

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

AGRONOMISCHE
WAARDE VAN
BEWERKTE DIERLIJKE
MEST VALORISEREN EN
OPTIMALISEREN

LUIK 3 / 4.06.2018

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

INHOUD

1	Algemene inleiding.....	3
2	Macro-economisch model	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Werking van het model	4
2.2.1	Modelformulering	4
2.2.2	Veronderstellingen	6
2.2.3	Scenario's	11
2.3	Resultaten	13
2.3.1	Mestbalans	13
2.3.2	Kostenstructuur	22
2.3.3	Nutriëntbalans	27
2.3.4	Mesthandel	30
2.4	Conclusie	36
2.5	Appendix	37
2.5.1	Detail mestbalans	37
2.5.2	Detail kostenstructuur per provincie	51
2.5.3	Detail nutriëntenbalans	55
3	Micro-economisch model	63
3.1	Inleiding	63
3.2	Werking van het model	63
3.2.1	Overzicht	63
3.2.2	Monte Carlo simulatie van EU-Rotate_N	65
3.2.3	CCSP	69
3.2.4	Scenario's	73
3.3	Resultaten	76
3.3.1	Onzekerheid van het NO ₃ -residu en de gemiddelde NO ₃ -concentratie	76
3.3.2	Rundermest	81
3.3.3	Varkensmest	84
3.4	discussie en Conclusie's	88
3.5	Appendix	90
3.5.1	Detail resultaten	90
4	Referenties.....	99

1 ALGEMENE INLEIDING

In het kader van het onderzoeksproject “Agronomische waarde van bewerkte dierlijke mest valoriseren en optimaliseren” worden mest en mestproducten via pot- en veldproeven agronomisch geëvalueerd. De vakgroep landbouweconomie van de UGent is in dit project verantwoordelijk voor het inschatten van de economische meerwaarde van deze producten.

Deze economische analyse valt uiteen in twee luiken: een macro- en een micro-economisch deel. Voor elk deel wordt een apart model opgesteld. Het macro-economisch deel focust op de mesthandel op Vlaams niveau. De analyse heeft als doel om in te schatten welke mestproducten competitief zijn in de huidige markt voor mestafzet en –verwerking in Vlaanderen. Onder de markt voor mestafzet in Vlaanderen wordt verstaan de handel in mestafzetmogelijkheden die is ontstaan sinds het introduceren van bemestingsnormen. Die hebben immers geleid tot plaatselijke tekorten aan mestafzetruimte. Daardoor zijn mestafzetmogelijkheden een schaars goed geworden waarvoor in Vlaanderen een vraag- en aanbodrelatie tussen landbouwers is ontstaan. De competitiviteit van de mestproducten in deze mestmarkt hangt onder meer af van de mate waarin producten bijdragen tot een efficiënter gebruik van de aanwezige mestafzetruimte in termen van N en P. Zo kan een techniek als scheiding hier bijvoorbeeld toe bijdragen door de N/P-verhouding in een bepaald type mest beter af te stellen op de beschikbare N/P-verhouding op een perceel. Mogelijks is de techniek daardoor competitief, en leidt de introductie tot een nieuw marktevenwicht (waarbij scheiding wordt toegepast ten koste van andere mogelijke routes voor mestbewerking). De marktevenwichten en competitiviteit zullen worden onderzocht voor verscheidene technieken en mestproducten alsook voor meerdere beleidsmatige scenario's.

Het micro-economisch deel behandelt de meerwaarde van de nieuwe mestproducten op bedrijfsniveau. De centrale vraag in deze analyse is om te voorspellen welke organische mestproducten door een individuele landbouwer gekozen worden, gegeven bepaalde economische randvoorwaarden. Vanwege de kleinere schaal laat dit model toe om de mestproducten in grotere mate van detail te onderzoeken. Daar waar het macro-model technieken slechts beoordeelt op basis van hun kostprijs en hun mogelijke bijdrage tot verbeterde mestafzet, zal deze analyse daarnaast ook nog rekening houden met andere aspecten van bemesting met organische mestproducten. Dit betreft agronomische parameters zoals gewasopbrengst, $\text{NO}_3\text{-N}$ -residu, NO_3 -concentratie in het grondwater, N-cyclus in de bodem, gewasopbrengst, etc. Bovendien incorporeert dit model ook de grote onzekerheid in het effect van deze mestproducten, als gevolg van onzekere weersomstandigheden en variatie in mestsamenstelling. Het is immers uit proeven in Luik 2 van dit project gebleken dat deze onzekerheden een belangrijke invloed hebben op de agronomische eigenschappen van mestproducten. We vermoeden dat dit dan ook een wezenlijke invloed kan hebben op het eventuele gebruik ervan door een landbouwer. Een nadeel van deze toegenomen complexiteit, is dat het micromodel een enkel landbouwbedrijf behandelt, waardoor de resultaten geen marktevenwicht weerspiegelen zoals die van het macromodel. Het micromodel gaat dus uit van een stabiele marktomgeving, hetgeen betekent dat de keuze van de landbouwer niet wordt beïnvloed door de keuzes van andere landbouwers en de daarbij horende veranderende economische randvoorwaarden.



2 MACRO-ECONOMISCH MODEL

2.1 INLEIDING

De basiswerking van het macro-economisch model berust op de volgende situatie: iedere Vlaamse landbouwer staat voor het keuzeprobleem van wat er moet gebeuren met de mest die wordt geproduceerd. Hij/zij kan die op eigen land kwijt, zolang de bemestingsnormen dat toelaten. Zijn de normen echter limiterend, dan kunnen de eventuele mestoverschotten op verschillende manieren worden behandeld: (i) mest wordt uitgereden op het land van een andere landbouwer tegen een eventuele vergoeding, (ii) mest wordt geëxporteerd naar bijvoorbeeld Noord-Frankrijk of Zeeuws-Vlaanderen, (iii) mest wordt verwerkt (iv) mest wordt bewerkt tot één of meerdere producten die ook worden geëxporteerd of uitgereden op eigen land of dat van derden. Het geheel van de keuzes die door alle Vlaamse landbouwers wordt gemaakt, vormt de markt voor mestafzet. Het is duidelijk dat al deze keuzes onderling afhankelijk zijn: de keuze(-mogelijkheden) van iedere landbouwer, is afhankelijk van het totaal der keuzes van alle landbouwers. Het geheel van keuzes genereert het marktevenwicht voor mestafzet.

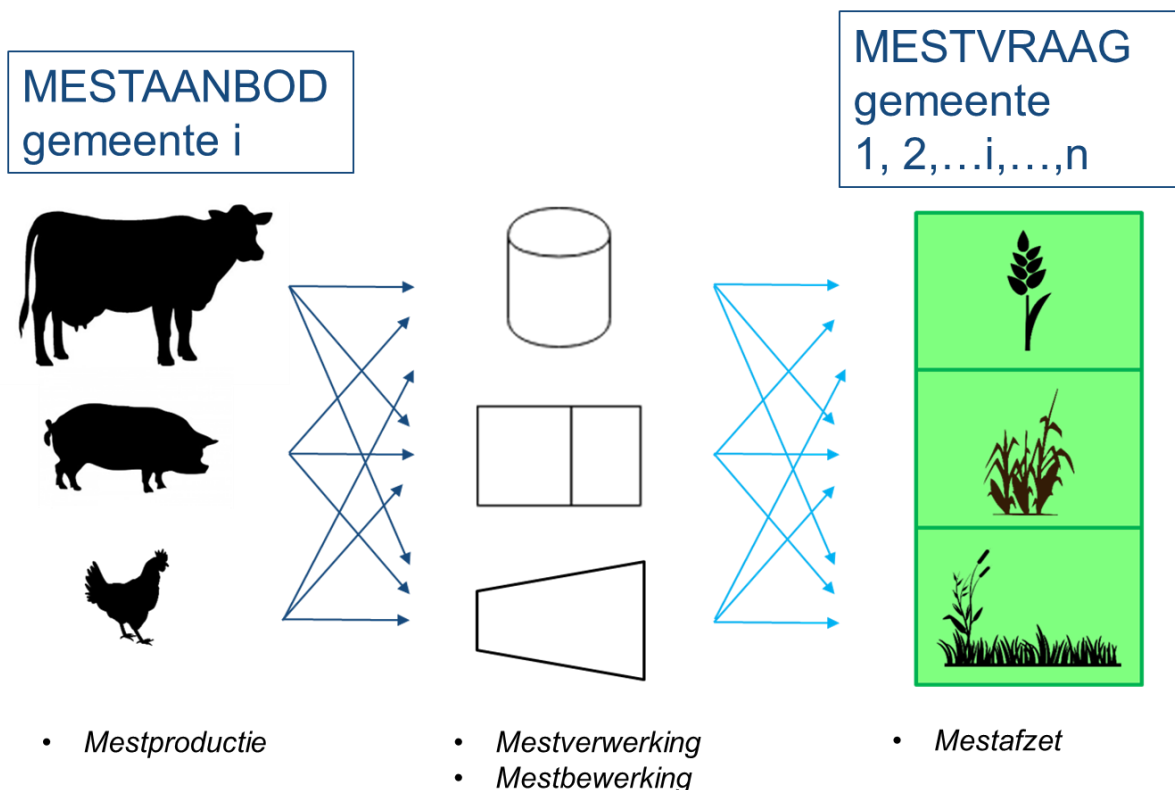
Het macro-economisch model is een mesttransportmodel dat deze markt simuleert door, voor alle landbouwers tegelijk, de kosten gerelateerd aan elk van deze opties tegen elkaar af te wegen. Dit omvat bijvoorbeeld de verwerkingskosten (zoals biologische verwerking of mestscheiding), de transportkosten en de kost voor betalen van mestafzet aan derden. Deze laatste wordt door het model intern gesimuleerd en is dus niet constant. Deze afzetkost volgt immers de wet van vraag en aanbod: daar waar de mestdruk het grootst is, is de prijs per eenheid mestafzet het hoogst. Echter, de mestdruk zélf is een variabele in het model daar ze afhankelijk is van het mesttransportpatroon dat zich voordoet in de markt. Zodoende is ook de afzetkost een variabele.

Het model simuleert op basis van deze kosten de optimale mestfluxen vertrekkend van landbouwers naar de verschillende opties, waarbij de totale kosten voor Vlaanderen worden geminimaliseerd. Het resultaat is dus een mesttransportpatroon en een bijhorende plaatselijke vraag naar mestbewerking en mestverwerking. Op deze manier geeft dit model een macro-economische inschatting van de meerwaarde van de mestproducten die in dit project zijn onderzocht.

2.2 WERKING VAN HET MODEL

2.2.1 Modelformulering

Het normatief model simuleert mest- en mestproductstromen voor Vlaanderen en naburige regio's op gemeenteniveau. Mesttransport wordt dus gesimuleerd van gemeente naar gemeente en niet van boerderij naar boerderij, aangezien we in dat laatste geval door rekenkracht zouden gelimiteerd worden. In feite gaat het model er dus van uit dat alle mest van een gemeente als het ware op een centrale plaats wordt bijeengebracht, waarna wordt beslist wat er met de mest dient te gebeuren. **Figuur 1** geeft schematisch het mestallocatieprobleem van één gemeente weer. Het model bestaat uit het geheel van alle allocatieproblemen van al deze gemeenten.



Figuur 1 Schematisch weergave van één gemeente uit het mestallocatiemodel. Het totale model bestaat uit het geheel van alle gemeentes i .

In het model is elke gemeente i landbouwkundig gedefinieerd door twee eigenschappen: (1) zijn capaciteit om mest te produceren en (2) zijn capaciteit om mest uit te rijden op land. Dit zijn respectievelijk het mestaanbod en de mestvraag in Figuur 1. Het mestaanbod wordt bepaald door de hoeveelheid dieren en de mestvraag wordt bepaald door het landgebruik (de arealen per gewas) en het wetgevend kader dat het gebruik van mest per gewas limiteert. Tussen vraag- en aanbodzijde liggen verschillende soorten technologieën die mest als input hebben en die één of meerdere mestproductstromen genereren, dewelke binnen hetzelfde wettelijk kader (dierlijke afzetnormen) als mest dienen uitgereden te worden. We maken onderscheid tussen mestverwerking en mestbewerking, waarbij in het eerste geval een gedeeltelijke verwijdering van nutriënten uit het systeem plaatsvindt (via nitrificatie/denitrificatie of kortweg N/DN) en in het tweede geval alleen een scheiding van de mest in productstromen met gewijzigde nutriëntsamenstelling. De meerwaarde van deze laatste groep ten aanzien van de mestoverschotproblematiek ligt hem in het feit dat de vaste ratio in N en P waarin mest wordt aangebracht, slechts zelden leidt tot een volledige invulling van zowel de N- als de P-limiet. Als er daarentegen een mix (mest op maat) kan gemaakt worden van verschillende producten met variërende N/P-verhouding, kan dit de efficiëntie van de invulling van beide normen verbeteren.

De mestvraag en het mestaanbod zijn de parameters van het model. Dit wil zeggen dat ze als gegeven worden beschouwd en niet strategisch gevarieerd kunnen worden. Het model zoekt dus naar een optimale oplossing



voor het mestprobleem, gegeven de mestproductie, het grondgebruik en het wettelijk kader. Het model berekent dus geen optimale distributie van dierlijke productie of landgebruik, maar gaat uit van de huidige toestand¹. Tussen mestvraag en –aanbod zitten de variabelen van het model. Voor elke variabele bepaalt het model de optimale waarden gegeven bovenstaande beperkingen (de productie van mest, bemestingsnormen, eenheidskost per technologie). De variabelen in het model zijn (blauwe pijlen en technologieblokken in **Figuur 1**): (1) de hoeveelheid transport van de verschillende ruwe mesttypes tussen de verschillende gemeenten, (2) de hoeveelheid mest die verwerkt of bewerkt wordt (per type mest en per type gemeente), (3) de hoeveelheid getransporteerde mestproducten. Transport omvat zowel transport tussen gemeenten binnen Vlaanderen als transport buiten Vlaanderen. Alle nutriënten die buiten Vlaanderen getransporteerd worden, worden volgens de wetgeving als verwerkte mest gecatalogeerd.

2.2.2 Veronderstellingen

2.2.2.1 Nutriëntproductie en –capaciteit

Nutriëntproductie en –capaciteit per gemeente zijn afgeleid uit mestbankstatistieken voor Vlaanderen (productiejaar 2015), en verscheidene andere bronnen voor de naburige regio's (exportregio's) (Eurostat 2010b, 2010a). Voor Vlaanderen werd ook rekening gehouden met derogatie en mestverwerkingsplicht, op basis van het van productiejaar 2015 (VLM 2017a). In het model worden deze data samengebracht onder de dier- en landgebruik categorieën zoals die worden gehanteerd in de Mestbankstatistieken. De mestbankstatistieken voor Vlaanderen geven de totale N- en P₂O₅-productie per diercategorie. Vanuit deze N- en P₂O₅-nutriëntstromen wordt dan een gemiddelde samenstelling van ieder mesttype berekend. Dit is gebaseerd op een gegeven P₂O₅-gehalte uit de normen en richtwaarden, als volgt. Uit de totale P₂O₅-productie (kg P₂O₅/jaar) en de forfaitaire P₂O₅-inhoud (kg P₂O₅/ton mest) volgt een tonnage geproduceerde mest (ton mest/j). Uit dit tonnage en de gegeven totale netto N-productie (kg N/jaar), volgt een gemiddelde N-inhoud (kg N/ton mest). Op deze manier komt de N/P-verhouding van de gemiddelde mestsamenstelling overeen met die van de totale productiecijfers en klopt de totale nutriëntbalans voor zowel N als P. Bemerkt dat dit niet het geval zou zijn indien we de forfaitaire mestsamenstelling of een mestsamenstelling uit Luik 1 of 2 zouden gebruiken, aangezien de N/P-verhouding van deze samenstelling niet noodzakelijk zou overeenkomen met die van de verhouding in de productiecijfers. Zo zou er dus N of P verloren gaan of bijkomen ten opzichte van de nutriëntbalans uit de Mestbank. De door ons gebruikte samenstelling en een vergelijking met andere bronnen is gegeven in **Tabel 1**. Er wordt gekozen om met de nieuwe forfaitaire P₂O₅-inhoud te werken (VLM 2018) en niet met de verouderde die aansluiten bij het productiejaar van de data (2015). De reden hiervoor is dat de vernieuwde inhouden dichter aansluiten bij de werkelijke inhoud.

¹ Dit model berekent dus de strategische aanpassing van mestgebruik (bemesting, export, bewerking, verwerking), onder invloed van economische en beleidsmatige randvoorwaarden zoals bemestingsnormen. In principe is de strategische verandering van dierlijke productie of landgebruik evengoed mogelijk. Deze werden in deze oefening niet meegenomen aangezien deze laatste van wel meer economische en beleidsmatige factoren afhangen, zoals subsidies, gewasprijzen, voederbehoeften, etc. Aangezien deze factoren geen deel uitmaken van deze analyse, werd beslist om het landgebruik of de dieraantallen als constante modelparameters te beschouwen.

Tabel 1 Overzicht van samenstelling en dichtheid van mest per diercategorie (RDM: rundveedrijfmest; VDM: Varkensdrijfmest) ^a(Lemmens et al. 2007) ^b(VLM 2018) ^cEigen berekening (zie 2.2.2.1). Opvallende verschillen tussen de waarden van het model, Luik 2 en de literatuur zijn aangeduid in vet. Waarden in de kolom 'Model' zijn deze die gebruikt zijn voor de simulatie. DS=Droge Stof.

	Model		Luik 2		Literatuur	
	RDM	VDM	RDM	VDM	RDM	VDM
DS [kg/ton]	85,7 ^a	87^a	89	44	87 ^a	90^a
N [kg/ton]	3,5 ^c	5,9 ^c	4,7	4,8	4,8 ^b	4,4-8,1 ^b
P [kg/ton]	1,4 ^b	3,5^b	1,6	1,5	1,4 ^b	2,9-5^b

De nutriëntcapaciteit per regio is afgeleid uit de gewasarealen en respectieve wettelijke afzetnormen. Deze afzetnormen waren beschikbaar per gewastype voor Vlaanderen bepaald door de MAPV-bemestingsnormen (I-IV). De verdeling van de P-norm in de respectievelijke klassen per gemeente en per gewas, in % van het totale areaal van gewas X dat onder klasse Y valt, was gegeven vanuit de Mestbank, met gegevens uit productiejaar 2015 (VLM 2017a). Deze verdeling werd uitgevoerd door VLM volgens onderstaande sleutel². Het werd verondersteld dat deze normen slechts tot een bepaald niveau konden ingevuld worden afhankelijk van de acceptatiegraad. Ongeacht het gewas of het mesttype werd een acceptatiegraad van 85% verondersteld voor de provincies Antwerpen, West-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen en een acceptatiegraad van 65% voor de provincies Limburg en Vlaams-Brabant. Het gebruik van kunstmest bovenop de toegelaten organische hoeveelheid is in deze studie niet meegenomen omdat het (i) niet relevant is voor de vraag hoe de organische bemestingsnormen de competitiviteit van organische mestproducten stuurt, en omdat (ii) de economische impulsen die mineraal mestgebruik sturen in dit model niet aanwezig zijn (denk aan bijvoorbeeld gewasopbrengsten). Er werd wel verondersteld dat de bemestingsruimte binnen de organische stikstofnorm die niet met een organisch mestproduct werd opgevuld, met kunstmest moet opgevuld worden.

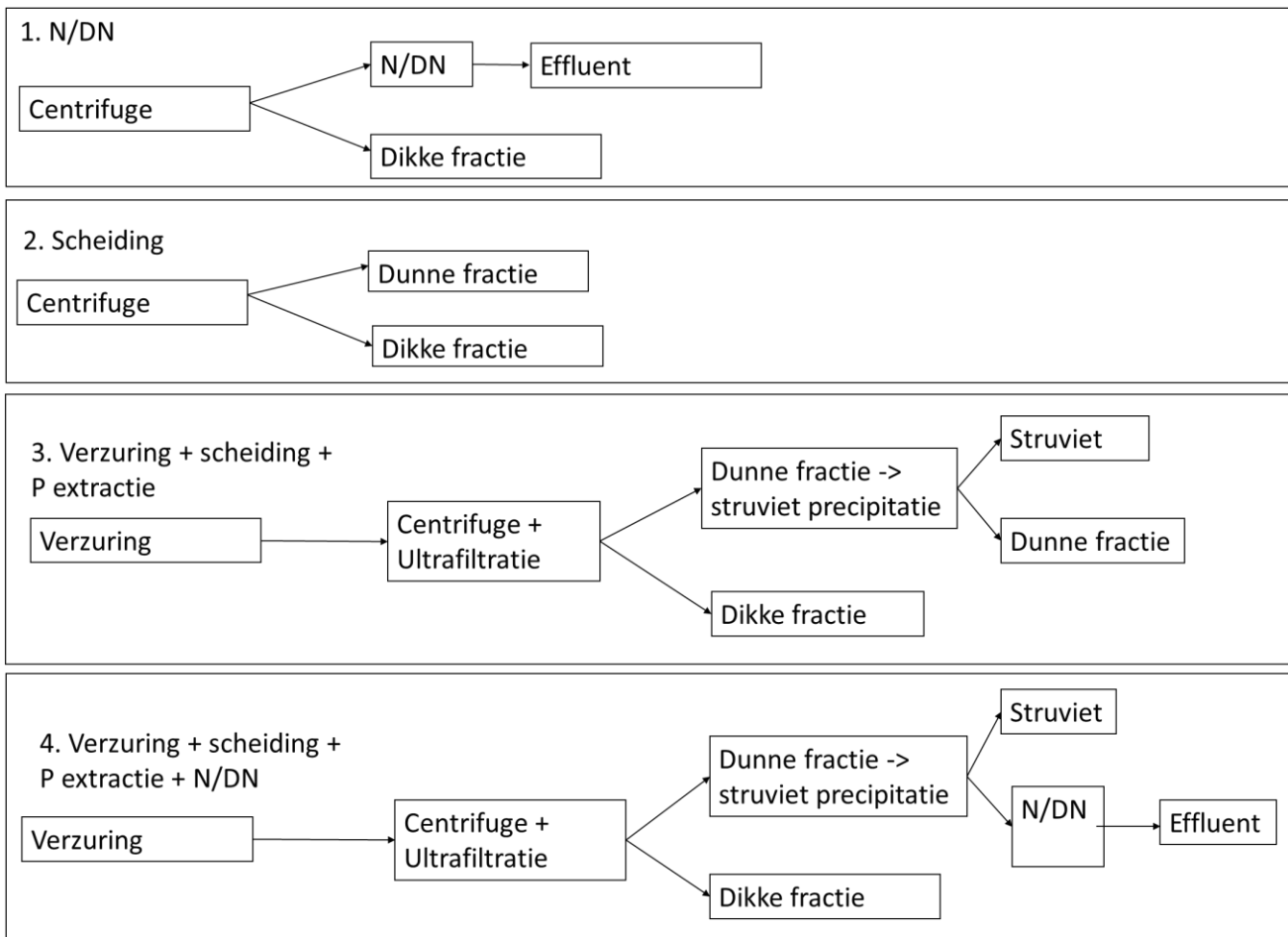
2.2.2.2 Mestverwerking en mestbewerking

Deze paragraaf geeft een overzicht van de technologieën voor mestver- en bewerking die werden meegenomen in de modellering. Volgens de huidige definities zorgt mestverwerking voor het weghalen van nutriënten van Vlaamse bodem, terwijl mestbewerking de nutriënten in verschillende af te zetten mestfracties verdeelt. Dit onderscheid is moeilijk vol te houden in de technologische combinaties die in deze studie werden

² Simulatie P-afzetruimte per gemeente bij ingang klasse IV voor niet-geanalyseerde percelen vanaf 2017 (Bron: extra informatie perceelsanalyses VLM 2017, (VLM 2017a))

1. Het aandeel grasland en akkerland per gemeente werd bepaald op basis van de perceelsgegevens van 2016.
2. Het areaal gras/akker met een bepaalde P-klasse werd bepaald rekening houdende met:
A/ alle percelen die in de perceelsverwerking 2016 al een P-klasse toegekend hadden op basis van een analyse of aangeduid zijn als P-verzadigd en waarvoor in 2016 geen nieuwe analyse uitgevoerd/ingediend werd
B/ alle percelen waarvoor in 2016 bijkomend nog een analyse ingediend werd
3. Om het areaal gras/akker kleiner dan 0,3 ha in te schatten dat default klasse 3 krijgt, werd het verschil gebruikt van het totaal areaal gras/akker kleiner dan 0,3ha en het totaal areaal gras/akker kleiner dan 0,3ha waarvoor een analyse gekend is
4. Om het areaal gras/akker groter dan 0,3 ha in te schatten dat default klasse 4 krijgt, werd het verschil gebruikt van het totaal areaal gras/akker groter dan 0,3ha en het totaal areaal gras/akker groter dan 0,3ha waarvoor een analyse gekend is

beschouwd, aangezien be- en verwerkingsstappen in een enkele technologische variant werden gecombineerd. **Figuur 2** geeft een overzicht van de samenhang tussen de technologieën in de verschillende mestver- en bewerkingstrajecten die zullen worden gesimuleerd.



Figuur 2 Overzicht van gesimuleerde mestver- en bewerkingstrajecten.

Elk van de vier processen bestaat uit verschillende combinaties van volgende eenheidstappen: scheiding met centrifuge, nitrificatie en denitrificatie (N/DN), verzuring, struvietprecipitatie (extractie van P, ook wel Fraunhofer genoemd). Op deze manier wordt de afzet van volgende organische producten (naast ruwe mest) gesimuleerd: dunne en dikke fracties, biologisch effluent en struviet. De eerste combinatie komt overeen met de verwerking zoals die vandaag gebeurt in Vlaanderen: scheiding en N/DN van de dunne fractie met afzet van effluent en dikke fractie vooral buiten Vlaanderen. De tweede combinatie betreft enkel scheiding met afzet van dunne en dikke fractie. De derde techniek betreft een verzuring, scheiding en extractie van P (Fraunhofer) waarbij struviet, P-arme dikke en dunne fractie worden afgezet. Na verzuring komt het grootste deel van de P immers in de dunne in plaats van de dikke fractie terecht, waarna deze kan worden uitgekristalliseerd. Tot slot geeft de vierde techniek het meest geavanceerde mestverwerkingstraject weer waarbij zowel verzuring,

scheiding P-extractie als N/DN toegepast worden en struviet, effluent en dikke fractie worden afgezet. Er wordt verondersteld dat deze technieken beschikbaar zijn voor alle types runder- en varkensmest. Voor de diercategorieën paarden, pluimvee en andere is geen verwerkingstechniek in het model beschikbaar. Dit betekent dat de enige mogelijke verwerkingsoptie ruwe mestexport is. Het deel paardenmest dat in realiteit voor de champignonteelt wordt gebruikt, wordt hierbij dus niet meegerekend. In realiteit wordt in Vlaanderen een deel van de verwerkte pluimveemest ruw geëxporteerd, terwijl een andere deel eerst biothermisch gedroogd wordt door een verwerkingsbedrijf, alvorens het wordt geëxporteerd. In dit model wordt dit vereenvoudigd tot ruwe mestexport, aangezien biothermisch drogen geen wijziging in nutriëntsamenstelling oplevert en dus voor de nutriëntbalans geen verschil oplevert. De afweging die er wel is bij biothermisch drogen is de koststijging van de technologie tegenover de kostdaling van transport van een compacter product. Deze afweging is in dit model dus afwezig.

De gesimuleerde marktomstandigheden bepalen of de beschreven technieken in **Figuur 2** enkel mestbewerking of ook een deel mestverwerking zijn. De N/DN verwijdt altijd een deel van de stikstof en is dus altijd mestverwerking. Bij de andere technieken hangt het in praktijk vooral af van het feit of de dikke fractie op de Vlaamse bodem komt of niet. Als het model simuleert dat het voordeliger is om de dikke fractie te composteren en naar Frankrijk te transporteren dan zijn de nutriënten van die dikke fractie, volgens de huidige gebruikte definitie, verwerkt. In het geval dat het model de dikke fractie naar een andere regio binnen Vlaanderen laat transporteren dan zijn die nutriënten, volgens de huidige definitie van bewerking, enkel bewerkt. Het is bovendien niet duidelijk wat de wettelijke status van struviet zou zijn. In het model kan het geproduceerde struviet als minerale meststof in Vlaanderen of in het buitenland worden verkocht. In het eerste geval is deze dus niet als dusdanig verwerkt, in het tweede geval wel. Vanwege de grote onzekerheid wat betreft de marktwaarde van dit product, werd aan deze verkoop geen prijs toegekend. In dit model wordt de struvietproductie dus enkel gedreven door het verlagen van nutriëntenoverschot.

De manier waarop de mest- en nutriëntbalansen voor deze be- en verwerkingschema's worden berekend, zijn gegeven in **Tabel 3**. De waarden geven per procestype aan welke fractie van de inkomende materialen in de respectieve uitgaande fracties terechtkomen. Deze werden uit de literatuur verzameld. Ter vergelijking worden in **Tabel 3** deze literatuurwaarden en de waarden uit Luik 2 gegeven. Er wordt literatuurwaarden gewerkt aangezien die gebaseerd zijn op gemiddelden en niet op eenmalige metingen. Bovendien werd scheiding van rundveemest niet voorzien in Luik 2. Voor de overige eenheidsprocessen werden bij het opstellen van de massa – nutriëntbalansen kengetallen gebruikt die afkomstig zijn uit het project ManureEcomine waarbij verscheidene mestverwerkingsprocessen werden vergeleken (De Vrieze et al. 2018).



Tabel 2 Verdeling van de voornaamste componenten over de verschillende eindproducten per technologie, in % van inkomende ruwe mest. DS=Droge Stof. ^a(Lebuf and Snauwaert 2015; Lemmens et al. 2007; De Vrieze et al. 2018). De resulterende samenstelling van de eindproducten is gegeven onderaan deze tabel en is verkregen door de ruwe mestsamenstelling in Tabel 1 te combineren met de verdeling van componenten in het bovenste gedeelte van deze tabel.

techniek	com- ponent	runderen en varkens			
		dik	dun	biologisch effluent	struviet
N/DN ^{a,b}	DS	39%		19%	
	N	20%		5%	
	P	65%		35%	
	H ₂ O	18%		81%	
Scheiding ^{a,b}	DS	39%	61%		
	N	20%	80%		
	P	65%	36%		
	H ₂ O	18%	82%		
verzuring + scheiding + P-extractie ^c	DS	80%	19%		1%
	N	36%	59%		5%
	P	32%	35%		34%
	H ₂ O	15%	84%		2%
verzuring + scheiding + P-extractie + N/DN ^c	DS	80%		6%	1%
	N	36%		4%	5%
	P	32%		15%	34%
	H ₂ O	15%		83%	2%

Resultierende samenstelling mestproducten in kg/ton

Door afrondingen in de tabellen in het rapport kunnen de berekeningen op basis van deze tabellen licht afwijken.

techniek	Com- ponent	runderen			varkens		
		dik	dun	Biologisch effluent	dik	dun	biologisch effluent
N/DN ^a	DS	168,8		21,5	171,1		21,8
	N	3,6		0,2	6,0		0,4
	P	4,5		0,3	11,2		0,7
	H ₂ O	831,2		978,5	828,9		978,2
Scheiding ^a	DS	168,8	65,2		171,1	66,2	
	N	3,6	3,5		6,0	5,9	
	P	4,5	0,6		11,2	1,6	
	H ₂ O	831,2	934,8		828,9	933,8	
verzuring + scheiding + P-extractie	DS	342,2		6,5	345,9		6,6
	N	6,4		0,2	10,7		0,3
	P	2,2		0,3	5,5		0,7
	H ₂ O	657,8		993,5	654,1		993,4
verzuring + scheiding + P-extractie + N/DN	DS	342,2	20,3		345,9	20,7	
	N	6,4	2,7		10,7	4,5	
	P	2,2	0,6		5,5	1,6	
	H ₂ O	657,8	979,7		654,1	979,4	

Tabel 3 Massabalans na scheiding volgens literatuur en Luik 2 van het project. ^a(Lebuf and Snauwaert 2015) ^b(Lemmens et al. 2007). DS=Droge Stof.

	Luik 2		Literatuur ^{a,b}				Eenheid
	varkens		varkens		runderen		
	dik	dun	dik	dun	dik	dun	
DS	206	23					kg/ton
N	10,7	5,3					kg/ton
P	6,9	0,4					kg/ton
N	42	58	30	70	34	66	% van inkomend
P	80	20	65	35	65-80	35-20	% van inkomend

Er werd verondersteld dat de mestverwerkingsschema's toepasbaar zijn op varkens- en rundmest. De kosten voor elk van de processen is aangegeven in **Tabel 4**. Voor afzet van mest op land van derden dient voor dit model geen kost te worden verondersteld. De kostprijs wordt in het model zelf gesimuleerd aangezien ze net afhangt van de bemestingsnormen en mestproductie (evenwicht tussen nutriëntvraag en –aanbod). Het model simuleert de onderhandeling tussen landbouwers over deze afzetprijs gegeven deze input.

Tabel 4 Kosten voor mestverwerking, -bewerking en –transport ^a(Lebuf and Snauwaert 2015), ^b(De Vrieze et al. 2018), ^c(Lemmens et al. 2007).

Techniek	Kost	Eenheid
N/DN ^c	16	€/ton
scheiding ^a	4,5	€/ton
verzuring ^b + scheiding ^a + P-extractie ^b	8,88	€/ton
verzuring ^b + scheiding ^a + P-extractie ^b + N/DN ^c	20,38	€/ton
kunstmest	1	€/kg N
transportkost	0,094	€/m ³ /km

2.2.2.3 Wetgeving inzake mesttransport

Een belangrijk aandeel in de aanpak van het mestoverschot in Vlaanderen en Nederland is het exporteren van mest en mestproducten (VLM 2017b) Noord-Frankrijk en Zeeland worden als exportregio's in het model opgenomen. De wetgeving inzake internationaal mesttransport wordt zo goed mogelijk meegenomen in de simulaties. Voor Zeeland geldt dat pluimveemest, paardenmest, en varkensmest vrij exporteerbaar zijn. Voor Noord-Frankrijk wordt verondersteld dat enkel import van dikke fractie en ruwe pluimveemest en paardenmest toegestaan is (Van Elsacker and Snauwaert 2014). Er wordt verondersteld dat voor export richting Frankrijk steeds een hygiënisatie moet worden uitgevoerd (pasteurisatie). Hiervoor wordt 5 €/ton aangerekend (Lemmens et al. 2007).

2.2.3 Scenario's

In een voorstudie werden de verschillende parameters van het model onderworpen aan een sensitiviteitsanalyse. Hieruit werden in samenspraak met VLM de meest informatieve parameters geselecteerd voor de uiteindelijke analyse. In deze analyse wordt het model opgelost voor alle mogelijke combinaties van verschillende niveaus van deze parameters. De parameters die werden geselecteerd zijn: de N- en P-bemestingsnormen, nutriëntproductie en de beschikbaarheid van nitrificatie en denitrificatie als mestverwerkingstechniek. Waarden van het basisscenario verwijzen naar de waarden vermeld in **Tabel 5**. In



totaal geeft dit aanleiding tot $4 \times 3 \times 2 = 24$ scenario's. In de scenario's zonder N/DN wordt de mestverwerkingsplicht geëlimineerd. Dit komt omdat een combinatie van een verbod op N/DN en tegelijk een aanzienlijke plicht tot mestverwerking in sommige gemeentes tot een onoplosbare massabalans leidt. Dit komt dan weer omdat de alternatieven voor N/DN om aan de mestverwerkingsplicht te voldoen, relatief beperkt zijn. Alternatieve technologieën voor N-verwijdering zijn in theorie mogelijk (stripping/scrubbing), maar deze zijn in Luik 1 en Luik 2 van dit project niet onderzocht en daarom in dit deel niet meegenomen. De enige andere optie om mest te verwerken binnen de grenzen van het model is mestexport. Deze optie is wettelijk slechts mogelijk voor een bepaald aantal dier- en mestproductcategorieën (zie 2.2.2.3). Daarom kan export de mestverwerkingsplicht niet volledig vervangen en werd er besloten om in de simulaties zonder N/DN, ook de mestverwerkingsplicht te laten vallen, om een onoplosbaar model te vermijden.

Tabel 5 Variatie van de parameters onder de 24 gemodelleerde scenario's (4X3X2). Voor de gebruikte interpretatie van P-normen onder MAPV, zie sectie 2.2.2.2.

parameter	gemodelleerde waarden			
N/P bemestingsnormen	<u>MAPV</u> N: MAPV met derogatie P: MAPV, huidige verdeling P-klassen I-IV	<u>MAPV z/ der</u> N: MAPV zonder derogatie P: MAPV, huidige verdeling P-klassen I-IV	<u>MAPV -10%</u> N: MAPV met derogatie P: MAPV, huidige verdeling P-klassen I-IV Klassen III en IV 10% lager	<u>MAPV -20%</u> N: MAPV met derogatie P: MAPV, huidige verdeling P-klassen I-IV Klassen III en IV 20% lager
Nutriëntproductie	<u>-20%</u> nutriëntproductie -20%	<u>basis</u> huidige nutriëntproductie	<u>+ 20%</u> nutriëntproductie + 20%	
N/DN	<u>met N/DN</u> N/DN aanwezig als verwerkingstraject Met mestverwerkingsplicht	<u>zonder N/DN</u> N/DN niet aanwezig als verwerkingstraject Geen mestverwerkingsplicht		

In een voorstudie werden meer dan de hierboven beschreven parameters gescreend. Enkel de parameters met een voldoende grote impact op de modelresultaten werden in deze 24 scenario's behouden. De parameters die wel werden onderzocht maar niet als onderwerp van de sensitiviteitsanalyse werden weerhouden, waren: de kost van de technieken, transportkosten, kost van minerale mest en scheidingsefficiëntie.

2.3 RESULTATEN

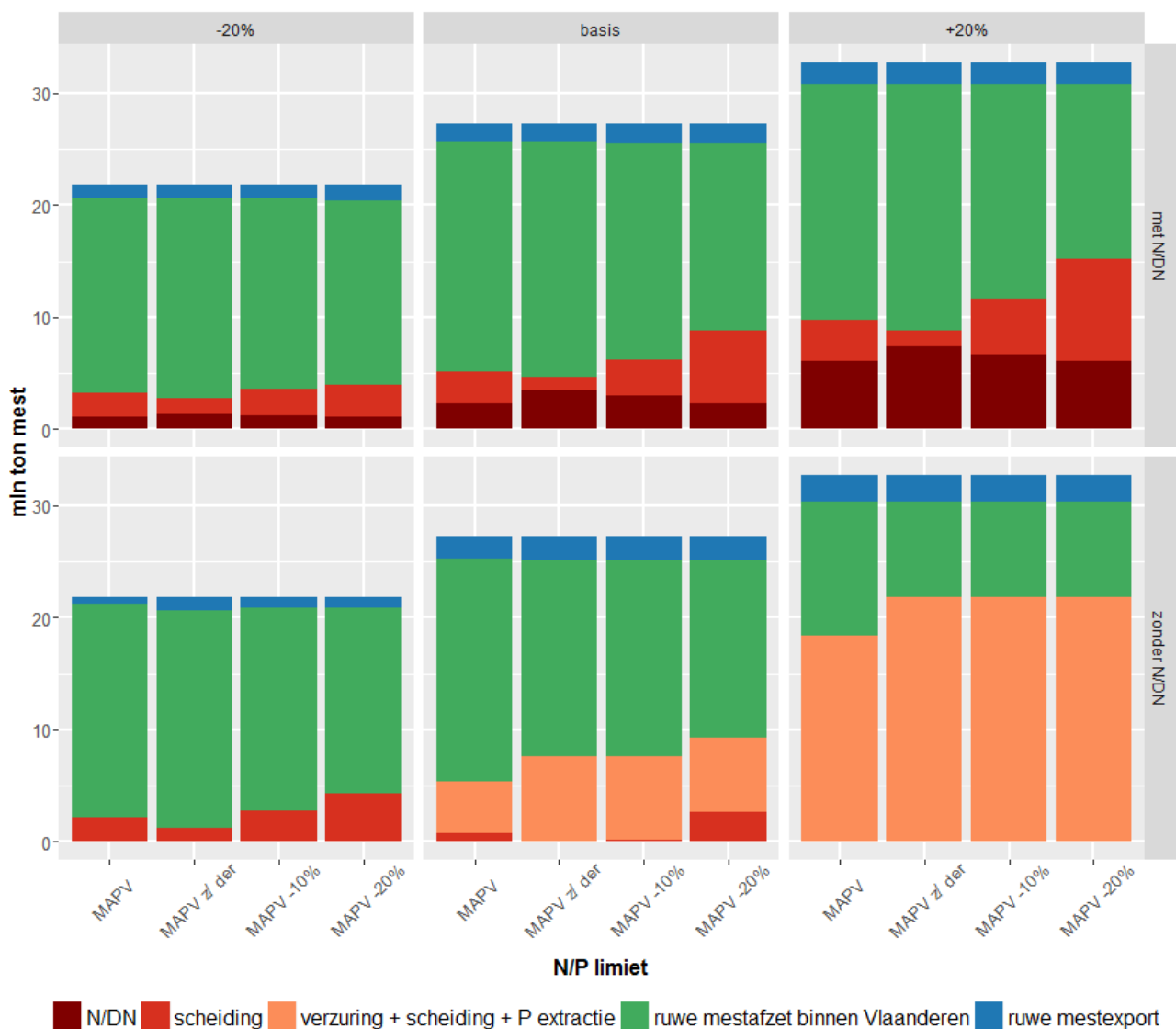
In de resultatensectie worden telkens de uitkomsten van een volledige doorrekening van het macromodel voor alle 24 voorgestelde scenario's in één figuur weergegeven. Alle figuren die in de onderstaande analyse zijn weergegeven zijn afkomstig van dezelfde 24 simulaties, waarbij ze telkens een ander aspect van de resultaten uitlichten. Eén van de 24 paneeltjes van de figuren is dus telkens het resultaat van 1 scenario. Om de interpretatie duidelijk te maken wordt telkens één van de 24 paneeltjes of staafjes in detail toegelicht.

2.3.1 Mestbalans

2.3.1.1 Vlaanderen

De optimale mestbalans onder de verschillende scenario's voor de hele regio Vlaanderen is gegeven in **Figuur 3**. De mestbalans toont welk aandeel van de totale mestproductie, naar welke toepassing gaat. De mestbalans voor Vlaanderen is dus de som van alle optimale mestbalansen op gemeenteniveau. De cijfers die bij deze figuur horen zijn gegeven in appendix 2.5 aan het einde van dit hoofdstuk.





Figuur 3 Optimale allocatie van de Vlaamse mest per scenario. In het scenario zonder N/DN is de mestverwerkingsplicht ook opgeheven.

Het staafje in de linkerbovenhoek van **Figuur 3** toont hoeveel ton mest naar welke toepassing gestuurd wordt gegeven de veronderstellingen die hierboven zijn toegelicht. Het scenario van dit staafje correspondeert met de huidige verdeling van MAPV P-bemestingsnormen volgens klasse I-IV, aanwezigheid van N/DN en een nutriëntproductie die 20% lager is dan vandaag het geval is. De verschillende kleuren in het staafje tonen hoeveel tonnen geproduceerde ruwe mest naar verschillende technologieën gaan en hoeveel tonnen mest zonder bijkomende bewerking afgezet worden binnen en buiten Vlaanderen. De vergelijking van dit staafje met de andere staafjes geeft de impact weer van de veronderstellingen van de scenario's op de gesimuleerde

optimale allocatie van mest. Ieder staafje weerspiegelt een optimale situatie, namelijk die combinatie van mesttransport en mestbe- en verwerking die tot een minimalisatie van de totale kosten leidt.

De technologieën die voorkomen zijn N/DN, scheiding en verzuring + scheiding + P-extractie. Uit de figuur wordt duidelijk dat de invloed van de N- en P- bemestingsnormen op de mestbalans zeer uitgesproken is. In de gevallen met aanwezigheid N/DN, zien we dat de technologieën onder MAPV bestaan uit N/DN en scheiding. Wordt derogatie opgeheven, dan komt dit N/DN ten goede, ten koste van scheiding. In het geval zonder derogatie worden de afzetmogelijkheden voor N immers meer beperkt, en wint de verwijdering van N via N/DN aan economische efficiëntie. In het geval van dalende P-normen, zien we het omgekeerde effect en stijgt scheiding ten koste van N/DN. In deze gevallen wordt de afzet van P meer beperkend. Daardoor wordt verwerking van P via export van dikke fractie meer efficiënt en de N-verwijdering via N/DN minder. Stijgende dieraantallen leiden, bij aanwezigheid van N/DN, tot een stijging van zowel scheiding, N/DN als export. In alle gevallen zorgt deze stijging voor een stijging van het relatief belang van N/DN, in vergelijking met scheiding, export en afzet binnen Vlaanderen.

In de scenario's zonder aanwezigheid van N/DN is de situatie enigszins anders. Onder lage nutriëntproductie (4 balkjes linksonder) kan deze afwezigheid van N/DN volledig opgevangen worden met scheiding van ruwe mest en export. We zien ook dat het totaal aandeel ver- of bewerkte mest in die scenario's lager ligt dan de equivalenten mét N/DN. Dit heeft te maken met het feit dat in het scenario zonder N/DN ook de mestverwerkingsplicht werd opgeheven (zie 2.2.3), en dat deze laatste in de gevallen met lage nutriëntproductie voor een verwerkingsvraag leidde die hoger is, dan ze volgens vraag en aanbod van nutriënten zou zijn.

Onder de huidige en de verhoogde nutriëntproductie treedt de technologie met verzuring + scheiding + P-extractie naar de voorgrond. De reden dat deze technologie optreedt is de gewijzigde samenstelling van dikke en dunne fractie na verzuring, in vergelijking met een gewone scheiding. Deze dunne fractie heeft een hogere N/P-verhouding, in vergelijking met een klassieke dunne fractie waar geen verzuring aan voorafgaat, en kan daardoor dienen om, bij afwezigheid van N/DN, voldoende N te verwerken via de export van dikke fractie (zie

Tabel 2). We zien dat deze alternatieve stikstofverwijdering, via export van dikke fractie, tot een gelijkaardige hoeveelheid verwerkte tonnages leidt in de scenario's met verlaagd en de huidige productiecijfers (vergelijk de eerste 8 balkjes boven, met de eerste 8 onder in **Figuur 3**). Dit gebeurt ondanks het feit dat de N-verwijderingscapaciteit van de technologie met verzuring + scheiding + P-extractie (41%) beduidend lager ligt dan bij N/DN (95%) (zie

Tabel 2). Ook dit duidt erop dat de mestverwerkingsplicht in het scenario met N/DN de vraag naar mestverwerking iets hoger stuwt, dan ze volgens vraag en aanbod zou zijn. We willen hier echter ook benadrukken dat we de mestverwerkingsplicht in de scenario's zonder N/DN opheffen, omdat het model anders onoplosbaar is. De plicht is dan immers te hoog om enkel in te vullen met export of technologieën met een dergelijk lage N-verwijderingsefficiëntie.

Onder verhoogde productiecijfers en bij afschaffing van derogatie onder de huidige productiecijfers, geeft de vervanging van N/DN door verzuring + scheiding + P-extractie wel aanleiding tot een significante verhoging van de hoeveelheid mest die wordt ver- en bewerkt. Dit wordt veroorzaakt door de lagere verwijderingsefficiëntie, zoals hierboven beschreven, in combinatie met een grote behoefte aan nutriëntverwerking door de toegenomen productie. Daardoor moet dus meer ton mest verwerkt worden voor eenzelfde hoeveelheid N-verwijdering.

2.3.1.2 Per provincie

Figuur 4 en **Figuur 5** geven de mestbalans van **Figuur 3** weer per provincie, respectievelijk voor het scenario met en zonder N/DN. Deze figuren geven een indicatie van de geografische verspreiding van de vraag naar mestver- en bewerkingstechnologieën in Vlaanderen. De cijfers die bij deze figuren horen zijn gegeven in appendix 2.5 aan het einde van dit hoofdstuk.

Figuur 4 toont dat in het geval met N/DN, deze vraag voornamelijk te vinden is in West-Vlaanderen. Enkel bij de afschaffing van derogatie of verhoogde nutriëntproductie vinden we ook een vraag in Oost-Vlaanderen, Antwerpen en/of Limburg. De trends die we vonden in de globale Vlaamse mestbalans onder invloed van afzetregeling, vinden we ook hier in elk van de provincies terug: een hogere vraag naar N/DN onder invloed van afschaffing derogatie en hogere vraag naar scheiding onder invloed van lagere P-normen.

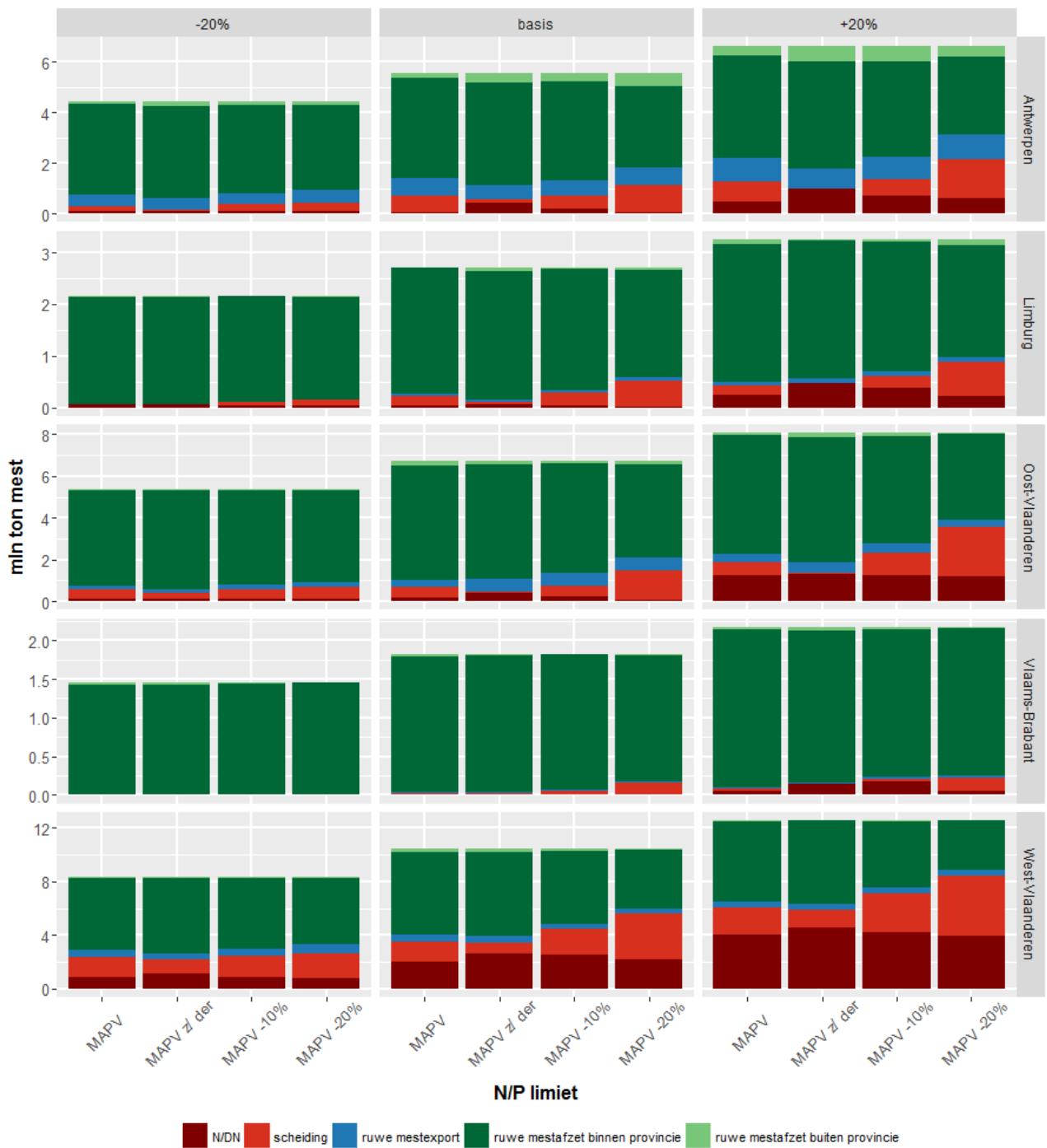
Figuur 5 toont het geval zonder N/DN. De figuur toont dat onder verlaagde en huidige nutriëntproductie gelijkaardige hoeveelheden mest worden ver-of bewerkt, als in het geval met N/DN in elk van de provincies (met uitzondering van het geval zonder derogatie, waar wel degelijk een verhoging van verwerkte tonnages mest optreedt). Dit volgt dezelfde tendens als de totale mestbalans voor Vlaanderen (**Figuur 3**). Opnieuw kan hier opgemerkt worden dat de mestverwerkingsplicht, enkel aanwezig in het scenario met N/DN, de vraag naar mestverwerking hoog houdt.

De introductie van verzuring + scheiding + P-extractie is te vinden bij de huidige nutriëntproductie. Het doet intrede in alle provincies. Het grootste aandeel is te vinden in West-Vlaanderen. Echter, bij de verhoogde nutriëntproductie is de afwezigheid van N/DN in de meeste provincies nauwelijks haalbaar, aangezien in dit scenario grote hoeveelheden mest moeten behandeld of geëxporteerd worden. Dit is een gevolg van de relatief lage efficiëntie waarbij N kan verwerkt worden in afwezigheid van N/DN (



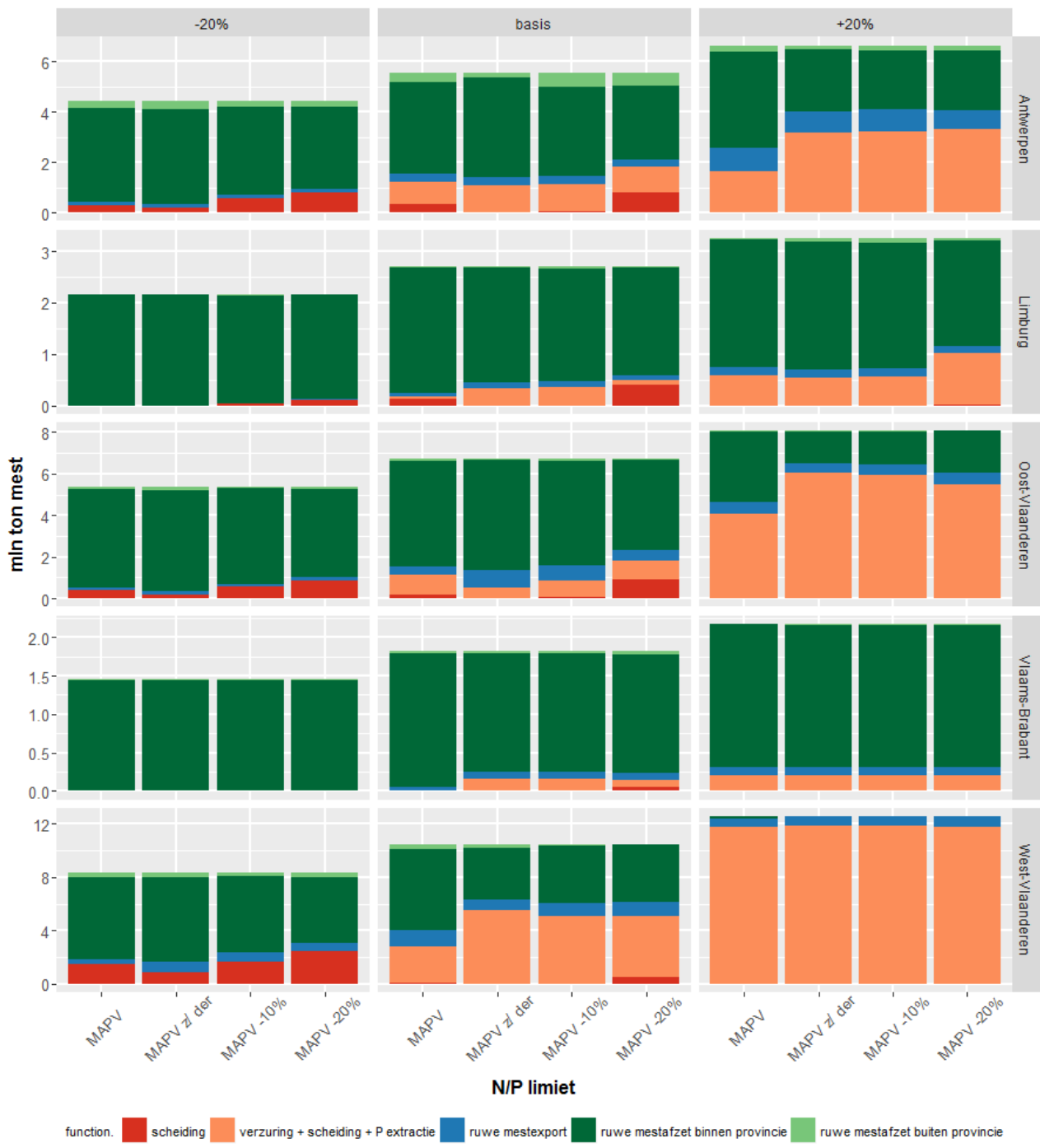
Tabel 2). Aangezien export van ruwe varkens – of rundermest verboden is, is de enige optie om te verzuren en te scheiden zodat de dikke fractie, die door de verzuring relatief hogere N/P- verhouding bezit, kan geëxporteerd worden. Via dit proces kan slechts 41% van de N in runder- of varkensmest geëxporteerd worden, daar waar een N/DN van dunne fractie ongeveer 95% van de originele hoeveelheid N in ruwe mest verwijderd. Vandaar dat de tonnages die moeten behandeld worden in het scenario zonder N/DN zoveel hoger liggen.





Figuur 4 Optimale allocatie van mest per provincie en per scenario, voor het geval met N/DN en met mestverwerkingsplicht. “Ruwe mestafzet buiten provincie” verwijst naar mest die wordt afgezet binnen Vlaanderen maar buiten de grenzen van de provincie van oorsprong.



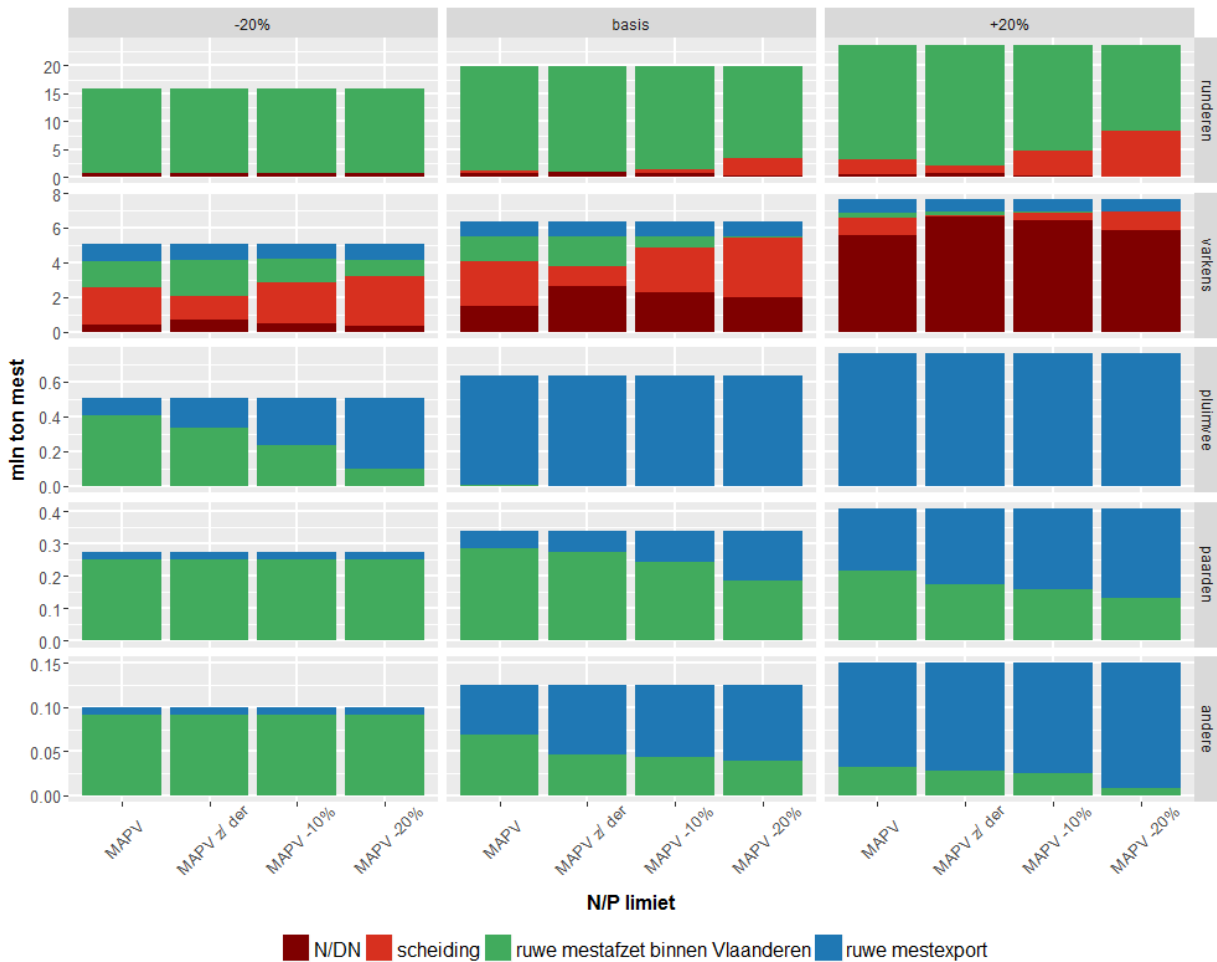


Figuur 5 Optimale allocatie van mest per provincie en per scenario, voor het geval zonder N/DN en zonder mestverwerkingsplicht. “Ruwe mestafzet buiten provincie” verwijst naar mest die wordt afgezet binnen Vlaanderen maar buiten de grenzen van de provincie van oorsprong.



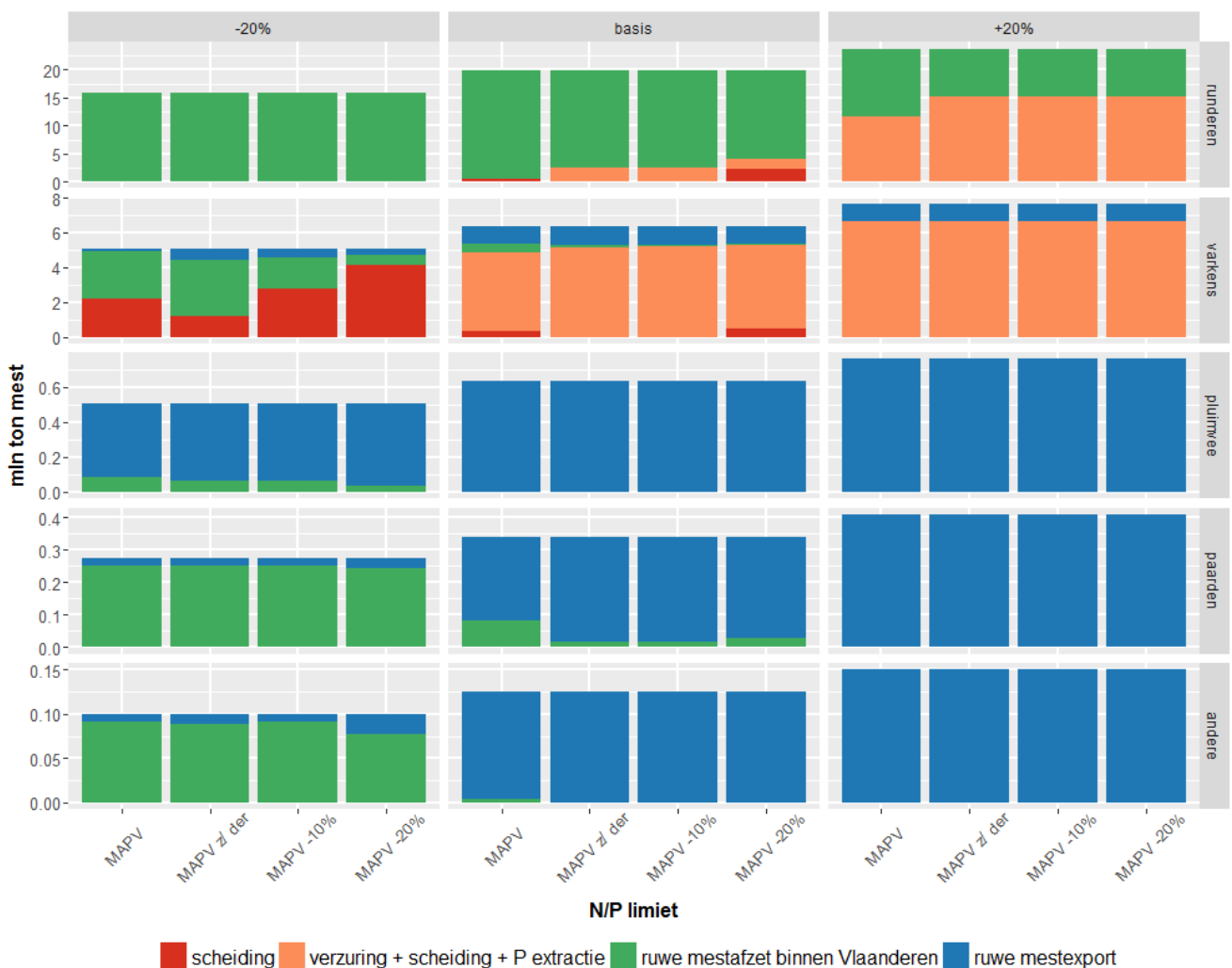
2.3.1.3 Per diercategorie

Figuur 6 en Figuur 7 geven de mestbalans van Figuur 3 weer per diercategorie, respectievelijk voor het scenario met en zonder N/DN. De cijfers die bij deze figuren horen zijn gegeven in appendix 2.5 aan het einde van dit hoofdstuk.



Figuur 6 Optimale mestallocatie per scenario en per diersoort, voor het geval met N/DN.





Figuur 7 Optimale mestallocatie per scenario en per diersoort, voor het geval zonder N/DN.

De mestbalans voor de diercategorieën pluimvee, paarden en andere, bestaat uitsluitend uit export en afzet binnen Vlaanderen aangezien dit de enige opties zijn die het model voor deze categorieën toelaat. Export is dus de enige optie om aan de verwerkingsplicht te voldoen. Zowel onder invloed van verstrengde afzetnormen als onder verhoogde nutriëntproductie neemt het aandeel export toe. Aangezien bij afwezigheid van N/DN, mestexport een evidente tweede keus is om nutriëntenoverschotten weg te werken, zien we dat in het scenario zonder N/DN is het aandeel export telkens hoger ligt, in vergelijking met hetzelfde scenario met N/DN

Voor runderen bestaat de mestbalans voornamelijk uit ruwe mestafzet en scheiding, en slechts een klein aandeel N/DN. In het scenario zonder N/DN bestaat de balans voornamelijk uit ruwe mestafzet en verzuring + scheiding + P-extractie. Het valt op dat ruwe mestafzet van rundermest de laatste soort ruwe mestafzet binnen Vlaanderen is die overblijft bij verstrengde afzetnormen en/of hogere nutriëntproductie. Dit is omdat



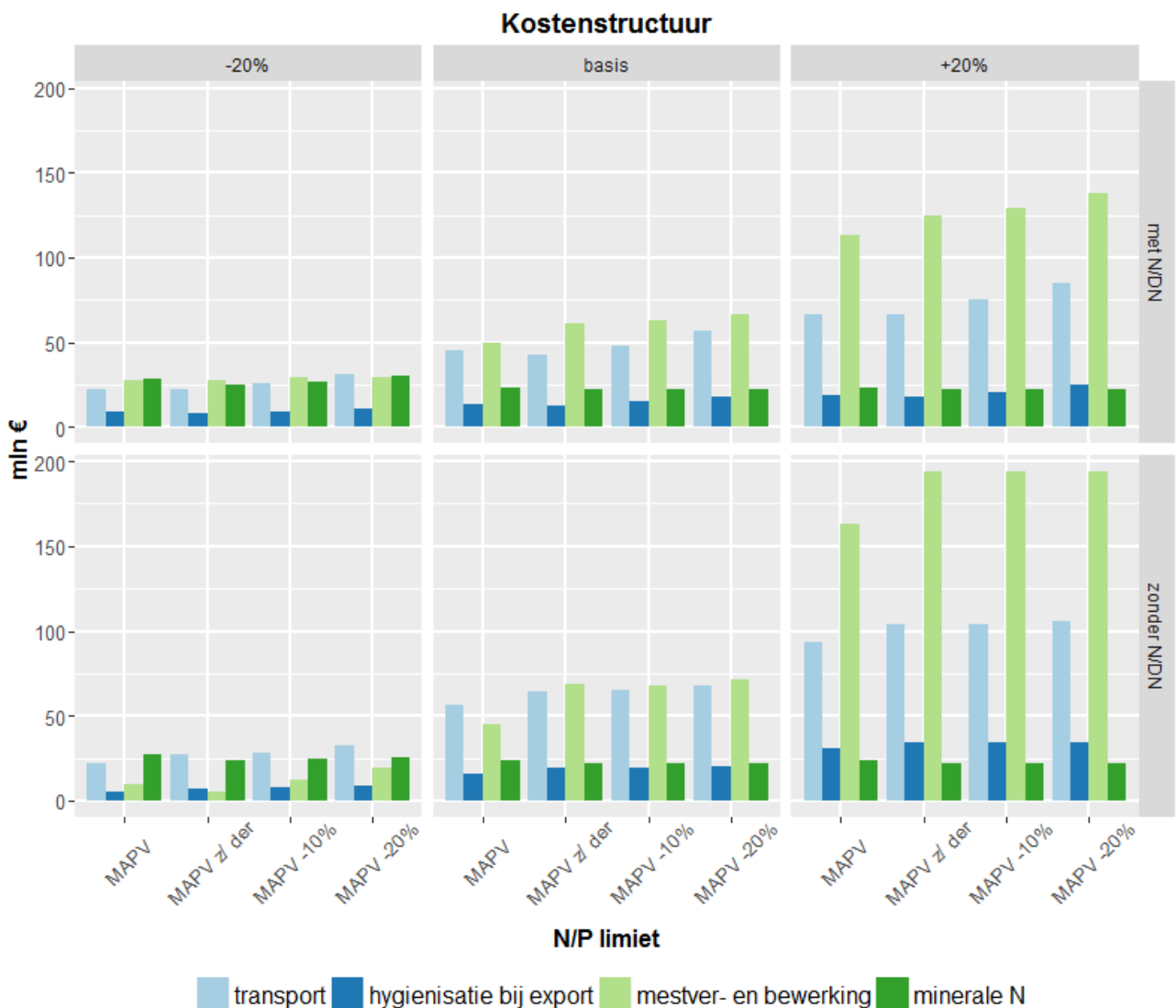
de nutriëntinhoud van rundermest het laagst is (**Tabel 1**). Zowel verwerking als transport worden betaald per ton en zijn daarom het minst efficiënt voor een relatief nutriëntarm basisproduct als rundermest. Vandaar dat het model kiest om voor rundermest verwerking en export te vermijden en zo lang mogelijk mest ter plekke, of toch heel nabij, uit te rijden. De verwerking is dan ook voornamelijk te vinden bij varkensmest. Voor varkensmest vinden we grote hoeveelheden scheiding en N/DN, met wisselende relatieve verhoudingen afhankelijk van het scenario. Zoals reeds eerder besproken stimuleert afschaffing van derogatie de vraag naar N/DN en stimuleren dalende P-normen de vraag naar scheiding. Voor varkens, is er ook een kleine hoeveelheid ruwe mestexport te zien in de resultaten. Dit is het transport vanuit Vlaanderen naar Zeeuws-Vlaanderen, de enige route langs waar het transport van ruwe varkensmest toegelaten is. Gelijkaardige afwegingen zijn te trekken uit het gebruik van kippenmest, paardenmest en andere mest. Van deze drie is kippenmest het meest nutriëntrijk, en paardenmest het –armst. Daarom zal het model prefereren om kippenmest en andere mest eerst te exporteren, en paardenmest pas daarna. Dit is duidelijk te zien in **Figuur 6**, waar het aandeel export bij paardenmest steeds kleiner is dan bij andere mest of kippenmest.

2.3.2 Kostenstructuur

2.3.2.1 Vlaanderen

Figuur 8 geeft de kostenstructuur van mestafzet in Vlaanderen voor de verschillende scenario's weer. De cijfers die bij deze figuren horen zijn gegeven in **Tabel 6**.





Figuur 8 Kostenstructuur van de behandeling van mest voor Vlaanderen per scenario.

De vier staafjes in de linkse bovenhoek van de figuur tonen de totale gesimuleerde kosten in een optimale mestallocatie: transportkosten, hygiëniseringskosten, be- en verwerkingskosten en minerale N. Het scenario van deze staafjes in de linkse bovenhoek is de situatie met de huidige N- en P-bemestingsnormen, en 20% lagere nutriëntproductie en met aanwezigheid van N/DN. De vergelijking van dit staafje met de andere staafjes geeft de impact van de veronderstellingen van de scenario's op de totale kost voor mestafzet. **Figuur 8** is dus de monetaire vertaling van de mestbalansen uit **Figuur 3**. Transportkosten behelzen alle transport van mest en mestproducten voor zowel de Vlaamse als de exportmarkt. Mestver- en bewerking omvat de kost van alle technologieën. De kosten voor hygiëniseren hebben betrekking op de hygiëniseringsvoorwaarde voor exportproducten zoals bijvoorbeeld dikke fracties. De kosten voor minerale N refereert enkel naar de



hoeveelheid N binnen de dierlijke afzetnorm die niet ingevuld geraakt met dierlijke mest en dus met minerale mest moet aangevuld worden.

Onder invloed van stijgende nutriëntproductie en strengere afzetwetgeving zien we dat kosten voor mestver- en bewerking over het algemeen het snelst toenemen. Daarnaast nemen ook transportkosten en hygiënisekosten toe. In verhouding blijven de kosten voor minerale mest min of meer stabiel. In de scenario's zonder N/DN zijn de kosten hoger, zeker bij de huidige en verhoogde uitscheidingscijfers. Ondanks dat N/DN de duurste technologie is in het model, geeft het vermijden van N/DN aanleiding tot hogere kosten. Aangezien de verwijderingsefficiëntie, voornamelijk voor N, van de alternatieven een stuk lager ligt, moet er dan meer ton mest ver- of bewerkt worden, zodat het nettoresultaat een kostenstijging is.

Tabel 6 Kostenstructuur van de behandeling van mest voor Vlaanderen per scenario (in euro).

Scenario			Transport	Hygiënise	Be- en ver- werking	Minerale N	Totaal
met N/DN	-20%	MAP V	22 217 292	9 166 741	27 563 150	28 986 433	75 703 401
		MAPV z/ der	22 370 532	8 446 020	28 007 285	24 925 227	83 749 064
		MAPV -10%	25 545 026	9 618 238	29 406 140	27 102 913	91 672 317
		MAPV -20%	31 072 306	10 986 335	29 725 305	30 444 888	102 228 833
	basis	MAP V	45 507 609	13 530 599	49 552 946	23 354 543	119 715 482
		MAPV z/ der	43 082 564	13 130 744	61 188 772	22 261 516	139 663 596
		MAPV -10%	48 200 387	14 991 956	62 615 206	22 261 539	148 069 088
		MAPV -20%	56 679 943	17 831 377	66 065 621	22 275 718	162 852 660
	+20%	MAP V	66 251 721	18 927 418	113 424 957	23 354 537	209 728 418
		MAPV z/ der	66 147 215	18 050 481	125 007 791	22 261 510	231 466 996
		MAPV -10%	75 138 448	21 036 905	129 285 563	22 261 510	247 722 426
		MAPV -20%	85 118 943	24 694 695	137 570 068	22 261 510	269 645 216
zonder N/DN	-20%	MAP V	21 861 147	5 140 441	9 874 227	26 966 864	51 612 463
		MAPV z/ der	27 214 085	7 076 874	5 462 298	23 442 649	63 195 906
		MAPV -10%	27 989 207	7 687 846	12 592 773	24 259 034	72 528 860
		MAPV -20%	32 377 454	8 639 759	19 019 257	25 787 672	85 824 142
	basis	MAP V	56 756 068	16 066 546	45 146 094	23 354 537	129 093 030
		MAPV z/ der	64 501 165	19 250 640	68 365 016	22 261 510	174 378 331
		MAPV -10%	65 301 073	19 270 863	68 273 936	22 261 510	175 107 383
		MAPV -20%	67 822 516	20 304 228	71 722 377	22 261 510	182 110 631
	+20%	MAP V	93 715 013	30 910 244	163 349 577	23 354 537	299 099 155
		MAPV z/ der	104 086 136	34 407 325	194 096 220	22 261 510	354 851 190
		MAPV -10%	104 265 073	34 407 325	194 096 220	22 261 510	355 030 128
		MAPV -20%	106 147 708	34 418 479	194 126 004	22 261 510	356 953 701

2.3.2.2 Per provincie

Figuur 9 en **Figuur 10** geven de kostenbalans van **Figuur 8** weer per provincie, respectievelijk voor het scenario met en zonder N/DN. Deze figuren geven een indicatie van de geografische verspreiding van de kost van mestafzet in Vlaanderen. De interpretatie van deze figuren is analoog aan die van **Figuur 8**. De kosten per scenario worden gepresenteerd per 4 balkjes, die elk naar een andere kostcategorie refereren. De cijfers die bij deze figuren horen zijn gegeven in appendix 2.5 aan het einde van dit hoofdstuk.

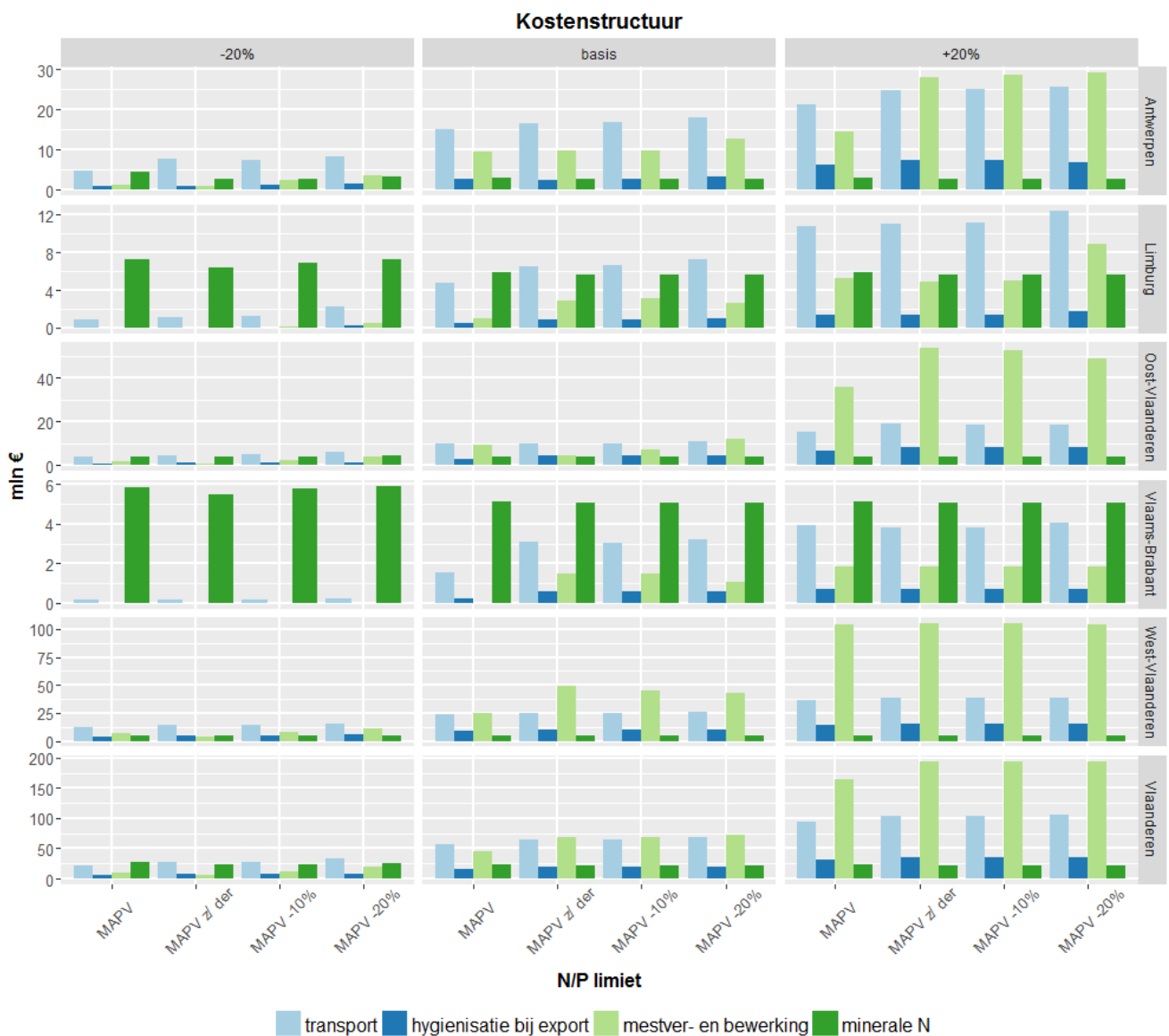


Hoge kosten voor ver- en bewerking en transport zijn te vinden in mestrijke provincies als Antwerpen, West-Vlaanderen en in mindere mate Oost-Vlaanderen. Opvallend is dat de ver- en bewerkingskosten hoger zijn in West-Vlaanderen, terwijl transportkosten hoger zijn in Antwerpen. Dit is het gevolg van de nabijheid van Zeeland voor Antwerpen, waar ruwe varkensmest kan afgezet worden. Vanuit West-Vlaanderen wordt voornamelijk dikke fractie uitgevoerd naar Noord-Frankrijk, hetgeen scheidingskosten met zich meebrengt. In mestarmere regio's als Vlaams-Brabant is de kost uiteraard veel lager, en vormt minerale N de grootste kost. Dit komt voornamelijk door het hoger gebruik van dunne fractie in mestrijke gebieden waardoor de N-norm beter kan ingevuld worden en minder aangevuld wordt met kunstmest.





Figuur 9 Kostenstructuur van de behandeling van mest per provincie, per scenario, voor het geval met N/DN.



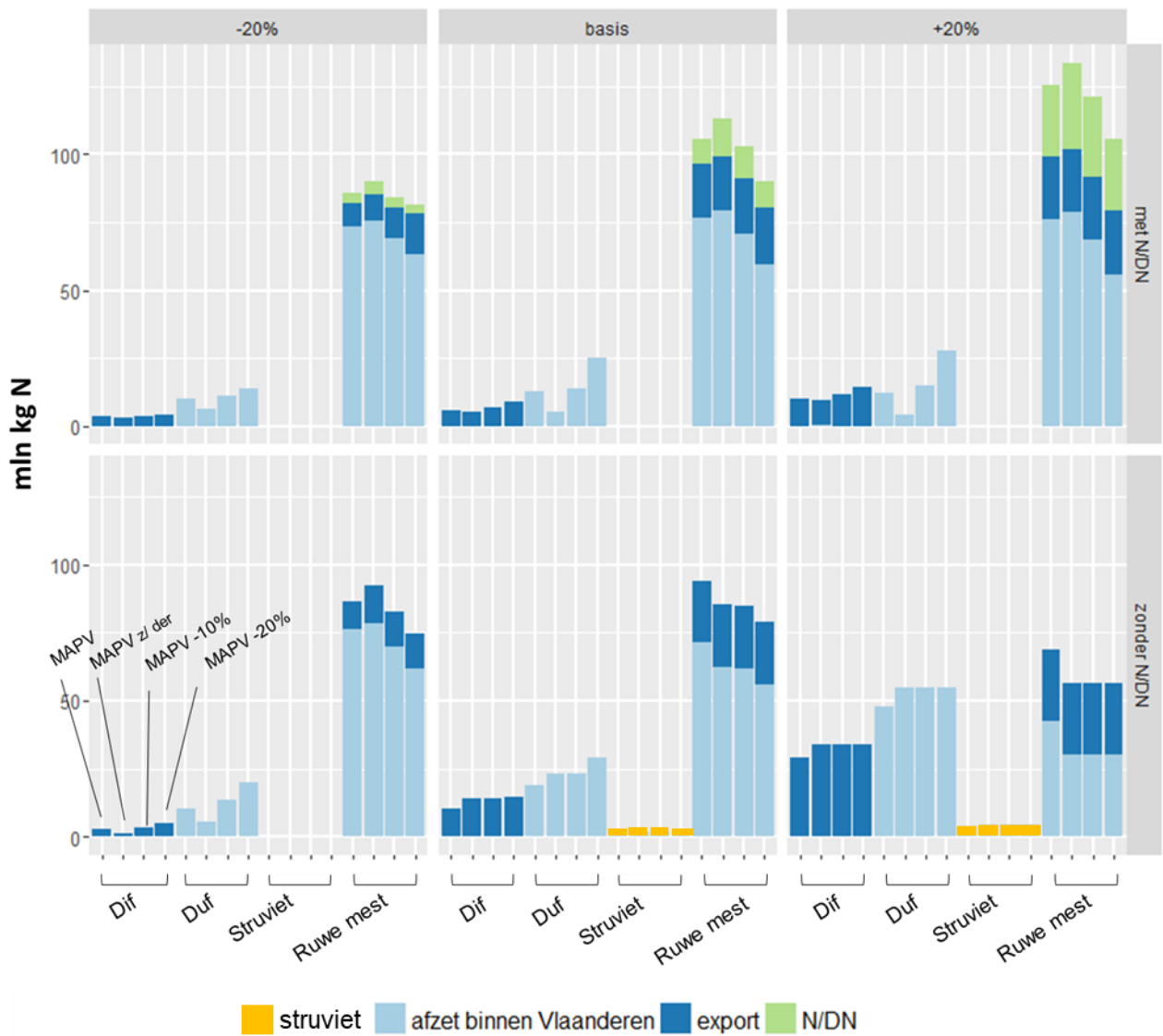
Figuur 10 Kostenstructuur van de behandeling van mest per provincie, per scenario, voor het geval zonder N/DN.

2.3.3 Nutriëntbalans

In **Figuur 3** werd de globale mestbalans uitgedrukt in ton mest. We kunnen deze mestbalans vertalen naar een balans op nutriëntniveau voor N en P. Dit is weergegeven in **Figuur 11** voor N en **Figuur 12** voor P. Deze figuren worden als volgt geïnterpreteerd. Op de x-as staan de belangrijkste mestfracties die kunnen geproduceerd worden: ruwe mest, dikke fractie (DIF), dunne fractie (DUF) en P-extract (struviet). Per product zijn er 4 balkjes aangegeven, telkens verwijzend naar een ander scenario inzake mestafzetwetgeving. Verder is de figuur opgesplitst in verschillende staafdiagrammen voor de andere variërende paramaters: nutriëntproductie en

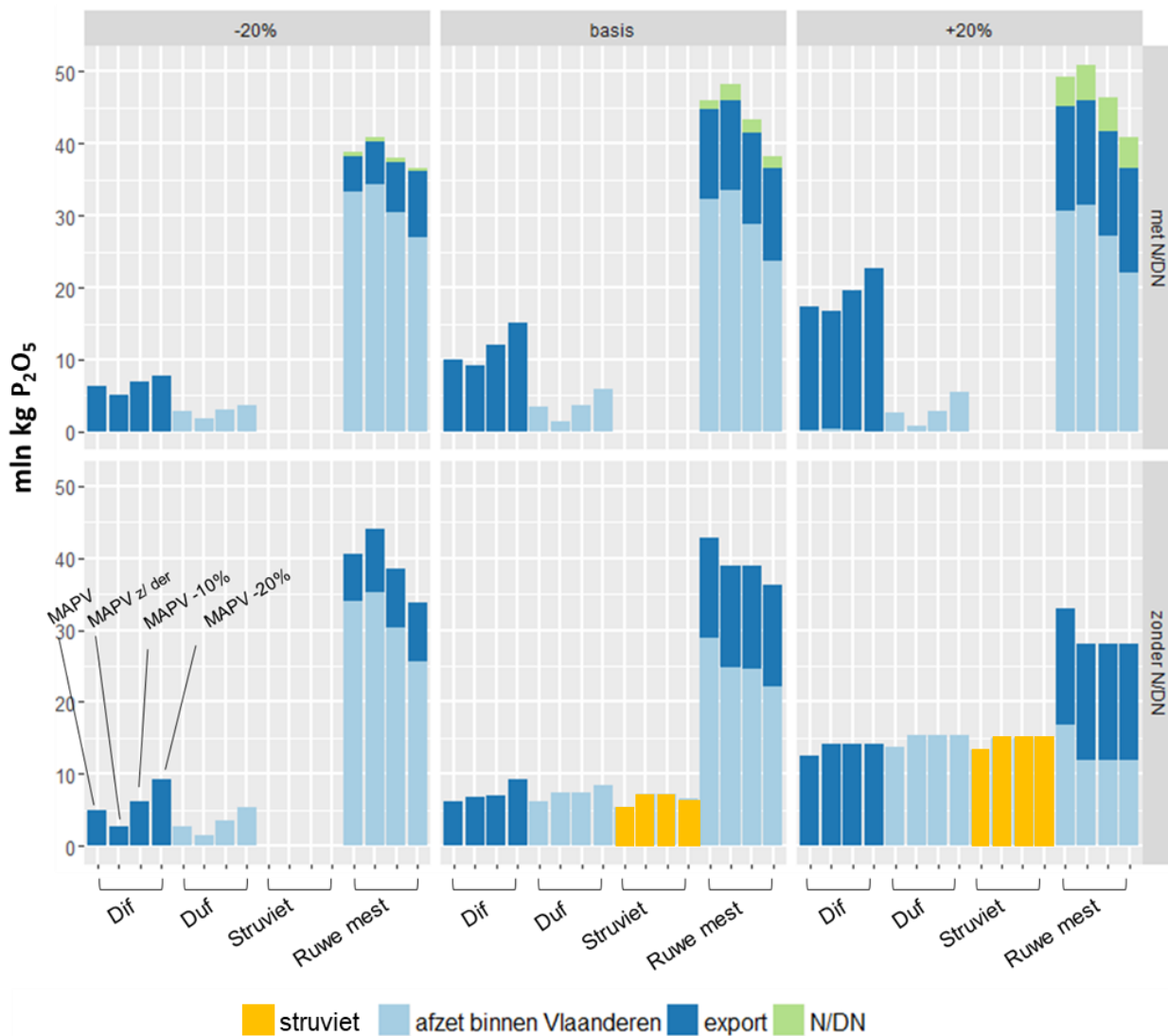
aanwezigheid N/DN. Iedere balk geeft dan de afzet van het corresponderend product weer, namelijk afzet binnen Vlaanderen, export of N/DN. De eerste vier balkjes linksonder verwijzen dus naar hoeveel N via dikke fractie in het scenario met verlaagde nutriëntproductie en zonder N/DN en voor de vier mogelijke mestafzetwetgevingen, wordt afgezet binnen en buiten Vlaanderen. De fractie die tijdens N/DN wordt verwijderd is in deze figuur aangegeven in de groep ruwe mest.

N balans



Figuur 11 N-balans voor Vlaanderen. Voor ieder eindproduct (DIF, DUF, struviet en ruwe mest) verwijzen de 4 geassocieerde balkjes telkens naar de 4 verschillende mestafzet wetgevingen: MAPV, MAPV z/ der, MAPV -10% en MAPV -20%. DIF = dikke fractie, DUF = dunne fractie. Struviet is opgenomen in een aparte categorie aangezien de afzet na productie niet in het model is opgenomen.

P balans



Figuur 12 P-balans voor Vlaanderen, uitgedrukt in kg P₂O₅. Voor ieder eindproduct (DIF, DUF, struviet en ruwe mest) verwijzen de 4 geassocieerde balkjes telkens naar de 4 verschillende mestafzet wetgevingen: MAPV, MAPV z/ der, MAPV -10% en MAPV -20%. DIF = dikke fractie, DUF = dunne fractie. Het aandeel N/ND in de fosforbalans is het aandeel dat in het slib van mestverwerking wordt teruggevonden, en in het model niet afgezet wordt op het veld (



Tabel 2). In realiteit wordt het grootste deel van het slib, zo'n 95%, in Vlaanderen verbrand. Slechts 2% komt op de akker terecht als bodemverbeteraar (Nielsen et al. 2003). Struviet is opgenomen in een aparte categorie aangezien de afzet na productie niet in het model is opgenomen.

Vanuit **Figuur 11** en **Figuur 12** kunnen we afleiden dat de N en P uit dikke fracties op gronden buiten Vlaanderen worden afgezet. Dit aandeel stijgt naarmate de mestafzet-wetgeving strenger wordt (behalve bij afschaffing derogatie) en de nutriëntproductie stijgt. Voor N stijgt dit aandeel ook bij afschaffen van N/DN aangezien overgeschakeld wordt op verzuurde dikke fractie, dewelke rijker is aan N en armer aan P. Voor P daalt in dat geval de export via dikke fractie, en dit wordt gecompenseerd door een extractie van P via struviet. Dunne fracties worden enkel binnen Vlaanderen afgezet. Dit aandeel stijgt samen met de export van dikke fractie, aangezien er voor iedere eenheid dikke ook een eenheid dunne fractie wordt geproduceerd. Onder invloed van deze evoluties wordt er dan ook minder ruwe mest afgezet in de scenario's waar veel dikke en dunne fractie wordt geproduceerd. Export van N en P in ruwe mest neemt wel toe in deze gevallen, alsook de fractie die wordt gedenitrificeerd. Merk op dat dit aandeel bij ruwe mest werd gerekend, maar evengoed bij dunne fractie kan geplaatst worden, aangezien het natuurlijk dunne fracties zijn die worden gedenitrificeerd. Deze indeling is arbitrair en heeft voor een goed begrip van de resultaten geen verder belang.

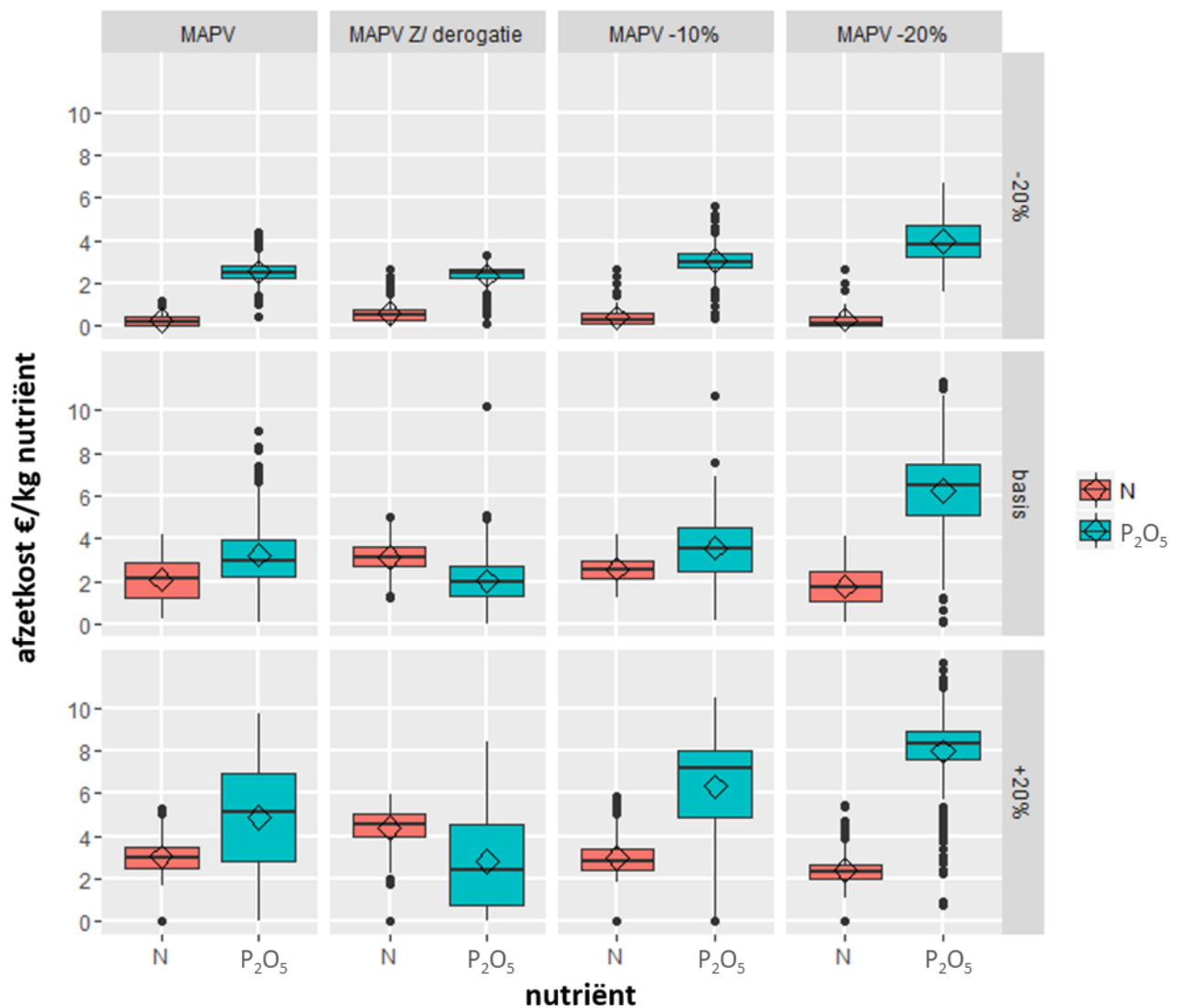
2.3.4 Mesthandel

2.3.4.1 Afzetkost van nutriënten

Het mesttransportmodel laat toe om per gemeente de afzetkost van een eenheid nutriënt te berekenen. Afhankelijk van het aanbod van de mest en de hoeveelheid afzetmogelijkheden die er zijn, is er in iedere gemeente een evenwichtsprijs voor mestafzet. Dit is een schatting van wat een landbouwer volgens de economische theorie (wet van vraag en aanbod) minimaal wil aanvaarden als monetaire compensatie voor afzet van nutriënten uit mest van een derde op zijn land.

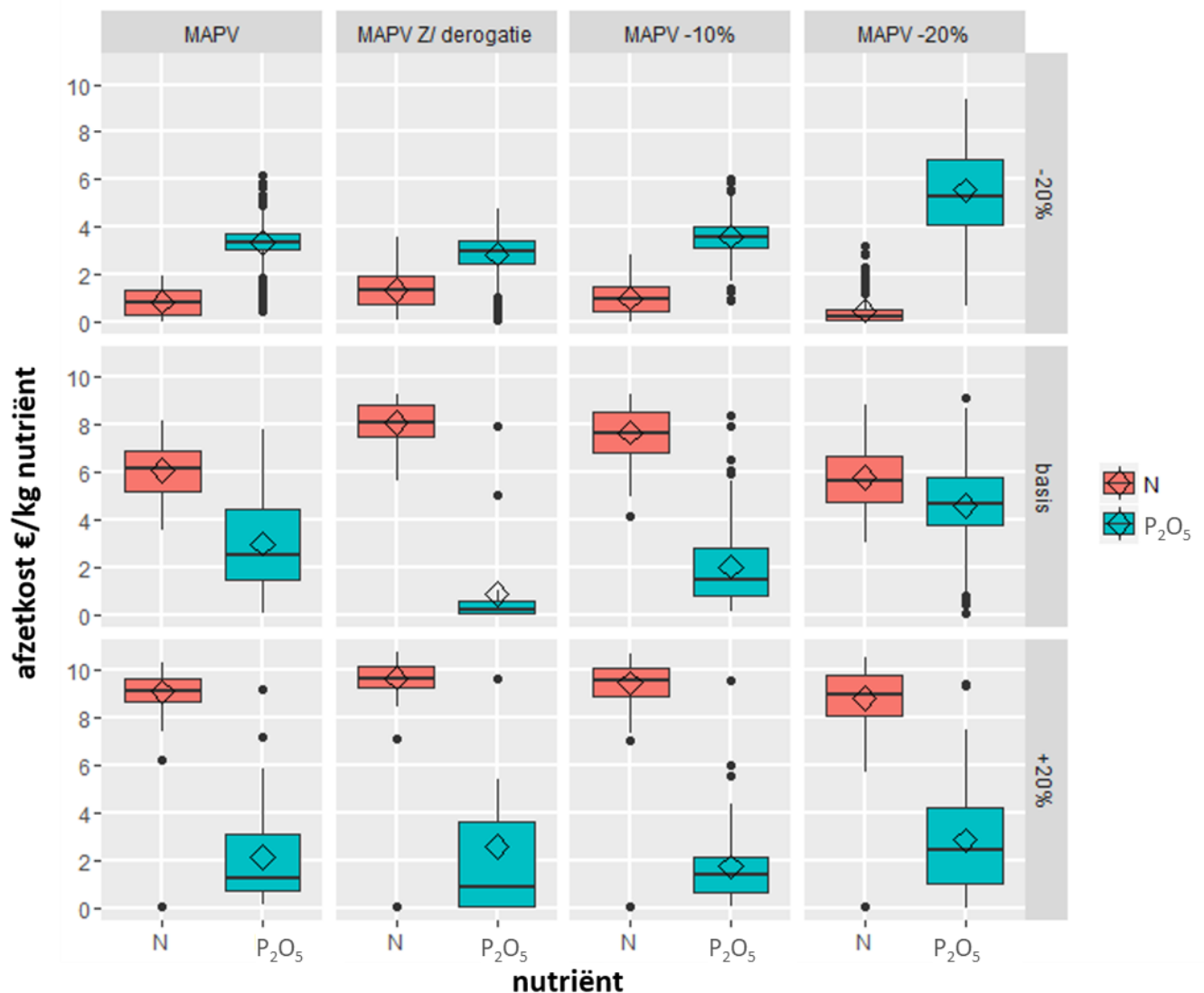
De boxplots in **Figuur 13** en **Figuur 14** geven de verdeling van deze afzetkost voor N en P weer, respectievelijk voor de scenario's met en zonder N/DN. Ieder datapunt in deze verdeling is een gemeente met een bepaalde lokale afzetkost per kg nutriënt. De y-as geeft deze afzetkost in €/kg nutriënt. De boxplots geven de mediaan de 25 en 75 percentielen en de outliers van de verdeling weer. De ruit is het gemiddelde. De boxplot linksonder in **Figuur 13** geeft dus een idee van de ruimtelijke verdeling van de afzetkost voor N en P onder de huidige mestafzetwetgeving, een verhoogde nutriëntproductie van 20%, en aanwezigheid van N/DN.





Figuur 13 Verdeling van de gemeentelijke afzetkost per kg N en P₂O₅, voor de verschillende scenario's, met N/DN. Ieder datapunt verwijst naar een gemeente. De boxplots tonen mediaan, 25- en 75-percentiel. Outliers liggen verder dan 1,5 maal de interkwartielafstand van de mediaan gerekend. De ruiten geven de gemiddelden weer.





Figuur 14 Verdeling van de gemeentelijke afzetkost van N en P₂O₅, voor de verschillende scenario's, zonder N/DN. Ieder datapunt verwijst naar een gemeente. De boxplots tonen mediaan, 25- en 75-percentiel. Outliers liggen verder dan 1,5 maal de interkwartielafstand van de mediaan gerekend. De ruiten geven de gemiddelden weer.

Figuur 13 toont dat in de meeste gevallen de afzetkost per eenheid P₂O₅ hoger is dan die per eenheid N. Dit betekent dat in deze gevallen de afzetruimte voor P₂O₅ meer limiterend is voor mestafzet dan de ruimte voor N. Bijgevolg zal de compensatie voor landbouwers per afzet van een eenheid P₂O₅ hoger zijn dan per eenheid N. Bovendien zien we dat wanneer de P₂O₅-normen verlaagd worden ten opzichte van de huidige situatie, de kostprijs voor P₂O₅ verder omhoog gaat, terwijl die voor N constant blijft of zelfs licht daalt. Enkel in het scenario zonder derogatie, wordt de afzetkost voor N hoger dan voor P₂O₅.



Figuur 14 toont dat onder het scenario zonder N/DN vooral de prijs voor afzet van N flink omhoog schiet. Dit is logisch aangezien dat dit scenario een relatief efficiënte oplossing voor N-verwijdering elimineert, en er enkel minder efficiënte oplossingen overblijven. Een dergelijk interventie zal de afzetkost voor N dus doen stijgen. Dit is des te meer het geval wanneer de nutriëntproductie hoger is.

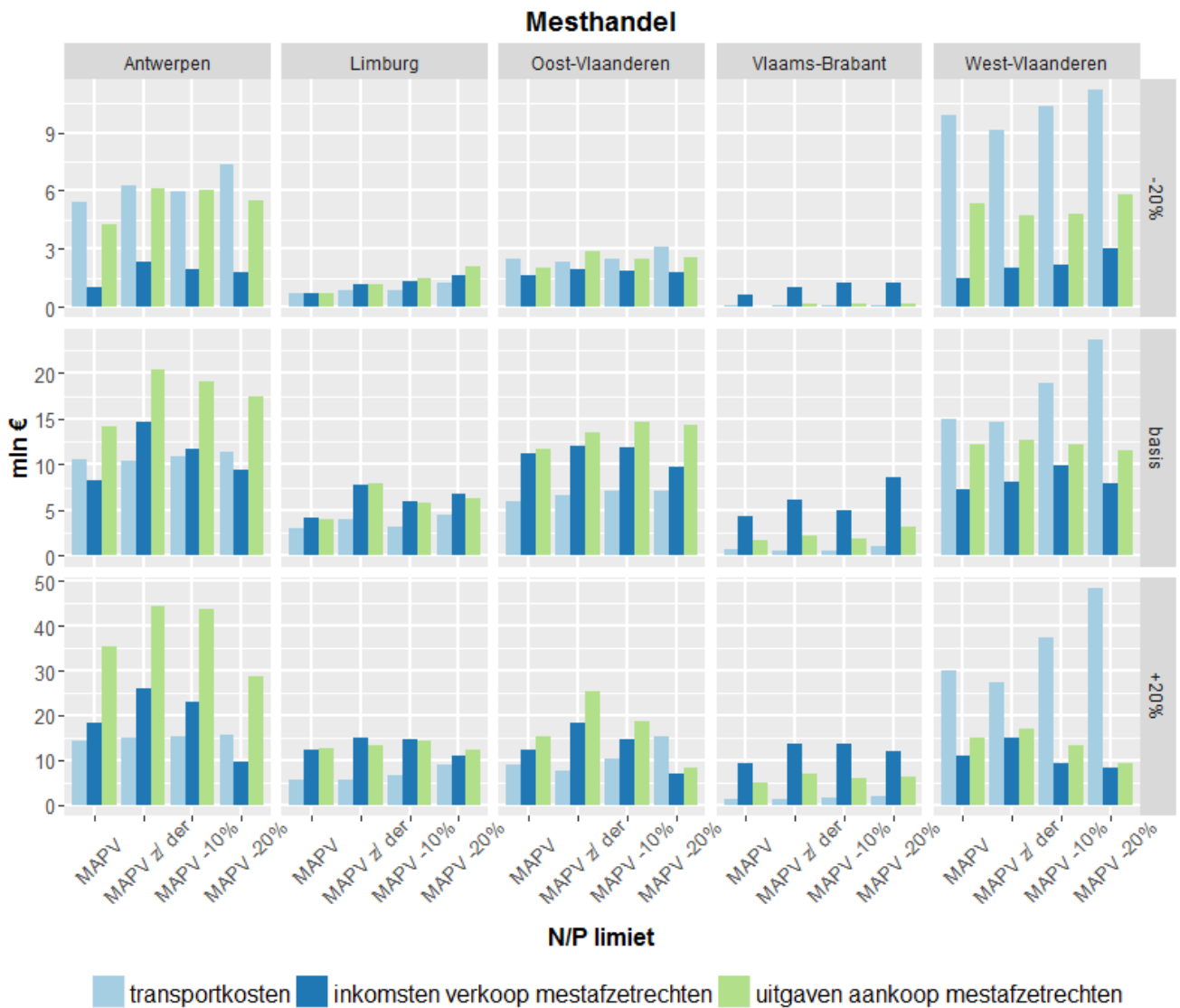
2.3.4.2 Kost van mestafzet

Met de informatie over de geschatte nutriëntafzetkosten in **Figuur 13** en **Figuur 14**, kunnen we ook de kost van mestafzet bepalen. In realiteit wordt er immers niet per eenheid N of P₂O₅ afgezet, maar steeds een organisch mestproduct met een bepaalde hoeveelheid N en P₂O₅. Door de geschatte eenheidsprijs van N en P₂O₅ te vermenigvuldigen met de hoeveelheid van het respectieve nutriënt in het af te zetten product, kunnen we inschatten hoeveel de afzet van een bepaald product in een bepaalde gemeente kost. In het vervolg verwijzen we naar deze kost als *kost van mestafzet*.

Merk op dat deze kost niet in de balans in **Figuur 8** is weergegeven. Dit is omdat deze transfers een interne monetaire stroom zijn in het model: het is een onderhandeld bedrag dat door de landbouwer met mestoverschot wordt betaald en door de aannemer van mest wordt ontvangen. De som van deze transfer voor het hele model is 0, aangezien het model de kost gesommeerd over alle landbouwers minimaliseert.

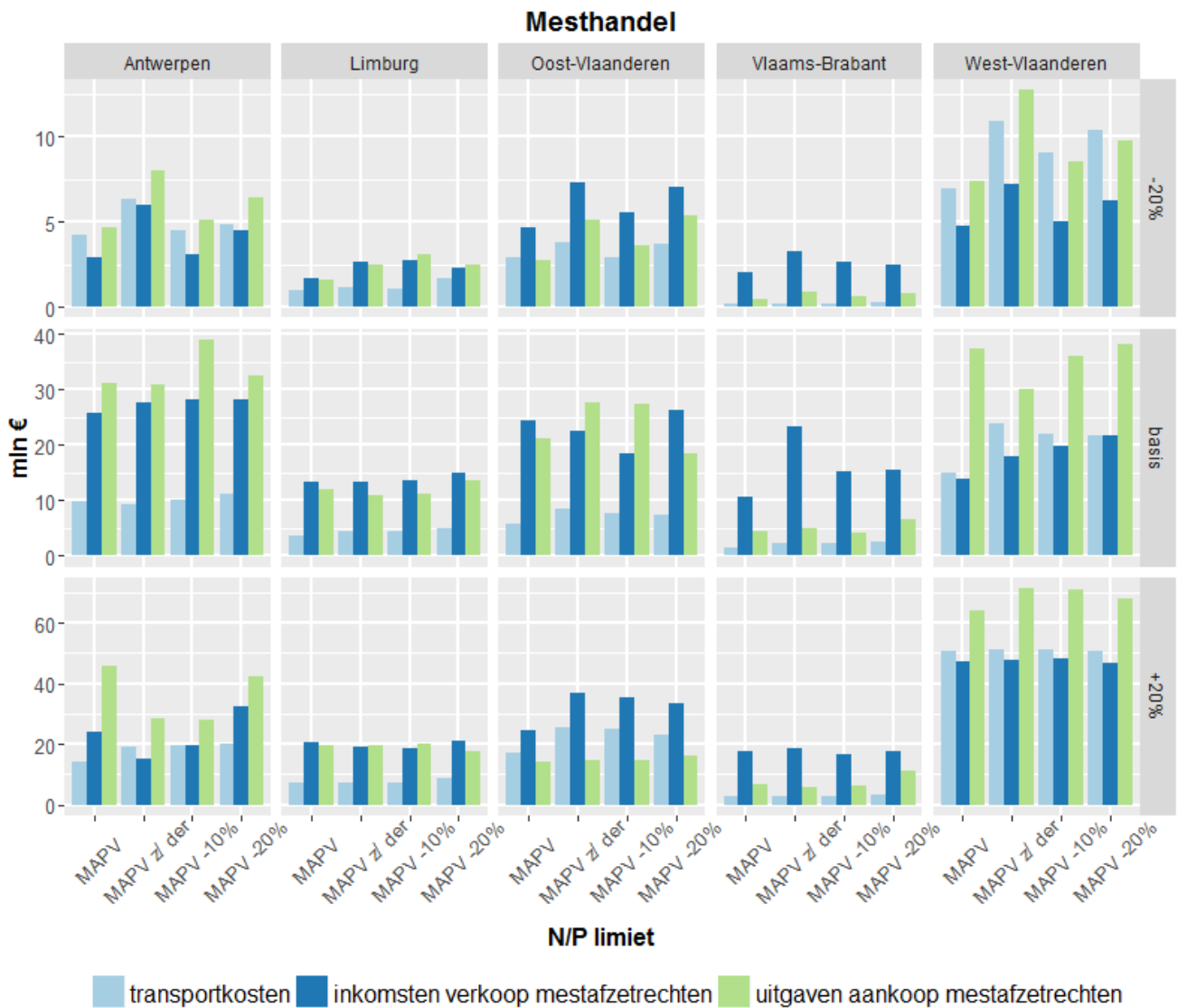
Deze kosten worden weergegeven in **Figuur 15** en **Figuur 16**, respectievelijk voor de scenario's met en zonder N/DN. De interne kosten voor mestafzet (inkomens en uitgaven) worden ter vergelijking getoond naast de transportkosten. De eerste drie balkjes linksonder verwijzen naar de transportkosten, inkomen vanuit mestafzet en uitgaven voor mestafzet voor de provincie Antwerpen, onder de huidige MAPV-mestafzetwetgeving, een verhoogde nutriëntproductie en beschikbaarheid van N/DN. De som van inkomsten en uitgaven voor mestafzet is gelijk aan 0 is voor het hele model (Vlaanderen en exportregio's). Per provincie zijn deze echter niet per definitie gelijk aan 0 aangezien een provincie bijvoorbeeld meer mest kan exporteren dan het aanneemt, waardoor er netto geld wordt uitgegeven aan mestafzet. Dit is typisch het geval voor een regio met mestoverschot, dat meer mest afzet buiten de provinciegrenzen, dan het van andere provincies accepteert.





Figuur 15 Vergelijking van de transportkosten en de uitgaven en inkomsten van mesthandel per provincie en per scenario, met N/DN.





Figuur 16 Vergelijking van de transportkosten en de uitgaven en inkomsten van mesthandel per provincie en per scenario, zonder N/DN.

Figuur 15 en **Figuur 16** tonen dat alle provincies zowel kosten hebben en inkomsten halen uit mestafzet. Een groot deel van de mest wordt immers binnen de provincie afgezet zodat alles dat aan mestafzet wordt uitgegeven (door de dierlijke productiesector) ook wordt verdiend (door de gemengde veeteelt en akkerbouwsector). Het verschil tussen beide is dus te wijten aan mestexport uit de provincie. In de provincies West-Vlaanderen en Antwerpen is deze balans overall negatief: er wordt meer geld uitgegeven aan de aankoop van mestafzetrechten, dan dat er wordt aan verdiend. Dit is logisch aangezien dit de provincies zijn in Vlaanderen waar zich het grootste mestoverschot situeert. In Oost-Vlaanderen en Limburg wisselt de balans



afhankelijk van het scenario. In Vlaams-Brabant tenslotte is de balans altijd positief, te wijten aan de mest die vanuit Antwerpen en West-Vlaanderen wordt geïmporteerd.

Figuur 15 toont dat onder stijgende nutriëntproducties, zowel transportkosten als de totale uitgaven en inkomsten uit mesthandel beduidend toenemen (merk op dat de y-is is herschaald). We weten uit **Figuur 4** dat het mestafzetpatroon slechts een weinig wijzigt en uit **Figuur 13** dat de eenheidskosten voor nutriëntafzet significant stijgen. De totale uitgaven en inkomsten uit mesthandel zullen dus toenemen. De stijging is sterker in Antwerpen dan in West-Vlaanderen. Dit is te wijten aan de nabijheid van Noord-Frankrijk als exportmogelijkheid voor West-Vlaanderen. Stijgende nutriëntproducties kunnen worden opgevangen via export, zodat totale transportkosten meer stijgen dan kosten voor mestafzet. Vanuit Antwerpen daarentegen, zijn exportmogelijkheden meer beperkt, en zorgt een hogere nutriëntproductie voor hogere kosten voor plaatselijke mestafzet. Mestafzetkosten stijgen dan sneller dan transportkosten.

Bovendien toont **Figuur 15** dat onder verlaging van P_2O_5 -normen de totale uitgaven en inkomsten van mestafzet in sommige gevallen kunnen dalen. Dit is op het eerste zicht misschien contra-intuïtief aangezien men zou kunnen verwachten dat deze verstrenging in wetgeving enkel tot een verhoging van kosten van mestafzet kan leiden. Des te meer omdat **Figuur 13** toont dat de eenheidsprijs voor P_2O_5 stijgt onder dalende P_2O_5 -norm. Echter, **Figuur 12** toont dat de totale afzet van P_2O_5 binnen Vlaanderen daalt, en dat er meer dikke fractie wordt geëxporteerd. Minder afzet tegen een hogere prijs geeft in sommige scenario's als netto-resultaat een daling van de totale inkomsten en uitgaven uit mestafzet. Tegelijk stijgen de transportkosten zoals weergegeven in **Figuur 15**. Eigenlijk is dit een ingewikkelde manier om te zeggen dat als de P_2O_5 -normen zouden dalen, de goedkopere oplossing zal zijn om dikke fracties ver te transporteren, in plaats van dure afzetrechten te kopen op de lokale Vlaamse markt. Er zal dus een financiële transfer zijn van de dierlijke productiesector naar de transportsector, ten koste van die naar de akkerbouwsector. Merk op dat dit niet gebeurt bij afschaffing van derogatie. Ook al zal in dat geval de afzetkost van N in Vlaanderen stijgen. Deze kosten zullen echter nog steeds betaald worden zodat de transfer naar de akkerbouwsector verhoogt, en niet die naar de transportsector. Dit wordt veroorzaakt doordat er geen N-rijke fractie bestaat die zich leent tot export. Dunne fractie is voor export te waterig en dus niet kostenefficiënt. Daardoor geniet lokale afzet, weliswaar tegen een hogere prijs, zonder derogatie nog steeds de voorkeur.

Tenslotte leert de vergelijking van de **Figuur 15** en **Figuur 16** dat de waarde van de handel in mestafzetrechten beduidend toeneemt onder het afschaffen van N/DN in zowat alle scenario's (bemerkt opnieuw dat de y-as in beide gevallen is herschaald). De transportkosten daarentegen blijven eerder in dezelfde grootte-orde. Het afschaffen van N/DN zal dus een grote stijging teweegbrengen in de uitgaven aan mestafzetrechten in de dierlijke productiesector, met daaraan gekoppeld een stijging van de inkomsten in de akkerbouwsector. Voor de transportsector zal dit echter voor een minder grote verschuiving leiden.

2.4 CONCLUSIE

Een macro-economisch model werd opgesteld dat de markt voor mestafzet in Vlaanderen op gemeenteniveau simuleert. Het laat toe om de competitiviteit van verschillende mestafzet-trajecten ten opzichte van elkaar af te wegen, opdat het potentieel van enkele vernieuwende mestproducten kon worden nagegaan. Deze analyse werd gedaan onder verschillende scenario's: variërende bemestingsnormen (MAPV, afschaffen derogatie en verlaging van P-normen), nutriëntproductie en beschikbaarheid van N/DN .



Uit de resultaten is gebleken dat variërende bemestingsnormen een grote impact hebben op de levensvatbaarheid van mestproducten. Onder de huidige MAPV-regelgeving hebben we een evenwicht tussen nitrificatie en denitrificatie (N/DN) en scheiding. Onder afschaffing derogatie wint N/DN aan belang, terwijl onder dalende P-normen meer mest zal gescheiden worden, waarbij dikke fracties worden geëxporteerd en dunne fracties lokaal worden uitgereden. Beide alternatieve beleidsopties leiden ook tot andere financiële transfers: bij afschaffing derogatie stijgt het inkomen van de akkerbouwsector, terwijl bij de P-norm-daling eerder het inkomen van de transportsector toeneemt. In beide gevallen gaat dat ten koste van de dierlijke productiesector.

Uit de scenario's zonder N/DN is gebleken dat een complete vervanging van deze technologie door de alternatieven die in dit project zijn aangereikt moeilijk is. N/DN is immers een goede N-verwijderaar en de meeste be- of verwerkingsprocessen in dit project realiseren weliswaar een goede P-verwijdering, zoals dikke fracties en struviet, maar geen goede N-verwijdering. Bij afwezigheid van N/DN werd overgeschakeld op een systeem met verzuring en scheiding en struvietprecipitatie. Op die manier wordt een minder efficiënte N-verwijdering (dikke fractie) en goede P-verwijdering (dikke fractie en struviet) gerealiseerd. Door de lagere efficiëntie zijn de hoeveelheden mest die hiervoor moeten worden verwerkt echter aanzienlijk groter. Dit geeft aan dat in de toekomstige zoektocht naar alternatieven voor N/DN, andere technologieën zullen moeten aangesproken worden dan deze die in dit project werden onderzocht. Dit zouden dan met name technologieën zijn die een goede N-verwijdering realiseren zoals het strippen en scrubben van mest.

2.5 APPENDIX

2.5.1 Detail mestbalans

2.5.1.1 Vlaanderen

Onderstaande tabel geeft de cijfers achter **Figuur 3**, met de Vlaamse mestbalans in ton mest.

Tabel A1 Vlaamse mestbalans in ton mest, per scenario.

			N/DN	scheiding	verzuring + scheiding + P- extractie	ruwe mestafzet Vlaandere n	ruwe mestexpor t	totaal
met N/DN	- 20 %	MAP V	1 111 993	2 171 391		17 359 523	1 146 765	21 789 672
		MAP V z/ der	1 360 463	1 386 641		17 910 502	1 132 067	21 789 672
		MAP V -10%	1 178 731	2 343 654		17 052 561	1 214 726	21 789 672

		MAP V -20%	1 045 026	2 889 977		16 458 561	1 396 109	21 789 672
	ba sis	MAP V	2 298 463	2 839 454		20 456 300	1 642 873	27 237 090
		MAP V z/ der	3 507 612	1 125 998		20 940 337	1 663 143	27 237 090
		MAP V -10%	3 007 226	3 222 132		19 291 293	1 716 439	27 237 090
		MAP V -20%	2 286 758	6 550 554		16 630 502	1 769 276	27 237 090
	+2 0%	MAP V	6 063 026	3 648 122		21 144 745	1 828 615	32 684 508
		MAP V z/ der	7 419 272	1 399 876		22 012 769	1 852 591	32 684 508
		MAP V -10%	6 689 538	4 945 101		19 192 270	1 857 599	32 684 508
		MAP V -20%	6 023 323	9 154 868		15 628 334	1 877 983	32 684 508
zonder N/DN	- 20 %	MAP V		2 194 273		18 999 576	595 823	21 789 672
		MAP V z/ der		1 213 844		19 393 047	1 182 781	21 789 672
		MAP V -10%		2 798 394		18 008 546	982 732	21 789 672
		MAP V -20%		4 226 502		16 672 571	890 599	21 789 672
	ba sis	MAP V		741 810	4 619 404	19 831 065	2 044 811	27 237 090
		MAP V z/ der		43	7 616 794	17 450 125	2 170 128	27 237 090
		MAP V -10%		85 059	7 563 334	17 420 607	2 168 089	27 237 090
		MAP V -20%		2 675 528	6 636 848	15 821 126	2 103 588	27 237 090
	+2 0%	MAP V			18 317 556	12 050 952	2 316 000	32 684 508
		MAP V z/ der			21 787 831	8 580 676	2 316 000	32 684 508
		MAP V -10%			21 787 831	8 580 676	2 316 000	32 684 508

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

		MAP V -20%		28 389	21 776 774	8 563 344	2 316 000	32 684 508
--	--	---------------	--	--------	---------------	-----------	-----------	------------

2.5.1.2 Per provincie

Onderstaande tabel geeft de cijfers achter **Figuur 4** en **Figuur 5**, met de Vlaamse mestbalans per provincie in ton mest.

Tabel A2 Vlaamse mestbalans in ton mest, per scenario en per provincie.

				N/DN	scheiding	verzuring + scheiding + P- extractie	ruwe mestafzet in Vlaandern e	Ruwe mestexport	ruwe mestafzet binnen provincie	ruwe mestafzet in andere Vlaamse provincie	Totaal
Antwerpen	met N/DN	- 20 %	MAP V	85 828	207 127			449 400	3 568 813	108 751	4 419 919
Antwerpen			MAP V z/ der	85 828	68 293			477 306	3 619 891	168 600	4 419 919
Antwerpen			MAP V - 10%	94 909	276 247			453 656	3 457 955	137 153	4 419 919
Antwerpen			MAP V - 20%	97 325	339 445			515 494	3 342 956	124 699	4 419 919
Antwerpen		ba sis	MAP V	74 703	619 366			698 351	3 958 160	174 318	5 524 898
Antwerpen			MAP V z/ der	432 833	149 224			528 893	4 075 971	337 978	5 524 898
Antwerpen			MAP V - 10%	219 580	478 625			636 250	3 876 677	313 767	5 524 898
Antwerpen			MAP V - 20%	46 219	1 069 050			709 308	3 199 518	500 805	5 524 898
Antwerpen		+2 0 %	MAP V	485 311	766 596			959 043	4 032 492	386 436	6 629 878
Antwerpen			MAP V z/ der	974 249	2 844			798 909	4 225 494	628 383	6 629 878
Antwerpen			MAP V - 10%	705 936	640 873			912 513	3 741 181	629 376	6 629 878
Antwerpen			MAP V - 20%	642 277	1 510 792			956 504	3 061 614	458 690	6 629 878
Antwerpen	zonde r N/DN	- 20 %	MAP V		300 259			130 417	3 710 867	278 376	4 419 919

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

Antwerpen			MAP V z/ der		213 173			148 154	3 728 561	330 030	4 419 919
Antwerpen			MAP V - 10%		557 244			151 990	3 494 861	215 823	4 419 919
Antwerpen			MAP V - 20%		807 294			151 991	3 247 394	213 241	4 419 919
Antwerpen		ba sis	MAP V		335 365	898 935		302 939	3 622 859	364 800	5 524 898
Antwerpen			MAP V z/ der			1 095 179		302 939	3 958 473	168 308	5 524 898
Antwerpen			MAP V - 10%		49 555	1 095 179		302 939	3 528 825	548 401	5 524 898
Antwerpen			MAP V - 20%		787 110	1 035 683		302 939	2 898 383	500 784	5 524 898
Antwerpen		+2 0 %	MAP V			1 656 263		927 953	3 802 095	243 567	6 629 878
Antwerpen			MAP V z/ der			3 160 653		863 203	2 446 638	159 384	6 629 878
Antwerpen			MAP V - 10%			3 240 507		847 873	2 326 706	214 791	6 629 878
Antwerp			MAP V - 20%		11 697	3 290 959		735 193	2 384 097	207 933	6 629 878
Limburg	met N/DN	- 20 %	MAP V	51 721	439			2 002	2 083 335	31 545	2 169 041
Limburg			MAP V z/ der	52 241				2 002	2 079 026	35 773	2 169 041
Limburg			MAP V - 10%	40 149	58 011			2 002	2 046 921	21 959	2 169 041
Limburg			MAP V - 20%	28 928	113 836			2 002	1 991 346	32 931	2 169 041
Limburg		ba sis	MAP V	36 796	180 447			58 833	2 428 773	6 452	2 711 302
Limburg			MAP V z/ der	59 824	37 014			64 950	2 467 761	81 753	2 711 302
Limburg			MAP V - 10%	36 914	244 872			64 950	2 331 405	33 161	2 711 302
Limburg			MAP V - 20%	24 373	490 250			64 950	2 089 518	42 212	2 711 302
Limburg		+2	MAP V	247 281	170 209			77 940	2 668 327	89 806	3 253 562

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

		0 %									
Limburg			MAP V z/der	473 906	1 069			77 940	2 674 930	25 717	3 253 562
Limburg			MAP V - 10%	373 044	242 629			77 963	2 505 422	54 503	3 253 562
Limburg			MAP V - 20%	228 239	646 610			87 442	2 175 516	115 755	3 253 562
Limburg	zonde r N/DN	- 20 %	MAP V					2 002	2 152 191	14 849	2 169 041
Limburg			MAP V z/der					2 002	2 152 691	14 349	2 169 041
Limburg			MAP V - 10%		33 799			2 002	2 106 349	26 893	2 169 041
Limburg			MAP V - 20%		110 108			25 833	2 019 546	13 554	2 169 041
Limburg		ba sis	MAP V		123 438	51 941		75 215	2 435 445	25 262	2 711 302
Limburg			MAP V z/der			329 725		111 628	2 249 030	20 918	2 711 302
Limburg			MAP V - 10%		61	360 793		109 589	2 198 493	42 366	2 711 302
Limburg			MAP V - 20%		408 366	84 570		100 093	2 079 904	38 369	2 711 302
Limburg		+2 0 %	MAP V			595 963		152 588	2 473 802	31 209	3 253 562
Limburg			MAP V z/der			550 176		152 588	2 481 794	69 005	3 253 562
Limburg			MAP V - 10%			568 686		152 588	2 435 743	96 545	3 253 562
Limburg			MAP V - 20%		16 655	992 517		152 588	2 035 562	56 242	3 253 562
Oost-Vlaanderen	met N/DN	- 20 %	MAP V	126 335	464 033			149 628	4 584 701	51 650	5 376 347
Oost-Vlaanderen			MAP V z/der	126 335	260 486			200 692	4 728 322	60 512	5 376 347
Oost-Vlaanderen			MAP V - 10%	126 335	470 778			192 048	4 540 845	46 341	5 376 347

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

Oost-Vlaanderen			MAP V - 20%	120 895	585 253			212 800	4 392 005	65 395	5 376 347
Oost-Vlaanderen		ba sis	MAP V	158 248	523 456			365 894	5 433 193	239 644	6 720 434
Oost-Vlaanderen			MAP V z/ der	411 984	64 551			583 995	5 487 241	172 664	6 720 434
Oost-Vlaanderen			MAP V - 10%	210 772	507 273			656 778	5 259 276	86 335	6 720 434
Oost-Vlaanderen			MAP V - 20%	60 415	1 385 703			622 378	4 478 683	173 255	6 720 434
Oost-Vlaanderen		+2 0 %	MAP V	1 219 944	667 408			351 021	5 727 322	98 827	8 064 521
Oost-Vlaanderen			MAP V z/ der	1 285 956	75 948			524 649	5 945 359	232 609	8 064 521
Oost-Vlaanderen			MAP V - 10%	1 228 756	1 107 073			413 344	5 172 811	142 537	8 064 521
Oost-Vlaanderen			MAP V - 20%	1 182 319	2 355 790			359 688	4 139 944	26 781	8 064 521
Oost-Vlaanderen	zonde r N/DN	- 20 %	MAP V		399 309			94 884	4 747 013	135 142	5 376 347
Oost-Vlaanderen			MAP V z/ der		155 665			206 716	4 864 502	149 465	5 376 347
Oost-Vlaanderen			MAP V - 10%		547 523			141 620	4 606 683	80 521	5 376 347
Oost-Vlaanderen			MAP V - 20%		859 526			138 253	4 256 837	121 732	5 376 347
Oost-Vlaanderen		ba sis	MAP V		176 507	960 913		369 793	5 103 836	109 386	6 720 434
Oost-Vlaanderen			MAP V z/ der		43	519 635		843 979	5 317 878	38 900	6 720 434
Oost-Vlaanderen			MAP V - 10%		35 387	823 209		726 374	5 014 133	121 331	6 720 434
Oost-Vlaanderen			MAP V - 20%		882 287	915 685		544 920	4 339 677	37 864	6 720 434
Oost-Vlaanderen		+2 0 %	MAP V			4 056 097		559 380	3 423 512	25 533	8 064 521

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

Oost-Vlaanderen			MAP V z/der			6 033 119		476 975	1 530 950	23 478	8 064 521
Oost-Vlaanderen			MAP V - 10%			5 945 390		481 669	1 622 302	15 160	8 064 521
Oost-Vlaanderen			MAP V - 20%		37	5 503 364		551 036	2 010 084		8 064 521
Vlaams-Brabant	met N/DN	- 20 %	MAP V	9 702				146	1 412 578	29 149	1 451 576
Vlaams-Brabant			MAP V z/der	10 215				146	1 421 476	19 739	1 451 576
Vlaams-Brabant			MAP V - 10%	9 562	695			146	1 435 346	5 826	1 451 576
Vlaams-Brabant			MAP V - 20%	8 785	4 560			146	1 438 084		1 451 576
Vlaams-Brabant		basis	MAP V	11 623	5 700			14 668	1 763 632	18 846	1 814 470
Vlaams-Brabant			MAP V z/der	11 623	6 873			14 668	1 780 941	364	1 814 470
Vlaams-Brabant			MAP V - 10%	11 623	44 101			14 668	1 744 077		1 814 470
Vlaams-Brabant			MAP V - 20%	11 384	151 465			14 668	1 623 077	13 875	1 814 470
Vlaams-Brabant		+20 %	MAP V	57 966	20 606			17 602	2 050 607	30 583	2 177 364
Vlaams-Brabant			MAP V z/der	137 040	52			21 527	1 974 206	44 537	2 177 364
Vlaams-Brabant			MAP V - 10%	167 375	37 906			24 214	1 914 391	33 478	2 177 364
Vlaams-Brabant			MAP V - 20%	51 522	174 563			31 159	1 897 277	22 843	2 177 364
Vlaams-Brabant	zonder N/DN	- 20 %	MAP V					146	1 437 038	14 391	1 451 576
Vlaams-Brabant			MAP V z/der					146	1 442 467	8 962	1 451 576
Vlaams-Brabant			MAP V - 10%					528	1 438 285	12 763	1 451 576
Vlaams-Brabant			MAP V - 20%					2 559	1 444 732	4 285	1 451 576

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

Vlaams-Brabant		ba sis	MAP V			230		52 135	1 740 591	21 515	1 814 470
Vlaams-Brabant			MAP V z/ der			166 954		87 231	1 534 700	25 585	1 814 470
Vlaams-Brabant			MAP V - 10%			165 166		87 231	1 542 201	19 871	1 814 470
Vlaams-Brabant			MAP V - 20%		58 158	90 835		86 034	1 538 834	40 609	1 814 470
Vlaams-Brabant		+2 0 %	MAP V			205 521		104 677	1 856 757	10 409	2 177 364
Vlaams-Brabant			MAP V z/ der			205 521		104 677	1 852 565	14 601	2 177 364
Vlaams-Brabant			MAP V - 10%			205 521		104 677	1 852 565	14 601	2 177 364
Vlaams-Brabant			MAP V - 20%			205 521		104 677	1 852 565	14 601	2 177 364
West-Vlaanderen	met N/DN	- 20 %	MAP V	838 407	1 499 792			545 589	5 364 244	123 223	8 371 255
West-Vlaanderen			MAP V z/ der	1 085 844	1 057 861			451 921	5 657 034	118 595	8 371 255
West-Vlaanderen			MAP V - 10%	907 777	1 537 923			566 874	5 256 006	102 675	8 371 255
West-Vlaanderen			MAP V - 20%	789 093	1 846 883			665 667	4 927 910	141 703	8 371 255
West-Vlaanderen		ba sis	MAP V	2 017 092	1 510 484			505 128	6 146 585	284 781	10 464 069
West-Vlaanderen			MAP V z/ der	2 591 348	868 336			470 638	6 272 385	261 363	10 464 069
West-Vlaanderen			MAP V - 10%	2 528 337	1 947 261			343 793	5 438 656	206 022	10 464 069
West-Vlaanderen			MAP V - 20%	2 144 368	3 454 087			357 971	4 385 908	121 735	10 464 069
West-Vlaanderen		+2 0 %	MAP V	4 052 525	2 023 303			423 010	6 002 931	55 115	12 556 883
West-Vlaanderen			MAP V z/ der	4 548 121	1 319 963			429 565	6 244 318	14 917	12 556 883
West-Vlaanderen			MAP V - 10%	4 214 426	2 916 621			429 565	4 956 825	39 445	12 556 883

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

West-Vlaanderen			MAP V - 20%	3 918 965	4 467 113			443 190	3 727 025	589	12 556 883
West-Vlaanderen	zonde r N/DN	- 20 %	MAP V		1 494 706			368 374	6 090 144	418 031	8 371 255
West-Vlaanderen			MAP V z/ der		845 006			825 763	6 297 970	402 516	8 371 255
West-Vlaanderen			MAP V - 10%		1 659 828			686 592	5 729 930	294 906	8 371 255
West-Vlaanderen			MAP V - 20%		2 449 574			571 963	4 976 044	373 674	8 371 255
West-Vlaanderen		ba sis	MAP V		106 500	2 707 387		1 244 697	6 060 990	344 496	10 464 069
West-Vlaanderen			MAP V z/ der			5 505 301		824 319	3 860 133	274 316	10 464 069
West-Vlaanderen			MAP V - 10%		56	5 118 987		941 924	4 268 708	134 394	10 464 069
West-Vlaanderen			MAP V - 20%		539 606	4 510 076		1 069 570	4 319 111	25 706	10 464 069
West-Vlaanderen		+2 0 %	MAP V			11 803 712		571 365	181 806		12 556 883
West-Vlaanderen			MAP V z/ der			11 838 364		718 519			12 556 883
West-Vlaanderen			MAP V - 10%			11 827 728		729 155			12 556 883
West-Vlaanderen			MAP V - 20%			11 784 414		772 469			12 556 883

2.5.1.3 Per diercategorie

Onderstaande tabel geeft de cijfers achter **Figuur 6** en **Figuur 7**, met de Vlaamse mestbalans per diercategorie in ton mest.



Tabel A3 Vlaamse mestbalans in ton mest, per scenario en per diercategorie.

			N/DN	Scheiding	Verzuring + scheiding + P-extractie	Ruwe mestafzet in Vlaanderen	Ruwe export	Totaal
runderen	met N/DN	- 20%	MAP V	697 796			15 119 517	15 817 312
runderen			MAP V z/ der	698 549			15 118 763	15 817 312
runderen			MAP V - 10%	697 796			15 119 517	15 817 312
runderen			MAP V - 20%	685 255	62 391		15 069 667	15 817 312
runderen		bas s	MAP V	814 801	287 779		18 669 060	19 771 640
runderen			MAP V z/ der	874 048			18 897 592	19 771 640
runderen			MAP V - 10%	741 083	647 949		18 382 609	19 771 640
runderen			MAP V - 20%	309 535	3 098 117		16 363 989	19 771 640
runderen		+20 %	MAP V	528 301	2 646 043		20 551 625	23 725 968
runderen			MAP V z/ der	803 503	1 290 344		21 632 121	23 725 968
runderen			MAP V - 10%	274 041	4 475 994		18 975 933	23 725 968
runderen			MAP V - 20%	140 981	8 097 452		15 487 535	23 725 968
runderen	zonder N/DN	- 20%	MAP V				15 817 312	15 817 312
runderen			MAP V z/ der				15 817 312	15 817 312
runderen			MAP V - 10%				15 817 312	15 817 312
runderen			MAP V - 20%		107 883		15 709 429	15 817 312
runderen		bas s	MAP V		451 779	92 532	19 227 329	19 771 640
runderen			MAP V z/ der		43	2 470 069	17 301 529	19 771 640
runderen			MAP V - 10%		84 998	2 387 329	17 299 313	19 771 640
runderen			MAP V - 20%		2 185 671	1 817 086	15 768 883	19 771 640
runderen		+20 %	MAP V			11 675 017	12 050 952	23 725 968
runderen			MAP V z/ der			15 145 292	8 580 676	23 725 968

runderen			MAP V - 10%			15 145 292	8 580 676		23 725 968
runderen			MAP V - 20%		28 389	15 134 235	8 563 344		23 725 968
varkens	met N/DN	- 20%	MAP V	414 198	2 171 391		1 489 152	1 017 674	5 092 414
varkens			MAP V z/der	661 914	1 386 641		2 115 970	927 889	5 092 414
varkens			MAP V - 10%	480 936	2 343 654		1 351 515	916 310	5 092 414
varkens			MAP V - 20%	359 771	2 827 586		946 498	958 559	5 092 414
varkens		basis	MAP V	1 483 661	2 551 675		1 428 495	901 686	6 365 517
varkens			MAP V z/der	2 633 563	1 125 998		1 721 214	884 743	6 365 517
varkens			MAP V - 10%	2 266 143	2 574 184		623 505	901 686	6 365 517
varkens			MAP V - 20%	1 977 223	3 452 438		42 256	893 600	6 365 517
varkens		+20 %	MAP V	5 534 725	1 002 079		344 178	757 639	7 638 621
varkens			MAP V z/der	6 615 769	109 532		176 906	736 415	7 638 621
varkens			MAP V - 10%	6 415 497	469 107		31 393	722 624	7 638 621
varkens			MAP V - 20%	5 882 341	1 057 416			698 864	7 638 621
varkens	zonder N/DN	- 20%	MAP V		2 194 273		2 754 035	144 106	5 092 414
varkens			MAP V z/der		1 213 844		3 169 505	709 065	5 092 414
varkens			MAP V - 10%		2 798 394		1 786 291	507 729	5 092 414
varkens			MAP V - 20%		4 118 619		605 580	368 215	5 092 414
varkens		basis	MAP V		290 031	4 526 872	516 699	1 031 916	6 365 517
varkens			MAP V z/der			5 146 726	133 068	1 085 724	6 365 517
varkens			MAP V - 10%		61	5 176 005	103 727	1 085 724	6 365 517
varkens			MAP V - 20%		489 857	4 819 762	23 983	1 031 916	6 365 517
varkens		+20 %	MAP V			6 642 539		996 082	7 638 621
varkens			MAP V z/der			6 642 539		996 082	7 638 621
varkens			MAP V - 10%			6 642 539		996 082	7 638 621

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

varkens			MAP V - 20%			6 642 539		996 082	7 638 621
pluimvee	met N/DN	- 20%	MAP V				407 077	99 966	507 043
pluimvee			MAP V z/der				331 990	175 053	507 043
pluimvee			MAP V - 10%				237 752	269 291	507 043
pluimvee			MAP V - 20%				98 618	408 425	507 043
pluimvee		basiss	MAP V				6 117	627 686	633 803
pluimvee			MAP V z/der					633 804	633 804
pluimvee			MAP V - 10%					633 804	633 804
pluimvee			MAP V - 20%					633 804	633 804
pluimvee		+20%	MAP V					760 564	760 564
pluimvee			MAP V z/der					760 564	760 564
pluimvee			MAP V - 10%					760 564	760 564
pluimvee			MAP V - 20%					760 564	760 564
pluimvee	zonder N/DN	- 20%	MAP V				84 451	422 591	507 043
pluimvee			MAP V z/der				65 383	441 659	507 043
pluimvee			MAP V - 10%				61 166	445 877	507 043
pluimvee			MAP V - 20%				35 303	471 740	507 043
pluimvee		basiss	MAP V					633 804	633 804
pluimvee			MAP V z/der					633 804	633 804
pluimvee			MAP V - 10%					633 804	633 804
pluimvee			MAP V - 20%					633 804	633 804
pluimvee		+20%	MAP V					760 564	760 564
pluimvee			MAP V z/der					760 564	760 564
pluimvee			MAP V - 10%					760 564	760 564
pluimvee			MAP V - 20%					760 564	760 564



paarden	met N/DN	- 20%	MAP V				252 208	20 477	272 685
paarden			MAP V z/ der				252 208	20 477	272 685
paarden			MAP V - 10%				252 208	20 477	272 685
paarden			MAP V - 20%				252 208	20 477	272 685
paarden		basi s	MAP V				284 036	56 820	340 856
paarden			MAP V z/ der				274 760	66 096	340 856
paarden			MAP V - 10%				242 508	98 349	340 856
paarden			MAP V - 20%				185 689	155 167	340 856
paarden		+20 %	MAP V				216 487	192 540	409 027
paarden			MAP V z/ der				175 960	233 067	409 027
paarden			MAP V - 10%				159 871	249 156	409 027
paarden			MAP V - 20%				132 151	276 877	409 027
paarden	zonder N/DN	- 20%	MAP V				252 208	20 477	272 685
paarden			MAP V z/ der				252 208	20 477	272 685
paarden			MAP V - 10%				252 208	20 477	272 685
paarden			MAP V - 20%				244 668	28 017	272 685
paarden		basi s	MAP V				83 354	257 502	340 856
paarden			MAP V z/ der				15 528	325 328	340 856
paarden			MAP V - 10%				17 567	323 289	340 856
paarden			MAP V - 20%				28 260	312 596	340 856
paarden		+20 %	MAP V					409 027	409 027
paarden			MAP V z/ der					409 027	409 027
paarden			MAP V - 10%					409 027	409 027
paarden			MAP V - 20%					409 027	409 027
andere	met N/DN	- 20%	MAP V				91 570	8 649	100 218



andere			MAP V z/der				91 570	8 649	100 218
andere			MAP V - 10%				91 570	8 649	100 218
andere			MAP V - 20%				91 570	8 649	100 218
andere		basis	MAP V				68 591	56 681	125 273
andere			MAP V z/der				46 771	78 501	125 273
andere			MAP V - 10%				42 671	82 601	125 273
andere			MAP V - 20%				38 568	86 705	125 273
andere		+20%	MAP V				32 455	117 873	150 327
andere			MAP V z/der				27 782	122 545	150 327
andere			MAP V - 10%				25 073	125 255	150 327
andere			MAP V - 20%				8 649	141 678	150 327
andere	zonder N/DN	- 20%	MAP V				91 570	8 649	100 218
andere			MAP V z/der				88 638	11 580	100 218
andere			MAP V - 10%				91 570	8 649	100 218
andere			MAP V - 20%				77 592	22 627	100 218
andere		basis	MAP V				3 683	121 589	125 273
andere			MAP V z/der					125 273	125 273
andere			MAP V - 10%					125 273	125 273
andere			MAP V - 20%					125 273	125 273
andere		+20%	MAP V					150 327	150 327
andere			MAP V z/der					150 327	150 327
andere			MAP V - 10%					150 327	150 327
andere			MAP V - 20%					150 327	150 327



2.5.2 Detail kostenstructuur per provincie

Onderstaande tabel geeft de kostenstructuur per scenario per provincie, het equivalent van **Figuur 9** en **Figuur 10**.

Tabel A4 Kostenstructuur per scenario en per provincie (in euro).

Provincie	Scenario			Transport	Hygiënisatie	Be- en verwerking	Minerale N	Totaal
Antwerpen	met N/DN	-20%	MAP V	6 343 067	2 537 302	2 305 318	4 905 689	16 091 376
Antwerpen			MAPV z/der	6 833 590	2 539 202	1 680 566	3 199 957	14 253 315
Antwerpen			MAPV - 10%	7 426 473	2 636 105	2 761 648	3 491 354	16 315 580
Antwerpen			MAPV - 20%	9 180 171	3 010 345	3 084 700	4 259 098	19 534 314
Antwerpen		basis	MAP V	13 174 253	4 179 498	3 982 403	3 044 052	24 380 206
Antwerpen			MAPV z/der	12 857 226	3 221 340	7 596 838	2 731 512	26 406 916
Antwerpen			MAPV - 10%	14 217 174	3 873 223	5 667 090	2 731 512	26 488 999
Antwerpen			MAPV - 20%	16 431 062	4 651 471	5 550 223	2 731 512	29 364 268
Antwerpen		+20%	MAP V	19 550 803	6 017 245	11 214 661	3 044 052	39 826 761
Antwerpen			MAPV z/der	19 503 888	4 883 902	15 600 778	2 731 512	42 720 080
Antwerpen			MAPV - 10%	21 470 208	5 896 886	14 178 900	2 731 512	44 277 506
Antwerpen			MAPV - 20%	23 431 401	6 915 010	17 075 003	2 731 512	50 152 926
Antwerpen	zonder N/DN	-20%	MAP V	4 893 813	949 747	1 351 164	4 462 078	11 656 802
Antwerpen			MAPV z/der	7 643 276	934 585	959 279	2 731 512	12 268 652
Antwerpen			MAPV - 10%	7 602 833	1 312 376	2 507 600	2 740 352	14 163 161
Antwerpen			MAPV - 20%	8 236 201	1 558 850	3 632 822	3 290 205	16 718 078
Antwerpen		basis	MAP V	15 101 239	2 756 616	9 473 706	3 044 052	30 375 613
Antwerpen			MAPV z/der	16 693 959	2 623 029	9 703 289	2 731 512	31 751 789
Antwerpen			MAPV - 10%	17 021 742	2 672 087	9 926 286	2 731 512	32 351 627
Antwerpen			MAPV - 20%	18 112 902	3 342 126	12 718 142	2 731 512	36 904 682
Antwerpen		+20%	MAP V	21 413 857	6 312 039	14 674 492	3 044 052	45 444 440
Antwerpen			MAPV z/der	24 874 722	7 504 577	28 003 384	2 731 512	63 114 195
Antwerpen			MAPV - 10%	25 090 737	7 508 463	28 710 893	2 731 512	64 041 605

Antwerpen			MAPV - 20%	25 663 753	7 007 967	29 210 531	2 731 512	64 613 763
Limburg	met N/DN	-20%	MAP V	939 516	61 704	829 515	7 374 372	9 205 107
Limburg			MAPV z/der	1 051 088	59 658	835 855	6 563 775	8 510 376
Limburg			MAPV - 10%	1 305 228	107 305	903 431	6 955 954	9 271 918
Limburg			MAPV - 20%	1 693 385	151 523	975 104	7 376 308	10 196 320
Limburg		basis	MAP V	4 166 444	497 591	1 400 754	5 944 627	12 009 416
Limburg			MAPV z/der	4 425 445	408 403	1 123 741	5 668 886	11 626 475
Limburg			MAPV - 10%	5 164 760	604 083	1 692 549	5 668 886	13 130 278
Limburg			MAPV - 20%	6 457 613	833 014	2 596 085	5 683 043	15 569 755
Limburg		+20%	MAP V	7 990 788	776 946	4 722 430	5 944 627	19 434 791
Limburg			MAPV z/der	7 837 133	768 427	7 587 303	5 668 886	21 861 749
Limburg			MAPV - 10%	9 300 252	957 935	7 060 543	5 668 886	22 987 616
Limburg			MAPV - 20%	10 594 170	1 296 301	6 561 571	5 668 886	24 120 928
Limburg	zonder N/DN	-20%	MAP V	927 536	10 007		7 273 445	8 210 988
Limburg			MAPV z/der	1 116 987	10 007		6 441 501	7 568 495
Limburg			MAPV - 10%	1 240 943	43 514	152 093	6 939 538	8 376 088
Limburg			MAPV - 20%	2 313 407	238 320	495 487	7 258 468	10 305 682
Limburg		basis	MAP V	4 717 882	551 012	1 015 668	5 944 627	12 229 189
Limburg			MAPV z/der	6 543 487	891 827	2 921 362	5 668 886	16 025 562
Limburg			MAPV - 10%	6 689 422	913 134	3 196 898	5 668 886	16 468 340
Limburg			MAPV - 20%	7 311 499	985 725	2 586 933	5 668 886	16 553 043
Limburg		+20%	MAP V	10 748 156	1 365 864	5 280 231	5 944 627	23 338 878
Limburg			MAPV z/der	11 078 740	1 319 723	4 874 556	5 668 886	22 941 905
Limburg			MAPV - 10%	11 151 263	1 338 376	5 038 560	5 668 886	23 197 085
Limburg			MAPV - 20%	12 474 183	1 776 160	8 868 643	5 668 886	28 787 872
Oost-Vlaanderen	met N/DN	-20%	MAP V	2 969 690	1 333 230	4 109 507	5 263 634	13 676 061
Oost-Vlaanderen			MAPV z/der	3 282 224	1 386 762	3 193 544	4 213 451	12 075 981
Oost-Vlaanderen			MAPV - 10%	3 830 733	1 552 017	4 139 858	4 994 139	14 516 747



Oost-Vlaanderen			MAPV - 20%	4 827 356	1 763 838	4 567 950	5 806 177	16 965 321
Oost-Vlaanderen		basis	MAP V	8 457 762	2 505 002	4 887 522	4 098 040	19 948 326
Oost-Vlaanderen			MAPV z/der	7 763 446	3 392 171	6 882 226	3 870 939	21 908 782
Oost-Vlaanderen			MAPV - 10%	9 080 090	3 995 440	5 655 079	3 870 939	22 601 548
Oost-Vlaanderen			MAPV - 20%	10 813 910	4 544 498	7 202 301	3 870 939	26 431 648
Oost-Vlaanderen		+20%	MAP V	11 130 554	3 579 895	22 522 434	4 098 040	41 330 923
Oost-Vlaanderen			MAPV z/der	11 347 202	3 973 027	20 917 063	3 870 939	40 108 231
Oost-Vlaanderen			MAPV - 10%	12 657 654	4 380 825	24 641 928	3 870 939	45 551 346
Oost-Vlaanderen			MAPV - 20%	13 936 456	5 302 856	29 518 157	3 870 939	52 628 408
Oost-Vlaanderen	zonder N/DN	-20%	MAP V	4 059 975	856 309	1 796 889	4 208 376	10 921 549
Oost-Vlaanderen			MAPV z/der	4 321 707	1 165 039	700 493	3 870 939	10 058 178
Oost-Vlaanderen			MAPV - 10%	4 866 978	1 250 885	2 463 855	3 870 939	12 452 657
Oost-Vlaanderen			MAPV - 20%	6 253 080	1 543 357	3 867 867	4 404 214	16 068 518
Oost-Vlaanderen		basis	MAP V	10 010 132	2 996 206	9 307 967	4 098 040	26 412 345
Oost-Vlaanderen			MAPV z/der	10 037 880	4 745 815	4 604 158	3 870 939	23 258 792
Oost-Vlaanderen			MAPV - 10%	10 005 305	4 499 205	7 452 873	3 870 939	25 828 322
Oost-Vlaanderen			MAPV - 20%	11 274 183	4 524 321	12 083 264	3 870 939	31 752 707
Oost-Vlaanderen		+20%	MAP V	15 573 000	6 888 944	35 937 020	4 098 040	62 497 004
Oost-Vlaanderen			MAPV z/der	18 869 962	8 469 567	53 453 431	3 870 939	84 663 899
Oost-Vlaanderen			MAPV - 10%	18 698 442	8 404 612	52 676 151	3 870 939	83 650 144
Oost-Vlaanderen			MAPV - 20%	18 342 319	8 305 744	48 759 975	3 870 939	79 278 977
Vlaams-Brabant	met N/DN	-20%	MAP V	131 649	10 339	155 230	6 090 829	6 388 047
Vlaams-Brabant			MAPV z/der	137 631	8 318	163 443	5 999 870	6 309 262
Vlaams-Brabant			MAPV - 10%	95 570	10 889	156 123	6 440 428	6 703 010
Vlaams-Brabant			MAPV - 20%	99 479	13 951	161 085	6 835 031	7 109 546
Vlaams-Brabant		basis	MAP V	733 195	87 339	211 622	5 099 933	6 132 089
Vlaams-Brabant			MAPV z/der	685 585	87 339	216 899	5 068 092	6 057 915
Vlaams-Brabant			MAPV - 10%	833 559	125 408	384 426	5 068 115	6 411 508

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

Vlaams-Brabant			MAPV - 20%	1 502 531	226 026	863 733	5 068 138	7 660 428
Vlaams-Brabant		+20%	MAP V	1 331 539	130 356	1 020 181	5 099 927	7 582 003
Vlaams-Brabant			MAPV z/der	1 669 300	175 034	2 192 883	5 068 085	9 105 302
Vlaams-Brabant			MAPV - 10%	2 249 116	300 852	2 848 578	5 068 085	10 466 631
Vlaams-Brabant			MAPV - 20%	2 587 565	369 555	1 609 881	5 068 085	9 635 086
Vlaams-Brabant	zonder N/DN	-20%	MAP V	175 031	732		5 855 040	6 030 803
Vlaams-Brabant			MAPV z/der	204 487	732		5 476 610	5 681 829
Vlaams-Brabant			MAPV - 10%	167 391	2 642		5 786 118	5 956 151
Vlaams-Brabant			MAPV - 20%	234 692	12 795		5 912 698	6 160 185
Vlaams-Brabant		basis	MAP V	1 532 605	260 906	2 034	5 099 927	6 895 472
Vlaams-Brabant			MAPV z/der	3 113 069	605 113	1 479 214	5 068 085	10 265 481
Vlaams-Brabant			MAPV - 10%	3 038 376	603 304	1 463 372	5 068 085	10 173 137
Vlaams-Brabant			MAPV - 20%	3 205 099	579 750	1 066 507	5 068 085	9 919 441
Vlaams-Brabant		+20%	MAP V	3 939 082	731 374	1 820 914	5 099 927	11 591 297
Vlaams-Brabant			MAPV z/der	3 820 401	731 374	1 820 914	5 068 085	11 440 774
Vlaams-Brabant			MAPV - 10%	3 839 215	731 374	1 820 914	5 068 085	11 459 588
Vlaams-Brabant			MAPV - 20%	4 037 923	731 374	1 820 914	5 068 085	11 658 296
West-Vlaanderen	met N/DN	-20%	MAP V	11 427 751	5 045 280	20 163 580	5 351 666	41 988 277
West-Vlaanderen			MAPV z/der	10 917 796	4 384 129	22 133 878	4 948 086	42 383 889
West-Vlaanderen			MAPV - 10%	12 769 726	5 258 276	21 445 081	5 220 949	44 694 032
West-Vlaanderen			MAPV - 20%	14 730 764	5 940 831	20 936 466	6 168 186	47 776 247
West-Vlaanderen		basis	MAP V	17 598 032	6 021 823	39 070 646	5 167 803	67 858 304
West-Vlaanderen			MAPV z/der	15 973 005	5 782 145	45 369 069	4 921 998	72 046 217
West-Vlaanderen			MAPV - 10%	17 526 165	6 154 457	49 216 062	4 921 998	77 818 682
West-Vlaanderen			MAPV - 20%	20 096 387	7 337 022	49 853 280	4 921 998	82 208 687
West-Vlaanderen		+20%	MAP V	24 594 141	8 135 761	73 945 252	5 167 803	111 842 957
West-Vlaanderen			MAPV z/der	24 134 877	7 962 877	78 709 764	4 921 998	115 729 516

West-Vlaanderen			MAPV - 10%	27 806 851	9 213 192	80 555 615	4 921 998	122 497 656
West-Vlaanderen			MAPV - 20%	32 914 516	10 523 758	82 805 456	4 921 998	131 165 728
West-Vlaanderen	zonder N/DN	-20%	MAP V	11 802 813	3 323 646	6 726 175	5 167 803	27 020 437
West-Vlaanderen			MAPV z/der	13 924 975	4 966 510	3 802 526	4 921 998	27 616 009
West-Vlaanderen			MAPV - 10%	14 109 905	5 078 430	7 469 225	4 921 998	31 579 558
West-Vlaanderen			MAPV - 20%	15 339 136	5 286 436	11 023 082	4 921 998	36 570 652
West-Vlaanderen		basis	MAP V	23 352 416	9 068 432	24 466 692	5 167 803	62 055 343
West-Vlaanderen			MAPV z/der	24 920 380	9 682 439	48 776 965	4 921 998	88 301 782
West-Vlaanderen			MAPV - 10%	25 353 839	9 880 716	45 354 479	4 921 998	85 511 032
West-Vlaanderen			MAPV - 20%	25 877 055	10 438 930	42 387 502	4 921 998	83 625 485
West-Vlaanderen		+20%	MAP V	36 186 741	14 769 123	104 580 887	5 167 803	160 704 554
West-Vlaanderen			MAPV z/der	38 211 350	15 539 184	104 887 902	4 921 998	163 560 434
West-Vlaanderen			MAPV - 10%	38 254 456	15 581 599	104 793 669	4 921 998	163 551 722
West-Vlaanderen			MAPV - 20%	38 385 113	15 754 334	104 409 908	4 921 998	163 471 353

2.5.3 Detail nutriëntenbalans

2.5.3.1 Stikstof

Tabel A5 N-balans voor Vlaanderen per scenario.

Met N/DN	-20%	MAP V		ruwe mest	dik	dun	biologie	struviet	totaal
			productie	100 620 476					
			geaccepteerde afzetruimte afzet binnen Vlaanderen	73 301 981		10 305 138	246 335		90 267 886
			export	8 411 167	3 582 818				
			gedenitrificeerd (N/DN)	3 690 064					
		MAP V z/ der	productie	100 620 476					
			geaccepteerde afzetruimte afzet binnen Vlaanderen	75 380 180	3 800	6 580 815	320 037		85 245 806
			export	9 520 189	2 938 365				

		gedenitrificeerd (N/DN)	4 794 117				
	MAP V -10%	productie	100 620 476				
		geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
		afzet binnen Vlaanderen	68 780 903		11 122 673	266 156	
		export	11 512 627	3 868 171			
		gedenitrificeerd (N/DN)	3 986 973				
	MAP V -20%	productie	100 620 476				
		geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
		afzet binnen Vlaanderen	63 155 792		13 595 553	227 954	
		export	14 806 766	4 336 713			
		gedenitrificeerd (N/DN)	3 414 726				
basis	MAP V	productie	125 775 595				
		geaccepteerde afzetruimte					90 267 886
		afzet binnen Vlaanderen	76 743 402	17 200	12 922 645	584 634	
		export	19 812 131	5 584 128			
		gedenitrificeerd (N/DN)	8 757 740				
	MAP V z/ der	productie	125 775 595				
		geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
		afzet binnen Vlaanderen	78 949 614	15 734	5 343 837	936 615	
		export	20 051 749	5 093 965			
		gedenitrificeerd (N/DN)	14 030 365				
	MAP V -10%	productie	125 775 595				
		geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
		afzet binnen Vlaanderen	70 392 301	2 843	14 046 636	803 996	
		export	20 369 245	6 763 115			
		gedenitrificeerd (N/DN)	12 043 742				
	MAP V -20%	productie	125 775 595				
		geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
		afzet binnen Vlaanderen	59 444 476	10 872	25 134 328	641 921	
		export	20 681 477	8 892 914			
		gedenitrificeerd (N/DN)	9 615 891				
+20%	MAP V	productie	150 930 714				
		geaccepteerde afzetruimte					90 267 886

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

		export	12 826 678	4 991 182				
	basis	MAP V	productie	125 775 595				
			geaccepteerde afzetruimte					90 267 886
			afzet binnen Vlaanderen	71 542 620		18 725 266		
			struvietproductie				1 255 697	
			export	22 343 825	10 554 470			
		MAP V z/ der	productie	125 775 595				
			geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
			afzet binnen Vlaanderen	62 035 384		23 210 422		
			struvietproductie				1 813 304	
			export	23 085 002	14 277 767			
		MAP V -10%	productie	125 775 595				
			geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
			afzet binnen Vlaanderen	61 865 173		23 380 633		
			struvietproductie				1 807 835	
			export	23 073 102	14 295 137			
		MAP V -20%	productie	125 775 595				
			geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
			afzet binnen Vlaanderen	56 044 425	3 668	29 197 713		
			struvietproductie				1 617 209	
			export	22 691 083	14 867 781			
	+20%	MAP V	productie	150 930 714				
			geaccepteerde afzetruimte					90 267 886
			afzet binnen Vlaanderen	42 595 554		47 672 332		
			struvietproductie				3 724 399	
			export	25 988 498	29 325 471			
		MAP V z/ der	productie	150 930 714				
			geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
			afzet binnen Vlaanderen	30 329 442		54 916 363		
			struvietproductie				4 290 339	
			export	25 988 498	33 781 612			
		MAP V -10%	productie	150 930 714				
			geaccepteerde afzetruimte					85 245 806
			afzet binnen Vlaanderen	30 329 442		54 916 363		
			struvietproductie				4 290 339	



			export	25 988 498	33 781 612				
		MAP V -20%	productie	150 930 714					
			geaccepteerde afzetruimte						85 245 806
			afzet binnen Vlaanderen	30 268 180	4 168	54 973 457			
			struvietproductie					4 288 536	
			export	25 988 498	33 783 416				

2.5.3.2 Fosfor

Tabel A6 P₂O₅-balans voor Vlaanderen per scenario.

				ruwe mest	dik	dun	biologie	struviet	totaal
met N/DN	-20%	MAP V	productie	48 318 054					
			geaccepteerde afzetruimte						36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	33 222 144		2 769 797	388 257		
			export	5 069 436	6 372 293				
			gedenitrificeer d (N/DN)	496 127					
		MAP V z/ der	productie	48 318 054					
			geaccepteerde afzetruimte						36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	34 351 458	5 453	1 768 780	527 147		
			export	5 818 688	5 172 924				
			gedenitrificeer d (N/DN)	673 605					
		MAP V -10%	productie	48 318 054					
			geaccepteerde afzetruimte						33 909 289
			afzet binnen Vlaanderen	30 342 164		2 989 533	425 630		
			export	7 112 914	6 903 929				
			gedenitrificeer d (N/DN)	543 884					
		MAP V -20%	productie	48 318 054					
			geaccepteerde afzetruimte						30 931 644
			afzet binnen Vlaanderen	26 884 181		3 638 664	354 969		
			export	9 231 421	7 755 229				
			gedenitrificeer d (N/DN)	453 591					
	basis	MAP V	productie	60 397 568					
			geaccepteerde afzetruimte						36 886 934

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

			afzet binnen Vlaanderen	32 315 239	31 176	3 401 717	1 013 366		
			export	12 415 038	9 926 120				
			gedenitrificeerd (N/DN)	1 294 912					
		MAP V z/ der	productie	60 397 568					
			geaccepteerde afzetruimte						36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	33 468 857	25 420	1 436 307	1 670 582		
			export	12 546 580	9 115 096				
			gedenitrificeerd (N/DN)	2 134 725					
		MAP V -10%	productie	60 397 568					
			geaccepteerde afzetruimte						33 909 289
			afzet binnen Vlaanderen	28 794 793	4 429	3 614 200	1 435 043		
			export	12 716 988	11 998 371				
			gedenitrificeerd (N/DN)	1 833 744					
		MAP V -20%	productie	60 397 568					
			geaccepteerde afzetruimte						30 931 644
			afzet binnen Vlaanderen	23 749 535	18 588	5 984 649	1 176 581		
			export	12 873 507	15 091 234				
			gedenitrificeerd (N/DN)	1 503 474					
	+20%	MAP V	productie	72 477 081					
			geaccepteerde afzetruimte						36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	30 739 952	210 824	2 628 341	3 217 785		
			export	14 414 235	17 154 152				
			gedenitrificeerd (N/DN)	4 111 792					
		MAP V z/ der	productie	72 477 081					
			geaccepteerde afzetruimte						36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	31 529 258	408 817	798 095	3 884 815		
			export	14 477 886	16 414 066				
			gedenitrificeerd (N/DN)	4 964 145					
		MAP V -10%	productie	72 477 081					
			geaccepteerde afzetruimte						33 909 289
			afzet binnen Vlaanderen	27 243 550	87 761	2 882 193	3 654 063		
			export	14 487 369	19 452 862				
			gedenitrificeerd (N/DN)	4 669 282					



		MAP V -20%	productie	72 477 081				
			geaccepteerde afzetruimte					30 931 644
			afzet binnen Vlaanderen	22 109 272	16 256	5 480 425	3 325 691	
			export	14 544 853	22 750 908			
			gedenitrificeer d (N/DN)	4 249 677				
zonder N/DN	-20%	MAP V	productie	48 318 054				
			geaccepteerde afzetruimte					36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	34 056 614	31 336	2 798 984		
			export	6 581 486	4 849 634			
		MAP V z/ der	productie	48 318 054				
			geaccepteerde afzetruimte					36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	35 230 428	90 590	1 548 363		
			export	8 839 172	2 609 501			
		MAP V -10%	productie	48 318 054				
			geaccepteerde afzetruimte					33 909 289
			afzet binnen Vlaanderen	30 339 696		3 569 593		
			export	8 183 979	6 224 786			
		MAP V -20%	productie	48 318 054				
			geaccepteerde afzetruimte					30 931 644
			afzet binnen Vlaanderen	25 618 317	4 628	5 308 699		
			export	8 133 536	9 252 874			
	basis	MAP V	productie	60 397 568				
			geaccepteerde afzetruimte					36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	28 989 660		6 134 828		
			struviet- productie				5 355 390	
			export	13 786 713	6 130 978			
		MAP V z/ der	productie	60 397 568				
			geaccepteerde afzetruimte					36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	24 734 462		7 439 277		
			Struviet- productie				7 198 690	
			export	14 191 410	6 833 728			
		MAP V -10%	productie	60 397 568				

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

			geaccepteerde afzetruimte					33 909 289
			afzet binnen Vlaanderen	24 634 784		7 478 074		
			Struviet-productie				7 194 212	
			export	14 185 293	6 905 204			
		MAP V -20%	productie	60 397 568				
			geaccepteerde afzetruimte					30 931 644
			afzet binnen Vlaanderen	22 245 157	4 594	8 466 091		
			Struviet-productie				6 508 531	
			export	13 964 886	9 208 309			
	+20%	MAP V	productie	72 477 081				
			geaccepteerde afzetruimte					36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	16 871 332		13 718 060		
			Struviet-productie				13 274 456	
			export	16 011 839	12 601 393			
		MAP V z/ der	productie	72 477 081				
			geaccepteerde afzetruimte					36 886 934
			afzet binnen Vlaanderen	12 012 946		15 401 340		
			Struviet-productie				14 903 304	
			export	16 011 839	14 147 652			
		MAP V -10%	productie	72 477 081				
			geaccepteerde afzetruimte					33 909 289
			afzet binnen Vlaanderen	12 012 946		15 401 340		
			Struviet-productie				14 903 304	
			export	16 011 839	14 147 652			
		MAP V -20%	productie	72 477 081				
			geaccepteerde afzetruimte					30 931 644
			afzet binnen Vlaanderen	11 988 681	5 220	15 410 462		
			Struviet-productie				14 898 114	
			export	16 011 839	14 162 765			



3 MICRO-ECONOMISCH MODEL

3.1 INLEIDING

In dit luik wordt de economische meerwaarde van organische meststoffen geanalyseerd op microniveau, met name dat van het individuele landbouwbedrijf.

In het voorgaande macro-economische luik werd de meerwaarde en haalbaarheid van mestbewerkingstechnieken reeds gesimuleerd in de markt voor mestafzet. Vanuit dit oogpunt is mest een afvalstroom wier afzet wordt beperkt door schaarse ruime voor N en P. De mogelijke drijfveer voor mestbewerking is in dat geval een betere benutting van beide bemestingsnormen door bewerking van ruwe mest met resulterend, een lager mestoverschot.

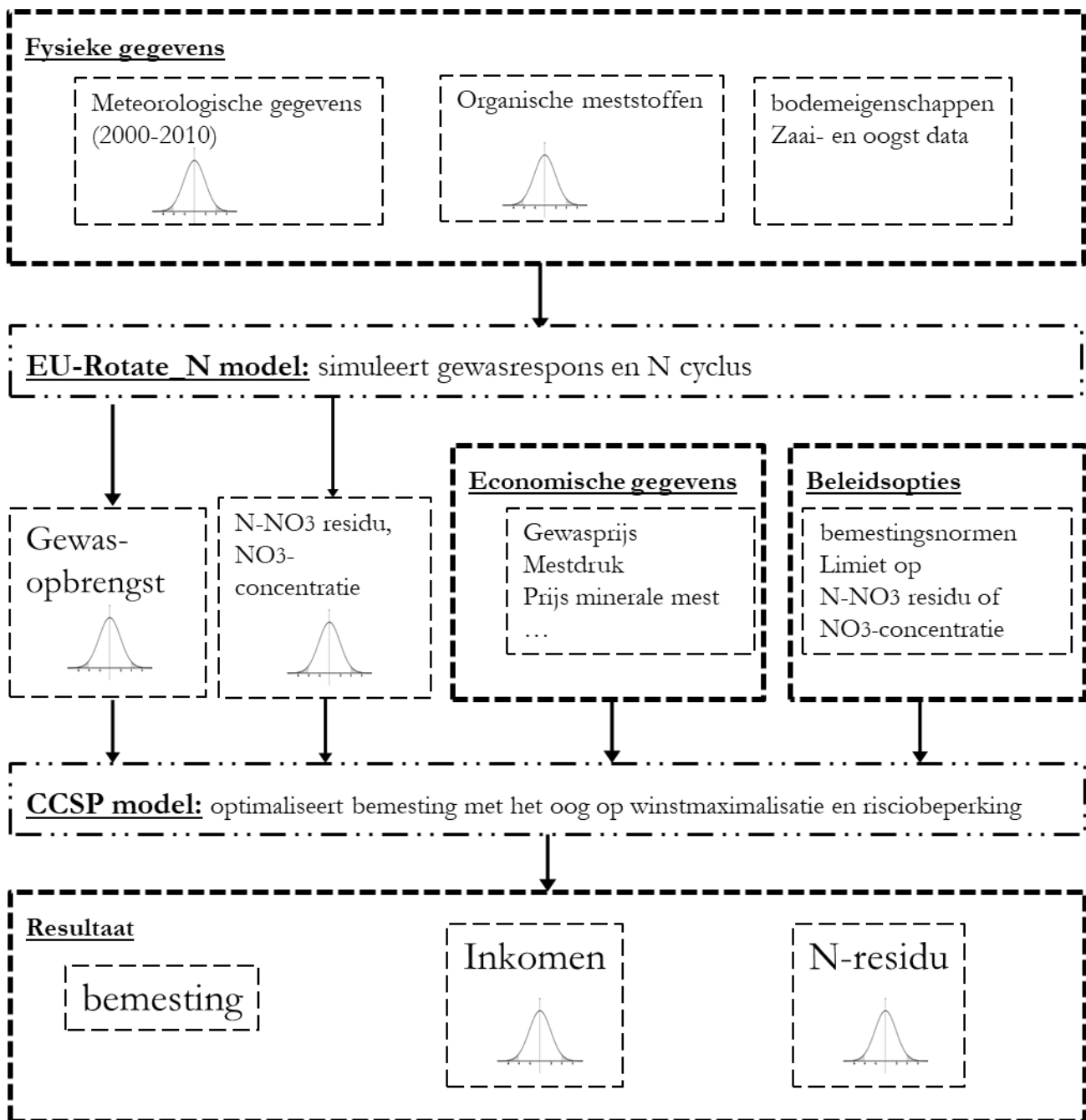
Deze analyse hield echter geen rekening met de agronomische consequenties van het gebruik van verschillende organische meststoffen, met name de effecten op het vlak van gewasopbrengst, nitraatuitspoeling, totale versus minerale stikstof en de inherente onzekerheden op het vlak van het weer en de samenstelling van organische producten. De micro-analyse brengt deze effecten in rekening, door gebruik te maken van een bestaand agronomisch model. Aan de hand van dit model worden de agronomisch effecten van het gebruik van de organische mestproducten gesimuleerd. Deze resultaten worden vervolgens gebruikt in een bedrijfseconomisch model dat optimale bemesting simuleert. Door de sterk toegenomen complexiteit is deze analyse beperkt tot het boerderijniveau. Het doorrekenen op dit niveau van detail heeft als gevolg dat heel specifieke parameters gekozen moeten worden, o.a. rond bodemtype, zaaitijdstip, oogsttijdstip. Dit zorgt er voor dat het vooral de mechanismen en trend moeten geïnterpreteerd worden. De micro-analyse is geen representatieve situatie voor Vlaanderen.

In deze analyse werd gebruik gemaakt van een bestaand agronomisch model EU-Rotate_N, waarvan niet alle inputparameters door de auteurs van deze studie konden worden getoetst aan de werkelijke Vlaamse situatie. Hierdoor kunnen de conclusies van dit model afwijken van de realiteit, waardoor de resultaten van het micromodel niet absoluut, maar best relatief worden geïnterpreteerd. Over het algemeen is gebleken dat daardoor de waarden voor de NO₃-concentraties in het model hoog worden ingeschat dan ze in realiteit zijn. Het is in de eerste plaats de bedoeling van deze berekening om de verschillen tussen de bemesters te ontdekken op economisch en milieukundig vlak. Aangezien de concentratie voor alle bemesters hoog is ingeschat gaan we ervan uit dat de cijfers in deze relatieve zin wel bruikbaar zijn. Wil men echter een betrouwbare inschatting van wat precies de concentratie zal zijn bij een dosis x van bemester y, dan is verder onderzoek naar de inputparameters van het agronomisch model EU-Rotate_N, noodzakelijk.

3.2 WERKING VAN HET MODEL

3.2.1 Overzicht

Een overzicht van de gebruikte methodologie is gegeven **Figuur 17**.



Figuur 17 Overzicht van de informatiestroom van het micromodel. Onzekere factoren (zowel in- als output) zijn aangegeven met een distributie pictogram.

Het concept bestaat uit twee gescheiden modelstappen. Een eerste stap bestaat erin om een dataset aan te leggen van de agronomische respons van verschillende organische mestproducten. Dit gebeurt door Monte-Carlo simulatie van het agronomisch model EU-Rotate_N (Rahn et al. 2010). Onzekere inputparameters, zoals

meteorologische data en meststoffen, geven aanleiding tot onzekerheid in de output (aangegeven door het normale verdeling pictogram). Deze onzekere respons dient dan, samen met economische parameters (mestdruk, kostparameters, ...) en eventuele beleidsmaatregelen als input voor de economisch optimalisatie. Dit gebeurt door middel van een CCSP model (Chance Constrained Programming Model). Dat komt erop neer dat de optimale organische meststof en bijhorend bemestingsniveau bepaald worden door de verwachte waarde van de winst te maximaliseren op voorwaarde dat bepaalde ongewenste situaties (een uitzonderlijk laag inkomen of hoge NO₃-concentraties) zich met beperkte mogelijkheid voordoen. Deze laatste voorwaarde is belangrijk aangezien landbouwers voor een lange termijn beslissing zoals bemesting, risico-avers zijn (Atwood, Watts, and Helmers 1988).

3.2.2 Monte Carlo simulatie van EU-Rotate_N

Het agronomische model EU-Rotate_N werd geëvalueerd voor discrete bemestingsniveau's voor mineraal (0-50 kg N/ha, in 5 stappen van 10) en organisch (0-170 kg N/ha, in 5 stappen van 34). Voor ieder discreet niveau werd onzekerheid in acht genomen ten aanzien van de exacte samenstelling van de mest en de meteorologische condities. De meststoffen werden verondersteld als normaal verdeeld rond een gemiddelde N-inhoud en een bepaalde standaardafwijking. De onzekerheid in meteorologische condities werd in rekening gebracht door ieder bemestingsniveau te herhalen voor 10 verschillende groeiseizoenen gebaseerd op KMI-data tussen 2000-2010. Iedere simulatie werd gedaan voor een periode van vijf jaar om eventuele middellangetermijneffecten van bemestingsregimes te vatten. Het resultaat van deze simulatie is dat voor ieder discreet bemestingsniveau (combinatie van mineraal en organisch) er een honderdtal mogelijke agronomische resultaten worden gegenereerd door de berekening te herhalen voor verschillende jaren en staalnamen uit de normaal verdeelde N-inhoud van meststoffen. Dit resulteert in een kansverdeling van de belangrijkste output (gewasopbrengst, milieu-indicatoren als NO₃-N-residu en NO₃-concentratie) per bemestingsniveau. Deze verdelingen dienen als input voor het economische luik. Deze agronomische input (output van EU-Rotate_N, input voor het economische model) is enkel geverifieerd en niet gekalibreerd of gevalideerd aan werkelijke data. Dit wil zeggen dat de uitkomst van EU-Rotate_N niet is gecorrigeerd op basis van gekende data (kalibratie). Natuurlijk is deze uitkomst wel met de gekende data vergeleken en zijn de voornaamste gelijkenissen en verschillen vastgesteld. Het voornaamste doel van de Monte-Carlo simulatie is immers om een inschatting te maken tussen de relatieve verschillen tussen mestproducten en bemestingsdosissen, en de impact van onzekerheden. De absolute waarde van de agronomische cijfers zijn als dusdanig geen doel van deze analyse.

De gebruikte milieu-indicatoren worden als volgt gedefinieerd. Indien er in het vervolg van deze tekst dus bijvoorbeeld sprake is van een NO₃-concentratie, dan wordt daarmee, tenzij het specifiek anders is vermeld, deze bedoeld zoals hier is gedefinieerd.

Gemiddelde NO₃-concentratie in het grondwater [mg NO₃/L]

Dit is de jaarlijkse gemiddelde concentratie NO₃ in het water dat in het grondwater loopt. Dit wordt berekend door de totale hoeveelheid NO₃ die uitloopt, te delen door de totale hoeveelheid water die uitloopt. Dit komt neer op het volume-gewogen gemiddelde van de dagelijkse concentraties NO₃ die uitlogen per jaar. Omdat EU-

Rotate_N slechts tot een diepte van 90 cm modelleert, wordt deze concentratie die uiteindelijk het grondwater bereikt gedeeld door een procesfactor³ van 2,1 (Van Overtveld et al. 2011).

NO₃-N-residu/kg NO₃/ha

De residuele hoeveelheid minerale NO₃-N (nitraat) aanwezig in de bodem tot 90 cm diepte, berekend op 15 november.

Een beschrijving van de gesimuleerd meststoffen is gegeven in **Tabel** . Onder de meststoffen vallen producten die beschreven en onderzocht zijn in Luik 2 van dit onderzoeksproject, zoals runderdrijfmest (RDM) en zijn digestaat (Dig_RDM), en varkensdrijfmest (VDM) en de dunne fractie van gescheiden varkensdrijfmest (Duf_VDM). De waarden in de tabel zijn gemiddelde waarden.

De waarden die in cursief gedrukt staan zijn bijkomende parameters die voor het agronomisch model noodzakelijk zijn. Aangezien deze niet bekend waren vanuit de veldproeven, werden zij door kalibratie van het agronomisch model op basis van de incubatieproeven van luik 2 bepaald. Dit wil zeggen dat de onbekende parameters zo werden ingesteld dat het agronomisch model de geobserveerde resultaten van de praktijktesten uit luik 2 wist te herhalen.

Dit model laat ons toe de variatie in de samenstelling van deze producten te onderzoeken, met name in de N-inhoud. De variatie in N-inhoud bepaald in vrachstalen kan een bijkomende factor zijn in de acceptatie van deze producten alsook de milieukundige effecten die het gevolg zijn van hun gebruik. Vandaar dat we in deze analyse 4 extra organische producten hebben voorzien waarbij een homogenisering, de standaarddeviatie met een factor 5 doet verminderen (H_RDM, H_Dig_RDM, H_VDM, H_Duf_VDM). Behoudens een lagere standaarddeviatie, hebben zij een identieke samenstelling en eigenschappen als hun niet-gehomogeniseerde equivalent. Bij gebrek aan data over de homogeniseringsprocedure en de oorsprong van variatie in mestsamenstelling werd een standaardreductie met factor 5 genomen. De mestsamenstelling van een enkele landbouwer komt uit een normale verdeling met een gemiddelde mestsamenstelling μ en een standaardafwijking σ . Als we mest van X landbouwers zouden mengen alvorens ze te gebruiken, dan komt dit mengsel uit een nieuwe verdeling met dezelfde gemiddelde samenstelling μ , en een kleinere afwijking van σ/\sqrt{X} . Voor X=25 landbouwers komt dit dus neer op een 5 maal kleinere σ . Een andere interpretatie van een gehomogeniseerd mestproduct kan zijn dat de landbouwer zijn eigen mest op bedrijfsniveau homogeniseert, bijvoorbeeld met behulp van een goede menginstallatie. Deze studie doelt niet om deze of gene operatie tot homogeniseren uit te sluiten of aan te bevelen. De enige bedoeling is om uit te maken wat de economische en milieukundige meerwaarde is van een denkbeeldig mestproduct dat minder variabiliteit in samenstelling zou hebben, dan de producten die in de huidige mestmarkt aangeboden worden.

Aan de productie van dunne fractie wordt in deze analyse een kost aangerekend van 4,5 euro per ton inkomende ruwe mest (Lebuf and Snauwaert 2015). Voor homogenisatie en digestaat werd geen kost

³ Een procesfactor is een empirische factor die alle processen omvat die plaatsvonden tussen de nitraatuitspoeling in het bodemprofiel (vertrekkende van het nitraatresidu in het najaar) en de gemeten nitraatconcentraties in het oppervlaktewater of grondwater. Als gemiddelde voor heel Vlaanderen, wordt deze factor wordt geschat op 2,1, (Van Overtveld et al. 2011).

aangerekend. Scheiding is een oud en goed bestudeerd proces waarvan de inschatting van de gemiddelde kost vrij betrouwbaar kan gebeuren. Voor wat betreft homogenisatie is er vrijwel geen praktijkervaring beschikbaar is om deze kostzetting op de baseren. In het geval van digestaat is er een grote variatie in de rendabiliteit van biogasinstallaties die van factoren afhangen die ver buiten het bereik van deze analyse liggen. Het keuzeprobleem in het model werd hierop aangepast door de keuze van de bemester buiten het optimalisatieprobleem te houden. Dit wil zeggen dat de landbouwer in elk scenario enkel de optimale dosis dient te vinden, telkens voor elk van de mogelijke meststoffen dient te vinden. Uit de vergelijking van de resultaten voor iedere meststof kan dan afgeleid worden welke de maximale kost van homogenisatie of vergisting kan zijn. Dit wordt verder verduidelijk in de resultatensectie.



Tabel 7 Eigenschappen van de onderzochte organische mestproducten. RDM=runderdrijfmest, VDM=varkensdrijfmest, Dig_RDM= digestaat van runderdrijfmest, Duf_VDM=dunne fractie van varkensdrijfmest, H_x= gehomogeniseerd mestproduct x, DS= Droge Stof, OS=Organische Stof. De som van de traag en de snel afbreekbare fracties vormt per definitie 0.9 in het agronomisch model EU-Rotate_N (Rahn et al. 2010). Parameters die schuin gedrukt staan werden gekalibreerd op basis van incubatieproeven uit luik 2.^a(Lemmens et al. 2007), ^bVerhouding Norg/Ntot en Nmin/Ntot uit Luik 2 van dit project, ^c(VLM 2018), ^dVrachtstalen VLM (2008-2016), ^e(Rahn et al. 2010).

	RDM	H_RDM	Dig_RDM	H_Dig_RDM	VDM	H_VDM	Duf_VDM	H_Duf_VDM
DS (g/kg) ^a	85	85	54	54	87	87	66	66
N organisch (g/kg) ^b	2,70	2,69	2,50	2,50	3,73	3,73	4,04	4,04
N mineraal (g/kg) ^b	2,10	2,11	2,30	2,30	4,37	4,37	4,04	4,04
N totaal (g/kg) ^{a,c}	4,80	4,80	4,80	4,80	8,1	8,10	8,07	8,07
P ₂ O ₅ (g/kg) ^{a,c}	1,40	1,40	1,52	1,52	3,5	3,5	0,56	0,56
werkingscoëfficiënt (%) ^c	60	60	60	60	60	60	60	60
standaardafwijking N-inhoud ^d	1,07	0,22	1,08	0,22	2,24	0,45	2,24	0,45
kg OS/kg DS ^e	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
<i>traag afbreekbare fractie</i>	0,77	0,77	0,75	0,75	0,82	0,82	0,37	0,37
<i>snel afbreekbare fractie</i>	0,13	0,13	0,15	0,15	0,08	0,08	0,53	0,53
<i>C/N verhouding traag afbreekbaar deel</i>	15,48	15,48	9,48	9,48	9,90	9,90	6,86	6,86
<i>C/N verhouding snel afbreekbaar deel</i>	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50

Een beschrijving van de bodem die als test dient voor de agronomische simulatie is gegeven in **Tabel 8**. Er werd gekozen om de simulaties te doen voor de meest voorkomende en milieukundig gevoelige bodemtextuur: zand. Het zand- en kleigehalte van deze bodem is afgeleid uit de textuurdriehoeksgrafiek opgesteld door het centrum van Bodemkartering (Van Ranst and Sys 2000) waarbij deze zandbodem min of meer in het middelpunt valt van de zone van zandbodems. Sommige parameters zijn er een rechte reeks fysische gevolg van de zand- en kleigehalten, zoals de dichtheid (United States Department of Agriculture 2014). Voor pH en organisch koolstofinhoud worden waarden verondersteld zich rond het gemiddelde voor Vlaanderen bevinden (BDB 2016).

De simulaties werden gedaan voor een hectare akkerland bezaaid met mais. De keuze voor mais is gedreven door het feit dat het samen met aardappelen, het gewas is waar het vaakst overschrijdingen in nitraatresidu's worden vastgesteld in Vlaanderen. Van beide gewassen is mais het meest voorkomend. Dit betekent dat een verbetering van N-gebruiksefficiëntie op maispercelen, potentieel veel effect kan hebben op de



waterkwaliteit. Voor de simulaties in EU-Rotate_N wordt een maximale drogestofopbrengst van 14,8 ton/ha verondersteld voor korrelmais (AGV 2012)⁴. De zaaidatum is 2 mei, en de oogstdatum 31 oktober (Ministerie van Middenstand en Landbouw 2001).

Tabel 8 Bodemeigenschappen van de gesimuleerde zandbodem. ^a(Van Ranst and Sys 2000), ^b(United States Department of Agriculture 2014), ^c(BDB 2016).

Bodemeigenschap	zandgrond
Kleigehalte ^a [%]	10
zandgehalte ^a [%]	80
Dichtheid ^b [kg/m ³]	1525
pH ^c	5
organische stof inhoud ^c [%]	1,18
C/N ratio organische stof	10

3.2.3 CCSP

Dit CCSP-model is een variatie op de klassieke lineaire programmering gebruikt in de optimalisatie van bedrijfsvoering. Het behoort tot de klasse van de stochastische programmering: een of enkele parameters zijn niet exact gekend maar zijn slechts voorhanden in de vorm van een kansverdeling (stochastisch parameters). Dit betekent dat een beslissing moet genomen worden alvorens de exacte waarde van deze parameters bekend is. In dit geval betreft dit de keuze voor het type en dosis van een bepaalde organische meststof, op basis van een onbekende weersituatie en nutriëntinhoud en de bijhorende kansverdelingen van gewasopbrengst en NO₃-concentratie in het grondwater op het einde van het groeiseizoen, gegenereerd door EU-Rotate_N.

Verscheidene strategieën zijn voorhanden voor de oplossing van deze klasse van problemen. In dit geval opteren we voor CCSP, Chance Constrained Stochastic Programming. Dit betekent in eerste instantie dat de doelfunctie van het model, het inkomen van het landbouwbedrijf, gemaximaliseerd wordt op basis van de verwachte waarde van de stochastische parameters. Dit type van objectieffuncties houdt echter geen rekening met risico, aangezien de verwachte waarde een gemiddelde statistiek is. Het houdt met andere woorden geen rekening met extreme uitkomsten (positief of negatief), maar enkel met de gemiddelde uitkomst, waardoor de aanwezigheid van zeer negatieve uitkomsten kan worden gecompenseerd door zeer positieve. In de realiteit kan het zijn dat een bepaalde kans op zeer negatieve uitkomsten onaanvaardbaar is, zelfs bij een behoorlijk goed gemiddelde. We kunnen hierbij denken aan nitraatuitspoeling, waarbij een eenmalig zware N-vervuiling langdurige ecologische gevolgen kan opleveren. Maar ook op economisch vlak is dit zo: de meerderheid van landbouwers is risico-avers, wat wil zeggen zij een relatief lager gemiddeld inkomen met minder risico op zware verliezen, zullen prefereren over een hoog gemiddelde met hoge risico's (Atwood, Watts, and Helmers 1988). Daarom wordt de objectieffunctie aangevuld met een kans beperkingen (chance constraint). Die maakt het mogelijk om op basis van de kansverdeling van zowel nitraatresidu als van inkomen, te kunnen eisen dat

⁴ EU-Rotate_N vereist van de gebruiker een maximale drogestofopbrengst. Dit is de opbrengst die het model zou bereiken indien het gewas op geen enkele moment tijdens het groeiseizoen (het model simuleert dagelijks) een tekort heeft aan voedingsstoffen en geen andere vorm van stress (bijvoorbeeld hitte of koude) ondervindt.

de kans dat een bepaalde waarde overschreden of niet gehaald wordt, beperkt wordt tot een bepaalde waarde α .



Tabel 9 Overzicht van de vergelijkingen van het CCSP-model.

	Doelfunctie: is de totale inkomsten van gewasopbrengst minus de kosten gerelateerd aan bemesting en aan het mestoverschot.	
	$\max \text{brutomarge} = \sum_k \sum_i \sum_j \sum_o x_{i,j,o} * p_k * (Y_{i,j,k} * CC - NM_{i,j} * CNM)$ $- \sum_a me_a * CO - \sum_a \sum_o mp_{a,o} * CT_{a,o}$	Eq (1)
	Milieukundige randvoorwaarden: bemestingslimieten voor N en P (Eq (2) - Eq (4)) en berekening nitraatresidu-overschrijding.	
	$\sum_i \sum_j \sum_o x_{i,j,o} * NO_{i,j} \leq NL_{org}$	Eq (2)
	$\sum_i \sum_j \sum_o x_{i,j,o} * (NO_{i,j} * A_{i,j,o} + NM_{i,j}) \leq NL_{wrkz}$	Eq (3)
	$\sum_i \sum_j \sum_o x_{i,j,o} * P_{i,j,o} \leq PL$	Eq (4)
	$\sum_i \sum_j \sum_o x_{i,j,o} = 1$	Eq (5)
	Mest- en nutriëntbalans: geproduceerde mest geeft aanleiding tot gebruik als organische meststof of als mestoverschot (Eq ()). N in mest als organische meststof gelijk aan totale N toegediend op het veld (Eq ())	
	$me_a + \sum_o mp_{a,o} = MP_a$	Eq (6)
	$\sum_a mp_{a,o} = \sum_i \sum_j \sum_o x_{i,j,o} * MI_{i,j,o,a}$	Eq (7)



	Interpolatie voorwaarden: het model voorziet dat bemesting tussen de discrete niveaus gesimuleerd met het agronomisch model i, j mogelijk is via interpolatie tussen twee opeenvolgende niveaus Eq (8)-Eq (60) . En beperking tot 1 organische mest type per veld Eq (7) .	
	$\sum_i \sum_j c_{i,j} \leq 2$	Eq (8)
	$X_{i,j} \leq c_{i,j}$	Eq (9)
	$c_{i,j,o} + c_{i',j',o} \leq 1 \forall o \in \mathbb{N}: \text{abs}(i' - i) \geq 2 \text{ or } \text{abs}(j' - j) \geq 2$	Eq (60)
	$c_{i,j,o} + c_{i',j',o'} \leq 1 \forall i, j, i', j' \in \mathbb{N}: o \neq o'$	Eq (7)
	Risicobeperking: probabiliteit dat een milieu-indicator hoger is dan de limiet is kleiner dan α Eq (8) .	
	$\sum_i \sum_j \sum_o x_{i,j,o} * CVaR_{\alpha}(NC_{i,j,k}) \leq MN$	Eq (8)
	<p>Waarbij</p> <p>i, i' discrete minerale bemestingsniveaus</p> <p>j, j' discrete organische bemestingsniveaus</p> <p>o types organische mestproduct</p> <p>a types dieren</p> <p>$c_{i,j,o}$ binaire variabele die aanduidt welk niveau gebruikt wordt (1) of niet (0)</p> <p>$x_{i,j,o}$ gewicht van iedere bemestingsniveau i, j, o</p> <p>$nc_{k,i,j}$ NO_3-concentratie</p> <p>me_a mestoverschot</p> <p>$mp_{a,o}$ mestbewerking van type a tot product o</p> <p>$Y_{i,j,k}$ k^{de} realisatie uit de gewasopbrengst distributie</p>	



$NC_{i,j,k}$	k^{de} realisatie uit de NO_3 -concentratie-distributie
p_k	probabiliteit van k^{de} observatie (=1/aantal observaties k)
$NM_{i,j,o}$	kg minerale N per niveau
$NO_{i,j}$	kg organische N per niveau
CO	mestafzetkost
CM	kost minerale mest
CC	opbrengst gewas
$CT_{a,o}$	technologiekost
NL_{org}	organische N-limiet
NL_{wrkz}	werkzame N-limiet
PL	P_2O_5 -bemestingslimiet
NRL	Nitraatresidulimiet
MN	milieunorm (bijvoorbeeld maximale NO_3 -concentratie)
MP_a	mestproductie per type a
$Ml_{i,j,o,a}$	mestinput per types organische meststof o en dier a
α	confidentieniveau (%)
$A_{i,j,o}$	werkingscoëfficiënt van mestproduct o

3.2.4 Scenario's

De haalbaarheid van organische meststoffen voor een individuele landbouwer en de bijhorende effecten op vlak van brutomarge, mestgebruik en milieu werden onderzocht voor bemesting van een hectare met derivaten van RDM en derivaten van VDM. Het is zo opgevat dat deze hectare in eigendom is van een veehouder, die de keuze heeft om dit perceel te bemesten, met kunstmest of organische mest van binnen het bedrijf. Het gebruik van kunstmest is aan een kost van 1 euro/kg N, en het mestoverschot genereert een kost afhankelijk van de mestdruk. Aangezien het model focust op de bemesting van een enkel veld, en dus geen volledige boerderij simuleert, is enige voorzichtigheid in de interpretatie van de brutomarge aangewezen. Onder brutomarge wordt in deze studie verstaan het verschil tussen het inkomen uit gewasopbrengsten, minus de uitgaven aan minerale mest en mestoverschotten.



Er wordt verondersteld dat volgende parameters een grote invloed zouden hebben op de keuze voor deze of gene organische meststof. Ten eerste is er het niveau van de P-norm. Bij lage P-normen (klasse IV) is P vaak limiterend voor mestafzet. In deze situatie is er potentieel om meer mest af te zetten als de P-inhoud verlaagd wordt door een scheiding. Ten tweede is er de mestdruk. Onder lage regionale mestdruk zijn de alternatieven voor mestafzet op eigen land relatief goedkoop. In dat geval is er een lagere impuls voor een landbouwer om organische producten te gebruiken dan onder hogere mestdruk. Tot slot is er het milieukundige aspect: de doelstelling die men wenst te halen op het vlak van de NO₃-concentratie in het grondwater alsmede de betrouwbaarheid waarmee deze doelstelling dient te worden bereikt. Dit zal eveneens een invloed hebben op de meststofkeuze, aangezien zij door hun verschil in samenstelling, werkzaamheid en onzekerheid een verschillend onzekerheidsprofiel van de gewasopbrengst en de NO₃-concentratie in het grondwater opleveren.

In deze studie wordt gewerkt met een betrouwbaarheid van 75%, op basis van de CVaR-statistiek (Conditional Value at Risk) van de milieu-indicator. Dit wil zeggen dat indien de milieudoelstelling in een bepaald scenario bijvoorbeeld 60 mg NO₃/L in het grondwater bedraagt, de oplossing garandeert dat de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de kansverdeling van de NO₃-concentratie, deze drempelwaarde niet overschrijdt. Deze statistiek heeft als voordeel ten opzichte van een gewoon percentiel dat het de ganse vorm van het uiteinde van de curve mee in rekening brengt, en niet enkel de drempelwaarde. De keuze voor 75% is genomen na sensitiviteitsanalyse waarbij bleek dat veel lagere en veel hogere waarden (50 en 95%) weliswaar gelijkaardige verschillen tussen bemesters opleveren, maar in minder uitgesproken vorm. Dit komt door een ofwel te lage dwingende kracht van de milieunorm (50%) waardoor oplossingen in het algemeen vaker convergeren, of een te dwingende kracht waardoor het model vaker onoplosbaar is. In beide gevallen worden de verschillen tussen de bemesters op die manier vertroebeld.

Elk van de onderzochte organische meststoffen wordt geëvalueerd onder variërende waarden van de bovengenoemde parameters. Dit betekent dat de optimale bemestingsdosis werd bepaald onder variërende omstandigheden, gegeven de keuze voor een bepaalde organische bemesting. De exacte waarden van de modelparameters voor elk scenario zijn gegeven in **Tabel 10** en **Tabel 1**.

Tabel 10 Scenario's van de micro analyse. Het aantal scenario is gelijk aan het aantal combinaties van variërende inputparameters er kunnen gemaakt worden. 3 mestdrukken x 4 P-limieten x 7 milieunormen x 8 organische bemesters geeft 672 gevallen, waarvoor de optimale bemestingsdosis voor een landbouwer werd bepaald. ^a(VLM 2018), ^bRange afgeleid uit de resultaten van het macromodel (Figuur 13).

Parameter		Eenheid	Waarde
Mestdruk ^b	CO	€/ton mestoverschot	0-20, stappen van 10
P-limiet ^a	PL	kg P ₂ O ₅ /ha	klasse I, II, III en IV (100, 80, 70, 55 kg P ₂ O ₅ /ha)
Limiet NO ₃ -concentratie in grondwater	MN	mg NO ₃ /L	116, 105, 95, 84, 73, 63, 53 ⁵
Betrouwbaarheid (waarmee de milieudoelstelling dient te worden behaald)	α	%	75

Tabel 11 Veronderstelde kosten en bemestingsnormen voor mais.

Parameter		Waarde	Referentie
Maisprijs	CC	160 €/ton	(World Bank Group 2017)
Kost minerale N	CM	1 €/kg N	(Agricultural Market Information System 2017)
Norm dierlijke N		170 kg N/ha	(VLM 2018)
Norm werkzame N		<u>zandgrond:</u> 135 kg N/ha	(VLM 2018)

⁵ Deze wat vreemde schaal komt overeen met een schaal van 30-60 in stappen van 5 voor de N-concentratie in mg N/L in het uitlogingswater op 90 cm diepte. De reden is dat in het model met de N-concentratie op 90 cm dieptewordt gerekend en niet met de NO₃ concentratie in het grondwater. De resultaten worden voor het rapport in de NO₃-concentratie in het grondwater uitgedrukt aangezien dit gemakkelijker kan worden geïnterpreteerd ten opzichte van de milieunorm.

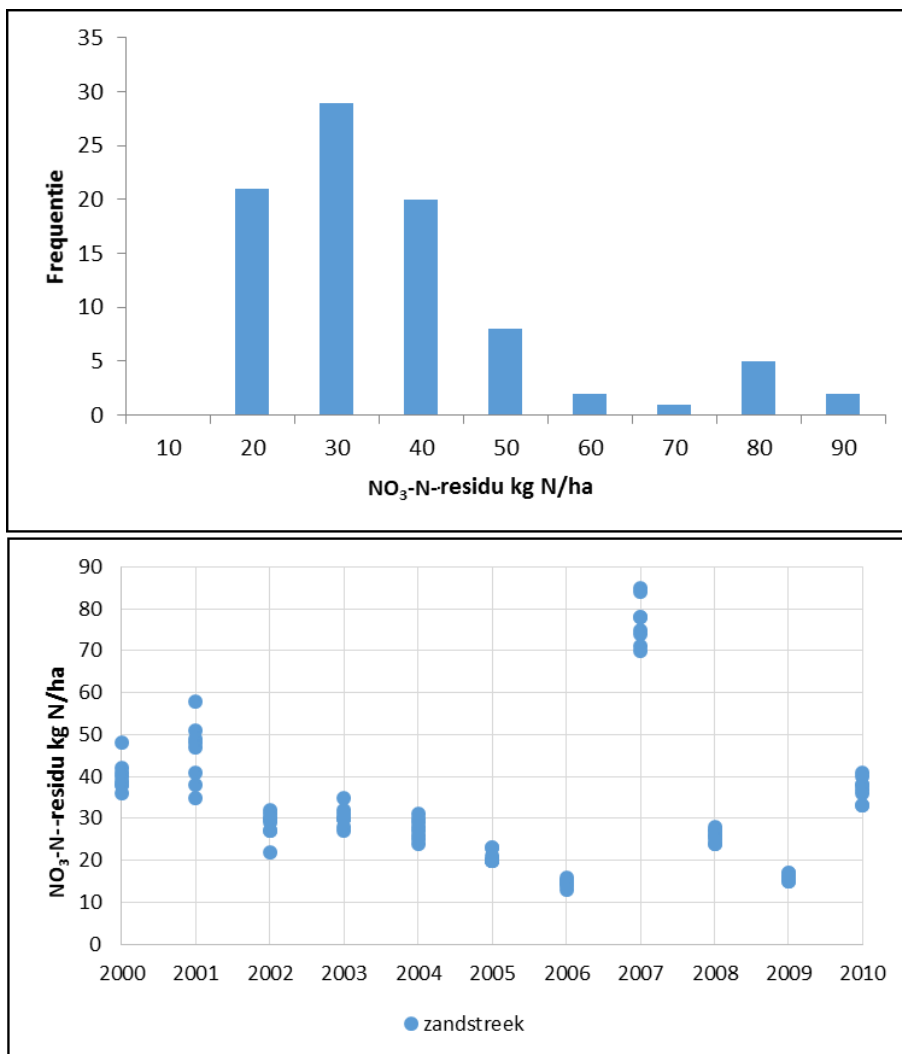
3.3 RESULTATEN

3.3.1 Onzekerheid van het NO₃-residu en de gemiddelde NO₃-concentratie

Alvorens over te gaan tot de resultaten van het economische optimalisatiemodel, beschrijft deze paragraaf de aard van de onzekerheid van het NO₃-N-residu en de jaarlijkse gemiddelde NO₃-concentratie in het grondwater. Deze laatste werd bepaald door de NO₃-concentratie uit EU-Rotate_N, berekend op 90 cm diepte, te delen door een procesfactor 2,1. Deze corrigeert voor de nitraatverwijdering in de diepere lagen van de bodem, alvorens het grondwater wordt bereikt (Van Overtveld et al. 2011). Zoals eerder beschreven, wordt het economisch model gevoed met een verdeling van de onzekere agronomische output, zoals de gewasopbrengst en een milieu-indicator als NO₃-N-residu en NO₃-concentratie. Er werd uiteindelijk in het economische model gewerkt met de NO₃-concentratie als milieukundige indicator, en niet met het NO₃-N-residu. De reden wordt in het verloop van deze sectie gegeven.

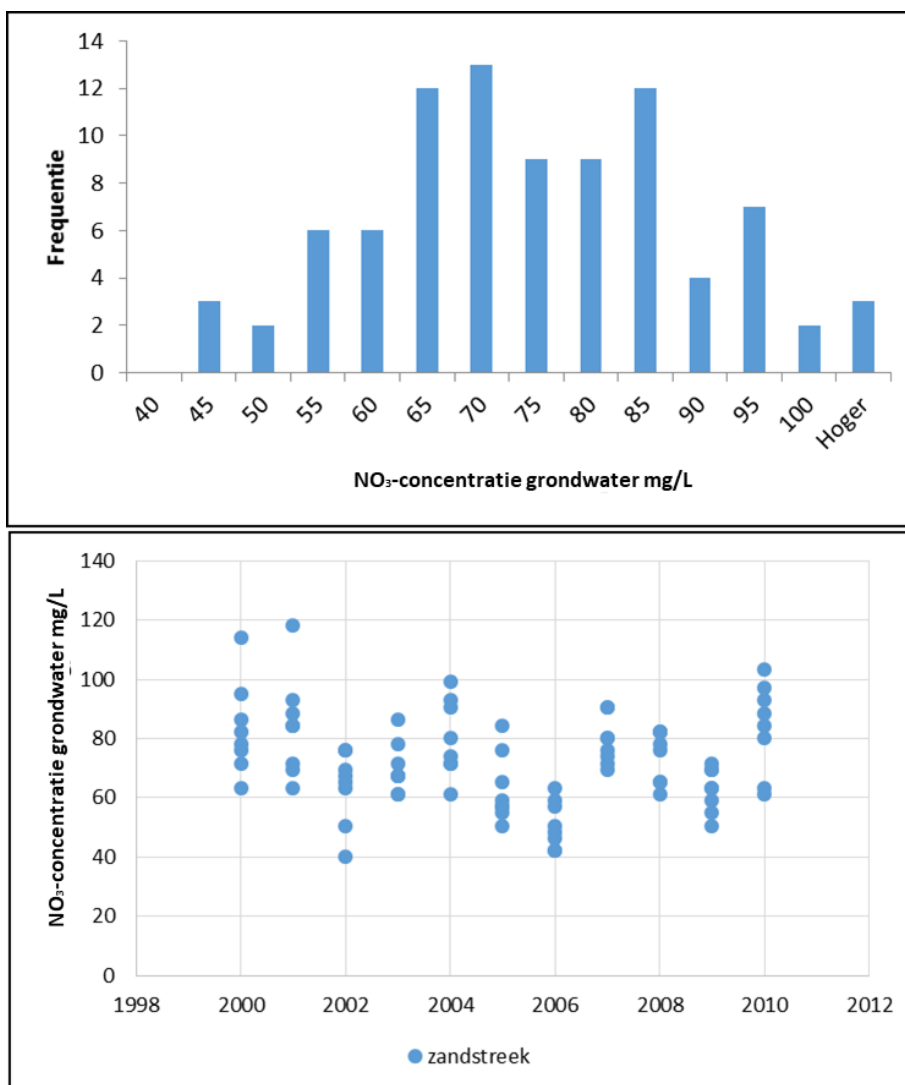
De oorsprong van de onzekerheid van de agronomische output ligt bij de onzekere samenstelling van mestproducten en het weer. De verdelingen werden bepaald met behulp van Monte Carlo analyse van een gekalibreerd agronomisch model (zie 3.2.2). Het economisch model tracht vervolgens een optimale beslissing voor het type mest en bijhorende dosis te vinden, gegeven deze verdelingen. Bij elk type en elke dosis hoort er een onzekerheid veroorzaakt door de onzekere samenstelling en het onzekere weer. De bedoeling van de Monte Carlo analyse is om deze onzekerheid te beschrijven aan de hand van een kansverdeling. Deze kansverdelingen worden dan aan het economisch model gevoed. Om misinterpretatie van de resultaten van het economisch model te vermijden wordt in deze paragraaf bij wijze van voorbeeld dieper ingegaan op de kansverdeling van één type en één bepaalde dosis. In de modellering bestaat er een dergelijke verdeling voor ieder mogelijk type en iedere mogelijke dosis mestproduct. De kansverdeling van de milieu-indicatoren bij bemesting met ruwe RDM van mais (170 kg dierlijk en 35 kg mineraal) wordt voorgesteld in **Figuur 18** en **Figuur 19**. Het histogram bovenaan beschrijft de verdeling van alle datapunten die voor deze bemestingsdosis werden berekend (10 jaar en 8 random mestproduct samenstellingen per jaar=80 datapunten). Deze 80 datapunten zijn opgesplitst per jaar, om onafhankelijk de invloed van weersonzekerheid en de onzekerheid van het mestproduct te bepalen.





Figuur 18 kansverdeling van het NO₃-N-residu bij bemesting met ruwe RDM (170 kg dierlijk en 35 kg mineraal). Het histogram bovenaan beschrijft de verdeling van alle datapunten (10 jaar en 8 random mestproduct samenstellingen per jaar=80 datapunten). Deze 80 datapunten zijn opgesplitst per jaar, om de invloed van weersonzekerheid en de onzekerheid van het mestproduct afzonderlijk te kunnen inschatten.





Figuur 19 kansverdeling van de gemiddelde jaarlijkse NO₃-concentratie in het grondwater bij bemesting met ruwe RDM (170 kg dierlijk en 35 kg mineraal). Het histogram bovenaan beschrijft de verdeling van alle datapunten (10 jaar en 8 random mestproduct samenstellingen per jaar=80 datapunten). Deze 80 datapunten zijn opgesplitst per jaar, om de invloed van weersonzekerheid en de onzekerheid van het mestproduct afzonderlijk te kunnen inschatten.

Figuur 18 toont dat de verdeling van het NO₃-N-residu een brede verdeling is die schommelt tussen 20 en 90 kg N/ha. Gemiddeld is het residu 36 kg N/ha in de zandstreek, zoals gegeven in **Tabel 63**. In realiteit schommelt het gemiddelde voor Vlaanderen voor korrelmais tussen 50 en 70 kg NO₃-N/ha (VLM 2017c). In deze studie werd een zandbodem gebruikt en het is niet onlogisch dat deze omwille van de hoge doorlaatbaarheid lagere residu's vormt. **Figuur 19** toont dat de NO₃-concentratie in het grondwater schommelt tussen 45 en 100 mg/L, met een gemiddelde van 72 mg/L. Deze waarde is hoger dan de milieunorm, die maximaal 50 mg NO₃/L bedraagt. Het is moeilijk om deze waarde te verifiëren aan werkelijke data aangezien er geen gewas-specifieke uitspoeling concentraties kunnen bepaald worden uit het MAP-



meetnet. Volgens dit meetnet schommelt de gemiddelde jaarlijkse concentratie voor alle meetpunten rond de 20 mg NO₃/L. Dit is echter een gemiddelde over alle gewassen heen, en het is bekend dat de verliezen bij mais hoger zijn dan bij andere frequent geteelde gewassen. Eerdere pogingen om via EU-Rotate_N de uitspoelingsconcentratie bij maisteelt te bepalen, gaven een gemiddelde concentratie in het grondwater van 58 mg NO₃/L, met een standaardafwijking van 15 (De Waele et al. 2017). Dat ligt in de lijn van deze simulatie.

Het is duidelijk dat de theoretische simulatie van het NO₃-N-residu eerder laag en de NO₃-concentratie eerder hoog uitvalt. Dit is merkwaardig aangezien beide verondersteld zijn aan elkaar gelinkt te zijn. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het model de stikstofverliezen voor de registratie van het NO₃-N-residu overschat. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden doordat het registratiepunt van het NO₃-N-residu in deze studie (15 november) te laat valt waardoor reeds verliezen optreden voor de meting van het residu. Ook in dat geval kunnen de verliezen oplopen en terwijl het residu laag blijft. Het feit dat de concentratie over het hele jaar wordt geregistreerd en dus minder van dergelijke gebruikerskeuzes afhankelijk is, is een van de redenen waarom werd gekozen om met de concentratie verder te werken in de economische analyse. En andere moeilijkheid is het vinden van een geschikte startwaarde voor elk van de modelparameters. Bij gebrek aan data werd in deze studie verondersteld dat 4 opeenvolgende jaren mais wordt geteeld op eenzelfde perceel waarbij de data uit het laatste jaar als output werden geselecteerd. Op deze manier zijn de beginwaarden het gevolg van 3 jaar van maisteelt. Mogelijks is deze methode niet zonder fout. In elk geval zou een betere kalibratie van het gewasmodel een stap vooruit zijn, maar dit valt niet binnen de schaal van de economische analyse.

Het is dus belangrijk om te onthouden dat deze agronomische cijfers geen waarheid op zich vormen maar voornamelijk als input dienen voor het economisch model. De agronomische realiteit kan voor elke bodem, teelt en teeltomstandigheden anders zijn. De weergegeven figuren tonen dus enkel de input tot het model zonder te concluderen dat dit voor alle omstandigheden de werkelijkheid is. Zoals in de disclaimer in de introductie reeds vermeld, is deze berekening in de eerste plaats een vergelijking tussen de milieukundige en economische gevolgen van verschillende bemesters, eerder dan een inschatting van het absolute milieurisico van een bepaalde dosis van een bepaalde bemester. In het economisch model hebben deze cijfers als belangrijkste functie om de relatieve verschillen tussen bemestingsdosissen en type bemesters aan te geven, en zo de bemestingstrends onder variërende economische randvoorwaarden aan te geven. Aangezien dezelfde afwijkende tendens (hoge concentraties en lage residu's) in de agronomische modelresultaten werd vastgesteld voor de verschillende bemesters, kunnen we veronderstellen dat de agronomische gegevens wel relatief gebruikt kunnen worden.

De onderste delen van **Figuur 18** en **Figuur 19** tonen het relatieve belang van de weersonzekerheid en de onzekerheid van de meststoffenstelling voor de specifiek gekozen bodem- en teeltomstandigheden. In het geval van het NO₃-N-residu, spelen de weersomstandigheden een grote rol. De datapunten liggen duidelijk gegroepeerd per jaar, waarbij de weersomstandigheden van dat jaar het globale bereik van de NO₃-N-residu's bepalen. Binnen dit bereik ontstaat er verdere spreiding door de onzekerheid in samenstelling, maar deze valt min of meer binnen de verschillen die ontstaan door variabele weersomstandigheden. Dit geeft het belang aan van de meteorologische onzekerheid, waardoor zelfs met een uitermate homogeen mestproduct, een onzekerheid op het NO₃-N-residu nog steeds bestaande zal zijn. In het geval van de NO₃-concentratie in het grondwater is deze groepering per jaar wat minder duidelijk te zien en zijn beide bronnen van onzekerheid

min of meer evenwaardig. De reden voor dit verschil tussen deze milieu-indicatoren is het feit dat de meting van het NO₃-N-residu een dagopname is (gemeten op 15 november), terwijl de gemiddelde NO₃-concentratie een jaargemiddelde. Het NO₃-N-residu wordt als momentopname mogelijk sterker beïnvloed wordt door de weersomstandigheden dan de concentratie. Denk bijvoorbeeld aan uitzonderlijk droge of natte jaren, waarin het NO₃-N-residu's gemiddeld hoger of lager zijn. Dit geeft aanleiding tot grote verschillen tussen de jaren onderling.

Tabel 63 Enkele sleutelstatistieken voor de verdeling bij bemesting van mais op in de zandstreek met ruwe RDM en minerale mest bij een organische dosis van 170 kg N/ha en een minerale dosis van 35 kg N/ha.

	NO ₃ -N-residu kg N/ha	NO ₃ -concentratie grondwater mg/L
Gemiddelde	36	72
Mediaan	32	71
Standaardafwijking	18	15
Bereik	77	78
Minimum	15	40
Maximum	92	118

In de economische analyse wordt de NO₃-concentratie in het grondwater als milieu-indicator gebruikt. De redenen hiervoor worden als volgt samengevat:

1. De NO₃-concentratie in het grondwater is als indicator relevanter voor het uiteindelijk milieuprobleem en de Europese richtlijnen inzake waterkwaliteit (NO₃-concentratie in grond- en oppervlaktewater) dan het NO₃-N-residu.
2. Het NO₃-N-residu is een momentopname en daarom gevoeliger aan weersomstandigheden dan de gemiddelde jaarlijkse NO₃-concentratie in het grondwater. Dit is te zien op de kansverdelingen in **Figuur 18** en **Figuur 19**.
3. De bovenstaande kansverdelingen tonen dat de NO₃-concentratie gevoeliger is aan de kwaliteit van het gebruikte mestproduct (met name de homogeniteit), in tegenstelling tot het NO₃-N-residu waar de ruis van het weer groter is⁶. Dit is een voordeel voor dit onderzoek aangezien het hier in essentie gaat om het vergelijken van de agronomische waarde van verschillende mestproducten.

De nadelen van het gebruik van de NO₃-concentratie zijn echter:

1. In realiteit is het een onbruikbaar instrument aangezien het moeilijk meetbaar is. Het NO₃-N-residu daarentegen is een instrument dat effectief wordt gebruikt in de mestwetgeving, en dit geeft een link met de praktijk van het beleid.
2. De gemodelleerde waarden zijn moeilijker te interpreteren en te verifiëren aangezien er weinig gewas-specifieke data over beschikbaar zijn.

⁶ Deze analyse houdt geen rekening met reis- en verblijftijden van grondwater.

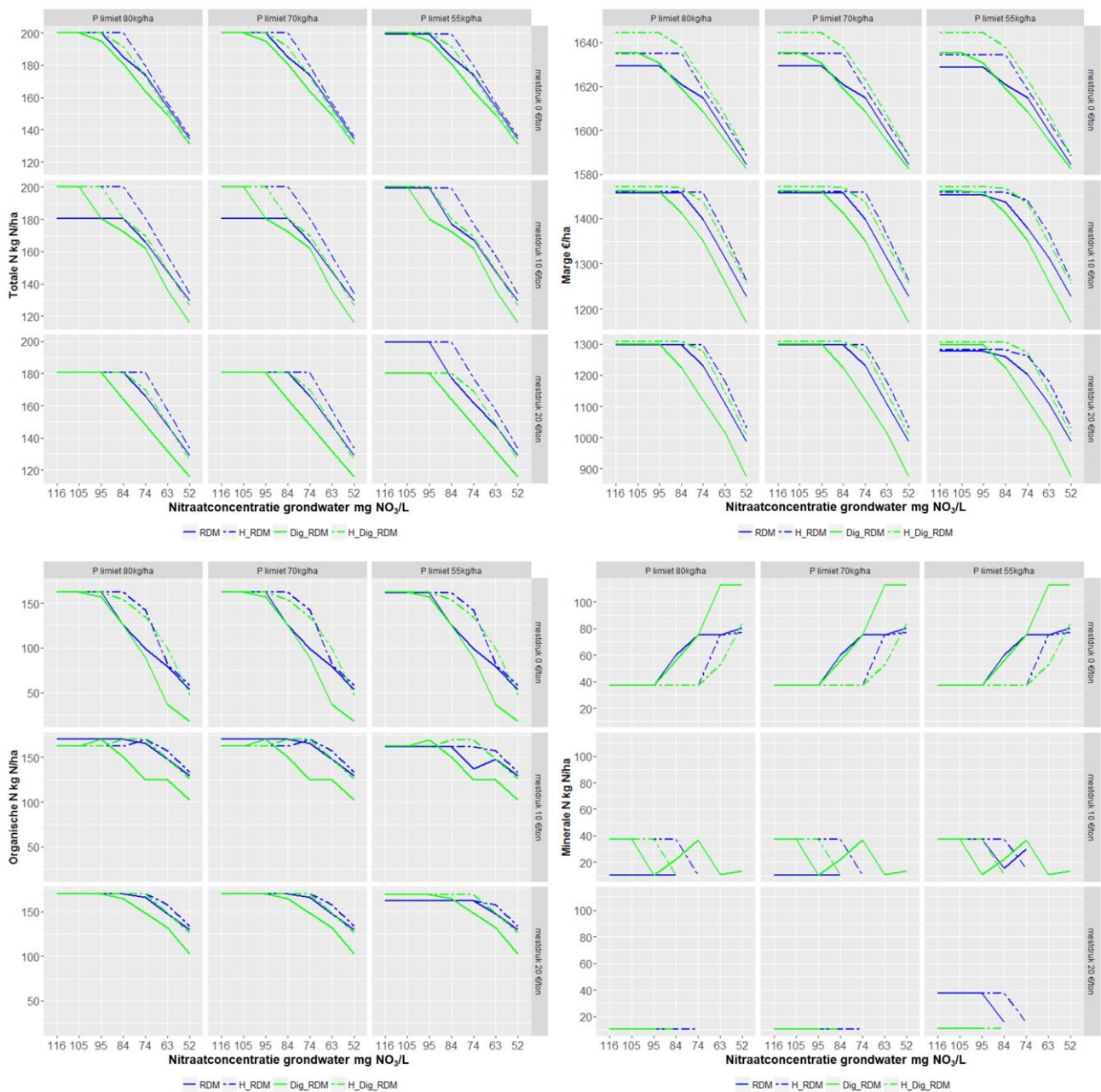
3.3.2 Rundermest

Figuur 20 toont de totale N-bemesting, de brutomarge, de organische en de minerale N-bemesting voor bemesting met organische meststoffen afgeleid van ruwe RDM, telkens in functie van een dalend doel voor de gemiddelde jaarlijkse NO₃-concentratie in het grondwater. Deze parameters zijn respectievelijk in de kwadranten linksboven, rechtsboven, linksonder en rechtsonder weergegeven. De x-as is telkens uitgedrukt als het gemiddelde van de 25% hoogste waarden van de kansverdeling van de gemiddelde jaarlijkse NO₃-concentratie in het grondwater. Binnen ieder kwadrant geven 9 grafieken de invloed aan van de toegepaste P-norm en de mestdruk. In appendix 3.5 aan het einde van dit hoofdstuk is deze figuur in groter detail weergegeven per kwadrant.

Ieder punt in de onderstaande grafieken correspondeert met een optimale oplossing van de modelvergelijkingen voor één scenario. Bijvoorbeeld: het uiterst linkse groene datapunt in de grafiek in de linkerbovenhoek van **Figuur 20** correspondeert met de optimale totale N-gift die wordt toegepast voor het bemesten van zandgrond met digestaat van RDM, onder een mestdruk van 0 €/ton een P-limiet van 80 kg/ha, waarbij de limiet voor de NO₃-concentratie in het grondwater (op dat punt van de grafiek gelijk aan 116 mg/L) in minstens 75% van de gevallen wordt gerespecteerd. Bij deze dosis hoort een bepaalde verdeling van de NO₃-concentratie in het grondwater en de gewasopbrengst, zoals beschreven in 3.3.1. Dit datapunt is tevens geassocieerd met een brutomarge, een organische, en een minerale dosis, die op de dezelfde posities in de respectieve overige kwadranten van de figuur, worden gegeven. Het geheel illustreert de optimale bemestingsrespons op een dalende limiet van de gemiddelde jaarlijkse NO₃-concentratie in het grondwater.

Er is ervoor geopteerd om elk scenario (mestdruk, P-norm, NO₃-concentratienorm) door te rekenen waarbij de akkerbouwer in kwestie telkens een van de organisch mestproducten (RDM, H_RDM, Dig_RDM of H_Dig_RDM) en minerale N ter beschikking heeft. Daarbij worden dan enkel de dosissen organisch en mineraal geoptimaliseerd, om de brutomarge te maximaliseren. Dit heeft als voordeel dat **Figuur 20** toelaat om de mestproducten en hun respectieve dosissen over de scenario's heen met elkaar te vergelijken. Merk op dat dit niet zo zou zijn indien we ook de keuze voor het mestproduct, naast de dosis in een bepaald scenario zouden optimaliseren. In dat geval zou ieder scenario slechts uit 1 datapunt bestaan, namelijk dat van het optimale mestproduct en zijn dosis. Nu zijn er telkens vier datapunten, corresponderend met ieder mestproduct. Dit betekent niet dat het optimale mestproduct niet uit de figuur kan afgeleid worden. Ervan uitgaande dat de landbouwer zijn inkomen maximaliseert, is in ieder scenario het optimale mestproduct datgene dat de hoogste brutomarge realiseert (gegeven in kwadrant rechtsboven).





Figuur 20 Totale, organische en minerale N-gift en brutomarge (respectievelijk linksboven, linksonder, rechtsonder en rechtsboven) voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types rundermest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.



Uit **Figuur 20** blijkt dat de meeste parameters dalen onder invloed van een maximaal toegelaten NO_3 -concentratie in het grondwater. Een uitzondering is de minerale dosis, die in bepaalde gevallen toeneemt. Over het algemeen volgt dit een eenvoudige logica: de verstrenging van de NO_3 -concentratienorm dwingt tot een lagere bemesting, zowel organisch als totaal, hetgeen leidt tot economisch verlies. Dit economisch verlies is een gevolg van een lagere gewasopbrengst en hogere mestafzetkosten (aangezien minder mest op eigen land wordt gebruikt). Volgende conclusies kunnen uit deze figuur getrokken worden.

1. Vanuit de brutomarge, weergegeven in het kwadrant rechtsboven, kunnen eerst en vooral de optimale bemestingsproducten worden afgeleid:
 - a) Digestaat haalt een licht hogere brutomarge, bij een relatief hoge NO_3 -concentratienorm, ongeacht de overige parameters.
 - b) Ruwe RDM haalt een hogere brutomarge bij een strengere (lagere) NO_3 -concentratienorm, ongeacht de overige parameters.
 - c) Gehomogeniseerde producten halen hogere brutomarges, dan hun ruwe equivalent.
2. In alle gevallen gaat de verstrenging van de NO_3 -concentratienorm gepaard met een daling van de organische bemesting. Dit ongeacht het scenario of het type mestproduct. Alle organische mestproducten hebben immers een bijkomende milieukundig risico gemeen, dat wordt veroorzaakt door hun onzekere mestsamenstelling.
3. De daling van de organische dosis is scherper, naarmate de mestdruk lager is. Het verschil is de financiële stimulans om organische mest te gebruiken. Een veehouder zal bij lage mestdruk sneller kiezen voor afvoer van mest indien deze agronomisch niet interessant is, omdat de geassocieerde afzetkost laag is. Bij hoge mestdruk is de financiële drempel echter groter, en zal mest langer op eigen land gebruikt worden⁷.
4. Indien de organische dosis fel daalt wordt deze gecompenseerd door een hogere minerale dosis. Minerale bemesting verkleint de onzekerheid. Daardoor kan meer stikstof toegediend worden voor eenzelfde milieukundig risico. Dit gebeurt enkel in het geval zonder mestdruk. Wil men de NO_3 -concentratie in het grondwater vanaf dit punt verder omlaag, dan reageert deze landbouwer door organische mest verder te verlagen, en de minerale bemesting te verhogen. Dit zowel voor gehomogeniseerde en ruwe mestproducten.
5. In het andere geval, bij aanwezigheid van mestdruk, is er een afweging van een hoger milieukundig risico (NO_3 -concentratie in het grondwater) en een hoger inkomen door acceptatie van organische mest. Daarom daalt de organische bemesting in deze gevallen minder scherp. De hoogte van de mestdruk is hierbij van minder uitgesproken belang. Wel is de daling in organische bemesting en het gebruik van kunstmest groter in het geval van een intermediaire, vergeleken met de hoogste mestdruk. Merk op dat de brutomarges lager zijn in het geval van hoge mestdruk, aangezien de kost voor mestafzet van ongebruikte mest hoger is.
6. De daling in het gebruik van digestaat van RDM is in alle scenario's scherper dan de daling in het gebruik van ruwe RDM. Dit heeft te maken hebben met het hogere aandeel minerale N in digestaat. Als dezelfde

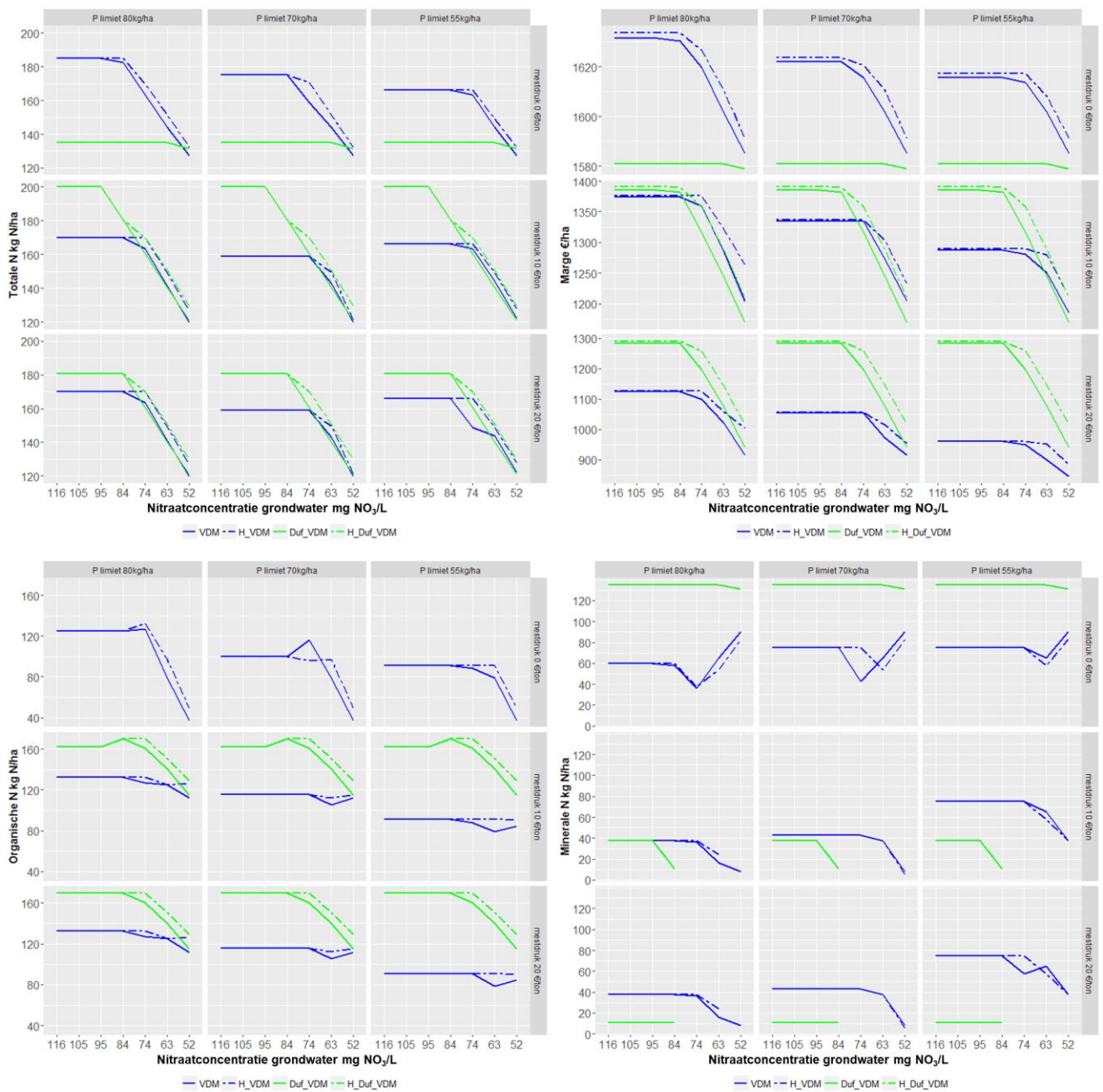
⁷ Of, vanuit het standpunt van een akkerbouwer: hij zal minder verdienen aan het verkopen van mestafzetrechten, dan zijn collega in een regio waar hogere mestdruk heerst, en dus sneller afstappen van het accepteren van organische mest van een derde, indien een overheid de milieunorm wordt verstrengd.

bemestingsnorm (170 kg N/ha voor zowel digestaat als ruwe RDM, en zelfde werkingscoëfficiënt) wordt ingevuld met een mestproduct met relatief hoger aandeel minerale N, betekent dit dus dat er een grotere bron van onzekere minerale N wordt toegediend. Dit is weliswaar de nuttige fractie die door de plant wordt opgenomen, maar ook de fractie die vatbaar is voor uitspoeling indien er een accidentele overdosis optreedt. Het risico op overbemesting en hogere uitspoeling is op die manier hoger voor digestaat. Dit verklaart de snellere afname in bemesting met dit product in functie van een dalende NO₃-concentratienorm, in vergelijking met ruwe RDM. Het valt op dat een homogenisatie van het digestaat deze tendens grotendeels tenietdoet. Met homogenisatie verstaan we hier dus de afname van de onzekerheid rond de werkelijke nutriënteninhoud van het product. De agronomische meerwaarde van het verminderen van onzekerheid van nutriënteninhoud is dus hoog bij organische bemestingsproducten met een hogere aandeel minerale N.

7. Ongeacht het scenario levert het werken met gehomogeniseerde producten een milieuwinst op. Het gebruik van gehomogeniseerde producten leidt over het algemeen tot 20 kg hogere totale en organische giften toe, voor eenzelfde risico. Of omgekeerd, een NO₃-concentratieverlaging van 15 mg/L in het grondwater, voor eenzelfde N-dosis. De hogere organische gift volgt vanzelfsprekend uit het lagere risico dat volgt uit de hogere zekerheid in samenstelling. Dat daardoor ook de totale N-gift hoger/constant kan zijn/blijven, komt omdat een preciezere organische bemesting ook toelaat met de minerale mest de grens van de capaciteiten van de bodem en de teelt op te zoeken. Is het organische aandeel echter meer onzeker, dan kan dit risico in slechts mindere mate gelopen worden.
8. De hogere dosissen die kunnen gerealiseerd worden door gebruik van homogenisatie, leveren een economisch voordeel op. Voor eenzelfde milieukundig risico wordt met gehomogeniseerde producten een hoger brutosaldo geboekt. Dit komt in de vorm van hogere gewasopbrengsten en hogere mestafzetinkomsten. Deze agronomische meerwaarde varieert van enkele tientallen tot ongeveer 100 euro/ha bij respectievelijk lage en hoge mestdruk. We herinneren de lezer er hier aan dat voor homogenisatie geen kost werd aangerekend omwille van de huidige beperkte kennis en ervaring in de praktijk. Het is dus nog een openstaande, procestechnische vraag of het homogeniseren kan worden gerealiseerd aan een kost lager dan deze agronomische meerwaarde.
9. De brutomarge in de rechterbovenhoek vat elk van deze overwegingen samen. Ze geeft aan dat bij een hoge NO₃-concentratienorm, de balans licht in het voordeel van digestaat is. Dit is een gevolg van het hogere aandeel minerale N, hetgeen hogere gewasopbrengst oplevert. Datzelfde hogere aandeel mineraal zorgt er echter ook voor dat bij een strengere milieunorm het voordeel kantelt naar ruwe RDM, omdat het in die gevallen een hogere dosis organisch toelaat dan het meer risicovolle digestaat. Dit nadeel kan echter worden tenietgedaan door het verminderen van de onzekerheid in de nutriënteninhoud van het digestaat.

3.3.3 Varkensmest

Figuur 21 toont de totale N-bemesting, de brutomarge, de organische en de minerale N-bemesting voor bemesting met organische meststoffen afgeleid van ruwe VDM, telkens in functie van een dalend doel voor de gemiddelde jaarlijkse NO₃-concentratie in het grondwater. Deze figuur is analoog aan **Figuur 20**, maar dan voor VDM in plaats van voor RDM. Voor de interpretatie van **Figuur 21** verwijzen we de lezer dan ook naar de interpretatieve wenken gegeven bij **Figuur 20**.



Figuur 21 Totale, organische en minerale N-gift en brutomarge (respectievelijk linksboven, linksonder, rechtsonder en rechtsboven) voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types varkensmest. De x-ax is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.



Er blijkt dat de meeste parameters dalen onder invloed van een maximaal toegelaten NO_3 -concentratie in het grondwater. Een uitzondering is de minerale dosis, die in bepaalde gevallen toeneemt. Over het algemeen volgt dit dezelfde eenvoudige logica als in het geval RDM: de verstrenging van de NO_3 -concentratienorm dwingt tot een lagere bemesting, zowel organisch als totaal, hetgeen leidt tot economisch verlies. Dit economisch verlies is opnieuw een gevolg van een lagere gewasopbrengst en een hogere kost voor mestafzet.

1. Vanuit de brutomarge, weergegeven in het kwadrant rechtsboven, worden eerst en vooral de optimale bemestingsproducten afgeleid:
 - a) Zonder mestdruk is ruwe VDM in combinatie met minerale mest altijd het meest winstgevend ongeacht de overige parameters.
 - b) Bij hoge mestdruk is een dunne fractie in combinatie met een weinig minerale mest het meest winstgevend, ongeacht de overige parameters.
 - c) De overgang tussen de situatie en b) naar a) is te vinden bij een intermediaire mestdruk (10 EUR/ton), hoge P-limiet (70 en 80 kg P/ha) en een strenge norm voor de NO_3 -concentratie.
 - d) Gehomogeniseerde producten halen hogere brutomarges, dan het ruwe equivalent. De verschillen zijn kleiner dan bij RDM.
2. Net zoals in het geval van RDM, gaat in alle gevallen de verstrenging van de NO_3 -concentratienorm gepaard met een daling van de organische bemesting (kwadrant linksonder). Dit ongeacht het scenario of het type mestproduct. Alle organische mestproducten hebben immers het bijkomende milieukundig risico gemeen, dat wordt veroorzaakt door hun onzekere mestsamenstelling.
3. De daling van de organische dosis is scherper, naarmate de mestdruk lager is. Het verschil is de financiële stimulans om organische mest te gebruiken. Een varkenshouder zal bij lage mestdruk sneller kiezen voor afvoer van mest indien deze agronomisch niet interessant is, omdat de geassocieerde afzetkost laag is. Net als in het geval van RDM, geeft deze snellere verlaging van de organische bemesting onder invloed van een dalende NO_3 -concentratienorm, in het geval zonder mestdruk, aanleiding tot een stijging van het minerale mestgebruik.
4. In het andere geval, bij aanwezigheid van mestdruk, is er een afweging van een hoger milieukundig risico en het ontwijken van hoge mestafzetkosten. Daarom daalt de organische bemesting in functie van de milieunorm in deze gevallen minder scherp. In die gevallen is het de minerale mest die daalt. Net als bij RDM, is de hoogte van de mestdruk hier van minder uitgesproken belang voor de optimale dosissen.
5. Net als bij RDM levert homogenisatie een milieuwinst op. Deze is iets kleiner dan bij RDM en schommelt, afhankelijk van het scenario rond een stijging van de N-gift van 10 kg/ha voor eenzelfde milieu-impact of verlaging van 5 a 10 mg NO_3 /L in het grondwater, voor eenzelfde totale N-gift.

In tegenstelling tot het geval van de RDM hebben zowel de mestdruk als de P-normen een uitgesproken effect op het gebruik van de organische mestproducten.

6. De P-norm is limiterend voor de applicatie van ruwe VDM, als gevolg van de relatief hoge P-inhoud, vergeleken met RDM. Daarom wordt de organische norm steeds slechts gedeeltelijk ingevuld met ruwe VDM, zelfs bij een relatief hoge NO_3 -concentratienorm. Daarbij horen dan vrij hoge minerale dosissen.



7. Als gevolg van het voorgaande punt, wordt een dunne fractie, met lagere P-inhoud, ingezet om de N-norm beter in te vullen. Dit gebeurt enkel in de gevallen met mestdruk, aangezien er daar voldoende financiële impuls is om organische mest te accepteren om zo de scheidingskost te compenseren. Scheiding geeft in die gevallen hogere organisch N-gift, daarbij horende hogere inkomsten en lagere behoefte aan minerale stikstof (twee onderste rijen van kwadranten linksonder, rechtsboven en rechtsonder).
8. Bij een verstrenging van de NO_3 -concentratienorm neemt, in het geval van dunne fractie, de organische N-gift af, en in het geval van ruwe VDM, het minerale mestgebruik af. Dit zorgt ervoor dat het agronomisch voordeel van dunne fractie tegenover ruwe VDM daalt. In het geval van een hoge P-limiet van 70 en 80 kg P/ha en een intermediaire mestdruk komt het tot een substitutie (waar de groene en blauwe curven in het kwadrant rechtsboven elkaar kruisen; met name de eerste twee grafieken van links op de tweede rij, bij een milieunorm van ca. 74 mg NO_3/L). Dit gebeurt enkel in deze situaties omdat: (i) het initieel surplus in N-gift door de hoge P-limiet en de lage mestdruk al relatief klein is, en (ii) dit surplus verkleint aangezien de dalende limiet op de nitraatconcentratie meer beperkend wordt voor bemesting dan de bemestingsnormen.
9. Het effect beschreven in punt 8 heeft veel gemeen met de substitutie van digestaat van RDM door ruwe RDM. In beide gevallen is er een punt waar, onder invloed van dalende NO_3 -concentratienorm, de ruwe variant beter scoort dan het mestproduct. In beide gevallen is dat gerelateerd aan het hogere minerale N-gehalte in het product, in vergelijking met de ruwe variant. Het verschil in dat de substitutie zich in het geval van RDM vrij algemeen manifesteert (in alle scenario's: van hoge tot lage mestdruk en van hoge tot lage P-norm) daar waar het zich bij VDM vooral bij intermediaire mestdruk en hoge P-normen voordoet. Voor de praktijk is het effect bij RDM waarschijnlijk belangrijker, aangezien percelen met hoge P-normen in Vlaanderen relatief zeldzaam zijn geworden.



3.4 DISCUSSIE EN CONCLUSIE'S

Een micro-economisch model werd opgesteld dat de bemestingskeuze in termen van dosis en type meststof simuleert op perceelniveau. Het model is een combinatie tussen een agronomisch gewasgroei-model en een bedrijfseconomische optimalisatie. Het laat toe om kosteneffectiviteit van verschillende organische mestproducten te analyseren, gebaseerd op verscheidene agronomische parameters van deze producten zoals gewasopbrengst, nitraatresiduvorming, NO_3 -concentratie in het grondwater en totale versus minerale stikstof. Bovendien houdt het model rekening met de gevoeligheid van de bemestingsproducten voor natuurlijke variatie aanwezig in het landbouwsysteem zoals: het weer en de samenstelling van biologische producten zoals organische meststoffen. Het model werd gebruikt om de agronomische meerwaarde van volgende producten na te gaan: runder- en varkensdrijfmest, dunne fractie van varkensdrijfmest, digestaat van runderdrijfmest en de homogeniseerde varianten van elk van deze. Deze analyse werd gedaan onder verschillende scenario's: variërende P-bemestingsnormen (MAP V: Klasse I-IV), variërende mestdruk en een variërende drempelwaarde voor de NO_3 -concentratie in het grondwater.

Op basis van weerkundige variatie en de onzekerheid van de samenstelling van het mestproduct wordt de optimale bemestingsstrategie voor een varkens- en rundveehouder bepaald. Algemeen geldt dat onder invloed van een strengere milieunorm, de totale bemesting en brutomarge dalen. Dit ongeacht het type mest of scenario. Bij lage mestdruk is de daling vooral te vinden bij de organische mestproducten, en is er een stijging van de minerale bemesting. Dit geeft aan dat, hoewel de organische producten aan een nulcost beschikbaar zijn, er toch de voorkeur wordt gegeven aan minerale mest indien de milieuvoorwaarde wordt verscherpt. Is er echter mestdruk, dan is de daling van organische bemesting lager, en is de daling eerder te vinden bij het minerale mestgebruik. Dit geeft aan dat een betere milieukwaliteit met beide types mestproducten kan worden geboekt, en dat de uiteindelijke keuze afhangt van de economische randvoorwaarden.

Een tweede algemeen geldend punt, is dat de homogenisatie (i.e. vermindering van onzekerheid betreffende de nutriënteninhoud) van de mestproducten een agronomische meerwaarde biedt: voor eenzelfde dosis totale en organische N kan een lagere milieu-impact gerealiseerd worden. Deze meerwaarde is afhankelijk van het scenario en het mestproduct en ligt in de grootte-orde van een daling van de NO_3 -concentratie tot 20 mg/L voor eenzelfde totale N-gift. Omgekeerd kunnen voor eenzelfde milieu-impact hogere N-giften en dus hogere winsten worden gerealiseerd. Deze agronomische meerwaarde van homogenisatie varieert van enkele tientallen tot ongeveer 100 euro/ha bij respectievelijk lage en hoge mestdruk. Het is openstaande procestechnische vraag of de homogenisatie in de praktijk aan deze prijs kan worden uitgevoerd. Aangezien het gewas in dit geval, mais, een relatief lage marktwaarde heeft, is het goed mogelijk dat deze schatting van het surplus in brutomarge aan de lage kant is.

Vanuit het perspectief van hogere gewasopbrengsten, biedt digestaat een meerwaarde ten opzichte van ruwe RDM vanwege het hogere minerale N-gehalte. We zien dan ook dat digestaat beter scoort bij hoge NO_3 -concentratienormen, waarbij vooral de factor gewasproductie doorweegt. Het aandeel minerale N is echter even onzeker als dat van ruwe mest, maar wel groter, en creëert dus een grotere kans op overbemesting en op uitspoeling. Het gevolg hiervan is vooral te zien bij strengere milieunormen voor wat betreft de NO_3 -concentratie in het grondwater, waar ruwe mest dan weer beter scoort. Dit kan worden verholpen door het

digestaat te homogeniseren. De agronomische meerwaarde, uitgedrukt als toename in brutomarge voor eenzelfde NO₃-concentratie in het grondwater, van het homogeniseren van digestaat is groter dan die van het homogeniseren van ruwe RDM. Bij de lagere NO₃-concentratienormen in deze studie scoren de types RDM als volgt (in volgorde van dalende brutomarge voor eenzelfde NO₃-concentratie in het grondwater): gehomogeniseerde RDM, gehomogeniseerd digestaat, ruwe RDM en ruw digestaat. Maar daarbij is het verschil tussen de ruwe producten veel groter dan dat tussen de gehomogeniseerde producten.

In het geval van een varkensbedrijf zijn er grote verschillen te vinden tussen de bemestingsproducten onder invloed van externe factoren als P-normen en mestdruk. Zonder mestdruk wordt ruwe VDM in combinatie met minerale N gekozen boven dunne fractie, terwijl dunne fractie en een beperkte minerale bemesting agronomisch interessant is bij een lage P-norm en hoge mestdruk. Dit laatste is een logisch gevolg van een betere invulling van N- en P-bemestingsnormen.

Bij een strengere NO₃-concentratienorm kan het voordeel van een dunne fractie echter verloren gaan. Dit is een gevolg van het hoger aandeel minerale N dat een grotere milieukundige risicofactor is, net zoals bij digestaat versus ruwe RDM. Dit gebeurt bij een intermediaire mestdruk en hoge P-limieten. Net als in het geval van RDM is er bij VDM dus bij een strengere NO₃-concentratienorm, een mogelijke substitutie van een meststof met hoog aandeel minerale N, naar de ruwe variant met een lager aandeel minerale N. Het verschil is dat de substitutie zich in het geval van RDM vrij algemeen manifesteert (in alle onderzochte scenario's: van hoge tot lage mestdruk en van hoge tot lage P-norm) daar waar het zich bij VDM vooral bij intermediaire mestdruk en hoge P-normen voordoet. Voor de praktijk is het effect bij RDM waarschijnlijk belangrijker, aangezien percelen met hoge P-normen in Vlaanderen relatief zeldzaam zijn geworden.

Het belangrijk om te herhalen dat de agronomische cijfers die aan het economische model worden gegeven geen absolute waarheid zijn. In eerste instantie omdat ze enkel gelden voor korrelmais op zandgrond. Maar belangrijker nog, omdat de bekomen concentraties relatief hoog en de bekomen residu's relatief laag zijn, in vergelijking met de beschikbare data voor Vlaanderen. Dit geeft aan dat de resultaten in absolute zin, best met voldoende voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. De belangrijkste doelstelling van dit onderdeel was om een vergelijking te maken tussen de organische mestproducten die in het kader van het project zijn geëvalueerd geweest, met een nadruk op de factoren van onzekerheid zoals het weer en de samenstelling van de producten. Aangezien dezelfde simulatiefout geldt voor alle bestudeerde organische producten, kunnen we veronderstellen dat de resultaten wel relatief kunnen gebruikt worden. Dit betekent dat de resultaten, zoals in deze discussie, kunnen gebruikt worden om de relatieve milieukundige impact in te schatten, bij het gebruiken van een mestproduct in vergelijking met een ander.

3.5 APPENDIX

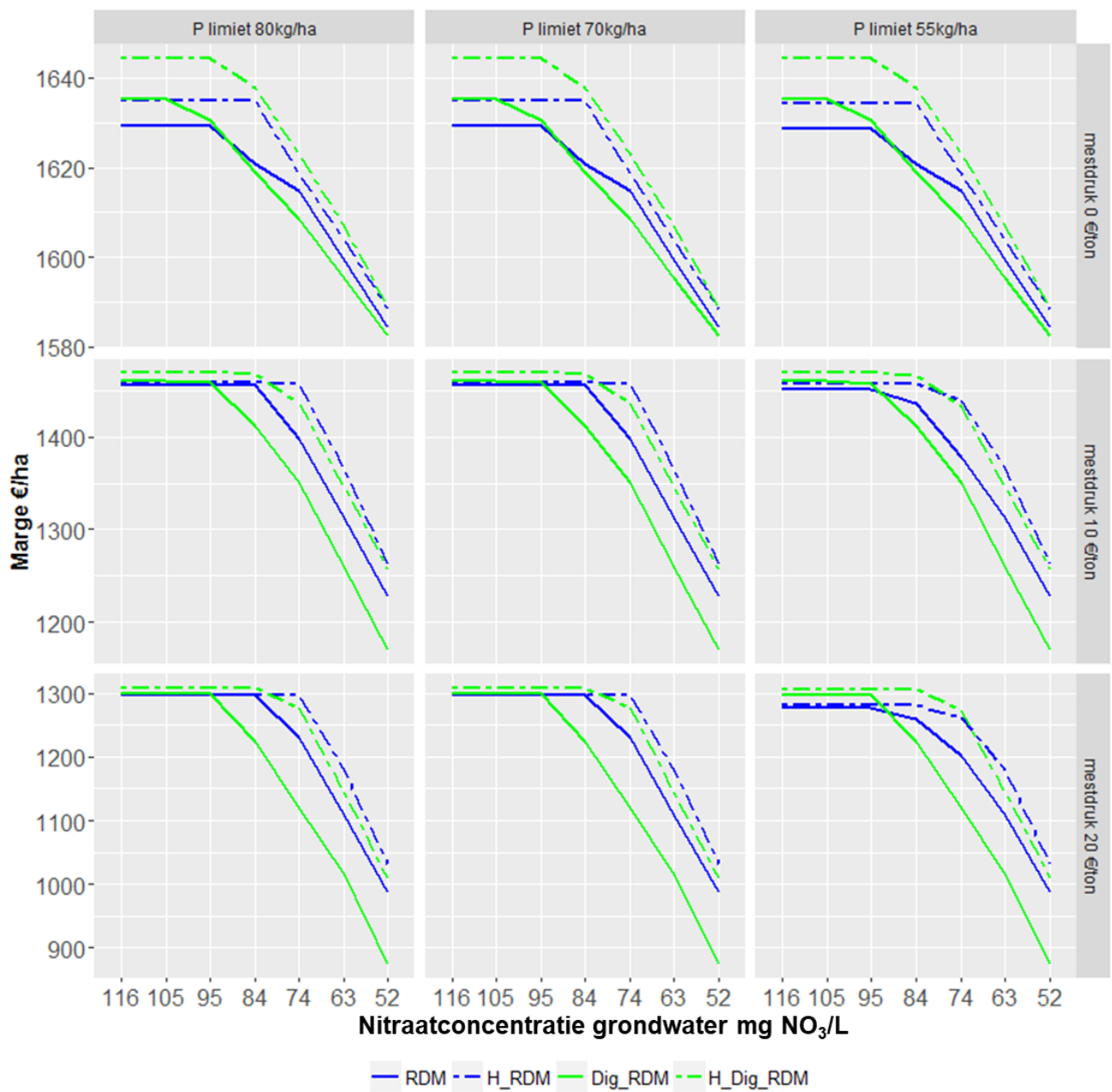
3.5.1 Detail resultaten

In deze appendix zijn de resultaten uit **Figuur 20 en 21** weergegeven per kwadrant afzonderlijk.

3.5.1.1 Runderen

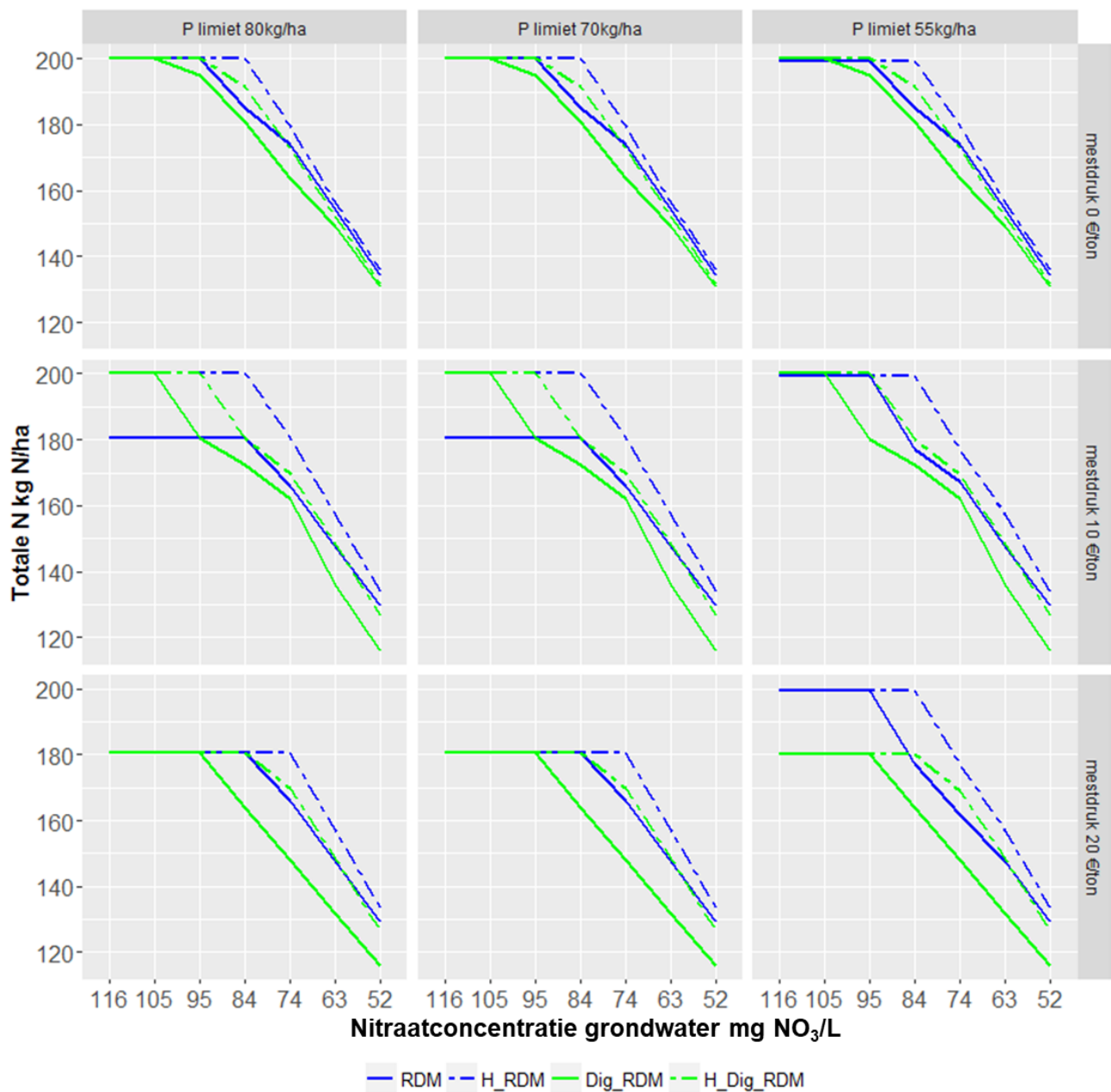
Figuren A1 tot A4 geven in **Figuur 20** per kwadrant weer.





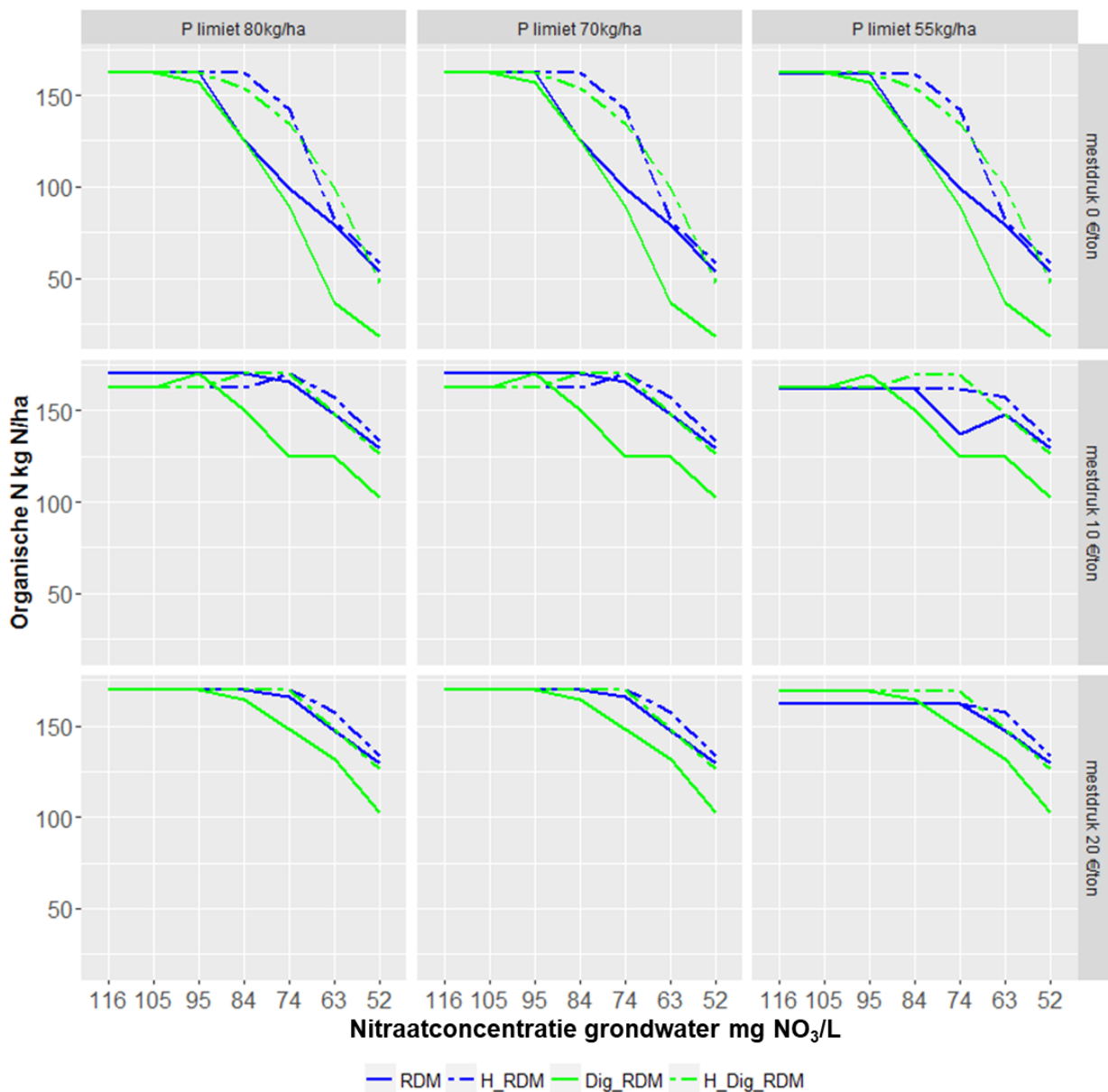
Figuur A1 Brutomarge voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types rundermest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.





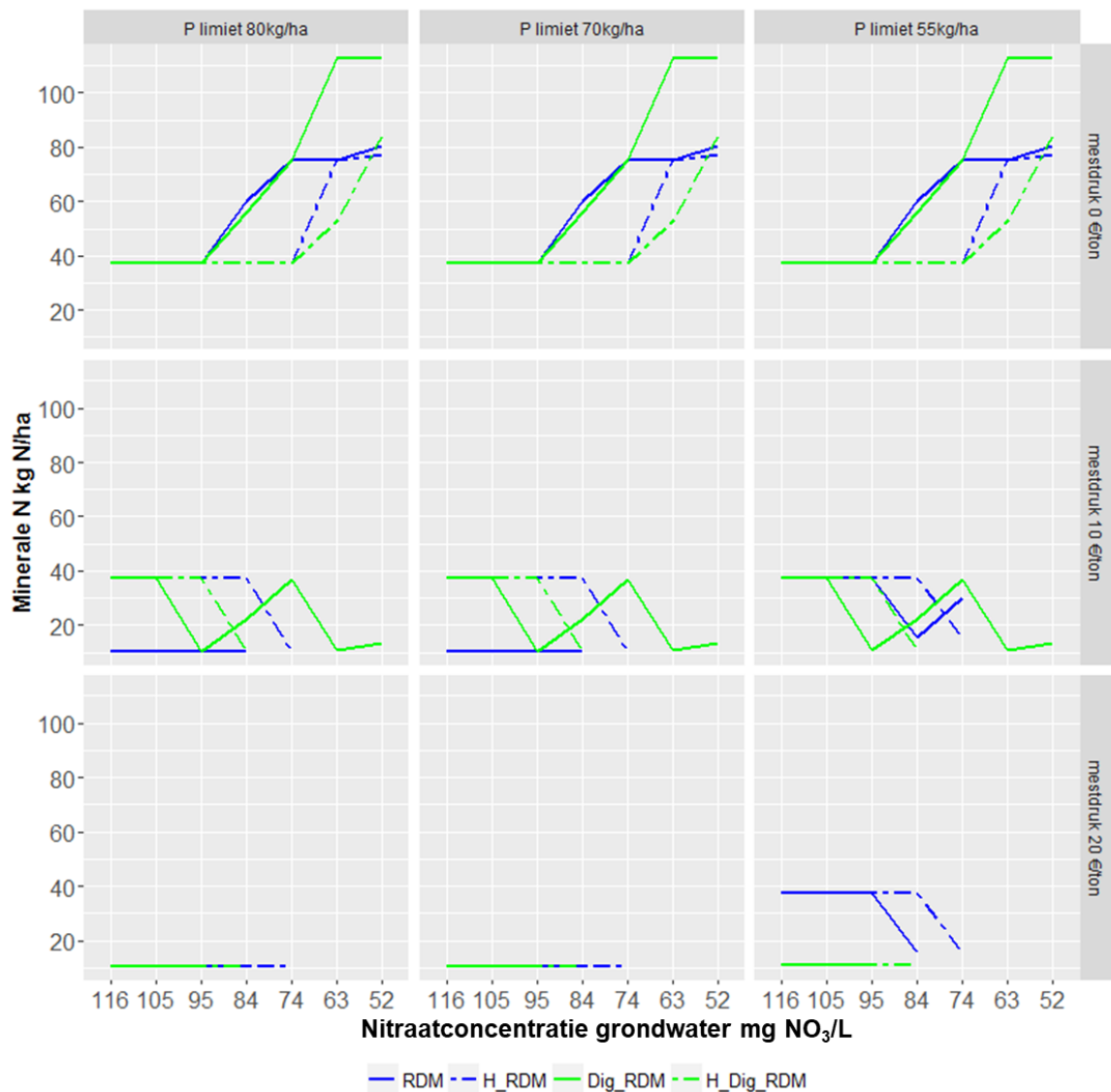
Figuur A2 Totale N-gift voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types rundermest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.





Figuur A3 Organische N-gift voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types rundermest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.



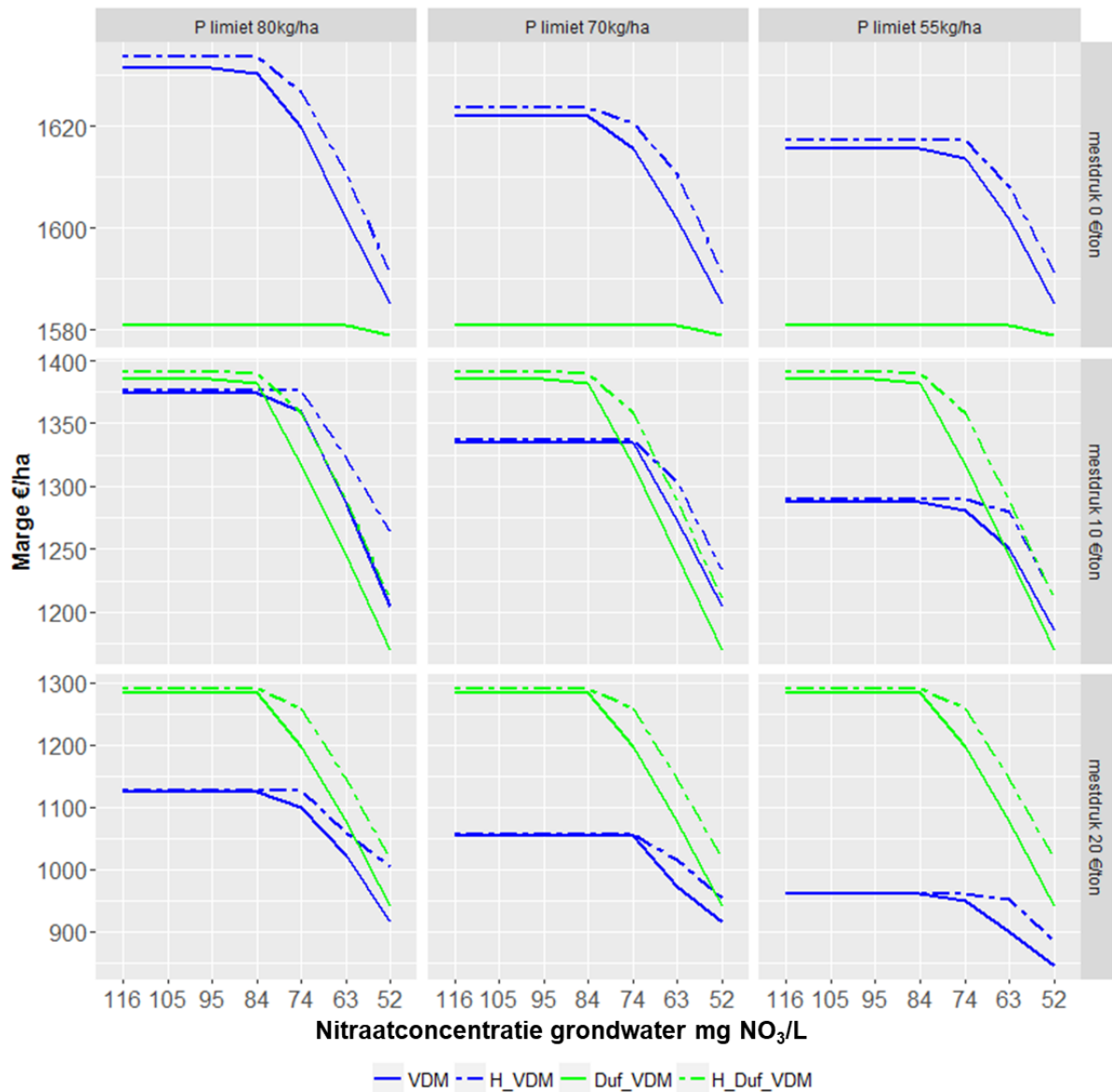


Figuur A4 Minerale N-gift voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types rundermest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.



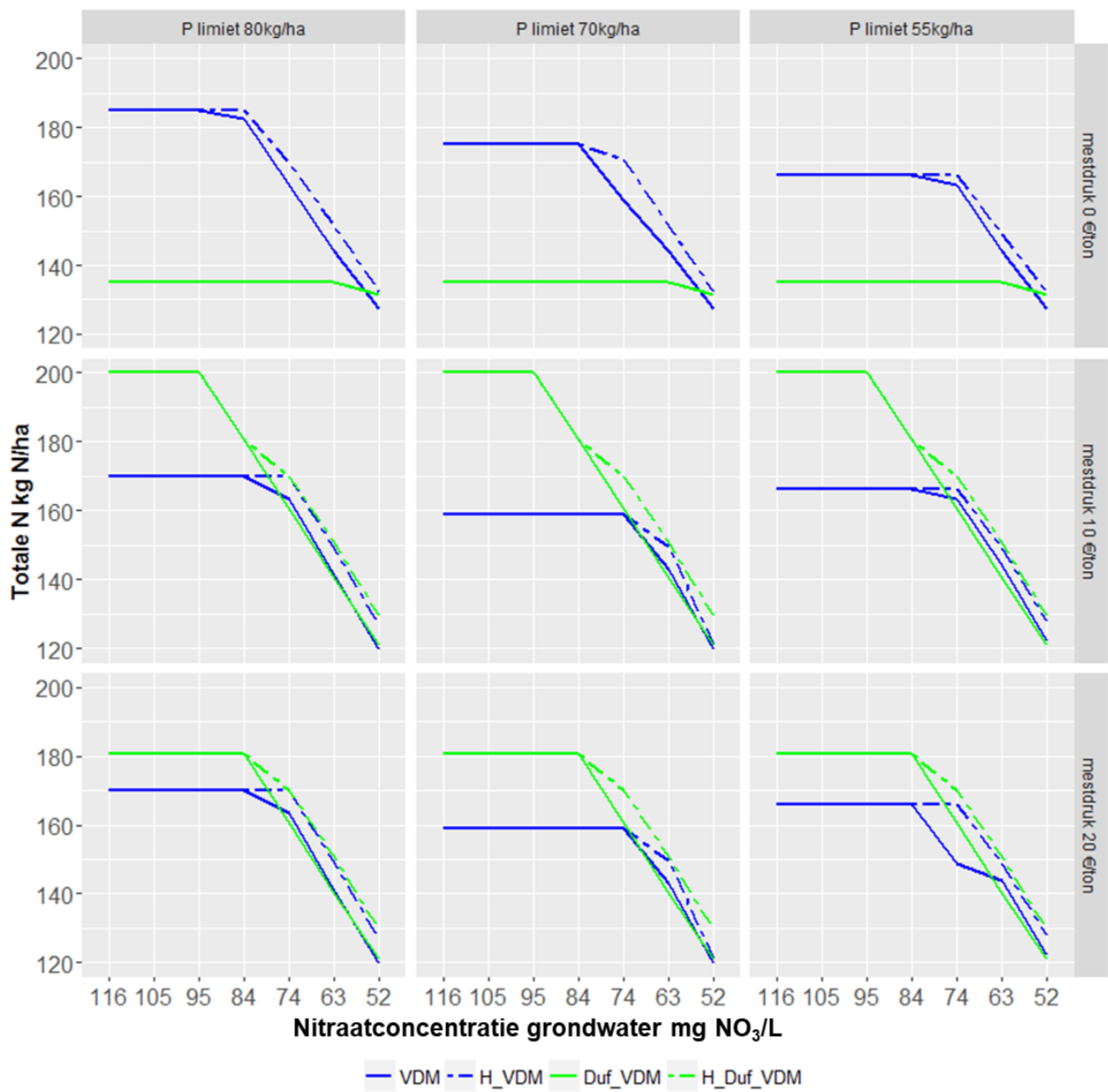
3.5.1.2 Varkens

Figuren A5 tot A8 geven in **Figuur 21** per kwadrant weer.



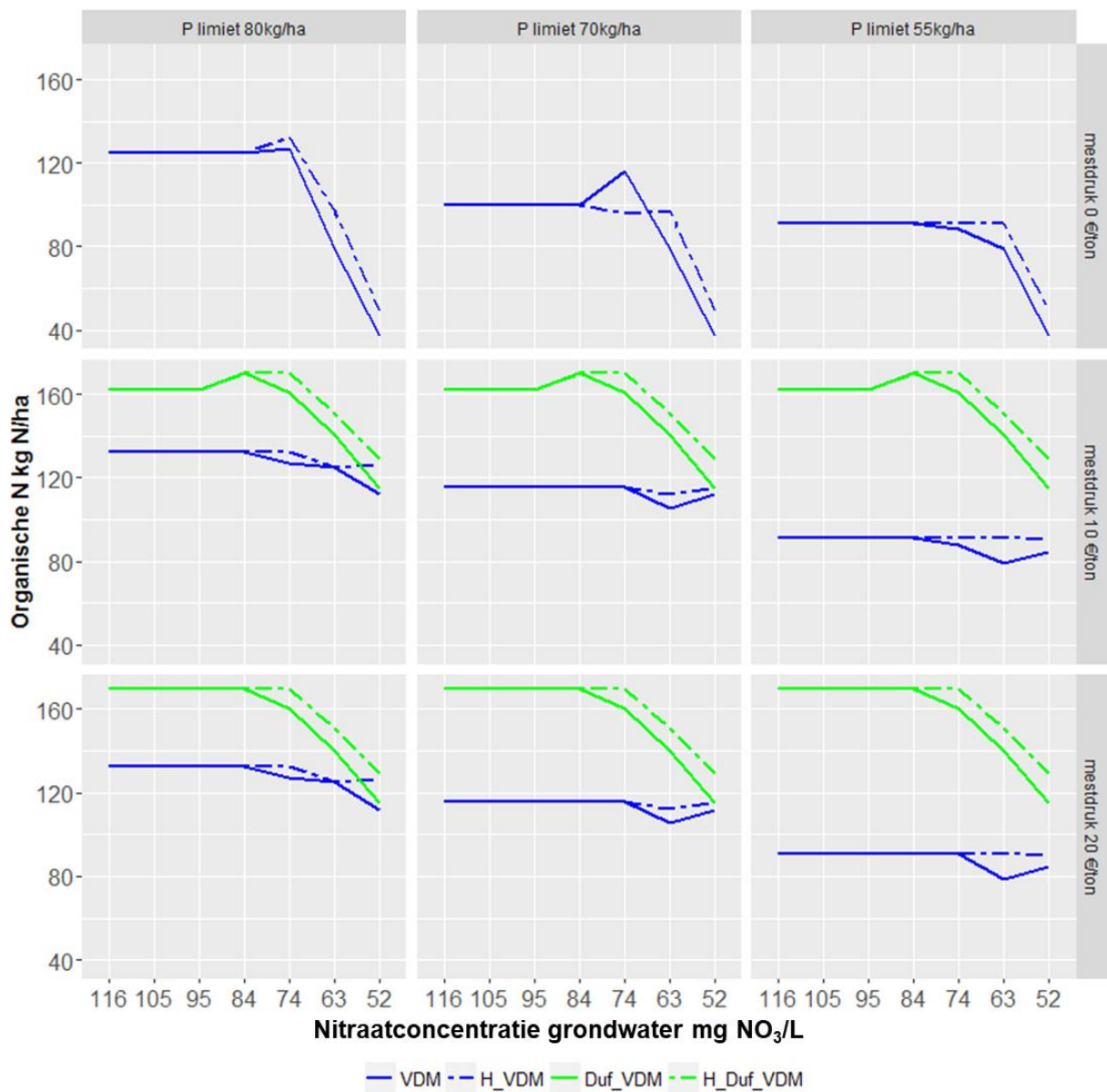
Figuur A5 Brutomarge voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types varkensmest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.





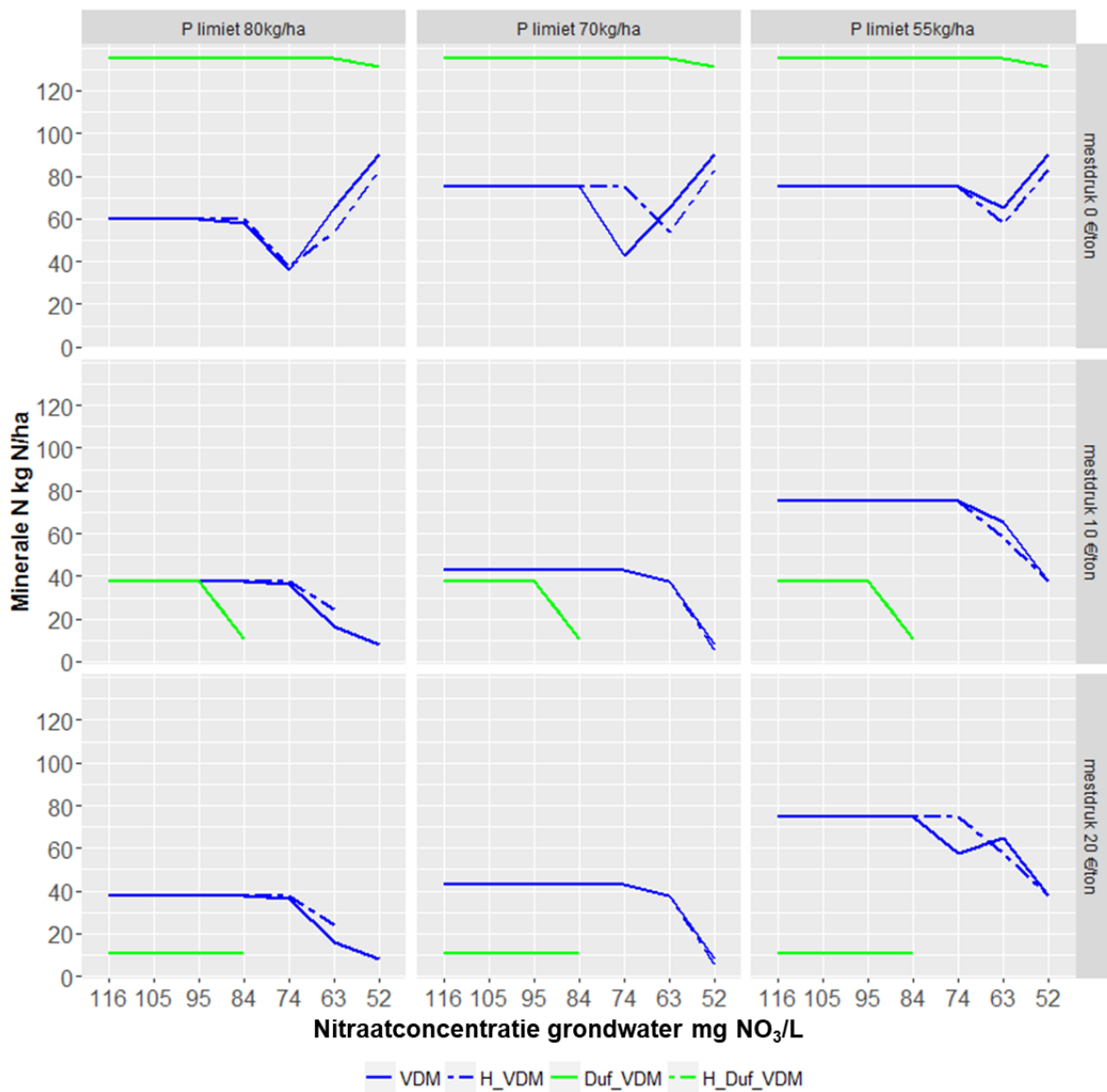
Figuur A6 Totale N-gift voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types varkensmest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.





Figuur A7 Organische N-gift voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types varkensmest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.





Figuur A8 Minerale N-gift voor diverse mestdrukken en P-limieten, in functie van de norm voor de NO₃-concentratie in het grondwater, voor bemesting van een zandbodem met types varkensmest. De x-as is telkens uitgedrukt als de drempel-NO₃-concentratie waar de verwachtingswaarde van de 75% laagste realisaties uit de NO₃-concentratieverdeling zeker onder blijft.



4 REFERENTIES

- Agricultural Market Information System. 2017. "AMIS Market Monitor" 46: 16. http://www.amis-outlook.org/fileadmin/user_upload/amis/docs/Market_monitor/AMIS_Market_Monitor_current.pdf.
- AGV, KWIN. 2012. *Kwantitatieve Informatie Akkerbouw En Vollegrondsgroenteteelt 2012*. Wageningen: Wageningen UR, 2012.
- Atwood, Joseph, Myle J Watts, and Glenn A Helmers. 1988. "Chance-Constrained Financing as a Response to Financial Risk." *American Journal of Agricultural Economics* 70 (1): 79–89. <https://doi.org/10.2307/1241978>.
- BDB. 2016. *Toestand En Evolutie van de Bodemvruchtbaarheid in België En Noordelijk Frankrijk 2012-2015*. Leuven: Bodemkundige Dienst van België.
- Elsacker, Sara Van, and Emilie Snauwaert. 2014. "Exportregelgeving Mestproducten Voor de Franse Afzetmarkt." VCM, Brugge, België. <http://www.vcm-mestverwerking.be/publicationfiles/brochureexportregelgevingFR.pdf>.
- Eurostat. 2010a. "Land Use by NUTS 2 Regions." 2010. http://ec.europa.eu/eurostat/data/database?p_auth=EI0wE69N&p_p_id=estatsearchportlet_WAR_estatsearchportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_estatsearchportlet_WAR_estatsearchportlet_action=search&text=land+use+NUTS+2.
- . 2010b. "Livestock: Number of Farms and Heads of Animals by Livestock Units (LSU) of Farm and NUTS 2 Regions." 2010. http://ec.europa.eu/eurostat/data/database?p_auth=EI0wE69N&p_p_id=estatsearchportlet_WAR_estatsearchportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_estatsearchportlet_WAR_estatsearchportlet_action=search&text=livestock+NUTS+2.
- Lebuf, Violtje, and Emilie Snauwaert. 2015. "Micro-Screening Mestbewerking." VCM, Brugge, België.
- Lemmens, B, J J. Ceulemans, H Elslander, S Vanassche, E Brauns, and K Vrancken. 2007. "Beste Beschikbare Technieken (BBT) Voor Mestverwerking Tweede Editie." <http://emis.vito.be/bbt-voor-mestverwerking>.
- Ministerie van Middenstand en Landbouw. 2001. *De Belgische Landbouwteelten: Een Overzicht*. Brussel.
- Nielsen, P, M Quaghebeur, P Geuzens, and D Huybrechts. 2003. "Beheer van Slib." *VITO*. Mol, Belgium.
- Overtveld, K Van, M Tits, P Van De Vreken, E Vandervelpen, L Peeters, O Batalaan, J Van Orshoven, et al. 2011. "Bepalen van Procesfactoren Voor Oppervlaktewater En Grondwater Ter Evaluatie van de Nitraatstikstofresidu-Norm," 216 pp.
- Rahn, C, Kefeng Zhang, Robert Lillywhite, C. Ramos, J. Doltra, J. M. De Paz, H. Riley, et al. 2010. "EU-Rotate _ N – a Decision Support System – to Predict Environmental and Economic Consequences of the Management of Nitrogen Fertiliser in Crop Rotations." *European Journal Horticultural Science* 75 (1).
- Ranst, E Van, and C Sys. 2000. "Eenduidige Legende Voor de Digitale Bodemkaart." Gent, België.
- United States Department of Agriculture. 2014. "Soil Bulk Density, Moisture and Aeration." Washington DC, US.
- VLM. 2017a. "Mestbankdata 2016." Brussel.
- . 2017b. "Mestrapport 2016," 193.
- . 2017c. "Nitraatresidurapport 2017," 109.
- . 2018. "Bemestingsnormen En Richtwaarden 2018." *Vlm*, 15. www.vlm.be.
- Vrieze, Jo De, Giovanni Colina, Cristina Pintucci, Jimena Sarli, Chiara Pedizzi, Gwen Willeghems, Andreas Bral,

et al. 2018. "Nutrient and Energy Recovery from Pig Manure via an Integrated Approach: A Technical and Economic Assessment for Full-Scale Applications." *Bioresource Technology*, in Submission.

Waele, Jeroen De, Karolien D'Haene, Joost Salomez, Georges Hofman, and Stefan De Neve. 2017. "Simulating the Environmental Performance of Post-Harvest Management Measures to Comply with the EU Nitrates Directive." *Journal of Environmental Management* 187. Elsevier Ltd: 513–26.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.048>.

World Bank Group. 2017. "Commodity Markets Outlook." World Bank; Washington; DC. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IG. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

