

Verruiming vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op akkerbouwbedrijven

Wim van Dijk
Joanneke Spruijt
Willemien Runia
Willem van Geel

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, AGV

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

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het Masterplan Mineralenmanagement en is gefinancierd door het Productschap Akkerbouw



PRODUCTSCHAP AKKERBOUW

Projectnummer: 32 502336 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit AGV

Address : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
Tel. : +31 320 291111
Fax : +31 320 230479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoud

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doel.....	9
1.3 Globale aanpak.....	10
2 BESTAANDE KENNIS.....	11
2.1 Vruchtwisseling en gewasopbrengst en -kwaliteit	11
2.2 Vruchtwisseling en mineralenbenutting.....	14
2.2.1 Stikstof	14
2.2.2 Fosfaat	18
2.3 Vruchtwisseling en bodemkwaliteit	18
2.4 Landruil/verhuur	21
3 SCENARIOSTUDIE.....	23
3.1 Uitgangspunten	23
3.2 Noordelijke zeeklei.....	25
3.3 Centrale zeeklei.....	29
3.3.1 Consumptieaardappelen.....	29
3.3.2 Pootaardappel.....	34
3.4 Zuidwestelijke zeeklei.....	37
3.5 Noordoostelijk zand- en dalgebied.....	40
3.6 Zuidoostelijk zandgebied	44
3.7 Lössgebied	49
4 DISCUSSIE	51
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	53
5.1 Conclusies	53
5.2 Aanbevelingen	55
6 REFERENTIES.....	57

Samenvatting

Verruiming van de vruchtwisseling met meer graan is gunstig voor de bodemkwaliteit en vaak ook voor de mineralenbenutting, maar is ongunstig voor het economisch bedrijfsresultaat. Met name op bedrijven met pootgoedaardappelen zijn forse opbrengststijgingen nodig om het inkomensverlies te compenseren die op dit moment weinig realistisch lijken. In dergelijke situaties kan beter eerst worden gekeken naar alternatieve maatregelen zoals organische meststofkeuze, inwerken van stro en het telen van vroege rassen. Ook verruiming met vroeg geogoste bloembolgewassen of groenten of landruil met een melkveehouder kunnen aantrekkelijkere alternatieven zijn.

Specialisatie op één of enkele gewassen, keuze voor zoveel mogelijk hoog salderende gewassen en het zo efficiënt mogelijk benutten van de mechanisatie heeft in de akkerbouwpraktijk geleid tot nauwere vruchtwisselingen met een zo hoog mogelijk aandeel van de best renderende gewassen. De keerzijde van deze nauwere vruchtwisselingen kan zijn: een lagere nutriënten efficiëntie, een hogere druk van ziekten en plagen en een verslechterende bodemkwaliteit.

Vanuit het Masterplan Mineralen Management is gevraagd een studie uit te voeren waarin de effecten van een ruimere c.q. slimmere vruchtwisseling op nutriëntenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op een rijtje worden gezet. Eerst is via literatuurstudie de bestaande kennis samengevat. Daarna is een scenariostudie uitgevoerd waarbij voor een aantal akkerbouwregio's een referentiebouwplan is vergeleken met een aantal verruimingsvarianten.

Belangrijke aspecten voor een hoge stikstofbenutting van het bouwplan zijn een hoog aandeel gewassen met een laag stikstofoverschot, voldoende ruimte voor vanggewassen, met name na gewassen die veel stikstof nalaten, en, met name op lössgronden, een afwisseling van ondiep en diep wortelende gewassen. Doordat de wettelijk toegestane fosfaatbemesting gelijk is voor alle bouwlandgewassen, wordt het fosfaatoverschot vooral bepaald door de fosfaatafvoer met geoogst product. Vruchtwisseling is hierop van invloed doordat gewassen verschillen in fosfaatafvoer.

De bodemkwaliteit wordt vooral bepaald door het organische stofgehalte, de structuur en de bodemgezondheid. Belangrijke factoren voor een hoge organische stofaanvoer van het bouwplan zijn een hoog aandeel gewassen met veel organische stof in gewasresten (o.a. graan) en voldoende ruimte voor goed ontwikkelde groenbemesters. Een hoog aandeel relatief laat geogoste rooivruchten (suikerbieten, aardappelen) geeft risico op structuurbederf. Teeltfrequentie en gewasvolgorde zijn ook van invloed op de beheersing van bodempathogenen (aaltjes, ziekten en plagen). Maar de keuze voor resistente rassen voor aardappel- en bietencysteaaltjes bijvoorbeeld in plaats van vatbare rassen heeft een groter effect op de aaltjespopulaties dan de teeltfrequentie. Voor andere schadelijke bodemorganismen met een brede waardplanten reeks is de teeltvolgorde van groot belang. De beste strategie is dan om tussen de hoog salderende vatbare gewassen, zoveel mogelijk niet-waardplanten in het bouwplan op te nemen. Een doordacht bouwplan, gebaseerd op kennis uit beslissingsondersteunende systemen, geeft de beste beheersing van ziekten en plagen.

De tot nu toe behaalde onderzoeksresultaten geven vooralsnog maar in beperkte mate aanwijzingen dat verruiming leidt tot hogere opbrengsten. In proeven waarin wel opbrengststijgingen zijn gevonden lagen deze meestal tussen 0 en 5%. Ook kan op basis van beschikbare informatie geen uitspraak worden gedaan over het kwantitatieve effect van een hogere organische stoftoevoer op de opbrengsten.

Bouwplanscenario's

In Tabel S1 zijn de uitkomsten van de bouwplanscenario's samengevat. De uitkomsten zijn weergegeven ten opzichte van het referentiebouwplan.

Verruiming met meer graan

Verlaging van de teeltfrequentie van aardappelen ten gunste van graan leidt tot een daling van het bouwplansaldo. Om de saldodaling te compenseren zou op termijn een hogere opbrengst door het ruimere

bouwplan en de hogere organische stof toevoer gerealiseerd moeten worden. In de literatuur zijn hiervoor slechts in beperkte mate aanwijzingen voor gevonden. Bij verruiming van 1:3 naar 1:4 en 1:6 pootaardappelen zou een opbrengstverhoging van alle bouwplangewassen van respectievelijk 12 % en 28% nodig zijn, van 1:4 naar 1:5 consumptieaardappelen 7% en van 1:2 naar 1:3 zetmeelaardappelen 5%. Het stikstofoverschot verandert niet veel bij een toename van het graanaandeel in de kleibouwplannen of steeg zelfs. In de bouwplannen op zand daalt het stikstofoverschot wel. Het fosfaatoverschot blijft gelijk of daalt. Meer graan telen verhoogt de organische stoftoevoer, deels doordat een graanstoppel veel organische stof levert en deels door de verhoogde mogelijkheden van inzaai van een groenbemester na het graan.

Verruiming met hoger renderende gewassen

Het saldoerlies bij verlaging van de teeltfrequentie van aardappelen kan worden verminderd door het vrijkomende areaal niet te gebruiken voor extra graan, maar te gebruiken voor hoger renderende gewassen zoals vollegrondsgroenten of verhuur voor bloembolgewassen zoals tulp en lelie.

Verhuur voor bloembolgewassen leidt wel tot een stijging van het stikstof- en fosfaatoverschot in de doorgerekende situaties in vergelijking met het referentiebouwplan. Bij groenten hangt het sterk af van de soorten die worden geteeld. Een gewas als broccoli heeft een hoog overschot terwijl dat bij peen en witlof relatief laag is.

Verhuur voor bloembolgewassen verlaagde in twee van de drie doorgerekende situaties de organische stof aanvoer. Verhuur voor tulp is gunstiger dan voor lelie, omdat door de vroege oogst van eerstgenoemd gewas een goed ontwikkelde groenbemester kan worden gezaaid. Hetzelfde geldt voor vroege teelten van groenten. Bovendien is er door de vroege oogst minder kans op structuurschade.

Landruil met melkveehouder

Verruiming is ook mogelijk door land te ruilen met een melkveehouder. Feitelijk worden dan de rotaties van de beide bedrijven in elkaar geschoven waardoor op perceelsniveau de teeltfrequentie daalt, terwijl deze voor het totale akkerbouwareaal (op bedrijf akkerbouwer en melkveehouder) kan stijgen. Dat laatste is het geval wanneer bijvoorbeeld graan wordt vervangen door hoger renderende gewassen.

Landruil met een melkveehouder is economisch gunstig. Benadrukt moet worden dat de berekende saldoverbeteringen de meest gunstige situatie betreffen. Afhankelijk van de gemaakte afspraken zal de akkerbouwer ook teeltactiviteiten (onkruidbestrijding snijmaïs, inzaai gras) verzorgen voor de melkveehouder om de situatie ook voor laatstgenoemde voldoende aantrekkelijk te maken. Ook moet via een grondgebruiksverklaring worden vastgelegd dat de grond bij de akkerbouwer op naam van de veehouder staat en andersom, zodat de veehouder aan de derogatie eisen kan voldoen.

In de doorgerekende situaties neemt het stikstofoverschot op het areaal waarop de akkerbouwgewassen worden geteeld (bij akkerbouwer en veehouder) af. Dit komt voor een belangrijk deel door de N-nalevering van de ondergewerkte graszode waardoor kan worden bespaard op de N-bemesting. Het fosfaatoverschot nam in het kleivoorbeeld toe en in het zandvoorbeeld daalde het fosfaatoverschot.

In een situatie van grondruil waarbij het graan wordt ingeleverd vermindert de aanvoer van organische stof met gewasresten, ondanks dat op het land van de akkerbouwer een kunstweide meedraait in de rotatie. Dit komt omdat de organische stof aanvoer met wintertarwe plus groenbemester op jaarbasis aanzienlijk hoger is dan van de kunstweide. In een uitgangssituatie met snijmaïs in het bouwplan in plaats van graan levert de kunstweide van drie jaar wel een verbeterde situatie op voor de organische stofvoorziening, omdat de organische stof aanvoer van snijmaïs laag is. Wanneer op het land van de akkerbouwer tevens de varkensdrijfmest wordt vervangen door runderdrijfmest verbetert de organische stofvoorziening wel. Dit effect is veel sterker dan het effect van verandering van het bouwplan.

Bij landruil met een melkveehouder waarin ook gras gaat meedraaien in de rotatie op beide bedrijven zal grasland vaak worden gescheurd. Dit kan gemakkelijk leiden tot extra nitraatuitspoeling. Om dit risico zo veel mogelijk te beperken is het belangrijk dat er voldoende rekening wordt gehouden met de stikstofnalevering uit de ondergewerkte en dat, indien mogelijk, een vanggewas wordt gezaaid. Verder moet worden bedacht dat na inzaai van het nieuwe grasland er in de opbouwfase van de graszode extra stikstof nodig is. Bij de afspraken die de akkerbouwer maakt met de veehouder moet hiermee worden rekening gehouden.

Tabel S1. **Bouwplansaldo, stikstof- en fosfaatoverschot en aanvoer effectieve organische stof via gewasresten van het referentiebouwplan (vetgedrukt) en het effect van de bouwplanvarianten t.o.v. het referentiebouwplan (schuingedrukt).**

Regio ¹	Variant	Beschrijving	Bouwplansaldo ² (€/ha)	Stikstofoverschot ² (kg N/ha)	Fosfaatoverschot ² (kg P ₂ O ₅ /ha)	EOS-aanvoer ³ (kg EOS/ha)
NZK	NZK-S	1:3 pootgoed	3570	50	5	1695
	<i>NZK-1</i>	<i>1:4 pootgoed, 10% meer graan, pootgoedland bijhuren</i>	<i>-365</i>	<i>+1</i>	<i>-2</i>	<i>+220</i>
	<i>NZK-2</i>	<i>1:4 pootgoed, verhuur tulp+broccoli, pootgoedland bijhuren</i>	<i>-105</i>	<i>+18</i>	<i>+12</i>	<i>+65</i>
	<i>NZK-3</i>	<i>1:3 pootgoed, 10% minder suikerbiet, 10% meer graan</i>	<i>-80</i>	<i>-3</i>	<i>+2</i>	<i>+130</i>
CZK	CZKN-S	1:3 pootgoed	4845	37	13	1415
(NOP)	<i>CZKN-1</i>	<i>1:6 pootgoed, 1:6 peen+witlof erbij, pootgoedland bijhuren</i>	<i>-585</i>	<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>-50</i>
	<i>CZKN-2</i>	<i>1:6 pootgoed, 1:6 graan erbij, pootgoedland bijhuren</i>	<i>-770</i>	<i>+5</i>	<i>-4</i>	<i>+115</i>
CZK	CZKF-0	1:4 cons aard	2820	57	-1	1505
(Flev)	<i>CZKF-1</i>	<i>1:5 cons aard en groenten, 10% meer graan</i>	<i>-325</i>	<i>0</i>	<i>-2</i>	<i>+185</i>
	<i>CZKF-2</i>	<i>1:5 cons aard en groenten, 1:5 verhuur tulp erbij</i>	<i>+85</i>	<i>+9</i>	<i>+9</i>	<i>-185</i>
	<i>CZKF-3</i>	<i>Ruil met veehouder, extra cons aard+ui i.p.v. graan</i>	<i>+1255</i>	<i>-10</i>	<i>+8</i>	<i>-355/+725⁴</i>
ZWK	ZWK-0	1:5 cons aard	2225	80	3	1740
	<i>ZWK-1</i>	<i>1:5 verhuur tulp erbij ten koste van graan</i>	<i>+410</i>	<i>+10</i>	<i>+11</i>	<i>-360</i>
NON	NON-0	1:2 aardappel	1195	65	15	1545
	<i>NON-1</i>	<i>1:3 aardappel, 17% zomergerst erbij</i>	<i>-100</i>	<i>-15</i>	<i>-3</i>	<i>+225</i>
	<i>NON-2</i>	<i>1:3 aardappel, 17% snijmais/cichorei/waspeen erbij</i>	<i>+20</i>	<i>-16</i>	<i>-2</i>	<i>-35</i>
	<i>NON-3</i>	<i>1:3 aardappel, 17% rustgewas erbij</i>	<i>-220</i>	<i>-12</i>	<i>-4</i>	<i>+260</i>
	<i>NON-4</i>	<i>1:2aardappel, 10% verhuur lelie i.p.v. zomergerst</i>	<i>+110</i>	<i>+9</i>	<i>+2</i>	<i>-160</i>
ZON	ZON-0	1:4 cons aard	2380	54	8	1090
	<i>ZON-1</i>	<i>Zomergerst i.p.v. snijmais</i>	<i>-85</i>	<i>-4</i>	<i>+2</i>	<i>+360</i>
	<i>ZON-2</i>	<i>Zomergerst i.p.v. snijmais, groenbemester i.p.v. stamslaboon</i>	<i>-185</i>	<i>-12</i>	<i>+4</i>	<i>+415</i>
	<i>ZON-3</i>	<i>Ruil met veehouder, extra cons aard i.p.v. verhuur lelie</i>	<i>+370</i>	<i>-19</i>	<i>-4</i>	<i>+225/+1305⁴</i>
	<i>ZON-4</i>	<i>Vroege rassen consumptieaardappel en snijmais</i>	<i>-20</i>	<i>-15</i>	<i>+5</i>	<i>+270</i>

1 NZK = noordelijk zeeklei, CZK = centrale zeeklei, ZWK = zuidwestelijk zeeklei, NON = noordelijk zand- en dalgebied, ZON = zuidoostelijk zandgebied

2 inclusief bijgehuurd land

3 EOS-aanvoer op eigen land, inclusief dierlijke mest

4 Effect zonder en met vervanging van varkensdrijfmest door runderdrijfmest

Rustgewassen

Voor het noordoostelijk zandgebied levert een rustgewas in de vorm van een groenbemester als hoofdteelt een substantiële bijdrage aan de organische stofvoorziening. Echter, het verschil met een hoofdteelt van zomergerst plus en groenbemester is relatief gering.

Vervanging van stamslaboon door een groenbemester in het zuidoostelijk zandgebied levert een kleine verhoging van de organische stof toevoer, maar verlaagt wel het stikstofoverschot.

De rustgewassen verlagen het bouwplansaldo. Er is een opbrengstverhoging van 12% (noordoosten) en 3% (zuidoosten) van alle bouwplangewassen om deze daling te compenseren.

Vroege oogst

Een vroegere oogst van consumptieaardappelen en snijmaïs gevolgd door een onbemeste groenbemester in het zuidoostelijk zandgebied laat het stikstofoverschot dalen en de organische stof toevoer stijgen. Echter door de lagere opbrengst en de extra kosten voor groenbemers daalt het bouwplansaldo.

Lange termijn effecten organische stof

In situaties waarin de EOS-toevoer stijgt, loopt de modelmatig voorspelde stijging van het organische stofgehalte na 20 jaar uiteen van 0,01 tot 0,04% (absoluut) ten opzichte van het referentiebouwplan.

Vervanging van de varkensdrijfmest door runderdrijfmest geeft een voorspelde stijging van het organische stofgehalte na 20 jaar van circa 0,25% (absoluut). Dat effect is aanzienlijk sterker dan dat van bouwplanverandering.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Europese Kaderrichtlijn Water (waaronder de Nitraatrichtlijn), het Kyoto Protocol en toenemende schaarste van grondstoffen, vereisen dat stikstof en fosfaat met minimale verliezen naar water (nitraat, fosfaat) en lucht (ammoniak, broeikasgassen) worden gebruikt. Via het Masterplan Mineralenmanagement (MMM), een initiatief van LTO-Nederland, Nederlandse Akkerbouw Vakbond en Productschap Akkerbouw, geeft de Nederlandse akkerbouw hieraan invulling. Belangrijke thema's zijn onder andere verbetering van mineralenbenutting en behoud van een vitale bodem.

Voor zowel de mineralenbenutting als de bodemkwaliteit speelt de vruchtwisseling een belangrijke rol. Daarnaast heeft de vruchtwisseling een grote invloed op bodemgezondheid en structuur, maar ook op het economisch bedrijfsresultaat.

De specialisatie op één of enkele gewassen, keuze voor zoveel mogelijk hoog salderende gewassen en het zo efficiënt mogelijk benutten van de mechanisatie heeft in de akkerbouwpraktijk geleid tot nauwere vruchtwisselingen met een zo hoog mogelijk aandeel van de best renderende gewassen. De keerzijde van deze nauwere vruchtwisselingen kan zijn: een lagere nutriënten efficiëntie, een hogere druk van ziekten en plagen en een verslechterende bodemkwaliteit (De Haan et al., 2010). Genoemde effecten kunnen de opbrengst en kwaliteit van de hoog salderende gewassen negatief beïnvloeden wat weer een verslechtering van het economisch resultaat betekent.

De juiste keuze van de vruchtwisseling is een zoektocht naar slimme rotaties die een goede combinatie vormen van economisch rendement, behoud van bodemkwaliteit en minimale emissies. Hierbij kan het resultaat in een aantal gevallen een ruimere vruchtwisseling zijn, maar er liggen binnen een nauwere vruchtwisseling van de hoofdgewassen ook mogelijkheden om de gewenste effecten na te streven. Voorbeelden hiervan zijn: goede gewascombinaties, een slimme gewasvolgorde en aandeel en keuzen van groenbemesters in het bouwplan.

Verskillende groepen van akkerbouwers kiezen bewust voor een ruime vruchtwisseling omdat er of onvoldoende mogelijkheden zijn om de nadelen van een intensief bouwplan op te heffen of om juist de best salderende gewassen een zo gunstig mogelijke uitgangspositie te verschaffen zodat deze zo goed mogelijk presteren. Voor bijvoorbeeld de biologische teelt is een 1 op 6 of 1 op 5 rotatie vrijwel standaard. Maar ook gangbare boeren kiezen meer en meer bewust voor een ruimere of slimmere rotatie. Voorbeelden hiervan zijn de verruiming van de teelt van zetmeelaardappelen op de dalgronden of deelnemers uit projecten als Veldleeuwerik en Telen met Toekomst waarbij telers bewust kiezen voor een ruimere en/of slimmere rotatie en daarbij aangeven per saldo ook financieel beter af te zijn.

Vanuit het MMM is gevraagd om via een bureaustudie de effecten van een ruimere c.q. slimmere vruchtwisseling op nutriëntenbenutting en bedrijfseconomie op een rijtje te zetten. Dit rapport geeft de resultaten.

1.2 Doel

Doel van het project is:

- Het op basis van een literatuurstudie in kaart brengen van de agronomische, milieukundige en economische effecten van verruiming van vruchtwisseling.
- Het berekenen van de economische en milieukundige consequenties op de korte en lange termijn van een aantal praktische mogelijkheden voor verruiming van vruchtwisseling voor een aantal representatieve bedrijfstypen.
- De resultaten naar de praktijk te communiceren.

Afbakening

- Het project beperkt zich tot de effecten van verruiming van vruchtwisseling op akkerbouwbedrijven. In het geval de verruiming plaatsvindt door grondruil met een melkveehouder (afwisseling met mais en/of gras) zal dit ook milieutechnische en economische gevolgen hebben voor het melkveebedrijf. Dit wordt niet meegenomen in het project.
- De studie beperkt zich tot de volgende akkerbouwregio's:
 - Noordelijk zeekleigebied
 - Centraal zeekleigebied
 - Zuidwestelijk zeekleigebied
 - Noordoostelijk zand- en dalgebied
 - Zuidoostelijk zandgebied
 - Lössgebied

1.3 Globale aanpak

De studie kent globaal de volgende aanpak. Eerst is via literatuurstudie en inventarisatie van expertkennis de bestaande kennis rond verruiming van vruchtwisseling op een rij gezet. Vervolgens is aan de hand van verschillende bedrijfstypen en gebruik makend van de verzamelde informatie een scenariostudie uitgevoerd waarin de milieutechnische, agronomische en economische effecten van verruiming van vruchtwisseling worden gekwantificeerd. Door gebruik te maken van standaardbedrijfstypen worden effecten van verruiming meer systematisch in beeld gebracht.

2 Bestaande kennis

Vruchtwisseling heeft op verschillende manieren effect op de mineralenbenutting, de bodemkwaliteit, de gewasopbrengst en het bedrijfseconomische resultaat:

- Vruchtwisseling beïnvloedt via de bodemkwaliteit (organische stof, structuur, bodempathogenen) de gewasproductie en daardoor de nutriëntenafvoer met geoogst product. Een hogere nutriëntenafvoer verlaagt het nutriëntenoverschot.
- Gewassen verschillen in de mate waarin ze nutriënten weten te benutten en hoeveel organische stof ze achterlaten via gewasresten. De gewassamenstelling beïnvloedt daardoor het nutriëntenoverschot en de organische stoftoevoer van het bouwplan. Graangewassen zijn hierdoor gunstiger dan bijvoorbeeld aardappelen doordat het N-overschot lager is en ze meer organische stof achterlaten.
- De gewasvolgorde speelt een rol bij de nutriëntenoverdracht tussen gewassen. Zo kunnen bijvoorbeeld diep wortelende gewassen stikstof benutten die na het voorgaande gewas is achtergebleven. Door diepwortelende gewassen te telen na gewassen die veel stikstof nalaten kan de stikstofbenutting van de rotatie worden verbeterd.
- De gewassamenstelling en met name het aandeel vroeg geoogste gewassen bepaalt de mogelijkheden voor de teelt van een groenbemester. Hiermee kan achtergebleven stikstof worden vastgelegd en behoed voor uitspoeling. Daarnaast wordt met groenbemers ook extra organische stof aangevoerd.
- Gewassen verschillen in oogsttijdstip en met de oogst samenhangende mechanisatie. Laat geoogste gewassen geven meer risico van bodemverdichting met name wanneer de oogst plaatsvindt met zware oogstapparatuur. Voorbeelden hiervan zijn hakvruchten als aardappelen en suikerbieten, maar ook lelies.
- Gewassen verschillen in financieel saldo. Rooivruchten, zoals aardappelen, uien, suikerbieten of vollegrondsgroenten, geven gemiddeld een hoger saldo dan graan (Visser et al., 2008). In de praktijk wordt de vruchtwisseling daarom vooral gestuurd door economische redenen.

In dit hoofdstuk geven we een samenvatting van resultaten van onderzoek waarin vruchtwisseling een rol speelt. Achtereenvolgens bespreken we de effecten van vruchtwisseling op gewasopbrengsten, nutriëntenbenutting en bodemkwaliteit.

2.1 Vruchtwisseling en gewasopbrengst en -kwaliteit

Effecten van vruchtwisseling op opbrengst en kwaliteit kunnen worden gehaald uit vruchtwisselingsproeven. Daarnaast geeft ook het bedrijfssysteemonderzoek aanwijzingen voor zover de vruchtwisseling verschilde tussen de vergeleken bedrijfssystemen. Hieronder wordt de beschikbare informatie besproken waarbij we die zo veel mogelijk regionaal bij elkaar hebben gezet.

Noordelijke zeeklei

In een meerjarige vruchtwisselingsproef van 1977 tot en met 1988 op lichte zavelgrond in Kloosterburen (Flood et al., 1992) werden de volgende rotaties met elkaar vergeleken:

- Een vierjarige rotatie van pootaardappel, wintertarwe, suikerbiet en wintertarwe + groenbemester,
- Een driejarige rotatie van pootaardappel, suikerbiet en wintertarwe + groenbemester
- Een tweejarige rotatie van pootaardappel en suikerbiet

Voor deze studie zijn de vergelijking van de drie- en vierjarige rotatie van pootaardappel relevant. Beide rotaties werden uitgevoerd met en zonder grondontsmetting. Zowel bij de drie- als vierjarige rotatie had de grondontsmetting geen duidelijk effect op opbrengst, sortering of kwaliteit van de gewassen. Dit geeft aan dat in dit onderzoek de gevonden vruchtwisselingseffecten niet samenhangen met verschillen in populaties aan bodempathogenen zoals aaltjes.

De verruiming van de pootaardappelteelt van 1:3 naar 1:4 gaf geen verhoging van de totaalopbrengst, maar wel een 6% hogere netto-opbrengst (knolsortering 28-45 mm), doordat de aardappelen bij 1:3 meer waren doorgegroeid in hogere sorteerklassen (>45 mm). De netto afleverbare opbrengst (is netto opbrengst minus gesorteerde, door lakschurft (Rhizoctonia) aangetaste knollen) was bij de 1:4 rotatie 22% hoger door een lagere schurftaantasting. Problemen met de lakschurftbezetting zijn te voorkomen door een grondbehandeling met een anti-Rhizoctonia fungicide en door een goed oogstwijze, aldus het onderzoeksverslag.

De suikeropbrengst en de wintertarweopbrengst waren bij de 1:4 rotatie respectievelijk 4% en 3% lager dan bij de 1:3 rotatie.

Centrale zeeklei

De Schreef

Van 1963 tot en met 1986 is een vruchtwisselingsproef op proefboerderij De Schreef uitgevoerd (Hoekstra en Lamers, 1993). De proef startte op een maagdelijke kalkrijke kleigrond met 35% lutum (52% afslibbaar). De 14 bouwplannen varieerden in aandeel consumptieaardappelen en suikerbieten van 0% tot 33%, in aandeel kunstweide van 0% tot 50% en in aandeel graan en graszaad van 33% tot 67%.

Cysteaaltjes of onkruiden vormden geen overheersende problemen behalve dat dicotyle overblijvende onkruiden in bouwplannen met 67% dicotyle gewassen de kop opstaken.

Bij aardappelen bereikte de 1:4 rotaties ten opzichte van de 1:6 rotatie in de vijfde cyclus een dieptepunt met een opbrengstreductie van 11%. Over de periode 1987-1990 is het verschil slechts 3 %.

De invloed van de teeltfrequentie van suikerbieten op de opbrengst is na 24 jaar gering. De driejarige rotatie brengt slechts een 2% lagere suikeropbrengst op dan een zesjarige rotatie.

Er was nauwelijks invloed van de teeltfrequentie op de opbrengst van zomergerst. Incidenteel werd de opbrengst bij 50% graan verlaagd door oogvlekkenziekte.

Creil

In een proef op zavelgrond in Creil is een bouwplan met 100% rooivruchten vergeleken met 66% rooivruchten aangevuld met kunstweide (Rops, 1987). Het betrof in beide situaties een 1:3-rotatie met pootaardappelen en eerstejaars plantuien. Het derde gewas in het bouwplan met 100% rooivruchten betrof waspeen en later suikerbieten en in het bouwplan met 66% rooivruchten was dit kunstweide.

In het intensieve bouwplan kon een even hoge aardappelopbrengst worden behaald als in het extensievere bouwplan, indien 15 à 20 kg extra N/ha werd gegeven. Bij de plantuien was er geen duidelijk opbrengstverschil.

Tussen 1986 en 1994 is in een vruchtwisselingsproef nagegaan in hoeverre de gebruikelijke intensieve bouwplannen in de Noordoostpolder (NOP) ook op langere termijn te handhaven zijn (Rops et al., 1996). In het onderzoek zijn drie bouwplannen opgenomen in een zesjarige rotatie met de gewassen pootaardappelen (PA), suikerbieten (SB), tulpen (TP), waspeen (WP), witlof (WL), plantuien (PU), zaaiuien (ZU) en wintertarwe (WT):

1. Zeer intensief PA – SB – TP+WP – PA – ZU – WP/WL
2. Intensief PA – SB – TP – PA – PU – WP/WL
3. Minder intensief PA – WT – TP – PA – WT – WP/WL

De opbrengsteffecten bij pootaardappelen waren gering. Gemiddeld was de opbrengst bij bouwplan 2 3% hoger dan die van bouwplan 1. Bij het meest extensieve bouwplan was de pootgoedopbrengst vergelijkbaar met die van bouwplan 1. Bij waspeen werd bij zowel bouwplan 2 als 3 een hogere opbrengst gevonden dan bij bouwplan 1 (respectievelijk 8 en 4%). Ook bij tulpen steeg de opbrengst met 7-8% bij extensivering van het bouwplan. Bij de andere gewassen werden geen duidelijke opbrengsteffecten gevonden.

Noordoostelijk zand- en dalgebied

Emmercompasuum

In een vruchtwisselingsproef op dalgrond te Emmercompasuum zijn van 1981 tot en met 1989 een gangbare 1:2-rotatie van zetmeelaardappel, afgewisseld met suikerbiet en/of zomertarwe onder meer vergeleken met een 1:3-rotatie van aardappel, suikerbiet en zomertarwe en een 1:4-rotatie van aardappel, suikerbiet, zomertarwe en haver (Wijnholds en Van den Berg, 1995; Wijnholds en Smid, 1995). Ter bestrijding van aardappelcysteeltjes werd bij elke rotatie na elke aardappelteelt grondontsmetting toegepast.

Het uitbetalingsgewicht van de zetmeelaardappelen verschilde in de gangbare 1:2-rotatie niet significant van die in de ruimere rotaties. De suikeropbrengst was in de 1:4-rotatie 5% hoger dan in de 1:2-rotatie (in beide gevallen was de teeltfrequentie van de suikerbieten 25%). De opbrengst van zomertarwe bleef in een 1:2-rotatie met aardappel 4% achter bij een 1:3- en 1:4-rotatie van zomertarwe. Tussen de 1:3- of 1:4-rotatie was geen duidelijk opbrengstverschil.

De gangbare, intensieve rotatie gaf een hoger bouwplansaldo dan de ruimere rotaties.

In voorgaand onderzoek werd na elke aardappelteelt de grond ontsmet. In 1990 was duidelijk dat het toepassen van grondontsmetting om milieutechnische redenen wettelijk beperkt zou gaan worden. Onduidelijk was of deze beperking problemen zou gaan opleveren voor deze gangbare rotatie. Vooral werd gevreesd voor toenemende problemen met vrijlevende aaltjes. Bij hogere aantallen van deze aaltjes, zou bovendien schade door bodemschimmels kunnen toenemen, omdat deze aaltjes de gewassen verzwakken. Dit was de basis voor vruchtwisselingsonderzoek dat is uitgevoerd gedurende de jaren 1990-2001 op zandgrond te Rolde en dalgrond te Valthermond, Wijnholds et al., 2004. In de rapportage van dit onderzoek zijn o.a. het veldgewicht, het onderwatergewicht en het uitbetalingsgewicht weergegeven van de verschillende rotaties gedurende de onderzoeksperiode op beide locaties. Er blijken er geen significante verschillen te zijn waargenomen tussen de opbrengst van 1:2 en 1:3 rotaties. In Rolde zijn in een aantal gevallen wel significante opbrengstverhogingen waargenomen bij verruiming van 1:2 of 1:3 naar 1:4 of 1:5, in Valthermond niet.

Zuidoostelijk zandgebied

Bedrijfssysteemonderzoek Vredepeel

Op proefbedrijf Vredepeel is in de periode 1990-2008 onderzoek verricht naar bedrijfssystemen. In de periode 1992-1999 was zowel een intensief geïntegreerd systeem met een 1 op 4 rotatie als een extensief geïntegreerd systeem met een 1 op 6 rotatie opgenomen (Wijnands en Kroonen-Backbier, 2002; Tabel 1).

Tabel 1. **Vruchtwisseling bij bedrijfssystemen intensief en extensief op proefboerderij Vredepeel.**

Jaar	Intensief		Extensief	
	Gewas	Aandeel (%)	Gewas	Aandeel (%)
1	Consumptieaardappel	25	Consumptieaardappel	16,7
2	Suikerbiet	25	Snijmais	16,7
3	Triticale/snijmais	12,5/12,5	Waspeen	16,7
4	Waspeen/dubbelteelt erwt+stamslaboon	12,5/12,5	Erwt+stamslaboon	16,7
5			Suikerbiet	16,7
6			Triticale	16,7

De kwaliteitsproductie werd bij beide systemen beïnvloed door de aanwezigheid van diverse soorten aaltjes. De gerealiseerde opbrengst haalde bij het intensieve systeem 93 % van de streefwaarde. Het extensieve systeem haalde 92 % van de streefopbrengsten (niveau omliggende praktijk). Er zijn enkele opvallende zaken. In het intensieve systeem bleef de suikeropbrengst zo'n 15 % achter bij het streven. Met name *Rhizoctonia* dat hier meer voorkwam dan in het extensieve systeem is hier debet aan. Verder vermeerderd aardappel, de voorvrucht voor biet, het aaltje *Meloidogyne hapla* sterk waardoor mogelijke schade ontstaan is in het voor dit aaltje gevoelige volggewas suikerbiet. In het extensieve systeem krijgt *M. hapla* iets minder kans; het percentage niet-waardplanten stijgt van 25 naar 33%.

Het intensieve systeem behaalde gemiddeld €75 opbrengst per €100 kosten. Extensivering betekent een verslechtering van het bedrijfsresultaat tot €70 opbrengst per €100 kosten. Een groter aandeel beter salderende gewassen is noodzakelijk om de continuïteit van de bedrijfsvoering veilig te stellen. Dat kan of via intensivering op het eigen bedrijf of via uitbreiding van het areaal op ruil- of huurland. Intensivering op het eigen bedrijf ligt niet voor de hand gezien de te verwachten problemen met beheersing van bodemgebonden ziekten en plagen.

2.2 Vruchtwisseling en mineralenbenutting

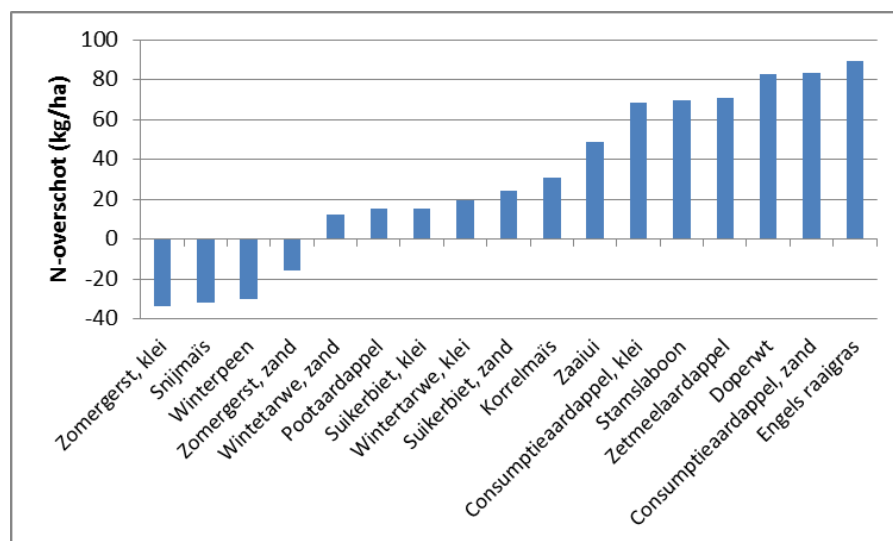
2.2.1 Stikstof

De gewassamenstelling en -volgorde van de gewassen in de rotatie beïnvloeden de stikstofbenutting en – verliezen. Dit hangt samen met verschillen in N-overschot tussen gewassen, maar ook van de mogelijkheden om niet benutte stikstof over te dragen naar het volgende gewas via bijvoorbeeld groenbemesters of diep wortelende gewassen die in staat zijn naar diepere lagen uitgespoelde stikstof weer op te nemen.

Verschillen in N-overschot

In Figuur 1 is van een aantal veel op akkerbouwbedrijven geteelde gewassen het stikstofoverschot weergegeven bij bemesting volgens advies. Het overschot is hierbij gedefinieerd als de aanvoer met meststoffen, biologische binding (in geval van vlinderbloemigen) en pootgoed minus de afvoer met geoogst product. Bij de berekening is uitgegaan van bemesting met kunstmest.

Er zijn grote verschillen in N-overschot tussen gewassen uiteenlopend van -35 kg N per ha voor zomergerst tot 80-90 kg N per ha voor gewassen als consumptieaardappelen en graszaad. Verschillen ontstaan door verschillen in N-behoefte en door verschillen in N-afvoer met geoogst product. Voorbeelden van de eerste groep gewassen zijn consumptieaardappelen. Gewassen waarbij het overschot vooral veroorzaakt wordt door de lage afvoer met geoogst product zijn o.a. graszaad, stamslabonen en doperwt.



Figuur 1. Stikstofoverschot (kg N per ha) van een aantal veel op akkerbouwbedrijven geteelde gewassen (overschot gebaseerd op bemesting met kunstmest, stro wordt afgevoerd).

Onderzoeken waarin verschillende rotaties zijn vergeleken bevestigen de effecten van rotatie op de stikstofbenutting.

Nutriënten Waterproof

In het project Nutriënten Waterproof (2005-2008, Vredepeel, zandgrond) heeft o.a. een vergelijking plaatsgevonden tussen een geïntegreerd en een biologisch systeem (zie Tabel 2 voor het vruchtwisselingsschema). De gemeten nitraatuitspoeling was in het biologische systeem aanzienlijk lager dan in het gangbare systeem (40 mg per liter ten opzichte van 100-120 mg nitraat per liter). Het biologische bouwplan bevatte een lager aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen en meer (meerjarige) gewassen met een lange stikstofopnameperiode. Ook was er in de rotatie meer ruimte aanwezig voor tijdig gezaaide groenbemesters. Opvallend was dat het stikstofoverschot (inclusief biologische binding) van de systemen wel redelijk vergelijkbaar was.

Tabel 2. **Vruchtwisselingsschema van geïntegreerde en biologische bedrijfssystemen van project Nutriënten Waterproof op proefbedrijf Vredepeel.**

Jaar	Geïntegreerd	Biologisch
1	Aardappel	Aardappel gevolgd door luzerne of grasklaver
2	Triticale	Luzerne of grasklaver (2 ^e jaar)
3	Lelie	Luzerne/grasklaver tot juni, gevolgd door herfst- of winterprei
4	Doperwt gevolgd door winterprei	Broccoli en zomergerst + groenbemester
5	Snijmaïs + groenbemester	Korrelmaïs en 1 ^e jaars bos- en haagplantsoen
6	Suikerbiet	Zomergerst + groenbemester en 2 ^e jaars bos- en haagplantsoen

Nitraatonderzoek Wijnandsrade

Van 1995 tot en met 2001 heeft op proefboerderij Wijnandsrade veldonderzoek plaatsgevonden naar de vermindering van de nitraatuitspoeling op lössgronden (Dekker et al., 2003). Daarbij zijn een aantal rotaties met elkaar vergeleken, onder andere aardappel-wintertarwe-suikerbiet, aardappel-snijmaïs-suikerbiet en continueelt van snijmaïs.

Bij de rotaties met snijmaïs werd een hogere nitraatuitspoeling gemeten dan bij de rotatie zonder snijmaïs. De gemeten uitspoeling na de gewassen verschilde sterk. Zo bedroeg in een situatie met gebruik van drijfmest en bemesting volgens advies in de eerste rotatie het nitraatgehalte in het bodemvocht op 135 cm diepte 72, 13 en 26 mg per liter na respectievelijk aardappel, suikerbiet en wintertarwe. Bij continue snijmaïs werd in het bodemvocht een nitraatgehalte van 62 mg per liter gemeten.

Verder kwam naar voren dat wanneer na de aardappelen een diep wortelend gewas als wintertarwe werd geteeld, deze in staat was stikstof uit diepere bodemlagen (100-150 cm) op te nemen. Bij snijmaïs na aardappelen was dit niet het geval. Dit betekent dat wintertarwe een deel van de door de aardappel achtergelaten stikstof kan benutten in het daaropvolgende groeiseizoen. Voorwaarde is wel dat het gewas in staat is diep te wortelen, zoals dat op lössgrond het geval is, en dat bodemvocht en daarmee de stikstof in het winterseizoen niet versneld wordt afgevoerd via drains.

In het kader van hetzelfde project is tevens een scenariostudie uitgevoerd voor 9 bedrijven die van elkaar verschillen in de gewassen die geteeld worden en het aandeel van het gewas in het bouwplan (Dekker et al., 2003). Hieruit kwam naar o.a. naar voren dat bij bedrijven met een hoog aandeel wintertarwe en suikerbieten en een laag aandeel aardappelen in het bouwplan geen of slechts in geringe mate maatregelen nodig zijn om aan de nitraatnorm te voldoen.

Groenbemesters

Naast verschillen in N-overschot tussen gewassen wordt de stikstofbenutting ook beïnvloedt door de mogelijkheid om groenbemesters te telen. Met name onbemeste groenbemesters, ook wel vanggewassen genoemd, kunnen achtergebleven stikstof opnemen. Na onderwerken komt deze stikstof weer deels tot beschikking voor het volggewas. De mate waarin dat gebeurt hangt af van het tijdstip van onderwerken. Bij onderwerken in het voorjaar wordt circa 50% van de in de groenbemester aanwezige N benut door het volggewas, terwijl dat bij onderwerken of doodvriezen in de herfst ongeveer 30% bedraagt (Van Geel & Van

Dijk, 2012).

Een belangrijke factor voor de effectiviteit is het zaaitijdstip van het vanggewas. Hoe vroeger deze gezaaid kan worden hoe hoger de N-opname. Een vruchtwisseling met een hoger aandeel tijdig geoogste gewassen verhoogt de effectiviteit van vanggewassen. Anderzijds heeft onderzoek aangetoond dat ook na een relatief laat geoogst gewas als snijmaïs een vanggewas in staat was de uitspoeling substantieel te verminderen (Schröder et al., 1998; Schröder et al., 2012).

Het bedrijfssysteemonderzoek op Vredepeel in het kader van het project Telen met Toekomst (Langeveld et al., 2004) bevestigde het positieve effect van vanggewassen. De basis van het onderzoek was een vruchtwisseling met 25% aardappelen, 25% suikerbieten, 12,5% graan, 12,5% snijmaïs, 12,5% waspeen en 12,5% conservenerwt+stamslaboon. Uit het onderzoek kwam naar voren dat met enkel bemestingsmaatregelen het niet mogelijk bleek te voldoen aan de nitraatnorm. Dit bleek alleen te realiseren door tevens de vruchtwisseling aan te passen en maximaal groenbemesters te telen. De vruchtwisseling is aangepast door de stamslaboon te vervangen door een groenbemester en de triticale te vervangen door zomergerst. De dubbelteelt erwt+stamslaboon gaf een hoge uitspoeling van circa 140 mg nitraat per liter op perceelsniveau. Door de stamslaboon te vervangen door een groenbemester daalde het nitraatgehalte naar 60 mg per liter op perceelsniveau.

Teeltvervroeging via bijvoorbeeld het telen van vroege rassen verhoogt de ontwikkelingsmogelijkheden van een vanggewas. In een recent uitgevoerde studie zijn de effecten hiervan onderzocht voor consumptieaardappelen en snijmaïs in het zuidoostelijk zandgebied (Verhoeven et al., 2011). Hieruit kwam naar voren dat het telen van een vroeg snijmaïsras de uitspoeling verlaagde met 4 mg per liter in vergelijking met een situatie waarin een later ras werd geteeld. Bij aardappelen is dat effect minder sterk omdat vroege rassen vaak een hogere N-behoefte hebben.

Groenbemesters worden ook gezaaid met als doel extra organische stof aan te voeren. De groenbemester wordt dan vaak gezaaid na de oogst van het graan. Omdat graangewassen doorgaans weinig stikstof achterlaten worden groenbemesters dan vaak bemest. De bijdrage van een dergelijke groenbemester aan vermindering van de stikstofverliezen is dan beperkt of kan deze zelfs verhogen, indien de N-bemesting hoger is dan de N-nalevering in het jaar daarop.

Groenbemesters en bodemgezondheid

Groenbemesters kunnen plantparasitaire aaltjes en bodemgebonden ziekten en plagen vermeerderen. Hiermee moet rekening worden gehouden, omdat het telen van groenbemesters een averechts effect kan hebben.

Groenbemesters kunnen een gunstige invloed hebben op een aaltjesbesmetting (bestrijding van sommige aaltjessoorten), maar soms ook een ongunstige invloed omdat de aaltjesbesmetting door de teelt kan toenemen. Deze effecten zijn samengevat in het "Aaltjesschema" (Tabel 3). In de rijen staan de belangrijkste groenbemesters en in de kolommen de verschillende schadelijke aaltjessoorten. In de laatste kolom staat informatie over tabaksratelvirus, omdat dit virus wordt overgebracht door (vrijlevende) trichodoride aaltjes (Hoek, 2012).

Uit het schema kan bijvoorbeeld worden afgelezen dat een met het oog op vermindering van uitspoeling interessante wintervaste groenbemester als winterrogge schadelijke aaltjes als *Pratylenchus penetrans* en *Meloidogyne Chitwoodi* sterk vermeerderd.

Tabel 3. Aaltjesschema met effecten van groenbemesters op vermeerdering van plantparasitaire aaltjes.

versie: augustus 2012	<i>Heterodera schachtii</i> Witte bietencysteaaaltje	<i>Heterodera betae</i> Gele bietencysteaaaltje	<i>Meloidogyne hapla</i> Noordelijk wortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> Maiswortelknobbelaaltje	<i>Pratylenchus penetrans</i> Wortelstieeaaltje	<i>Ditylenchus dipsaci</i> Stengelaaltje	<i>Trichodorus primitivus</i> Trichodorus primitivus	<i>Trichodorus similis</i> Trichodorus similis	<i>Paratrichodorus pachydermus</i> Paratrichodorus pachydermus	<i>Paratrichodorus teres</i> Paratrichodorus teres	<i>Tabaksrattelvirus</i> Tabaksrattelvirus
Bladrammenas	A A	-	●●	- R	●●	?	●●●	●●	●●	●	-
Gele Mosterd	A A	-	●	●●	●●	?	●●●	●●●	●●●	●	●●●
Bladkool	●●●	●●●	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Italiaans raaigras	-	-	-	●●	●●●	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●● S
Engels raaigras	-	-	-	●	●	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●
Rogge	-	-	-	●●●	●●	●●	?	●●●	●●●	●●●	●●
Japane haver	?	?	?	●●●	-	?	?	?	?	?	?

Legenda vermeerdering	
?	onbekend
AA	actieve afname
-	natuurlijke afname
●	weinig
●●	matig
●●●	sterk
R	rasafhankelijk
S	virustype afhankelijk

Legenda schade	
	onbekend
	geen
	weinig
	matig
	sterk

In het algemeen speelt op akkerbouwbedrijven vermeerdering van bodemziekten door de teelt van in bovenstaand schema genoemde groenbemesters, geen grote rol. Gele mosterd en bladkool vermeerderen wel knolvoet (Timmer et al., 2003). Dit is echter alleen van belang indien ook koolgewassen worden geteeld.

Veel groenbemesters kunnen problemen met naaktslakken versterken (Timmer et al., 2003). Slakkenschade speelt vooral op zwaardere gronden. Er zijn aanwijzingen dat Japanse haver minder smakelijk is dan andere granen (South, 1992) waardoor dit gewas als groenbemester mogelijk interessant is op de zwaardere gronden. Ook het tijdig vernietigen van groenbemesters bij aanwezigheid van slakken kan het probleem verminderen.

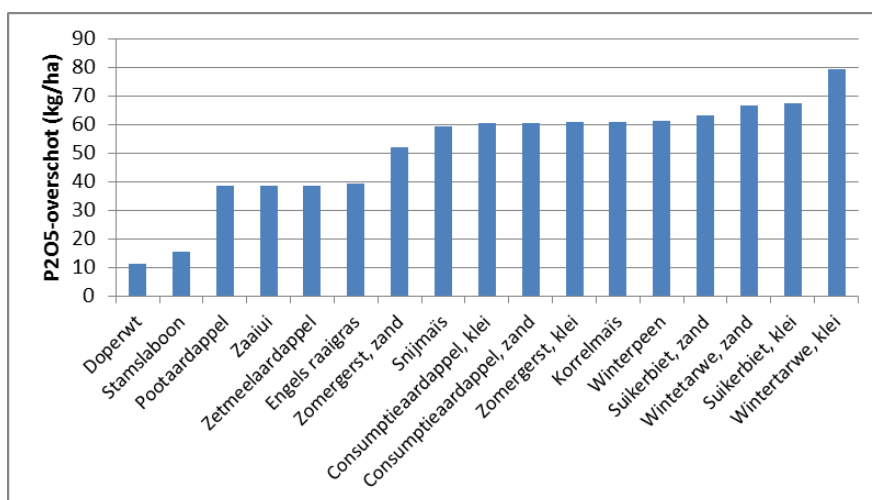
Verder kan bij bladrammenas als zomerteelt de populatie van het koolmotje zich opbouwen. Dit is vooral van belang wanneer koolgewassen worden geteeld.

Bij grasgroenbemesters kunnen er problemen ontstaan met emelten (larve van de kniptor). Dit probleem treedt echter vooral op na een langere grasperiode en minder snel bij korte teelten van grasgroenbemesters.

2.2.2 Fosfaat

Anders dan bij stikstof vindt de fosfaatbemesting vaak in bouwplanverband plaats. Hierbij wordt de bemesting doorgaans toegediend aan de gewassen met de grootste behoefte. Op dit moment wordt de fosfaatbemesting vooral bepaald door de fosfaatgebruiksnorm die aangeeft hoeveel maximaal bemest mag worden. Er is sprake van fosfaatbemesting. Doordat de gebruiksnorm gelijk is voor alle bouwlandgewassen, wordt het fosfaatoverschot vooral bepaald door de fosfaatafvoer met geoogst product. Vruchtwisseling is hierop van invloed doordat gewassen verschillen in fosfaatafvoer (10-80 kg P₂O₅ per ha, Figuur 2) (Ehlert et al., 2006). Voorbeelden van gewassen met een lage afvoer zijn doperwten en graszaad. Wintertarwe is een voorbeeld van een gewas met een hoge afvoer.

Gemiddeld bedraagt de fosfaatafvoer op bouwplanniveau circa 55-60 kg P₂O₅ per ha op kleibedrijven en 45-50 kg P₂O₅ per ha op zand- en dalbedrijven (Van Dijk et al., 2007).



Figuur 2. Afvoer van fosfaat met geoogst product (kg P₂O₅ per ha) van een aantal veel op akkerbouwbedrijven geteelde gewassen (stro wordt afgevoerd).

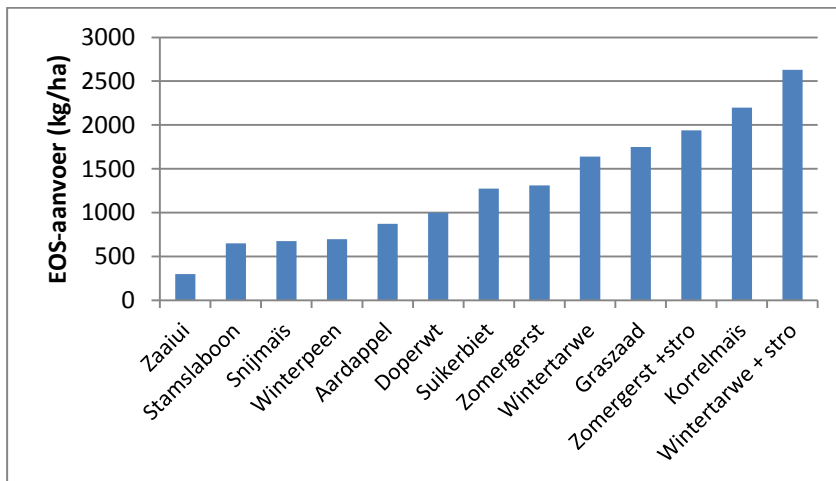
2.3 Vruchtwisseling en bodemkwaliteit

Bodemkwaliteit is een breed begrip. Hieronder wordt ingegaan op de organische stof, de structuur en de bodemgezondheid.

Organische stof

Organische stof is van invloed op het vasthouden en leveren van nutriënten, vochthouden vermogen en de structuur van de bodem.

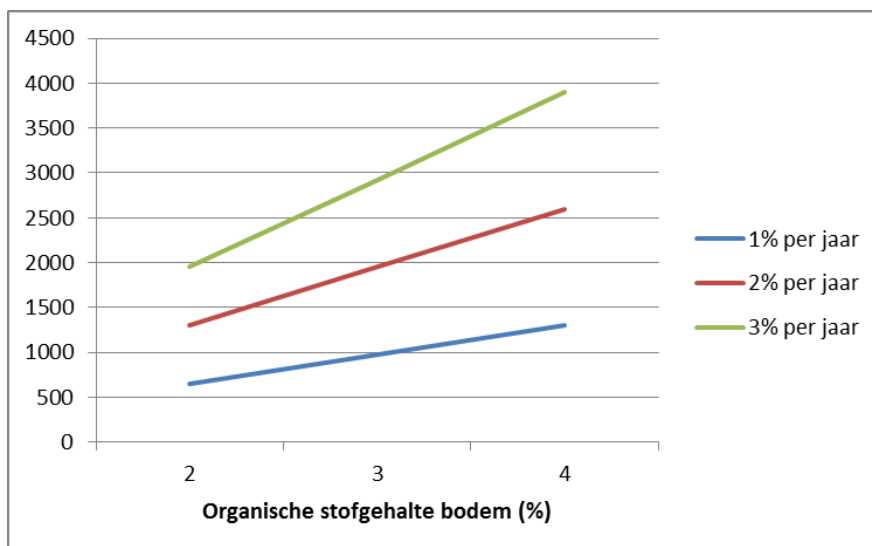
Gewassen verschillen in de hoeveelheid toegevoerde effectieve organische stof (EOS) via gewasresten (Figuur 3). In het algemeen voeren graangewassen veel EOS aan, met name wanneer ook nog het stro wordt ingewerkt in plaats van afgevoerd. Voorbeelden van gewassen die relatief weinig EOS aanvoeren zijn uien, snijmaïs en aardappelen.



Figuur 3. **Aanvoer van effectieve organische stof (EOS, kg per ha) van een aantal veel op akkerbouwbedrijven geteelde gewassen.**

Andere bronnen van organische stof, naast gewasresten, zijn groenbemesters en organische mest. Een tijdig gezaaide (vóór 1 september), goed ontwikkelde groenbemester kan circa 1000 kg EOS per ha aanvoeren. Wordt deze pas na half september gezaaid dan is de bijdrage aan de organische stoftoevoer beperkt.

Hoeveel organische stof moet worden aangevoerd om het organische stofgehalte van de bodem te handhaven hangt af van de hoogte van het organische stofgehalte en de afbraaksnelheid (Figuur 4). Op dit moment is het echter nog niet goed mogelijk via een meetmethode de afbraaksnelheid goed in te schatten. Ter compensatie van de afbraak zal er in veel gevallen tussen 1500 en 2500 kg EOS per ha per jaar moeten worden aangevoerd. De aanvoer via gewasresten in akkerbouwplannen varieert globaal zo tussen 900 en 1600 kg EOS per ha (Van Dijk et al., 2007).



Figuur 4. **Afbraak van organische stof (kg per ha) in relatie tot het organische stofgehalte van de bodem en de afbraaksnelheid van de organische stof.**

Veranderingen in organische stofgehalte gaan in het algemeen erg langzaam en worden daardoor pas over een langere periode zichtbaar. Dat betekent dat alleen langdurige proeven (vruchtwisselingsproeven, systeemonderzoek) informatie geven over veranderingen in organische stofgehalte bij verandering van vruchtwisseling.

In de eerder genoemde vruchtwisselingsproeven was het algemene beeld dat bij toename van het aandeel maaigewassen in het bouwplan het organische stofgehalte steeg. Zo nam bij het onderzoek op De Schreef het gehalte aan organische stof toe met het aandeel graszaad + kunstweide in het bouwplan. Floot et al. (1992) vonden geen verschil in organische stofgehalte tussen een 1:3 en 1:4 pootgoed rotatie (respectievelijk 33% graan en 50% graan). Bij de 1:2 rotatie (geen graan) daalde het organische stofgehalte wel. Rops et al. (1996) vonden echter geen verschil in organische stofgehalte tussen een zeer intensieve rotatie (100% rooivruchten) en een rotatie met 33% graan.

Bij het systeemonderzoek op Vredepeel werd geen verschil in organische stofgehalte waargenomen tussen de intensieve en extensieve rotatie (Zie Tabel 1 voor rotaties). Wel nam in beide gevallen het organische stofgehalte af.

Structuur

Naast de organische stof is de structuur een belangrijk aspect van bodemkwaliteit. Achteruitgang van structuur vindt plaats door verdichting (van zowel bouwvoor als ondergrond) en versmering van de bouwvoor. De risico's zijn het grootst bij late oogst (meer kans op natte omstandigheden) en gebruik van zware machines.

Vruchtwisseling heeft hierop invloed via het oogststijdstip van de gewassen in het bouwplan en bijbehorende mechanisatie. Een hoog aandeel relatief laat geoogste rooivruchten (suikerbieten, aardappelen) geeft meer risico op structuurbederf. Dit wordt bevestigd door het onderzoek op De Schreef waarin bleek, dat de structuur verslechterde met een toename van aardappelen, suikerbieten of luzerne in het bouwplan en verbeterde met een toename van wintertarwe, haver of koolzaad. Ook Rops (1987) vond een achteruitgang van structuur in een bouwplan met 100% rooivruchten in vergelijking met een bouwplan met 67% rooivruchten en 33% kunstweide. In het latere onderzoek in Creil (Rops et al., 1996) bleek de intensiteit van het bouwplan echter geen duidelijke invloed te hebben op de bodemfysische gesteldheid. Ook bij de vruchtwisselingsproef in Emmercompascum resulteerden de verschillende rotaties niet in verschillen in de bodemstructuur.

Vermeulen en van Wijk (2012) hebben gekeken naar de effecten van een vroegere oogst op de bodemnatheid bij de oogst. Zij concludeerden dat door het naar voren schuiven van de hele oogstperiode de omstandigheden in de bouwvoor alleen droger zijn als er oogstweken in november worden vervangen door oogstweken vóór 1 november. Ook kon er op deze manier onder gemiddeld drogere omstandigheden in de ondergrond worden geoogst.

Bodempathogenen

Invloed van verruiming van vruchtwisseling op schadelijke aaltjes

Vruchtwisseling is een onderdeel gezien van de aaltjesbeheersingsstrategie (ABS). Naast vruchtwisseling zijn preventie, inventarisatie en aanvullende maatregelen belangrijke pijlers van ABS. De effecten van de diverse maatregelen staan beschreven in de brochure "Aaltjesmanagement in de akkerbouw" (2010). Binnen de vruchtwisseling is het van belang via de gewasvolgorde, rassenkeuze, teeltfrequentie en de keuze van groenbemesters de aaltjesbesmettingen te beheersen. Beslissingsondersteunende van www.aaltjesschema.nl en www.Nemadecide.nl kunnen hierbij behulpzaam zijn (Regeer, 2010).

Effecten van gras en maïs op aaltjes

In het zuidoostelijk zand gebied ondervinden akkerbouwers met industriegroenten de meeste schade van het wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans* en het maïswortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi*. Daarnaast worden bietencysteaaltjes veelvuldig aangetroffen maar niet op schadelijke niveaus (Runia, e.a., 2008).

Verruiming van het bouwplan met meer maïs en gras heeft voor deze beide aaltjes de volgende consequenties. Maïs is een goede waardplant voor *P. penetrans* en zal de populatie sterk vermeerderen.

Gras (Engels raaigras) is een slechte waardplant. Voor *M. chitwoodi* is maïs is een matige waardplant voor dit aaltje en zal de populatie matig vermeerderen en Engels raaigras een slechte waardplant. Na maïs is op zandgrond een groenbemester verplicht. Een groenbemester als Engels raaigras kan goed worden ingepast in de rotatie als slechte waardplant voor zowel *P. penetrans* als *M. chitwoodi*. Aandachtspunt is de sterke vermeerdering van eventuele Trichodoride aaltjes.

Samengevat kan worden gesteld dat Engels raaigras goed inpasbaar is in de rotatie (als hoofdteelt en als groenbemester na maïs) mits er geen Trichodoride aaltjes aanwezig zijn. Meer maïsteelt is ongunstig voor zowel *P. penetrans* als *M. chitwoodi*.

Invloed van verruiming van vruchtwisseling op schadelijke bodemschimmels

Verticillium dahliae aantasting vermindert bij minder consumptieaardappel teelten. Verruiming kan wel leiden tot meer waardplanten en daardoor lagere aardappelopbrengsten.

Rhizoctonia in suikerbieten kan toenemen met meer waardplanten voor deze schimmel in de rotatie.

Sclerotinia in bonen, peen en aardappelen kunnen toenemen bij meer waardgewassen.

Vruchtwisseling en plagen

Belangrijke bodemgebonden plagen zijn ritnaalden (larve van de kniptor), emelten (larve van de langpootmug) en engerlingen (larve van de meikever). Deze plagen treden vooral op in rotaties met veel gras(zaad). Met name in het zuidwesten van Nederland komen problemen met ritnaalden voor in de rotatie graszaad – wintertarwe – aardappelen, waarbij vraat aan de knollen tot economische schade kan leiden (van Rozen e.a., 2007). Van oudsher gaat het hoofdzakelijk om schade in een volgteelt na het scheuren van meerjarig grasland.

2.4 Landruil/verhuur

Verruiming van vruchtwisseling is ook mogelijk door grond te ruilen en/of te huren bij bijvoorbeeld groentetelers of veehouders. Het voordeel hierbij is dat het bouwplan niet hoeft te worden geëxtensiveerd terwijl er op perceelsniveau wel sprake is van een extensievere vruchtwisseling. Een regio waar veel wordt geruid/gehuurd is het Zuidoostelijk zandgebied. Het ruilen/huren is mede ingegeven uit bodemgezondheidsredenen (aaltjesproblemen). Ook biedt het de mogelijkheden voor vergaande specialisatie. Zo zijn er bedrijven die zich hebben gespecialiseerd in de aardappelteelt. Het aandeel aardappelen kan daarbij oplopen tot 50-100%. Ook zijn er grote reizende sla- en bloembolbedrijven die grond ruilen/huren met akkerbouwers.

Landruil met melkveehouders

In verschillende projecten is er aandacht voor landruil tussen akkerbouw en melkveehouderij zoals Boeren en Agrodiversiteit en Agro-Landerij. In het eerstgenoemde project is landruil tussen akkerbouw en melkveehouderij als één van de maatregelen voor vergroting van biodiversiteit geëvalueerd. Visscher et al. (2008) onderzochten eveneens de grondruil of landruil tussen akkerbouwers en veehouders. In een dergelijke constructie wordt een deel van de akkerbouwgewassen geteeld op het veehouderijbedrijf en een deel van het gras en/of snijmaïs op het akkerbouwbedrijf. Hieronder worden de bevindingen van beide studies kort samengevat.

Het voordeel voor de akkerbouwer is dat er op een groter areaal hoog renderende gewassen kunnen worden geteeld (o.a. aardappelen), terwijl op de eigen grond de teeltfrequentie lager is dan in een situatie zonder ruil. Mogelijk stijgen ook de opbrengsten door de lagere teeltfrequentie van de akkerbouwgewassen. Ook kunnen de kosten voor gewasbescherming wat dalen doordat minder granulaattoepassing in de aardappelteelt nodig is.

Voordelen voor de veehouder zijn een hogere maïsopbrengst doordat deze in vruchtwisseling wordt geteeld in plaats van in continue teelt. Onderzoek naar wisselbouw van maïs en gras gaf aan dat in een wisselbouwsituatie de maïsopbrengst steeg met 2-4% (Van Dijk et al., 1996). Afhankelijk van de uitruil kan het totale areaal voedergrassen stijgen. Dit is vooral aantrekkelijk indien de ruwvoorraad op het veehouderijbedrijf krap is. Ook kan worden afgesproken dat de veehouder zijn mest kan afzetten op het

akkerbouwbedrijf en dat de akkerbouwer de onkruidbestrijding van de maïsteelt uitvoert of het nieuwe gras inzaait.

Wat betreft mineralenbenutting en bodemkwaliteit zijn er wel een aantal kanttekeningen te plaatsen. Vaak zal op het akkerbouwbedrijf graan worden ingeruild voor snijmaïs. Dit is ongunstig voor de stikstofbenutting. Ook de bodemstructuur kan ongunstig worden beïnvloed door het latere oogsttijdstip in combinatie met de zware mechanisatie bij de maïsoogst. Het telen van gras op het akkerbouwbedrijf is gunstig voor de bodemstructuur en de organische stofvoorziening. Wisselbouw van gras met bouwlandgewassen verhoogt echter wel het risico van stikstofuitspoeling na het scheuren van grasland. Onderzoek heeft uitgewezen dat er relatief grote hoeveelheden kunnen vrijkomen in het eerste jaar na scheuren (Van Dijk et al., 1996). Het is dan in ieder geval van belang om daar bij de stikstofbemesting rekening mee te houden en, indien mogelijk, na de hoofdteelt een vanggewas te zaaien.

Voor de veehouder geldt dat de gewassen die door akkerbouwers op veebedrijven worden geteeld, vaak minder gunstig zijn voor de bodemkwaliteit, zeker in vergelijking met grasland.

Visscher et al. (2008) geven aan dat sociale aspecten en administratieve lasten van grondruil en grondhuur voor alle ondernemers die hieraan willen beginnen goed overwogen dienen te worden. Verder is het van groot belang na te gaan of niet tegen de grenzen van de mineralenwetgeving en de inkomensondersteuning vanuit de EU wordt aangelopen bij grondruil of grondhuur. Bij overtreding van de regels of bij het niet voldoen aan richtlijnen kan dit veel geld kosten. (Visscher et al., 2008)

3 Scenariostudie

3.1 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk worden de effecten van aanpassing van vruchtwisseling op de mineralenbenutting, bodemvruchtbaarheid en bedrijfseconomie doorgerekend. Dit doen we door voor de belangrijkste akkerbouwregio's een referentiebouwplan te vergelijken met een aantal varianten met een ruimere vruchtwisseling.

Het referentiebouwplan is onder andere gebaseerd op de CBS-gegevens over de beteelde oppervlakte akkerbouwgewassen in een bepaalde regio. Naast CBS-gegevens is tevens gebruik gemaakt van resultaten van recente studies waarin is gewerkt met bouwplannen en van expertkennis van collega-onderzoekers en telers. De expertkennis is tevens benut voor de keuze van de alternatieve bouwplannen.

Mineralenbenutting

De mineralenbenutting wordt beoordeeld door van elk bouwplan het stikstof- en fosfaatoverschot te berekenen. Het overschot is hierbij gedefinieerd als de aanvoer met meststoffen en pootgoed minus de afvoer met geoogst product.

Bij de bemesting zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd

- Voor de fosfaatgebruiksnorm is uitgegaan van 65 kg P_2O_5 per ha voor de kleigebieden (fosfaattoestand neutraal, norm 2013) en van 60 kg P_2O_5 per ha voor de zandgebieden (gemiddelde van fosfaattoestand neutraal en hoog, norm 2013). Er is vanuit gedaan dat de volledige fosfaatgebruiksruimte wordt gebruikt.
- Op bouwplanniveau wordt uitgegaan van een aanvoer van dierlijke mest (varkensdrijfmest) van 50 kg P_2O_5 per ha op kleigrond en 60 kg P_2O_5 per ha op zandgrond. Dit betekent dat op kleigrond aanvullend nog 15 kg P_2O_5 per ha wordt gebruikt, op zandgrond wordt geen aanvullende kunstmest gegeven.
- Voor de stikstofbemesting is uitgegaan van de bemestingsadviezen met de gebruiksnorm 2013 als maximum.
- Voor de kalibemesting is uitgegaan van de geldende bemestingsadviezen.

De stikstof- en fosfaatafvoer met geoogst product is berekend door de gemiddelde opbrengst (niveau KWIN 2012) te vermenigvuldigen met gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten zoals weergegeven in Beukeboom (1996).

Bodemkwaliteit

Bodemkwaliteit omvat een breed scala aan indicatoren die iets zeggen over de chemische, fysische en biologische bodemvruchtbaarheid. Bij de doorrekening van de bouwplannen beperken we ons tot de effecten op de organische stof voorziening.

Eerst is de gemiddelde jaarlijkse aanvoer van (effectieve) organische stof per bouwplan berekend op basis van bekende kengetallen van de EOS-aanvoer met gewasresten, dierlijke mest etc. De kengetallen zijn gebaseerd op het PAGV-handboek akkerbouw (Bosch & de Jonge, 1989; de Jonge, 1981), de adviesbasis bemesting (van Dijk & van Geel, 2012), de PPO-brochure groenbemesters (Timmer et al., 2003), de PAGV-teelthandleiding graszaad (Borm et al., 1995) en op interne gegevens van PPO (database van MEBOT).

Daarnaast is voor een aantal situaties modelmatig verkend wat het lange termijn effect is van aanpassing van het bouwplan op het verloop van het organische stofgehalte van de bodem. Hierbij is gebruik gemaakt van het model van Janssen (1984) dat de afbraak in de bodem van de aangevoerde organische stof (o.s.) berekent. Dit model is nader toegelicht in bijlage 1. Ook de gehanteerde waarden voor de parameters van de modellen en de overige uitgangspunten zijn in bijlage 1 weergegeven.

Eerst is berekend hoeveel OS er na 10 en 20 jaar nog over is van het organisch materiaal dat een jaar geleden is aangevoerd, twee jaar gelden, drie jaar gelden enz. Deze hoeveelheden zijn bij elkaar opgeteld

en deze som is de hoeveelheid overgebleven OS in de bodem bij jaarlijkse aanvoer. Vervolgens is berekend wat de verandering van bouwplan voor effect heeft op het o.s.% van de bodem. Hierbij is alleen het onderlinge verschil tussen de bouwplannen aangeven, niet het absolute niveau van het o.s.% in de bodem. Om dat te berekenen moet onderscheid worden gemaakt in de jaarlijkse aanvoer van verse organische stof en het afbraak verloop daarvan in de bodem enerzijds en de afbraak van de reeds in de bodem aanwezige organische stof anderzijds. Hoe snel de reeds aanwezige o.s. afbreekt is niet bekend. Hiervoor kunnen weliswaar aannames worden gedaan, maar er wordt vanuit gegaan dat de aanpassing van het bouwplan geen invloed heeft op de afbraak van de reeds aanwezige o.s. en dat dit dus bij alle bouwplanvarianten gelijk is. De verschillen tussen de bouwplanvarianten ontstaan alleen door verandering van de aanvoer van nieuw organische materiaal.

Economie

Het economisch effect wordt afgemeten aan verandering van het bouwplansaldo. Basis hiervoor zijn de gewassaldo's zoals weergegeven in de KWIN-AGV 2012. Hierbij is uitgegaan van het saldo inclusief loonwerk. In de KWIN wordt voor een aantal bewerkingen, bijvoorbeeld het zaaien en rooien van suikerbieten, standaard uitgegaan van uitvoering in loonwerk.

De bemestingskosten zoals per gewas weergegeven in de KWIN zijn gecorrigeerd voor bouwplaneffecten. Dit is gedaan, omdat er binnen een bouwplan sprake is van overdracht van nutriënten tussen gewassen (bijvoorbeeld N-nalevering door gewasresten), waarmee de KWIN geen rekening houdt.

Opbrengsteffecten

In de berekeningen is geen rekening gehouden met hogere opbrengsten bij verruiming van de vruchtwisseling. De reden hiervoor is dat vruchtwisselingsproeven niet duidelijk hebben aangetoond dat verruiming leidt tot hogere opbrengsten. Dit heeft mogelijk te maken met de specifieke situatie van de locaties waar deze proeven hebben gelegen (o.a. bodemgezondheidssituatie). Ook kan op basis van beschikbare informatie niet duidelijk geen uitspraak worden gedaan wat het kwantitatieve effect is van een hogere organische stoftoevoer.

In de scenariostudie is, in situaties waarbij het bouwplansaldo daalt, wel aangegeven hoeveel de opbrengst van de gewassen moet stijgen om de bouwplandaling ongedaan te maken.

Regio's

Voor de berekeningen zijn de volgende regio's meegenomen:

- Noordelijk zeekleigebied
- Centraal zeekleigebied
- Zuidwestelijk zeekleigebied
- Noordoostelijk zand- en dalgebied
- Zuidoostelijk zandgebied
- Lössgebied

3.2 Noordelijke zeeklei

Bouwplannen

In Tabel 4 is het aandeel van de belangrijkste akkerbouwgewassen weergegeven voor de landbouwregio Bouwhoek en Hogeland. In deze regio nemen pootaardappelen een belangrijke plaats in op het akkerbouwbedrijf.

De belangrijkste trends in de afgelopen 10 jaar zijn:

- Aandeel aardappelen blijft vrij constant
- Aandeel suikerbieten neemt af
- Aandeel granen neemt toe

Tabel 4 **Relatief areaal (%) van de belangrijkste akkerbouwgewassen in de landbouwregio Bouwhoek en Hogeland (Bron: CBS).**

	2001	2006	2011
Consumptieaardappelen	3	3	3
Pootaardappelen	28	28	29
Suikerbieten	17	14	12
Zaaiuien	1	3	3
Winterpeen	2	2	1
Granen	37	41	47
- Wintertarwe	20	31	28
- Zomergerst	13	6	7
- Overig graan	4	4	12
Graszaden	4	4	2
Braak	5	4	1
Overig	3	2	3

Als referentiebouwplan gaan we uit van een bouwplan met 1:3 pootaardappelen met 40% wintertarwe aangevuld met suikerbieten en zaaiuien (NZK-S, Tabel 5).

Als verruimingsmogelijkheden wordt uitgegaan van drie varianten. Bij de eerste is het aandeel pootaardappel en suikerbiet/zaaiui verlaagd naar 25% (1:4 bouwplan) ten gunste van het aandeel wintertarwe (van 40 naar 50%) (NZK-1). Extra wintertarwe is gunstig uit oogpunt van stikstofbenutting en bodemkwaliteit. Dat laatste mede vanwege het relatief vroege oogsttijdstip, waardoor er nog een groenbemester kan worden ingezaaid. Om toch evenveel pootaardappelen te telen als in het referentiebouwplan wordt er land bijgehuurd.

Bij het tweede alternatief is het aandeel pootaardappelen ook verlaagd van 1:3 naar 1:4, maar zijn tulpen en een extra groentegewas (broccoli) in het bouwplan opgenomen (NZK-2). In beide gevallen gaat het om verhuur van het land aan derden. Tulp is een gewas dat vanwege de AM-vrije status van pootaardappelpercelen goed past en daarom interessant om land hiervoor te verhuren. Beide gewassen bieden vanwege het vroege oogsttijdstip de mogelijkheid een groenbemester te zaaien. Ook in deze variant wordt land bijgehuurd om evenveel pootaardappelen te kunnen blijven telen als in het referentiebouwplan.

Bij de derde variant is het graanaandeel net als bij variant 1 verhoogd naar 50%, maar is de 1:3 pootaardappelen gehandhaafd (NZK-3). De ruimte voor het extra graan gaat volledig ten koste van het areaal suikerbieten. De laatste variant is toegevoegd, omdat pootaardappel in deze regio de basis is van veel bedrijven en het terugbrengen van het areaal suikerbieten dan sneller in beeld komt. Het aandeel zaaiuien is gehandhaafd. Er is gekozen voor zomergerst in plaats van wintertarwe, omdat er dan na de voorafgaande wintertarwe een groenbemester kan worden gezaaid. Dit is bij wintertarwe na wintertarwe weinig zinvol.

Tabel 5. Referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de noordelijke zeeklei.

Jaar	NZK-S Referentie		NZK-1 1:4 pootgoed Meer graan Bijhuur pootgoedland		NZK-2 1:4 pootgoed Verhuur tulp+broc Bijhuur pootgoedland		NZK-3 1:3 pootgoed Minder sb Meer graan	
	Gewas ¹		Gewas		Gewas		Gewas	
		%		%		%		%
1	Pa	33	Pa	25	Pa	25	Pa	33
2	Wt+gb	33+27 ²	Wt+gb	25+25	Wt+gb	25+12.5 ³	Wt+gb	33+33
3	Sb	20	Sb	16	Tulp-v+gb	12.5+12.5	Sb	10
	Ui	7	Ui	6	Broc-v+gb	12.5+12.5	Ui	6.7
	Wt+gb	6.3+6.3					Zg+gb	16.7+16.7
4			Wt+gb	25+25	Sb	19		
					Ui	6		
Bijhuur Pa			8		8			

1 Pa = pootaardappel, Wt+gb = winterarwe + groenbemester, Sb = suikerbiet, Ui = zaaiui, Tulp-v = tulp (verhuur), Broc-v = broccoli (verhuur)

2 Aandeel groenbemester is geen 33% omdat na een deel van de winterarwe opnieuw winterarwe volgt

3 Aandeel groenbemester is geen 25% omdat na een deel van de winterarwe tulpen worden gepoot

Resultaten berekeningen

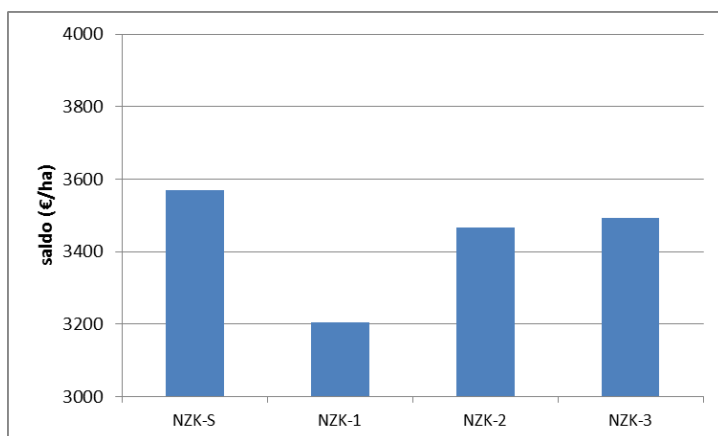
Bouwplansaldo

Met het referentiebouwplan op de Noordelijke zeeklei wordt met 1 op 3 pootaardappelen een hoog bouwplansaldo behaald van € 3.570 per ha (Figuur 5). Het zijn vooral de pootaardappelen die hoog salderen.

Verlaging van de teeltfrequentie van pootaardappelen van 1:3 naar 1:4 ten gunste van meer winterarwe (NZK-1) geeft een daling van het bouwplansaldo van € 580 per ha. De opbrengst van alle gewassen in dit bouwplan zou op termijn met 12 % moeten toenemen, om dit te compenseren. Om toch evenveel pootaardappelen te telen als in de referentiesituatie kan er land worden bijgehuurd. Hiervoor is een huurprijs gehanteerd van €1500 per ha (bron: Visscher et al., 2008). Het pootaardappelsaldo is daardoor op het gehuurde deel lager, maar levert toch een bijdrage aan het totale saldo over het eigen plus gehuurde land. Ook in deze situatie is het bouwplansaldo ruim lager (€365) dan dat van het oorspronkelijke bouwplansaldo. Wel wordt in de situatie van bijhuur meer land beteeld zodat het verschil in totaal bedrijfssaldo (bouwplansaldo x areaal) verhoudingsgewijs kleiner is.

Bij de omschakeling naar een 1 op 4 teelt pootaardappelen is het bedrijfseconomisch interessanter om het graandeel niet te verhogen maar het aandeel hoog salderende gewassen. Hierbij zijn we uitgegaan van verhuur van het land voor de teelt van tulp en broccoli (variant NZK-2). De gehanteerde verhuurprijs bedraagt €3250 per ha voor tulp (bron: pers. mededeling dhr. Arts) en €1500 per ha voor broccoli (aangenomen is dat deze vergelijkbaar is met die van verhuur voor pootgoed). Door er evenals in de variant 1 land bij te huren voor pootgoed is het saldo ruim €100 per lager dan dat van referentiebouwplan.

Bij de derde variant waarin de 1 op 3 pootaardappelteelt gehandhaafd blijft, maar waarbij 50 % graan wordt geteeld ten koste van suikerbieten (NZK-3) daalt het bouwplansaldo met €80 per ha. Als de gewassen door toename van het graandeel een 1% hogere opbrengst leveren is het resultaat vergelijkbaar met het referentie bouwplansaldo.



Figuur 5. **Bouwplansaldo (€ per ha) voor referentiebouwplan (NZK-S) en alternatieve bouwplannen (NZK-1 t/m NZK-3) voor de regio noordelijke zeeklei. Voor beschrijving bouwplannen wordt verwezen naar Tabel 5.**

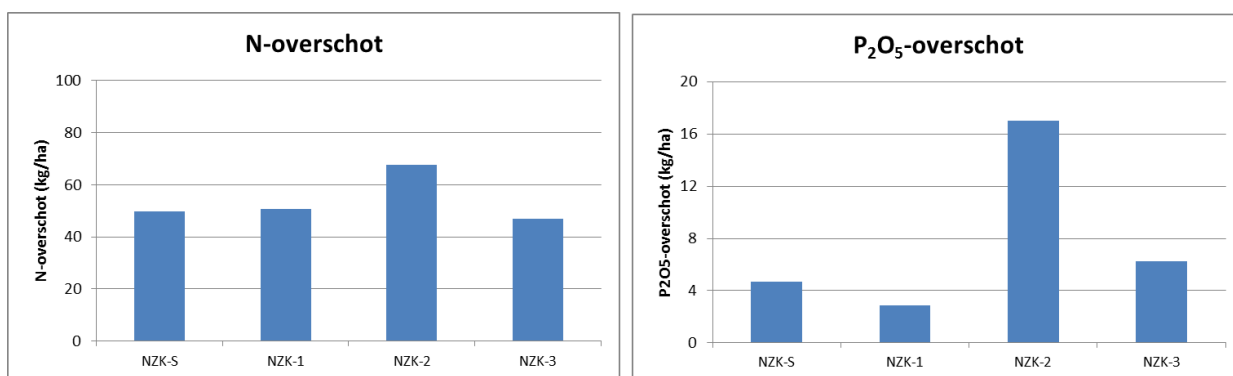
Stikstof- en fosfaatoverschot

Het stikstofoverschot bedraagt in het referentiebouwplan circa 50 kg N per ha (Figuur 6). Bij NZK-1 stijgt het overschot licht. Dat komt doordat het N-overschot van poot aardappel lager is dan van winter tarwe plus de daarna geteelde groenbemester. Deze groenbemester is bemest met 50 kg N per ha, omdat winter tarwe weinig stikstof nalaat.

In variant NZK-2 stijgt het stikstofoverschot met ruim 20 kg N per ha. Dit komt, omdat de gewassen tulp en broccoli een veel hoger N-overschot hebben dan poot aardappel en winter tarwe.

Wanneer suikerbiet vervangen wordt door zomergerst plus een groenbemester (NZK-3) daalt het overschot licht. Het effect is relatief gering, omdat het lagere N-overschot van zomergerst plus groenbemester ten opzichte van suikerbieten deels teniet gedaan wordt doordat de N-nalevering van het bietenblad vervalt.

Het fosfaatoverschot bedraagt in het referentiebouwplan circa 5 kg P_2O_5 per ha (Figuur 6). Bij NZK-1 en NZK-3 verandert het fosfaatoverschot niet veel. Bij NZK-2 stijgt het overschot met circa 10 kg P_2O_5 per ha. Dit wordt veroorzaakt door de relatief lage fosfaatafvoer met geoogst product bij zowel broccoli als tulp. Omdat bij alle bouwplannen de fosfaatbemesting gelijk is, worden verschillen in overschot bepaald door verschillen in afvoer.

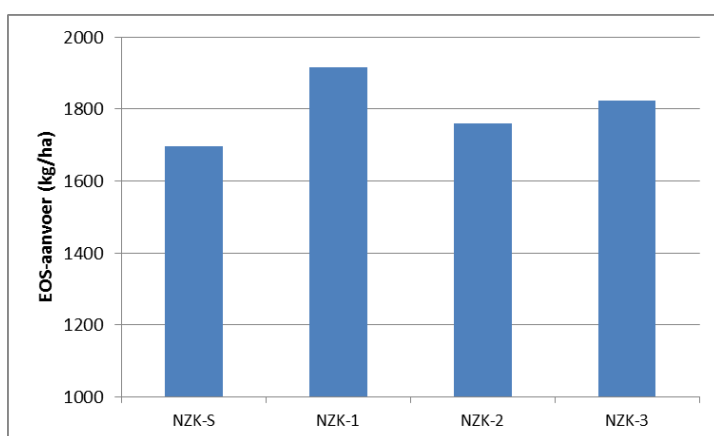


Figuur 6. **Stikstof- en fosfaatoverschot (kg N en P_2O_5 per ha; voor NZK-1 en NZK-2 inclusief bijgehuurd land) voor referentiebouwplan (NZK-S) en alternatieve bouwplannen (NZK-1 t/m NZK-3) voor de regio noordelijke zeeklei. Voor beschrijving bouwplannen wordt verwezen naar Tabel 5.**

Organische stof

De EOS-aanvoer in het referentiebouwplan bedraagt 1695 kg per ha (Figuur 7, inclusief dierlijke mest). Bij alle alternatieve bouwplannen stijgt de EOS-aanvoer. Dit is het sterkst het geval wanneer poot aardappel (NZK-1, +220 kg EOS/ha) of suikerbiet (NZK-3, +125 kg EOS/ha) wordt vervangen door graan gevolgd door een groenbemester.

In Tabel 6 is aangegeven wat het geschatte effect is van de alternatieve bouwplannen op het organische stofgehalte van de bouwvoor ten opzichte van het referentiebouwplan. Hieruit blijkt dat na 20 jaar het percentage organische stof bij bouwplan NZK-1, NZK-2 en NZK-3 respectievelijk 0,03%, 0,01% en 0,02% hoger is dan in het referentiebouwplan.



Figuur 7. **EOS-aanvoer (kg per ha, inclusief dierlijke mest, bij NZK-1 en NZK-2 exclusief bijgehuurd land) voor referentiebouwplan (NZK-S) en alternatieve bouwplannen (NZK-1 t/m NZK-3) voor de regio noordelijke zeelei. Voor beschrijving bouwplannen wordt verwezen naar Tabel 5.**

Tabel 6. **Effect van alternatief bouwplan op verandering van organische stofgehalte van de bouwvoor ten opzichte van het referentiebouwplan na 10 en 20 jaar op noordelijke zeelei bij een bouwvoordikte van 25 cm.**

	Na 10 jaar	Na 20 jaar
NZK-1	+0.02%	+0.03%
NZK-2	0%	+0.01%
NZK-3	+0.01%	+0.02%

Conclusie

Verruiming van de vruchtwisseling met graan (gevolgd door een groenbemester) is gunstig voor de organische stofvoorziening en ook het fosfaatoverschot daalt. Voor het stikstofoverschot zijn de effecten gering. Economisch is meer graan ongunstig. Wanneer suikerbiet wordt vervangen door graan is slechts een klein opbrengst verhogend effect van verruiming nodig om de saldodaling te compenseren, bij vervanging van pootgoed is een groter effect nodig. Verruiming door verhuur voor groenten en tulp is economisch minder ongunstig dan verruiming met graan, maar de organische stofvoorziening verbetert slechts in geringe mate en het stikstof- en fosfaatoverschot stijgt.

3.3 Centrale zeeklei

In Tabel 7 is het aandeel van de belangrijkste akkerbouwgewassen weergegeven voor de landbouwregio IJsselmeerpolders.

De belangrijkste trends in de afgelopen 10 jaar zijn:

- Lichte afname consumptieaardappelen
- Afname suikerbieten
- Toename zaaiuien
- Toename granen

Tabel 7. **Relatief areaal (%) van de belangrijkste akkerbouwgewassen in de landbouwregio IJsselmeerpolders (Bron: CBS).**

	2001	2006	2011
consumptieaardappelen	17	16	15
pootaardappelen	14	15	15
suikerbieten	21	17	15
zaaiuien	8	10	13
winterpeen	2	4	4
witlofwortel	3	3	3
erwten (groen te oogsten)	2	2	1
Granen	22	23	28
- Wintertarwe	14	17	22
- Zomergerst	4	2	2
- Overig graan	4	4	4
graszaden	2	3	1
braak	2	2	0
overige	7	5	4

Voor de centrale zeeklei wordt onderscheid gemaakt tussen bedrijven met consumptieaardappel (vooral Flevopolders) en pootaardappel (vooral Noordoostpolder).

3.3.1 Consumptieaardappelen

Bouwplannen

Voor het huidig bouwplan is uitgegaan van een 1:4 bouwplan met consumptieaardappelen, suikerbieten, wintertarwe, zaaiui, winterpeen en witlofwortel (CZKF-S, Tabel 8). Voor de zwaardere gronden in de Flevopolders is dit vrij intensief, voor dergelijke bedrijven is het bouwplan waar in het Zuidwestelijk kleigebied mee gerekend wordt een betere referentie.

De eerste verruimingsvariant (CZKF-1) is een 1:5 bouwplan, waarbij het aandeel graan is verhoogd van 30% naar 40%.

Aangezien deze variant economisch minder aantrekkelijk is, is nog een tweede variant onderzocht, waarbij ook land verhuurd wordt voor tulp (CZKF-2).

De derde variant bestaat uit grondruil met een veehouder (CZKF-3). Op de grond van de akkerbouwer wordt gras (3-jarige kunstweide) en snijmaïs geteeld (totaal 40% van areaal akkerbouwer) en een deel van de akkerbouwgewassen wordt geteeld op het land van de veehouder. In dit voorbeeld is ervoor gekozen dat de akkerbouwer zijn graan inlevert ten gunste van en hierdoor een groter aandeel van de hoog salderende aardappelen en uien terugkrijgt (respectievelijk 40% en 30% van totale akkerbouwgewasareaal). De op het land van de veehouder geteelde akkerbouwgewassen draaien mee in een rotatie met snijmaïs en grasland. Dit geeft een verbetering geeft t.o.v. continueelt van snijmaïs in de referentiesituatie. Wel moet via een grondgebruiksverklaring worden vastgelegd dat de grond bij de akkerbouwer op naam staat van de veehouder staat en andersom, zodat de veehouder aan de derogatie eisen kan voldoen.

Tabel 8. **Referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de centrale zeekei met consumptieaardappelen (Flevopolders).**

Jaar	CZKF-S Referentie		CZKF-1 1:5 cons aard meer graan		CZKF-2 1:5 cons aard meer graan verhuur tulp		CZKF-3 1:5 cons aard met ruil veehouder	
	Gewas ¹	%	Gewas	%	Gewas	%	Gewas	%
1	Ca	25	Ca	20	Ca	20	Ca	10
2	Sb Wt+gb	20 5+5	Sb	20	Sb	20	Sb	10
3	Ui Wp Wi	12.5 6.5 6	Wt+gb	20+20	Wt+gb	20+0 ²	Ui	10
4	Wt+gb	25+25	Ui Wp Wi	10 5 5	Tulp-v+gb	20+20	Wp Wi	5 5
5			Wt+gb	20+20	Ui Wp Wi	10 5 5	Ca	10
6							Sb	10
7							Sn-ruil	10
8 t/m10							Gra-ruil	30
bij veehouder							Ca	20
							Ui	20

1 Ca = consumptieaardappelenpootaardappel, Sb = suikerbiet, Wt+gb = wintertarwe + groenbemester, Ui = zaaiui, Wp = winterpeen, Ww = witlofwortel, Tulp-v = tulp (verhuur), Sn-ruil = snijmaïs voor melkveehouder, Gra-ruil = grasland voor melkveehouder
2 Er wordt geen groenbemester geteeld omdat na de wintertarwe tulpen worden gepoot

Resultaten berekeningen

Bouwplansaldo

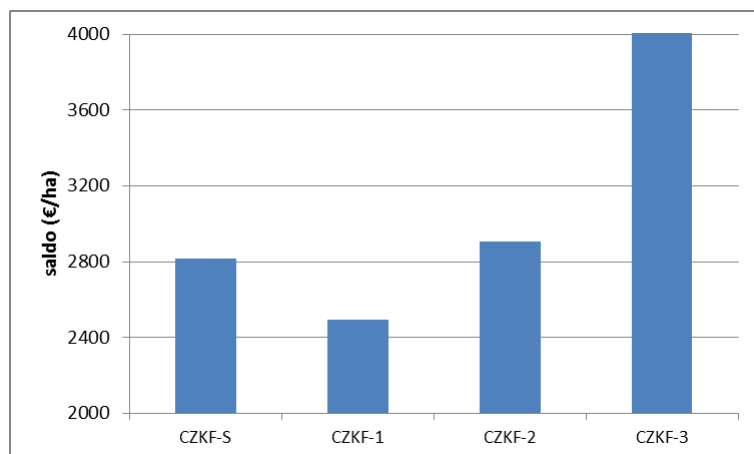
Het traditionele 1 op 4 referentiebouwplan heeft een bouwplansaldo van €2.820 per ha (Figuur 8).

Bij bouwplanverruiming naar 1 op 5 met meer wintertarwe (CZKF-1) neemt het bouwplansaldo af met €325 per ha. Uit eerdere vruchtwisselingsproeven met bouwplannen met consumptieaardappelen zijn er geen duidelijke aanwijzingen verkregen over opbrengststijging bij verlaging van de teeltfrequentie van hakvruchten (zie paragraaf 2.1). Indien door deze verruiming de opbrengst van alle gewassen in dit bouwplan met 7 % toeneemt, is het saldo weer vergelijkbaar met de referentie.

Om bouwplanverruiming naar 1 op 5 consumptieaardappelen bedrijfseconomisch aantrekkelijker te maken kan een deel van het land worden verhuurd voor tulpen (CZKF-2). In dat geval is het bouwplansaldo €85 per ha hoger dan het oorspronkelijke 1 op 4 bouwplan.

Grondruil met een veehouder (CZKF-3) is bedrijfseconomisch nog interessanter, met name omdat in dit voorbeeld het graan is vervangen door hoger renderende gewassen als aardappelen en uien en de akkerbouwer op het bedrijf van de veehouder dezelfde oppervlakte akkerbouwgewassen teelt als de veehouder aan grasland en snijmaïs gebruikt bij de veehouder. Het saldo is daardoor circa €1250 per ha hoger in vergelijking met het referentiebouwplan. Benadrukt moet worden dat dit wel de meest gunstige situatie betreft en dat ook de arbeidsbehoefte toeneemt van 23 naar 29 uur per ha. In de praktijk zal een

dergelijke samenwerking ook voor de veehouder echter meer voordelen moeten hebben, wil het voor hem ook aantrekkelijk zijn. Dit kan bijvoorbeeld doordat de akkerbouwer de onkruidbestrijding van de snijmaïs en de inzaai van het nieuwe grasland verzorgt. Ook kan worden afgesproken dat de akkerbouwer mest afneemt van de veehouder of dat de akkerbouwer een kleiner areaal bij de veehouder gebruikt dan laatstgenoemde bij de akkerbouwer.

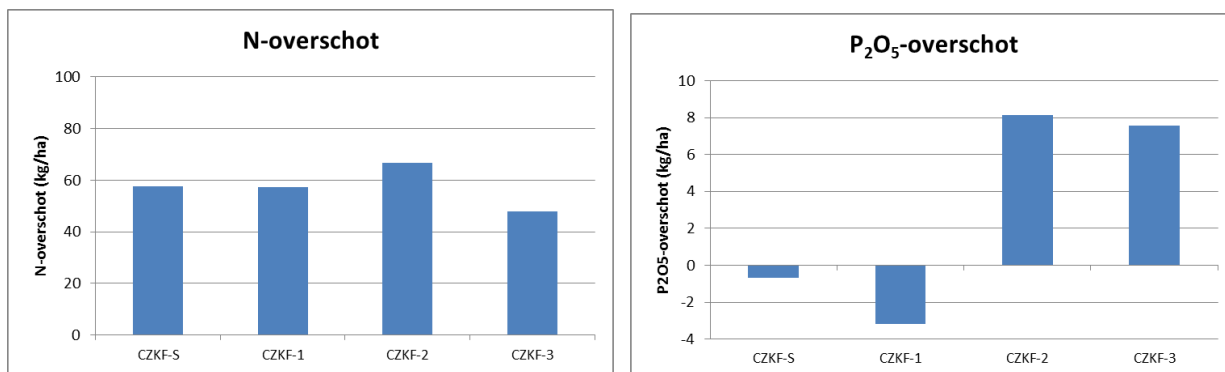


Figuur 8. **Bouwplansaldo (€ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de regio centrale zeeklei Flevopolder.**

Stikstof- en fosfaatoverschot

Het stikstofoverschot bij het referentiebouwplan bedraagt circa 55 kg N per ha (Figuur 9). Verruiming van het bouwplan met meer wintertarwe (CZKF-1) leidt in dit geval niet tot een verlaging van het stikstofoverschot. Dit komt mede, omdat er meer groenbemesters worden geteeld (op 40 in plaats van 30% van het areaal) die worden bemest. Bij variant CZKF-2 stijgt het overschot met respectievelijk 10 kg N per ha. Bij CZKF-3 heeft het overschot betrekking op het totale areaal geteelde akkerbouwgewassen op zowel akkerbouw- als melkveebedrijf. In vergelijking met het referentiebouwplan is het overschot 10 kg N per ha lager. Dit komt vooral doordat de akkerbouwgewassen profiteren van de N-nalevering van de ondergewerkte graszode. Hierbij moet worden benadrukt dat in de graslandfase extra stikstof nodig is voor de opbouw van de nieuwe zode. Dat is in deze berekening niet meegenomen.

Het fosfaatoverschot in het referentiebouwplan bedraagt ongeveer 0 kg P_2O_5 per ha (Figuur 9). Het fosfaatoverschot daalt bij CZKF-1 door het hogere aandeel wintertarwe waardoor de afvoer met geoogst product toeneemt. Door het negatieve overschot zal de fosfaattoestand gaan dalen. Bij CZKF-2 en CZKF-3 stijgt het fosfaatoverschot met circa 10 kg P_2O_5 per ha in vergelijking met het referentiebouwplan.

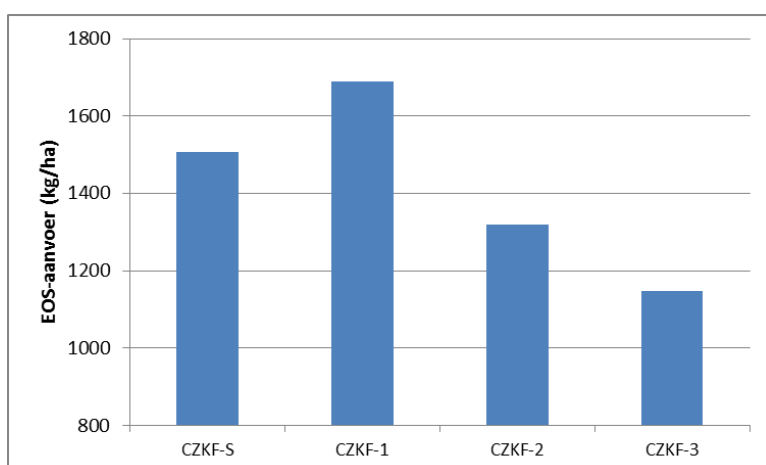


Figuur 9. **Stikstof- en fosfaatoverschot (kg N en P₂O₅ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de regio centrale zeeklei Flevopolder.**

Organische stof

Uit figuur 10 blijkt dat alleen verruiming met extra wintertarwe (CZKF-1) tot een betere organische stofvoorziening leidt. Op termijn leidt dit tot een geschatte stijging van het organische stofgehalte van 0,02% (Tabel 9). Ook de variant waarin wordt geruid met de veehouder levert geen verbetering op. Dat komt, doordat de akkerbouwer in dit voorbeeld op zijn eigen land de wintertarwe vervangt door tijdelijk grasland dat minder organische stof levert (ruim 1300 kg EOS/ha/jaar tegenover ruim 2500 kg EOS/ha/jaar voor wintertarwe+groenbemester). Daarnaast teelt de akkerbouwer ook snijmaïs op zijn eigen grond. Hiermee wordt weinig organische stof aangevoerd (krap 700 kg EOS/ha/jaar).

In de ruilverant met de veehouder gaan zich naar alle waarschijnlijkheid wel veranderingen voordoen in het mestgebruik: gebruik van runderdrijfmest (RDM) in plaats van varkensmest (VDM). Met RDM wordt meer EOS aangevoerd dan met VDM. In Tabel 9 is daarom ook de verandering van het organische stofgehalte weergegeven wanneer de VDM (75 kg N per ha) wordt vervangen door RDM (130 kg per ha). Op jaarbasis wordt hiermee respectievelijk 160 en 1400 kg EOS per ha aangevoerd. Het gebruik van RDM heeft een positief effect op het organische stofgehalte van de bodem. Het effect is beduidend sterker dan dat van verandering van bouwplan.



Figuur 10. **EOS-aanvoer (kg per ha, inclusief dierlijke mest) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de regio centrale zeeklei Flevopolder.**

Tabel 9. **Effect van alternatief bouwplan op verandering van organische stofgehalte van de bouwvoor ten opzichte van het referentiebouwplan na 10 en 20 jaar op centrale zeelei Flevopolder bij een bouwvoordikte van 25 cm.**

	Na 10 jaar	Na 20 jaar
CZKF-1	+0,02%	+0,02%
CZKF-2	-0,02%	-0,03%
CZKF-3	-0,04%	-0,05%
CZKF-3, VDM	-0.04%	-0.05%
CZKF-3, RDM	+0.18%	+0.29%

Conclusie

Verruiming van de vruchtwisseling met graan (gevolgd door een groenbemester) is gunstig voor de organische stofvoorziening en ook het fosfaatoverschot daalt. Voor het stikstofoverschot zijn de effecten gering. Economisch is meer graan ongunstig, tenzij er behoorlijke opbrengst verhogende effecten mee behaald worden. Verruiming door verhuur voor tulp is economisch wel gunstig, maar dit is minder gunstig voor de organische stofvoorziening en ook het stikstof- en fosfaatoverschot stijgt. Ook ruilen met een melkveehouder is economisch interessant, afhankelijk van de afspraken. Echter wanneer gekozen wordt voor een variant waarbij het graan wordt ingeleverd levert dit voor de organische stofvoorziening geen duurzame situatie op.

3.3.2 Pootaardappel

Bouwplan

Als referentie is uitgegaan van een bouwplan met 1 op 3 pootaardappelen en verhuur voor tulp (CZKN-S, Tabel 10).

Als verruimingsmogelijkheden zijn twee varianten gekozen. In de eerste variant wordt 1 op 6 pootaardappelen geteeld door de helft van de pootaardappelen in de rotatie vervangen door witlofwortel en winterpeen (CZKN-1). Om toch evenveel pootaardappelen te telen huurt men land bij.

In de tweede variant wordt ook 1 op 6 pootaardappelen geteeld, maar wordt de helft van de pootaardappelen uit de oorspronkelijke rotatie vervangen door graan (CZKN-2). Ook hier huurt men land bij om toch evenveel pootaardappelen te telen.

Tabel 10. **Referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de centrale zeelei Noordoostpolder met pootaardappel.**

Jaar	CZKN-S Referentie		CZKN-1 1:6 pootgoed vervanging door witlof en peen en bijhuur pootgoedland		CZKN-2 1:6 pootgoed vervanging door graan en bijhuur pootgoedland	
	Gewas ¹	%	Gewas	%	Gewas	%
	1	Pa+gb	16.7	Wi Wp	8.4 8.3	Wt+gb
2	Sb	16.7	Sb	16.7	Sb	16.7
3	Ui	16.7	Ui	16.7	Ui	16.7
4	Pa	16.7	Pa	16.7	Pa	16.7
5	Wt	16.7	Wt	16.7	Wt	16.7
6	Tulp-v+gb	16.7	Tulp-v+gb	16.7	Tulp-v+gb	16.7
Bijhuur Pa			16.7		16.7	

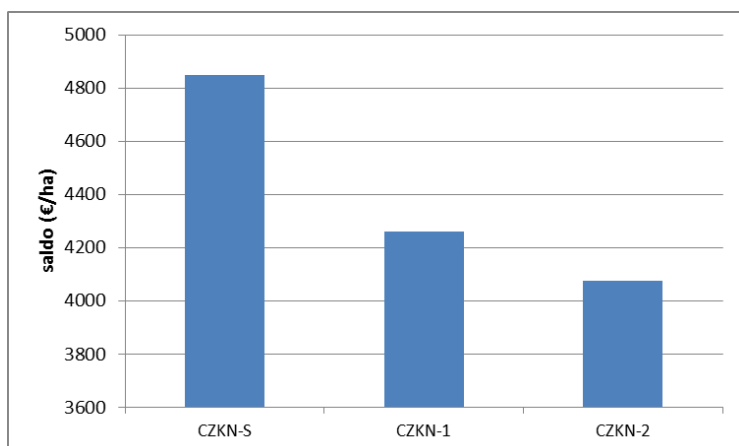
¹ Pa = pootaardappel, Wt+gb = wintertarwe + groenbemester, Sb = suikerbiet, Ui = zaaiui, Tulp-v = tulp (verhuur),

Resultaten berekeningen

Met het 1 op 3 referentiebouwplan in de Noordoostpolder wordt een bouwplansaldo van ruim € 4.845 behaald (Figuur 11).

Als de helft van de pootaardappelen in de rotatie vervangen wordt door witlofwortel en winterpeen (CZKN-1) daalt het bouwplansaldo met €1.050. Door grond bij te huren kan men toch evenveel pootaardappelen blijven telen en neemt het bouwplansaldo met €585 af t.o.v. de referentie. Omdat er in de situatie van bijhuur meer land beteeld wordt, is het totale bedrijfssaldo (bouwplansaldo x areaal) wel hoger dan in de referentiesituatie.

Wanneer de helft van de pootaardappelen wordt vervangen door wintertarwe (CZKN-2) daalt het bouwplansaldo met € 1.260 per ha zonder bijhuur van pootgoedland en met €770 per ha met bijhuur. Door de bijhuur is het totale bedrijfssaldo vergelijkbaar met dan van de referentie. In de situatie zonder bijhuur van pootgoedland zou de opbrengst van de gewassen door verruiming met 28 % moeten toenemen om het saldooverlies te compenseren en met 19% in de situatie zonder bijhuur.

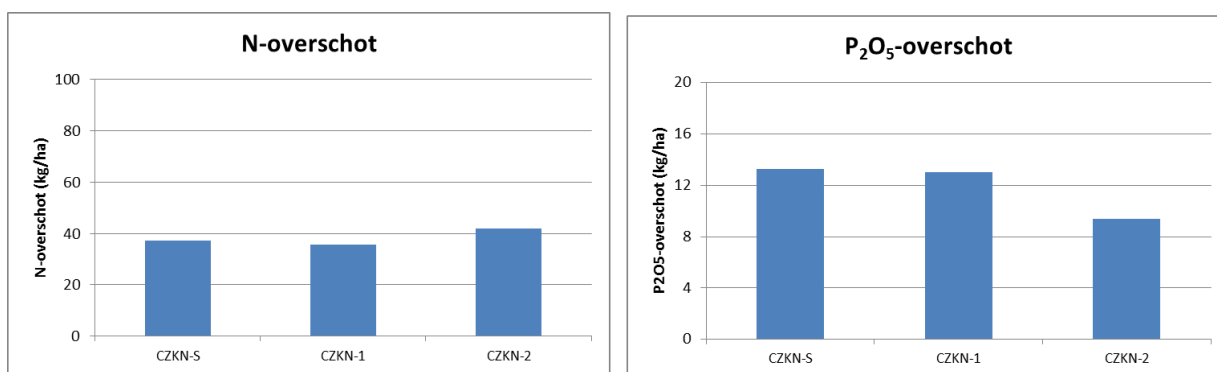


Figuur 11. **Bouwplansaldo (€ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de regio centrale zeeklei Noordoostpolder.**

Stikstof- en fosfaatoverschot

De effecten van de bouwplannen op het stikstofoverschot zijn relatief gering (Figuur 12). Bij bouwplan CZKN-2 stijgt het overschot met 5 kg N per ha. Dit komt doordat het N-overschot van poot aardappel+groenbemester lager is dan dat van wintertarwe+groenbemester.

Het fosfaatoverschot bij bouwplan CZKN-2 daalt met circa 5 kg P₂O₅ per ha (Figuur 12), met name veroorzaakt door de hogere fosfaatafvoer van de wintertarwe.

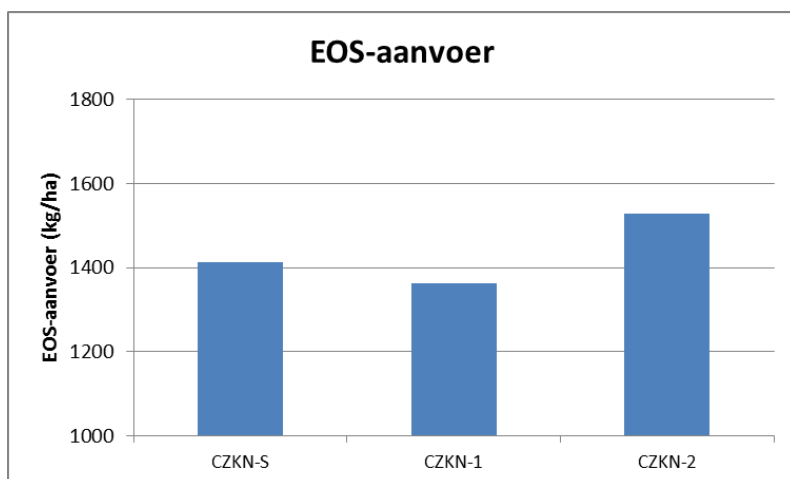


Figuur 12. **Stikstof- en fosfaatoverschot (kg N en P₂O₅ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de regio centrale zeeklei Noordoostpolder.**

Organische stof

Bij bouwplan CZKN-1 daalt de EOS-aanvoer met circa 50 kg per ha per jaar (Figuur 13). Dit komt, omdat winterpeen en witlofwortel minder organische stof nalaten dan poot aardappel en doordat er minder ruimte is voor groenbemesters. Na 20 jaar wordt hierdoor een 0.01% lager organische stofgehalte verwacht ten opzichte van het referentiebouwplan (Tabel 11).

Bouwplan CZKN-2 levert ruim 100 kg EOS per ha per jaar meer dan het referentiebouwplan als gevolg van de hoge EOS-toevoer van wintertarwe+groenbemester. Geschat wordt dat op de lange termijn dit leidt tot een stijging van het organische stofgehalte van 0.02% ten opzichte van het referentiebouwplan.



Figuur 13 EOS-aanvoer (kg per ha, inclusief dierlijke mest) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor de regio centrale zeeklei Noordoostpolder.

Tabel 11. Effect van alternatief bouwplan op verandering van organische stofgehalte van de bouwvoor ten opzichte van het referentiebouwplan na 10 en 20 jaar op centrale zeeklei Noordoostpolder bij een bouwvoordikte van 25 cm.

	Na 10 jaar	Na 20 jaar
CZKN-1	-0,01%	-0,01%
CZKN-2	+0,01%	+0,02%

Conclusie

Verlaging van de teeltfrequentie van poot aardappelen van de gangbare 1:3 naar 1:6 is gunstig voor de organische stofvoorziening wanneer op de vrijkomende ruimte graan wordt geteeld.

Vervanging door wortelgewassen als winterpeen en witlofwortel levert geen betere organische stofvoorziening op. In beide gevallen verandert het stikstofoverschot weinig. Het fosfaatoverschot daalt vooral wanneer poot aardappelen worden vervangen door graan. Bij beide verruimingsvarianten daalt het bouwplansaldo. Er zijn forse opbrengststijgingen nodig om het saldoverlies te compenseren.

3.4 Zuidwestelijke zeeklei

Bouwplannen

In Tabel 12 is het aandeel van de belangrijkste akkerbouwgewassen weergegeven voor het Zuidwestelijk akkerbouwgebied.

Belangrijkste trends afgelopen 10 jaar:

- Toename aardappelen
- Afname suikerbieten
- Toename uien
- Toename granen
- Afname overige gewassen

Tabel 12 **Relatief areaal (%) van de belangrijkste akkerbouwgewassen in de landbouwregio Zuidwestelijk Akkerbouwgebied (Bron: CBS).**

	2001	2006	2011
consumptieaardappelen	19	19	20
Pootaardappelen	3	3	4
Suikerbieten	16	13	12
Plantuien	2	2	3
Zaaiuien	4	5	6
Graan	35	36	41
- Wintertarwe	22	30	28
- Zomertarwe	6	2	10
- Zomergerst	7	4	3
Graszaden	6	10	4
Braak	4	2	1
Overige	12	10	8

Als referentie is uitgegaan van een bouwplan met 1:5 consumptieaardappelen en 40% graan (Tabel 13, ZWK-S). Dit bouwplan is relatief extensief. Daarin is voor deze regio als alternatief gekozen voor een bouwplan waarin ten opzichte van het referentiebouwplan de helft van de wintertarwe is vervangen door verhuur voor tulp (ZWK-1).

Tabel 13 **Referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor het zuidwestelijk kleigebied**

Jaar	ZWK-S Referentie		ZWK-1 deel graan vervangen door tulp (verhuur)	
	Gewas ¹	%	Gewas	%
1	Ca	20	Ca	20
2	Wt+gb	20	Sb Gz 1 ^e	15 5
3	Sb Gz 1 ^e	15 5	Ui Gz 2 ^e	15 5
4	Ui Gz 2 ^e	15 5	Wt	20
5	Wt+gb	20	Tulp-v+gb	20

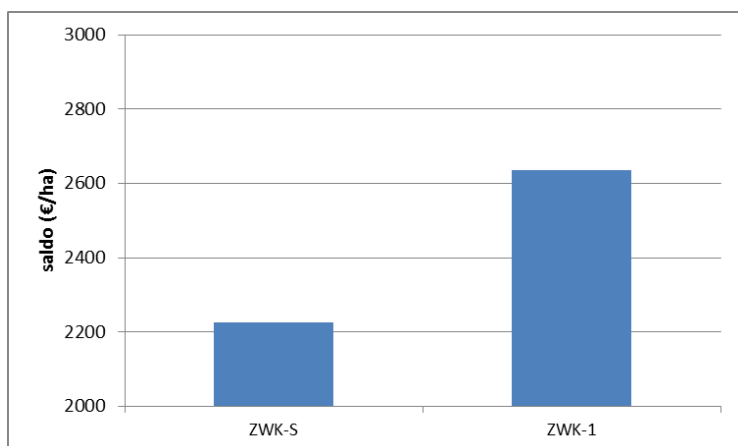
1 Ca = consumptieaardappel, Wt+gb = wintertarwe + groenbemester, Sb = suikerbiet, Gz 1^e = 1^e jaars graszaad, Gz 2^e = 2^e jaars graszaad, Ui = zaaiui, Tulp-v = tulp (verhuur),

Resultaten berekeningen

Bouwplansaldo

Het referentiebouwplan op de Zuidwestelijke klei met 1 op 5 consumptieaardappelen heeft een bouwplansaldo van ruim €2.225 per ha (Figuur 14). Dit bouwplan bestaat voor 40% uit wintertarwe met een relatief laag saldo.

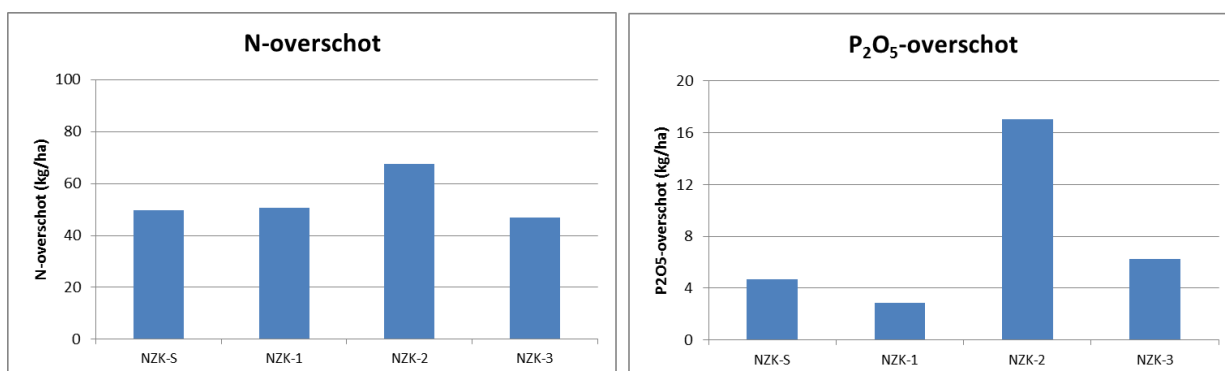
Wanneer de helft van de wintertarwe wordt vervangen wordt door verhuur voor tulp (ZWK-1) neemt het bouwplansaldo toe met €410 per ha.



Figuur 14. **Bouwplansaldo (€ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio zuidwestelijke zeeklei.**

Stikstof- en fosfaatoverschot

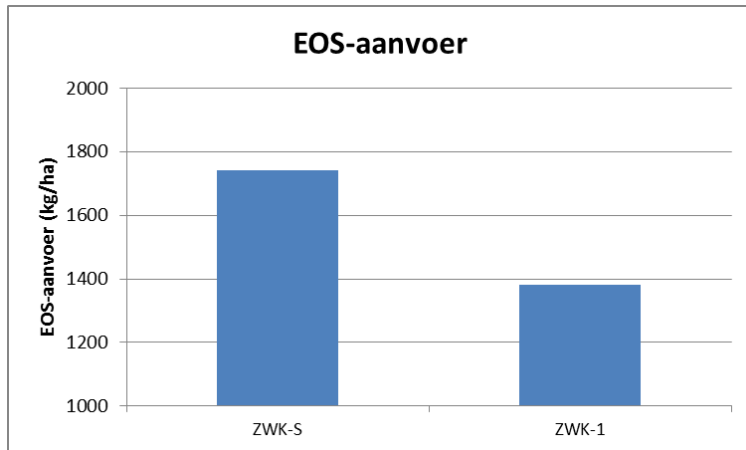
Door vervanging van de helft van de wintertarwe door tulp stijgt het stikstof- en fosfaatoverschot met respectievelijk 10 kg N per ha en 10 kg P₂O₅ per ha (Figuur 15).



Figuur 15. **Stikstof- en fosfaatoverschot (kg N en P₂O₅ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio zuidwestelijke zeeklei.**

Organische stof

Bij bouwplan ZWK-1 daalt de EOS-aanvoer met circa 350 kg per ha per jaar (Figuur 16). Dit komt, omdat tulp veel minder EOS achterlaat dan wintertarwe.



Figuur 16. **EOS-aanvoer (kg per ha per jaar, inclusief dierlijke mest) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio zuidwestelijke zeeklei.**

Conclusie

Het bouwplan op de zuidwestelijke zeeklei is al relatief extensief doordat het voor circa de helft bestaat uit granen en graszaadgewassen. Vervanging van een deel van het graan door verhuur voor tulp is ongunstig voor de organische stofvoorziening en ook het stikstof- en fosfaatoverschot stijgt. Economisch is deze verandering wel aantrekkelijk.

3.5 Noordoostelijk zand- en dalgebied

Bouwplannen

In Tabel 14 is het aandeel van de belangrijkste akkerbouwgewassen weergegeven voor Drenthe.

Belangrijkste trends afgelopen 10 jaar:

- Toename aardappelen
- Afname granen

Tabel 14. **Relatief areaal (%) van de belangrijkste akkerbouwgewassen in Drenthe (Bron: CBS).**

	2001	2006	2011
zetmeelaardappelen	38	43	46
consumptieaardappelen	3	2	4
pootaardappelen	2	2	2
suikerbieten	22	18	19
Graan	35	35	28
- Zomergerst	24	21	14
- Wintertarwe	7	10	10
- Overig graan	4	4	4
overige	0	0	1

Als referentie is uitgegaan van 1:2 bouwplan met zetmeelaardappelen (Tabel 15, NON-S). Dit bouwplan is ook gebruikt in een in 2008 uitgevoerde studie (Runia et al., 2008) en is tot stand gekomen na ruggenspraak met representanten in de regio.

Als verruimingsvarianten zijn drie bouwplannen gekozen met 1:3 zetmeelaardappelen. Het vrijkomende aardappelareaal wordt bij variant 1 ingenomen door zomergerst (NON-1) en bij variant 2 door cichorei, waspeen en snijmaïs (NON-2). De gewassen bij variant zijn qua saldo aantrekkelijker dan zomergerst.

Bij variant 3 wordt het vrijkomende deel aardappelen vervangen door de teelt van een groenbemester als rustgewas (NON-3). Deze variant staat op het eerste oog ver van de huidige praktijk af, maar het biedt de mogelijkheid om extra organische stof aan te voeren.

In de vierde variant blijft het 1 op 2 zetmeelaardappelen bouwplan gehandhaafd, maar wordt een gedeelte van de zomergerst verhuurt voor lelie (NON-4).

Tabel 15. Referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor het noordoostelijk zand- en dalgebied.

Jaar	NON-S Referentie		NON-1 1:3 zetm aardappelen met extra zomergerst		NON-2 1:3 zetm aardappelen met cichorei, waspeen en maïs		NON-3 1:3 zetm aardappelen met groenbemester als rustgewas		NON-4 deel zomergerst vervangen door lelie	
	Gewas ¹	%	Gewas ¹	%	Gewas	%	Gewas	%	Gewas	%
1	Za	16.7	Za	33.3	Za	33.3	Za	33.3	Za	16.7
2	Sb	16.7	Sb Zg+gb	16.7 16.7	Sb Cich Wasp Sn+vg	16.7 5.6 5.6 5.6	Sb Gb-rust	16.7 16.7	Sb	16.7
3	Za	16.7	Zg+gb	33.3	Zg+gb	33.3	Zg+gb	33.3	Za	16.7
4	Zg+gb	16.7							Zg+gb	16.7
5	Za	16.7							Za	16.7
6	Zg+gb	16.7							Zg+gb Lelie-v	6.7 10

1 Za = zetmeelaardappelen, Sb = suikerbieten, Zg+gb = zomergerst + groenbemester, Cich = cichorei, Wasp = waspeen, Sn+vg = snijmaïs +vanggewas winterrogge, Gb-rust = groenbemester als rustgewas, Lelie-v = lelie (verhuur)
Ca = consumptieaardappelen, Sn+vg = snijmaïs +vanggewas winterrogge, Sb = suikerbieten, Wasp = waspeen, Ce+ssb =

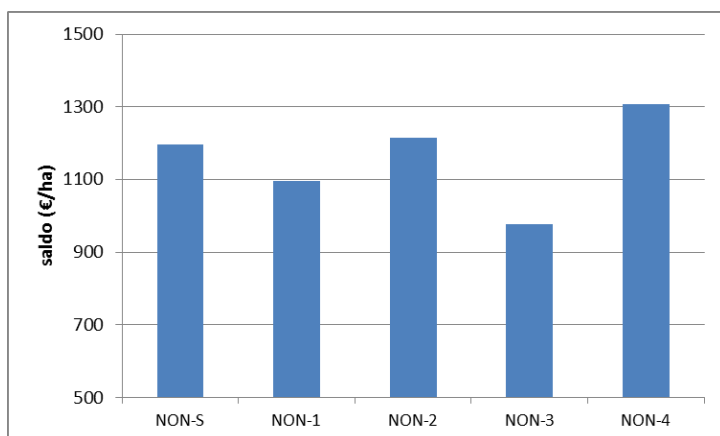
Resultaten berekeningen

Bouwplansaldo

In het Noordoostelijk zand- en dalgebied wordt met het referentiebouwplan met 1 op 2 zetmeelaardappelen een bouwplansaldo van bijna €1.200 per ha behaald (Figuur 17). Verruiming naar 1 op 3 zetmeelaardappelen met de teelt van extra zomergerst (NON-1) geeft een daling van het saldo met €100 per ha. Wanneer deze verruiming over alle gewassen 5% opbrengstverhoging geeft is er geen saldooverlies meer. Door de aardappelen te vervangen door cichorei, waspeen en snijmaïs (NON-2) stijgt het bouwplansaldo met €20 per ha doordat waspeen en cichorei een hoger saldo hebben dan zetmeelaardappelen.

Wanneer naar 1 op 3 zetmeelaardappelen wordt overgegaan met als rustgewas een groenbemester (NON-3) daalt het bouwplansaldo met €220 per ha. In dit geval zou een opbrengststijging van 12 % nodig zijn om dit te compenseren.

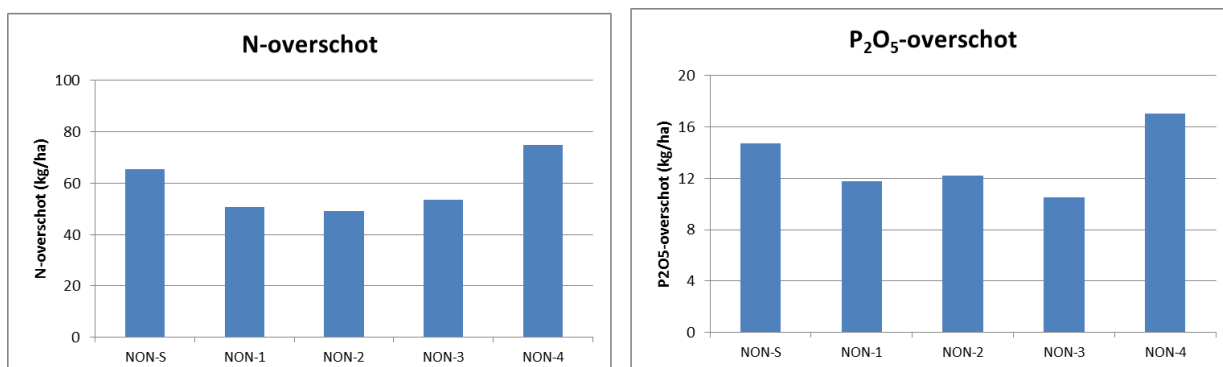
In variant NON-4 is de 1 op 2 zetmeelaardappelen gehandhaafd en is een deel van de zomergerst vervangen door verhuur voor lelies. Uitgaande van een geschatte huurprijs van €2000 per ha wordt het bouwplansaldo hierdoor €110 per ha groter.



Figuur 17. **Bouwplansaldo (€ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio noordoostelijk zand- en dalgebied.**

Stikstof- en fosfaatoverschot

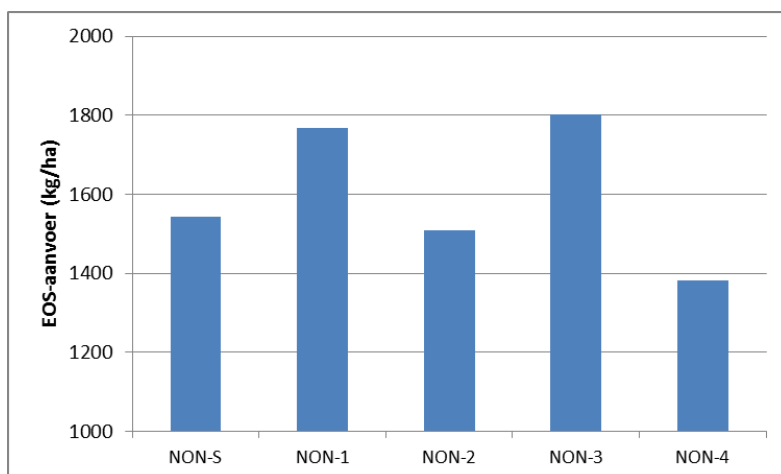
Verlaging van de teeltfrequentie van zetmeelaardappelen ten gunste van zomergerst (NON-1), snijmais, cichorei en waspeen (NON-2) of een rustgewas (NON-3) verlaagt zowel het stikstof- als fosfaatoverschot (Figuur 18). Verruiming van de vruchtwisseling met lelies (NON-4) verhoogt zowel het stikstof- als fosfaatoverschot.



Figuur 18. **Stikstof- en fosfaatoverschot (kg N en P₂O₅ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio noordoostelijk zand- en dalgebied.**

Organische stof

Zowel bij bouwplan NON-1 (meer zomergerst) en NON-3 (minder zetmeelaardappelen ten gunste van een rustgewas) is er sprake van een verhoging van de organische stofaanvoer (respectievelijk +225 en +260 kg EOS per ha per jaar; Figuur 19). Voor bouwplan NON-3 zou dit op termijn leiden naar een stijging van het organische stofgehalte van 0,03% (Tabel 16). Bij de andere twee alternatieven (NON-2 en NON-4) daalt de EOS-aanvoer en op termijn daardoor het organische stofgehalte.



Figuur 19. EOS-aanvoer (kg per ha per jaar, inclusief dierlijke mest) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio noordoostelijk zand- en dalgebied.

Tabel 16. Effect van alternatief bouwplan op verandering van organische stofgehalte van de bouwvoor ten opzichte van het referentiebouwplan na 10 en 20 jaar in het noordoostelijk zand- en dalgebied bij een bouwvoordikte van 25 cm (bouwplan NON-1 is niet doorerekend).

	Na 10 jaar	Na 20 jaar
NON-2	-0,01%	-0,01%
NON-3	+0,02%	+0,03%
NON-4	-0,02%	-0,02%

Conclusie

Verlaging van de teeltfrequentie van zetmeelaardappelen van 1:2 naar 1:3 is onderzocht door vervanging van de aardappelen door een rustgewas (groenbemester als hoofdgewas), door zomergerst of door een combinatie van snijmaïs, cichorei en waspeen. In tegenstelling tot de laatstgenoemde variant verhogen de varianten met een rustgewas en zomergerst de organische stofvoorziening. Alle drie varianten verlagen het stikstof- en fosfaatoverschot. Vervanging van aardappelen door snijmaïs/cichorei en waspeen is economisch gunstig, omdat dit beter salderende gewassen zijn. Vervanging door zomergerst of door een rustgewas verlaagt het saldo, maar zou vooral bij vervanging door zomergerst met een beperkte opbrengststijging gecompenseerd kunnen worden.

Verhuur van land voor de teelt van lelie is economisch gunstig, maar leidt tot een slechtere organische stofvoorziening en een hoger stikstof- en fosfaatoverschot.

3.6 Zuidoostelijk zandgebied

Bouwplannen

In het Zuidoostelijk zandgebied is het zeer moeilijk om een bouwplan te beschrijven voor het akkerbouwbedrijf. Er wordt heel veel geruild en bijgehuurd bij andere bedrijven akkerbouw, vollegrondsgroenten en veehouderij. Dit is met name ingegeven door het gezond houden van de bodem (aaltjessituaties vragen om verruiming van vruchtwisseling. Ook zijn er grote gespecialiseerd bedrijven (aardappels, sla, lelies) die grond ruilen of huren bij akkerbouwers.

De diverse sectoren zijn daarom niet los van elkaar te zien. Uit Tabel 17 is af te lezen dat het areaal akkerbouw in het zuid oostelijk veehouderijgebied (CBS 2000, 2005, 2011) in de laatste 10 jaar is afgenomen van 85.000 naar 60.000 ha (30%). Het areaal open tuinbouw (groenten, boomkwekerij, fruit en bloembollen) is daarentegen toegenomen van 14.600 ha naar 22.000 ha. Grasland en groenvoedergewassen (snijmaïs) is stabiel gebleven op circa 160.000 ha.

De diverse sectoren zijn niet los van elkaar te zien daar er veel geruild wordt in de regio.

Het areaal akkerbouw is afgenomen in de laatste 10 jaar en er heeft een verschuiving van het aandeel van de diverse gewassen plaatsgevonden. Het areaal aardappel is gedaald echter het aandeel in het totale areaal toegenomen van 21% in 2000 naar 26% in 2011 met een dip in 2005 van 17%.

Het areaal en aandeel suikerbieten is gedaald omdat met minder areaal het toegewezen quotum gerealiseerd kan worden. Het aandeel graan is ook licht gedaald van 40 naar 37%. Binnen de granen is circa 40% tarwe en gerst, de rest is (waarschijnlijk) korrelmaïs.

Het areaal akkerbouwgroenten is gestegen en aandeel akkerbouwgroenten is gestegen van 10 naar 13%. Het betreft hier vooral groenten voor de conserven industrie. Vooral de peen en schorseneren zijn hoger salderende gewassen. Het aandeel peulvruchten, graszaad en handelsgewassen en overige gewassen maakt maar een klein deel uit van het akkerbouwareaal (5-9%). Bij de open tuinbouwgewassen is de verdeling over de gewasgroepen niet veel veranderd.

Tabel 17. **Areaalverdeling zuid oostelijk veehouderijgebied (Bron: CBS).**

	2000	2005	2011
<i>Areaal (ha)</i>			
Akkerbouw totaal	85000	77000	59000
Tuinbouw open grond totaal	14600	17500	22000
Grasland + groenvoedergewassen	162000	160000	161000
<i>Aandeel gewas binnen akkerbouw (%)</i>			
Aardappel (vrijwel 100% consumptie)	21	17	26
Suikerbiet	18	16	15
Graan (tarwe, gerst, korrelmaïs)	40	41	37
Akkerbouwgroenten	10	11	13
Peulvruchten	1	1	0
Graszaad en handelsgewassen	3	5	3
Overig	2	3	3
Braak	4	6	3
<i>Aandeel gewas binnen vollegrondstuinbouw (%)</i>			
Groenten	46	46	46
Fruit	10	8	8
Boom- en bloemkwekerij	34	37	37
Bloembollen	10	9	8
<i>Aandeel gewas binnen grasland en groenvoedergewassen (%)</i>			
Grasland	64	61	63
Snijmaïs	36	39	37
<i>Aandeel gras binnen grasland (%)</i>			
Tijdelijk grasland	29	55	50

Als referentie wordt uitgegaan van een bouwplan met 1 op 4 consumptieaardappelen (Tabel 18). Dit bouwplan is ook gebruikt in een in 2008 uitgevoerde studie (Runia et al., 2008) en is tot stand gekomen na ruggenspraak met representanten in de regio.

Wat betreft mineralenbenutting zijn vooral consumptieaardappelen, snijmaïs, erwt+stamslaboon en lelie kritische gewassen. Daarom is een variant opgenomen waarin de snijmaïs is vervangen door zomergerst (graan dat qua aaltjesvermeerdering het beste past) (ZON-1) en een variant waarbij tevens de stamslaboon is vervangen door een groenbemester (ZON-2).

Een derde variant is een samenwerking met een melkveehouderijbedrijf, waarbij een deel van het grasland van het melkveebedrijf gaat meedraaien in de rotatie van de akkerbouwer. Dit is gunstig voor de organische stofvoorziening. Op het vrijvallende areaal op het melkveebedrijf worden aardappelen en snijmaïs geteeld. Hierdoor daalt het aandeel consumptieaardappel en snijmaïs op de eigen grond van de akkerbouwer naar 12,5% voor beide gewassen. Verder wordt er in vergelijking met de referentie geen land meer verhuurd voor lelieteelt. Dit is gedaan omdat de focus bij deze variant nu ligt op de samenwerking met de veehouder.

In de vierde variant wordt het referentiebouwplan gehandhaafd, maar wordt nagegaan welke mogelijkheden er zijn om meer groenbemesters te telen. Dit is gedaan door bij zowel de aardappelen als de snijmaïs te kiezen voor vroege rassen, die ruimte geven om een volwaardige onbemeste groenbemester te telen. Beide gewassen laten relatief veel stikstof achter die door een vroeger gezaaide groenbemester beter kan worden opgenomen. Uiteraard wordt met name bij consumptieaardappel de rassenkeuze vooral bepaalde door de wensen van de afnemer. Het gaat ons bij deze variant er echter vooral om, om aan te geven welke effecten een dergelijke teeltaanpassing heeft op de mineralenbenutting en bodemvruchtbaarheid.

Tabel 18. **Referentiebouwplan en alternatieve bouwplannen voor het zuidoostelijk zandgebied.**

Jaar	ZON-S Referentie		ZON-1 zomergerst i.p.v. snijmaïs		ZON-2 zomergerst i.p.v. snijmaïs en groenbemester i.p.v. stamslaboon		ZON-3 ruil veehouder grasland in de rotatie		ZON-4 Vroege teelten cons aard en snijmaïs	
	Gewas ¹	%	Gewas	%	Gewas	%	Gewas	%	Gewas	%
1	Ca	12.5	Ca	12.5	Ca	12.5	Ca	12.5	vr Ca+gb	12.5
2	Sn+vg	12.5	Zg+gb	12.5	Zg+gb	12.5	Sn+vg	12.5	vr Sn+vg	12.5
3	Wasp	12.5	Wasp	12.5	Wasp	12.5	Sb		Wasp	12.5
4	Ce+ssb	12.5	Ce+ssb	12.5	Ce+gb	12.5	Ce+ssb	12.5	Ce+ssb	12.5
5	Ca	12.5	Ca	12.5	Ca	12.5	Wasp		vr Ca+gb	12.5
6	Sb	12.5	Sb	12.5	Sb	12.5	Gra-ruil	12.5	Sb	12.5
7	Sn+vg	12.5	Zg+gb	12.5	Zg+gb	12.5	Gra-ruil	12.5	vr Sn+vg	12.5
8	Lelie-v	12.5	Lelie-v	12.5	Lelie-v	12.5	Gra-ruil	12.5	Lelie-v	12.5
bij ve							Ca	25		
							Sn+vg	12.5		

1 Ca = consumptieaardappelen, Sn+vg = snijmaïs +vanggewas winterrogge, Sb = suikerbieten, Wasp = waspeen, Ce+ssb = conservenerwten met volgteelt stamslaboon, Zg+gb = zomergerst + groenbemester, Lelie-v = lelie (verhuur), Gra-ruil = grasland voor melkveehouder, vr Ca+gb = vroege consumptieaardappelen+goed ontwikkelde groenbemester, vr Sn+vg = vroege snijmaïs+goed ontwikkeld vanggewas

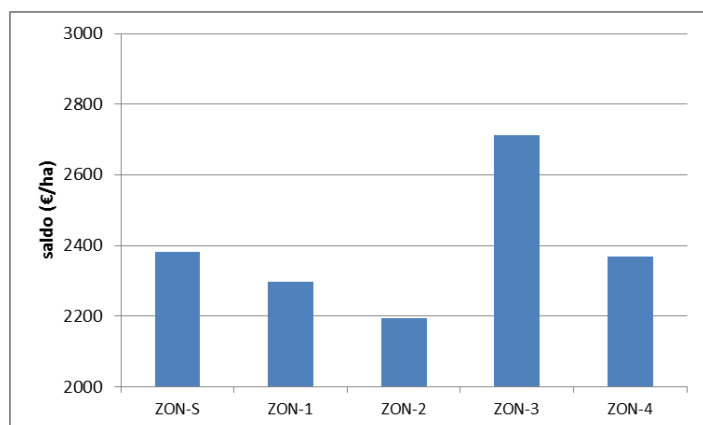
Resultaten berekeningen

Het referentie bouwplansaldo in het Zuidoostelijk zandgebied met 1 op 4 consumptieaardappelen bedraagt €2.380 per ha (Figuur 20).

Met de eerste variant op het bouwplan, waarbij snijmaïs vervangen wordt door zomergerst daalt het bouwplansaldo met €85 per ha. Dit zou kunnen worden gecompenseerd als er een opbrengst verhogend effect over alle gewassen van 3% zou zijn. Wanneer tevens de stamslaboon volgteelt wordt vervangen door een groenbemester (ZON-2) daalt het bouwplansaldo met ruim €185 per ha. In dat geval zou ter compensatie een opbrengststijging nodig zijn van 6%.

De derde variant waarbij grondruil plaatsvindt met een veehouder (ZON-3) is bedrijfseconomisch aantrekkelijker voor de akkerbouwer. Door tijdelijk grasland in de rotatie op te nemen wordt het mogelijk relatief meer consumptieaardappelen te telen wanneer dit mede bij de veehouder in rotatie kan. Het bouwplansaldo neemt voor de akkerbouwer met €370 per ha toe, terwijl de arbeidsbehoefte toeneemt van 25 naar 28 uur per ha. Mogelijk komen hier enige kosten voor de akkerbouwer tegenover te staan om de ruil ook voor de veehouder interessant te maken (zie ook opmerking hierover bij variant CZKF-3 in de Flevopolders). Het effect op het saldo is geringer dan bij het landruilvoorbeeld in het centrale zeekeleigebied (zie paragraaf 3.3.1). Dit komt, omdat er in dit geval geen verhuur meer plaatsvindt voor de teelt van lelie en de hoeveelheid snijmaïs is gehandhaafd.

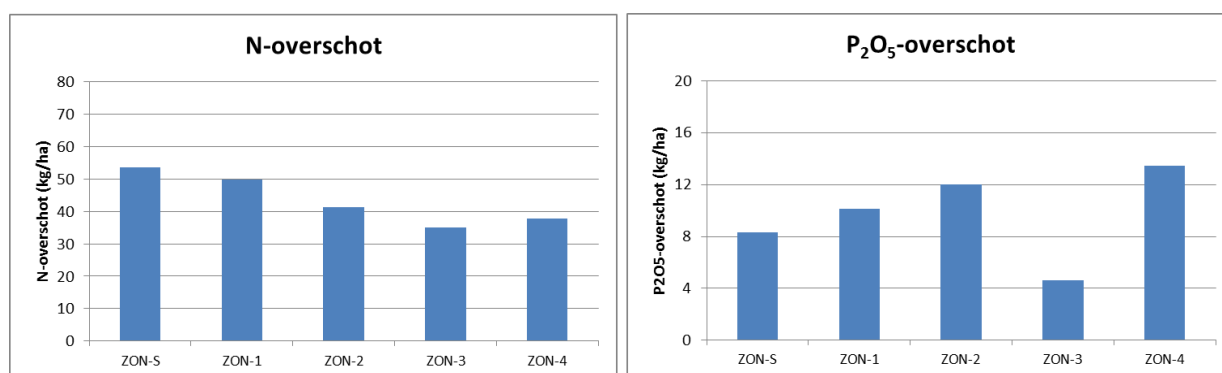
Bij de vierde variant wordt getracht zoveel mogelijk goed ontwikkelde groenbemesters te telen (ZON-4). Om dit te bereiken worden vroege aardappelen en vroege maïs geteeld. Het bouwplansaldo is dan €20 per ha lager. De daling is een gevolg van een lagere financiële opbrengst van de snijmaïs en de extra kosten voor het zaaien van groenbemesters terwijl er anderzijds wordt bespaard op de stikstofbemesting door meer nalevering door groenbemesters. Bij de aardappelen is ervan uitgegaan dat de financiële opbrengst gelijk blijft doordat de prijs van vroege aardappelen hoger is en dat dit de lagere opbrengst compenseert.



Figuur 20. **Bouwplansaldo (€ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio zuidoostelijk zandgebied.**

Stikstof- en fosfaatoverschot

Bij alle alternatieve de bouwplannen daalt het stikstofoverschot. De daling bedraagt 5, 10, 20 en 15 kg N per ha voor respectievelijk ZON-1, ZON-2, ZON-3 en ZON-4 (Figuur 21). Bij ZON-1 en ZON-2 is de daling een gevolg van vervanging van snijmaïs door zomergerst en vervanging van stamslaboon door een groenbemester. Bij ZON-3 is de daling vooral een gevolg van de N-nalevering van de ondergeploegde zode waardoor er kan worden bespaard op de N-bemesting. Bij ZON-4 daalt het N-overschot vooral doordat er meer ruimte ontstaat voor groenbemesters door de vroegere oogst van de aardappelen en de snijmaïs. Het positieve effect van meer groenbemesters wordt deels teniet gedaan door de lagere stikstofafvoer door de lagere opbrengst bij vroegere oogst.

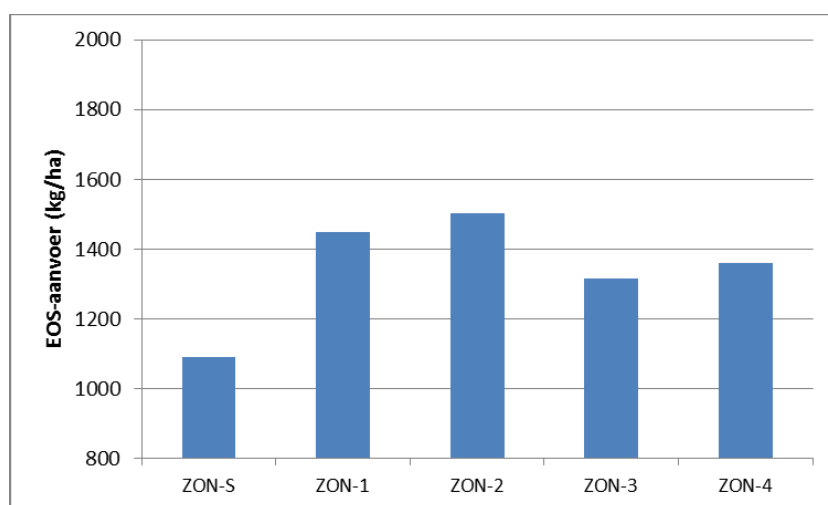


Figuur 21. **Stikstof- en fosfaatoverschot (kg N en P₂O₅ per ha) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio zuidoostelijk zandgebied.**

Organische stof

Alle drie alternatieve bouwplannen leiden tot een hogere aanvoer van organische stof (+200 tot +400 kg EOS per ha per jaar; Figuur 22). Op de lange termijn leidt dit tot een stijging van het organische stofgehalte van 0,03-0,04% (Tabel 21). Bij variant ZON-3 (ruilen met melkveehouder) zal naar verwachting ook het mestgebruik veranderen (runderdrijfmest in plaats van varkensdrijfmest). In dat geval stijgt de EOS-aanvoer

per jaar met ruim 1250 kg en wordt een stijging van het organische stofgehalte voorspelt van 0,26%.



Figuur 22. EOS-aanvoer (kg per ha per jaar, inclusief dierlijke mest) voor referentiebouwplan en alternatieve bouwplan voor de regio zuidoostelijk zandgebied.

Tabel 19. Effect van alternatief bouwplan op verandering van organische stofgehalte van de bouwvoor ten opzichte van het referentiebouwplan na 10 en 20 jaar in het zuidoostelijk zandgebied bij een bouwvoordikte van 25 cm (bouwplan ZON-1 is niet doorgerekend).

	Na 10 jaar	Na 20 jaar
ZON-2	+0,03%	+0,04%
ZON-3	+0,01%	+0,03%
ZON-4	+0,01%	+0,03%
ZON-3, VDM	+0,01%	+0,03%
ZON-3, RDM	+0,19%	+0,29%

Conclusie

Het zuidoostelijk bouwplan op akkerbouwbedrijven kenmerkt zich door een relatief hoog aandeel tuinbouwgewassen en dat er vaak snijmaïs wordt geteeld in plaats van graan. Hierdoor is er sprake van een krappe organische stofvoorziening. Deze kan worden verbeterd door de snijmaïs te vervangen door graan of door grondruil met een melkveehouder. In beide gevallen daalt het stikstofoverschot, terwijl het fosfaatoverschot alleen bij de landruilvariant daalt. In economisch opzicht is vooral landruil met een melkveehouder aantrekkelijk, afhankelijk van de onderlinge afspraken.

De organische stoftoevoer wordt ook verbeterd door een vroegere oogst van de consumptieaardappelen en snijmaïs. Dit biedt ruimere mogelijkheden voor het telen van groenbemesters. Dit verlaagt ook het stikstofoverschot. Doordat in deze situatie vroegere rassen moeten worden geteeld en er extra groenbemesters worden gezaaid, daalt het bouwplansaldo wel. Door de lagere opbrengsten bij vroege rassen stijgt ook het fosfaatoverschot.

3.7 Lössgebied

Bouwplannen

Van oudsher werd in Zuid Limburg intensief bieten geteeld: 1 op 3. De laatste jaren is dit iets teruggezakt naar bijna 1:4 doordat als gevolg van opbrengststijging men met minder areaal het toegewezen quotum kan halen.

Het areaal is wel afgenomen omdat een aantal telers gestopt is met de teelt van suikerbieten.

Verder wordt er 1:4 aardappelen geteeld. Enkele telers hebben zich gespecialiseerd in de teelt van aardappelen en huren grond bij. Dit zijn grote bedrijven van > 100 ha. Er zijn ook bedrijven die geen aardappelen telen.

Belangrijkste trends afgelopen 10 jaar:

- Toename consumptieaardappelen
- Afname suikerbieten
- Toename granen

Tabel 20. **Relatief areaal (%) van de belangrijkste akkerbouwgewassen in Zuid-Limburg (Bron: CBS).**

	2001	2006	2011
Consumptieaardappelen	12	12	15
Suikerbieten	28	24	21
Graan	52	56	59
- Wintertarwe	35	38	36
- Korrelmaïs	6	5	7
- Zomergerst	4	4	4
- Wintergerst	4	7	8
- overig graan	3	3	4
Braak	4	3	1
Overig	5	4	4

Voor het referentiebouwplan zijn er een aantal opties. Er kan worden uitgegaan van een 1 op 4 bouwplan met consumptieaardappelen (Tabel 21). Dit bouwplan is gebruikt in eerdere studies zoals bij de Evaluatie Meststoffenwet 2007. In een latere studie in 2010 is uitgegaan van een 1:5 bouwplan. Deze stemt meer overeen met de CBS-areaalgegevens.

In het lössgebied is de teelt van groenbemester verplicht daar waar het kan. Dus na granen wordt altijd een groenbemester geteeld. In beide opties voor het referentiebouwplan is er sprake van een hoog aandeel graan is er minder noodzaak voor verruiming van het bouwplan. Er zijn daarom geen alternatieve bouwplannen voor deze regio.

Tabel 21. **Referentiebouwplannen voor lössgebied**

Jaar	Referentie 1 1:4 cons aard		Referentie 2 1:5 cons aard	
	Gewas ¹	%	Gewas	%
1	Ca	25	Ca	20
2	Wt+gb Ui	23 2	Wt+gb	20
3	Sb	25	Wg+gb	20
4	Zg+gb Ui	22 3	Sb	20
5			Wt+gb	20

1 Ca = consumptieaardappel, Wt+gb = wintertarwe + groenbemester, Ui = zaaiuien, Sb = suikerbiet, Zg+gb = zomergerst+groenbemester, Wg+gb = wintergerst+groenbemester

4 Discussie

Landruil met melkveehouder

Bij landruil met een melkveehouder waarin ook gras gaat meedraaien in de rotatie op beide bedrijven zal grasland vaak worden gescheurd. Dit kan gemakkelijk leiden tot extra nitraatuitspoeling. Om dit risico zo veel mogelijk te beperken is het belangrijk dat er voldoende rekening wordt gehouden met de stikstofnalevering uit de ondergewerkte zode (100 kg N per ha in het eerste jaar, 30 kg N per ha in het tweede jaar) en dat, indien mogelijk, een vanggewas wordt gezaaid. In veel ruilsituaties zal mestafname onderdeel zijn van de afspraken. Met name gebruik van mest in het eerste jaar na scheuren kan gemakkelijk leiden tot extra nitraatuitspoeling. Deze zou dan bij voorkeur op de andere percelen moeten worden toegediend.

Zoals hierboven aangegeven daalt door extra nalevering uit de ondergewerkte zode de stikstofbestedingsbehoefte van de bouwlandgewassen die na het scheuren worden geteeld. Er moet echter worden bedacht dat na inzaai van het nieuwe grasland er in de opbouwfase van de graszode extra stikstof nodig is. Bij de afspraken die de akkerbouwer maakt met de veehouder moet hiermee worden rekening gehouden.

Opbrengsten en verruimde vruchtwisseling

Uit tot nu toe behaalde onderzoeksresultaten blijkt alleen bij één meerjarig vruchtwisselingsonderzoek dat met verruiming van pootaardappelen van 1:3 naar 1:4 een 6% hogere netto-pootaardappelopbrengst wordt behaald. Verder zijn er voornamelijk geen duidelijke aanwijzingen dat verruiming leidt tot hogere opbrengsten. Dit heeft mogelijk te maken met de specifieke situatie van de locaties waar deze proeven zijn uitgevoerd (o.a. bodemgezondheidssituatie, jonge poldergronden). Ook de proefduur kan in een aantal gevallen nog te kort zijn geweest om potentiële opbrengsteffecten aan te tonen.

Op basis van beschikbare informatie kan ook geen uitspraak worden gedaan over het kwantitatieve effect van een hogere organische stoftoevoer op de opbrengsten. De in deze studie uitgevoerde modelberekeningen laten zien dat verandering van het organische stofgehalte zeer langzaam gaat en daarmee lastig is aan te tonen in veldproeven vanwege de relatief korte duur daarvan.

In de berekeningen hebben we om die reden geen opbrengstverhoging ingerekend bij verruiming van de bouwplannen. Wel is aangegeven hoeveel de opbrengst van de gewassen op termijn zou moeten stijgen om de saldodaling bij verruiming door graan te compenseren. Bij het pootaardappelbouwplan van 1:3 naar 1:4 op de Noordelijke zeelei is dit 12 % en in de Noordoost polder van 1:3 naar 1:6 28%, bij het consumptieaardappelbouwplan op de Centrale zeelei van 1:4 naar 1:5 7% en bij het zetmeelaardappelbouwplan van 1:2 naar 1:3 5%. Met name bij de pootgoedbouwplannen gaat het om relatief forse opbrengststijgingen die weinig realistisch lijken.

Verruiming met bloembol- en groentegewassen

In deze studie zijn ook varianten bekeken waarin de rotatie is verruimd met verhuur voor bloembolgewassen en groenten. Bij deze scenario's moet wel worden benadrukt dat als akkerbouwers op grote schaal land voor bloembollen willen gaan verhuren dit een prijsdrukkend effect heeft op de verhuurprijzen.

Bijhuur voor pootgoed

In de pootgoedbouwplannen is in een aantal varianten bij verlaging van de teeltfrequentie van pootaardappelen extra land bijgehuurd om het totale pootgoedareaal te handhaven. Hoewel het saldo per ha in vergelijking lager is dan in het referentiebouwplan is het bedrijfssaldo (areaal x saldo/ha) vaak wel vergelijkbaar met dat van de referentiesituatie.

Wel moet worden benadrukt dat door de bijhuur op een andere plaats de teeltfrequentie stijgt. Vanuit dat oogpunt bezien is het ook de vraag hoe gemakkelijk het zal zijn extra grond bij te huren. Als in de omliggende regio al intensief wordt geteeld zal het aanbod van te verhuren grond voor pootgoed beperkt zijn.

Slagingskans groenbemesters

In de berekeningen is uitgegaan van een geslaagde groenbemester wanneer die op tijd kan worden gezaaid. In de praktijk valt dat nogal eens tegen o.a. door droogte. Dit betekent dat de berekeningen aangeven wat maximaal verwacht mag worden van groenbemesters.

Alternatief voor een groenbemester na graan is het inwerken van stro. Qua hoeveelheid EOS is dat redelijk vergelijkbaar met een goed geslaagde groenbemester. In de scenarioberekeningen is het stro altijd afgevoerd. Het voordeel van inwerken van stro in vergelijking met groenbemesters is, dat de hoeveelheid aangevoerde EOS zekerder is. Anders dan stro hebben groenbemesters mogelijk ook positieve effecten door de beworteling van het bodemprofiel.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting en bodembeheer.

- Belangrijke aspecten voor een hoge stikstofbenutting van het bouwplan zijn een hoog aandeel gewassen met een laag stikstofoverschot, voldoende ruimte voor vanggewassen, met name na gewassen die veel stikstof nalaten, en, met name op lössgronden, een afwisseling van ondiep en diep wortelende gewassen.
- Belangrijke aspecten voor een hoge organische stofaanvoer van het bouwplan zijn een hoog aandeel gewassen met veel organische stof in gewasresten en voldoende ruimte voor goed ontwikkelde groenbemesters. Graangewassen zijn in dit opzicht gunstig, maar ook vroeg geoogste groentegewassen en bloembolgewassen met voldoende ruimte voor een groenbemester zijn leveren een bijdrage.
- Teeltfrequentie en gewasvolgorde zijn ook van invloed op de beheersing van bodempathogenen (aaltjes, ziekten en plagen). De keuze voor resistente rassen voor aardappel- en bietencystealtjes heeft een groter effect op de aaltjespopulaties dan de teeltfrequentie. Voor andere schadelijke bodemorganismen met een brede waardplanten reeks is de teeltvolgorde van groot belang. De beste strategie is dan om tussen de hoog salderende vatbare gewassen, zoveel mogelijk niet-waardplanten in het bouwplan op te nemen.
- Een doordacht bouwplan, gebaseerd op kennis uit beslissingsondersteunende systemen, geeft de beste beheersing van ziekten en plagen.
- De tot nu toe behaalde onderzoeksresultaten geven vooralsnog maar in beperkte mate aanwijzingen dat verruiming leidt tot hogere opbrengsten. Dit heeft mogelijk te maken met de specifieke situatie van de locaties waar deze proeven zijn uitgevoerd (o.a. bodemgezondheidssituatie). Ook kan op basis van beschikbare informatie geen uitspraak worden gedaan over het kwantitatieve effect van een hogere organische stoftoevoer op de opbrengsten.

Huidige situatie bouwplannen op akkerbouwbedrijven

- Het aandeel graan op de akkerbouwbedrijven loopt sterk uiteen tussen de regio's. In het noordelijk en zuidwestelijk kleigebied en het lössgebied bedraagt het graanaandeel 40-50%, terwijl zuidoostelijk zandgebied vrijwel geen graan wordt geteeld. Ook het aandeel aardappelen loopt sterk uiteen. Consumptieaardappelen worden meestal in een 1:5 of 1:4 rotatie geteeld, terwijl dit voor pootaardappelen vaak een 1:3 rotatie is. Zetmeelaardappelen worden nog intensiever geteeld (1:2 rotatie).
- Het stikstofoverschot van de referentiebouwplannen in de verschillende akkerbouwregio's loopt uiteen van 35-80 kg N per ha, het fosfaatoverschot van 0-15 kg P₂O₅ per ha.
- De EOS-aanvoer van het bouwplan (gewasresten + dierlijke mest) is krap en loopt uiteen van 1100 tot 1800 kg per ha per jaar. De aanvoer wordt vooral bepaald door het aandeel graan.

Verruiming met meer graan

- Verlaging van de teeltfrequentie van pootaardappelen van 1:3 naar 1:4 (doorgerekend voor noordelijke zeeklei) en 1:6 (doorgerekend voor centrale zeeklei) ten gunste van graan leidt tot een daling van het bouwplansaldo met respectievelijk €580 en €1250 per ha. Om dit te compenseren zou een opbrengstverhoging over alle bouwplangewassen van resp. 12 en 28 % nodig zijn. Indien er land wordt bij gehuurd om het pootgoedareaal gelijk te houden, dan bedraagt de saldodaling respectievelijk €365 en €770 per ha. Verlaging van de teeltfrequentie van consumptieaardappelen van 1:4 naar 1:5 (doorgerekend voor centrale zeekleigebied) geeft een daling van het bouwplansaldo met €320 per ha. Ter compensatie zou een opbrengstverhoging van 7% nodig zijn. Verlaging van de teeltfrequentie van zetmeelaardappelen van 1:2 naar 1:3 ten gunste van zomergerst verlaagde het saldo met €100 per ha, dat al met een opbrengstverhoging van 5% goed gemaakt zou kunnen worden.
- Vervanging van snijmaïs (bouwplanaandeel 25%) door zomergerst verlaagde het saldo met €85 per ha,

hiervoor zou een opbrengststijging van 3% nodig zijn.

- Het stikstofoverschot veranderde niet veel in de doorgerekende situaties. Voor de pootgoedbouwplannen komt dat doordat het stikstofoverschot van wintertarwe vergelijkbaar is met dat van pootaardappelen. In het zetmeelaardappelbouwplan en het zuidoostelijk bouwplan daalde het overschot wel (met respectievelijk circa 15 en 5 kg N per ha). Dat komt, omdat de verruiming hier plaatsvond met zomergerst en dat gewas heeft een veel lager overschot dan wintertarwe. Het fosfaatoverschot daalde met 0-5 kg P₂O₅ per ha.
- Meer graan telen verhoogde de organische stoftoevoer met 100-350 kg EOS per ha, deels doordat een graanstoppel veel EOS levert en door de verhoogde mogelijkheden van inzaai van een groenbemester.

Verruiming met hoger renderende gewassen

- Het saldoverlies bij verlaging van de teeltfrequentie van aardappelen kan worden verminderd door het vrijkomende areaal niet te gebruiken voor extra graan, maar te gebruiken voor hoger renderende gewassen zoals vollegrondsgroenten of verhuur voor bloembolgewassen zoals tulp en lelie (doorgerekend voor noordelijke en centrale zeelei).
- Verhuur voor bloembolgewassen leidt tot een stijging van het stikstof- en fosfaatoverschot (in de doorgerekende situaties +10-20 kg N per ha en +10 kg P₂O₅ per ha) in vergelijking met het referentiebouwplan. Bij groenten hangt het sterk af van de soorten die worden geteeld.
- Verhuur voor bloembolgewassen verlaagde in twee van de drie doorgerekende situaties de EOS-aanvoer (minus 150-200 kg per ha). Verhuur voor tulp is gunstiger dan voor lelie, omdat door de vroege oogst van eerstgenoemd gewas een goed ontwikkelde groenbemester kan worden gezaaid. Hetzelfde geldt voor vroege teelten van groenten.

Landruil met melkveehouder

- Landruil met een melkveehouder is economisch gunstig, omdat in dat geval een hoger aandeel hoog renderende gewassen kan worden geteeld terwijl op perceelsniveau de rotatie wordt verruimd. Met name in een situatie waarin geen graan meer wordt geteeld en in plaats daarvan extra aardappelen en uien (in deze studie doorgerekend voor consumptieaardappelbouwplan op de centrale zeelei) stijgt het saldo van de akkerbouwgewassen met €1250 per ha. Afhankelijk van de gemaakte afspraken zal de akkerbouwer dan teeltactiviteiten (onkruidbestrijding snijmaïs, inzaai gras) verzorgen voor de melkveehouder. In een tweede doorgerekende situatie met landruil (zuidoostelijk zandgebied), waarin het graangewas (in dit geval snijmaïs) werd gehandhaafd en er in plaats van verhuur voor lilies extra consumptieaardappelen werden geteeld, bedroeg het voordeel circa €370 per ha.
- In de doorgerekende situaties nam het stikstofoverschot op het areaal waarop de akkerbouwgewassen worden geteeld, af. Dit komt voor een belangrijk deel door de N-nalevering van de ondergewerkte graszode waardoor kan worden bespaard op de N-bemesting. Het fosfaatoverschot nam in het kleivoorbeeld toe doordat er geen wintertarwe meer werd geteeld, waardoor de fosfaatafvoer daalde. In het zandvoorbeeld daalde het fosfaatoverschot, omdat de lilies zijn vervangen door aardappelen die meer fosfaat afvoeren.
- In een situatie van grondruil waarbij het graan wordt ingeleverd (kleivoorbeeld) vermindert de aanvoer van organische stof, ondanks dat op het land van de akkerbouwer een kunstweide meedraait in de rotatie. Dit komt omdat de EOS-aanvoer met wintertarwe + groenbemester op jaarbasis aanzienlijk hoger is dan van de kunstweide (2500 tegen 1300 kg EOS per ha per jaar). In een situatie met snijmaïs in het bouwplan in plaats van graan (doorgerekende situatie zuidoostelijk zandgebied) levert de kunstweide van drie jaar wel een verbeterde situatie op voor de organische stofvoorziening, omdat de EOS-aanvoer van snijmaïs laag is (circa 700 kg EOS per ha).
- Wanneer tevens rundermest wordt gebruikt op het land van de akkerbouw in plaats van varkensdrijfmest verbetert de organische stofvoorziening sterk. Dit effect is veel sterker dan het effect van verandering van het bouwplan.

Rustgewassen

- Het telen van een rustgewas (groenbemestingsgewas) in plaats van een hoofdgewas kan een substantiële bijdrage leveren aan de organische stofvoorziening. In situaties waarin dit is doorgerekend (noordoostelijk zandgebied: op 1/6 areaal grasgroenbemester i.p.v. aardappelen; zuidoostelijk zandgebied: op 1/8 areaal groenbemester in plaats van tweede teelt stamslaboon) levert dit op bouwplanniveau respectievelijk 250 en 50 kg extra EOS per ha.
- Omdat het rustgewas geen directe inkomsten geeft, daalt het bouwplansaldo met respectievelijk €200 en €100 per ha. Een opbrengststijging van 12% en 3 % is nodig om dit te compenseren.
- De vervanging van stamslaboon door een groenbemester verlaagde het stikstofoverschot met bijna 10 kg N per ha. Het fosfaatoverschot steeg wat doordat de afvoer afnam.

Vroege oogst

- Een vroegere oogst van gewassen die veel stikstof nalaten biedt meer mogelijkheden voor een beter ontwikkeld vanggewas. Voor een situatie met 25% aardappelen en 25% snijmaïs in het bouwplan werd een extra organische stoftoevoer berekend van circa 250 kg EOS per ha wanneer voor deze gewassen werd uitgegaan van vroege rassen.
- Het stikstofoverschot daalde hierdoor met circa 15 kg N per ha, het fosfaatoverschot steeg echter met 5 kg P₂O₅ per ha als gevolg een lagere gewasafvoer bij de teelt van vroege rassen (lagere opbrengst).
- Door de lagere opbrengst en de extra kosten voor groenbemesters daalde het bouwplansaldo met €20 per ha.

Lange termijn effecten organische stof

- Modelberekeningen laten zien in situaties waarin de EOS-toevoer stijgt, de voorspelde stijging van het organische stofgehalte na 20 jaar slechts beperkt is uiteenlopend van 0,01 tot 0,04% (absoluut) ten opzichte van het referentiebouwplan.
- Het effect van verandering van mestsoort is aanzienlijk sterker dan dat van bouwplanverandering. Bij vervanging van varkensdrijfmest door runderdrijfmest (te verwachten in ruilsituaties met melkveehouder) stijgt de EOS-aanvoer met circa 1250 kg EOS per ha. Het model voorspelde als gevolg hiervan na 20 jaar een stijging van het organische stofgehalte met circa 0,25% (absoluut).

5.2 Aanbevelingen

Uit deze studie komt naar voren dat verruiming van het bouwplan met graan economisch ongunstig is. Echter, ook zonder verlaging van de teeltfrequentie kunnen maatregelen worden genomen om de mineralenbenutting en de bodemkwaliteit te verbeteren. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Het telen van vroege rassen, waardoor er meer ruimte wordt gecreëerd voor groenbemesters,
- Inwerken van graanstro,
- Organische mestkeuze. Het gebruik van bijvoorbeeld rundermest in plaats van varkensmest is voor de organische stofvoorziening gunstiger dan meer graan telen,
- Een juiste gewasvolgorde is uit oogpunt van bodemgezondheid vaak belangrijker dan de teeltfrequentie.

Verruiming van de vruchtwisseling met bloembol- en groentegewassen in plaats van graan is economisch interessanter. Om ongunstige effecten op de mineralenbenutting en bodemkwaliteit te voorkomen kan het beste worden gekozen voor vroegeruimende gewassen (bijvoorbeeld tulp, vroege groenten). Dit biedt mogelijkheden voor de teelt van groenbemesters.

Landruil tussen akkerbouw en melkveehouderij kan onder de juiste voorwaarden een bijdrage leveren aan verbetering van de bodemkwaliteit op akkerbouwbedrijven. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn de mate waarin graan wordt vervangen door snijmaïs en gras en afspraken over gebruik van de rundermest van de melkveehouder op het akkerbouwland.

6 Referenties

- Aasman, B., van Beers T. & Wolfs, A. (2010). Aaltjesmanagement in de akkerbouw. Brochure Actie Aaltjesbeheersing van Productschap Akkerbouw. PP.45.
- Borm, G.E.L., J.G.N. Wander & S. Zwanepol (1995). Teelt van graszaad. Teelthandleiding nr. 69, PAGV, Lelystad, 86 p.
- Bosch, H. & P. de Jonge (1989). Handboek voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond 1989. Publicatie nr. 47, PAGV, Lelystad, 252 p.
- Dekker, P.H.M., S. Radersma, S., J.R. van der Schoot en M. de Wolf. Scenariostudie 'maatregelen voor de akkerbouw op lössgrond om met inzet van dierlijke mest aan Minas- en nitraatnormen te voldoen'. PPO publicatie 318, 2003.
- Dekker, P.H.M., W. van den Berg, L. Bommelé & D. Reheul (2005). Landbouwkundige en milieutechnische aspecten bij teelt van aardappelen op gescheurd grasland. PPO-projectrapport nr. 510179.
- Derks, T., B. Aasman, A. Evers & J. de Wit (2012). Resultaten berekeningen bedrijfsmaatregelen Melkveehouderij en Akkerbouw. Studie in het kader van project Boeren & Agrobiodiversiteit.
- Ehlert, P.A.I., J.C. van Middelkoop & P.H.M. Dekker, 2006. Fosfaatafvoer en fosfaatgehalten van landbouwgewassen. Alterra, rapport nr. 1348, 92 pp.
- Floot, H.W.G., J.G. Lamers en W. van den Berg (1992). De invloed van de intensiteit van het bouwplan op pootaardappelen, suikerbieten en wintertarwe (vruchtwisselingsproefveld FH 82). Verslag nr. 139, 127 p. PAGV, Lelystad.
- Geelen, P.M.T.M. (1995). De invloed van gerst, maïs en aardappel als voorvrucht op de opbrengst en ziekteaantasting van suikerbieten in een één op twee-teelt op zandgrond. Jaarboek 1994/1995, Akkerbouw, p. 56-64. PAGV, Lelystad.
- Geelen, P.M.T.M., J.G. Lamers, K. Scholte en L. Swinkels (1995). De invloed van de voorvrucht en de teeltfrequentie op de opbrengst en ziekteaantasting van suikerbieten, zomergerst, aardappelen en snijmaïs op zandgrond. Jaarboek 1994/1995, Akkerbouw, p. 158-172. PAGV, Lelystad.
- Grunefeld, A. en F. Wijnands, 'Bouwplan is meer dan optelsom van gewassen'; PAV Lelystad; Boerderij/Akkerbouw 28 januari 1998
- Haan, J.J. de; Geel, W.C.A. van; Verstegen, H.A.G.; Hendriks-Goossens, V.J.C. (2010). Nutriënten Waterproof: Nitraatnorm op zand verdraagt geen intensieve landbouw. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., (PPO / rapport)
- Haan J.J. de & A. Garcia Diaz (eds) (2002). Manual on Prototyping Methodology and Multifunctional Crop Rotation. VEGINECO Report 2. Applied Plant Research. Lelystad.
- Hoek, H. (2011). Aaltjes en groenbemesters. Publicatie op www.kennisakker.nl, versie augustus 2011
- Hoek, J. (2012). Groenbemesters en de strategie rond aaltjes; schema helpt bij keuze. Nieuwe Oogst, 28 juli 2012, p. 12.

Hoekstra, O en J.G. Lamers 1993. 28 jaar (vruchtwisselingsonderzoek op De Schreef. PAGV publicatie nr. 67. Pp 207.

Huizing, H. (2007). Invloed van de teelt van groenbemesters op de slakkenpopulatie. Publicatie op www.kennisakker.nl, versie maart 2007.

Janssen, B.H. (1984). A simple method for calculating decomposition and accumulation of "young" soil organic matter. *Plant & Soil* 76, p. 297-304.

Janssen, B.H. (2002). *Organic Matter and Soil Fertility*. Colledictaat J 100-225, editie 2002, Landbouwniversiteit Wageningen, 247 p.

Jonge, P. de (1981). PAGV-handboek. Publicatie nr. 16, PAGV, Lelystad, 192 p.

KWIN-AGV (2012). *Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt*, PPO publicatie 486, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.

Lamers, J.G. (1986). Nauwe rotaties en continueelten van aardappelen en suikerbieten. *Jaarboek 1986*, p. 249-259. PAGV, Lelystad.

Lamers, J.G. en O. Hoekstra (1989). Beperking en mogelijkheden van (nauwe) rotaties in de akkerbouw. In: Bosch, H. Themadag 'Vruchtwisseling; grenzen aan nauwe rotaties'. Themaboekje nr. 9, p. 10-25. PAGV, Lelystad.

Langeveld, J.W.A., A.L. Smit & J.J. de Haan, 2004. Kernbedrijf Vredepeel. Resultaten eerste fase. Rapport Telen met Toekomst, 48 pp.

Leeuwen-Haagsma, W. van en Wijnands, F.G. 2002. Groenbemesters en rustgewassen: noodzakelijke bouwstenen voor een optimale vruchtwisseling. In: Wijnands F.G. *Biologisch bedrijf onder de loep: 'biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in perspectief'*. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving pp 175-190.

Preuter, H. (1984). Rendabiliteit van continueelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV 1 (1978 t/m 1982). Verslag nr. 18, 30 p. PAGV, Lelystad.

Preuter, H. (1988). *Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptieaardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986)*. Verslag nr. 75, 36 p. PAGV, Lelystad.

Regeer, H. (2010). NemaDecide2; voor een aardappelteelt met toekomst. Eindrapportage maart 2010.

Rozen K. van, Ester A., Hendrickx T. (2007). Practical Dutch experience introducing a monitoring system of click beetles by pheromone traps. In Enkerli J (ed): Working Group "Insect Pathogens and Entomoparasitic Nematodes", sub group "Soil Insect Pests". Proceedings of the meeting at Auer/Ora (Italy). IOBC/wprs Bulletin 30(7), p 53-58.

Rops, A. H.J., C.A.M. Schouten & J. Alblas (1996). Effecten intensieve bouwplannen op lichte zavelgronden in de Noordoostpolder (WG 140). Verslag nr. 228, 45 p. PAGV, Lelystad.

RUNIA, W. T., MOLENDIJK, L.P.G. & B. VAN DER WAAL (2008). Deskstudie financiële gevolgen aaltjesbesmetting. PPO-projectrapport 3250084100, 45., www.kennisakker.nl

RUNIA, W. T., L.P.G. MOLENDIJK 2008a. Nematode control strategy (NCS) and physical soil disinfestation methods used in the Netherlands. In: LABRADA, R. (ed.) Report Workshop on non-chemical alternatives to replace methyl bromide as a soil fumigant. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations

South, A. (1992). Terrestrial slugs; biology, ecology and control. First edition, Chapman & Hall, London, pp. 428.

Sukkel, W. en P. van Asperen, (2002). Effectieve innovatie van bedrijfssystemen. In: Geïntegreerde akkerbouw, Zuidoost Nederland (Red. F.G. Wijnands en B.M.A. Kroonen-Backbier), PPO-Bedrijfssystemen, nr. 10, p 2-7, 59 pp+bijlagen 2002.

Sukkel, W. & J.A.J.M. Rovers (2002). Geïntegreerde akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt Zuidwest Nederland (Red.), PPO-Bedrijfssystemen, nr. 5, 54 pp+bijlagen, 2002.

Ten Berge, H.F.M., A.M. van Dam, B.H. Janssen & G.L. Velthof (2007). Mestbeleid en bodem- vrucht- baarheid in de Duin- en Bollenstreek. Werkdocument 47. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, Wageningen UR, 75 p.

Timmer, R.D., Korthals, G.W. en Molendijk, L.P.G. (2003). Groenbemesters van teeltechniek tot ziekten en plagen. Brochure Praktijkonderzoek Plant & Omgeving no. 316; pp. 60.

Van Dijk, W. & W. van Geel (2012). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 102 p. + bijlagen. Alleen elektronisch beschikbaar op de web site Kennisakker (www.kennisakker.nl)

Van Dijk, W., Baan Hofman T, Nijssen K, Everts H, Wouters AP, Lamers JG, Alblas J & Van Bezooijen J (1996) Effecten van maïs – gras vruchtwisseling. PAGV verslag 217.

Van Dijk, W., P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot, 2007. Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen. Verkenning van noodzaak en mogelijkheden tot differentiatie. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 367, 88 pp.

Verhoeven, J., C. Bus, W. van Dijk, W. van Geel, H. van Schooten, J. Schröder & R. Wustman, 2011. Teeltvervroeging bij consumptie aardappel en snijmaïs op zand ten behoeve van vanggewassen. Deskstudie naar mogelijkheden en beperkingen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.

Vermeulen, G.D. & C. van Wijk, 2012. Potentie van oogstvervroeging voor verbetering van de bodemstructuur. Deskstudie naar mogelijkheden en beperkingen. Plant Research International (rapport in voorbereiding).

Visscher, J. ; Dekker, P.H.M. ; Boer, H.C. de ; Brommer, E. ; Clevering, O.A. ; Dam, A.M. van ; Geel, W.C.A. van ; Haan, M.H.A. de ; Hoving, I.E. ; Klooster, A. van der ; Schooten, H.A. van ; Schreuder, R. ; Wolf, P. de. Perspectieven bedrijfsmaatregelen voor duurzaam bodemgebruik: kosten en effectiviteit van vijf maatregelen. Rapport / Animal Sciences Group van Wageningen UR (ISSN 1570-8616 ; 148), 2008.

Wijnands, F.G. en Kroonen-Backbier, B.M.A. Geïntegreerde akkerbouw Zuidoost Nederland. PPO- bedrijfssystemen 2002 nummer 10.

Wijnholds, K.H. en J. Smid (1995). Gangbaar bouwplan Veenkoloniën 't best – Ruimere vruchtwisseling leidt tot saldoeverlies. Boerderij/Akkerbouw 81, nr. 22, p. 16-17.

Wijnholds, K.H. en W. van den Berg (1995). Vruchtwisselingsproef AGM 600 proefboerderij A.G. Mulderhoeve, Emmercompasuum 1989-1989. Effect van gewasrotaties, organische stof en stikstof op de productie van aardappelen, suikerbieten, zomertarwe en haver op een veenkoloniale grond. Verslag nr. 206, 129 p. PAGV, Lelystad.

Wijnholds, K.H., W. van den Berg, G.W. Korthals, J.G. Lamers (2004), Onderzoek naar geïntegreerde vruchtwisselingssystemen op de noordoostelijke zand- en dalgronden 1990-2000 en afsluitend onderzoeksjaar 2001, PPO nr. 5228458.

Bijlage 1 Effecten bouwplannen op organische stofvoorziening

1. Aanpak

Voor een aantal standaard bouwplannen in verschillende regio's van Nederland is berekend wat het effect is van aanpassingen in het bouwplan of de bemesting op de aanvoer van effectieve organische stof naar de bodem. Ook is met behulp van een modelberekening geschat wat na 10 en 20 jaar het effect is op het organische stofgehalte in de bodem.

Eerst is de gemiddelde jaarlijkse aanvoer van (effectieve) organische stof per bouwplan berekend op basis bekende kengetallen van de EOS-aanvoer met gewasresten, dierlijke mest etc. De kengetallen zijn gebaseerd op het PAGV-handboek akkerbouw (Bosch & de Jonge, 1989; de Jonge, 1981), de adviesbasis bemesting (van Dijk & van Geel, 2012), de PPO-brochure groenbemesters (Timmer et al., 2003), de PAGV-teelthandleiding graszaad (Borm et al., 1995) en op interne gegevens van PPO (database van MEBOT). De afbraak in de bodem van de aangevoerde organische stof (o.s.) in de bodem is berekend met het model van Janssen (1984). Dit model is nader toegelicht in paragraaf 3 van deze bijlage. Ook de gehanteerde waarden voor de parameters van de modellen en de overige uitgangspunten zijn hierin weergegeven.

Eerst is berekend hoeveel OS er na 10 en 20 jaar nog over is van het organisch materiaal dat een jaar geleden is aangevoerd, twee jaar gelden, drie jaar gelden enz. Deze hoeveelheden zijn bij elkaar opgeteld en deze som is de hoeveelheid overgebleven OS in de bodem bij jaarlijkse aanvoer. Vervolgens is berekend wat de verandering van bouwplan voor effect heeft op het o.s.% van de bodem. Hierbij is alleen het onderlinge verschil tussen de bouwplannen aangegeven, niet het absolute niveau van het o.s.% in de bodem. Om dat te berekenen moet onderscheid worden gemaakt in de jaarlijkse aanvoer van verse organische stof en het afbraak verloop daarvan in de bodem enerzijds en de afbraak van de reeds in de bodem aanwezige organische stof anderzijds. Hoe snel de reeds aanwezige o.s. afbreekt is niet bekend. Hiervoor kunnen weliswaar aannames worden gedaan, maar er wordt vanuit gegaan dat de aanpassing van het bouwplan geen invloed heeft op de afbraak van de reeds aanwezige o.s. en dat dit dus bij alle bouwplanvarianten gelijk is. De verschillen tussen de bouwplanvarianten ontstaan alleen door verandering van de aanvoer van nieuw organische materiaal.

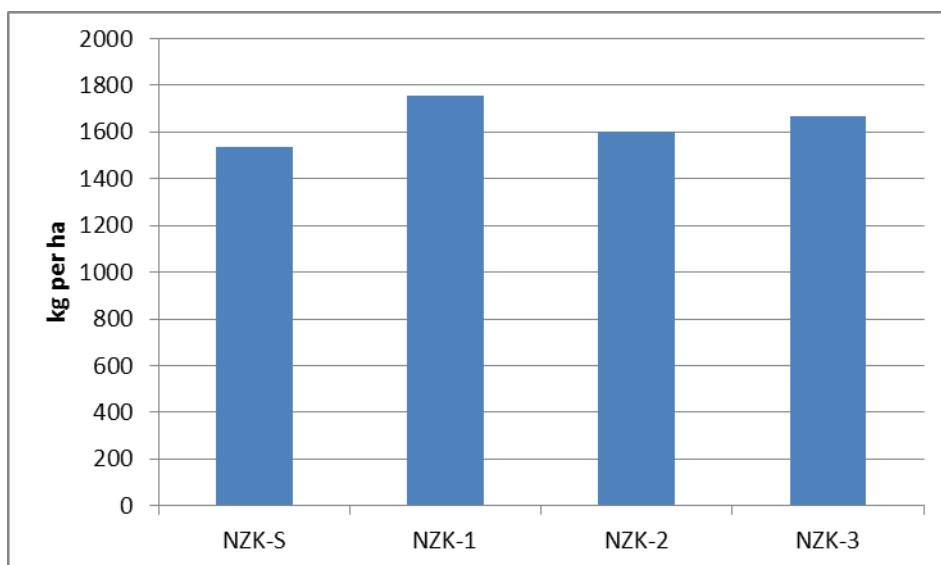
2. Bouwplannen en effect op o.s.-voorziening bodem na aanpassing

Hierna is per regio de gemiddelde EOS-aanvoer op bouwplanniveau weergegeven voor de verschillende bouwplannen. De hiervoor gehanteerde gewaskengetallen en uitgangspunten zijn weergegeven in paragraaf 4 en 5 van deze bijlage. Verder is voor de verschillende bouwplannen grafisch weergegeven hoeveel organische stof uit gewasresten er cumulatief gemiddeld op bouwplanniveau wordt toegevoegd aan de bodem bij jaarlijkse aanvoer. Tot slot is aangegeven hoeveel er is toegevoegd na 10 en 20 jaar in kg per ha en als percentage van het bouwvoorgewicht (0-30 cm). Daarbij is uitgegaan van bouwvoorgewicht op basis van een gemiddeld (huidig) organische-stofgehalte voor de regio. Of het o.s.-gehalte van de bodem absoluut gezien stijgt of daalt is niet aan te geven. Enkel is het verschil in niveau aangegeven tussen de bouwplannen.

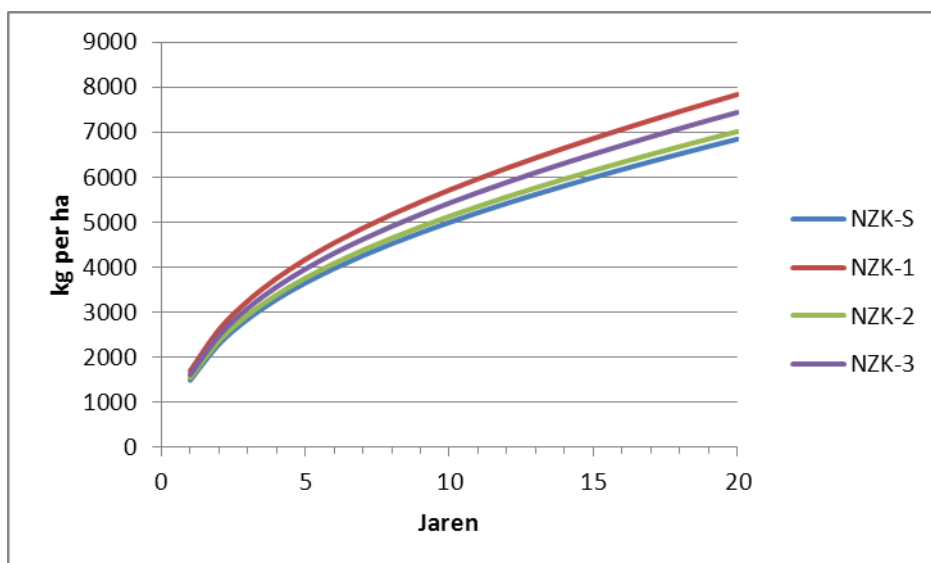
Noordelijke zeeklei

In paragraaf 3.2 (tabel 5) is het standaard bouwplan weergegeven voor noordelijk zeeklei (NZK-S) en de drie varianten hierop (NZK-1, NZK-2 en NZK-3). In NZK-S wordt na winterarwe op 6,3% van de oppervlakte nogmaals winterarwe geteeld. Op deze oppervlakte wordt na de eerste tarweteelt geen groenbemester gezaaid. Na de rest van de tarweoppervlakte wel. Voor bouwplan NZK-2 is uitgegaan van een vroege broccoliteelt, die ongeveer gelijk met de tulpen het veld heeft geruimd.

In figuur B1 is de gemiddelde EOS-aanvoer op bouwplanniveau weergegeven en in figuur B2 de cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem bij jaarlijkse aanvoer. In tabel B1 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd na 10 en 20 jaar in kg per ha. Er is uitgegaan van een bouwvoordikte van 25 cm en 30 cm en een bouwvoorgewicht van respectievelijk 3,4 en 4,1 miljoen kg per ha.



Figuur B1. Gemiddelde EOS-aanvoer uit gewasresten op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op noordelijke zeeklei



Figuur B2. **Cumulative toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op noordelijke zeeklei**

Tabel B1. **Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit gewasresten na 10 jaar en 20 jaar bij de verschillende bouwplannen op noordelijke zeeklei bij een bouwvoordikte van 25 cm en van 30 cm**

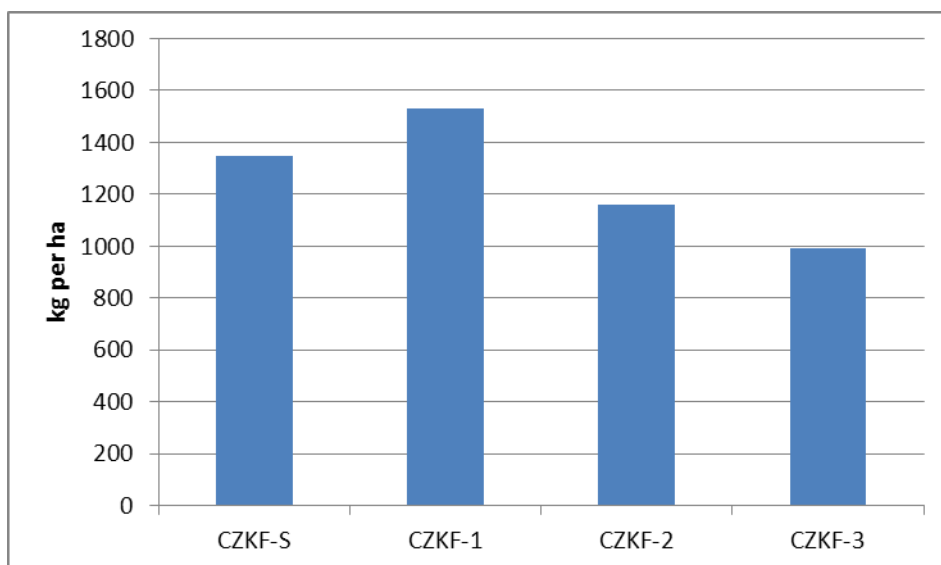
Bouwplan	Na 10 jaar			Na 20 jaar		
	kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht		kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht	
		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm
NZK-S	4995	0,15%	0,12%	6844	0,20%	0,17%
NZK-1	5713	0,17%	0,14%	7836	0,23%	0,19%
NZK-2	5129	0,15%	0,13%	7014	0,21%	0,17%
NZK-3	5424	0,16%	0,13%	7439	0,22%	0,18%

Centrale zeeklei

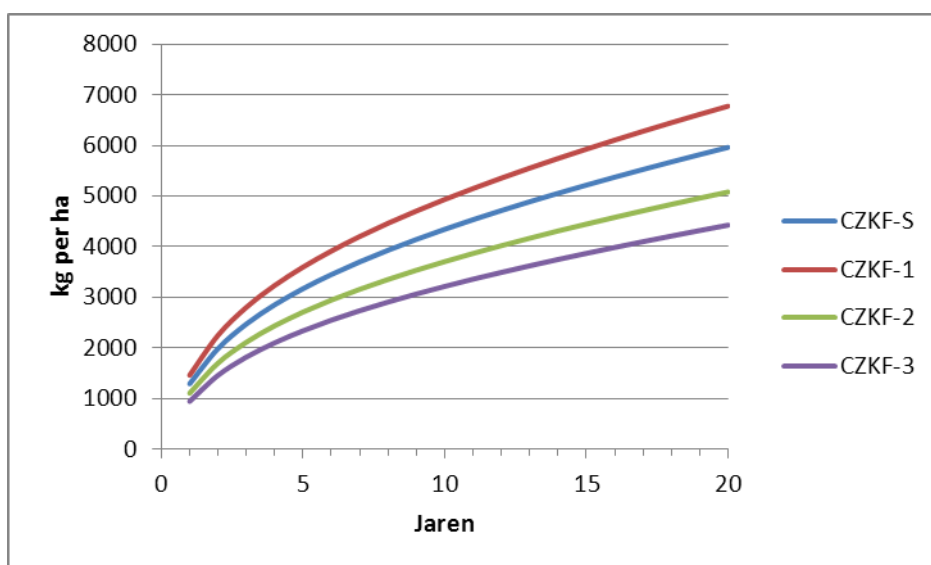
Flevopolder

In paragraaf 3.3.1 (tabel 8) is het standaard bouwplan voor centrale zeeklei met consumptieaardappel (vooral Flevopolder) weergegeven (CZKF-S) en drie varianten hierop (CZKF-1, CZKF-2, CZKF-3). Bij CZKF-2 wordt na de wintertarwe geen groenbemester wordt geteeld, omdat in het najaar de tulpen worden gepoot. Bij CZKF-3 is ervan uitgegaan dat de veehouder het driejarig grasland alleen gebruikt om snedes van te maaien en in te kuilen, niet om te beweiden.

In figuur B3 is de gemiddelde EOS-aanvoer op bouwplanniveau weergegeven en in figuur B4 de cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem bij jaarlijkse aanvoer. In tabel B2 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd na 10 en 20 jaar in kg per ha. Er is uitgegaan van een bouwvoordikte van 30 cm en een bouwvoorgewicht van 4,1 miljoen kg per ha dan wel een dikte van 25 cm en een gewicht van 3,4 miljoen kg per ha.



Figuur B3. Gemiddelde EOS-aanvoer uit gewasresten op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op centrale zeeklei in de Flevopolder



Figuur B4. Cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op centrale zeeklei in de Flevopolder

Tabel B2. **Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit gewasresten na 10 jaar en 20 jaar bij de verschillende bouwplannen op centrale zeeklei in de Flevopolder bij een bouwvoordikte van 25 en van 30 cm**

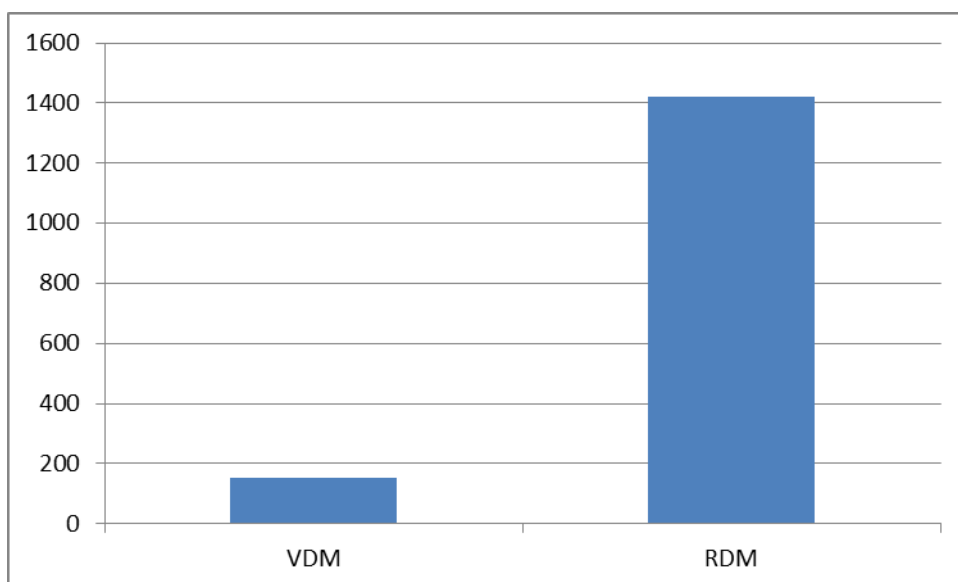
Bouwplan	Na 10 jaar			Na 20 jaar		
	kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht		kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht	
		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm
CZKF-S	4344	0,13%	0,11%	5961	0,18%	0,15%
CZKF-1	4933	0,15%	0,12%	6776	0,20%	0,17%
CZKF-2	3705	0,11%	0,09%	5080	0,15%	0,12%
CZKF-3	3215	0,09%	0,08%	4425	0,13%	0,11%

Verandering mestgebruik Flevopolder

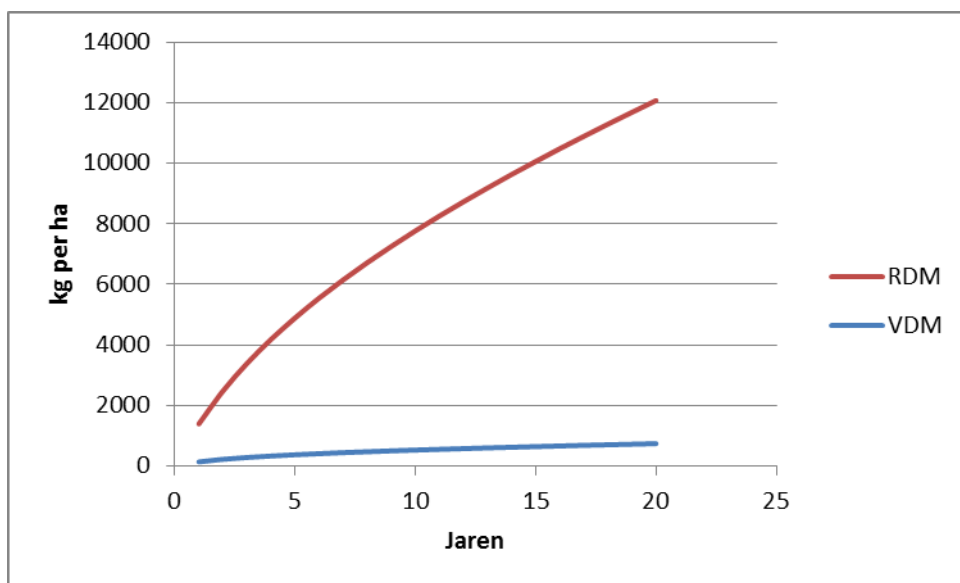
In de bouwplanvarianten CZKF-3, waarbij grond wordt geruid met een veehouder, gaan zich naar alle waarschijnlijkheid veranderingen voordoen in het mestgebruik: gebruik van runderdrijfmest (RDM) in plaats van varkensmest (VDM). Met RDM wordt meer EOS aangevoerd dan met VDM. Voor de berekening zijn de volgende twee varianten gehanteerd:

- Standaard: gebruik van VDM à gemiddeld 75 kg N-totaal per ha in het bouwplan.
- Landruil met veehouder: de veehouder dient RDM toe voor de maïs en op het grasland. Daarnaast neemt de akkerbouwer RDM af van de veehouder t.b.v. zijn eigen akkerbouwgewassen. Daardoor wordt alle VDM vervangen door RDM à gemiddeld 130 kg N-totaal per ha in het bouwplan.

In figuur B5 is de gemiddelde EOS-aanvoer uit mest op bouwplanniveau weergegeven en in figuur B6 de cumulatieve toevoeging van organische stof uit mest aan de bodem bij jaarlijkse aanvoer. In tabel B3 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd na 10 en 20 jaar in kg per ha bij een bouwvoordikte van 25 respectievelijk 30 cm. In tabel B4 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd aan de bodem uit gewasresten en dierlijk mest samen voor het CZKF-S met gebruik van VDM en CZKF-3 met gebruik van VDM of van RDM.



Figuur B5. **Gemiddelde EOS-aanvoer uit dierlijk mest op bouwplanniveau bij gebruik van varkensdrijfmest (VDM) of runderdrijfmest (RDM) op centrale zeeklei**



Figuur B6. **Cumulatieve toevoeging van organische stof uit mest aan de bodem op bouwplanniveau bij gebruik van varkensdrijfmest (VDM) of runderdrijfmest (RDM) op centrale zeeklei**

Tabel B3. **Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit mest na 10 jaar en 20 jaar op centrale zeeklei bij een bouwvoordikte van 25 en van 30 cm**

Mest	Na 10 jaar				Na 20 jaar			
	kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht		kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht			
		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm		
VDM	533	0,02%	0,01%	746	0,02%	0,02%		
RDM	7771	0,23%	0,19%	12071	0,36%	0,29%		

Tabel B4. **Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit gewasresten en dierlijk mest na 10 jaar en 20 jaar bij de verschillende bouwplannen op centrale zeeklei in de Flevopolder bij een bouwvoordikte van 25 en van 30 cm**

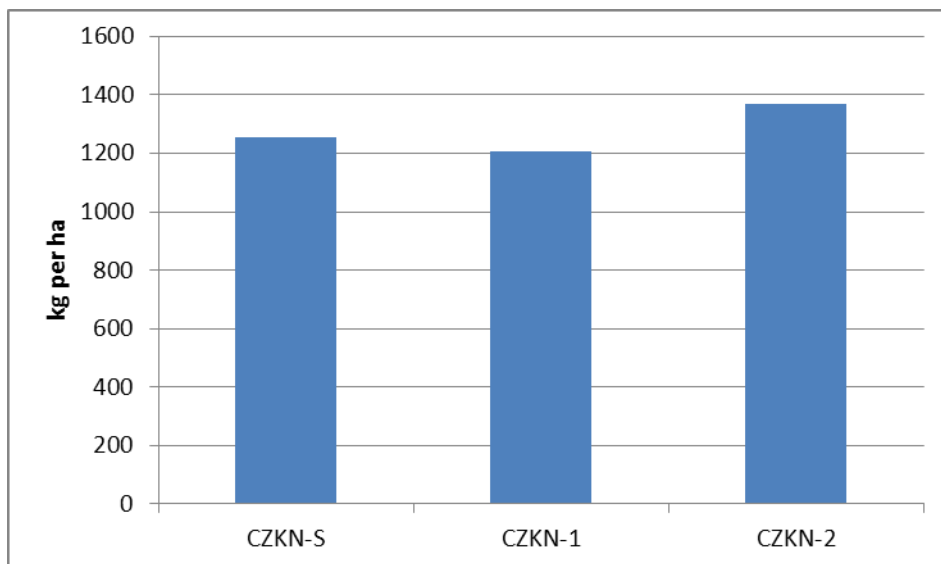
Bouwplan en mest	Na 10 jaar				Na 20 jaar			
	kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht		kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht			
		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm		
CZKF-S VDM	4876	0,14%	0,12%	6708	0,20%	0,16%		
CZKF-3 VDM	3748	0,11%	0,09%	5171	0,15%	0,13%		
CZKF-3 RDM	10986	0,32%	0,27%	16496	0,49%	0,40%		

Noordoostpolder

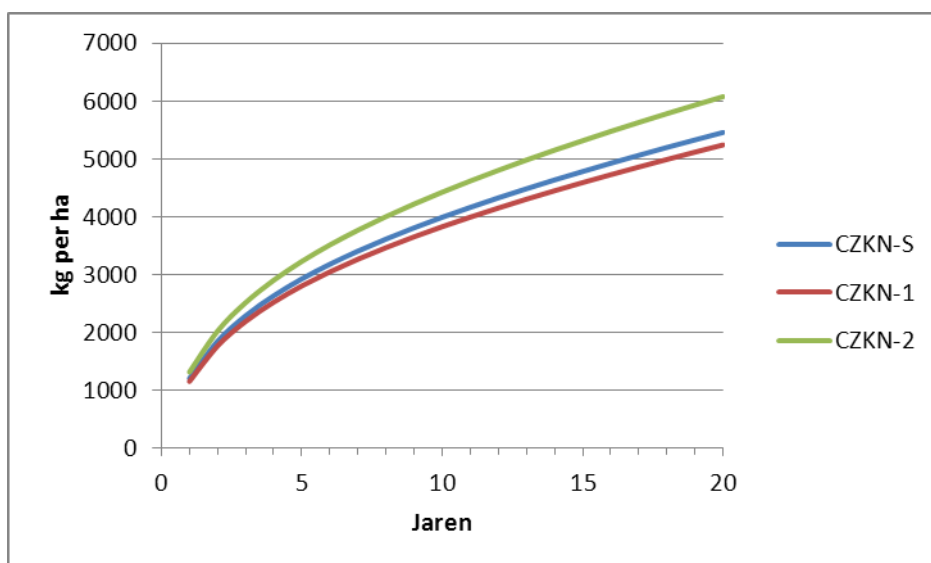
In paragraaf 3.3.2 (tabel 10) is het standaard bouwplan voor centrale zeeklei met poot aardappel (vooral Noordoostpolder) weergegeven (CZKN-S) en twee varianten hierop (CZKN-1, CZKN-2). Indien na wintertarwe worden gepoot in het najaar, wordt geen groenbemester geteeld na de tarwe. Indien na poot aardappel in het najaar wintertarwe wordt gezaaid, komt er geen groenbemester na poot aardappel. Indien wintertarwe of poot aardappel worden gevolgd door suikerbiet wel.

In figuur B7 is de gemiddelde EOS-aanvoer op bouwplanniveau weergegeven en in figuur B8 de cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem bij jaarlijkse aanvoer. In tabel B5 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd na 10 en 20 jaar in kg per ha. Er is uitgegaan van een bouwvoordikte

van 30 cm en een bouwvoorgewicht van 4,1 miljoen kg per ha dan wel een dikte van 25 cm en een gewicht van 3,4 miljoen kg per ha.



Figuur B7. Gemiddelde EOS-aanvoer uit gewasresten op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op centrale zeeklei in de Noordoostpolder



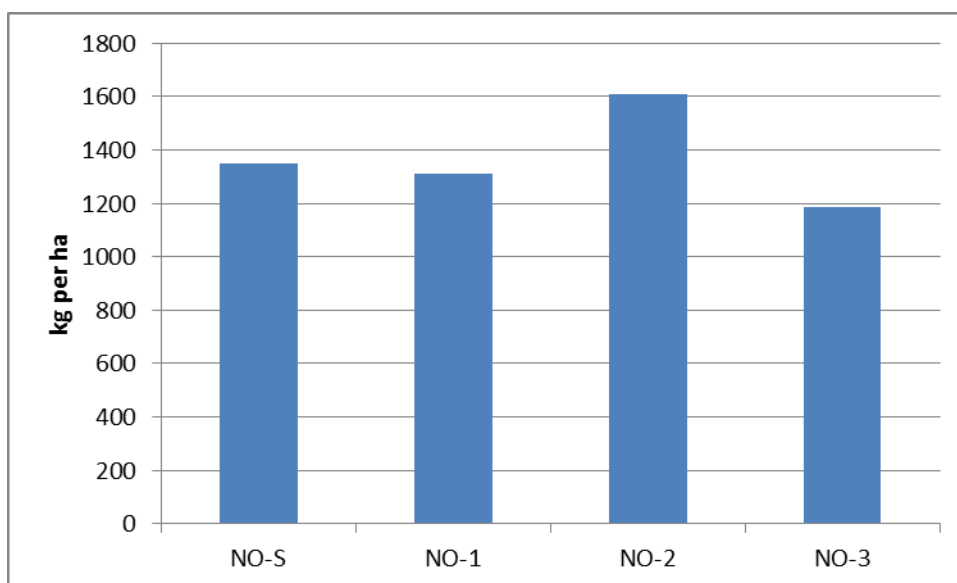
Figuur B8. Cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op centrale zeeklei in de Noordoostpolder

Tabel B5. **Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit gewasresten na 10 jaar en 20 jaar bij de verschillende bouwplannen op centrale zeeklei in de Noordoostpolder bij een bouwvoordikte van 25 en van 30 cm.**

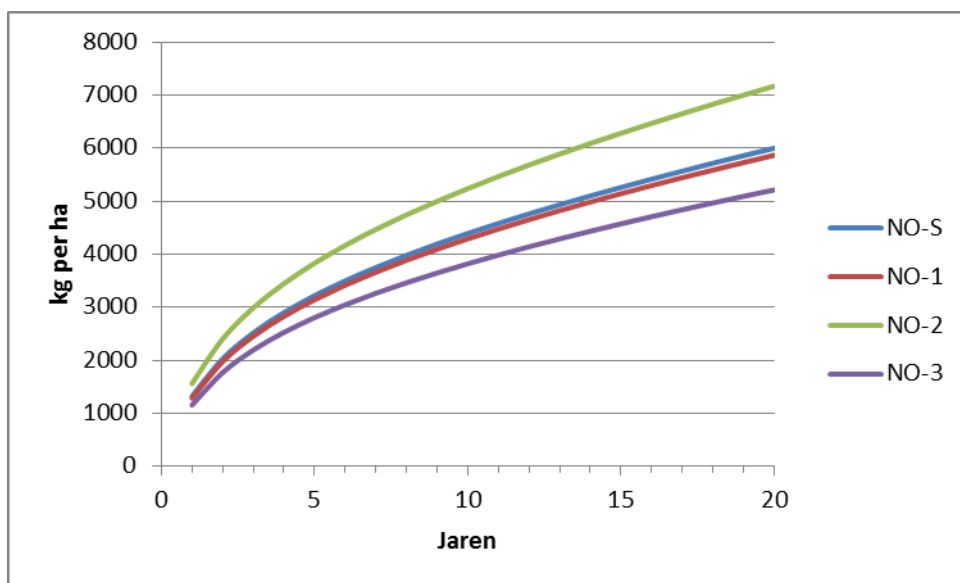
Bouwplan	Na 10 jaar			Na 20 jaar		
	kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht		kg per ha	als percentage van bouwvoorgewicht	
		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm		bouwvoor 25 cm	bouwvoor 30 cm
CZKN-S	3987	0,12%	0,10%	5456	0,16%	0,13%
CZKN-1	3825	0,11%	0,09%	5239	0,15%	0,13%
CZKN-2	4422	0,13%	0,11%	6075	0,18%	0,15%

Noordoostelijke zand- en dalgrond

In paragraaf 3.5 (tabel 15) is het standaard bouwplan voor noordoostelijk zand- en dalgrond weergegeven (NO-S) en drie varianten hierop (NO-1, NO-2 en NO-3). In figuur B9 is de gemiddelde EOS-aanvoer op bouwplanniveau weergegeven. In figuur B10 is de cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem weergegeven bij jaarlijkse aanvoer. In tabel B6 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd na 10 en 20 jaar in kg per ha. Er is uitgegaan van een bouwvoordikte van 30 cm en een bouwvoorgewicht van 3,8 miljoen kg per ha.



Figuur B9. **Gemiddelde EOS-aanvoer uit gewasresten op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op noordoostelijke zand- en dalgrond**



Figuur B10. **Cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op noordoostelijke zand- en dalgrond**

Tabel B6. **Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit gewasresten na 10 jaar en 20 jaar bij de verschillende bouwplannen op noordoostelijke zand- en dalgrond bij een bouwvoordikte van 30 cm**

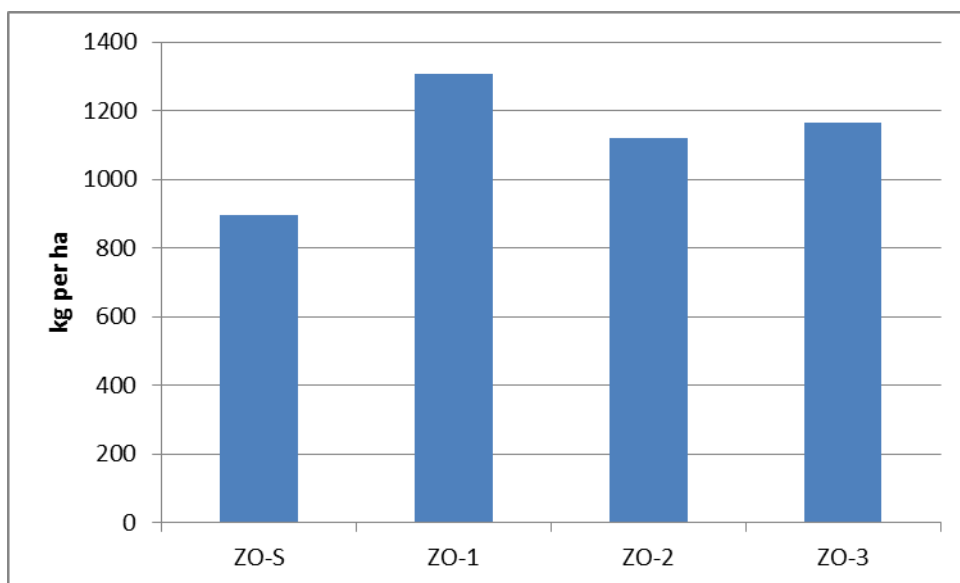
Bouwplan	Na 10 jaar		Na 20 jaar	
	kg per ha	als percentage van het bouwvoorgewicht	kg per ha	als percentage van het bouwvoorgewicht
NO-S	4391	0,12%	5999	0,16%
NO-1	4289	0,11%	5866	0,15%
NO-2	5237	0,14%	7170	0,19%
NO-3	3819	0,10%	5213	0,14%

Zuidoostelijk zandgebied

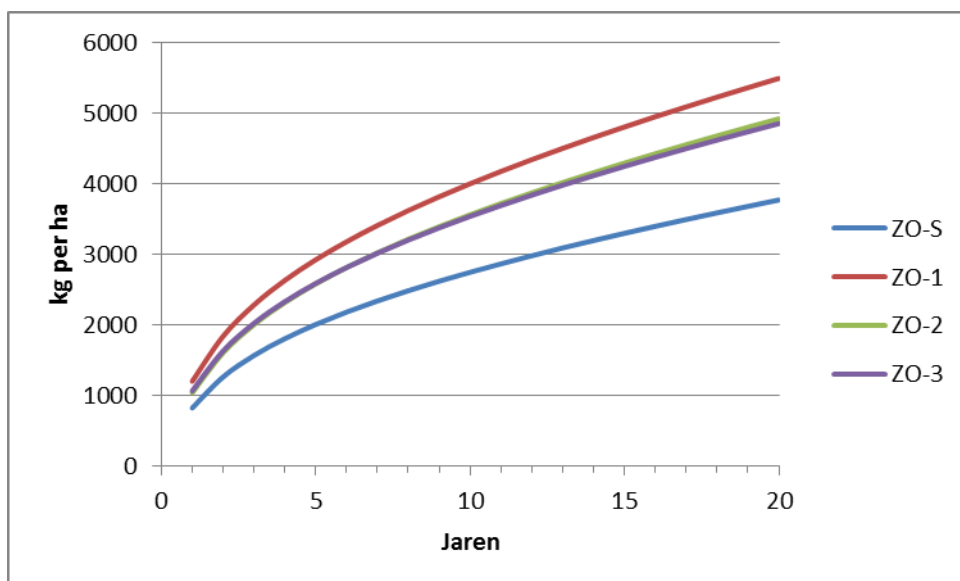
Bouwplannen

In paragraaf 3.6 (tabel 18) is het standaard bouwplan voor het zuidoostelijk zandgebied weergegeven (ZO-S) en drie varianten hierop (ZO-1, ZO-2 en ZO-3).

In figuur B11 is de gemiddelde EOS-aanvoer op bouwplanniveau weergegeven en in figuur B12 de cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem bij jaarlijkse aanvoer. In tabel B7 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd na 10 en 20 jaar in kg per ha. Er is uitgegaan van een bouwvoordikte van 30 cm en een bouwvoorgewicht van 4,2 miljoen kg per ha.



Figuur B11. Gemiddelde EOS-aanvoer uit gewasresten op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op zuidoostelijk zand



Figuur B12. Cumulatieve toevoeging van organische stof uit gewasresten aan de bodem op bouwplanniveau voor de verschillende bouwplannen op zuidoostelijk zand

Tabel B7. Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit gewasresten na 10 jaar en 20 jaar bij de verschillende bouwplannen op zuidoostelijk zand bij een bouwvoordikte van 30 cm

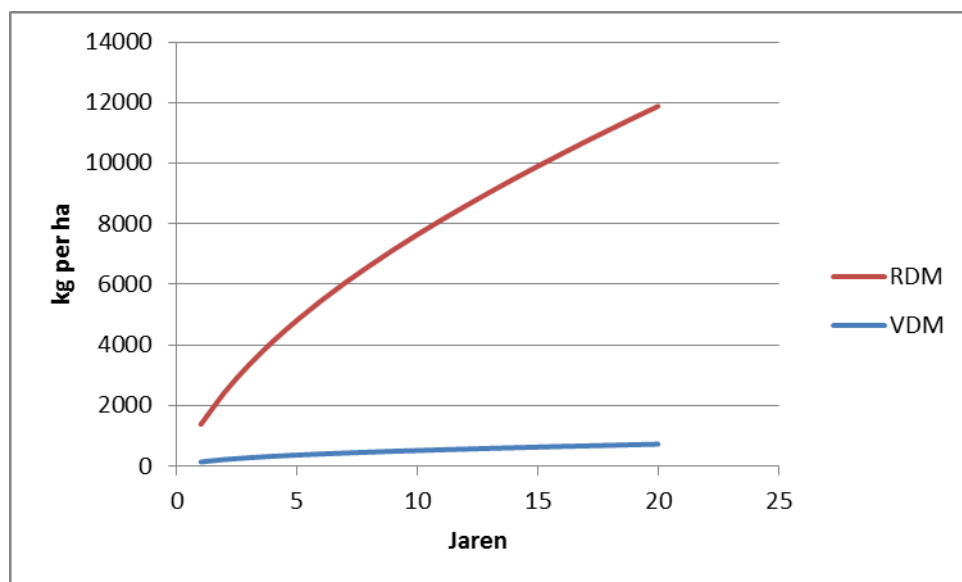
Bouwplan	Na 10 jaar		Na 20 jaar	
	kg per ha	als percentage van het bouwvoorgewicht	kg per ha	als percentage van het bouwvoorgewicht
ZO-S	2744	0,07%	3767	0,09%
ZO-1	3997	0,10%	5488	0,13%
ZO-2	3557	0,08%	4916	0,12%
ZO-3	3535	0,08%	4848	0,12%

Verandering mestgebruik zuidoostelijk zand

In de bouwplanvarianten ZO-2, waarbij grond wordt geruid met een veehouder, gaan zich naar alle waarschijnlijkheid veranderingen voordoen in het mestgebruik: gebruik van runderdrijfmest (RDM) in plaats van varkensmest (VDM). Met RDM wordt meer EOS aangevoerd dan met VDM. Voor de berekening zijn de volgende twee varianten gehanteerd:

- Standaard: gebruik van VDM à gemiddeld 75 kg N-totaal per ha in het bouwplan.
- Landruil met veehouder: de veehouder dient RDM toe voor de maïs en op het grasland. Daarnaast neemt de akkerbouwer RDM af van de veehouder t.b.v. zijn eigen akkerbouwgewassen. Daardoor wordt alle VDM vervangen door RDM à gemiddeld 130 kg N-totaal per ha in het bouwplan.

In figuur B13 is de cumulatieve toevoeging van organische stof uit mest aan de bodem bij jaarlijkse aanvoer. In tabel B8 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd na 10 en 20 jaar in kg per ha bij een bouwvoordikte van 30. In tabel B9 is aangegeven hoeveel er is toegevoegd aan de bodem uit gewasresten en dierlijk mest samen voor het ZO-S met gebruik van VDM en ZO-2 met gebruik van VDM of van RDM.



Figuur B13. **Cumulatieve toevoeging van organische stof uit mest aan de bodem op bouwplanniveau bij gebruik van varkensdrijfmest (VDM) of runderdrijfmest (RDM) op zuidoostelijk zand**

Tabel B8. **Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit mest na 10 jaar en 20 jaar op zuidoostelijk zand bij een bouwvoordikte van 30 cm**

Mest	Na 10 jaar		Na 20 jaar	
	kg per ha	als percentage van het bouwvoorgewicht	kg per ha	als percentage van het bouwvoorgewicht
VDM	519	0,01%	729	0,02%
RDM	7646	0,18%	11884	0,29%

Tabel B9. **Totale hoeveelheid toegevoegde organische stof aan de bodem uit gewasresten en dierlijk mest na 10 jaar en 20 jaar bij de verschillende bouwplannen op zuidoostelijk zand bij een bouwvoordikte van 30 cm**

Bouwplan en mest	Na 10 jaar		Na 20 jaar	
	kg per ha	als percentage van het bouwvoorgewicht	kg per ha	als percentage van het bouwvoorgewicht
ZO-S VDM	3263	0,08%	4496	0,11%
ZO-2 VDM	4076	0,10%	5645	0,13%
ZO-2 RDM	11204	0,27%	16800	0,40%

3. Berekeningsmethode opbouw/afbraak van de bodemorganische stof

Voor de berekening van de afbraak van organische stof (OS) in de bodem is het model van Janssen (1984) gebruikt. Dit model beschrijft de afbraak van organische stof c.q. koolstof (C) in de bodem met de volgende formule:

$$Y_t = Y_0 \cdot \text{EXP} (4,7 ((a + t)^{0,6} - a^{0,6}))$$

waarin: Y_t = resterende hoeveelheid OS na t jaar

Y_0 = beginhoeveelheid verse organische stof die aan de bodem wordt toegevoegd

t = aantal jaar na toediening

a = aanvangsleeftijd ofwel initiële leeftijd van het organisch materiaal

De a-waarde verschilt per organische stofbron en hangt af van de snelheid waarmee het materiaal in de bodem wordt afgebroken. Bovengrondse gewasresten van groene planten worden snel afgebroken en hebben een lage a-waarde. Compost wordt langzamer afgebroken en heeft een hogere a-waarde.

De a-waarde kan worden herleid uit de humificatiecoëfficiënt (HC), die voor diverse typen organische materiaal is vastgesteld. De HC is de fractie die een jaar na toediening van de OS nog over is (de effectieve organische stof). In bovenstaande formule is t dan gelijk aan 1, waaruit volgt:

$$HC = Y_1 / Y_0 = \text{EXP} (4,7 ((a + 1)^{0,6} - a^{0,6}))$$

De afbraakformules van Janssen geldt voor een gemiddelde temperatuur van 9 °C (Noordwest Europa). Voor andere temperaturen kan een temperatuurcorrectie (f_{temp}) aan het model worden toegevoegd:

$$Y_t = Y_0 \cdot \text{EXP} (4,7 ((a + t \cdot f_{\text{temp}})^{0,6} - a^{0,6}))$$

Berekening van f_{temp} op basis van de temperatuur (T) in °C volgens Janssen (2002):

- $T \leq -1$: $f_{\text{temp}} = 0$
- $-1 < T \leq 9$: $f_{\text{temp}} = 0,1 (T+1)$
- $9 < T \leq 27$: $f_{\text{temp}} = 2^{(T-9)/9}$
- $T > 27$: $f_{\text{temp}} = 4$

Voor deze studie is op basis van de KNMI-gegevens uitgegaan van een gemiddelde jaartemperatuur in de verschillende regio's van:

- 9,4 °C c.q. een f_{temp} van 1,03 voor het noordoostelijk zand- en dalgebied (gemiddelde van de KNMI-stations te Eelde en Hoogeveen);
- 9,8 °C c.q. een f_{temp} van 1,06 voor de Flevopolder (KNMI-station Lelystad);
- 9,7 °C c.q. een f_{temp} van 1,06 voor de Noordoostpolder (KNMI-station Marknesse);
- 10,2 °C c.q. een f_{temp} van 1,10 voor het zuidoostelijk zandgebied (gemiddelde van de KNMI-stations te Gilze-Rijen, Volkel, Eindhoven en Arcen);
- 9,5 °C c.q. een f_{temp} van 1,04 voor de noordelijke zeeklei (gemiddelde van de KNMI-stations te Leeuwarden en Nieuw Beerta);
- 10,5 °C c.q. een f_{temp} van 1,12 voor het zuidwestelijk kleigebied (gemiddelde van de KNMI-stations te Rotterdam, Wilhelminadrop, Vlissingen en Westdorpe);
- 10,2 °C c.q. een f_{temp} van 1,10 voor het löss-gebied (KNMI-station Maastricht).

Deze gemiddelde temperaturen (ofwel normalen) zijn gebaseerd op de periode 1981-2010.

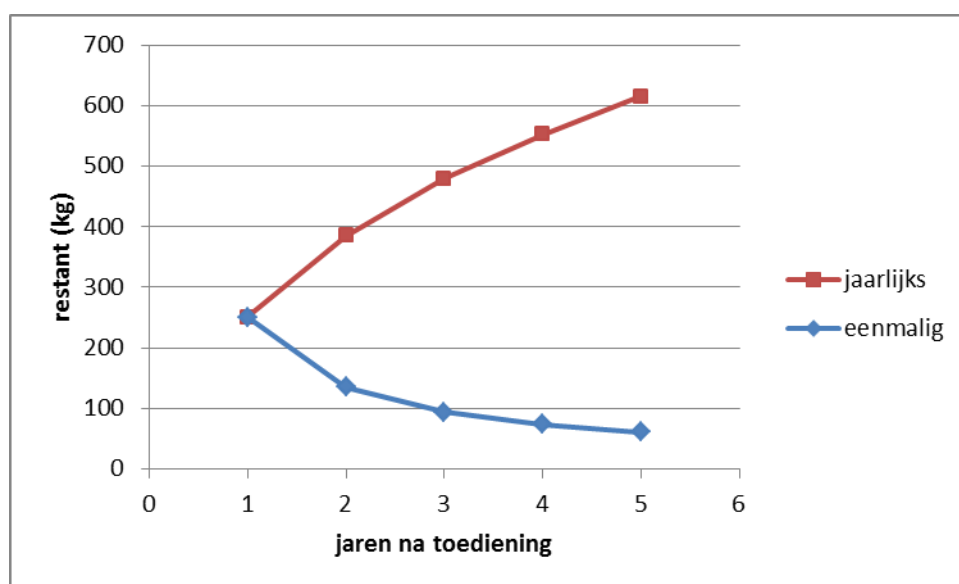
Om het effect van aanpassing op het bouwplan op de organische-stofvoorziening van de bodem te berekenen moet per organische-stofbron en toedieningsmoment aan de bodem de afbraak worden berekend met het afbraakmodel. Na een aantal jaar (t_x) kan worden berekend hoeveel OS er nog over is van de OS die het voorgaand jaar aan de bodem is toegevoegd, van de OS die twee jaar terug is toegevoegd, drie jaar terug enz. De resterende hoeveelheden van de OS die tussen t_0 en t_x zijn aangevoerd, worden opgeteld en dit is de totale hoeveelheid OS die nog over is c.q. aan de bodem is toegevoegd.

Voor deze studie is een vereenvoudigde berekeningswijze gehanteerd waarbij is uitgegaan van de jaarlijkse

gemiddelde (E)OS-aanvoer op bouwplanniveau. Per bouwplan is voor de verse organische stof een gemiddelde HC berekend, door de gemiddelde aanvoer van EOS te delen door de gemiddelde aanvoer van OS (zie bijlage 2). Uit deze HC is de a-waarde afgeleid voor het model van Janssen. Vervolgens is berekend hoeveel OS na 10 en 20 jaar cumulatief aan de bodem is toegevoegd bij jaarlijkse aanvoer van dezelfde hoeveelheid (E)OS. In tabel B10 en figuur B14 is een rekenvoorbeeld gegeven van de afbraak van 1000 kg verse OS per ha met een HC van 0,25 bij eenmalige toediening en bij meerjarige toediening.

Tabel B10. **Afbraak van 1000 kg verse OS met een HC van 0,25 en restant in de bodem**

Restant na	Jaar van toediening					Cumulatief
	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	jaar 5	
1 jaar	250					250
2 jaar	135	250				386
3 jaar	94	135	250			480
4 jaar	74	94	135	250		553
5 jaar	62	74	94	135	250	615



Figuur B14. **Afbraak van 1000 kg verse OS met een HC van 0,25 en restant in de bodem bij eenmalige toediening en jaarlijkse toediening**

Het model van Janssen is niet bruikbaar c.q. om lange-termijneffecten door te rekenen. Volgens het model wordt de aan de bodem toegevoegde organische stof niet volledig afgebroken en blijft een residuele hoeveelheid achter, die gelijk is aan (Janssen, 2002):

$$Y_{\infty} = Y_0 \cdot EXP(-4,7 \cdot a^{-0,6})$$

Bij een HC van 0,2 c.q. een a-waarde van 1 bedraagt het residu 4,5% van de aangevoerde hoeveelheid effectieve organische stof (bij 9 °C). Bij een HC van 0,25 is dat 5,0% en bij een HC van 0,7 is het 13,6%. Bij jaarlijkse aanvoer van organische stof blijft volgens het model de hoeveelheid organische stof in de bodem op lange termijn alsmat toenemen, wat niet overeenkomt met de werkelijkheid (Janssen, 2002 en Ten Berge et al., 2007). Er wordt volgens het model nooit een evenwicht bereikt waarbij de afbraak van organische stof in de bodem gelijk is aan de aanvoer van effectieve organische stof.

Er zijn afbraakmodellen waarbij de organische stof op lange termijn wel volledig wordt afgebroken, maar voor deze modellen zijn geen parameters beschikbaar van de verschillende gewasresten en mestsoorten. Verder is ook van deze modellen onbekend of de lange-termijnvoorspelling overeenkomt met de werkelijkheid.

4. Aanvoer van organische stof en effectieve organische stof per bouwplan

In de tabellen B11 zijn de kengetallen weergegeven voor de aanvoer van organische stof (OS) en effectieve organische stof (EOS) die zijn gehanteerd voor de berekening van de gemiddelde (E)OS-aanvoer op bouwplanniveau. Die gemiddelde aanvoer is berekend door de (E)OS-aanvoer per gewas te vermenigvuldigen met het aandeel (percentage van het areaal) van dat gewas in het bouwplan. De gemiddelde (E)OS-aanvoer per bouwplan, de gemiddelde hunicatiecoëfficiënt (HC) en de hieruit afgeleide a-waarde voor het OS-afbraakmodel is per regio weergegeven in de tabellen B12-1 t/ B12-5.

Tabel B11. **Gehanteerde kengetallen voor de aanvoer van OS en EOS door achterblijven van gewasresten**

Gewas	Aanvoer (kg/ha)		Gewas	Aanvoer (kg/ha)	
	OS	EOS		OS	EOS
bladrammenas na graan ¹	3900	875	stamslaboon	2870	650
bladrammenas na tulp/erwt/broccoli ²	4700	1035	suikerbieten ⁴	6000	1275
broccoli	4350	1200	tulp ⁵	1700	505
consumptieaardappel	4000	875	waspeen	2165	475
Cichorei	2515	600	winterpeen	2400	700
conserven-erwt	4570	1000	winterrogge na snijmaïs ⁶	200	50
grasgroenbemester (rustjaar) ³	8600	2375	winterrogge na vroege maïs ⁷	1000	255
grasland, driejarig	12000	3975	wintertarwe ⁸	5200	1640
graszaad, 1 ^e jaars (Engels raaigras)	6000	1750	witlofwortel	2625	600
graszaad, 2 ^e jaars (Engels raaigras)	7150	2150	zaaiui	1275	300
lelie (verhuur)	1850	560	zetmeelaardappel	3700	815
pootaardappel	4400	955	zomergerst ⁸	4200	1310
Snijmaïs	2000	675			

Opmerkingen en uitgangspunten bij tabel B11

- ¹ Als groenbemester na wintertarwe en zomergerst is uitgegaan van een goed ontwikkeld gewas bladrammenas, gezaaid in de tweede helft van augustus.
- ² Als groenbemester na tulp, een vroege teelt conserve-erwt of een vroege broccoliteelt is uitgegaan van een zeer fors ontwikkeld gewas bladrammenas, gezaaid eind juli-begin augustus.
- ³ Als groenbemester in het rustjaar bij variant NO-3 is uitgegaan van een grasgroenbemester die in het voorjaar wordt gezaaid, wordt bemest voor een goede gewasontwikkeling en na de winter wordt ondergeploegd.
- ⁴ Voor suikerbieten is ervan uitgegaan dat kop en blad achterblijven.
- ⁵ Er wordt in de winter geen strodek op de gepote tulpenbollen aangebracht.
- ⁶ Voor de winterroggegroenbemester na snijmaïs is ervan uitgegaan dat deze laat wordt gezaaid (tweede helft oktober), een geringe hoeveelheid droge stof produceert vóór de winter en na de winter wordt ondergeploegd, voordat hergroei optreedt.
- ⁷ Voor de winterroggegroenbemester na vroeg geoogste snijmaïs is ervan uitgegaan dat deze in de tweede helft van september wordt gezaaid en na de winter wordt ondergeploegd, voordat hergroei optreedt.
- ⁸ Het stro van de wintertarwe en zomergerst wordt afgevoerd.

Tabel B12-1. **Gemiddelde aanvoer van OS en EOS uit gewasresten op bouwplanniveau, gemiddelde humificatiecoëfficiënt en afgeleide a-waarde voor de verschillende bouwplannen voor de noordelijke zeeklei**

Bouwplan	OS	EOS	HC	a-waarde
NZK-S	6119	1537	0,251	1,13
NZK-1	6867	1757	0,256	1,14
NZK-2	6523	1600	0,245	1,11
NZK-3	6519	1665	0,255	1,14

Tabel B12-2. **Idem tabel B12-1 voor centrale zeeklei / Flevopolder**

Bouwplan	OS	EOS	HC	a-waarde
CZKF-S	5403	1347	0,249	1,13
CZKF-1	6019	1531	0,254	1,14
CZKF-2	4699	1161	0,247	1,12
CZKF-3	3779	990	0,262	1,16

Tabel B12-3. **Idem tabel B12-1 voor centrale zeeklei / Noordoostpolder**

Bouwplan	OS	EOS	HC	a-waarde
CZKN-S	5263	1257	0,239	1,10
CZKN-1	4948	1206	0,244	1,11
CZKN-2	5396	1371	0,254	1,14

Tabel B12-4. **Idem tabel B12-1 voor noordoostelijke zand- en dalgrond**

Bouwplan	OS	EOS	HC	a-waarde
NO-S	5550	1348	0,243	1,11
NO-1	5316	1313	0,247	1,12
NO-2	6367	1608	0,253	1,13
NO-3	4925	1186	0,241	1,10

Tabel B12-5. **Idem tabel B12-1 voor zuidoostelijk zand**

Bouwplan	OS	EOS	HC	a-waarde
ZO-S	3732	895	0,240	1,10
ZO-1	5436	1308	0,241	1,10
ZO-2	4226	1122	0,265	1,17
ZO-3	4907	1165	0,237	1,09

5. Aanvoer van organische stof en effectieve organische bij gebruik van varkens- of runderdrijfmest

Er is uitgegaan van de gemiddelde samenstelling van varkens- en runderdrijfmest, zoals weergegeven in de adviesbasis bemesting (van Dijk & van Geel, 2012). De uitgangspunten zijn weergegeven in tabel B13.

Tabel B13. **Gehanteerde kengetallen voor de aanvoer van OS en EOS bij gebruik van varkens- en runderdrijfmest**

Meststoort	Gehalten (kg/ton)			a-waarde	EOS	Dosering (kg per ha)		
	N-totaal	OS	HC			N-totaal	OS	EOS
Varkensdrijfmest	7,1	43	0,33	1,36	14	75	454	151
Runderdrijfmest	4,1	64	0,70	3,17	45	130	2029	1420