%, 2.5% en 5% van de volveldsdosis en dit zowel op basis van de gemiddelde verliescurves (Figuur 52) als op basis van de worstcase verliescurves (Figuur 55). Dit levert 8 verschillende scenario's. Resultaten werden steeds (naar boven) afgerond naar veelvoud van 1 m. Scenario's kunnen nog bijgestuurd worden in overleg met de stuurgroep.
- Daarnaast werd voor elke BT, het meemesteffect berekend in functie van de ASB en dit zowel op basis van de gemiddelde verliescurves als de worstcasescenarios (WP09).
- De BT werden geclusterd in groepen met een gelijkaardige ASB op basis van resultaten uit WP8 en WP12.
- Bovenstaande stappen werden ook uitgevoerd in Luik 4 op basis van sigmoïdale bemestingscurves die gefit worden op de experimenteel bepaalde bemestingscurves en dit in kader van de scenario-analyses.

5.3.3 Resultaten

- Tabel 40 toont de ASB (m) voor de verschillende BT die noodzakelijk is om verliezen te beperken tot 0%, 1%, 2.5% of 5% op basis van gemiddelde en worstcaseverliescurve. Afhankelijk van techniek en scenario variëren de ASB van 0 m tot 15 m.

Tabel 40: Breedte van de ASB (of bemestingsvrije strook) (m) voor de verschillende BT die noodzakelijk is om verliezen te beperken tot 0, 1, 2.5 of 5% op basis van gemiddelde (boven) en worstcase (onder) verliescurve

ASB (m)	Gemiddelde verliescurve				Worst case verliescurve			
	0%	1%	2.5%	5%	0%	1%	2.5%	5%
<i>Max. toegelaten verlies (% van toegepaste dosis)</i>								
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - standaard	13	10	9	8	14	13	10	9
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - kant	8	4	3	2	8	4	3	3
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - standaard	8	7	6	5	10	7	7	6
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant	1	0	0	0	1	0	0	0
4. Mengmestverspreiders Breedwerpig	2	2	1	1	2	2	1	1
9. Centrifugaalstrooiers standaard	15	11	9	8	15	12	10	8
9. Centrifugaalstrooiers kant op	14	9	8	6	14	10	8	7
9. Centrifugaalstrooiers kant af	6	2	1	1	6	3	2	1
10. Pendelstrooiers standaard	10	7	6	5	10	7	7	6
10. Pendelstrooiers kant	4	3	2	2	4	3	3	3
11. Pneumatische strooiers	2	1	1	1	2	1	1	1
14. Spuittoestel - luchtmengdoppen	-	2	1	1	-	2	1	1

- Tabel 41 toont het meemesteffect (in % van de vollevelddosis) voor elk van de BT voor verschillende ASB (van 0,25 tot 12,5 m) en dit zowel op basis van de gemiddelde verliescurves als de worstcasescenario's. Deze gegevens zijn analoog aan Tabel 36.

Tabel 41: Meemesteffect (in % van toegepaste vollevelddosis) voor verschillende BT en dit zowel op basis van gemiddelde en worstcase verliescurves

Bemestingstechniek	Gemiddeld verlies (% van toegepaste vollevelddosis)									
	0,25 m	1 m	2 m	2,5 m	3 m	4 m	5 m	7,5 m	10 m	12,5 m
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - standaard	44,6	41,8	40,2	37,9	33,6	21,6	14,0	5,6	1,0	0,3
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - kant	17,5	9,2	4,6	3,2	1,6	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - standaard	47,0	33,1	19,2	15,8	12,8	7,1	4,0	0,1	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Mengmestverspreiders Breedwerpig	33,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9. Centrifugaalstrooiers standaard	50,5	44,9	36,3	32,7	28,6	20,5	13,9	4,8	1,3	0,1
9. Centrifugaalstrooiers kant op	34,1	28,6	19,0	14,4	11,9	9,2	5,3	2,0	0,6	0,1
9. Centrifugaalstrooiers kant af	5,2	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10. Pendelstrooiers standaard	44,9	29,5	20,4	16,7	13,2	7,2	3,8	0,3	0,0	0,0
10. Pendelstrooiers kant	19,0	12,0	2,7	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11. Pneumatische strooiers	16,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14. Spuittoestel - luchtmengdoppen	6,6	1,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1

Bemestingstechniek	Worst case verlies (% van toegepaste vollevelddosis)									
	0,25 m	1 m	2 m	2,5 m	3 m	4 m	5 m	7,5 m	10 m	12,5 m
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - standaard	49,4	46,5	46,0	44,8	42,3	30,0	20,1	10,9	2,4	0,8
1. Stalmestverspreider - schotelstrooiers - kant	24,0	10,1	5,2	3,8	2,0	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - standaard	52,0	37,7	23,4	20,4	17,4	11,5	9,7	0,2	0,0	0,0
2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Mengmestverspreiders Breedwerpig	41,1	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9. Centrifugaalstrooiers standaard	54,5	49,6	40,8	37,2	32,4	23,1	16,1	6,1	1,9	0,3
9. Centrifugaalstrooiers kant op	43,2	36,5	24,9	18,7	15,4	12,2	7,5	3,1	1,0	0,2
9. Centrifugaalstrooiers kant af	8,0	3,5	2,2	0,8	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0
10. Pendelstrooiers standaard	54,9	39,6	29,6	25,3	20,5	12,2	7,5	0,7	0,0	0,0
10. Pendelstrooiers kant	36,6	24,6	8,0	3,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11. Pneumatische strooiers	17,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14. Spuittoestel - luchtmengdoppen	7,7	2,3	1,1	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2

- Op basis van Tabel 40 en Tabel 41 en zoals reeds aangegeven in WP8, kunnen de BT grofweg geclusterd worden in 4 groepen op basis van hun risico op meemesten en de overeenkomstige ASB. Van hoog naar laag risico op meemesten:
 - ▶ 'Schotelstrooiers -standaard' en 'Centrifugaalstrooiers - standaard'
 - ▶ 'Pendelstrooiers – standaard', 'Verticale walsen - standaard' en 'Centrifugaalstrooiers – kant op'.
 - ▶ 'Pendelstrooiers – kant' en 'Schotelstrooiers – kant'.
 - ▶ 'Pneumatische strooiers', 'Spuittoestel luchtmengdoppen', 'Centrifugaalstrooiers – kant af', 'verticale walsen – kant' en 'mengmestverspreiders – breedwerpig'.

5.3.4 Leverbaarheden

L11: Tabel ASB voor alle BT. Deze resultaten leveren input voor de opbouw van de scenario's in luik 4.



5.4 WP15: AFLEIDEN VAN BEST BESCHIKBARE BEMESTINGSTECHNIEKEN (BBT)

5.4.1 Doel

Afleiden van Best beschikbare bemestingstechniek per mestsoort/type afleiden om de impact op de waterkwaliteit te minimaliseren (BBT).

5.4.2 Aanpak

- Per type mestsoort werd de best beschikbare bemestingstechniek bepaald op basis van een minimaal meemestriscio. Verder te bespreken op de stuurgroep. De keuze van BBT wordt gebruikt als input van Luik 4. De tabel uit WP14 werd hiervoor als input gebruikt.

5.4.3 Resultaten

- Voor elk van de 4 mestsoorten wordt de BBT bepaald op basis van Tabel 41 waarbij voor elk van de mestsoorten de techniek gekozen wordt met het laagste verlies op 5 m van de direct bemeste zone en rekening houdend met de praktische implementeerbaarheid in Vlaanderen. Het resultaat wordt weergegeven in Tabel 42.

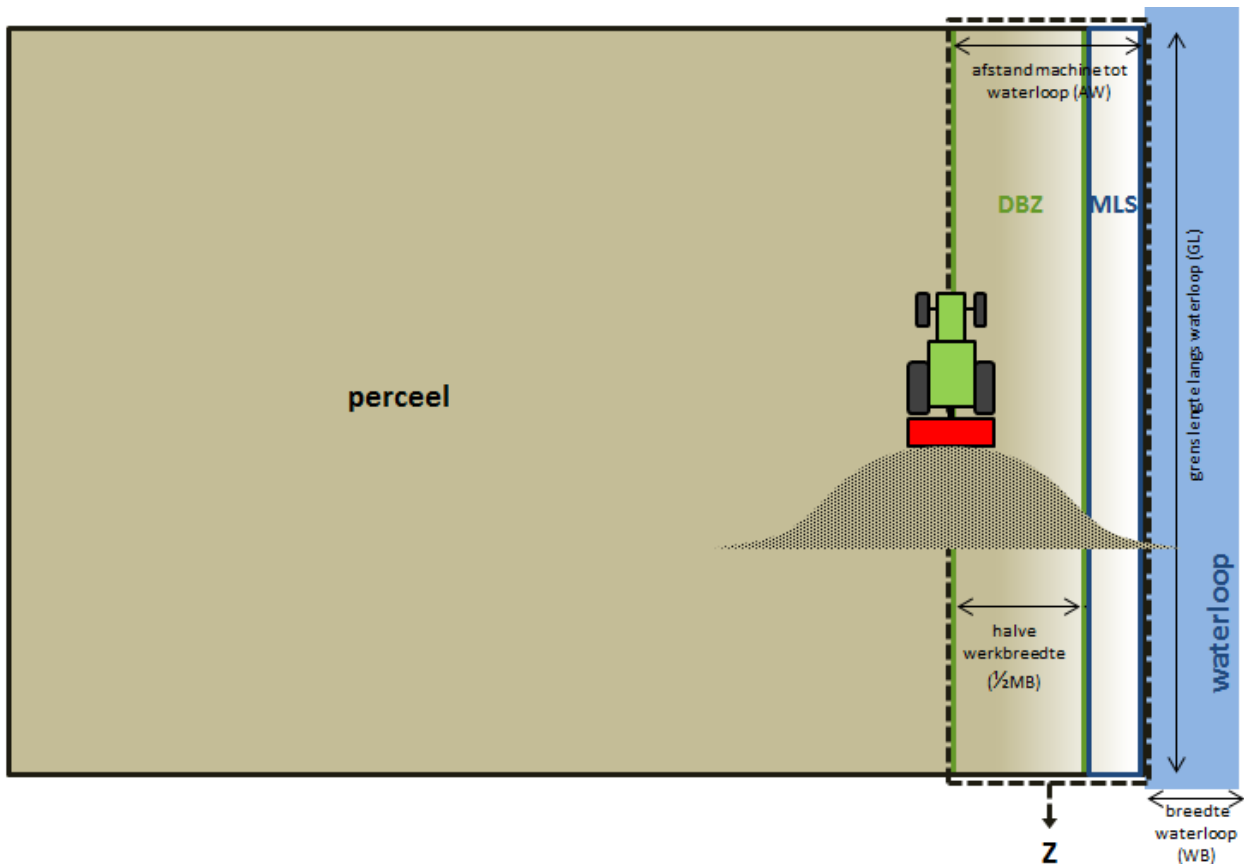
Tabel 42: BBT voor de verschillende mestsoorten op basis van het laagste verlies op 5 m van de direct bemeste zone en de praktische implementeerbaarheid voor Vlaanderen

Mestsoort	BBT
Organisch vast	2. Stalmestverspreider - verticale walsen - kant
Organisch vloeibaar	8. Bouwlandinjector
Kunstmest vast	12. Vijzelstrooier
Kunstmest vloeibaar	16. Spuittoestel

5.4.4 Leverbaarheden

L12: Lijst van BBT per mestsoort.





Figuur 69: Schematisch overzicht van de bemesting langs waterlopen met afbakening van de verschillende zones: zone met lagere bemesting (Z), direct bemeste zone (DBZ), bemestingsvrije strook (MLS)

6.1.2 Bepaling van de bemesting per perceel o.b.v. BAM

6.1.2.1 Beschikbare BAM-outputdataset

De bemesting per perceel werd afgeleid uit de outputdataset van het Bemestingsallocatiemodel (BAM) dat ontwikkeld werd in het kader van het ArcNEMO-project (Tits *et al.*, 2015). Dit model verdeelt de totale hoeveelheid mest gebruikt op een landbouwbedrijf over de percelen van dit bedrijf, rekening houdend met de geldende bemestingsnormen en teelten op de percelen. Door deze dataset te gebruiken voor de scenario-doorrekeningen werden de reeds geldende beleidsmaatregelen die een invloed hebben op de bemesting impliciet in rekening gebracht.

Deze dataset bevat voor elk individueel perceel, per teelt (hoofdteelt, voor- en nateelt), per mesttype (kunstmest, dierlijke of andere organische mest) en voor organische mest per mestafkomst (diersoort) en vorm (vast of vloeibaar), de volgende gegevens:

- code mestsoort;
- toegediende hoeveelheid mest (ton mest /ha);
- toegediende hoeveelheid minerale N (kg N/ha);
- toegediende hoeveelheid minerale P (kg P₂O₅/ha).



Daarnaast bevat de BAM-output ook een tabel met gegevens over de organische mestsoorten (tblManureInfo) die kan gekoppeld worden aan de dataset met de bemesting per perceel, om de totale N- en P-dosissen (mineraal + organisch) te berekenen.

6.1.2.2 Correctie BAM-output voor 2016

De meest recente beschikbare BAM-run dateert van 2012 (mededeling Stijn Overloop, VMM). De bemestingsnormen, waarop de toewijzingsprincipes van BAM gebaseerd zijn, zijn intussen echter significant gewijzigd. Dit heeft als gevolg dat de door BAM2012 berekende dosissen waarschijnlijk over het algemeen, naargelang het mesttype, een over- of onderschatting geven van de huidige situatie. De meest recente beschikbare cijfers van de mestbank dateren van 2016 (VLM, 2017). Daarom werden de bemestingsdosissen voor dierlijke en andere organische mest van BAM2012 gecorrigeerd door ze te vermenigvuldigen met een coëfficiënt gelijk aan de verhouding tussen de totale mestgebruiken in 2016 en deze in 2012 (Tabel 43).

Tabel 43: Mestgebruik in Vlaanderen in 2012 en 2016 (bron: VLM 2013 en VLM 2017)

	kg N			kg P ₂ O ₅		
	2012	2016	correctie-coëfficiënt	2012	2016	correctie-coëfficiënt
Kunstmest	39 020 091	46 040,535		1 187 131	969,576	
Dierlijke mest	95 848 273	92 072,441		43 521 127	40 632,994	
Andere mest	1 384,020	2 310,376		740 027	971,788	
Totaal dierlijk+andere	97 232 293	94 382 817	0,971	44 261 154	41 604 782	0,940

Voor kunstmest is een dergelijke correctie niet van toepassing, gezien de onderschatting van de kunstmesthoeveelheden op basis van de mestaangiften. Betere statistieken worden verzameld door de Afdeling Monitoring en Studie van Beleidsdomein Landbouw en Visserij van de Vlaamse Overheid (AMS). De meest recente statistieken die van AMS konden bekomen worden zijn deze van 2014. De correctiecoëfficiënten voor de kunstmesthoeveelheden N en P werden dan ook berekend als de verhouding tussen het totale kunstmestgebruik in Vlaanderen in 2014 en in 2012 volgens AMS en bedroegen resp. 1,075 voor N en 1,096 voor P.

6.1.2.3 Onderschatting reële bemestingsdosissen in randpercelen

In de aangeleverde BAM-tabellen werden de opgegeven bemestingsdosissen berekend door de totale mesthoeveelheid te delen door de totale perceelsoppervlakte (eventuele bemestingsvrije stroken inbegrepen). Voor de scenarioberekeningen zou de vollevelddosis in de percelen met bemestingsvrije stroken strikt genomen dus iets hoger moeten liggen, om het feit dat er weinig of niet bemest wordt in de bemestingsvrije strook te compenseren. De totale mesthoeveelheid op het ganse perceel moet immers kloppen.

In de hierna toegelichte scenarioberekeningen werd deze correctie echter niet uitgevoerd en werden de door BAM berekende bemestingsdosissen beschouwd als vollevelddosissen, zonder deze te verhogen voor de percelen die niet volledig bemest worden (met bemestingsvrije stroken). Op basis van een opmerking tijdens het werkoverleg van 11/10/2018 werd beslist om na te gaan of deze afwijking een betekenisvolle invloed heeft op de resultaten van de scenarioanalyses en de besluiten die hieruit getrokken worden. Hiertoe werd de grootteorde van de fout geschat op basis van enkele uiteenlopende scenario's.

Er werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij "gecorrigeerde" N-dosissen voor de randpercelen berekend werden door de BAM-dosissen te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan de verhouding tussen



1) de werkelijke totale mesthoeveelheid voor alle randpercelen:

som van (dosis per perceel x volledige perceelsoppervlakte)

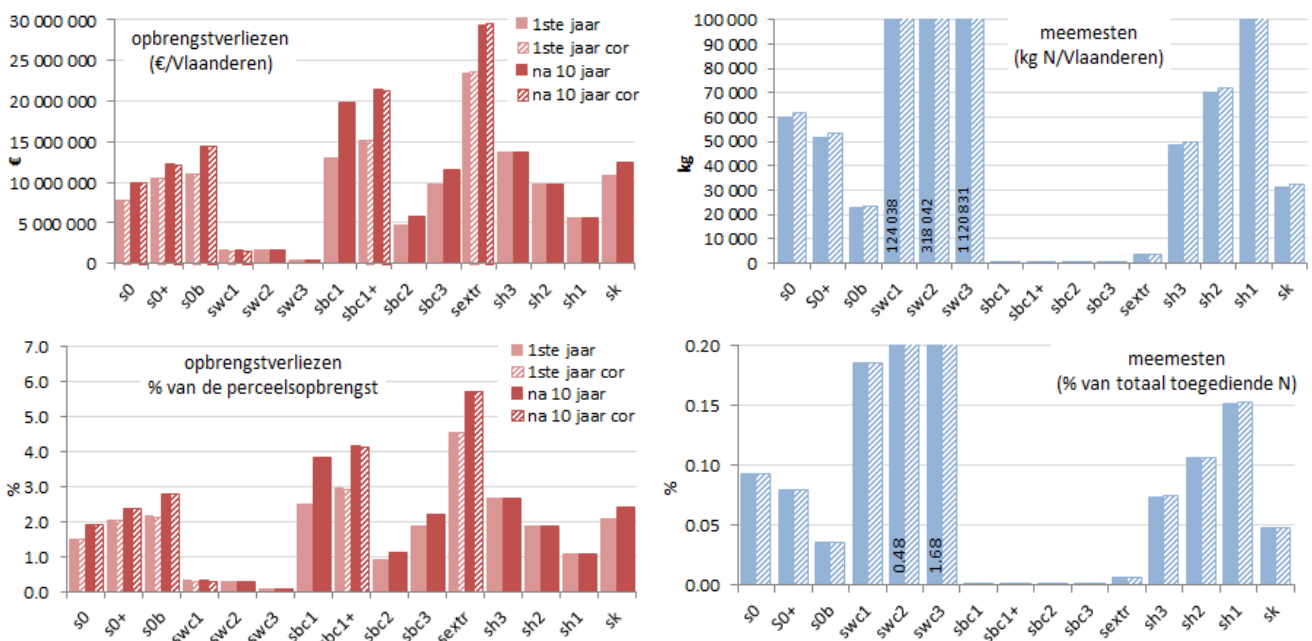
2) en de in de scenario's gebruikte totale mesthoeveelheid voor alle randpercelen:

som van (dosis per perceel x "netto bemeste" oppervlakte (=totale oppervlakte min bemestingsvrije strook))

Deze totale mesthoeveelheden bedragen resp. 67,0 x106 kg N en 65,1 x106 kg N. De correctiefactor is dus gelijk aan 1,03.

Daarna werden 6 (basis- en extreme) scenario's doorgerekend met deze gecorrigeerde dosissen. In Figuur 70 worden de gecorrigeerde resultaten (gearceerd) telkens naast de originele resultaten getoond, zowel voor de opbrengstverliezen als voor de meemesthoeveelheden.

In vergelijking met de verschillen tussen de scenario's zijn de verschillen tussen de gecorrigeerde en niet-gecorrigeerde resultaten miniem, zelfs bij de extreme scenario's (swc1, sbc1+ en sextr). Voor grasland, groenten en akkerbouw apart zijn de verschillen van dezelfde grootteorde. Aangezien deze kleine verschillen geen enkele invloed zullen hebben op beleidsbeslissingen of voorlichtingsboodschappen naar landbouwers toe werd beslist om de originele resultaten van de scenario's te behouden.



Figuur 70: Gecorrigeerde (gearceerd) vs. niet-gecorrigeerde resultaten van de scenario-analyses voor de onderschatting van de reële bemestingsdosissen in de randpercelen

6.1.3 Toewijzing van de gebruikte bemestingstechnieken aan de percelen

6.1.3.1 Huidige bemestingstechnieken (HBT)

Voor de toewijzing van de gebruikte bemestingstechnieken aan de percelen werd er van uitgegaan dat er per perceel maximaal 4 verschillende bemestingstechnieken worden toegepast:

- BTOMvl: gebruikte bemestingstechniek voor vloeibare organische mest,



- BTOMva: gebruikte bemestingstechniek voor vaste organische mest,
- BTKMvl: gebruikte bemestingstechniek voor vloeibare kunstmest,
- BTKMva: gebruikte bemestingstechniek voor vaste kunstmest.

Voor organische mest kon uit de BAM-output direct afgeleid worden of er vloeibare of vaste mest werd toegediend ("mestvorm", zie 6.1.3). Voor kunstmest wordt deze informatie niet meegegeven in de BAM-output en moest deze afgeleid worden uit andere beschikbare gegevens uit Luik 2. Voor P werd er van uitgegaan dat alle bemesting onder vaste vorm gebeurt. Voor N werden, op basis van de bemestingsenquêtes uitgevoerd in Luik 2, de volgende verdeelsleutel toegepast: per perceel is 78,2% van de toediende kunstmest vast en 21,8% vloeibaar.

Verder konden uit de enquêtes van Luik 2 geen eenduidige regionale verschillen afgeleid worden voor het gebruik van bepaalde bemestingstechnieken.

Voor de toewijzing van de bemestingstechnieken aan de percelen werden echter, op basis van informatie uit Luik 2, wel een aantal andere factoren in rekening gebracht (Tabel 44):

- Landgebruik: grasland of akker: bepaalde bemestingstechnieken zijn enkel geschikt voor grasland of enkel voor akkerland;
- Teelten: bepaalde bemestingstechnieken kunnen niet voor bepaalde teelten toegepast worden (bv. sleepvoetbemesting kan niet in granen);
- Perceelsoppervlakte: bepaalde technieken kunnen niet gebruikt worden op kleine percelen (bv. sleepslangbemesting, sleepvoetbemesting, ...);
- Bemestingsdosis: sommige bemestingstechnieken kunnen enkel grote dosissen toedienen (bv. horizontale walsen) of zijn juist eerder geschikt voor kleine dosissen (bv. schotelstrooier);
- Helling van het perceel: sommige bemestingstechnieken zijn niet geschikt voor steile hellingen (bv. sleepslangbemesting, sleepvoetbemesting).

Rekening houdend met deze factoren werd voor elk perceel en voor elk van de 4 mesttypes (organische mest vast of vloeibaar, kunstmest vast of vloeibaar) vastgesteld welke bemestingstechnieken toepasbaar zijn.



Tabel 44: Restricties voor toewijzing van bemestingstechnieken aan percelen

mest- type	BT code	BT naam	verdeelsleutel per mesttype %	op hellende percelen?	op percelen <2 ha?	teelten
KMva	CenStr_KO	Centrifugaalstrooier kant op	48,8	ja	ja	alle
KMva	CenStr_KA	Centrifugaalstrooier kant af	22,0	ja	ja	alle
KMva	CenStr	Centrifugaalstrooier	9,6	ja	ja	alle
KMva	PenStr	Pendelstrooier	8,7	ja	ja	alle
KMva	RijVas	Rijenbemester vaste kunstmest	5,2	ja	ja	alle
KMva	PenStr_K	Pendelstrooier met kanststrooien	4,8	ja	ja	alle
KMva	VijStr	Vijzelstrooier	0,8	ja	ja	alle
KMva	PneStr	Pneumatische strooier	0,1	ja	ja	alle
KMvl	RijVlo	Rijenbemester vloeibare kunstmest	3,2	ja	ja	hakvruchten, groenten
KMvl	VelSpu	Veldspuit	96,7	ja	ja	alle
KMvl	SpaWie	Spaakwielbemester	0,1	ja	ja	alle
OMva	VerWal_K	Verticale walsen met kantstrooiplaat	41,2	ja	ja	alle
OMva	HorWal	Horizontale walsen	21,2	Ja	ja	alle
OMva	VerWal	Verticale walsen	13,6	ja	ja	alle
OMva	SchStr	Schotelstrooier	12,5	ja	ja	alle
OMva	SchStr_K	Schotelstrooier met kantstrooiplaat	11,4	ja	ja	alle
OMvl	BreWer	Breedwerpige mestspreider	27,8	ja	ja	akkerbouw
OMvl	BoulInj	Bouwlandinjector	23,8	ja	ja	voorjaarsteelten
OMvl	SleVoe	Sleepvoetbemester	8,5	nee	nee	grasland, hakvruchten, groenten
OMvl	SleSla	Sleepslangbemester	9,5	nee	nee	grasland, akkerbouw
OMvl	ZodBem	Zodenbemester, -injectie, sleufkouter	30,4	ja	ja	grasland, hakvruchten, groenten

Tenslotte werd elk van de bemestingstechnieken op willekeurige basis toegewezen aan de corresponderende percelen volgens de verdeelsleutel die opgesteld werd in Luik 2 (Tabel 29).

Dit gebeurde in de volgende stappen:

1. Toewijzing van een uniek random nummer aan elk perceel en sortering van de percelen volgens deze nummering.
2. Bepaling van de volgorde van toewijzing van bemestingstechnieken per mesttype:
 - voor vaste kunstmest: 1. CenStr_KO; 2. CenStr_KA; 3. CenStr; 4. PenStr; 5. RijVas; 6. PenStr_K; 7. VijStr; 8. PneStr
 - voor vloeibare kunstmest: 1. RijVlo; 2. VelSpu; 3. SpaWie
 - voor vaste organische mest: 1. VerWal_K; 2. HorWal; 3. VerWal; 4. SchStr; 5. SchStr_K
 - voor vloeibare organische mest: 1. BreWer; 2. BoulInj; 3. SleSla; 4. SleVoe; 5. ZodBem
3. Per mesttype (KMva, KMvl, OMva, OMvl): toewijzing van de bemestingstechnieken aan de percelen:
 - a. Selecteren van de percelen waar de eerste bemestingstechniek kan toegepast worden (op basis van de restricties in Tabel 44), gesorteerd per random perceelnummer. Voor elk van deze percelen wordt de door BAM berekende methoeveelheid per mesttype meegenomen.



- b. De bemestingstechniek achtereenvolgens toewijzen aan de geselecteerde percelen tot de berekende mesthoeveelheid voor deze BT (Tabel 29) opgevuld is.
- c. Selecteren van de percelen waar de volgende BT kan toegepast worden en waar nog geen andere BT voor hetzelfde mesttype aan toegekend werd, gesorteerd per random perceelnummer.
- d. Stappen b en c herhalen voor alle bemestingstechnieken van het mesttype.

Ter controle wordt in Tabel 45 het aandeel van de op deze manier toegewezen bemestingstechnieken vergeleken met de verdeelsleutel van Luik 2.

Tabel 45: Controle aandeel toegewezen bemestingstechnieken

mest- type	BT code	BT naam	verdeelsleutel per	toegewezen per mesttype		
			mesttype	mest	N	P
			%			
KMva	CenStr_KO	Centrifugaalstrooier kant op	48,8	-	50,2	50,8
KMva	CenStr_KA	Centrifugaalstrooier kant af	22,0	-	22,6	22,1
KMva	CenStr	Centrifugaalstrooier	9,6	-	9,9	9,9
KMva	PenStr	Pendelstrooier	8,7	-	8,9	8,8
KMva	RijVas	Rijenbemester vaste kunstmest	5,2	-	5,4	5,5
KMva	PenStr_K	Pendelstrooier met kanststrooien	4,8	-	2,9	3,0
KMva	VijStr	Vijzelstrooier	0,8	-	0,0	0,0
KMva	PneStr	Pneumatische strooier	0,1	-	0,0	0,0
totaal			100,0	-	100,0	100,0
KMvl	RijVlo	Rijenbemester vloeibare kunstmest	3,2	-	3,3	-
KMvl	VelSpu	Veldspuit	96,7	-	96,7	-
KMvl	SpaWie	Spaakwielbemester	0,1	-	0,0	-
totaal			100,0	-	100,0	-
OMva	VerWal_K	Verticale walsen met kantstrooien	41,2	42,6	42,6	42,6
OMva	HorWal	Horizontale walsen	21,2	22,0	21,9	21,9
OMva	VerWal	Verticale walsen	13,6	14,1	14,1	14,2
OMva	SchStr	Schotelstrooier	12,5	13,0	13,0	12,9
OMva	SchStr_K	Schotelstrooier met kantstrooien	11,4	8,4	8,4	8,4
totaal			100,0	100,0	100,0	100,1
OMvl	BreWer	Breedwerpige mestspreider	27,8	27,8	28,3	29,8
OMvl	Boulnj	Bouwlandinjector	23,8	23,4	23,6	24,2
OMvl	SleSla	Sleepslangbemester	9,5	9,6	9,4	8,9
OMvl	SleVoe	Sleepvoetbemester	8,5	8,6	8,4	7,8
OMvl	ZodBem	Zodenbemester, -injectie, sleufkouter	30,4	30,6	30,3	29,3
totaal			100,0	100,0	100,0	100,0

6.1.3.2 Best en Slechtst Beschikbare technieken en overeenkomstige kantstrooitechnieken (BBT, SBT en HBTK)

Voor bepaalde scenario's werden de huidige bemestingstechnieken (HBT), toegewezen volgens de hoger beschreven methode (zie 6.1.3.1), vervangen door de Slechtst (SBT) of Best (BBT) Beschikbare technieken of door de overeenkomstige techniek met Kantstrooien (HBTK). In de tabel tblBemestingstechnieken (Tabel 46) wordt aan elke bemestingstechniek de overeenkomstige SBT, BBT en HBTK gekoppeld als volgt:

////////////////////////////////////

De Slechtst Beschikbare Techniek (SBT) = de techniek met het grootste meemesteffect:

- voor KMva (vaste kunstmest): CenStr (centrifugaalstrooier zonder kantstrooien)
- voor KMvl (vloeibare kunstmest): VelSpu (veldspuit)
- voor OMva (vaste organische mest): SchStr (Schotelstrooier zonder kantstrooien)
- voor OMvl (vloeibare organische mest): BreWer (Breedwerpige techniek)

Best Beschikbare Techniek (BBT)= de techniek met het kleinste meemesteffect (Tabel 41):

- voor KMva (vaste kunstmest): VijStr (vijzelstrooier)
- voor KMvl (vloeibare kunstmest): SpaWie (Spaakwielbemester): komt nagenoeg niet voor in Vlaanderen; vermits de 3 BT voor KMvl gelijkaardige meemestresultaten geven worden de toegewezen BT hier niet vervangen
- voor OMva (vaste organische mest): VerWal_L (Vertikale walsen met kantstrooien)
- voor OMvl (vloeibare organische mest): BoulInj (BouwlandInjector)

Voor technieken met een vergelijkbaar (klein of verwaarloosbaar) meemesteffect in vergelijking met de BBT wordt de huidige techniek behouden als BBT.

Huidige techniek met Kantstrooien (HBTk): de technieken die kunnen uitgerust worden met kantstrooien worden vervangen door de overeenkomstige kantstrooitechniek. Centrifugaalstrooiers worden standaard vervangen door Centrifugaalstrooiers met Kant Af kantstrooien, behalve voor granen, waar ze vervangen worden door strooiers met Kant Op kantstrooien.

Dit resulteert in de volgende vervangingen:

Tabel 46: Bemestingstechnieken (BT) en overeenkomstige BBT, SBT en KBT

Mesttype	BT	Naam	BBT	SBT	HBTk	HBTk(granen)
KMva	CenStr	Centrifugaalstrooier	VijStr	CenStr	CenStr_KA	CenStr_KO
KMva	CenStr_KA	Centrifugaalstrooier kant af	VijStr	CenStr	CenStr_KA	CenStr_KO
KMva	CenStr_KO	Centrifugaalstrooier kant op	VijStr	CenStr	CenStr_KO	CenStr_KO
KMva	PenStr	Pendelstrooier	VijStr	CenStr	PenStr_K	PenStr_K
KMva	PenStr_K	Pendelstrooier met kantstrooien	VijStr	CenStr	PenStr_K	PenStr_K
KMva	PneStr	Pneumatische strooier	PneStr	CenStr	PneStr	PneStr
KMva	RijVas	Rijenbemester vaste kunstmest	RijVas	CenStr	RijVas	RijVas
KMva	VijStr	Vijzelstrooier	VijStr	CenStr	VijStr	VijStr
KMvl	RijVlo	Rijenbemester vloeibare kunstmest	RijVlo	VelSpu	RijVlo	RijVlo
KMvl	SpaWie	Spaakwielbemester	SpaWie	VelSpu	SpaWie	SpaWie
KMvl	VelSpu	Veldspuit	VelSpu	VelSpu	VelSpu	VelSpu
OMva	HorWal	Horizontale walsen	HorWal	SchStr	HorWal	HorWal
OMva	SchStr	Schotelstrooier	VerWal_K	SchStr	SchStr_K	SchStr_K
OMva	SchStr_K	Schotelstrooier met kantstrooiplaat	VerWal_K	SchStr	SchStr_K	SchStr_K
OMva	VerWal	Verticale walsen	VerWal_K	SchStr	VerWal_K	VerWal_K
OMva	VerWal_K	Verticale walsen met kantstrooiplaat	VerWal_K	SchStr	VerWal_K	VerWal_K
OMvl	BoulInj	Bouwlandinjector	BoulInj	BreWer	BoulInj	BoulInj
OMvl	BreWer	Breedwerpige mestspreider	BoulInj	BreWer	BreWer	BreWer
OMvl	SleSla	Sleepslangbemester	SleSla	BreWer	SleSla	SleSla
OMvl	SleVoe	Sleepvoetbemester	SleVoe	BreWer	SleVoe	SleVoe
OMvl	ZodBem	Zodenbemester, -injectie, sleufkouter	ZodBem	BreWer	ZodBem	ZodBem



6.1.4 Theoretische berekening van de bemesting langs een waterloop

6.1.4.1 Mestspreidingscurve

De mestspreidingscurve is specifiek per bemestingstechniek en wordt benaderd door een sigmoïde curve.

$$MDw = MDg \times \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-k(x-t)}}\right) \quad \text{vergelijking 1}$$

waarbij:

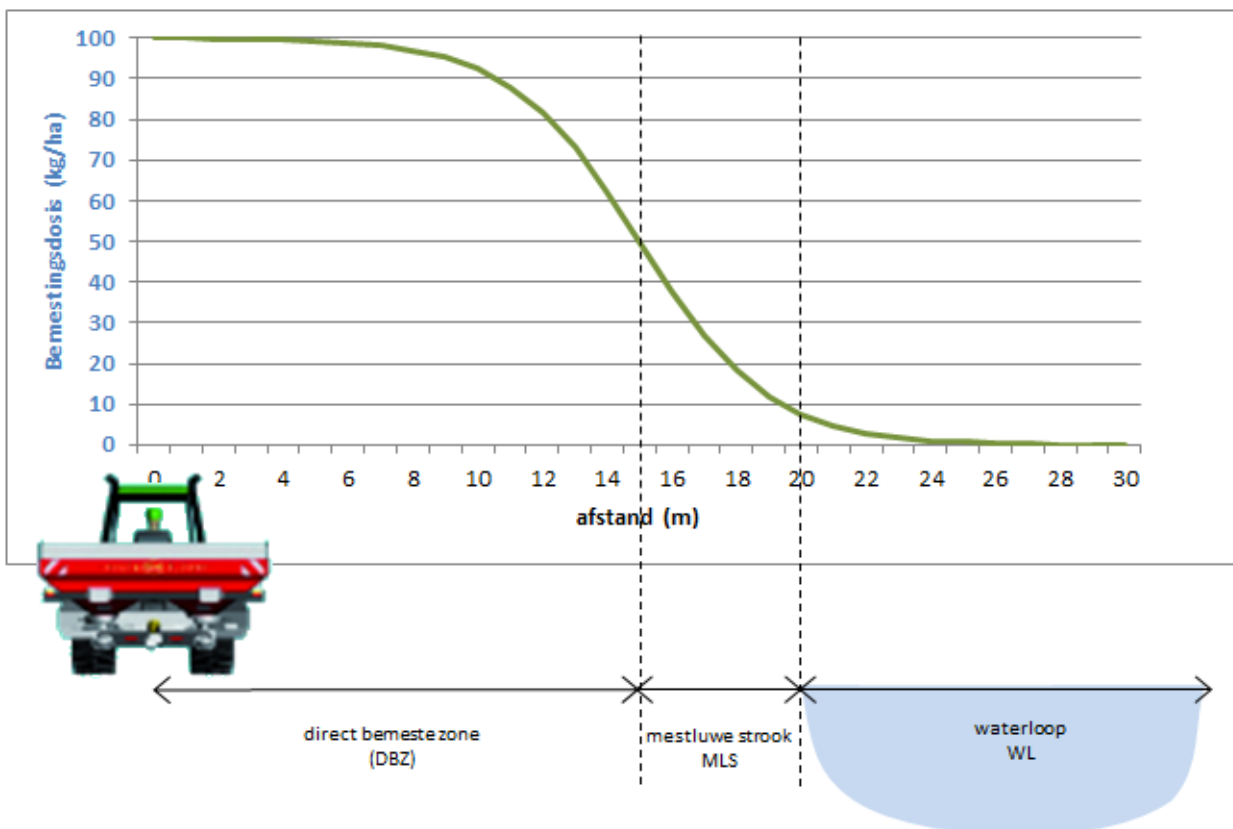
MDw: werkelijke bemestingsdosis [kg/m²]

MDg = gewenste dosis [kg/m²]

x = afstand tot (het midden van) de machine [m]

k = krommingscoëfficiënt, specifiek per bemestingstechniek [m⁻¹]

t = buigpunt = afstand van de machine waarop de kromming van de curve verandert van richting, specifiek per bemestingstechniek [m]



Figuur 71: Sigmoïde mestspreidingscurve in de zone met lagere bemesting (Z)

De mesthoeveelheden die in de verschillende zones langs en in de waterloop terechtkomen kunnen berekend worden op basis van de integraal van de mestspreidingscurve, d.i. de oppervlakte onder de curve:

$$\int MDw \cdot dx = x \times MDg - \left(MDg \times (x - t) + MDg / k \times \ln(1 + e^{-k(x-t)}) \right) \quad \text{vergelijking 2}$$

waarbij:

////////////////////////////////////

MDw: werkelijke bemestingsdosis [kg/m²]
 MDg = gewenste bemestingsdosis [kg/m²]
 x = afstand tot (het midden van) de machine [m]
 k = krommingscoëfficiënt, specifiek per bemestingstechniek [m⁻¹]
 t = buigpunt = afstand van de machine waarop de kromming van de bemestingsdosiscurve verandert van richting, specifiek per bemestingstechniek [m]

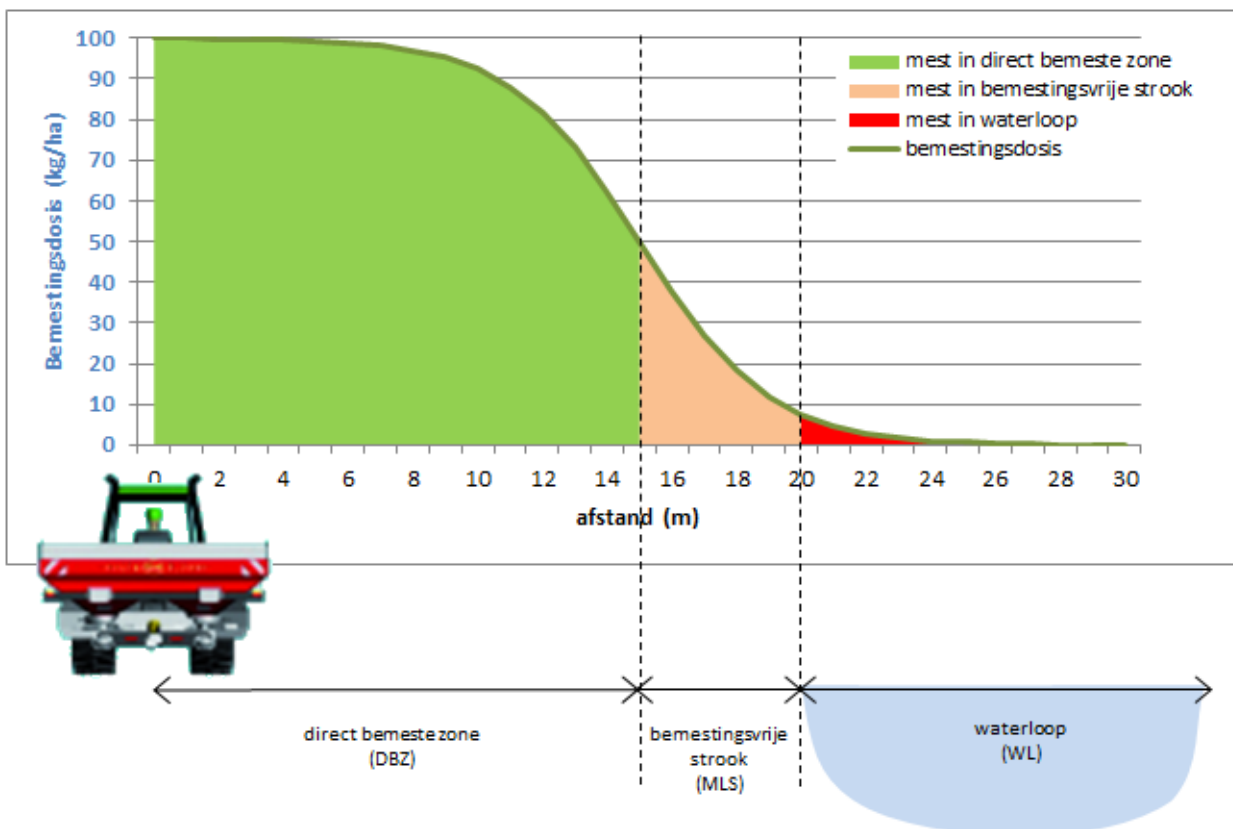
6.1.4.2 Berekening van de meemesthoeveelheid in de waterloop

De mesthoeveelheid die direct in de waterloop terecht komt (meemesthoeveelheid) wordt berekend door de oppervlakte onder de curve tot aan de waterloop ($x = \frac{1}{2}MB + SB$) af te trekken van de oppervlakte tot voorbij de waterloop ($x = \frac{1}{2}MB + SB + WB$) en te vermenigvuldigen met de grenslengte van het perceel aan de waterloop (GL):

$$MW = \left(\int MDw(x = \frac{1}{2}MB + SB + WB) - \int MDw(x = \frac{1}{2}MB + SB) \right) \times GL \quad \text{vergelijking 3}$$

waarbij:

MW = hoeveelheid mest in de waterloop [kg]
 WB = breedte waterloop [m]
 $\int MD(x = \dots)$: integraal van de bemestingsdosis over een bepaalde afstand [kg/m]
 GL = grenslengte van het perceel aan de waterloop [m]



Figuur 72: Verdeling van de hoeveelheid mest in de zone met lagere bemesting



6.1.4.3 Berekening van de gemiddelde bemestingsdosis in de zone met lagere bemesting

Voor de economische doorrekening van de scenario's moet het opbrengstverlies in de zone met lagere bemesting geschat worden op basis van de berekende bemestingsdossissen in deze zone. Hiervoor wordt, voor elk van de deelzones DBZ en MLS, de totale toegepaste hoeveelheid meststoffen berekend (op basis van vergelijking 2) en gedeeld door de oppervlakte van de deelzone om de gemiddelde bemestingsdosis te bekomen.

Voor de direct bemeste zone (DBZ):

de totale mesthoeveelheid (kg):

$$MH_{DBZ} = \int MDw(x = \frac{1}{2}MB) \times GL \quad \text{vergelijking 4}$$

de gemiddelde bemestingsdosis (kg/ha):

$$MD_{DBZ} = MH_{DBZ} / (\frac{1}{2}MB \times GL) \quad \text{vergelijking 5}$$

Voor de bemestingsvrije strook (MLS):

de totale mesthoeveelheid (kg):

$$MH_{MLS} = \left(\int MDw(x = \frac{1}{2}MB + SB) - \int MDw(x = \frac{1}{2}MB) \right) \times GL \quad \text{vergelijking 6}$$

de gemiddelde bemestingsdosis (kg/ha):

$$MD_{MLS} = MH_{MLS} / (SB \times GL) \quad \text{vergelijking 7}$$

waarbij telkens

MH_{DBZ} = werkelijke meststofhoeveelheid in de direct bemeste zone (kg)

MD_{DBZ} = werkelijke meststofdosis in de direct bemeste zone (kg/ha)

MH_{MLS} = werkelijke meststofhoeveelheid in de bemestingsvrije strook (kg)

MD_{MLS} = werkelijke meststofdosis in de bemestingsvrije strook (kg/ha)

6.1.4.4 Berekening van de optimale strookbreedte (OSB)

Voor het doorrekenen van enkele scenario's wordt de breedte van de bemestingsvrije stroken aangepast in functie van de bemestingstechniek. De ecologische- en economische-impactberekeningen moeten hier dus gebeuren met variabele strookbreedtes. Dit maakt vooral de berekening van de opbrengstverliezen per perceel ingewikkelder (zie 6.1.7.2).

De optimale strookbreedte (OSB) per bemestingstechniek wordt gedefinieerd als de breedte waarbij maximaal 0,1% van de toegediende bemestingsdosis in de waterloop terechtkomt via meemesten, met een bovengrens van 15 m (beslissing stuurgroepvergadering 18/5/2018). Deze OSB werden theoretisch berekend door het resultaat van vergelijking 3 gelijk te stellen aan 0,1% en de strookbreedte aan te passen tot dit resultaat bereikt wordt. Voor de keuze van de toe te passen OSB's in de scenario's (Tabel 47) werden deze theoretische berekeningen afgetoetst aan de resultaten van WP14 (Tabel 40).



Tabel 47: Optimale strookbreedte per bemestingstechniek

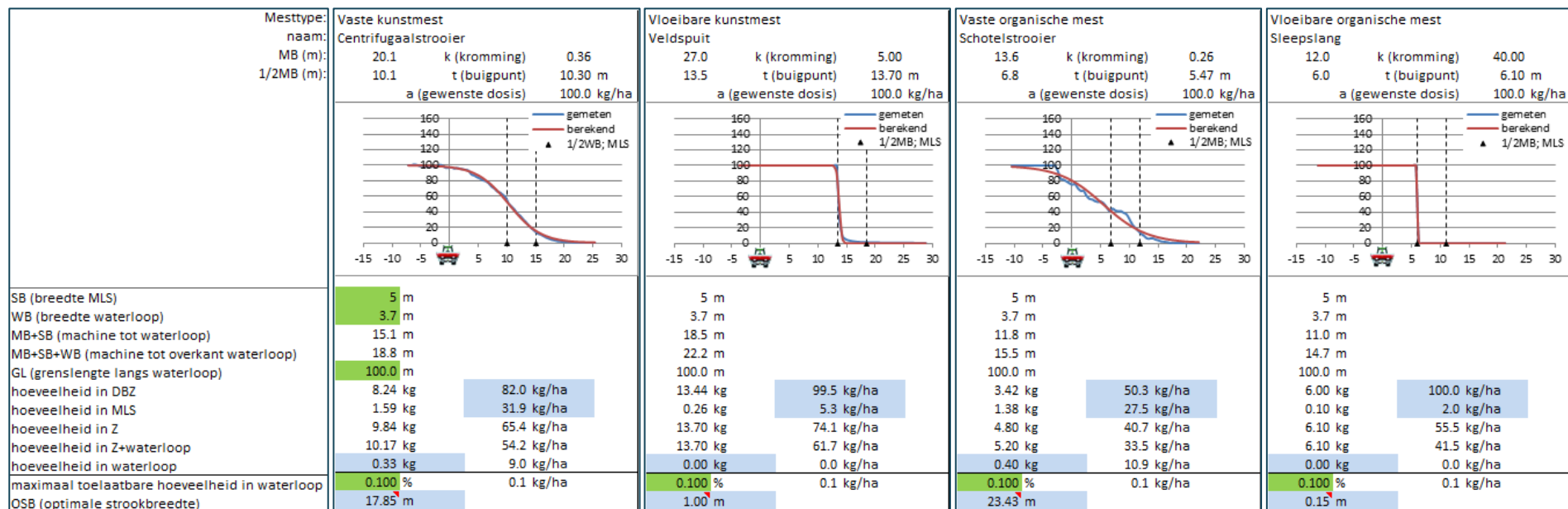
Bemestingstechniek	Optimale strookbreedte (m)
Centrifugaalstrooier	15
Centrifugaalstrooier kant af	6
Centrifugaalstrooier kant op	14
Pendelstrooier	10
Pendelstrooier met kanststrooien	4
Pneumatische strooier	2
Rijenbemester vaste kunstmest	0.5
Vijzelstrooier	0.5
Rijenbemester vloeibare kunstmest	0.5
Spaakwielbemester	0.5
Veldspuit	3
Horizontale walsen	1
Schotelstrooier	15
Schotelstrooier met kantstrooiplaat	8
Verticale walsen	10
Verticale walsen met kantstrooiplaat	1
Bouwlandinjector	0,5
Breedwerpige mestspreider	2
Sleepslangbemester	0,5
Sleepvoetbemester	0,5
Zodenbemester, -injectie, sleufkouter	0,5

6.1.4.5 Voorbeelden

Op basis van de output van Luik 3 (praktische proeven spreidingspatronen) werd voor elk van de geteste bemestingstechnieken de theoretische mestspreidingscurve opgesteld. In Figuur 73 worden enkele voorbeelden getoond, waarbij telkens, voor een welbepaalde strookbreedte ($SB = 5\text{ m}$), breedte van de waterloop ($WB = 5\text{ m}$), grenslengte ($GL = 100\text{ m}$) en gewenste bemestingsdosis (100 kg/ha), de meemesthoeveelheid evenals de gemiddelde bemestingsdosis in de zone met lagere bemesting berekend werden.

Per bemestingstechniek werd ook de optimale strookbreedte (OBS) voor een maximale meemesthoeveelheid van 0,1% berekend.





Figuur 73: Voorbeelden van de theoretische berekening van de bemesting langs waterlopen voor 4 bemestingstechnieken

v.l.n.r. centrifugaalstrooier – standaard (vaste kunstmest), veldspuit (vloeibare kunstmest), schotelstrooier - standaard (vaste organische mest) en sleepslangbemester (vloeibare organische mest). Voor elke techniek worden, voor een welbepaalde strookbreedte (SB), breedte van de waterloop (WB), grenslengte (GL) en gewenste bemestingsdosis (100 kg/ha), de meemesthoeveelheid evenals de gemiddelde bemestingsdosissen in de zones met lagere bemesting berekend (blauwe vakjes). Daaronder wordt ook de aangepaste strookbreedte berekend voor een maximale meemesthoeveelheid van 0,1%.

////////////////////////////////////

6.1.5 Vereenvoudigde opbrengstresponscurve

Voor de economische analyse werd gewerkt met een schatting van de opbrengsten op basis van de werkzame-N-bemestingsdosis. Bij een N-bemestingsdosis onder de normale (optimale) dosis werd de opbrengst lager dan normaal ingeschat. Er werd voor de economische analyse geen rekening gehouden met eventueel verminderde opbrengst door verlaagde P-bemestingsdosisen. P-bemesting is veel minder bepalend voor de gewasopbrengst dan P-beschikbaarheid reeds aanwezig in de bodem (Johnston, 2000; Ehlert *et al.*, 2014). Eens de P-beschikbaarheid voldoende is, heeft de P-bemestingsdosis geen onmiddellijke invloed meer op de opbrengst (Amery and Vandecasteele, 2015). Het aandeel van percelen met P-beschikbaarheid beneden de streefwaarden wordt geschat op 5% voor akkers en 22% voor weilanden in België (Tits *et al.*, 2016). Aangezien het aandeel percelen met mogelijk verminderde opbrengst door verminderde P-bemesting beperkt is, en de invloed van een eenmalige P-bemesting op deze percelen relatief klein is, werd in de economische analyse geen rekening gehouden met de P-bemestingsdosis.

Voor de schatting van de opbrengstverliezen werden vereenvoudigde N-responscurves per teelt(groep) (Tabel 48) gebruikt, die opgesteld werden op basis van literatuur (o.a. Abts *et al.*, 2016; Bergen *et al.*, 2015a; Bergen *et al.*, 2015b; D'Haene *et al.*, 2014; D'Haene *et al.*, 2018; D'hooghe & Campens, 2009; Deuninck & Vervloet, 2016; Van der Straeten & Deuninck, 2016; Jourquin S., 2012), nationale en Vlaamse landbouwstatistieken (o.a. <https://lv.vlaanderen.be/nl/voorlichting-info/feiten-cijfers/landbouwcijfers#bedrijfseconomische%20resultaten>; <https://economie.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/economie/landbouw/bedrijven/>; <http://plattelandswijzer.nettools.be/default.aspx?PageId=101>; wekelijkse prijsinformatie van de veilingen op <https://lv.vlaanderen.be>, historische proefveldresultaten en expertise.

De N-responscurves worden uitgedrukt als financiële opbrengst (€/ha) in functie van beschikbare N.

Voor het opstellen van deze responscurves werd uitgegaan van de volgende vereenvoudigingen en veronderstellingen:

- De beschikbare N werd opgesplitst in N geleverd door de bodem (mineralisatie van organische stof) en door depositie enerzijds en N-bemesting anderzijds.
- De hoeveelheid N geleverd door de bodem werd geschat op basis van de maandelijkse N-mineralisatie (gemiddeld voor alle bodemtexturen) zoals berekend in het Neco²-project (Herelixka *et al.*, 2002). Deze werd voor elke teeltgroep gesommeerd over de maanden dat het gewas op het veld staat (tot 1 maand vóór de oogst voor sommige gewassen zoals granen, maïs, vlas, koolzaad).

Voor de N-levering door de bodem onder grasland (cfr. opmerking werkoverleg 8/8/2018, verder besproken op 11/10/2018) is het zeer moeilijk om eenduidige cijfers te vinden, ook omwille van de grote verscheidenheid in soorten grasland (eenjarig, meerjarig, ...), beheer (intensiteit van maaien, begrazen), ouderdom en frequentie van vernieuwen van grasland. Graslandpercelen bevatten gemiddeld meer organische stof in de bouwlaag dan akkers en kunnen dus potentieel meer N leveren. Anderzijds is de mineralisatiesnelheid van de aanwezige organische stof onder grasland kleiner omdat de organische stof meer beschermd zit (Van Opstal *et al.*, 2016). Bij vernieuwen of scheuren van grasland echter wordt deze organische stof versneld gemineraliseerd. De huidige wetgeving stelt dat meerjarig grasland dat minstens 5 jaar niet gescheurd wordt, wordt beschouwd als blijvend grasland, met strenge beperkingen op

scheuren/vernieuwen. De meeste landbouwers zullen dit proberen te vermijden, daarom kunnen we de (gemiddelde) frequentie van graslandvernieuwing in Vlaanderen schatten op 5 jaar. D.w.z. dat grofweg 1/5 van het meerjarig-graslandareaal in Vlaanderen pas vernieuwd is, 1/5 is 1 jaar oud, 1/5 is 2 jaar oud enz. In het kader van dit project zullen we er van uitgaan dat al deze effecten (hogere OS-opslag, tragere mineralisatie, regelmatige graslandvernieuwing) elkaar gedeeltelijk compenseren en dat er dus gemiddeld over Vlaanderen weliswaar iets meer N-mineralisatie is onder grasland dan onder akkerbouw, maar zeker niet dubbel zo veel. Op basis van het werkoverleg van 11/10/2018 werd dan ook beslist om de N-levering door de bodem voor grasland te vermenigvuldigen met 1,2.

- De hoeveelheid N geleverd door atmosferische depositie werd geschat op 30 kg N/ha/jaar, ofwel 2,5 kg N/ha/maand en voor elke teeltgroep gesommeerd over de relevante maanden, analoog aan de N geleverd door de bodem.
- De "optimale" hoeveelheid beschikbare N (Nopt) is de hoeveelheid die minimaal nodig is om de maximale opbrengst (Ymax) te bekomen; ze komt overeen met de N geleverd door de bodem en door depositie aangevuld met een "optimale" (of advies-) bemesting.
- Hogere beschikbare N-hoeveelheden dan Nopt geven geen meeropbrengst meer.
- De beschikbare-N-hoeveelheid waarbij de opbrengst daalt tot 0 €/ha (N0) is bij de meeste gewassen gelijk aan 0; bij een aantal gewassen (groenten, aardappelen) is deze groter dan 0; bij vlinderbloemige gewassen is deze kleiner dan 0, d.w.z. dat deze gewassen zelfs bij 0 kg/ha beschikbare N in de bodem nog een opbrengst kunnen opleveren (dank zij hun potentiële N-fixatie).
- Tussen N0 en Nopt stijgt de opbrengst (Y) lineair. Boven Nopt blijft de opbrengst constant op Ymax. Onder N0 blijft de opbrengst constant gelijk aan 0.

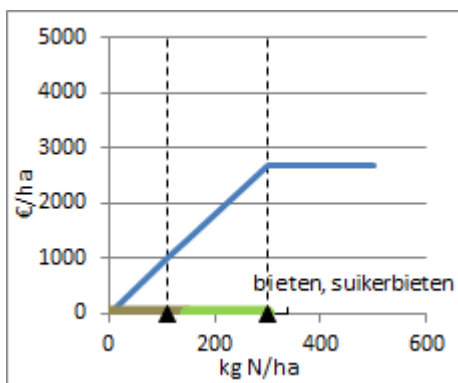
De N-responscurves per teelttechniek kregen dus de volgende formule:

$$Y = a + b \cdot N$$

als $Y > Y_{max}$ dan $Y = Y_{max}$

als $Y < 0$ dan $Y = 0$

Voor elke teeltgroep werden de waarden voor Ymax, a en b bepaald (Tabel 48).



Figuur 74: Voorbeeld van een vereenvoudigde N-responscurve voor suikerbieten



Tabel 48: Vereenvoudigde N-responscurves per teeltgroep: N-levering door bodem, depositie en (optimale) bemesting, Nopt (optimale hoeveelheid beschikbare N), N0 (beschikbare N waarbij de opbrengst=0), Ymax (maximale opbrengst), a (opbrengst bij beschikbare N = 0) en b (meeropbrengst per kg N)

Teelt	N bodem +depositie kg N/ha	optimale N- bemesting kg N/ha	Nopt kg N/ha	N0 kg N/ha	Ymax €/ha	a €/ha	b €/kg N
aardappelen	148	200	348	58	5000	-1007	17
andere gewassen	148	145	293	8	2643	-77	9
bieten, suikerbieten	148	150	298	0	2700	0	9
bieten, voederbieten	148	160	308	0	2500	0	8
cichorei	148	85	233	0	3500	0	15
granen, andere	128	120	248	0	1650	0	7
granen, gerst, wintergerst	128	125	253	0	1500	0	6
granen, gerst, zomergerst	59	110	169	0	1100	0	7
granen, tarwe, wintergerst en -triticale	154	160	314	0	1800	0	6
granen, tarwe, zomertarwe en -triticale	85	125	210	0	1300	0	6
grasklaver, eenjarig	241	138	379	-797	1079	881	1
grasklaver, meerjarig	241	175	416	-1019	1540	1094	1
grasland, eenjarig	241	310	551	0	1300	0	2
grasland, meerjarig	241	310	551	0	1320	0	2
groenten, ajuinen, industrie	97	100	197	0	6000	0	30
groenten, ajuinen, vers	97	100	197	0	14000	0	71
groenten, andere, industrie	85	150	235	0	4685	0	20
groenten, andere, vers	85	150	235	0	22850	0	97
groenten, erwten en bonen, industrie	133	50	183	-467	2200	1582	3
groenten, erwten en bonen, vers	133	50	183	-467	18000	1294	28
groenten, knolselder, industrie	85	180	265	0	3500	0	13
groenten, knolselder, vers	85	180	265	0	11000	0	42
groenten, kolen, andere, industrie	85	175	260	0	3198	0	12
groenten, kolen, andere, vers	85	175	260	0	4478	0	17
groenten, kolen, bloemkool, industrie	85	210	295	0	7200	0	24
groenten, kolen, bloemkool, vers	85	210	295	0	14000	0	47
groenten, kolen, spruitkool, industrie	161	200	361	0	7500	0	21
groenten, kolen, spruitkool, vers	161	200	361	0	12000	0	33
groenten, kolen, witte kool, industrie	85	210	295	0	8000	0	27
groenten, kolen, witte kool, vers	85	210	295	0	16000	0	54
groenten, prei, industrie	90	210	300	0	7500	0	25
groenten, prei, vers	90	210	300	0	15000	0	50
groenten, selder, industrie	85	200	285	0	3500	0	12
groenten, selder, vers	85	200	285	0	12320	0	43
groenten, sla, industrie	35	130	165	0	9750	0	59
groenten, sla, vers	35	130	165	0	19500	0	118
groenten, spinazie, industrie	47	180	227	65	1600	-640	10
groenten, spinazie, vers	47	180	227	65	8380	-3352	52
groenten, witloof (wortel)	85	0	85	0	4000	0	47
groenten, wortelen, industrie	148	90	238	0	4000	0	17
groenten, wortelen, vers	148	90	238	0	12000	0	50
kruiden	202	150	322	0	3800	0	11



maïs, korrelmaïs	111	150	261	0	1500	0	6
maïs, snijmaïs	111	150	261	0	2200	0	8
oliehoudende zaden	150	145	295	0	2100	0	7
vlas, vezelvlas	71	30	101	0	1900	0	19
voedergewassen, andere	133	145	278	-463	1871	1169	3
voedergewassen, vlinderbloemigen, eenjarig	133	20	153	-197	1100	621	3
voedergewassen, vlinderbloemigen, meerjarig	202	10	182	-1068	1760	1469	1

6.1.6 Berekening van de meemesthoeveelheid per perceel

Op basis van de bemestingshoeveelheden per mesttype (uit BAM) en de toegewezen bemestingstechnieken werd voor elk perceel berekend hoeveel meststoffen er via meemesten in de waterloop terecht komen, via de methode beschreven in 6.1.4.2. De berekening werd voor elk perceel uitgevoerd per bemestingstechniek, waarna de meemesthoeveelheden werden opgeteld voor N en voor P.

6.1.7 Berekening van de opbrengstverliezen per perceel

6.1.7.1 Toegepaste vereenvoudigingen en veronderstellingen

- Opbrengsten werden berekend op basis van de N-bemesting; eventuele effecten van de P-bemesting werden buiten beschouwing gelaten (zie 6.1.5).
- Berekeningen werden enkel uitgevoerd voor de hoofdteelt. Voor bepaalde teeltgroepen waarvan we veronderstellen dat er meestal meer dan 1 teelt per jaar op een perceel geoogst wordt (sommige groenten, gras-maïs), werden de berekende opbrengst(verliez)en achteraf vermenigvuldigd met een factor i.f.v. het geschatte aantal teelten per jaar (Tabel 49).

Tabel 49: Correctiefactoren opbrengstverliezen (o.b.v. overleg met VLM, e-mail van 31/10/2018)

	Correctiefactor: aantal teelt(opbrengst)en per jaar
groenten, andere, industrie	2
groenten, andere, vers	2
groenten, erwten en bonen, industrie	2
groenten, erwten en bonen, vers	2
groenten, kolen, bloemkool, industrie	2
groenten, kolen, bloemkool, vers	2
groenten, prei, industrie	2
groenten, prei, vers	2
groenten, sla, industrie	4
groenten, sla, vers	4
groenten, spinazie, industrie	2
groenten, spinazie, vers	2
maïs, snijmaïs	1,2

- Percelen met teelt = "geen" werden buiten beschouwing gelaten (zie 6.2.3).
- Percelen zonder BAM-N-bemesting werden buiten beschouwing gelaten .
- Voor scenario's met een teeltvrije strook van 1 m (cfr. huidige wetgeving) werd in alle percelen, zowel langs geklasseerde als langs niet-geklasseerde waterlopen, 1 m teeltvrije strook verondersteld (d.w.z. met

////////////////////////////////////

opbrengst = 0). Er werd van uitgegaan dat landbouwers nooit bemesten in de teeltvrije strook, m.a.w. dat er altijd een bemestingsvrije strook van minstens 1 m (=TVS) wordt aangehouden. Het basisscenario met teeltvrije strook (s0+) wordt dus:

- o langs geklasseerde waterlopen: 5 m bemestingsvrije strook = 4 m met teelt + 1 m zonder teelt,
- o langs niet-geklasseerde waterlopen: 1m bemestingsvrije strook = 1 m zonder teelt.

In dit scenario zal het meemest-effect in niet-geklasseerde waterlopen dus ook kleiner zijn dan in het basisscenario zonder teeltvrije strook (s0).

- Bij de berekening van de opbrengstverliezen werd een onderscheid gemaakt tussen de directe opbrengstverliezen, in het eerste jaar dat een bemestingsvrije strook wordt toegepast, en de opbrengstverliezen op langere termijn, na 10 jaar toepassing van de bemestingsvrije strook. Bij de laatste wordt er van uitgegaan dat de N-levering door de bodem, na 10 jaar nulbemesting, daalt tot 60% van de oorspronkelijke levering, omwille van een daling van het organische-stofgehalte in de bodem (cfr. werkoverleg 8/8/2018).

6.1.7.2 Zones met lagere opbrengst, berekening gemiddelde N-dosis en opbrengstverliezen

In de werkgang naast de waterloop is de bemestingsdosis in de zone tussen de machine en de waterloop voor een aantal (niet-precisie-)bemestingstechnieken lager dan de gewenste dosis. In deze zone treden dan ook opbrengstverliezen op.

Voor de precisie-bemestingstechnieken (bv. injectie, sleepslangbemesting, rijenbemesting,...) werd verondersteld dat de bemestingsdosis in de direct bemeste zone gelijk is aan 100% van de gewenste dosis. Voor deze technieken treden opbrengstverliezen dan ook enkel op in de bemestingsvrije strook, waar de bemestingsdosis voor deze technieken meestal (bij benadering) gelijk is aan 0.

Voor de andere (breedwerpige) technieken kan ook in de direct bemeste zone een lagere bemestingsdosis en dus opbrengstverlies voorkomen.

Voor de berekening van de opbrengstverliezen werd de werkgang naast de waterloop (zone met lagere bemesting) opgesplitst in een Direct Bemeste Zone (DBZ) en een bemestingsvrije strook (MLS) (zie 6.1.1). Per perceel werd voor beide zones de gemiddelde (totale) N-bemesting berekend en daaruit de gemiddelde opbrengst en de opbrengstverliezen, met behulp van de vereenvoudigde opbrengstresponscurves (zie 6.1.5).

Om de gemiddelde (totale) N-bemesting per zone te berekenen moeten in theorie de (max. 4) mesttoedieningen per perceel (vaste en vloeibare kunstmest, vaste en vloeibare organische mest) opgeteld worden om tot een totale bemestingsdosis te komen.

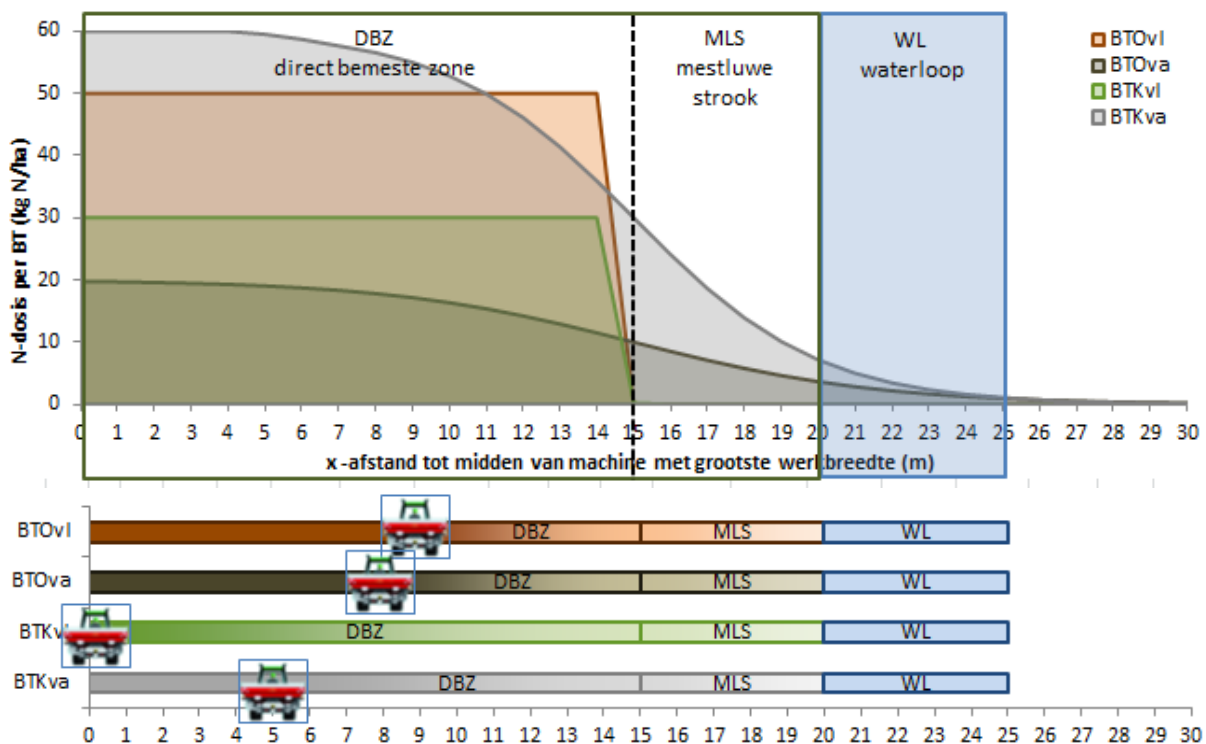
In de praktijk is de werkbreedte, en dus ook de breedte van de direct bemeste zone (DBZ), echter meestal verschillend voor de verschillende bemestingstechnieken toegepast op een zelfde perceel. Bovendien kan, voor sommige scenario's, ook de breedte van de bemestingsvrije strook (MLS) verschillen tussen de gebruikte bemestingstechnieken binnen een zelfde perceel. De berekende gemiddelde bemestingsdosisen voor DBZ en MLS per bemestingstechniek kunnen dus niet zomaar opgeteld worden.

Daarom werden voor elk perceel eerst een "globale" direct bemeste zone (DBZg) en een "globale" bemestingsvrije strook (MLSg) afgebakend, over alle bemestingstechnieken heen.



Voor scenario's met een vaste bemestingsvrije-strookbreedte (Figuur 75) is de MLS voor alle bemestingstechnieken even breed (MLS = MLSg). De gemiddelde N-bemestingsdosis berekend per bemestingstechniek voor deze zone kunnen hier dus wel opgeteld worden (zie 6.1.4.3).

De direct bemeste zone is echter verschillend naargelang de bemestingstechniek. Daarom werd de breedte van de "globale" DBZ (DBZg) gelijk gesteld aan de halve werkbreedte van de breedst werkende bemestingstechniek (bv. BTKMvl in Figuur 75). Voor de minder breed werkende technieken werd de gemiddelde bemestingsdosis in DBZg berekend door hun mestspreadscurve te integreren tot aan de machine (zie 6.1.4.3) en dan verder door te trekken op basis van de volleleveldse bemestingsdosis. Op die manier werd voor elk van de (max.) 4 bemestingstechnieken een gemiddelde N-bemestingsdosis over dezelfde oppervlakte bekomen, die daarna eenvoudig kon opgeteld worden.



Figuur 75: toepassing van bemestingstechnieken met vaste breedte van de bemestingsvrije strook op een perceel: situering van de bemestingsmachines en breedte van de bemestingszones langs de waterloop (in m)

DBZ = Direct Bemeste Zone (breedte = ½ werkbreedte), MLS = bemestingsvrije strook, WL = waterloop

Voor scenario's met een variabele (optimale) breedte van de bemestingsvrije strook (OSB) verschilt niet alleen de breedte van de direct bemeste zone maar ook van de bemestingsvrije strook tussen de bemestingstechnieken binnen een zelfde perceel (Figuur 76). Om in dit geval DBZg en MLSg af te bakenen werden per perceel enkele bijkomende variabelen gedefinieerd:

- Dmax: de maximale afstand tussen een machine en de waterloop = $\max(\frac{1}{2}MB + OSB)$ [m]
- OSBmax: de maximale "optimale strookbreedte" = $\max(OSB)$ [m]

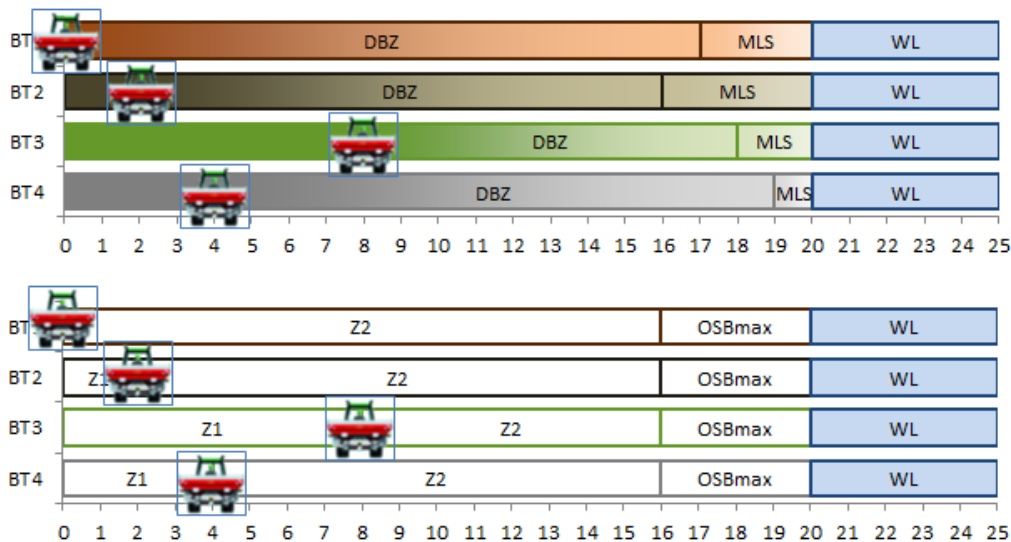


- gDBZ: "globale" direct bemeste zone = $(D_{max} - OSB_{max}) * GL$ [m²]
- gMLS: "globale" bemestingsvrije strook = $OSB_{max} * GL$ [m²]

en per bemestingstechniek de volgende variabelen (afstanden tot de machine):

- Z = zone met verminderde bemesting = $\frac{1}{2}MB + OSB$ [m]
- Z1 = zone links van de machine tot aan de breedst werkende machine = $D_{max} - OSB - \frac{1}{2}MB = D_{max} - Z$ [m]
- Z2 = zone rechts van de machine tot aan OSBmax = $\frac{1}{2}MB + OSB - OSB_{max}$ [m]

Voor elk perceel werden de gemiddelde bemestingsdosissen in DBZg en in MLSg per bemestingstechniek berekend op basis van de overeenkomstige afstanden tot de machine, volgens de methode beschreven in 6.1.4.3, waarna ze konden opgeteld worden.



Figuur 76: toepassing van bemestingstechnieken met variabele (optimale) breedte van de bemestingsvrije strook op een perceel: situering van de bemestingsmachines en breedte van de bemestingszones langs de waterloop (in m)
 DBZ = Direct Bemeste Zone (breedte = $\frac{1}{2}$ werkbreedte), MLS = bemestingsvrije strook, WL = waterloop, OSB = optimale breedte bemestingsvrije strook

6.1.8 Berekening machinekosten

6.1.8.1 Gewogen gemiddelde machinekost per bemestingstechniek

De kostprijzen van de bemestingstechnieken zijn uitgedrukt in €/ha (zie Tabel 26 en 6.2.2).

Voor de scenarioberekeningen werd per bemestingstechniek een gewogen gemiddelde berekend van de kostprijs per ha bij uitvoering in eigen beheer (kostEB) en bij uitvoering in loonwerk (kostLW), volgens de verdeling van hun areaal (resp. %VL_EB en %VL_LW) in Vlaanderen:

$$\text{Kost/ha} = ((\text{kostEB}) * (\%VI_{EB}) + (\text{kostLW}) * (\%VI_{LW})) / (\%VI)$$

////////////////////////////////////

Tabel 50: Maximaal aantal bemestingsdoorgangen per jaar in functie van de teeltgroep

TeeltgroepBVS	aantal doorgangen			Totaal
	KM	OMva	OMvl	
aardappelen	1	1	1	3
andere gewassen	1	1	1	3
bieten, suikerbieten	1	1	1	3
bieten, voederbieten	1	1	1	3
cichorei	1	1	1	3
granen, andere	2	1	1	4
granen, gerst, wintergerst	2	1	1	4
granen, gerst, zomergerst	2	1	1	4
granen, tarwe, wintertarwe en -triticale	3	1	1	5
granen, tarwe, zomertarwe en -triticale	3	1	1	5
grasklaver, eenjarig	2	1	1	4
grasklaver, meerjarig	2	1	1	4
grasland, meerjarig	3	1	2	6
groenten, ajuinen, industrie	1	1	1	3
groenten, ajuinen, vers	1	1	1	3
groenten, andere, industrie	2	1	1	4
groenten, andere, vers	2	1	1	4
groenten, erwten en bonen, industrie	2	1	1	4
groenten, erwten en bonen, vers	2	1	1	4
groenten, knolselder, industrie	1	1	1	3
groenten, knolselder, vers	1	1	1	3
groenten, kolen, andere, industrie	1	1	1	3
groenten, kolen, andere, vers	1	1	1	3
groenten, kolen, bloemkool, industrie	2	1	1	4
groenten, kolen, bloemkool, vers	2	1	1	4
groenten, kolen, spruitkool, industrie	1	1	1	3
groenten, kolen, spruitkool, vers	1	1	1	3
groenten, kolen, witte kool, industrie	1	1	1	3
groenten, kolen, witte kool, vers	1	1	1	3
groenten, prei, industrie	2	1	1	4
groenten, prei, vers	2	1	1	4
groenten, selder, industrie	1	1	1	3
groenten, selder, vers	1	1	1	3
groenten, sla, industrie	4	1	1	6
groenten, sla, vers	4	1	1	6
groenten, spinazie, industrie	2	1	1	4
groenten, spinazie, vers	2	1	1	4
groenten, wortelen, industrie	1	1	1	3
groenten, wortelen, vers	1	1	1	3
kruiden, industrie	1	1	1	3
kruiden, vers	1	1	1	3
maïs, korrelmaïs	1	1	1	3
maïs, snijmaïs	1.2	1	1	3.2
oliehoudende zaden	1	1	1	3
vlas, vezelvlas	1	1	1	3



voedergewassen, andere	1	1	1	3
voedergewassen, vlinderbloemigen, eenjarig	1	1	1	3
voedergewassen, vlinderbloemigen, meerjarig	1	1	1	3

6.1.8.5 Afschrijvingskosten

Tijdens het werkoverleg van 8/8/2018 werd geopperd dat er, voor de berekening van de machinekosten bij bemesten in eigen beheer, een onderscheid moet gemaakt worden tussen de kost wanneer landbouwers werken met oude, reeds afgeschreven machines (afschrijvingskost = 0) en de kost als deze landbouwers andere bemestingstechnieken zouden moeten toepassen (bv. de Best Beschikbare Techniek) en dus nieuwe machines zouden moeten aankopen (afschrijvingskost belangrijk). Voor loonwerk geldt dit onderscheid niet.

Als de afschrijvingskost steeds meegerekend zou worden in de machinekost zou dit voor sommige scenario's zeer (te) grote kosten opleveren, terwijl het niet meerekenen van de afschrijvingskost in veel gevallen ook niet realistisch is. De manier waarop dit in rekening gebracht wordt weegt waarschijnlijk zeer zwaar door in de besluiten die we willen trekken uit de scenarioberekeningen.

Als oplossing voor dit dilemma werd voor de scenario's gerekend met 2 verschillende machinekosten per bemestingstechniek in eigen beheer, nl. een kost zonder en een kost met inbegrip van de afschrijvingskost (resp. kostEBza en kostEBma).

Dit betekent dat er per techniek ook 2 gewogen gemiddelde machinekosten berekend werden:

- Kost bestaande machine = machinekost indien de bemestingstechniek niet wijzigt
= gewogen gemiddelde van kostEBza en kostLW, op basis van %EB en %LW
- Kost nieuwe machine = machinekost indien bemestingstechniek wijzigt
= gewogen gemiddelde van kostEBma en kostLW, op basis van %EB en %LW

waarbij:

kostEBza = machinekost in eigen beheer, zonder afschrijving	[€/ha]
kostEBma = machinekost in eigen beheer, met afschrijving	[€/ha]
kostLW = machinekost in loonwerk	[€/ha]
%EB = percentage van de techniek uitgevoerd in eigen beheer (in Vlaanderen)	[%]
%LW = percentage van de techniek uitgevoerd in loonwerk (in Vlaanderen)	[%]

De op deze manier berekende kostprijzen worden voorgesteld in Tabel 51.

In de scenario's werden deze machinekosten per perceel als volgt in rekening gebracht:

indien de gebruikte bemestingstechniek niet wijzigt t.o.v. scenario s0:

machinekost = kost bestaande machine

indien de gebruikte bemestingstechniek wel wijzigt t.o.v. scenario s0:

machinekost = kost nieuwe machine



Dit komt overeen met de volgende veronderstellingen:

1. Voor bestaande technieken die in eigen beheer toegepast worden, wordt nooit een afschrijvingskost gerekend.
2. Als de bemestingstechniek in een bepaald scenario voor een bepaald perceel wijzigt (bv. naar de best beschikbare techniek) zullen de landbouwers die in eigen beheer werken deze nieuwe machine aankopen; in dat geval wordt de afschrijvingskost wel meegerekend.
3. De verhouding tussen loonwerk en eigen beheer wijzigt niet. Hiermee maken we waarschijnlijk een fout, want in de praktijk zullen landbouwers die verplicht worden om een nieuwe bemestingstechniek met een grote afschrijvingskost toe te passen, vaak geneigd zijn om dit door een loonwerker te laten uitvoeren.

Vooral punt 3 is belangrijk, maar deze fout kunnen we niet vermijden omdat we geen idee hebben hoe de verhouding loonwerk/eigen beheer zou veranderen.

Scenario sk (zie 6.3.6) is een apart geval: hier worden alle bestaande machines waar mogelijk uitgerust met kantstrooien, voor zover dit nog niet het geval was. Hiervoor rekenen we een meerkost van 5% aan, enkel voor de percelen waar de huidige bemestingstechniek nog niet uitgerust was met kantstrooien (en waar er een overeenkomstige techniek met kantstrooien bestaat).

Tabel 51: Berekende kostprijzen per bemestingstechniek (BT) en per doorgang

Mesttype	Bemestingstechniek		Eigen beheer		Loonwerk €/ha	Gewogen gemiddelden van Eigen beheer en Loonwerk	
			zonder afschrijving	met afschrijving		Bestaande machine €/ha	Nieuwe machine €/ha
			€/ha	€/ha			
OMva	SchStr	Schotelstrooier	13	336	102	39	267
OMva	SchStr_K	Schotelstrooier met kantstrooiplaat	13	353	107	98	131
OMva	VerWal	Verticale walsen	12	124	53	14	121
OMva	VerWal_K	Verticale walsen met kantstrooiplaat	13	130	56	47	71
OMva	HorWal	Horizontale walsen	12	220	53	18	198
OMvl	BreWer	Breedwerpige mestspreider	40	74	90	56	80
OMvl	SleSla	Sleepslangbemester	15	66	78	30	69
OMvl	SleVoe	Sleepvoetbemester	15	34	78	29	44
OMvl	ZodBem	Zodenbemester, -injectie, sleufkouter	16	48	34	23	43
OMvl	Boulnj	Bouwlandinjector	22	34	40	28	36
KMva	CenStr	Centrifugaalstrooier	6	22	10	6	22
KMva	CenStr_KA	Centrifugaalstrooier kant af	6	23	11	6	23
KMva	CenStr_KO	Centrifugaalstrooier kant op	6	23	11	6	23
KMva	PenStr	Pendelstrooier	6	10	10	6	10
KMva	PenStr_K	Pendelstrooier met kanststrooien	6	11	11	6	11
KMva	PneStr	Pneumatische strooier	5	101	8	5	101
KMva	VijStr	Vijzelstrooier	5	101	8	5	101
KMva	RijVas	Rijenbemester vaste kunstmest	5	11	5	5	11
KMvl	VelSpu	Veldspuit	10	60	18	10	55
KMvl	RijVlo	Rijenbemester vloeibare kunstmest	9	11	9	9	11



Tabel 52: VLM-teeltcodes die niet meegenomen worden in de scenarioberekeningen

Gewastcode VLM	Omschrijving
81	Spontane bedekking
98	Faunamengsel
100	Niet ingezaaid akkerland
639, 643, 644, 645, 646, 647, 648	Groenbedekkers: snijrogge, mosterd, lupinen, facelia, tagetes, ...
883, 994, 8910, 8911, 8912, 8915	Bebossing
954, 962, 9547, 9565, 9570, 9571, 9572, 9573, 9574, 9575, 9576, 9577, 9578, 9580, 9581, 9582, 9583, 9584	Sierteelt
963	Wijmenaanplantingen
9201, 9202	Hazelnoten, Walnoten
9516, 9724	Aardbeien, aardbeiplanten
9536	Champignons (loods)
9560, 9602, 9603, 9604	Boomkweek
9710, 9711, 9713, 9714, 9715, 9716, 9725, 9726, 9727	Meerjarige fruitteelten, druiven
9717, 9718, 9719, 9720, 9721, 9722, 9723, 9729	Bessen
9821	Tabak
9822	Hop
9824, 9825	Grassen en heide in natuurbeheer

Voor het opstellen van de N-responscurves en voor de scenario-doorrekeningen werden de resterende teeltcodes in 48 teeltgroepen (TG) ingedeeld. Voor groenten werd hierbij, omwille van de grote verschillen in financiële waarde, steeds een onderscheid gemaakt tussen groenten bestemd voor de industrie en groenten bestemd voor de versmarkt.

Voor de voorstelling van de resultaten werden deze teeltgroepen op hun beurt ingedeeld in 3 grotere teeltgroepen of klassen: grasland, akkerbouw, groenten.

Aan elk van de teeltgroepen werden de nodige variabelen m.b.t. de vereenvoudigde responscurve (zie 6.1.5) en het maximaal aantal bemestingsdoorgangen per jaar (zie 6.1.8.4) toegekend.



Tabel 53: Indeling teeltcodes VLM in 48 teeltgroepen en 3 teeltklassen

Teeltklasse	Teeltgroep	Overeenkomstige teeltcodes VLM
akkerbouw	aardappelen	901, 902, 904, 905
akkerbouw	andere gewassen	85, 96, 872, 922, 999, 9569
akkerbouw	bieten, suikerbieten	91
akkerbouw	bieten, voederbieten	71
akkerbouw	cichorei	9811, 9812
akkerbouw	granen, andere	34, 36, 37, 39, 331, 332
akkerbouw	granen, gerst, wintergerst	321, 323
akkerbouw	granen, gerst, zomergerst	322
akkerbouw	granen, tarwe, wintertarwe en -triticale	655, 9656
akkerbouw	granen, tarwe, zomertarwe en -triticale	312
akkerbouw	maïs, korrelmaïs	202
akkerbouw	maïs, snijmaïs	201
akkerbouw	oliehoudende zaden	42, 44, 4111, 4121
akkerbouw	vlas, vezelvas	921
akkerbouw	voedergewassen, andere	741, 742, 743, 746
akkerbouw	voedergewassen, vlinderbloemigen, eenjarig	43, 51, 52, 721, 731, 744
akkerbouw	voedergewassen, vlinderbloemigen, meerjarig	722, 732
grasland	grasklaver, eenjarig	412
grasland	grasklaver, meerjarig	1344, 63
grasland	grasland, meerjarig	955, 61, 62, 9823
groenten	groenten, ajuinen, industrie	8514, 8563
groenten	groenten, ajuinen, vers	9514, 9563
groenten	groenten, andere, industrie	8511, 8517, 8529, 8530, 8533, 8534, 8537, 8541, 8542, 8556, 8558, 8559, 8561, 8515
groenten	groenten, andere, vers	961, 951, 9409, 9511, 9517, 9529, 9530, 9531, 9532, 9533, 9534, 9537, 9541, 9542, 9550, 9552, 9553, 9554, 9555, 9556, 9558, 9561, 9515
groenten	groenten, erwten en bonen, industrie	831, 832, 8410, 8411
groenten	groenten, erwten en bonen, vers	94, 931, 932, 9410
groenten	groenten, knolselder, industrie	8543
groenten	groenten, knolselder, vers	9543
groenten	groenten, kolen, andere, industrie	8524, 8527, 8546, 8620
groenten	groenten, kolen, andere, vers	9620, 9525, 9526, 9527, 9546
groenten	groenten, kolen, bloemkool, industrie	8523
groenten	groenten, kolen, bloemkool, vers	9523
groenten	groenten, kolen, spruitkool, industrie	8512
groenten	groenten, kolen, spruitkool, vers	9512
groenten	groenten, kolen, witte kool, industrie	8540
groenten	groenten, kolen, witte kool, vers	9540
groenten	groenten, prei, industrie	8538
groenten	groenten, prei, vers	9538
groenten	groenten, selder, industrie	8539, 8551
groenten	groenten, selder, vers	9548, 9551
groenten	groenten, sla, industrie	8518, 8544, 8557
groenten	groenten, sla, vers	9518, 9544, 9557
groenten	groenten, spinazie, industrie	8519
groenten	groenten, spinazie, vers	9519
groenten	groenten, wortelen, industrie	8535, 8564
groenten	groenten, wortelen, vers	9535, 9564
groenten	kruiden, industrie	856, 859, 860, 864, 865, 882, 983
groenten	kruiden, vers	956, 957, 959



6.2.3.2 Variabelen

Naam tabel: tblTeeltgroepen.

Variabelen:

- TG_ID: Code van de teeltgroep
- TG_Naam: Naam van de teeltgroep
- TG_Klasse: Klasse van de teeltgroep (grasland, akkerbouw of groenten)
- TG_Nbodem: N geleverd door de bodem tijdens de groeiperiode van de teelt [kg N/ha]
- TG_Ndepositie: N geleverd door atmosferische depositie tijdens de groeiperiode van de teelt [kg N/ha]
- TG_Nmest: Normale N-bemesting [kg N/ha]
- TG_NO: (fictieve) hoeveelheid beschikbare N waarbij 0-opbrengst behaald wordt [kg N/ha]
- TG_Nnorm: normale hoeveelheid beschikbare N (waarbij een normale opbrengst behaald wordt) [kg N/ha]
- TG_Ynorm: normale opbrengst [€/ha]
- TG_a: intercept van de vereenvoudigde N-responscurve [€/ha]
- TG_b: helling van de vereenvoudigde N-responscurve [€/kg N]
- TG_nKM: maximaal aantal doorgangen per perceel per jaar voor bemesting met kunstmest []
- TG_nOMva: maximaal aantal doorgangen per perceel per jaar voor vaste organische bemesting []
- TG_OMvl: maximaal aantal doorgangen per perceel per jaar voor vloeibare organische bemesting []



6.3 WP16: OPBOUW VAN SCENARIO'S O.B.V. BEMESTINGSTECHNIKEN, BEMESTINGSVRIJE STROOKBREEDTES EN WATERLOPEN

Doel: Rekening houdend met de kennis opgedaan in de luiken 1, 2 en 3 werden 15 scenario's opgebouwd en geanalyseerd voor Vlaanderen, voor variabelen waarop de regelgeving gebaseerd is of zich kan baseren.

De opbouw van de scenario's is gebaseerd op de volgende variabelen:

- a. Bemestingstechnieken (BT) (zie 6.1.3.2):
 1. HBT = Huidige bemestingstechnieken;
 2. SBT = Slechtst beschikbare technieken vanuit ecologisch standpunt. Deze werden gedefinieerd voor de doorrekening van "worst case" scenario's.
 3. BBT = Best beschikbare bemestingstechnieken, vanuit ecologisch standpunt.
 4. HBTk = Huidige bemestingstechnieken waar mogelijk en relevant uitgerust met kantstrooien.
- b. Breedte van de bemestingsvrije strook (SB):
 1. 5 m: Huidige wetgeving;
 2. 1 m;
 3. OSB = Optimale strookbreedtes per BT (OSB) (zie 6.1.4.4). Deze wordt gedefinieerd als de strookbreedte waarbij maximaal 0,1% van de toegediende bemestingsdosis in de waterloop terechtkomt via meemesten (zie 6.1.4.2). Indien deze groter is dan 15 meter, wordt een SB van 15 meter toegepast;
 4. -0,5 x halve werkbreedte (d.w.z. dat de machine 50% dichterbij de waterloop rijdt, wat waarschijnlijk in de praktijk af en toe gebeurt) voor de berekening van het extreem worst case scenario;
 5. andere varianten op basis van feedback van de stuurgroep en de werkvergaderingen: 2 m, 3 m, 10 m.
- c. Oppervlaktewaters waarvoor bemestingsvrije-strookbreedtes worden toegepast (OW):
 1. K = voor geklasseerde waterlopen;
 2. NK= voor niet-geklasseerde waterlopen.
- d. Toepassing van een teeltvrije strook (TVS):
 1. Geen teeltvrije strook,
 2. Teeltvrije strook van 1 m breed,
 3. Andere varianten op basis van feedback van de stuurgroep en de werkvergaderingen: 2 m, 3 m.

Op basis van de hierboven opgelijste variabelen werden in samenspraak met de stuurgroep 15 scenario's gedefinieerd (Tabel 54).

Deze scenario's kunnen opgedeeld worden in

- 3 referentiescenario's (s0),
- 3 "worst case" scenario's (swc),
- 4 "best case" scenario's (sbc),
- een extreem scenario (extr),
- 3 handhaafbaarheidsscenario's (sh) en
- een kantstrooisceario (sk).



Tabel 54: Lijst scenario's

Nr.	Code	Naam	SB_K	SB_NK	TVS	BT	verdere specificatie
1	s0	referentie 2017	5m	0,5m	/	HBT	
2	s0+	referentie 2018	5m	1m	1m	HBT	s0 + invoering TVS
3	s0b	referentie 2017 + NK	5m	5m	/	HBT	s0 uitbreiding naar NK waterlopen
4	swc1	worst case 1	0m (0,5m)*	0m (0,5m)*	/	HBT	geen SB of TVS
5	swc2	worst case 2	0m (0,5m)*	0m (0,5m)*	/	SBT	idem + slechtste BT
6	swc3	worst case 3	0m (0,5m)*	0m (0,5m)*	/	SBT	idem + bemesting 50% dichter bij W
7	sbc1	best case 1	opt. (0,5-15m)	opt. (0,5-15m)	/	HBT	optimale SB per BT, zonder TVS
8	sbc1+	best case 4	opt. (1-15m)	opt. (1-15m)	1m	HBT	optimale SB per BT, met TVS
9	sbc2	best case 2	opt. (1-15m)	opt. (1-15m)	1m	BBT	idem met beste BT
10	sbc3	best case 3	5m	1m	1m	BBT	beste BT met huidige SB
11	sextr	extreem	10m	10m	1m	HBT	extreme SB
12	sh1	handhaafbaarheid 1	1m	1m	1m	HBT	handhaafbaar scenario met 1m SB
13	sh2	handhaafbaarheid 2	2m	2m	2m	HBT	handhaafbaar scenario met 2m SB
14	sh3	handhaafbaarheid 3	3m	3m	3m	HBT	handhaafbaar scenario met 3m SB
15	sk	effect kantstrooien	5m	1m	1m	HBTk	kantstrooien waar mogelijk, kant af (granen: kant op)

* Voor de berekening van de meemesteffecten wordt als bemestingsvrije-strookbreedte 0,5 m genomen, om te vermijden dat er bij precisiebemestingstechnieken zoals mestinjectie toch een kleine meemesthoeveelheid zou berekend worden, door het gebruik van de theoretische exponentiële mestspreadscurves. Voor de berekening van de opbrengstverliezen wordt de breedte van de bemestingsvrije strook gelijk gesteld aan 0 m.

6.3.1 Referentiescenario's (s0)

1. Het eerste referentiescenario (scenario s0) komt overeen met de situatie bij de start van het onderzoek (anno 2017). In dit scenario worden de huidige bemestingstechnieken gebruikt, toegewezen volgens de methode beschreven in 6.1.3, wordt enkel langs geklasseerde waterlopen een bemestingsvrije strook van 5 m breed toegepast en wordt er geen teeltvrije strook toegepast, m.a.w. het gewas wordt geteeld tot aan de waterloop.
2. In het tweede referentiescenario (scenario s0+) wordt de in achtname van een teeltvrije zone tot 1 m van de waterloop meegenomen, zowel voor geklasseerde als voor niet-geklasseerde waterlopen, wat overeenkomt met de huidige situatie, anno 2018. Voor de bemesting wordt er van uitgegaan dat landbouwers, ook langs niet-geklasseerde waterlopen, niet bemesten in de teeltvrije strook. De facto betekent dit dus:
 - o langs geklasseerde waterlopen: een bemestingsvrije strook van 5 m, waarvan 1 m teeltvrij,
 - o langs niet-geklasseerde waterlopen: een teeltvrije en bemestingsvrije strook van 1 m.
3. Het derde referentiescenario (scenario s0b) omvat een uitbreiding van het eerste scenario (s0) naar niet-geklasseerde waterlopen.

6.3.2 Worst case scenario's (swc)

1. In het eerste worst case scenario (scenario swc1) worden de huidige bemestingstechnieken behouden, maar wordt er geen bemestingsvrije of teeltvrije strook toegepast. Dit komt dus theoretisch overeen met de situatie vóór de invoering van de bemestingsvrije stroken. Voor de berekening van de meemesteffecten wordt als bemestingsvrije-strookbreedte 0,5 m genomen, om te vermijden dat er bij precisiebemestingstechnieken zoals mestinjectie toch een kleine meemesthoeveelheid zou berekend



worden, door het gebruik van de theoretische exponentiële mestspreadscurves. Voor de berekening van de opbrengstverliezen wordt de breedte van de bemestvrije strook gelijk gesteld aan 0 m. Door de scenario's s0 resp. s0+ te vergelijken met dit scenario kan het effect van het huidige beleid geschat worden.

2. Aangezien de berekende meemesthoeveelheden in scenario swc1 nog steeds beduidend lager waren dan de hoeveelheden die in het verleden berekend werden met het SENTWA-model (o.a. toegepast in NEMO), werd een tweede worst case scenario (scenario swc2) doorgerekend, waar alle bemestingstechnieken vervangen werden door de "Slechtst Beschikbare Technieken". Hiermee werd getracht om het effect van de steeds verbeterende bemestingstechnieken in de loop der jaren te schatten.
3. Tenslotte werd in een derde worst case scenario (swc3) het effect van het niet respecteren van de werkbreedte van de machine geschat, door aan te nemen dat de (breedwerpige) bemestingsmachines 50% dichter bij de waterloop rijden.

6.3.3 Best case scenario's (sbc)

1. In het eerste best case scenario (scenario sbc1) worden de huidige bemestingstechnieken behouden, maar wordt voor elk van deze technieken de optimale bemestingsvrije-strookbreedte toegepast, weliswaar beperkt tot een maximale breedte van 15 m, en dit langs alle waterlopen (geklasseerde en niet-geklasseerde). Er wordt geen teeltvrije strook toegepast.
2. Scenario sbc1+ is een variatie op het eerste best case scenario (sbc1), waarbij 1 m teeltvrije strook wordt toegepast langs alle waterlopen.
3. In het tweede best case scenario (scenario sbc2) worden overall de best beschikbare bemestingstechnieken toegepast en wordt voor elke techniek de optimale bemestingsvrije-strookbreedte, met een maximum van 15 m, toegepast langs alle waterlopen, in combinatie met 1 m teeltvrije strook. De facto ligt de breedte van de bemestingsvrije strook dus steeds tussen 1 m en 15 m.
4. In het derde best case scenario (scenario sbc3) worden de best beschikbare bemestingstechnieken gecombineerd met de huidige toegepaste bemestingsvrije en teeltvrije stroken, m.a.w.:
 - o langs geklasseerde waterlopen: 5 m bemestingsvrije strook waarvan 1 m teeltvrij,
 - o langs niet-geklasseerde waterlopen: 1 m bemestingsvrije en teeltvrije strook.

6.3.4 Extreem scenario

In het extreem scenario (scenario sextr) wordt het effect van een extreme bemestingsvrije-strookbreedte van 10 m, zowel langs geklasseerde als langs niet-geklasseerde waterlopen, berekend.

6.3.5 Handhaafbaarheidsscenario's

In de handhaafbaarheidsscenario's (resp. sh1, sh2 en sh3) wordt het principe van bemestingsvrije en teeltvrije stroken bekeken vanuit het oogpunt van de mogelijkheid tot handhaving. De huidige bemestingstechnieken worden behouden en er wordt uitgegaan van een vaste strook zonder bemesting en zonder teelt, langs alle waterlopen, respectievelijk van 1, 2 en 3 m breed.



6.3.6 Kanstrooisceario

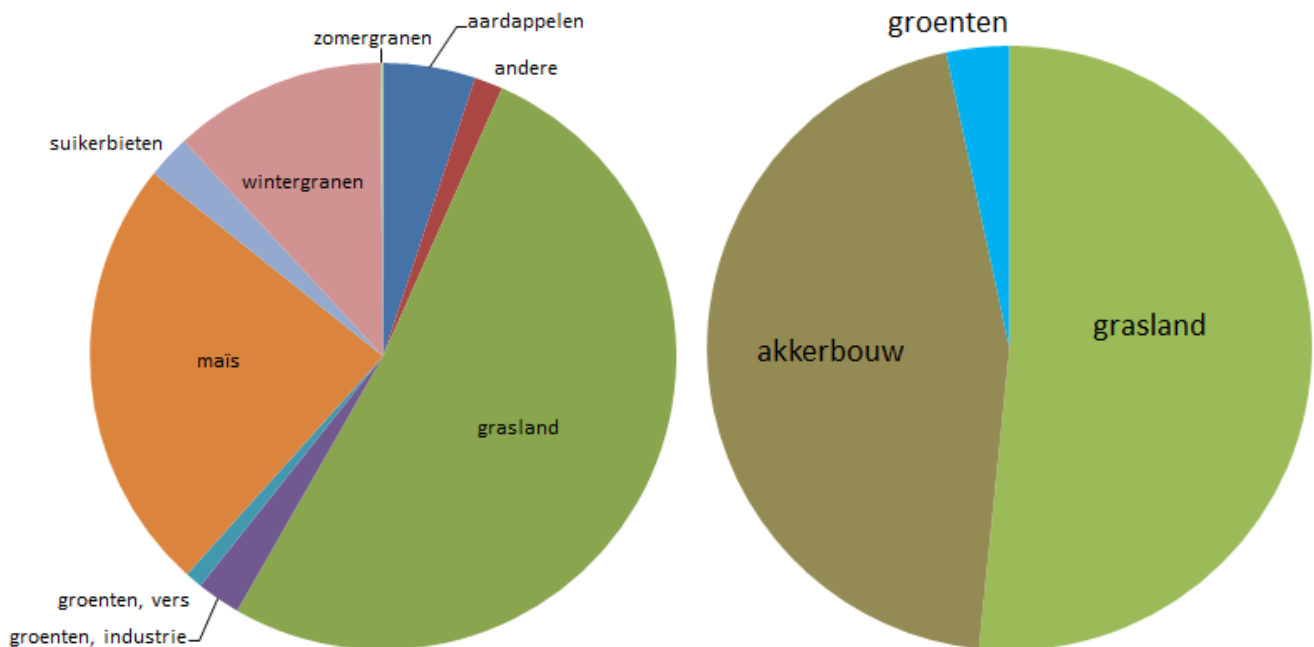
In het kantstrooisceario (sceario sk) worden de huidige bemestingstechnieken behouden en, waar mogelijk, uitgerust met een kantstrooisysteem. Voor de centrifugaalstrooier wordt hierbij het "kant af" systeem gebruikt voor alle teelten behalve granen, waar dit praktisch niet mogelijk is (cfr. werkoverleg 8/8/2018). Voor granen wordt "kant op" gebruikt.



6.4 WP17 & WP18: RESULTATEN VAN DE SCENARIO-DOORREKENINGEN

Op basis van de teeltgegevens en de BAM-outputgegevens van 2012 werden in totaal 127 684 percelen geselecteerd die grenzen aan waterlopen, waarvoor een bemestingsdosis > 0 werd berekend en waarop een teelt stond met risico op meemesten (percelen met fruitteelt, sierteelt, bomen, natuurgebied, gebouwen, enz. werden uitgesloten). De totale oppervlakte van deze percelen bedraagt 241 666 ha en de totale bemesting berekend voor deze percelen bedraagt 65 064 321 kg N en 7 506 886 kg P. De totale grenslengte van deze percelen aan waterlopen bedraagt 13 444 352 m langs geklasseerde en 7 611 975 m langs niet-geklasseerde waterlopen (zie Luik 1).

Meer dan de helft van de oppervlakte van deze randpercelen (51,6%) bestaat uit grasland, 45,0% uit akkerbouw en 3,4% uit groenten (Figuur 77).



Figuur 77: Procentuele verdeling van de randpercelen volgens teeltgroepen en teeltklassen

Voor deze randpercelen werden de 15 geselecteerde scenario's doorgerekend met als doel:

- de effecten van bepaalde maatregelen, zoals breedte van de bemestingsvrije strook, toepassing van een teeltvrije strook, gebruikte bemestingstechnieken, toepassing van maatregelen op enkel geklasseerde of ook andere waterlopen, te schatten;
- interessante scenario's voor het beleid te selecteren.

Om de scenario's te beoordelen werd telkens het ecologisch aspect (meemesthoeveelheden) afgewogen tegen het economisch aspect (kosten-batenanalyse voor de landbouwers).



Opbrengstverliezen:

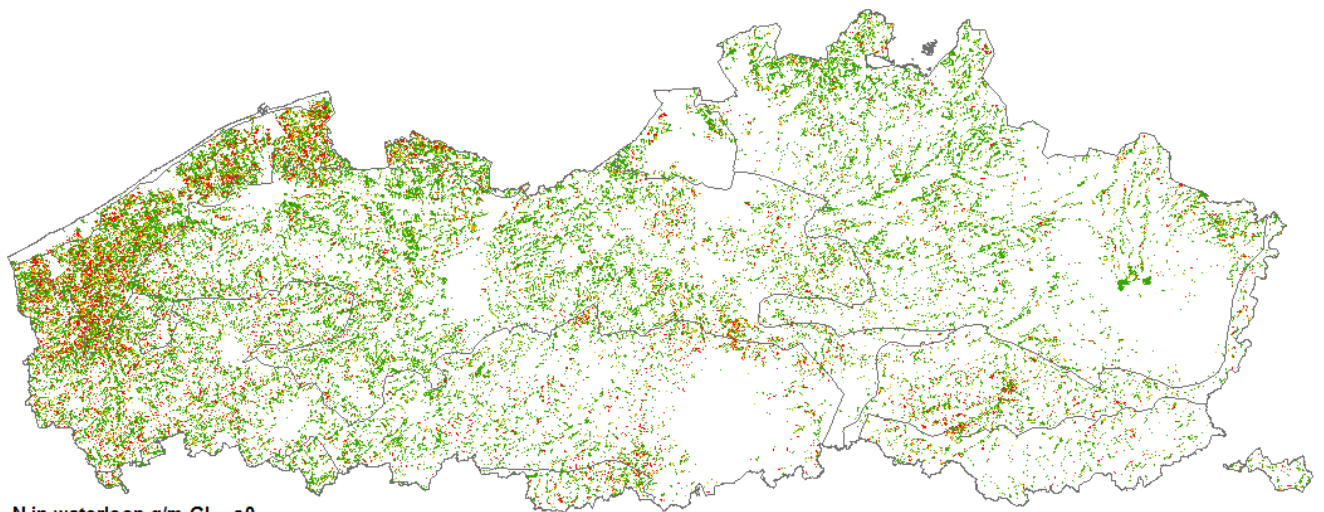
- 1^{ste} jaar: 7,5.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,35 €/m GL; 1,51% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 9,6.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,45 €/m GL; 1,94% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 92% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 0,9.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,04 €/m GL

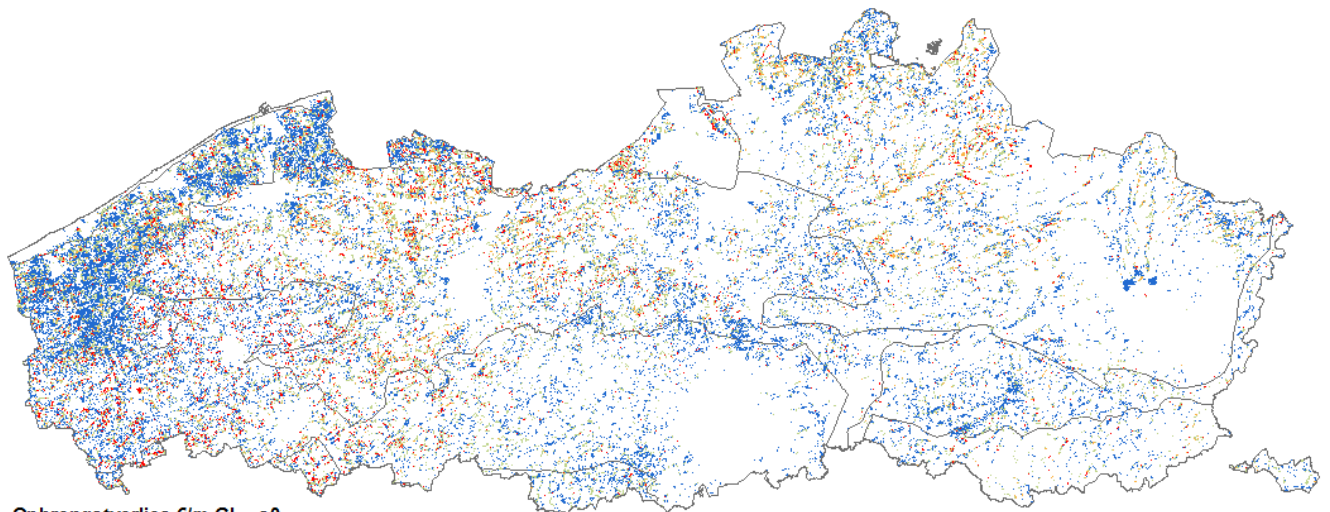
In Figuur 78 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario s0 cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - s0

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - s0

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 78: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario s0, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.2 Scenario s0+: huidige situatie 2018

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	5 m	1 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	1 m	1 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 51 825 kg N totaal Vlaanderen; 2,46 g N/m GL; 0,08% van de toegediende N in de randpercelen
- 3 402 kg P totaal Vlaanderen; 0,16 g P/m GL; 0,05% van de toegediende P in de randpercelen
- In 94% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

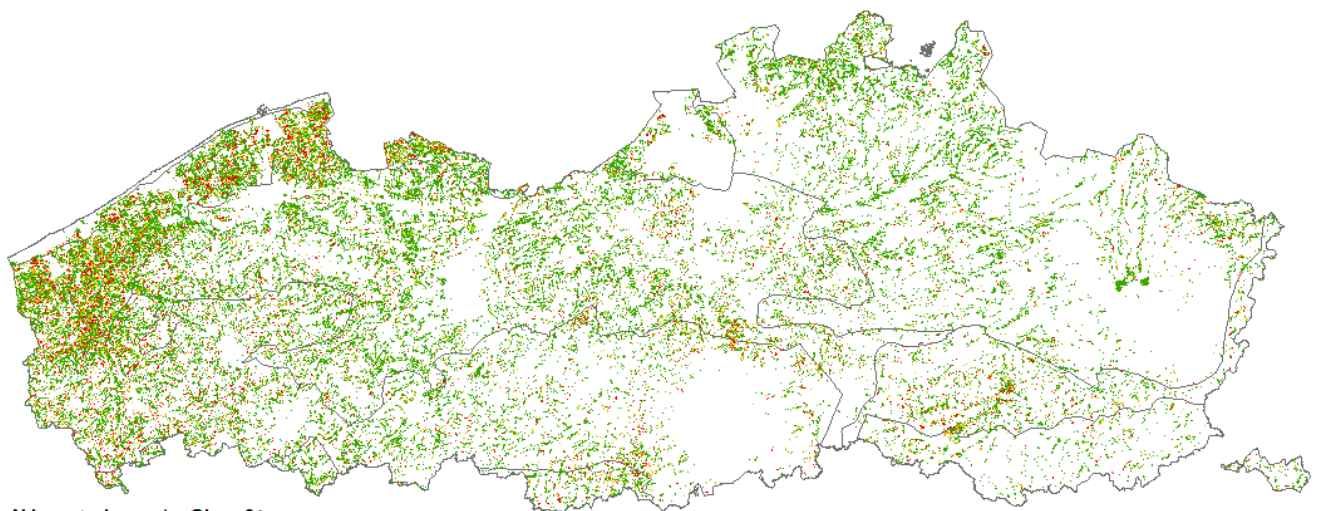
- 1^{ste} jaar: 10,1.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,48 €/m GL; 2,04% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 11,7.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,56 €/m GL; 2,38% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 87% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 0,93.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,04 €/m GL

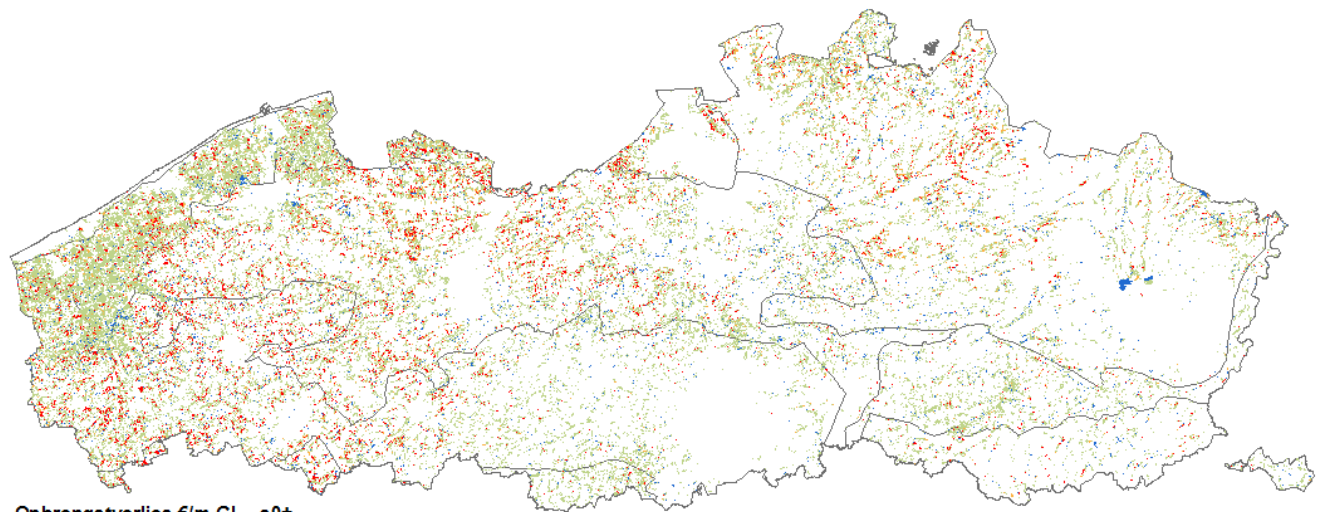
In Figuur 79 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario s0+ cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - s0+

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - s0+

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 79: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario s0+, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.3 Scenario s0b: uitbreiding naar niet-geklasseerde waterlopen

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	5 m	5 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	0 m	0 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 23 000 kg N totaal Vlaanderen; 1,09 g N/m GL; 0,04% van de toegediende N in de randpercelen
- 1 654 kg P totaal Vlaanderen; 0,08 g P/m GL; 0,02% van de toegediende P in de randpercelen
- In 99% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

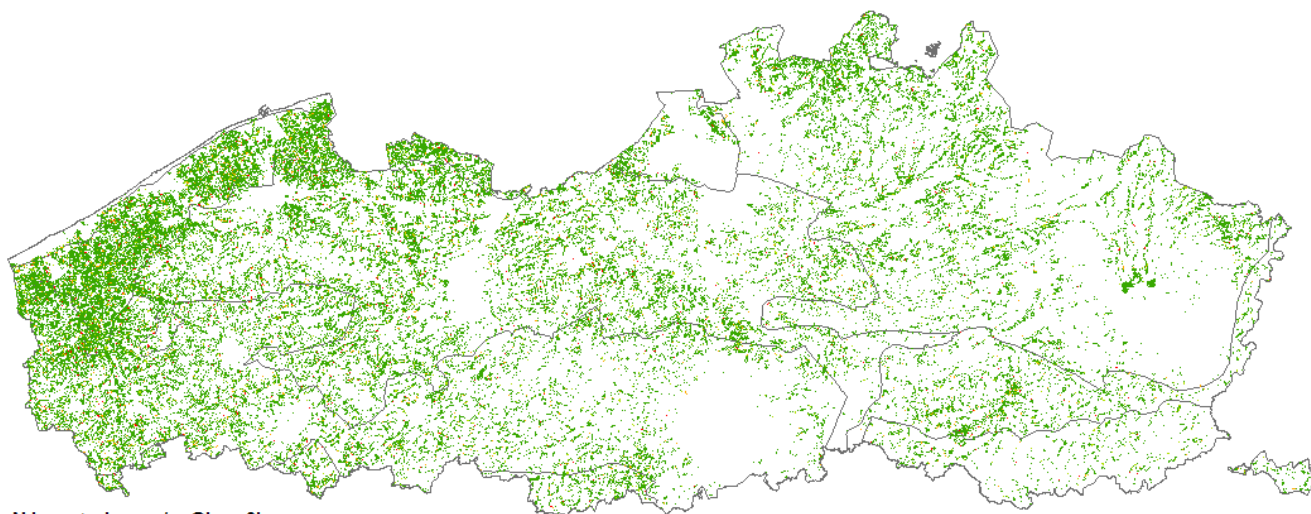
- 1^{ste} jaar: 10,6.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,50 €/m GL; 2,15% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 13,8.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,66 €/m GL; 2,80% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 87% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 1,23.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,06 €/m GL

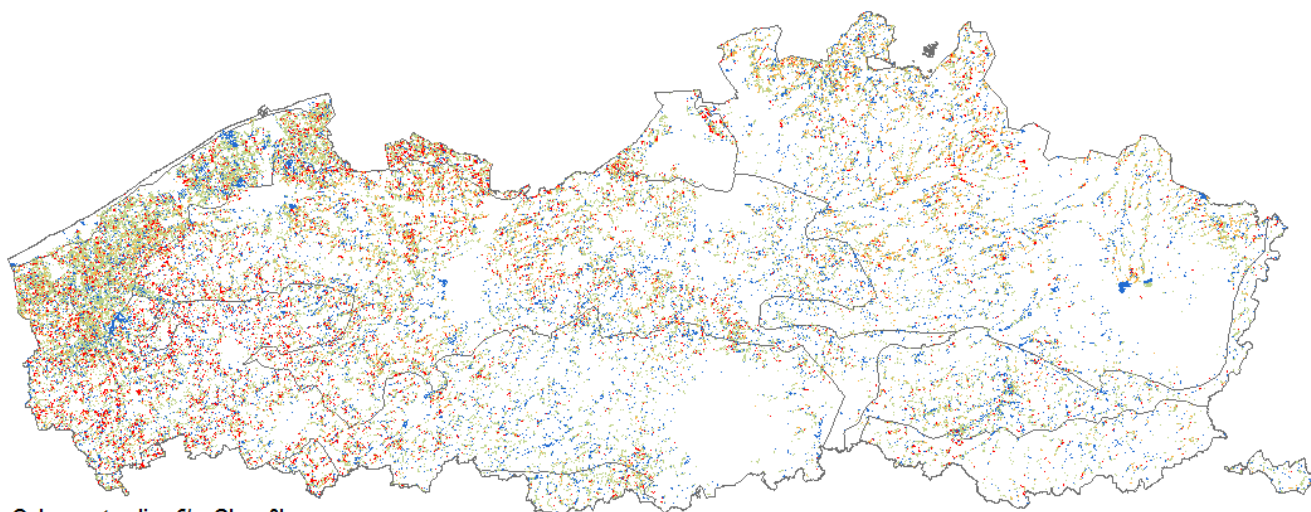
In Figuur 80 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario s0b cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - s0b

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - s0b

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 80: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario s0b, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.4 Scenario swc1: situatie zonder bemestings- of teeltvrije stroken - worst case 1

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	0 m	0 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	0 m	0 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 124 038 kg N totaal Vlaanderen; 5,89 g N/m GL; 0,19% van de toegediende N in de randpercelen
- 7 962 kg P totaal Vlaanderen; 0,38 g P/m GL; 0,10% van de toegediende P in de randpercelen
- In 27% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

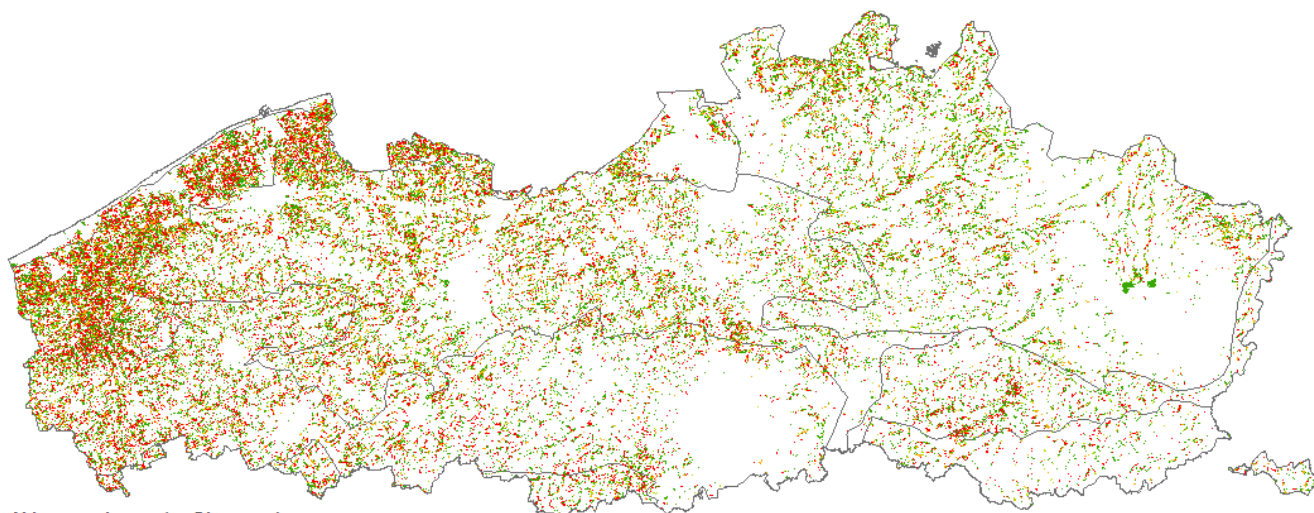
- 1^{ste} jaar: 1,6.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,08 €/m GL; 0,32% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 1,6.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,08 €/m GL; 0,32% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 100% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 0,33.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,02 €/m GL

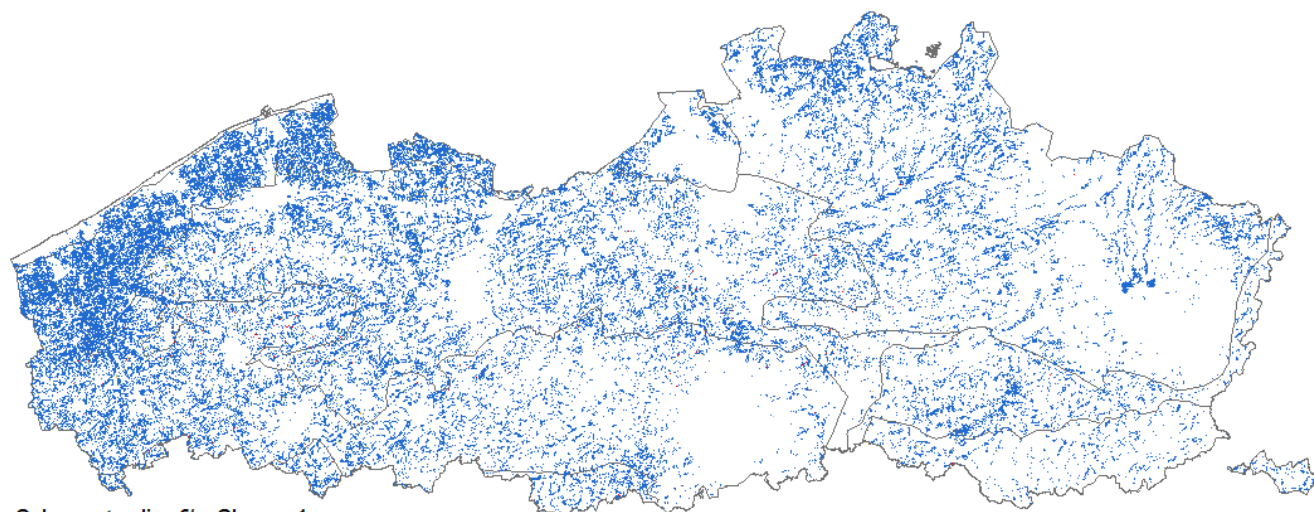
In Figuur 81 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario swc1 cartografisch voorgesteld.

////////////////////////////////////



N in waterloop g/m GL - swc1

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - swc1

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 81: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario swc1, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.5 Scenario swc2: slechtst beschikbare bemestingstechnieken - worst case 2

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	0 m	0 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	0 m	0 m
Bemestingstechnieken	slechtst beschikbare technieken (SBT)	slechtst beschikbare technieken (SBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 318 042 kg N totaal Vlaanderen; 15,1 g N/m GL; 0,48% van de toegediende N in de randpercelen
- 27 455 kg P totaal Vlaanderen; 1,30 g P/m GL; 0,36% van de toegediende P in de randpercelen
- In 27% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

- 1^{ste} jaar: 1,5.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,07 €/m GL; 0,31% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 1,5.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,07 €/m GL; 0,31% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 100% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

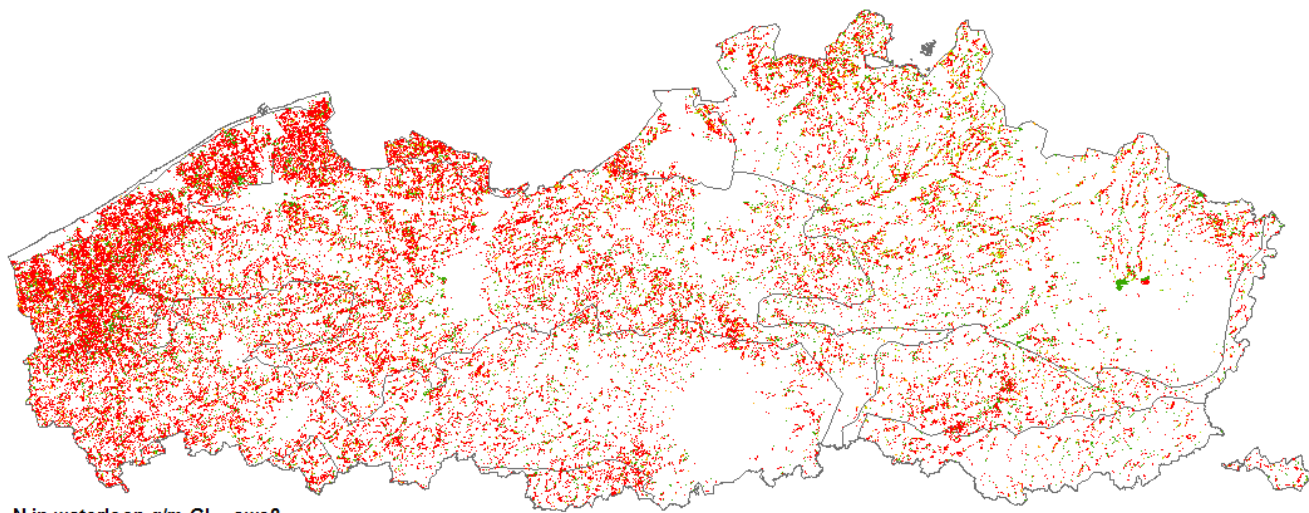
- 0,17.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,01 €/m GL

Extra machinekosten t.o.v. scenario s0:

- 6,4.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,31 €/m GL

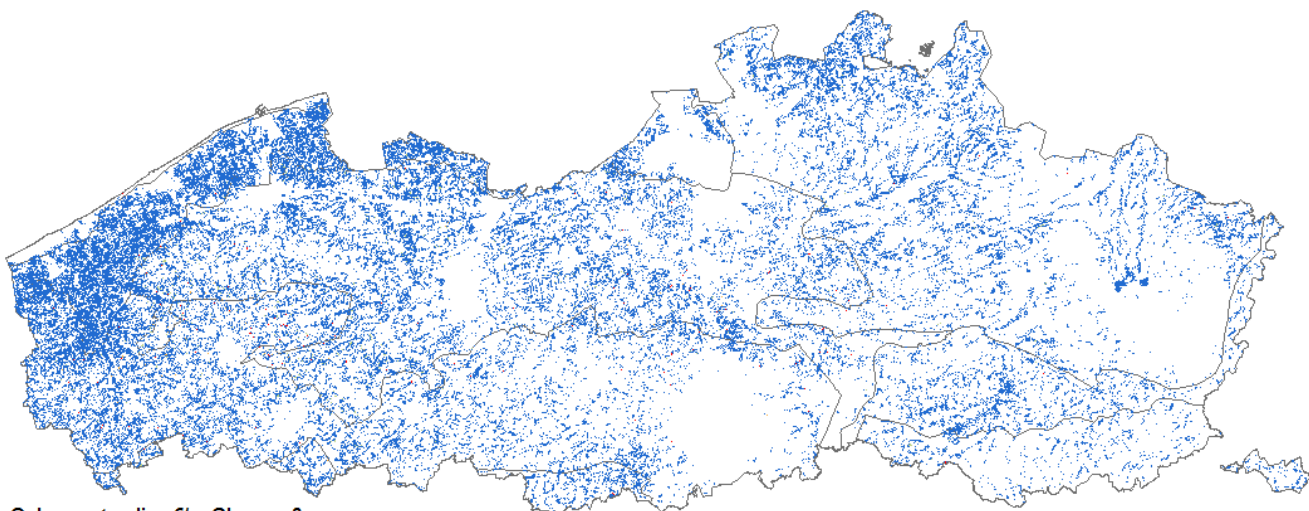
In Figuur 82 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario swc2 cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - swc2

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - swc2

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 82: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario swc2, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.6 Scenario swc3: bemesting 50% korter bij de waterloop - worst case 3

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	0 m	0 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	0 m	0 m
Bemestingstechnieken	slechtst beschikbare technieken (SBT)	slechtst beschikbare technieken (SBT)
Afstand bemesting	50% van de halve werkbreedte	50% van de halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 1 120 831 kg N totaal Vlaanderen; 53,2 g N/m GL; 1,68% van de toegediende N in de randpercelen
- 134 089 kg P totaal Vlaanderen; 6,37 g P/m GL; 1,74% van de toegediende P in de randpercelen
- In 0,4% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

- 1^{ste} jaar: 0,4.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,02 €/m GL; 0,08% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 0,4.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,02 €/m GL; 0,08% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 100% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen: meerkost!

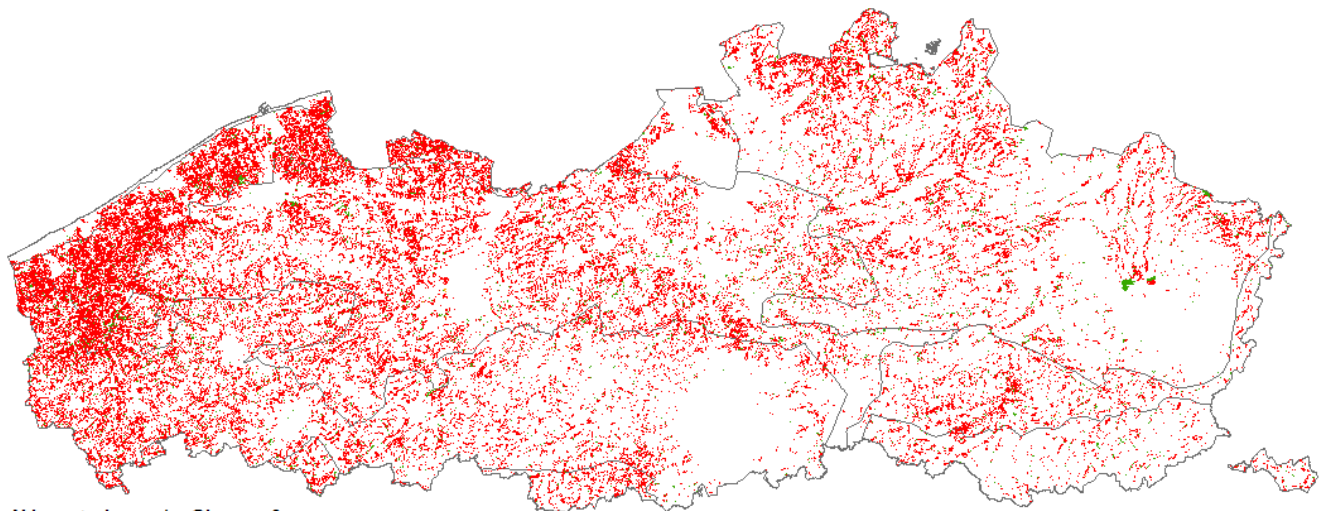
- -0,31.10⁶ € totaal Vlaanderen; -0,01 €/m GL

Extra machinekosten t.o.v. scenario s0:

- 6,4.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,31 €/m GL

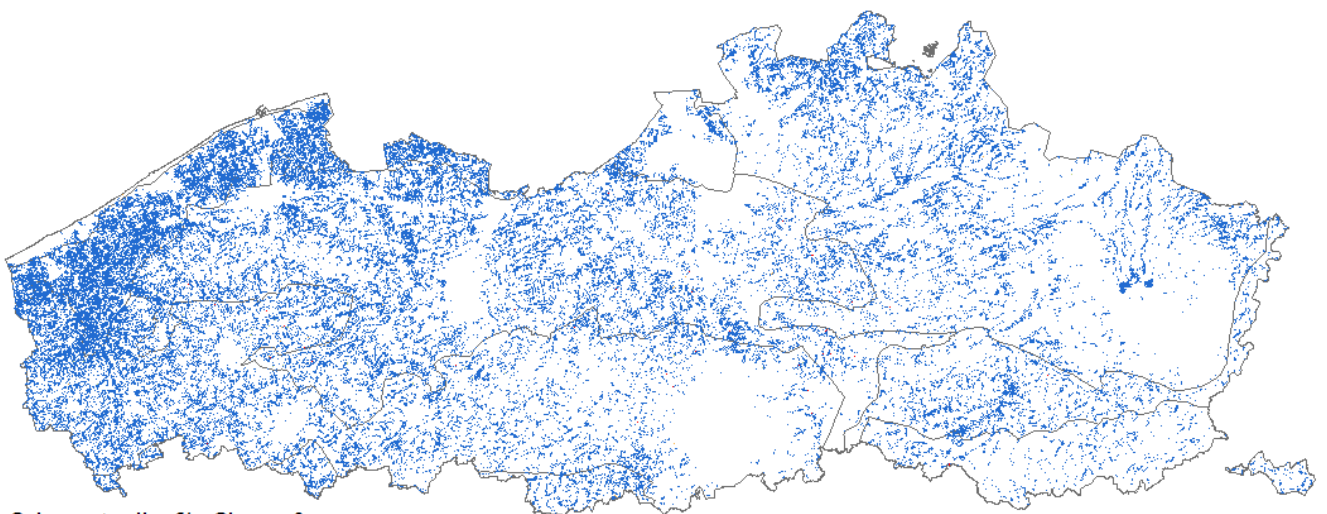
In Figuur 83 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario swc2 cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - swc3

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - swc3

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 83: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario swc3, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.7 Scenario sbc1: optimale bemestingsvrije-strookbreedte langs alle waterlopen - best case 1

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	optimaal (max. 15 m)	optimaal (max. 15 m)
Breedte teeltvrije strook (TVS)	0 m	0 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 972 kg N totaal Vlaanderen; 0,05 g N/m GL; 0,002% van de toegediende N in de randpercelen
- 108 kg P totaal Vlaanderen; 0,005 g P/m GL; 0,001% van de toegediende P in de randpercelen
- In 100% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

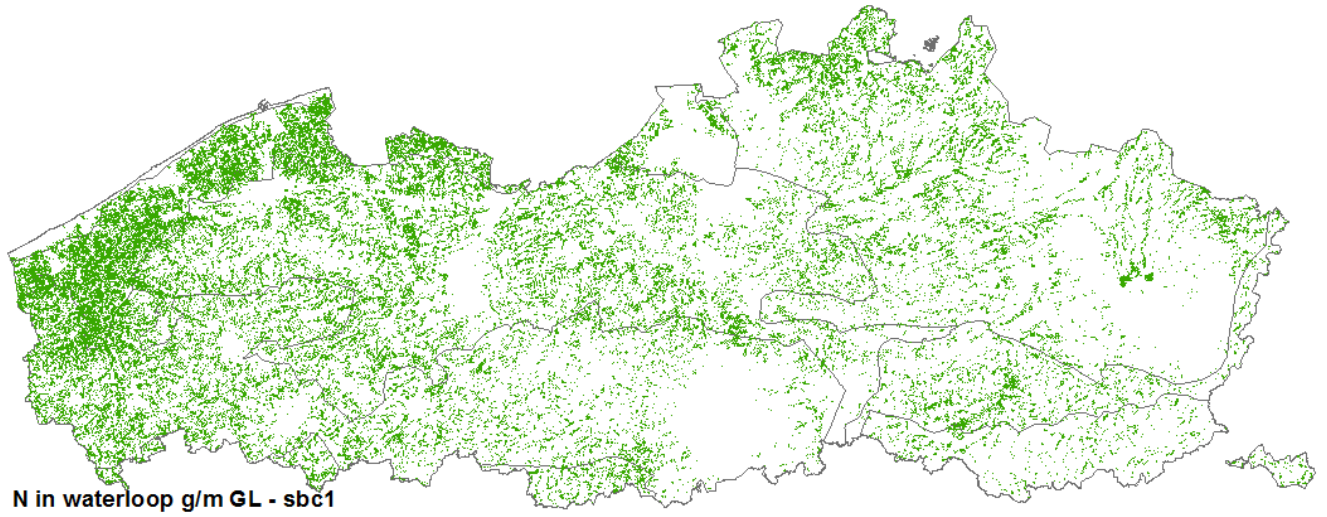
- 1^{ste} jaar: 12,3.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,59 €/m GL; 2,50% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 19,0.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,90 €/m GL; 3,84% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 73% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 2,09.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,10 €/m GL

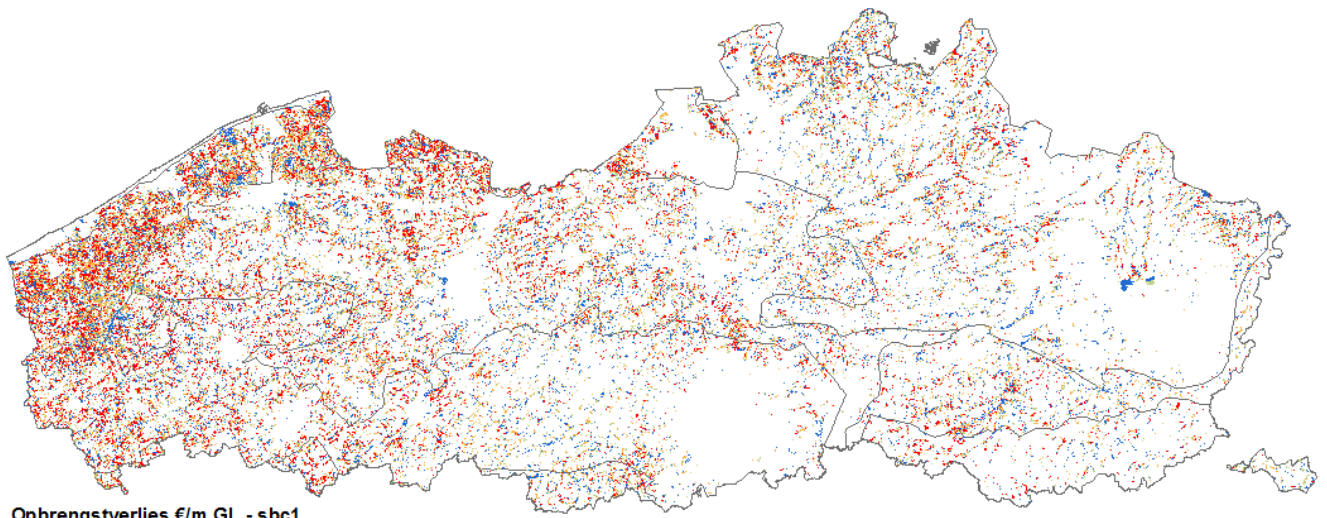
In Figuur 84 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sbc1 cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - sbc1

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - sbc1

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 84: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sbc1, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.8 Scenario sbc1+: optimale bemestingsvrije-strookbreedte + 1 m teeltvrije strook - best case 1+

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	optimaal (max. 15 m)	optimaal (max. 15 m)
Breedte teeltvrije strook (TVS)	1 m	1 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 972 kg N totaal Vlaanderen; 0,05 g N/m GL; 0,002% van de toegediende N in de randpercelen
- 108 kg P totaal Vlaanderen; 0,005 g P/m GL; 0,001% van de toegediende P in de randpercelen
- In 100% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

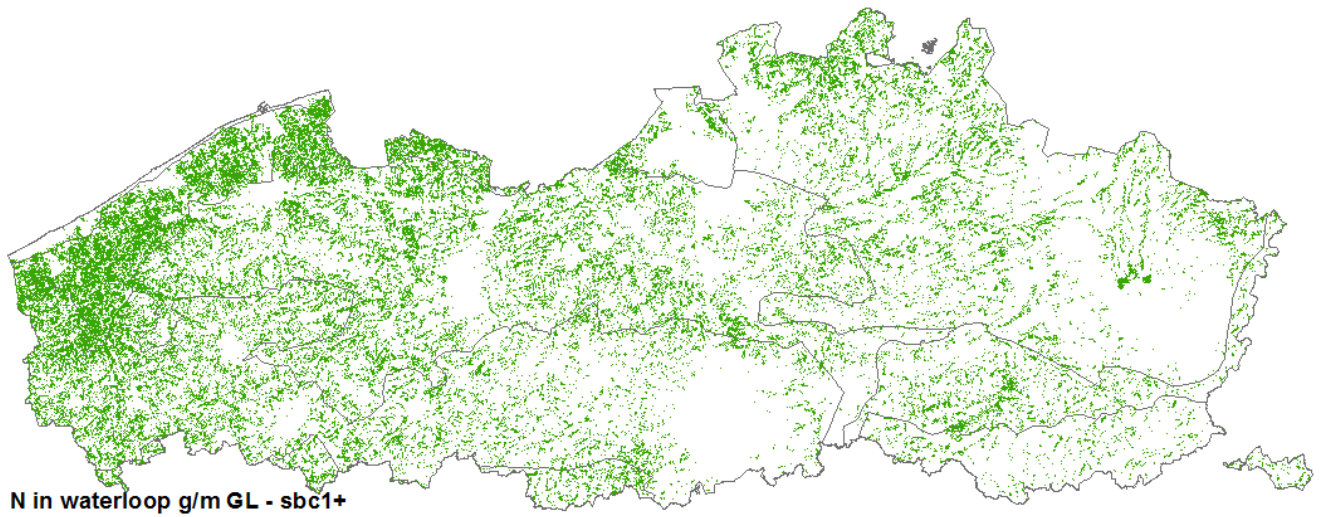
- 1^{ste} jaar: 14,6.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,69 €/m GL; 2,95% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 20,6.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,98 €/m GL; 4,17% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 69% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 2,09.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,10 €/m GL

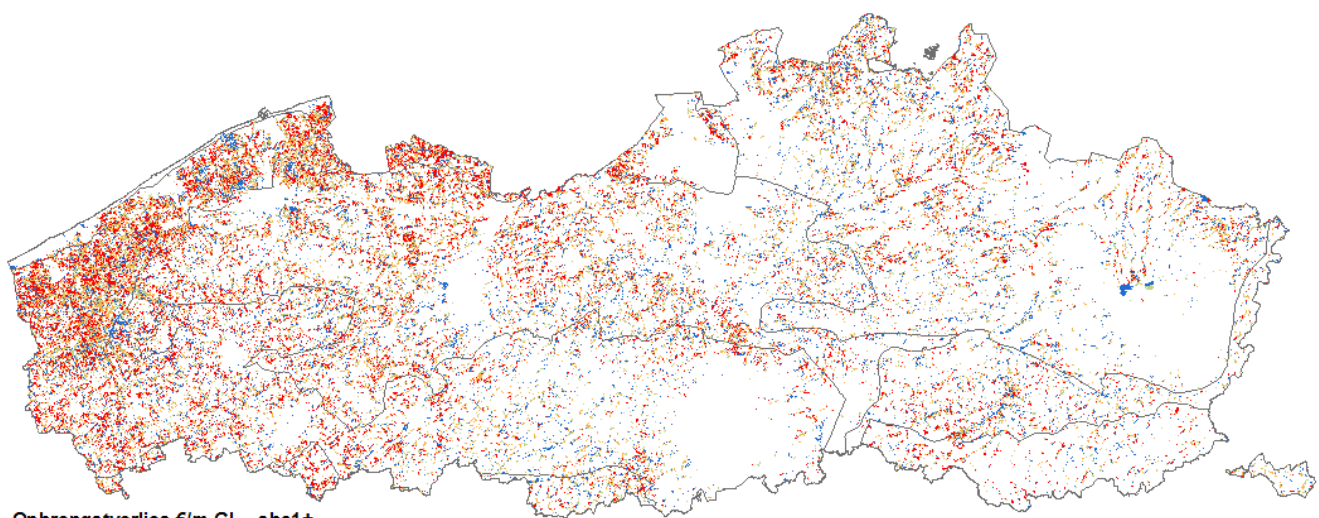
In Figuur 85 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sbc1+ cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - sbc1+

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - sbc1+

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 85: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sbc1+, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.9 Scenario sbc2: best beschikbare bemestingstechnieken met optimale bemestingsvrije-strookbreedte - best case 2

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	optimaal (max. 15 m)	optimaal (max. 15 m)
Breedte teeltvrije strook (TVS)	1 m	1 m
Bemestingstechnieken	best beschikbare technieken (BBT)	best beschikbare technieken (BBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 40 kg N totaal Vlaanderen; 0,0 g N/m GL; 0,0% van de toegediende N in de randpercelen
- 8 kg P totaal Vlaanderen; 0,0 g P/m GL; 0,0% van de toegediende P in de randpercelen
- In 100% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

- 1^{ste} jaar: 4,6.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,22 €/m GL; 0,93% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 5,5.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,26 €/m GL; 1,12% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 98% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

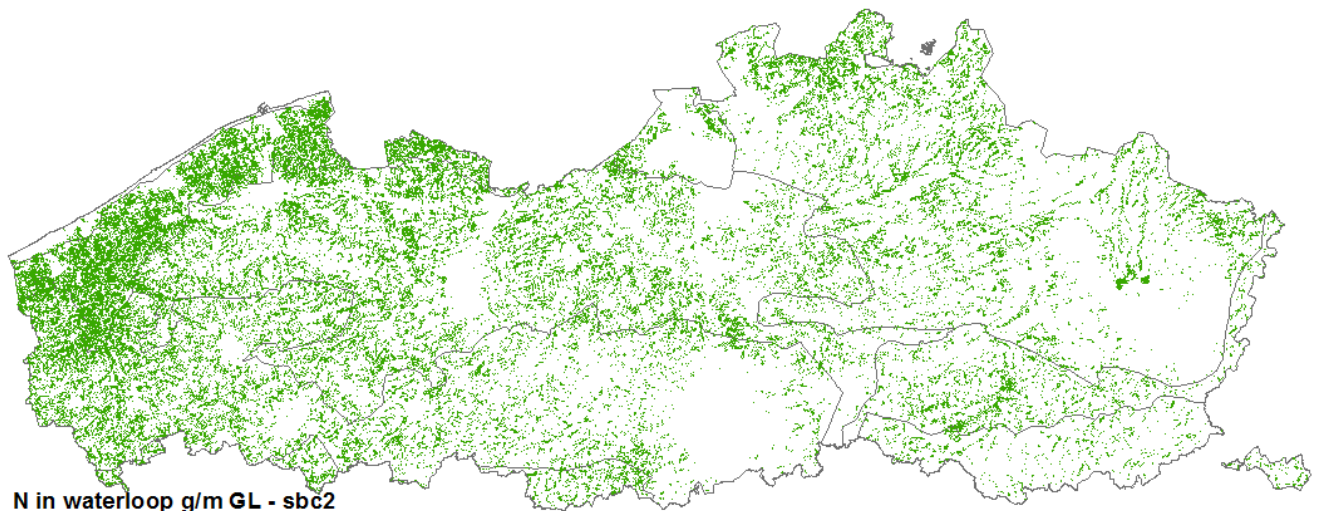
- 0,26.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,01 €/m GL

Extra machinekosten t.o.v. scenario s0:

- 33,2.10⁶ € totaal Vlaanderen; 1,58 €/m GL

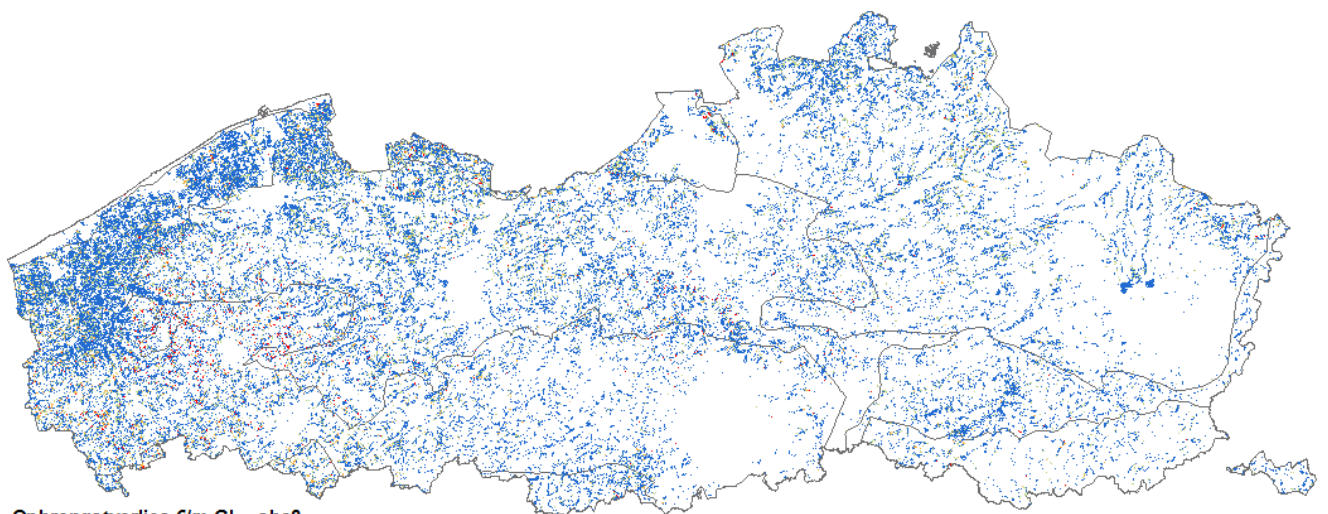
In Figuur 86 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sbc2 cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - sbc2

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - sbc2

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 86: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sbc2, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.10 Scenario sbc3: best beschikbare bemestingstechnieken met huidige bemestingsvrije-strookbreedte - best case 3

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	5 m	1 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	1 m	1 m
Bemestingstechnieken	best beschikbare technieken (BBT)	best beschikbare technieken (BBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 84 kg N totaal Vlaanderen; 0,0 g N/m GL; 0,0% van de toegediende N in de randpercelen
- 3 kg P totaal Vlaanderen; 0,0 g P/m GL; 0,0% van de toegediende P in de randpercelen
- In 100% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

- 1^{ste} jaar: 9,3.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,44 €/m GL; 1,89% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 11,0.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,52 €/m GL; 2,23% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 89% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

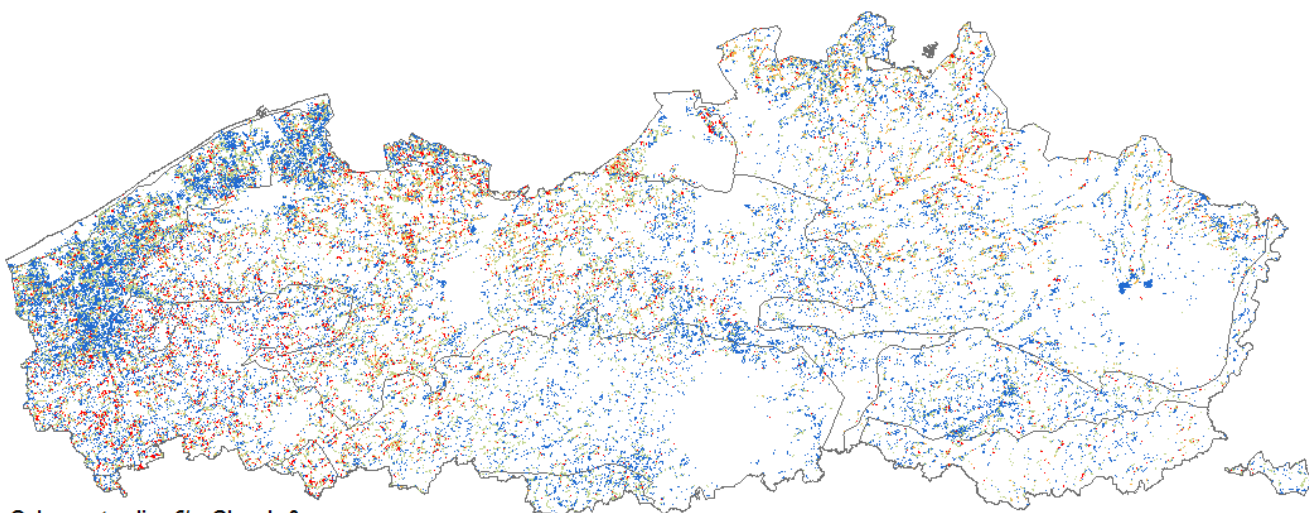
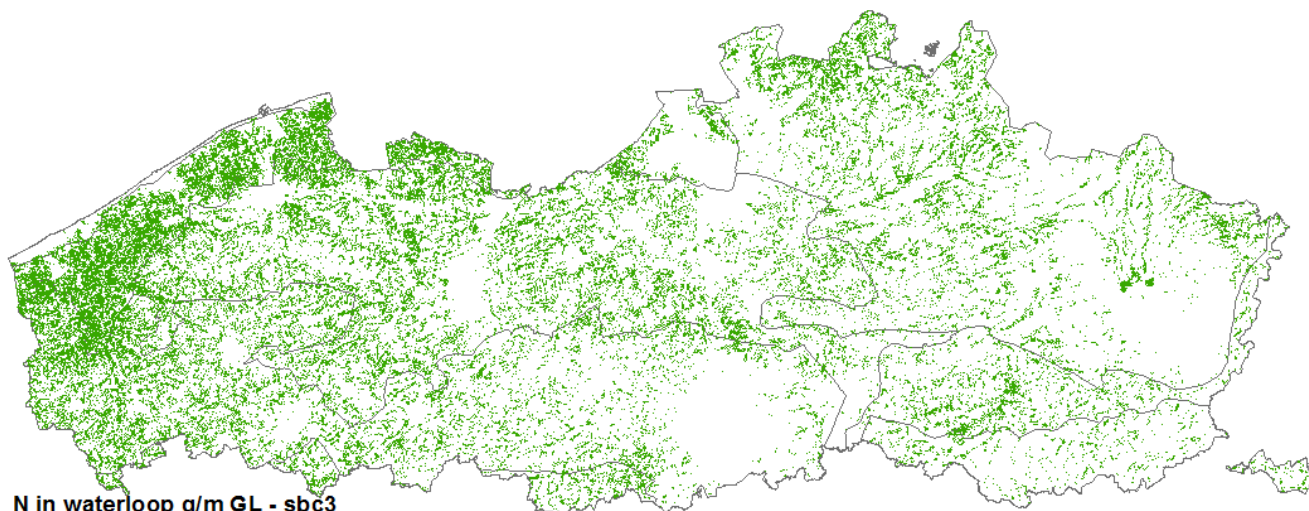
- 0,69.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,03 €/m GL

Extra machinekosten t.o.v. scenario s0:

- 33,2.10⁶ € totaal Vlaanderen; 1,58 €/m GL

In Figuur 87 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sbc3 cartografisch voorgesteld.





Figuur 87: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sbc3, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.11 Scenario sext: 10 m bemestingsvrije stroken - extreem scenario

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	10 m	10 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	1 m	1 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 3 826 kg N totaal Vlaanderen; 0,18 g N/m GL; 0,01% van de toegediende N in de randpercelen
- 375 kg P totaal Vlaanderen; 0,02 g P/m GL; 0,01% van de toegediende P in de randpercelen
- In 95% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

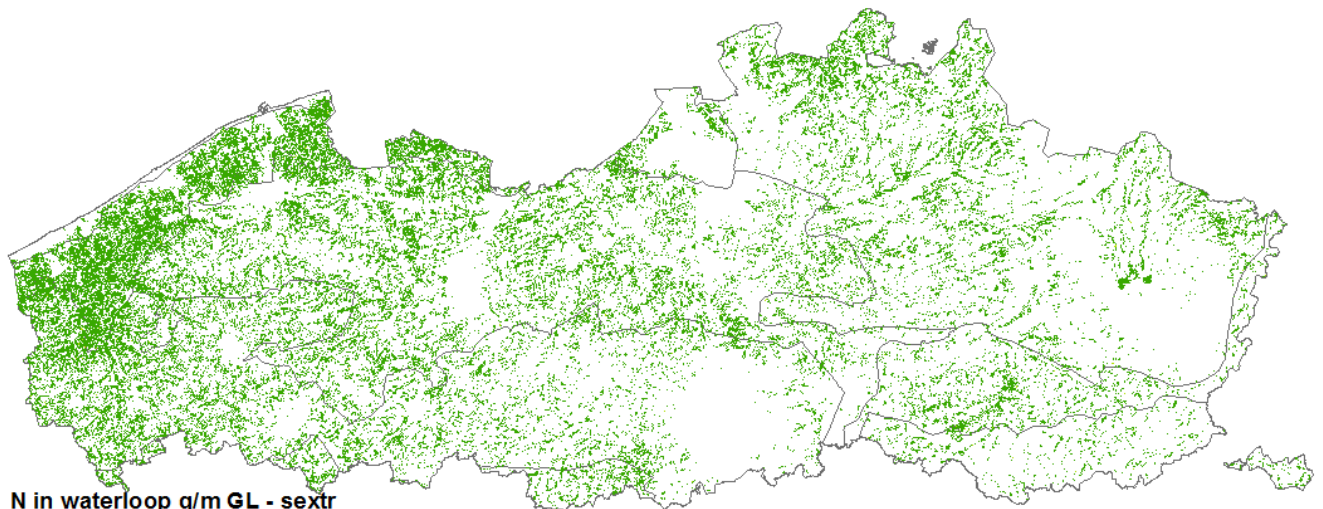
- 1^{ste} jaar: 22,4.10⁶ € totaal Vlaanderen; 1,07 €/m GL; 4,54% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 28,3.10⁶ € totaal Vlaanderen; 1,34 €/m GL; 5,73% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 54% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

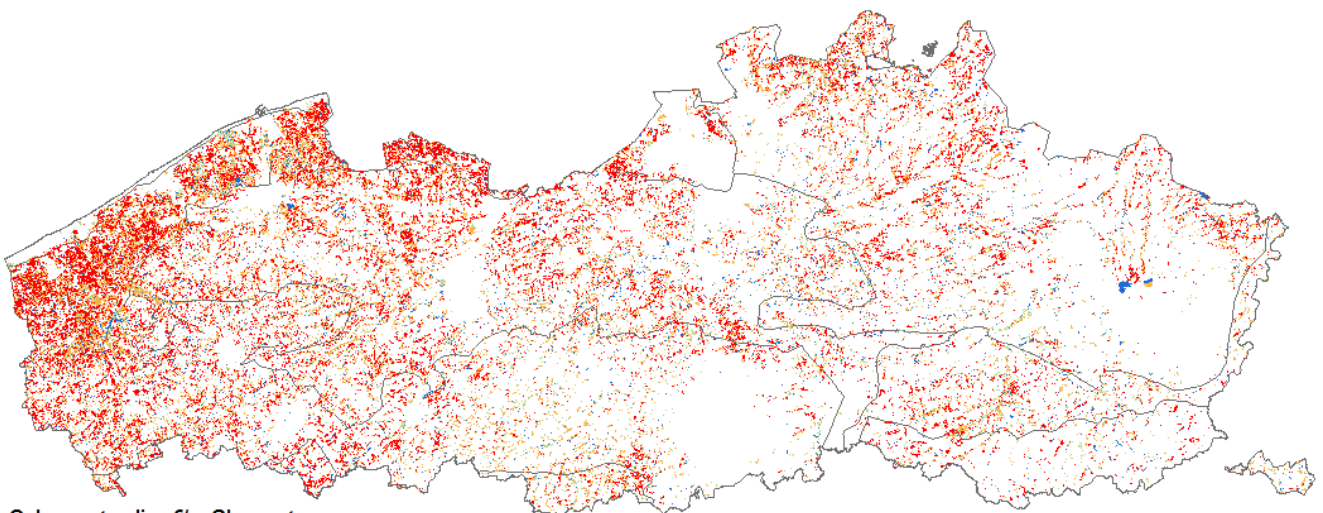
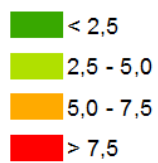
- 2,24.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,11 €/m GL

In Figuur 88 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sext cartografisch voorgesteld.

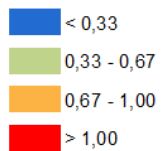




N in waterloop g/m GL - sextr



Opbrengstverlies €/m GL - sextr



Figuur 88: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sextr, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.12 Scenario sh1: 1 m bemestingsvrije en teeltvrije stroken - handhaafbaarheidsscenario 1

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	1 m	1 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	1 m	1 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 101 156 kg N totaal Vlaanderen; 4,80 g N/m GL; 0,15% van de toegediende N in de randpercelen
- 6 465 kg P totaal Vlaanderen; 0,31 g P/m GL; 0,08% van de toegediende P in de randpercelen
- In 35% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

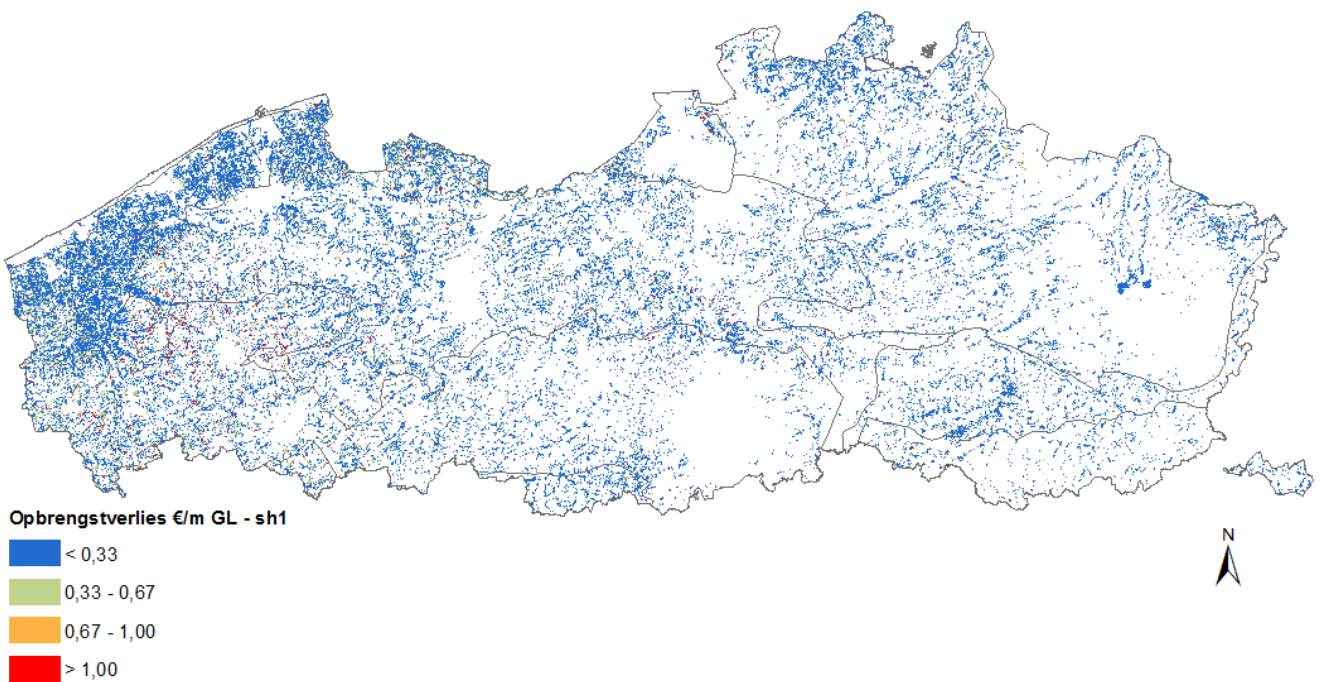
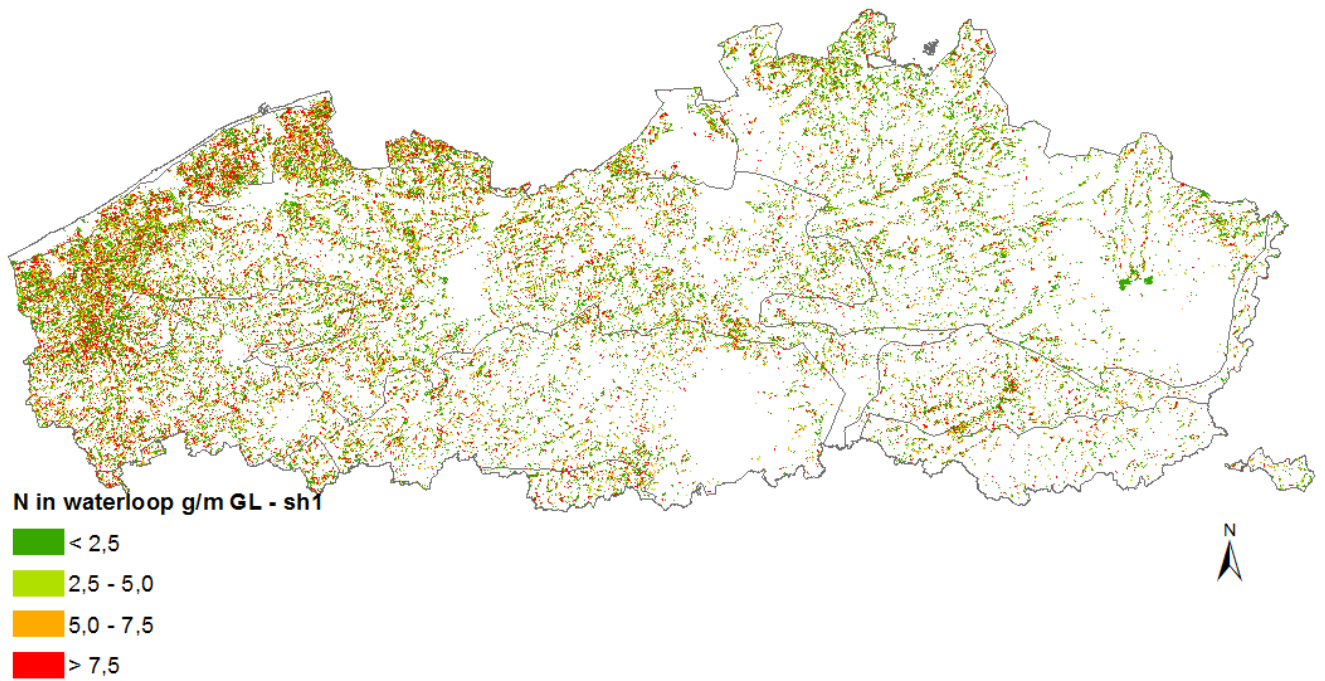
- 1^{ste} jaar: 5,5.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,26 €/m GL; 1,11% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 5,5.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,26 €/m GL; 1,11% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 98% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 0,43.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,02 €/m GL

In Figuur 89 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sh1 cartografisch voorgesteld.





Figuur 89: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sh1, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.13 Scenario sh2: 2 m bemestingsvrije en teeltvrije stroken - handhaafbaarheidsscenario 2

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	2 m	2 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	2 m	2 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 70 078 kg N totaal Vlaanderen; 3,33 g N/m GL; 0,11% van de toegediende N in de randpercelen
- 4 522 kg P totaal Vlaanderen; 0,22 g P/m GL; 0,06% van de toegediende P in de randpercelen
- In 44% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

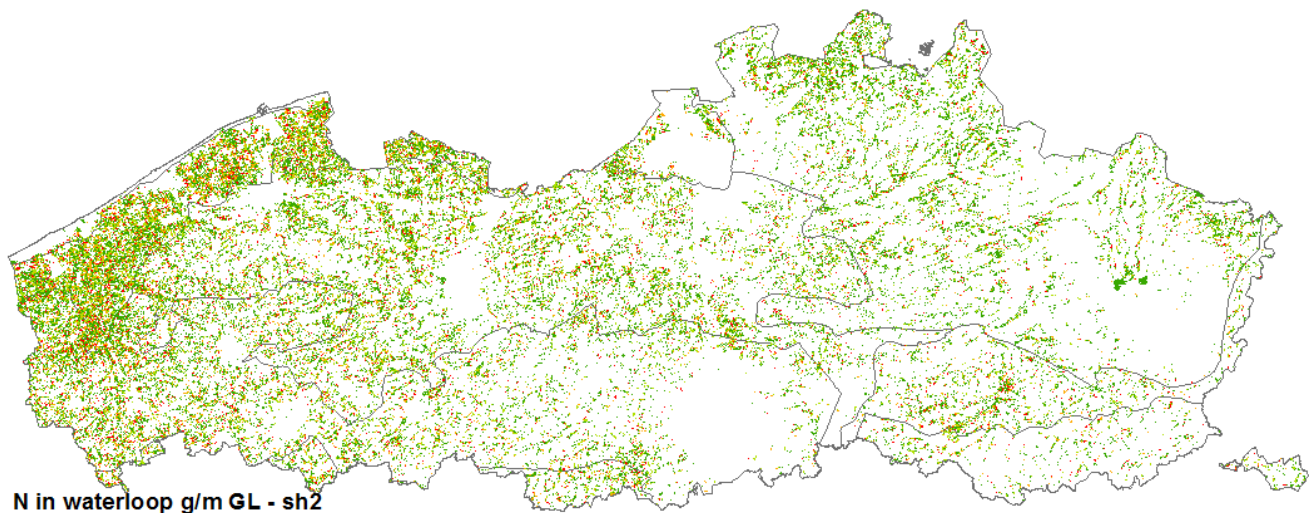
- 1^{ste} jaar: 9,3.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,44 €/m GL; 1,89% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 9,3.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,44 €/m GL; 1,89% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 95% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 0,63.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,03 €/m GL

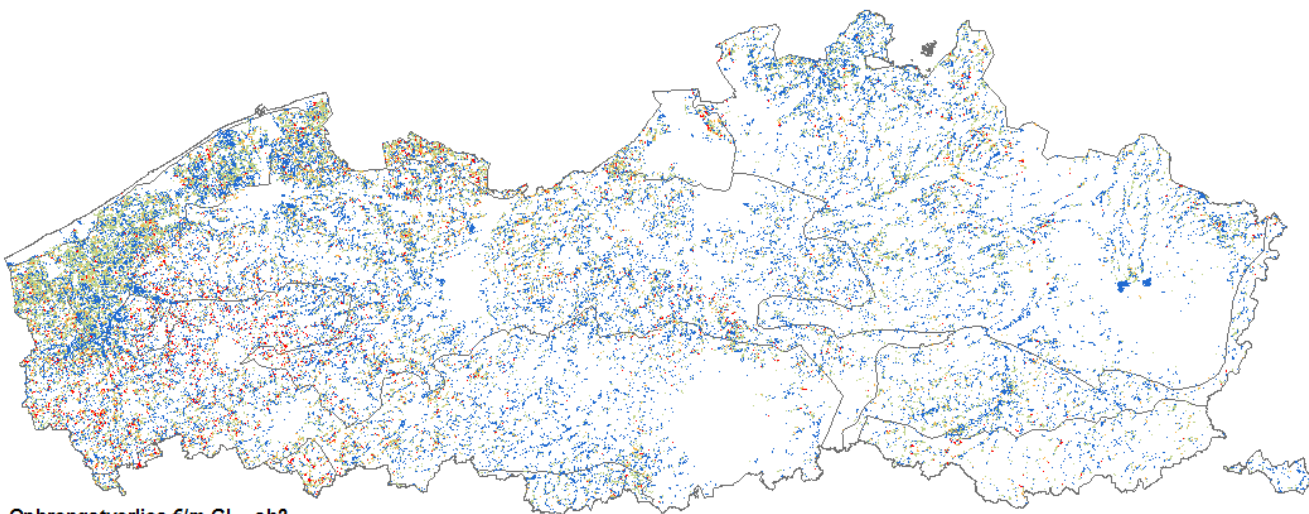
In Figuur 90 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sh2 cartografisch voorgesteld.





N in waterloop g/m GL - sh2

- < 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- > 7,5



Opbrengstverlies €/m GL - sh2

- < 0,33
- 0,33 - 0,67
- 0,67 - 1,00
- > 1,00



Figuur 90: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sh2, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.14 Scenario sh3: 3 m bemestingsvrije en teeltvrije stroken - handhaafbaarheidsscenario 3

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	3 m	3 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	3 m	3 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken (HBT)	huidige technieken (HBT)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 48 381 kg N totaal Vlaanderen; 2,30 g N/m GL; 0,07% van de toegediende N in de randpercelen
- 3 195 kg P totaal Vlaanderen; 0,15 g P/m GL; 0,04% van de toegediende P in de randpercelen
- In 47% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

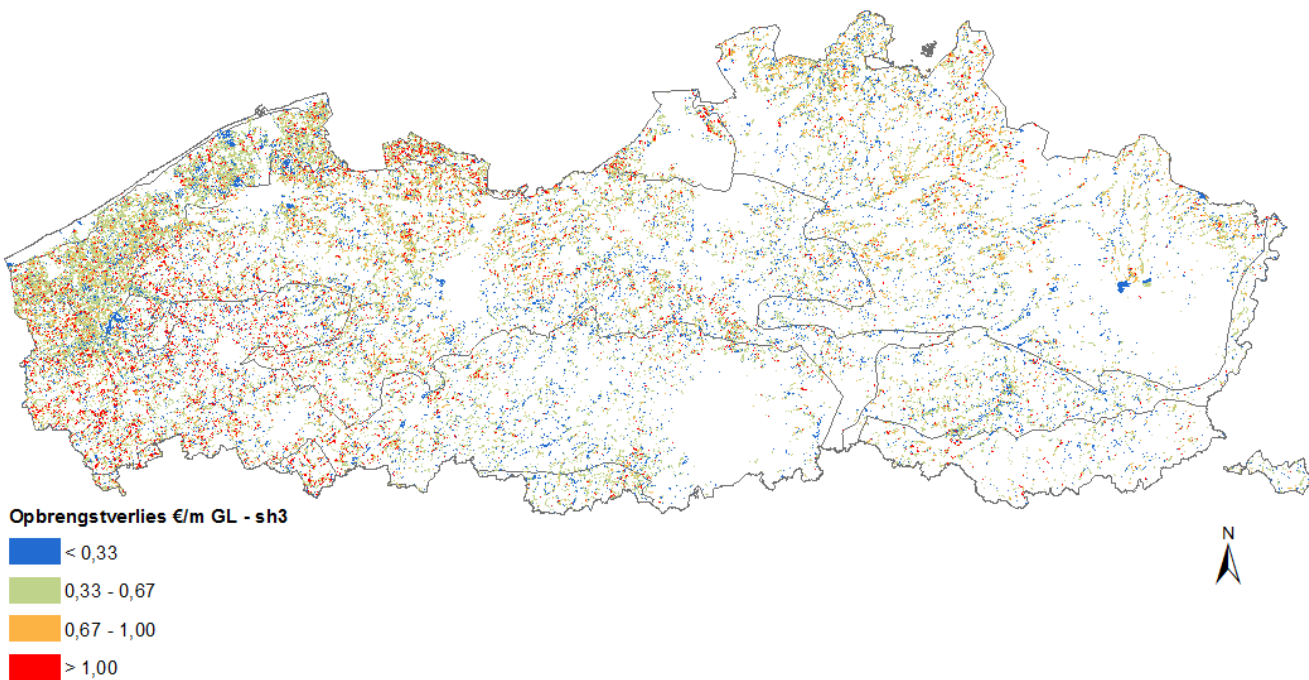
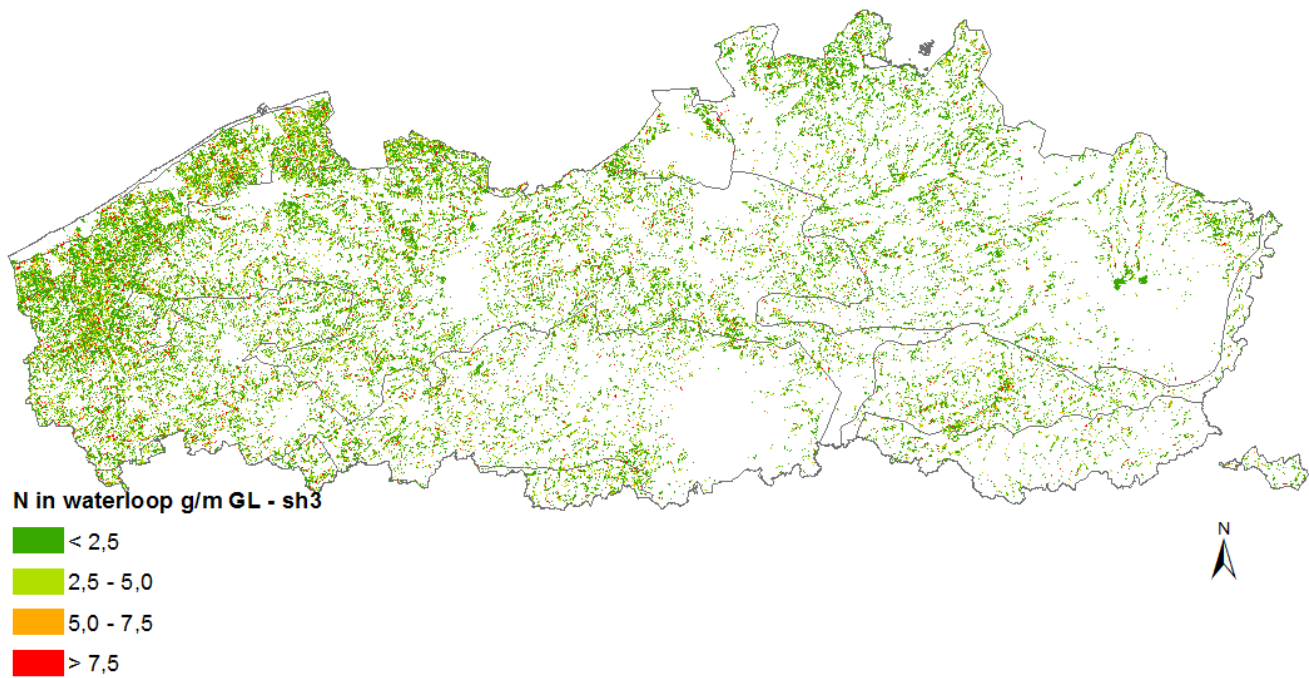
- 1^{ste} jaar: 13,2.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,63 €/m GL; 2,67% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 13,2.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,63 €/m GL; 2,67% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 89% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

- 0,82.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,04 €/m GL

In Figuur 91 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sh3 cartografisch voorgesteld.





Figuur 91: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sh3, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.2.15 Scenario sk: kantstrooien waar mogelijk

	langs geklasseerde waterlopen (K)	langs niet-geklasseerde waterlopen (NK)
Breedte bemestingsvrije strook (SB)	5 m	1 m
Breedte teeltvrije strook (TVS)	1 m	1 m
Bemestingstechnieken	huidige technieken + kantstrooien (HBTK)	huidige technieken + kantstrooien (HBTK)
Afstand bemesting	halve werkbreedte	halve werkbreedte

Samenvatting resultaten:

Meemesthoeveelheden:

- 31 415 kg N totaal Vlaanderen; 1,49 g N/m GL; 0,05% van de toegediende N in de randpercelen
- 1 077 kg P totaal Vlaanderen; 0,05 g P/m GL; 0,01% van de toegediende P in de randpercelen
- In 98% van de percelen minder dan 1 g N/m GL

Opbrengstverliezen:

- 1^{ste} jaar: 10,3.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,49 €/m GL; 2,09% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- 10^{de} jaar: 12,0.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,57 €/m GL; 2,43% van de gemiddelde perceelsopbrengst
- In 86% van de percelen minder dan 1 €/m GL

Kunstmestbesparing langs waterlopen:

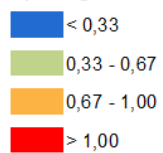
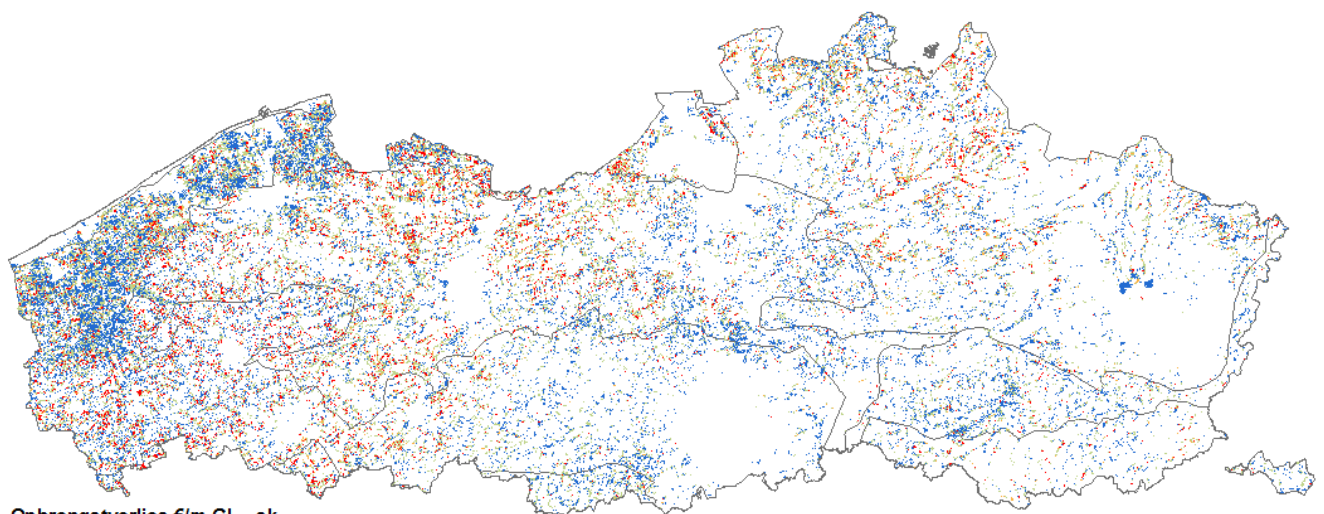
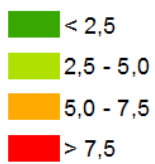
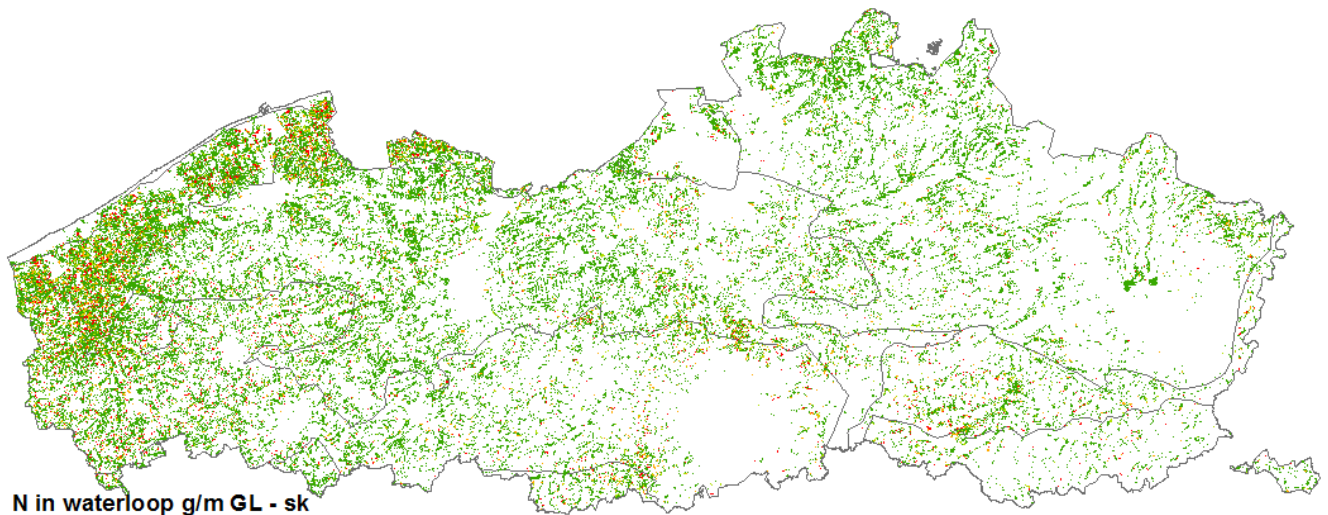
- 0,97.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,05 €/m GL

Extra machinekosten t.o.v. scenario s0:

- 1,1.10⁶ € totaal Vlaanderen; 0,05 €/m GL

In Figuur 92 worden de berekende meemesthoeveelheden en opbrengstverliezen per meter grenslengte voor scenario sk cartografisch voorgesteld.





Figuur 92: Geografische spreiding van de meemesthoeveelheden (boven) en de opbrengstverliezen (onder) in Vlaanderen voor scenario sk, uitgedrukt per m grenslengte



6.4.3 Vergelijking van de scenario's

6.4.3.1 Globale vergelijking

In Tabel 56, Tabel 57 en Tabel 58 worden de resultaten van resp. de meemesthoeveelheden, de opbrengstverliezen en de extra machinekosten en kunstmestbesparingen van de verschillende scenario's gegeven.

In Figuur 93, Figuur 94 en Figuur 95 worden de gemiddelde resultaten per scenario grafisch voorgesteld in staafdiagrammen.

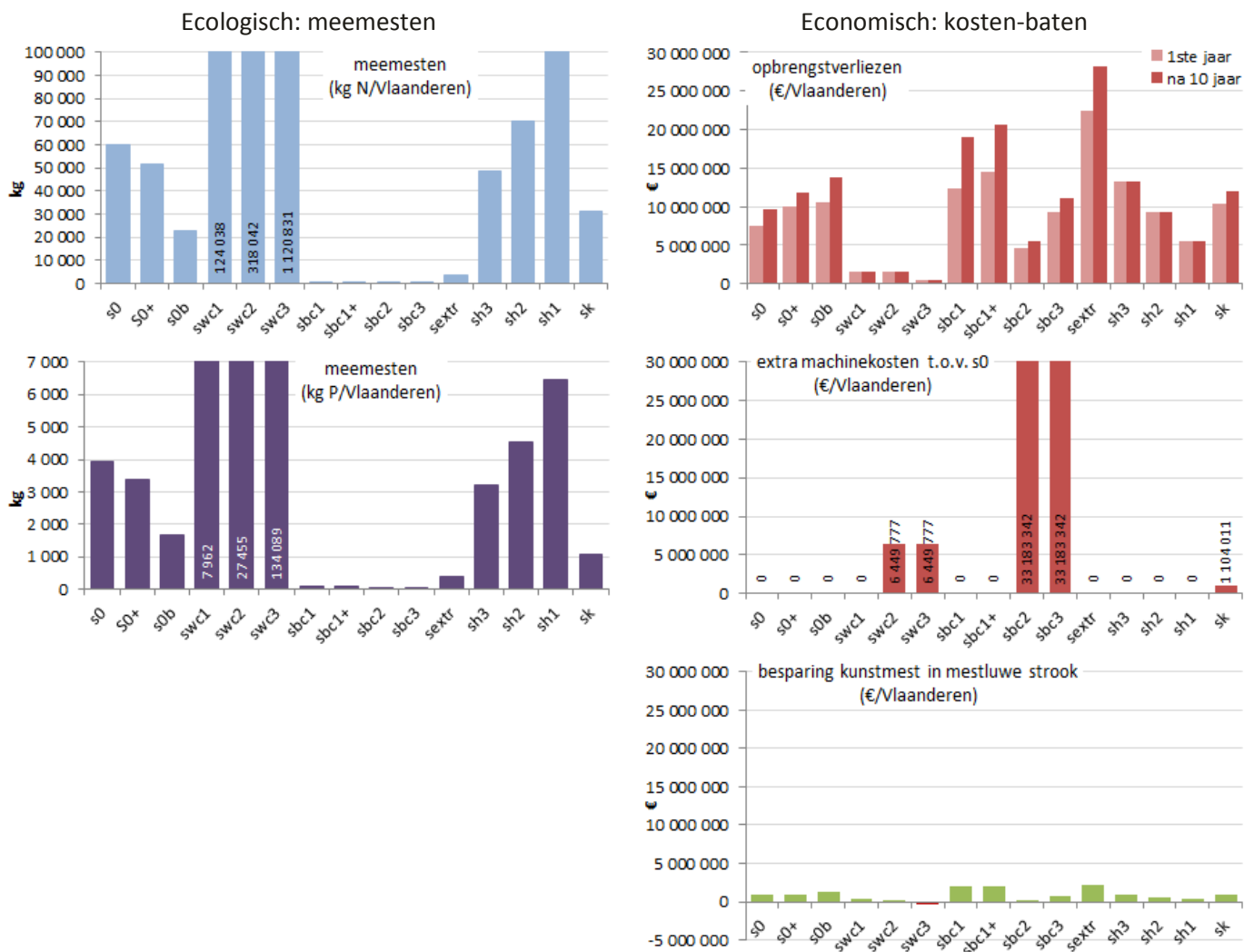
In Figuur 96 worden de cumulatieve frequentieverdelingen van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) voorgesteld voor de belangrijkste scenario's.

Globaal genomen stellen we vast dat:

- De "worst case" scenario's, met achtereenvolgens het weglaten van de bemestingsvrije stroken (swc1), idem + gebruik van de slechtst beschikbare bemestingstechnieken (swc2) en idem + bemesten tot 50% korter bij de waterloop dan de halve werkbreedte (swc3), zorgen voor exponentieel toenemende meemest-hoeveelheden, tot een totale hoeveelheid van meer dan $1,12 \cdot 10^6$ kg N voor swc3 (d.w.z. bijna 20 keer zoveel als scenario s0), waarbij de meemesthoeveelheid in 87% van de percelen meer dan 30 g N/m GL bedroeg. Bij deze scenario's werden weinig opbrengstverliezen berekend: na 10 jaar resp. $1,6 \cdot 10^6$ €, $1,5 \cdot 10^6$ € en $0,4 \cdot 10^6$ € voor swc1, swc2 en swc3, met resp. in 91%, 89% en 99% van de percelen opbrengstverliezen kleiner dan 0,2 €/m GL. De meststofkosten lagen iets hoger dan in scenario s0: resp. $+0,6 \cdot 10^6$ €, $+0,7 \cdot 10^6$ € en $+1,2 \cdot 10^6$ € voor swc1, swc2 en swc3. De toegenomen machinekosten voor swc2 en swc3 ($+6,4 \cdot 10^6$ €) werden veroorzaakt door de hoger ingeschatte kostprijs per hectare voor de slechtst beschikbare technieken (zonder afschrijvingskosten vermits we in deze scenario's uitgaan van oude machines die reeds langere tijd aanwezig zijn op de bedrijven).
- Alle "best case" scenario's, achtereenvolgens toepassing van optimale bemestingsvrije-strookbreedte met de huidige bemestingstechnieken langs alle waterlopen, zonder of met inachtnaam van een teeltvrije strook (sbc1 en sbc1+), idem + gebruik van de best beschikbare bemestingstechnieken (sbc2) en gebruik van de best beschikbare technieken in combinatie met de huidige toegepaste bemestings- en teeltvrije strookbreedtes (sbc3) leiden tot het nagenoeg volledig wegvallen van meemesten. Daartegenover staan drastisch toegenomen opbrengstverliezen voor sbc1 en sbc1+ doordat langs de waterlopen veel minder bemest wordt: na 10 jaar resp. $19,0 \cdot 10^6$ € en $20,6 \cdot 10^6$ € voor sbc1 en sbc1+, met resp. in 27% en in 31% van de percelen opbrengstverliezen groter dan 1 €/m GL. De scenario's sbc2 en sbc3 leiden weliswaar tot kleinere opbrengstverliezen dan scenario s0, maar deze scenario's vereisen zeer hoge investeringen in nieuwe machines ($+33,2 \cdot 10^6$ €).
- Zoals verwacht leidt het "extreme" scenario (sextr), waarbij voor elke bemesting en langs alle waterlopen een afstand van 10 m tot de waterloop in acht genomen wordt, tot de hoogste opbrengstverliezen: na 10 jaar $28,3 \cdot 10^6$ €, met in 46% van de percelen opbrengstverliezen groter dan 1 €/m GL. De meemesthoeveelheden zijn weliswaar lager dan in de referentiescenario's, maar wel hoger dan in de "best case" scenario's, doordat voor sommige bemestingstechnieken de optimale bemestingsvrije-strookbreedte groter is dan 10 m, tot maximaal 15 m.

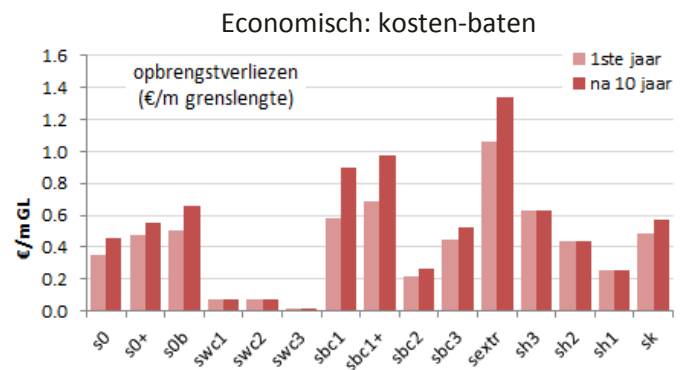
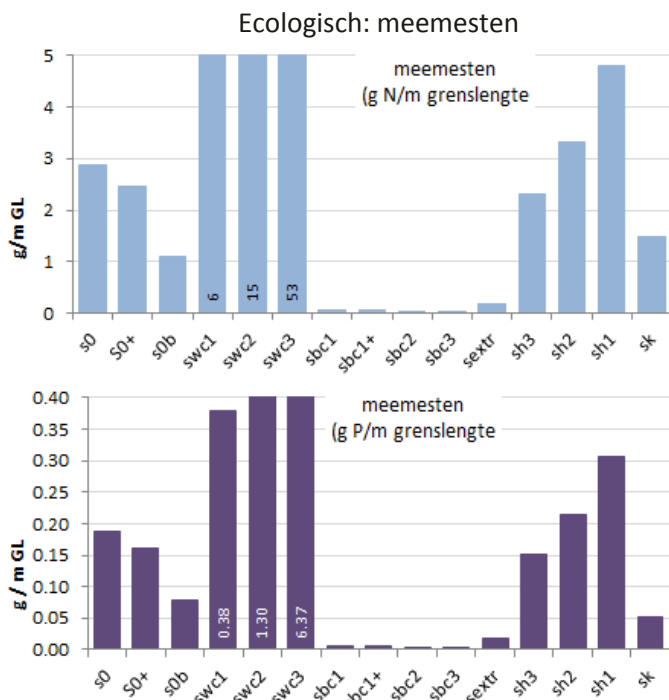


- Bij de “handhaafbare” scenario’s, respectievelijk met inachtnaam van 1 m (sh1), 2 m (sh2) en 3 m (sh3) bemestings- en teeltvrije strook langs alle waterlopen, krijgen we afnemende meemesthoeveelheden bij toenemende strookbreedtes en het omgekeerde effect op de opbrengstverliezen, waarbij de resultaten van scenario sh3 vergelijkbaar zijn met deze van het referentiescenario s0+.
- Het scenario “kantstrooien waar mogelijk” (sk) heeft een (beperkt) gunstig effect op de meemesthoeveelheden, de stijging van de opbrengstverliezen blijft beperkt (na 10 jaar 12,0.10⁶ € hetzij 2,4.10⁶ € meer dan scenario s0), terwijl ook de toename van de machinekosten beperkt blijft.

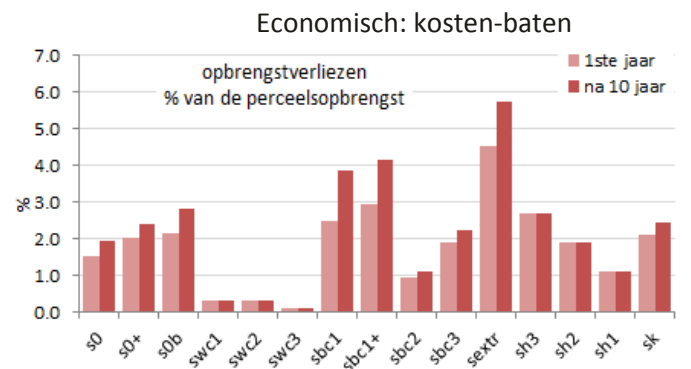
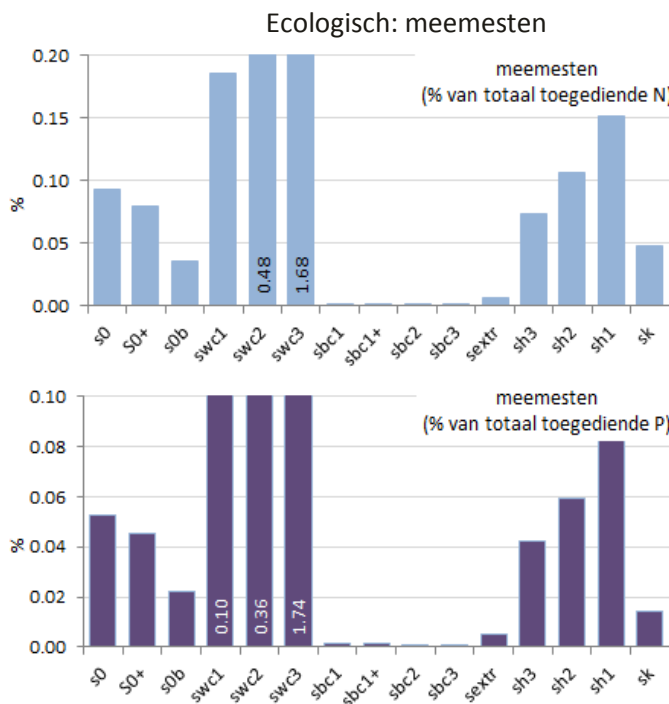


Figuur 93: Overzicht resultaten van de scenario's: totalen voor Vlaanderen



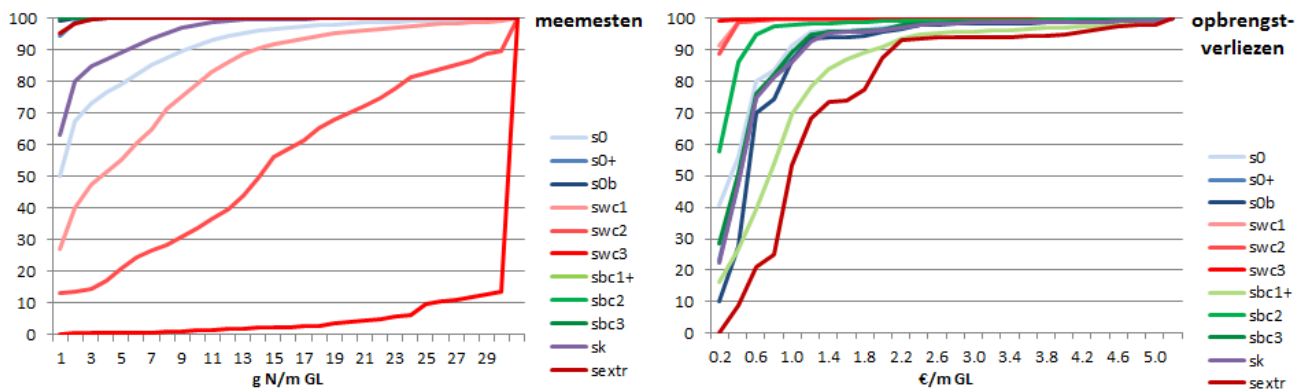


Figuur 94: Overzicht resultaten van de scenario's: resultaten per m grenslengte langs waterloop



Figuur 95: Overzicht resultaten van de scenario's: resultaten in % van perceelsoopbrengst en totaal toegediende bemesting





Figuur 96: Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts) voor de belangrijkste scenario's



Tabel 56: Overzicht van de resultaten van de scenario's: meemesthoeveelheden

	scenario's														
	s0	s0+	s0b	swc1	swc2	swc3	sbc1	sbc1+	sbc2	sbc3	sextr	sh1	sh2	sh3	sk
totale hoeveelheid N in de waterlopen in Vlaanderen (kg N)															
grasland	34 335	29 508	12 947	70 329	177 575	677 983	525	525	18	48	2 100	57 389	39 731	27 389	16 874
akkerbouw	24 547	21 114	9 494	50 599	133 196	419 471	427	427	21	34	1 643	41 223	28 590	19 787	13 820
groenten	1 386	1 203	560	3 111	7 270	23 377	20	20	1	2	84	2 544	1 758	1 206	721
totaal	60 269	51 825	23 000	124 038	318 042	1 120 831	972	972	40	84	3 826	101 156	70 078	48 381	31 415
totale hoeveelheid P in de waterlopen in Vlaanderen (kg P)															
grasland	1 841	1 582	758	3 595	12 965	77 954	51	51	4	1	176	2 917	2 044	1 449	389
akkerbouw	2 023	1 747	862	4 185	13 941	53 336	55	55	4	0	192	3 400	2 376	1 675	657
groenten	85	73	34	183	549	2 800	2	2	0	1	6	148	102	71	31
totaal	3 949	3 402	1 654	7 962	27 455	134 089	108	108	8	3	375	6 465	4 522	3 195	1 077
hoeveelheid N in de waterlopen per meter grenslengte (g N/m GL)															
grasland	2,81	2,42	1,06	5,76	14,55	55,54	0,04	0,04	0,00	0,00	0,17	4,70	3,25	2,24	1,38
akkerbouw	2,93	2,52	1,13	6,03	15,88	50,02	0,05	0,05	0,00	0,00	0,20	4,92	3,41	2,36	1,65
groenten	3,00	2,60	1,21	6,73	15,73	50,59	0,04	0,04	0,00	0,00	0,18	5,51	3,80	2,61	1,56
totaal	2,86	2,46	1,09	5,89	15,10	53,23	0,05	0,05	0,00	0,00	0,18	4,80	3,33	2,30	1,49
hoeveelheid P in de waterlopen per meter grenslengte (g P/m GL)															
grasland	0,151	0,130	0,062	0,294	1,062	1,949	0,004	0,004	0,000	0,000	0,014	0,239	0,167	0,119	0,032
akkerbouw	0,241	0,208	0,103	0,499	1,662	1,405	0,007	0,007	0,001	0,000	0,023	0,405	0,283	0,200	0,078
groenten	0,184	0,159	0,074	0,395	1,188	1,130	0,004	0,004	0,000	0,000	0,014	0,321	0,221	0,153	0,067
totaal	0,188	0,162	0,079	0,378	1,304	1,680	0,005	0,005	0,000	0,000	0,018	0,307	0,215	0,152	0,051
percentage N in de waterlopen t.o.v. de totale N-bemesting (%)															
grasland	0,102	0,087	0,039	0,202	0,510	1,949	0,002	0,002	0,000	0,000	0,007	0,17	0,116	0,081	0,050
akkerbouw	0,084	0,072	0,033	0,169	0,446	1,130	0,001	0,001	0,000	0,000	0,006	0,14	0,097	0,068	0,047
groenten	0,068	0,059	0,028	0,150	0,351	1,405	0,001	0,001	0,000	0,000	0,004	0,12	0,086	0,059	0,035
totaal	0,093	0,080	0,036	0,186	0,477	1,680	0,002	0,002	0,000	0,000	0,006	0,15	0,106	0,074	0,048
percentage P in de waterlopen t.o.v. de totale totale P-bemesting (%)															
grasland	0,050	0,043	0,021	0,095	0,341	2,053	0,001	0,001	0,000	0,000	0,005	0,077	0,055	0,039	0,011
akkerbouw	0,056	0,049	0,024	0,114	0,380	1,455	0,002	0,002	0,000	0,000	0,006	0,093	0,066	0,047	0,018
groenten	0,036	0,031	0,015	0,076	0,230	1,171	0,001	0,001	0,000	0,000	0,003	0,062	0,043	0,030	0,013
totaal	0,053	0,045	0,022	0,103	0,357	1,741	0,001	0,001	0,000	0,000	0,005	0,084	0,059	0,042	0,014

Tabel 57: Overzicht van de resultaten van de scenario's: opbrengstverliezen

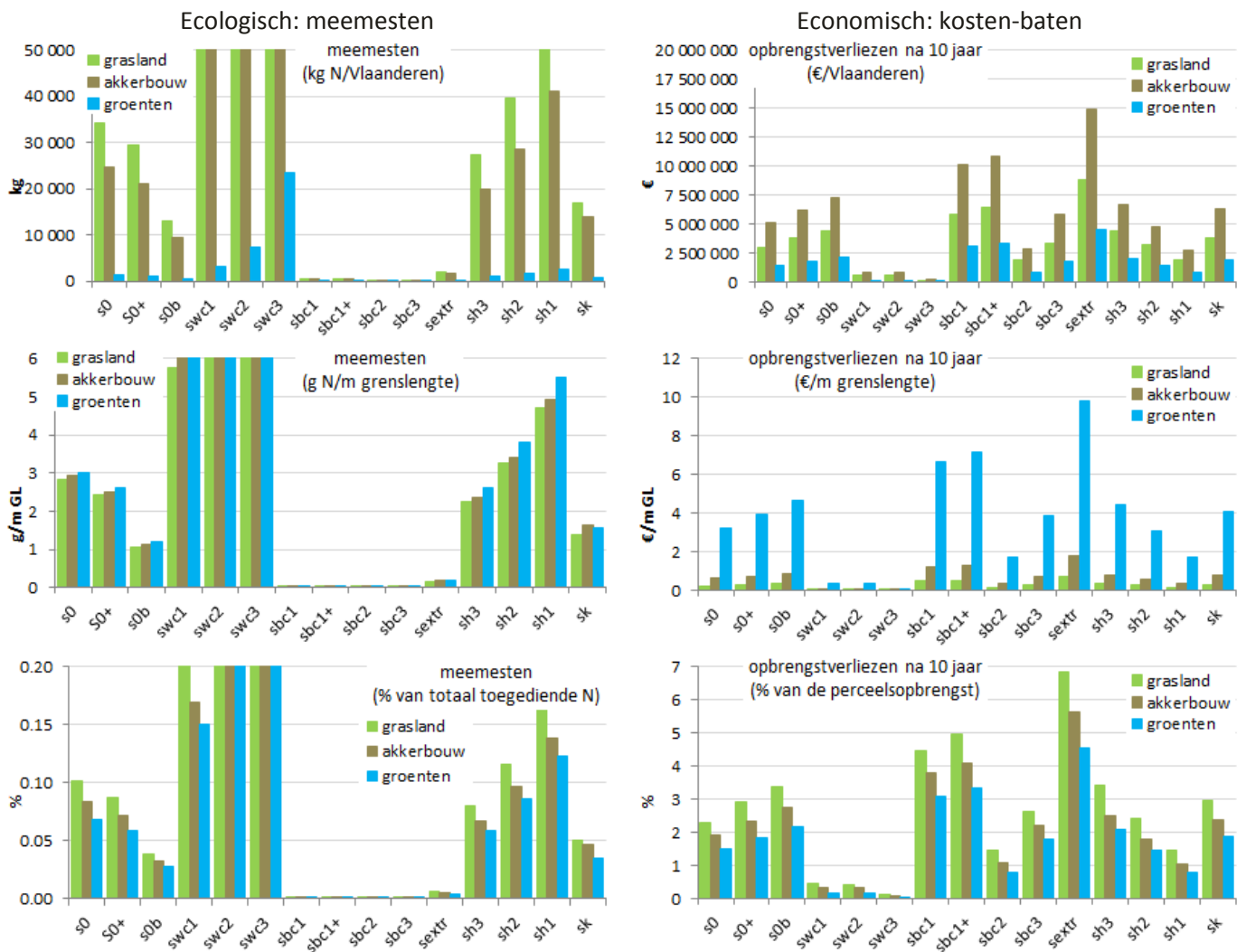
	scenario's														
	s0	s0+	s0b	swc1	swc2	swc3	sbc1	sbc1+	sbc2	sbc3	sextr	sh1	sh2	sh3	sk
totale opbrengstverliezen langs waterlopen in Vlaanderen, na 1 jaar toepassing van bemestingsvrije stroken (10 ⁶ €)															
grasland	2,205	3,150	3,144	0,583	0,547	0,147	3,561	4,422	1,510	2,773	6,675	1,876	3,168	4,461	3,216
akkerbouw	4,037	5,294	5,684	0,828	0,837	0,220	6,506	7,549	2,378	4,991	11,915	2,776	4,724	6,671	5,413
groenten	1,223	1,623	1,768	0,171	0,155	0,037	2,256	2,581	0,703	1,585	3,836	0,801	1,430	2,060	1,679
totaal	7,466	10,067	10,596	1,582	1,539	0,404	12,323	14,552	4,591	9,349	22,426	5,452	9,322	13,192	10,308
totale opbrengstverliezen langs waterlopen in Vlaanderen, na 10 jaar toepassing van bemestingsvrije stroken (10 ⁶ €)															
grasland	2,975	3,766	4,363	0,583	0,547	0,147	5,792	6,424	1,874	3,389	8,868	1,876	3,168	4,461	3,832
akkerbouw	5,115	6,157	7,330	0,828	0,837	0,220	10,104	10,821	2,861	5,853	14,879	2,776	4,724	6,671	6,276
groenten	1,472	1,822	2,147	0,171	0,155	0,037	3,076	3,323	0,799	1,784	4,518	0,801	1,430	2,060	1,878
totaal	9,563	11,744	13,841	1,582	1,539	0,404	18,972	20,567	5,533	11,026	28,266	5,452	9,322	13,192	11,986
opbrengstverlies per meter grenslengte langs waterlopen, na 1 jaar toepassing van bemestingsvrije stroken (€/m GL)															
grasland	0,181	0,258	0,258	0,048	0,045	0,012	0,292	0,362	0,124	0,227	0,547	0,154	0,260	0,365	0,263
akkerbouw	0,481	0,631	0,678	0,099	0,100	0,026	0,776	0,900	0,284	0,595	1,421	0,331	0,563	0,796	0,646
groenten	2,647	3,512	3,825	0,369	0,335	0,080	4,882	5,585	1,521	3,431	8,301	1,733	3,096	4,459	3,634
totaal	0,355	0,478	0,503	0,075	0,073	0,019	0,585	0,691	0,218	0,444	1,065	0,259	0,443	0,627	0,490
opbrengstverlies per meter grenslengte langs waterlopen, na 10 jaar toepassing van bemestingsvrije stroken (€/m GL)															
grasland	0,244	0,308	0,357	0,048	0,045	0,012	0,474	0,526	0,153	0,278	0,726	0,154	0,260	0,365	0,314
akkerbouw	0,610	0,734	0,874	0,099	0,100	0,026	1,205	1,290	0,341	0,698	1,774	0,331	0,563	0,796	0,748
groenten	3,185	3,942	4,647	0,369	0,335	0,080	6,657	7,192	1,728	3,860	9,778	1,733	3,096	4,459	4,064
totaal	0,454	0,558	0,657	0,075	0,073	0,019	0,901	0,977	0,263	0,524	1,342	0,259	0,443	0,627	0,569
percentage opbrengstverlies t.o.v. de potentiële opbrengst, na 1 jaar toepassing van bemestingsvrije stroken (%)															
grasland	1,699	2,426	2,422	0,449	0,421	0,113	2,743	3,406	1,163	2,136	5,141	1,445	2,440	3,435	2,477
akkerbouw	1,526	2,001	2,148	0,313	0,316	0,083	2,459	2,853	0,899	1,886	4,504	1,049	1,785	2,522	2,046
groenten	1,233	1,636	1,782	0,172	0,156	0,037	2,274	2,602	0,709	1,598	3,867	0,807	1,442	2,077	1,693
totaal	1,513	2,039	2,147	0,320	0,312	0,082	2,497	2,948	0,930	1,894	4,543	1,105	1,889	2,673	2,088
percentage opbrengstverlies t.o.v. de potentiële opbrengst, na 10 jaar toepassing van bemestingsvrije stroken (%)															
grasland	2,292	2,901	3,360	0,449	0,421	0,113	4,461	4,947	1,443	2,610	6,830	1,445	2,440	3,435	2,951
akkerbouw	1,933	2,327	2,771	0,313	0,316	0,083	3,819	4,090	1,081	2,212	5,624	1,049	1,785	2,522	2,372
groenten	1,484	1,837	2,165	0,172	0,156	0,037	3,102	3,350	0,805	1,798	4,556	0,807	1,442	2,077	1,893
totaal	1,937	2,379	2,804	0,320	0,312	0,082	3,844	4,167	1,121	2,234	5,726	1,105	1,889	2,673	2,428

6.4.3.2 Globale vergelijking per teeltgroep

Voor de randpercelen in Vlaanderen bestaat meer dan de helft (52%) van het areaal uit grasland, 45% uit akkerbouwgewassen en slechts 3% uit groenten (Figuur 77). De totale meemesthoeveelheden in Vlaanderen zijn dan ook het hoogst voor grasland (ook omwille van de doorgaans hogere bemestingsdosissen in grasland), gevolgd door akkerbouw en het kleinst voor groenten (Figuur 97). De totale opbrengstverliezen echter zijn hoger voor de akkerbouwteelten dan voor grasland, omwille van de grotere financiële waarde van teelten zoals aardappelen, granen, suikerbieten. En ondanks het feit dat de groenten slechts 3% van het areaal uitmaken bedragen de opbrengstverliezen in de groenten 1/6 van de totale opbrengstverliezen in Vlaanderen.

Uitgedrukt per m grenslengte langs waterlopen of in % van de totaal toegediende mesthoeveelheden zijn de meemestresultaten van de verschillende teeltgroepen meer gelijkwaardig, wat er op wijst dat de gebruikte toewijzingsmethode voor de bemestingstechnieken aan de percelen (zie 6.1.3) niet leidde tot fundamentele verschillen tussen de teeltgroepen op gebied van gebruikte bemestingstechnieken.

Voor de opbrengstverliezen uitgedrukt per m grenslengte langs waterlopen zijn er grote verschillen: de groenten hebben relatief gezien veel grotere opbrengstverliezen langs waterlopen dan de andere teeltgroepen. Dit heeft te maken met de zeer hoge financiële waarde van groenten, zeker voor de versmarkt, in vergelijking met de andere teeltgroepen (zie voorbeeldberekening in 6.4.1.2). Uitgedrukt in % van de totale perceelsopbrengst worden de resultaten opnieuw meer gelijkwaardig tussen de teeltgroepen. Grasland geeft zowel de hoogste meemestpercentages als de hoogste opbrengstverliespercentages, gevolgd door de akkerbouwteelten en als laatste de groenten.



Figuur 97: Overzicht resultaten van de scenario's: totalen voor Vlaanderen, per teeltgroep

6.4.3.3 Effect invoering bemestingsvrije stroken

Om het effect van de invoering van bemestingsvrije stroken langs geklasseerde waterlopen (beleid 2017) in te schatten werden de resultaten van s0 vergeleken met deze van swc1.

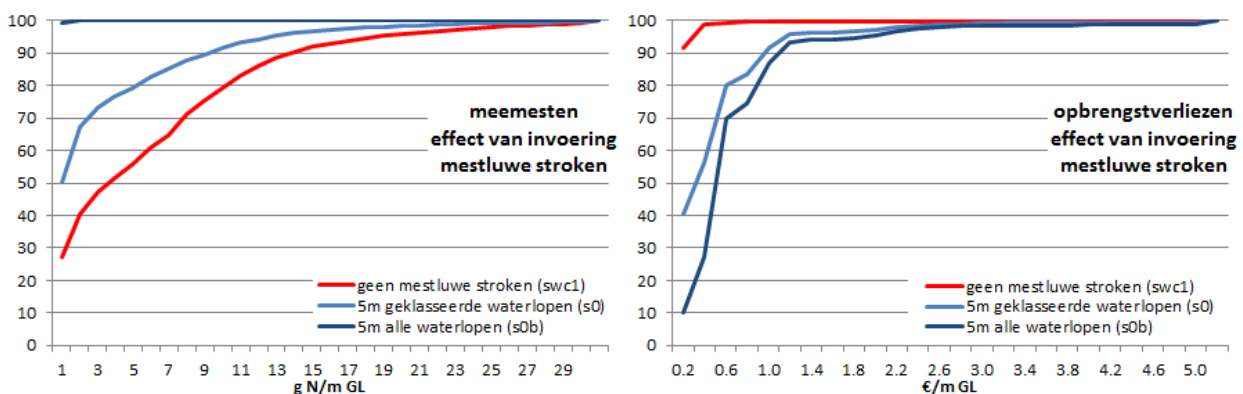
Hieruit kunnen we afleiden dat de invoering van 5 m bemestingsvrije strook langs geklasseerde waterlopen gezorgd heeft voor een vermindering van de totale meemesthoeveelheid met iets meer dan de helft (van 124 038 naar 60 269 kg N) (Tabel 56). Het percentage percelen met meemesthoeveelheden groter dan 1 g N/m GL daalde van 83% naar 50% (Figuur 98).

Dit ging gepaard met een vervienvoudiging van de bestaande opbrengstverliezen langs de waterlopen (van $1,58 \cdot 10^6$ € naar $7,47 \cdot 10^6$ €) in het eerste jaar na de toepassing van de bemestingsvrije stroken en een verzesvoudiging (van $1,58 \cdot 10^6$ € naar $9,56 \cdot 10^6$ €) na 10 jaar toepassing van de bemestingsvrije stroken (Tabel



57). Na 10 jaar steeg het percentage percelen met opbrengstverliezen groter dan 1 €/m GL van 0,4% naar 8,4% (Figuur 98).

Wanneer de bemestingsvrije stroken ook langs niet-geklasseerde waterlopen zouden ingevoerd worden (scenario s0b) dalen de meemesthoeveelheden verder naar 23 000 kg N en daalt het percentage percelen met meemesthoeveelheden groter dan 1 g N/m GL tot 0,6%. In het eerste jaar stijgen de opbrengstverliezen tot 10,60.10⁶ €. Na 10 jaar bedragen de opbrengstverliezen 13,84.10⁶ €, met in 13,3% van de percelen verliezen groter dan 1 €/m GL.



Figuur 98: Effect van de invoering van bemestingsvrije stroken langs geklasseerde (s0) en langs alle (s0b) waterlopen in vergelijking met de situatie zonder bemestingsvrije stroken (swc1). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).

6.4.3.4 Effect teeltvrije strook (situatie 2018)

Het effect van het in acht nemen van een teeltvrije strook werd nagegaan op 2 manieren:

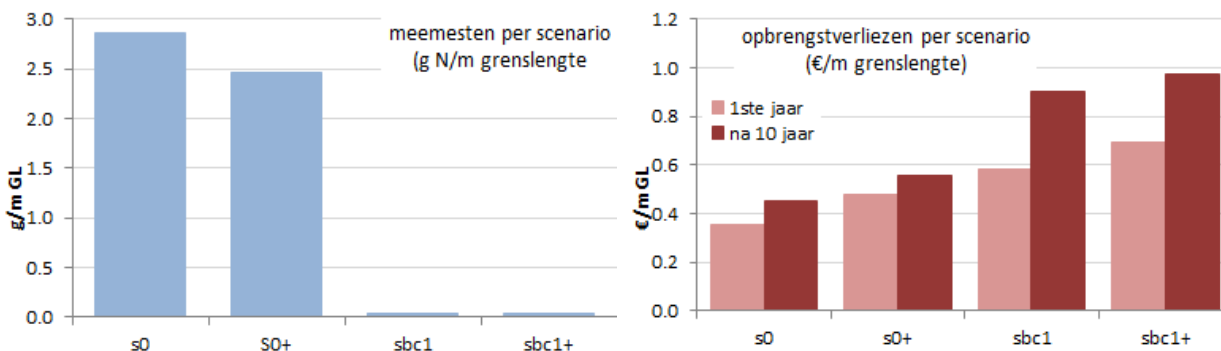
- door het referentiescenario s0 (enkel 5 m bemestingsvrije strook langs geklasseerde waterlopen) te vergelijken met scenario s0+ (5 m bemestingsvrije strook waarvan 1 m teeltvrije strook langs geklasseerde waterlopen en 1 m teeltvrije strook langs niet geklasseerde waterlopen);
- door het best case scenario sbc1 (optimale bemestingsvrije-strookbreedte langs alle waterlopen) te vergelijken met scenario sbc1+ (1 m teeltvrije strook + optimale bemestingsvrije-strookbreedte langs alle waterlopen).

Uit deze vergelijkingen kan afgeleid worden dat het in acht nemen van 1 m teeltvrije strook langs alle waterlopen zorgde voor een afname van de meemesthoeveelheden met ongeveer 14% t.o.v. de referentiesituatie (s0) (Tabel 56 en Figuur 99) en een afname van het aantal percelen met een meemesthoeveelheid groter dan 1 g /m GL van 50% naar 6% (Figuur 100).

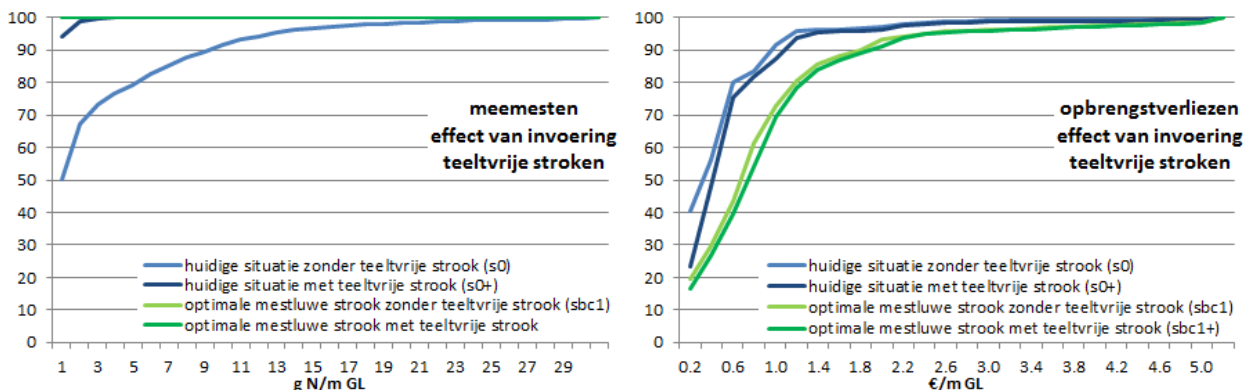
Voor het "best case" scenario sbc1 (met optimale bemestingsvrije-strookbreedte per bemestingstechniek) maakt het in acht nemen van een teeltvrije strook weinig of geen verschil voor het meemesten; dit was al nagenoeg gelijk aan 0.

Op gebied van opbrengstverliezen daarentegen zorgt de teeltvrije strook (uiteraard) steeds voor een stijging (Tabel 57 en Figuur 99). Voor het referentiescenario (s0 vs s0+) bedraagt de toename van de opbrengstverliezen 35% in het eerste jaar en 23% na 10 jaar. Het percentage percelen met opbrengstverliezen groter dan 1 €/m GL na 10 jaar stijgt van 8,4% naar 12,8% (Figuur 100). Voor het "best case" scenario (sbc1 vs sbc1+) stijgen de

opbrengstverliezen met 18% in het eerste jaar en met 8% na 10 jaar, waarbij het percentage percelen met opbrengstverliezen groter dan 1 €/m GL stijgt van 27% naar 31%.



Figuur 99: Effect van het invoeren van een teeltvrije strook van 1m langs alle waterlopen

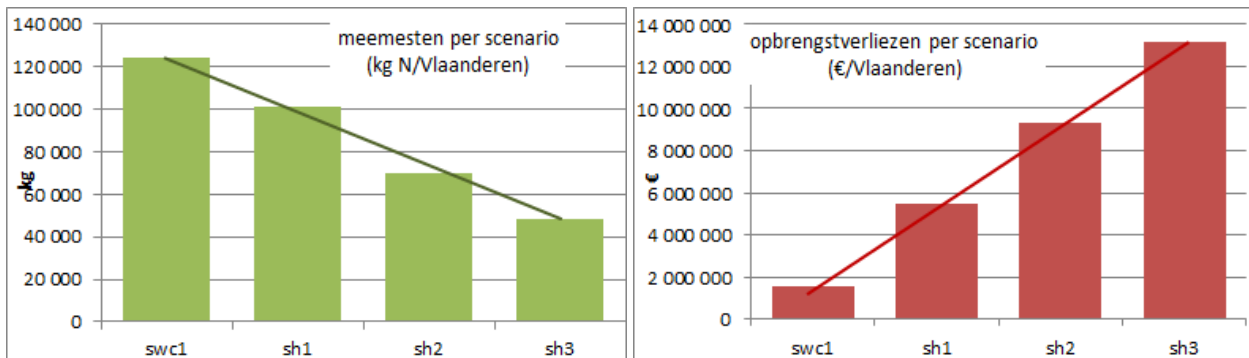


Figuur 100: Effect van de invoering van teeltvrije stroken (resp. s0+ en sbc1+) in vergelijking met de situatie zonder teeltvrije stroken (resp. s0 en sbc1). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).

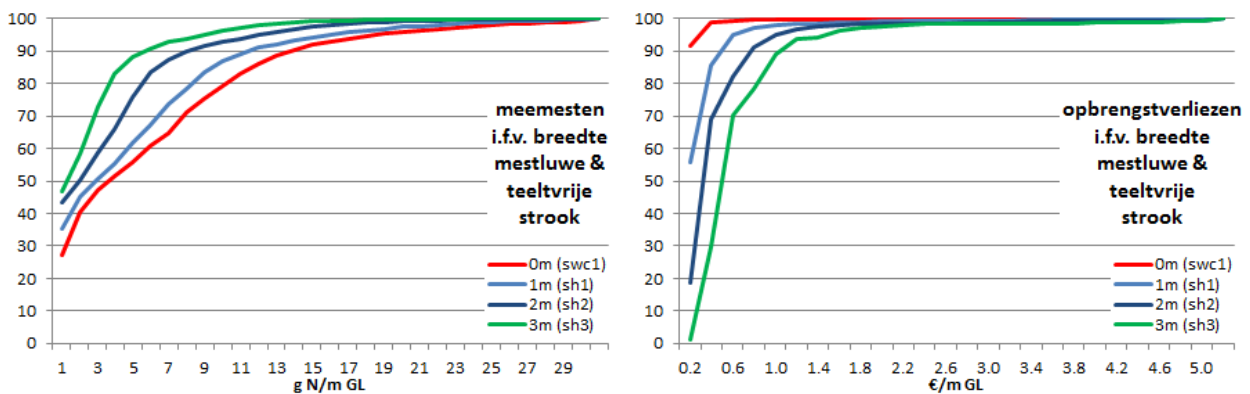
6.4.3.5 Effect toenemende breedte teeltvrije & bemestingsvrije strook (swc1 - sh1 - sh2 - sh3)

Scenario's swc1, sh1, sh2 en sh3 komen overeen met een toenemende breedte van de teeltvrije en bemestingsvrije strook gaande van 0 m (swc1) tot 3 m (sh3). Deze toename gaat gepaard met quasi lineair afnemende meemesthoeveelheden en lineair toenemende opbrengstverliezen (Tabel 56 en Tabel 57). Per extra meter bemestings- en teeltvrije strook komt er grosso modo 25 000 kg N minder in de waterlopen terecht (hetzij 1,2 g/m GL) en stijgt het totaal opbrengstverlies met 4 miljoen € (hetzij 0,2 €/m GL) (Figuur 101). Het percentage percelen met een meemesthoeveelheid groter dan 1 g N/m GL daalt van 73% (swc1) naar 65% (sh1), 56% (sh2) en 53% (sh3). Omgekeerd stijgt het percentage percelen met een opbrengstverlies groter dan 1 €/m GL van 2% (swc1) naar 5% (sh1), 11% (sh2) en 14% (sh3) (Figuur 102).





Figuur 101: Effect van een toenemende breedte van de teeltvrije & bemestingsvrije strook (swc1, sh1, sh2, sh3)



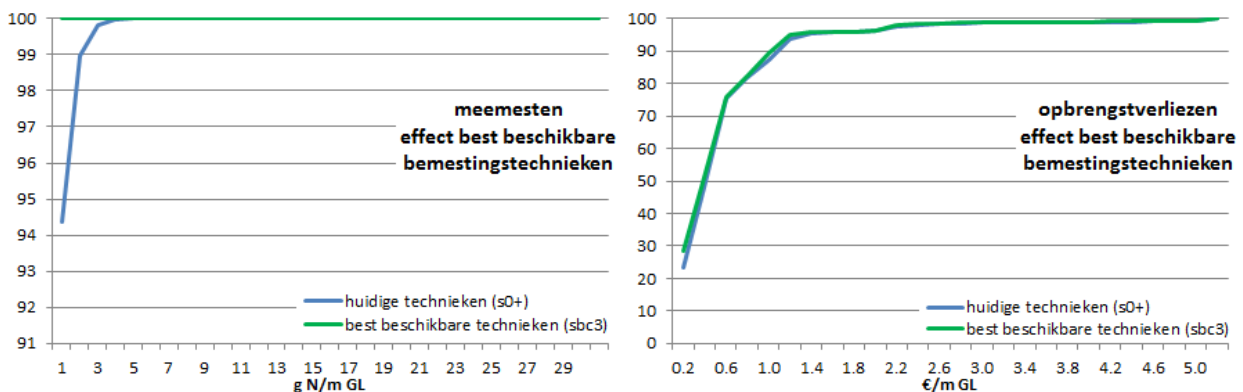
Figuur 102: Effect van een toenemende breedte van teeltvrije en bemestingsvrije stroken (resp. swc1, sh1, sh2 en sh3). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).

6.4.3.6 Effect bemestingstechnieken (huidige vs best beschikbare)

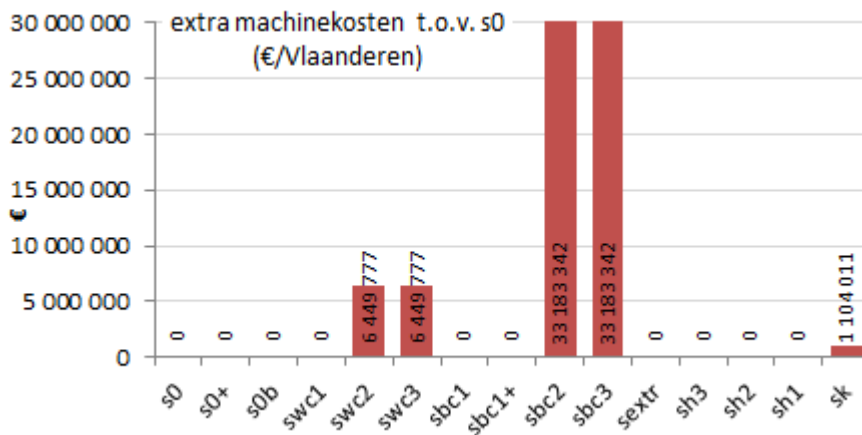
Scenario sbc3 wordt hiervoor vergeleken met scenario s0+.

Door overall steeds de best beschikbare bemestingstechnieken te gebruiken, in combinatie met de huidig toegepaste mestvrije strookbreedtes wordt er nagenoeg niet meer meegemest (Tabel 56, Figuur 103), terwijl de opbrengstverliezen van dezelfde grootteorde zijn als met de huidige bemestingstechnieken.

In dit scenario (sbc3) springen echter vooral de uitermate hoge extra machinekosten in het oog, als gevolg van de noodzakelijke investeringen en afschrijvingskosten van nieuwe machines voor de percelen waar de best beschikbare technieken nog niet gebruikt werden (Figuur 104).



Figuur 103: Effect van de vervanging van de huidige bemestingstechnieken (s0+) door de best beschikbare technieken (sbc3). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).



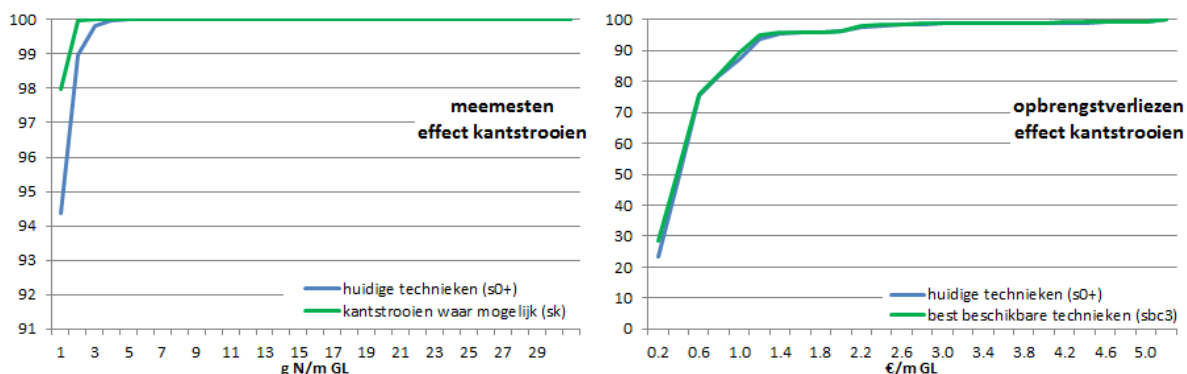
Figuur 104: Extra machinekosten in de verschillende scenario's t.o.v. de huidige situatie

6.4.3.7 Effect kantstrooien waar mogelijk

Scenario sk wordt hiervoor vergeleken met scenario s0+.

Door waar mogelijk kantstrooien toe te passen waar dit nog niet het geval was kan de meemesthoeveelheid met ongeveer 40% teruggedrongen worden (van 52 000 kg N naar 31 000 kg N in gans Vlaanderen) (Tabel 56), waarbij het percentage percelen met een meemesthoeveelheid groter dan 1 g N/m GL daalt van 6% naar 2% (Figuur 105). Tegelijkertijd blijven de opbrengstverliezen ongeveer op hetzelfde niveau (kleine stijging van 2 - 2,5%). Dit scenario (sk) brengt weliswaar een kleine extra machinekost met zich mee t.o.v. het referentiescenario (Figuur 104) omdat voor machines met kantstrooien de kostprijzen 5% hoger ingeschat worden dan voor de analoge machines zonder kantstrooien.





Figuur 105: Effect van het toepassen van kantstrooien waar mogelijk (sk) in vergelijking met de huidige situatie (s0+). Cumulatieve frequentieverdeling van de randpercelen volgens hun meemesthoeveelheden (g N/m GL) (links) en hun opbrengstverliezen (€/m GL) (rechts).

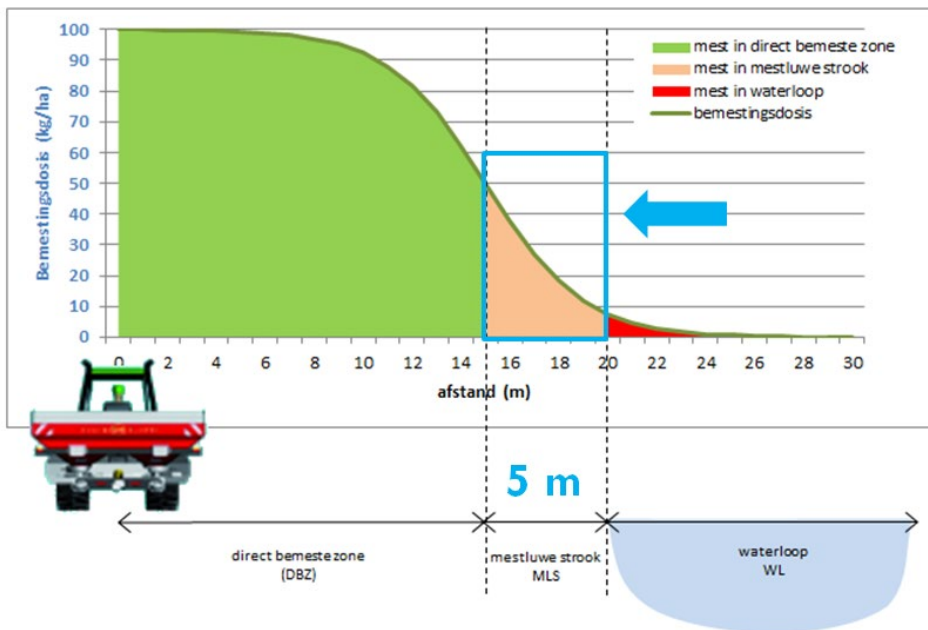
6.4.4 Inschatting van het effect van de scenario's op niet-direct-meemesthoeveelheden

Het niet-direct-meemesteffect (NDMM) komt overeen met de impact van mest die niet direct in de waterloop terecht komt, maar bovenop de strook direct langs de waterloop blijft liggen, waardoor deze bij regenval gemakkelijk afspoelt en sneller in het oppervlaktewater terecht komt (zie 3.1.2.3.3. in Luik 1).

De RUSLE vergelijking (Revised Universal Soil Loss Equation; Renard *et al.*, 1991) berekent het bodemverlies door erosie in functie van de neerslagerosiviteit, bodemtextuur, bodembedekking, hellingsgraad en –lengte, en eventueel erosiepreventie maatregelen. Berekenen van de afspoeling in de huidige studie met RUSLE stuit echter op een aantal belangrijke problemen. Het belangrijkste knelpunt is dat de afspoeling volgens RUSLE sterk bepaald wordt door de hellingslengte en hellingsgraad opwaarts van de bemestvrije strook, die in de context van deze studie niet gekend is. Verder moet de door RUSLE berekende afgespoelde bodem nog omgerekend worden naar een hoeveelheid N of P, hetgeen belangrijke aannames vereist over de concentratie van deze elementen in de bodem. Hiermee samen zijn er ook aannames vereist over het moment van de mesttoediening, en de neerslagintensiteit in de periode die hierop volgt.

In andere studies, oa. van Bakel *et al.* (2008), wordt de oppervlakkige afspoeling berekend met het SWAP-model op basis van dagwaarden van neerslag. In deze studie wordt reeds aangegeven dat dit een relatief primitieve aanpak is, waarbij gemodelleerde afspoeling vooral afhankelijk is van de grondwaterbeweging en amper van een overschrijding van de infiltratiecapaciteit (m.a.w., de neerslag kon in de meeste gevallen grotendeels infiltreren in de bodem, zodat er slechts weinig afspoeling plaatsvond, tenzij het grondwaterpeil tot dichtbij het maaiveld gestegen was). Daardoor is deze aanpak enkel bruikbaar voor zandgronden.

Een betekenisvolle berekening van de afspoeling op basis van fysische modellen zoals RUSLE en SWAP voor de set van randpercelen is met de beschikbare gegevens niet mogelijk. Een inschatting van de grootteorde is echter wel mogelijk op basis van de berekende mestspreadscurves. Op basis van deze curves kan de hoeveelheid mest die in een bemestingsvrije strook van 5 meter breed terecht komt berekend worden. Deze strook van 5 m breed komt overeen met de huidige bemestvrije strook langs geklasseerde waterlopen. Het relevante gedeelte van de mestspreadscurve is getoond in Figuur 106.



Figuur 106: Gedeelte van de mestspreadscurve dat gevoelig is voor niet-direct meemesten

Om een inschatting te maken van de fractie van de mest op de bemestingsvrije strook die zal afspoelen werd gebruik gemaakt van de potentiële bodemerosiekaart per perceel (DOV, 2018). De erosiegevoeligheid van een perceel volgens deze kaartlaag houdt rekening met de volledige hellingslengte en hellingsgraad opwaarts van een perceel. Elk randperceel in de dataset (in totaal 127 684 percelen voor Vlaanderen) werd volgens erosiegevoeligheid in de klassen 'Verwaarloosbaar' (84,4% van de percelen in de dataset), 'Licht' (8,5%), 'Matig' (6,3%), en 'Sterk' erosiegevoelig (0,8%) ingedeeld.

Het gedeelte van de mest in de bemestingsvrije strook dat zal afspoelen kan zoals hierboven beschreven niet betekenisvol op basis van fysische processen berekend worden. Bijgevolg worden hier 2 casussen doorgerekend, om een inschatting te krijgen van de grootteorde van de totale vrachten N en P die door afspoeling van de bemestingsvrije strook in de waterloop terecht kunnen komen, en om deze vrachten te vergelijken met de directe verliezen.

1. Casus 1: "**100%**": extreme 'worst-case' waarbij op alle randpercelen in Vlaanderen alle N en P die op de bemestingsvrije strook terechtkomt zal afspoelen. Dit is vanzelfsprekend een onrealistisch scenario, maar laat toe om de bovengrens van het NDMM te bepalen.
2. Casus 2: "**gradueel**": hierbij is de fractie N en P die van de bemestingsvrije strook zal afspoelen afhankelijk van de erosiegevoeligheid van het perceel. Op percelen met een verwaarloosbare erosiegevoeligheid zal er geen afspoeling zijn (0%), op percelen die erosiegevoelig zijn bedraagt de afspoeling 10%, 20% of 30% voor respectievelijk licht, matig of sterk erosiegevoelige percelen (Tabel 59). Deze percentages zijn een inschatting en dienen voornamelijk om een inschatting te krijgen van de grootteordes en verdeling van de afspoeling van de bemestingsvrije strook.



Tabel 59: Overzicht van de 2 casussen voor afspoeling van de bemestingsvrije strook

	Erosiegevoeligheid			
	Verwaarloosbaar	Licht	Matig	Sterk
Casus 1: "100%"	100%	100%	100%	100%
Casus 2: "Gradueel"	0%	10%	20%	30%

Voor elk van de twee casussen uit Tabel 59 werden de scenario's s0b, swc1 en sbc3 doorgerekend. De berekende afspoeling gesommeerd voor Vlaanderen is weergegeven in Tabel 60. Voor het basisscenario s0b toont dit dat de potentiële maximale afspoeling (casus "100%") een factor 10 hoger ligt dan de directe verliezen. Indien een meer realistische graduele afspoeling verondersteld wordt valt deze waarde al snel terug tot 23% van de directe verliezen. Een gelijkaardige trend doet zich voor voor het worst-case scenario swc1. Voor scenario sbc3 zijn de directe verliezen zeer klein, maar is er toch een betekenisvolle potentiële afspoeling. De verklaring hiervoor is dat in dit scenario meer technieken toegepast worden die dicht bij de waterloop kunnen komen met minimale directe verliezen, maar waarbij wel een grotere hoeveelheid nutriënten in de bemestingsvrije strook terecht komt die kan afspoelen. Ter vergelijking zijn in deze tabel ook de resultaten van de N-vrachten naar het oppervlaktewater volgens NEMO (gemiddelde resultaten voor de periode 2010-2012) weergegeven. De NEMO-post 'Runoff' betreft hier de afspoeling van alle landbouwpercelen in Vlaanderen, terwijl de afspoeling berekend in het huidig project enkel de afspoeling van de bemestingsvrije strook van 5 meter langsheen de waterlopen betreft.

Tabel 60: Afspoeling en directe verliezen in ton N/jaar voor Vlaanderen, met een vergelijking van de gemiddelde NEMO-output voor de periode 2010-2012

	Huidig project [ton N/jaar]			NEMO [ton N/jaar]				
	Directe verliezen	Afspoeling "100%"	Afspoeling "gradueel"	Directe verliezen	Runoff	Drainage	Grondwater	Totaal
s0b	23,0	240,1	5,2					
swc1	124,0	2109,1	44,7	911,5	596,8	12608,1	9443,5	23559,9
sbc3	0,1	800,5	18,1					

Tabel 61 drukt de directe verliezen en afspoeling uit Tabel 60 uit als een percentage van de totale N-vracht naar het oppervlaktewater volgens NEMO. Zowel directe verliezen als afspoeling bedragen minder dan 0,5% van de totale N-vracht naar het oppervlaktewater voor de 3 scenario's, behalve in de casus "100%" waar verondersteld wordt dat alle mest op de bemestingsvrije strook zal afspoelen op alle percelen in Vlaanderen.

Tabel 61: Afspoeling en directe verliezen uitgedrukt als percentage van de totale N-vracht naar het oppervlaktewater volgens NEMO (gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012)

	Huidig project [% van de totale N-vracht]			NEMO [% van de totale N-vracht]			
	Directe verliezen	Afspoeling "100%"	Afspoeling "gradueel"	Directe verliezen	Runoff	Drainage	Grondwater
s0b	0,1%	1,0%	0,0%				
swc1	0,5%	9,0%	0,2%	3,9%	2,5%	53,5%	40,1%
sbc3	0,0%	3,4%	0,1%				

Dezelfde berekening werd uitgevoerd voor de P-vrachten (Tabel 62 en Tabel 63). De verhouding tussen directe verliezen en afspoeling is voor de 2 casussen en 3 scenario's vergelijkbaar met die van N.

Tabel 62: Afspoeling en directe verliezen in ton P/jaar voor Vlaanderen, met een vergelijking van de gemiddelde NEMO-output voor de periode 2010-2012

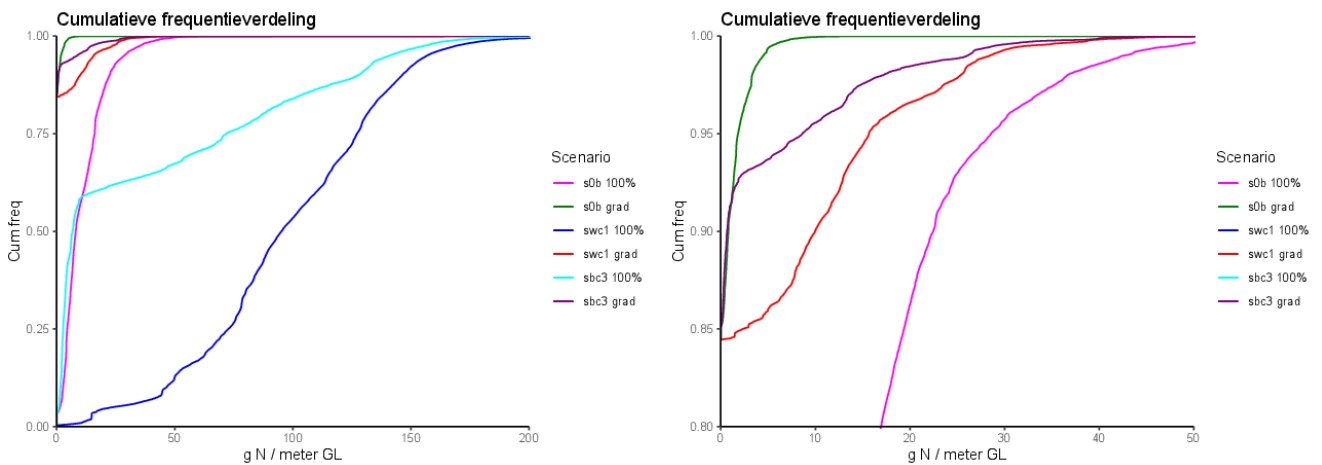
	Huidig project [ton P/jaar]			NEMO [ton P/jaar]				
	Directe verliezen	Afspoeling "100%"	Afspoeling "gradueel"	Directe verliezen	Runoff	Drainage	Grondwater	Totaal
s0b	1,7	20,6	0,5					
swc1	8,0	258,9	5,7	170,8	162,9	243,9	201,5	779,0
sbc3	0,003	84,7	2,0					

Tabel 63: Afspoeling en directe verliezen uitgedrukt als percentage van de totale P-vracht naar het oppervlaktewater volgens NEMO (gemiddelde waarde voor de periode 2010-2012)

	Huidig project [% van de totale P-vracht]			NEMO [% van de totale P-vracht]			
	Directe verliezen	Afspoeling "100%"	Afspoeling "gradueel"	Directe verliezen	Runoff	Drainage	Grondwater
S0b	0,2%	2,6%	0,1%				
swc1	1,0%	33,2%	0,7%	21,9%	20,9%	31,3%	25,9%
sbc3	0,0%	10,9%	0,3%				

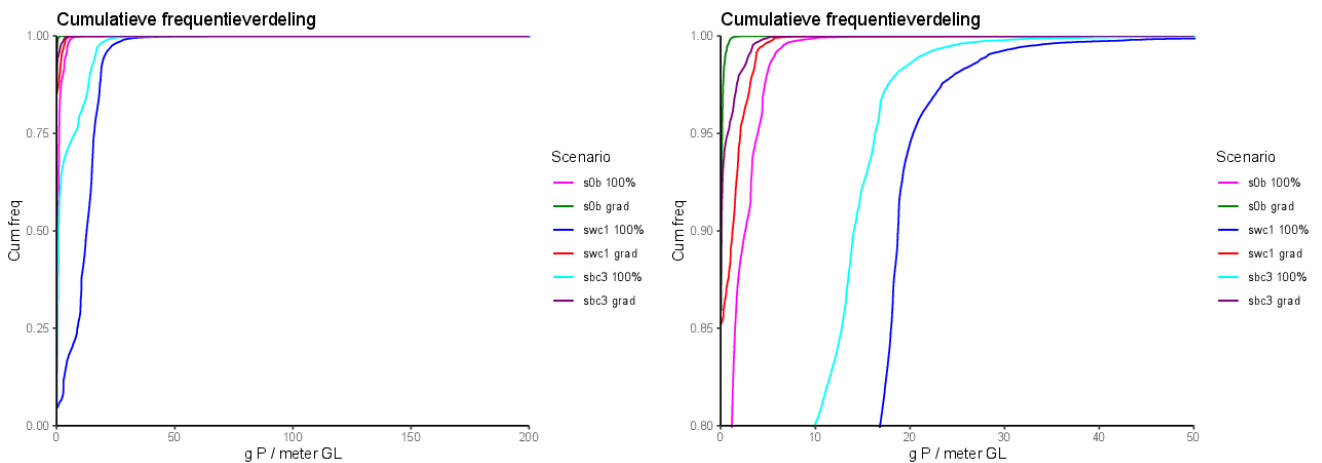
Naast de totale vrachten gesommeerd voor heel Vlaanderen is het belangrijk om te kijken naar piekbelastingen van N en P in de waterlopen. Figuur 107 toont de cumulatieve frequentieverdeling van de N-afspoeling over de 127 684 randpercelen voor de 3 scenario's en 2 casussen. De afspoeling wordt uitgedrukt als g N per lopende meter grenslengte. Een interpretatie hiervan in functie van de nitraatconcentratie in de waterloop wordt hierboven beschreven in sectie 6.4.1.1. Voor het basisscenario s0b bedraagt de afspoeling in de graduele casus minder dan 1 g N/meter grenslengte voor 96% van de percelen, en bedraagt de fractie percelen met een afspoeling boven de 4 g N/meter grenslengte minder dan 0,5% (<6384 percelen).





Figuur 107: Links: cumulatieve frequentieverdeling van de afspoeling [g N/meter grenslengte] voor de randpercelen voor scenario's s0b, swc1 en sbc3, en casussen "100%" en "gradueel" (grad). Rechts: zelfde figuur, ingezoomd op de 20% percelen met de hoogste afspoeling en 0 tot 50 g N/meter GL afspoeling.

De cumulatieve frequentieverdeling voor P (Figuur 108) toont vergelijkbare resultaten.



Figuur 108: Links: cumulatieve frequentieverdeling van de afspoeling [g P/meter grenslengte] voor de randpercelen voor scenario's s0b, swc1 en sbc3, en casussen "100%" en "gradueel" (grad). Rechts: zelfde figuur, ingezoomd op de 20% percelen met de hoogste afspoeling en 0 tot 50 g P/meter GL afspoeling.

Finaal wordt nogmaals benadrukt dat beide casussen ("100%" en "gradueel") dienen om een inschatting te verkrijgen van de grootteorde van de afspoeling van de mest die terechtkomt op de bemestingsvrije strook. Mogelijk is zelfs de casus "gradueel" een overschatting van de afspoeling. Zo kan de aanwezigheid van een teeltvrije (gras-)strook de afspoeling op een erosiegevoelig perceel nog reduceren. Verder gebeurt een belangrijk aandeel van de bemesting in periodes met een laag erosierisico, zoals bijvoorbeeld bij grasland of de bijbemesting bij aardappelen. De startbemesting in het voorjaar daarentegen vindt wel plaats in een relatief erosiegevoelige periode. Ten slotte zal bij technieken met mestinjectie het risico op afspoeling ook afnemen. Deze bemerkingen spelen voor P in mindere mate mee, gezien de bouwvoor in Vlaanderen reeds een hoge P-belasting heeft los van de bemesting.

6.5 WP19: BESLUITEN VOOR BELEID

6.5.1 Afweging directe verliezen met andere vrachten

Een afweging van de directe verliezen berekend in het huidig project t.o.v. de resultaten van NEMO voor Vlaanderen is weergegeven in Tabel 64, voor de scenario's swc1, s0 en s0+. Scenario swc1 kan beschouwd worden als de situatie in Vlaanderen vóór de invoering van de bemestingsvrije stroken, s0 als de situatie in 2017, en s0+ als de situatie in 2018 met het inachtnemen van de teeltvrije zones. De directe verliezen van N berekend in het huidig project bedragen 14%, 7% en 6% van deze uit NEMO voor resp. de scenario's swc1, s0 en s0+. Voor P is dit 5%, 2% en 2%. Dit is voornamelijk terug te brengen op het feit dat NEMO voor de directe verliezen steunt op berekeningen volgens het SENTWA-model, dat waarschijnlijk niet meer relevant is voor de huidige situatie in Vlaanderen.

Tabel 64: Nutriëntenvrachten volgens NEMO (gemiddelde resultaten voor periode 2010-2012), en de directe verliezen naar de waterloop berekend in het huidig project voor de scenario's swc1, s0 en s0+, voor Vlaanderen

		N		P		
		[ton N/jaar]	[ton P/jaar]	[% van totale vracht]	[% van totale vracht]	
NEMO	Directe verliezen	911,5	170,8	3,9%	21,9%	
	Runoff	596,8	162,9	2,5%	20,9%	
	Drainage	12608,1	243,9	53,5%	31,3%	
	Grondwater	9443,5	201,5	40,1%	25,9%	
	Totaal	23559,9	779,0	100,0%	100,0%	
Huidig project	Directe verliezen	swc1	124,0	8,0	0,5%	1,0%
		s0	60,3	3,9	0,3%	0,5%
		s0+	51,8	3,4	0,2%	0,4%

De overgang van swc1 naar s0 resulteerde in een afname van de directe verliezen met 51% voor N en 51% voor P. De overgang van s0 naar s0+ resulteerde in een verdere afname met 14% voor N en 13% voor P. Ten opzichte van de totale nutriëntenvracht naar het oppervlaktewater uit NEMO bedraagt de directe afspoeling van N 0,5% voor swc1, 0,3% voor s0 en 0,2% voor s0+. Voor P is dit 1,0% voor swc1, 0,5% voor s0, en 0,4% voor s0+.

Een belangrijke opmerking hier is dat de resultaten in Tabel 64 gesommeerde waarden zijn over heel Vlaanderen. Eigen aan de directe verliezen is echter dat het gaat om piekbelastingen en dat relatief kleine totale vrachten dus wel degelijk een probleem kunnen vormen naar piekconcentraties in het oppervlaktewater.

6.5.2 Controle en handhaving

Voor de verschillende scenario's worden de haalbaarheid en de implicaties besproken voor de controle/handhaafbaarheid.

Interessante scenario's voor het beleid moeten voldoen aan de volgende voorwaarden:

////////////////////////////////////

- gelijke of lagere meemesteffecten dan het referentiescenario s0+ (vertegenwoordigt de huidige situatie m.i.v. inachtneming van 1 m teeltvrije strook):
 - ➔ blijven over: s0+, s0b, sbc1, sbc1+, sbc2, sbc3, sextr, sh3, sk
- opbrengstverliezen maximaal van hetzelfde niveau als het referentiescenario (s0 resp. s0+):
 - ➔ blijven over: s0+, (s0b,) sbc2, sbc3, (sh3,) sk
- geen te hoge investeringen in nieuwe machines t.o.v. s0 resp. s0+:
 - ➔ blijven over: s0+, (s0b, sh3,) sk
- indien de investeringskost in nieuwe machines zou gesubsidieerd worden, kunnen sbc2 en sbc3 eventueel ook nog:
 - ➔ blijven over: s0+, (s0b, sh3,) sk, sbc2, sbc3
- handhaafbaarheid: controle van de toegepaste strookbreedtes moet uitvoerbaar zijn; voor scenario sbc2 wordt dit moeilijk aangezien de strookbreedte voor elke bemestingstechniek anders is:
 - ➔ blijven over: s0+, (s0b, sh3,) sk, sbc3

De overblijvende scenario's s0+, s0b, sh3, sk en sbc3 houden in dat steeds dezelfde bemestingsvrije-strookbreedte wordt gehanteerd voor alle bemestingstechnieken; deze scenario's houden dus geen rekening met de mogelijkheden van precisietechnieken zoals injectie, rijenbemesting, sleepslangbemesting, sleufkouterbemesting. Scenario sbc2 houdt hier wel rekening mee doordat het voor elke bemestingstechniek de optimale strookbreedte voorziet, wat echter in de praktijk (zeker naar handhaving toe) niet haalbaar is. Een interessante piste zou zijn om een onderscheid te maken tussen precisietechnieken enerzijds en andere (breedwerpige) bemestingstechnieken anderzijds. Voor de precisietechnieken zou kunnen gewerkt worden zonder (netto) bemestingsvrije strook (maar wel met een teeltvrije en dus ook een mestvrije strook van 1 m) en voor de andere technieken zou de huidige strookbreedte van 5m gehandhaafd blijven, en eventueel uitgebreid naar de niet-geklasseerde waterlopen.

Wat ook kan bekeken worden is in hoeverre er een verschil moet/kan gemaakt worden tussen de verschillende teeltgroepen, gezien de soms grote opbrengstverschillen tussen de scenario's voor sommige teeltgroepen. Er kan gekeken worden naar aangepaste strookbreedtes (maar meemesteffecten zijn gelijkaardig voor alle teeltgroepen) of naar al dan niet verplichting tot gebruik van best beschikbare technieken.

- Enquête bemestingstechnieken. 2017. Proeftuinnieuws 16: 42.
- Enquête over bemestingstechnieken. 2017. Boer & Tuinder. 7 september 2017.
- Vulgariserende publicaties (ook in de rand):
 - Declercq J., Nuyttens D. 2017. Hoe precies werken onze spuiten. Management & Techniek. 7: 5-7.
 - Coopman F., Van Nevel B., Nuyttens D., Cool S., Chys G. 2018. Bemesten is geen randgebeuren. Proeftuinnieuws. 2: 24.
 - Dieleman P. 2018. Je strooibeeld perfect in kaart gebracht. Management & Techniek. 4: 16-18.
 - Dekeyser *et al.* 2018. Welke bemestingstechnieken worden in Vlaanderen gebruikt? (Bijlage 17).
- Wetenschappelijke publicatie m.b.t. detectie van mest o.b.v. drone beelden (Bijlage 18) .

De volgende acties worden nog gepland:

- December 2018: studienamiddag afstelling kunstmeststofstrooiers en spuittoestellen i.s.m. Bedrijfsgilde Asse.
- Januari-februari 2019: studiedag kunstmeststofstrooiers (in kader van demoproject 'Bemesten is geen randgebeuren') met o.a. toelichting resultaten VLM project.
- Elsen F., Coussement T., Nuyttens D., Amery F. , Tits M. (2019) Impact of fertilizer buffer strips on direct nutrient losses in surface water and farmers cost-benefit-balance in Flanders. Abstract ingediend voor de LUWQ conference (juni 2019).

7.3 WP22: VOORLICHTINGSSESSIES

Na afloop van het project worden twee voorlichtingssessies voorzien over het project voor VLM-medewerkers en voor andere belanghebbenden. Een eerste sessie is ingepland op vrijdag 11 januari (Agriflanders).

7.4 WP23: BROCHURE

Er werd een brochure ontworpen over de Best Beschikbare Technieken per mestsoort/type voor de doelgroep landbouwer/loonwerkers en het correct gebruik van de technieken om de wettelijke bemestingsvrije zones te respecteren. De brochure gaat in de inleiding in op de motivering, win-situaties, voor het bedrijf en voor milieu.

Verder worden de best beschikbare technieken en maatregelen in detail en toegankelijk behandeld. Deze brochure bevindt zich in bijlage 19.

8 REFERENTIES

- Abts M., Anthonissen A., Hubrecht L., Rombouts G., Ryckaert I., De Vliegheer A., Latré J., Van de Ven G., Odeurs W. (2016) Praktijkgids Bemesting Grasland en voedergrassen. Departement Landbouw en Visserij, Brussel.
- Amery F., Vandecasteele B. (2015) Wat weten we over fosfor en landbouw? Deel 1: Beschikbaarheid van fosfor in bodem en bemesting. Merelbeke.
- Aphale A., Bolander N., Park J., Shaw L., Svec J., Wassgren C. (2003) Granular Fertiliser Particle Dynamics on and off a Spinner Spreader. *Biosystems Engineering*. 85(3) pp. 319-329.
- Beck B., Balafoutis A., Broekaert K., Cool S., Fountas S., Maselyne J., Nuyttens D., Van De Vijver R., Vangeyte J., Zwervaegher I., van der Wal T. (2016) Literature review on the impacts of Precision Agriculture Technologies in agriculture. JRC-IPTS Report. 128 pp.
- Bergen D., Deuninck J., Vrints G., Van der Straeten B. (2015a) Aardappelen – Rentabiliteits- en kostprijsanalyse op basis van het Landbouwmonitoringsnetwerk, Departement Landbouw en Visserij, Brussel. Depotnummer: D/2015/3241/320.
- Bergen D., Tacquenier B., Van der Straeten B. (2015b) Suikerbieten – Rentabiliteits- en kostprijsanalyse op basis van het Landbouwmonitoringsnetwerk, Departement Landbouw en Visserij, Brussel. Depotnummer: D/2015/3241/237.
- Bodemkundige Dienst van België, K.U. Leuven Instituut voor Land- en Waterbeheer, K.U. Leuven Laboratorium voor Bodemvruchtbaarheid en –biologie, R.U. Gent Bodemkunde en fertiliteit, K.U. Leuven SADL (2002). Bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem als beleidsinstrument (besteknr 2000/1). Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij. 329 pp.
- Brusselman E., Beck B., De Campeneere S., Demeyer P., Goossens K., Kerselaers E., Maertens L., Millet S., Reubens B., Riebbels G., Vandaele L., Vangeyte J., Zwervaegher I. (2016) Screening van maatregelen die kunnen leiden tot de reductie van ammoniakemissie afkomstig van landbouw. ILVO rapport. 128 pp.
- Cool S., Huyghebaert B. (2014) Strooiertechniek staat niet stil. *Management en Techniek*. 8, pp. 20-22.
- Coussement T., Janssens P., Desmet D., Dumont B. (2015). In situ meetcampagne voor bodemvocht met koppeling aan satellietdata. Studie in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. 117 pp.
- D'Haene K., Salomez J., De Neve S., De Waele J., Hofman G. (2014) Environmental performance of nitrogen fertiliser limits imposed by the EU Nitrates Directive. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 192, pp. 67-79.
- D'Haene K., Salomez J., Verhaeghe M., Van de Sande T., De Nies J., De Neve S., Hofman G. (2018) Can optimum yield and quality of vegetables be reconciled with low residual soil mineral nitrogen at harvest? *Scientia Horticulturae* 233, pp. 78-89.
- D'hooghe J., Campens V. (2009) Vlaamse standaardopbrengsten voor de gewassen en de veehouderij (2003-2005). Departement Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.



de Bont C.J.A.M., Jager J.H., Janssens S.R.M. (2008) Vlas en vezelhennepe en herziening van het EU-beleid. Rapport 2008-050, LEI Wageningen UR, Den Haag.

Deuninck J., Vervloet D. (2016) Rentabiliteits- en kostprijsanalyse groenten in openlucht op basis van het Landbouwmonitoringsnetwerk. Departement Landbouw en Visserij, Brussel.

Dintwa E., Tijskens E., Olieslagers R., De Baerdemaeker J., Ramon H. (2004) Calibration of a spinning disc spreader simulation model for accurate site-specific fertiliser Application. Biosystems Engineering. 85(1), pp. 49-62.

Ehlert, P., van der Salm, C., Burgers, S., van Middelkoop, J., van Dijk, W., van der Maas, R., Pronk, A., van Reuler, H., Koopmans, G., Chardon, W., 2014. Fosfaatklassen voor fosfaatgebruiksnormen van de Meststoffenwet; Landbouwkundige en milieuhygiënische aspecten in samenhang. Wageningen.

DOV (2018). Potentiële bodemerosiekaart per perceel (2017). Online te raadplegen op <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/1b523639-931d-4566-bb8c-600462105341>.

Frick R. (1999). Verteilgeräte an Güllefässern. FAT Berichte Nr. 531.

Herelixka E., Vogels N., Vanongeval L., Geypens M., Oorts K., Rombauts S., Sammels L., Verstraeten W.W., El-Sadek A., Feyen J., Coppens F., Merckx R., D'Haene K., Moreels E., De Neve S., Salomez J., Boeckx P., Hofman G., Van Cleemput O., Librecht I., Wellens J., Van Orshoven J. (2002) Bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem als beleidsinstrument. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij.

Huyghebaert B., Defays G., Mostade O., Stas M., Nuyttens D., Declercq J., Dekeyser D., Zwervaegher I. (2016) Development of a risk assessment procedure for pesticide application equipment within the framework of article 8 of the EU Directive 2009/128 and development of specific inspection procedures. Report SIRA-Apesticon. 45 pp.

Johnston, A.E., 2000. Soil and plant phosphate. Paris.

Jourquin S. (2012) Rentabiliteits- en kostprijsanalyse granen voor de korrel. Resultaten van bedrijven uit het landbouwmonitoringsnetwerk, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.

McCool D.K., Brown L.C., Foster G.R. (1987) Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASEA, Vol.30, pp. 1387-1396.

McCool D.K., Foster G.R., Mutchler C.K., Meyer L.D. (1989) Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation, Transaction of the ASEA, Vol. 32, pp. 1571-1576.

McDowell R. W., Monaghan R. M., Wheeler D. (2005) Modelling phosphorus losses from pastoral farming systems in New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research, 48, 131-141. <https://doi.org/10.1080/00288233.2005.9513643>.

Notebaert B., Govers G., Verstraeten G., Oost K. Van, Poesen J., Rompaey A. Van. (2006) Verfijnde erosiekaart Vlaanderen: eindrapport. 53 pp.

Nuyttens D., De Schampheleire M., Baetens K., Sonck B. (2007) The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayers. Transactions of the ASABE. 50(4), pp. 1129-1140.



- Olieslagers R., Ramon H., De Baerdemaeker J. (1996) Calculation of Fertilizer Distribution Patterns from a Spinning Disc Spreader by means of a Simulation Model. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 63(2), pp. 137-152.
- Oorts K., Bruyle S., Van de Wauw J., Deproost P., Swerts M., Vermang J., Vandekerckhove L., Renders D. (2018). Eindrapport potentiële bodemerosekaart per perceel. Vlaams Planbureau voor Omgeving, Brussel, België, 19 pp.
- Raes D., Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E. (2009) AquaCrop-The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agron. J.* 101, 438e447.
- Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., Porter J. P. (1991) RUSLE: Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation* 46: 30-33.
- Rozemeijer J., Broers H. P., Visser A., Winegram M., Borren W., Gerner L., Kramer A. (2012) Veldonderzoek naar de effecten van peilgestuurde drainage op grondwaterstanden, drainafvoeren en waterkwaliteit op het Oost-Nederlands Plateau. 53 pp.
- Sattari, S. Z., Bouwman, A. F., Giller, K. E., & van Ittersum, M. K. (2012). Residual soil phosphorus as the missing piece in the global phosphorus crisis puzzle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(16), 6348-6353.
- Schoumans O. F., Groenendijk P., Renaud L., van der Bolt F. J. E. (2008) Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater - vergelijking tussen landbouw- en natuurgebieden. 36 pp.
- Seuntjens P., Joris I., Provoost J., De Neve S., Salomez J., Sleutel S., Wendland F. (2008) Inschatting van de gevolgen van wijzigend landbouw- en mestbeleid op oppervlaktewater. Studie uitgevoerd in opdracht van de VMM. 103 pp.
- Tipping, E., Benham, S., Boyle, J. F., Crow, P., Davies, J., Fischer, U., ... Toberman, H. (2014). Atmospheric deposition of phosphorus to land and freshwater. *Environmental Sciences: Processes and Impacts*, 16(7), 1608–1617.
- Tits, M., Elsen, A., Deckers, S., Boon, W., Bries, J., Vandendriessche, H., (2016). Bodemvruchtbaarheid van de akkerbouw- en weilandpercelen in België en Noordelijk Frankrijk (2012-2015). Bodemkundige Dienst van België.
- Tits M., Van Opstal M., Elsen A., Vandendriessche H., Diels J. (2015). Scenarioberekeningen in functie van de nitraatrichtlijn en de kaderrichtlijn water d.m.v. ArcNEMO. Bodemkundige Dienst van België vzw & KU Leuven Departement Aard- en Omgevingswetenschappen i.o.v. de Vlaamse Landmaatschappij en de Vlaamse Milieumaatschappij. Eindrapport. 333 pp.
- U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (1972). *National Engineering Handbook. Hydrology Section 4. Chapters 4-10.* Washington, D.C.: USDA.
- van Bakel, P.J.T., van Boekel E.M.P.M. en Noij G.-J. (2008). Modelonderzoek naar effecten van conventionele en samengestelde, peilgestuurde drainage op de hydrologie en nutriëntenbelasting. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1647. 258 pp.



Van Cleemput O., Hofman G., Vermoesen A. (1996) Progress in Nitrogen Cycling Studies. Proceedings of the 8th Nitrogen Workshop held at the University of Ghent, 5-8 September, 1994. Developments in Plant and Soil Sciences 68.

Van der Straeten B., Deuninck J. (2016) Landbouwkundige waardering gewassen/percelen, Departement Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.

Van Liedekerke P., Tijskens E., Dintwa E., Rioual F., Vangeyte J., Ramon H. (2009) DEM simulations of the particle flow on a centrifugal fertilizer spreader. Powder Technology. 190(3), pp. 348-360.

Van Opstal M., Tits M., Beckers V., Elsen A., Van Overtveld K., Batelaan O., Van Orshoven J., Bries, J., Vandendriessche, H., Diels, J. (2014) Vernieuwde kwantificering van de verliezen van N en P vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater. Eindrapport, mei 2014. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij door het Departement Aard- en Omgevingswetenschappen (KU Leuven) en de Bodemkundige Dienst van België. 318 pp.

Van Opstal M., Coussement, T., Tits M., Baken, S., Elsen A., Vandendriessche H., Diels J. (2016) Verbeterde kalibratie en validatie van ArcNEMO. KU Leuven Departement Aard- en Omgevingswetenschappen & Bodemkundige Dienst van België vzw i.o.v. de Vlaamse Landmaatschappij en de Vlaamse Milieumaatschappij. Eindrapport, 02/03/2016. 173 pp.

Van Ranst E., Sys C. (2000). Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen (Schaal 1:20 000). 361 pp.

Van Vooren L., Reubens B., Broekx S., Van Waes C., Verheyen K. (2017) Evaluation of 'quick-and-dirty' ecosystem service indicators for agri-environment schemes.

Verbist K., Schiettecatte W., Gabriels D. (2004) Computermodel RUSLE C-factor. Eindrapport. Vakgroep bodembeheer en bodemhygiëne, Ugent. 88pp.

VLM (2017) Mestrapport 2017. Vlaamse Landmaatschappij. 234 pp.

Wilsens K., Langenakens J., Cappelle W., Danau P., de Leeuw L., van Gysegheem D., Dessein D. (2002) Development of a measuring device for the transverse distribution of slurry by use of an injector. DIAS Report, Horticulture. 21, pp. 116-124.

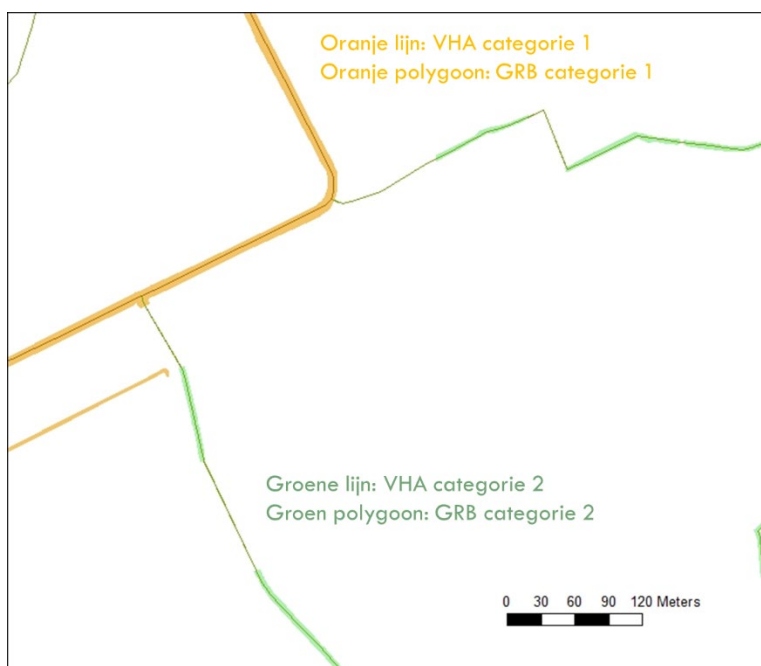


9 BIJLAGEN



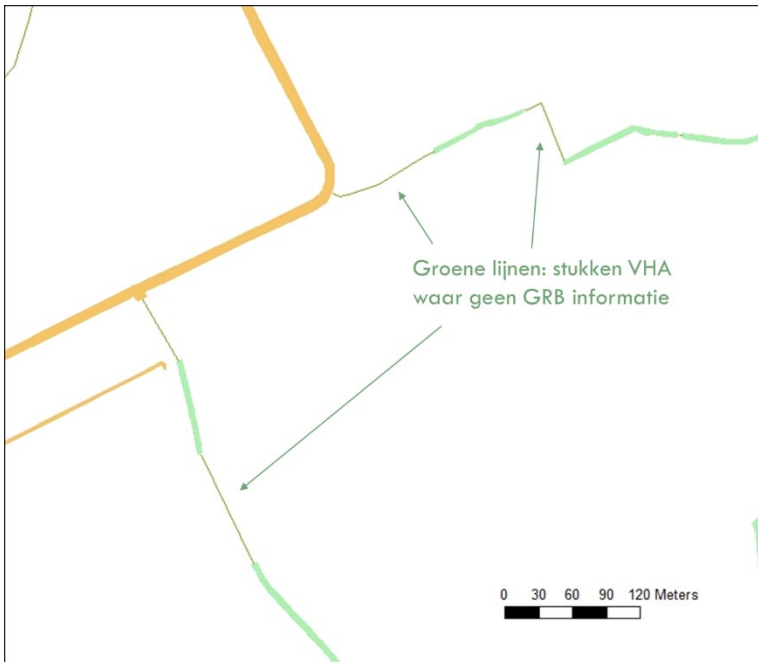
Bijlage 1. Illustratie van de aanmaak van de samengestelde kaart

1. Initieel: polygonen van GRB en lijnstukken van VHA, voor verschillende VHA-categorieën.

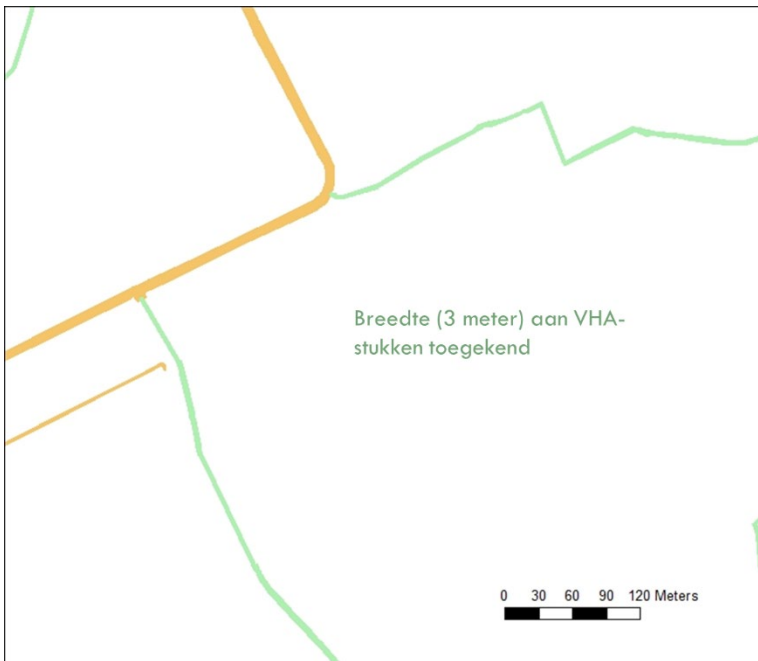


2. Identificeren stukken VHA waar geen GRB informatie beschikbaar is.



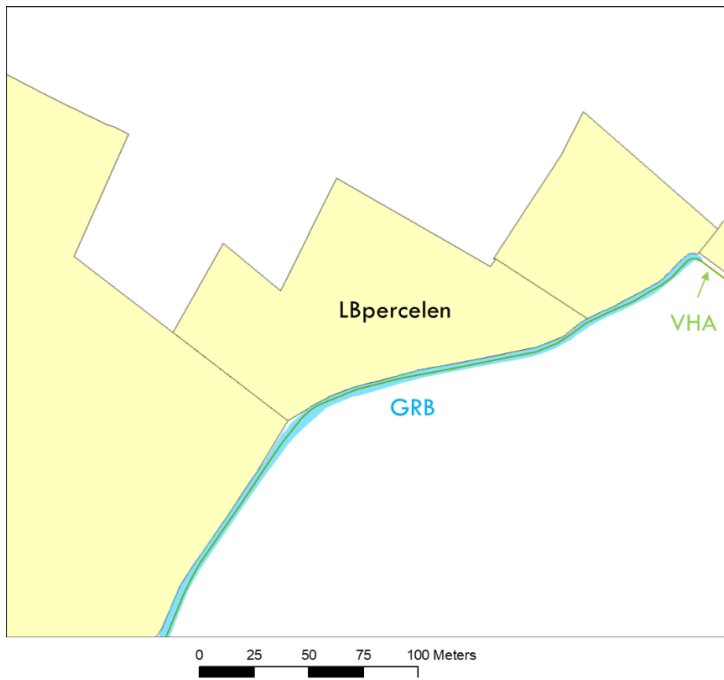


3. Toekennen van breedte (3 meter) aan deze VHA-stukken.



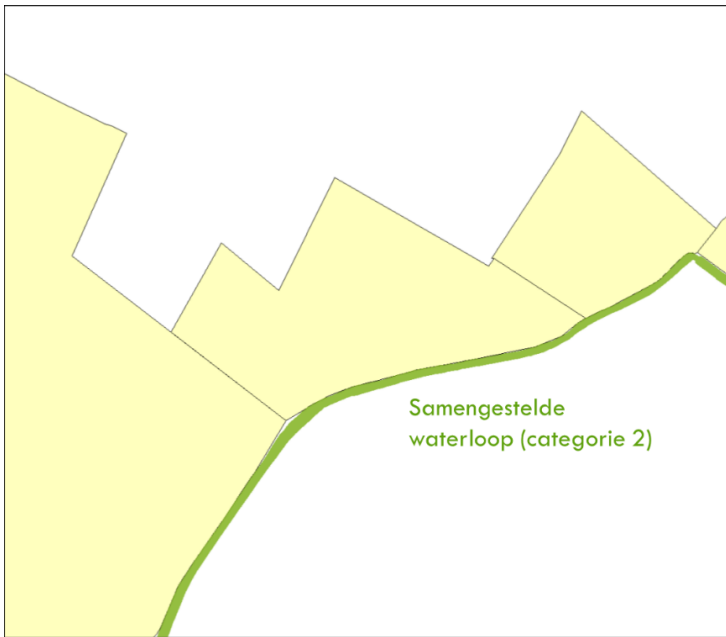
Bijlage 2. Illustratie van de aanmaak van de samengestelde kaart

1. Kaartmateriaal voor samenstellen.



2. Samengestelde kaart.

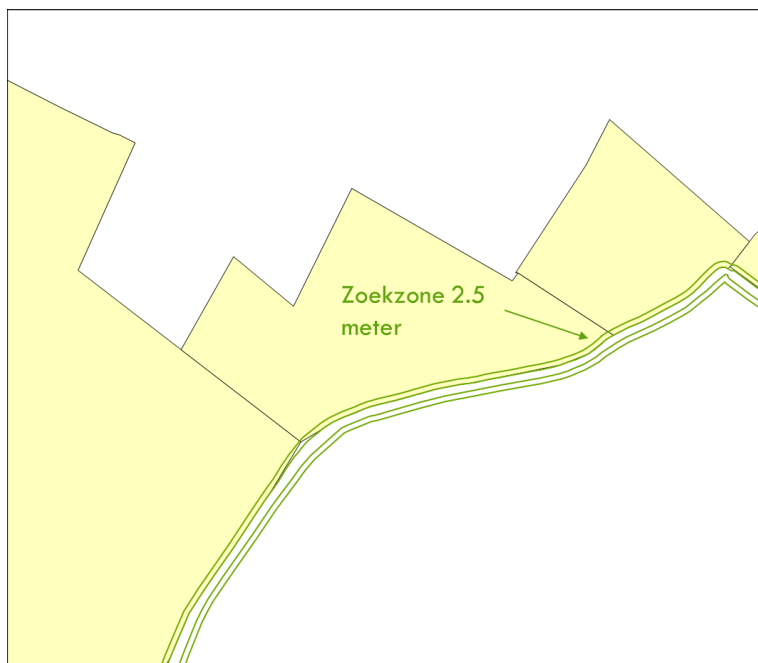




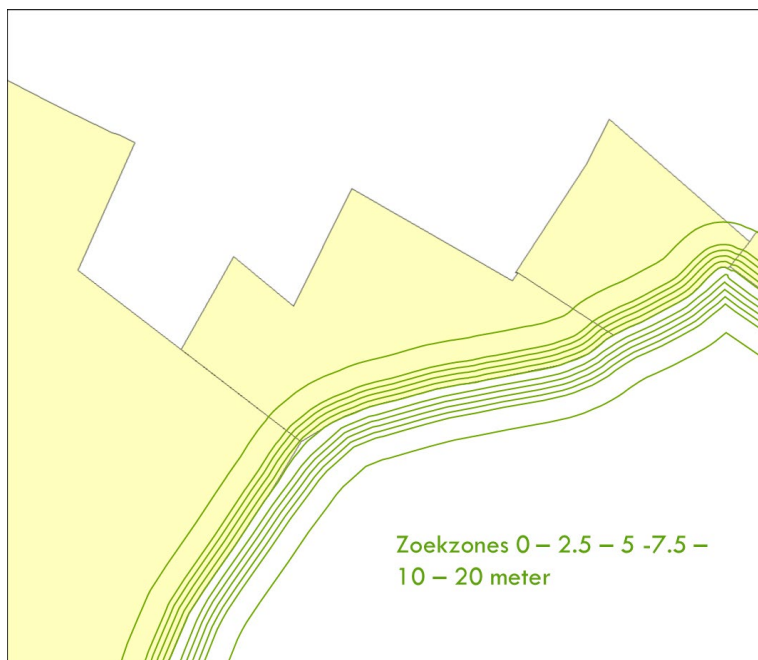
3. De zoekzone op 0 meter komt overeen met de rand van de waterloop



4. Zoekzone van 2.5 meter



5. Alle zoekzones: 0-2.5-5-7.5-10-20 meter



6. Grenslengtes voor de 6 zoekzones op de percelen. Deze grenslengtes worden voor elk perceel toegevoegd aan de attributentabel van de landbouwgebruikspcelenkaart.



Bijlage 3. Illustratie attributentabel met grenslengtes

Eerste deel:

FID	OBJECTID	NR_LANDBOU	NR_EXPLOIT	NR_EXPLO_1	CMP_COD	UNIEKEID_F	//	vha0_b0	vha0_b2	vha0_b5	vha0_b7	vha0_b10	vha0_b20	vha1_b0	vha1_b2	vha1_b5	vha1_b7	vha1_b10	vha1_b20
0	433	87719163	87719163	27604899819	2016	87719163_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
1	476	87816753	87816753	43215174693	2016	87816753_2016_2	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
2	441	87728859	87728859	26445654039	2016	87728859_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
3	444	87744009	87744009	19824604389	2016	87744009_2016_3	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
4	446	87741585	87741585	25202316531	2016	87741585_2016_3	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
5	460	87776733	87776733	19815405759	2016	87776733_2016_2	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
6	475	87816147	87816147	43201202451	2016	87816147_2016_4	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
7	494	87839805	87839805	43208039121	2016	87839805_2016_3	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
8	499	87851319	87851319	7814947707	2016	87851319_2016_3	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
9	504	87857379	87857379	25203675735	2016	87857379_2016_2	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
10	516	87896793	87896793	1799550765	2016	87896793_2016_2	//	#N/A	#N/A	117.78	159.88	158.54	53.21	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
11	521	87908307	87908307	43209201303	2016	87908307_2016_2	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
12	525	87908307	87908307	43209201303	2016	87908307_2016_3	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
13	545	87951939	87951939	12662188059	2016	87951939_2016_2	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
14	546	87960447	87960447	43208040357	2016	87960447_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	13.47
15	556	88001049	88001049	12615477699	2016	88001049_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
16	561	87970749	87970749	25799183589	2016	87970749_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
17	566	88018647	88018647	26423787201	2016	88018647_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
18	574	88032585	88032585	19199246601	2016	88032585_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
19	575	88033191	88033191	19204055991	2016	88033191_2016_2	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	58.49	59.81	59.18	58.78	60.77	#N/A
20	578	88047129	88047129	19812474549	2016	88047129_2016_2	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
21	584	88063491	88063491	7797649581	2016	88063491_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
22	609	88099875	88099875	43803083217	2016	88099875_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
23	610	88099875	88099875	43803083217	2016	88099875_2016_2	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
24	611	88099875	88099875	43803083217	2016	88099875_2016_3	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
25	614	88105329	88105329	7221014889	2016	88105329_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
26	618	88111389	88111389	18622823499	2016	88111389_2016_1	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	30.35	53.06	52.53	52	67.2	#N/A
27	856	88472103	88472103	7801281615	2016	88472103_2016_4	//	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

Vervolg:

vha2_b0	vha2_b2	vha2_b5	vha2_b7	vha2_b10	vha2_b20	vha3_b0	vha3_b2	vha3_b5	vha3_b7	vha3_b10	vha3_b20	vha9_b0	vha9_b2	vha9_b5	vha9_b7	vha9_b10	vha9_b20
34.49	160.79	158.81	154.44	149.03	130.25	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	1.59	104.42	104.49	102.12	99.54	88.83
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8.36	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
70.49	70.43	70.54	67.84	50.38	54.48	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	60.08	94.83	95.23	96.86	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	3.76	6.97	6.94	6.9	9.34	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
49.63	49.9	49.27	48.96	48.8	48.21	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0.65	3.71	6.54	9.34	20.39	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8.38	84.69	83.46	82.14	80.92	61.17	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	58.55	58.44	58.32	58.21	58.09	57.75	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	36.65	54.93	65.89	65.81	65.69	64.81	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	11.41	41.87	41.89	41.89	86.35	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86.28	86.34	86.43	86.55	87.11
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	181.14	181.13	181.13	181.13	181.13	181.12
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	26.79	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
45.37	78.69	77.73	67.84	64.4	64.4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	66.01	66.05	66.09	66.13	66.16	66.31
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	2.35	22.7	49.64	47.47
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
2.33	59.64	59.74	59.84	59.94	60.34	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8.25	17.28	25.5	53.57
#N/A	#N/A	#N/A	4.29	10.73	13.47	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10.83	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
16.56	17.23	15.14	13.84	13.13	30.05	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	122.8	142.05	132.86	123.29	86.06	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
48	53.08	54.23	55.38	56.52	61.11	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	127.69	110.03	98.85	87.69	76.53	28.84

Legende:

- FID tot en met UNIEKEID_F: data uit de landbouwgebruikspcelenkaart (verdere informatie landbouwgebruikspcelenkaart is in geografische database aanwezig maar wordt in dit voorbeeld niet getoond wegens plaatsgebrek)



- **vhax_by**: grenslengte van waterloop van VHA-klasse **x** (0 = bevaarbaar, 1 = geklasseerd van 1^{ste} categorie; 2 = geklasseerd van 2^{de} categorie; 3 = geklasseerd van 3^{de} categorie; 9 =: niet geklasseerd) voor zoekzone van **y** meter (0 = 0 meter, 2 = 2.5 meter, 5 m= 5 meter; 7 = 7.5 meter; 10 = 10 meter; 20 = 20 meter)



Bijlage 4. Lijst met contacten – gegevens over bemestings-technieken, strooibeelden & verdelingsmetingen (WP.06 & WP.08)



Bijlage 5. Technische fiche per bemestingstechniek (WP.06)



Bijlage 6. Afdrukbare versie enquête – overzicht van de vragen (WP.07)



Bijlage 7. Enquête - lijst met contacten & overzicht van acties/publiciteit (WP.07)



Bijlage 8. Informatiefiches van de 175 verdelingsmetingen met verschillende bemestingstechnieken (WP08)



Bijlage 9. Literatuurstudie: optimalisatie controle – controlemogelijkheden (WP10)



Bijlage 10.Overzicht output enquête
www.bemestingstechnieken.be (WP7)



Bijlage 11. Berekening totale kosten voor 'eigen beheer (€/ha)' en 'loonwerk (€/ha)' voor de verschillende BT



Bijlage 12. Detectie van mengmest op akkerland m.b.v drone beelden – verkennende proef



Bijlage 13.Persbericht



Bijlage 14. Powerpoint presentatie – doelgroep beleid - Nederlands



Bijlage 15. Powerpoint presentatie – doelgroep beleid - Engels



Bijlage 16. Powerpoint presentatie – doelgroep landbouwers - Nederlands



Bijlage 17. Welke bemestingstechnieken worden in Vlaanderen gebruikt? (Vulgariserende publicatie)



Bijlage 18. Detection of fertilizer-free buffer strips using drones or ground-based cameras (Wetenschappelijke publicatie)



Bijlage 19. Brochure bemestingstechnieken



Bijlage 20. **Korte samenvatting**



Bijlage 21. Brief summary

