

Kosten en Baten van Koolstofmaatregelpakketten

Daan Verstand, William Bijker, Aart Evers, Eva van der Burgt, Ollie van Hal, Jan Paul
Wagenaar, Bert Smit, Michel de Haan

Colofon

Dit onderzoek is uitgevoerd door WUR & LBI met subsidie van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend Programma Slim Landgebruik (BO-53-002).

Maart, 2022

Contact: daan.verstand@wur.nl

Dank aan de collega's van het Louis Bolk Instituut, Bart Timmermans en Geert-Jan van der Burgt voor de goeie samenwerking tussen de A4 en B4 projecten, en aan Leen Janmaat voor het meedenken over de invulling van de akkerbouwpakketten.

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1 Introductie	7
1.1 Uitgangspunten	7
2 Melkveehouderij Maatregelpakketten	9
2.1 Methode	9
2.1.1 Kenmerken zandbedrijf – referentie	9
2.1.2 Kenmerken kleibedrijf – referentie	9
2.1.3 DairyWise als rekenprogramma	10
2.2 Gekozen pakketten	11
2.2.1 Melkveebedrijf op zandgrond	11
2.2.2 Melkveebedrijf op kleigrond	11
2.3 Resultaten	12
2.3.1 Melkveebedrijf op zandgrond	12
2.3.2 Melkveebedrijf op kleigrond	14
2.3.3 Discussie	16
3 Akkerbouw Maatregelpakketten	19
3.1 Introductie	19
3.2 Methodiek Akkerbouw	19
3.3 Resultaten	23
3.3.1 NZK	23
3.3.2 CZKF	24
3.3.3 CZKN	24
3.3.4 NON	25
3.3.5 ZOZ	25
3.3.6 ZWZ	26
3.3.7 Overzicht	26
4 Toepasbaarheid en meekoppel-effecten	29
4.1 Aanpak	29
4.2 Resultaten	30
5 Algemene conclusies	35
Bijlagen	38

Samenvatting

In dit onderzoek binnen het Slim Landgebruik programma, zijn de kosten en baten die het inkomen van de boer direct beïnvloeden op korte termijn van maatregelpakketten die als doel hebben om extra koolstof in de bodem vast te leggen berekend. De basis daarvoor is het combineren en stapelen van verschillende individuele koolstofvastleggingsmaatregelen met gebruik van eerdere resultaten uit Slim Landgebruik. Dat is door referentiebedrijven op verschillende grondsoorten te bestuderen voor de melkveehouderij, als voor de akkerbouw en sluit daarmee goed aan bij de andere Slim Landgebruik projecten. Per sector is een tweetal maatregelpakketten opgesteld. Voor deze pakketten zijn ook de mogelijke extra koolstofvastlegging die berekend zijn in een ander Slim Landgebruik project (Koolstofvastlegging) meegenomen. Ook zijn de neveneffecten op andere thema's en de toepasbaarheid van de maatregelen ingeschat.

Voor de melkveehouderij is aangesloten bij de praktijk, waardoor er één specifiek pakket voor kleigrond en één pakket voor zandgrond is opgesteld. Er is besloten om de melkproductie op het bedrijf gelijk te houden, waardoor het zo kan zijn dat na de simulatie van het pakket, er extra voer aangekocht moet worden om de productie op peil te houden.

Op zandgrond bestaat het pakket uit het verhogen van de leeftijd van grasland (herinzaai percentage per jaar van 12.5% naar 6.25%) en de toepassing van productief kruidenrijk grasland op 15% van het bedrijf. Uit de berekeningen blijkt dat de kosten minimaal toenemen als dit pakket doorgevoerd wordt. Dat komt omdat er besparingen zijn (minder zaaizaad en minder krachtvoer aankoop), die de extra kosten (lagere grasproductie, meer aankoop mais) nagenoeg in evenwicht houden. De verwachting is dat dit pakket meer koolstof vast zal leggen. Dat komt met name door het verhogen van de leeftijd grasland. Het effect van het kruidenrijke grasland is nog onbekend.

Het pakket op kleigrond focust zich op het areaal waar mais geteeld wordt (15% van het areaal), omdat de situatie op het overige grasland in termen van koolstofvastlegging al vrij goed is. De maisteelt wordt in het pakket een rotatie met productief kruidenrijk grasland, met na de maisteelt een groenbemester. Dit pakket leidt tot een daling van €35 per hectare per jaar voor het gehele bedrijf. Er treden extra kosten op door een toename van de krachtvoer en ruwvoer aankoop. Kunstmest wordt juist bespaard, wat tot een kostenvermindering leidt. De verwachting is dat dit pakket op de 15% van het areaal een hogere koolstofvastlegging kan realiseren. Dat komt doordat er van continue teelt van mais wordt overgegaan naar een wisselteelt met gras en vanggewassen na mais. De koolstofvastlegging van de melkveehouderij-maatregelen zijn onzeker, waardoor de kosten per eenheid koolstofvastlegging niet bepaald zijn.

Voor de akkerbouw zijn een tweetal pakketten uitgerold over verschillende regio's in Nederland (Noordelijke zeeklei, Centrale Zeeklei Flevoland en Noordoostpolder, Noordoostelijk Zand en Dalgronden, Zuidoostelijk zandgebied en de Zuidwestelijke zeeklei). Pakket 1 bestaat uit maximaliseren van koolstofvastlegging binnen de huidige bouwplannen door stro achter te laten en in te werken na een graangewas en door zoveel mogelijk groenbemesters na de reguliere gewassen te telen. Pakket 2 gaat een stap verder, en verruimt de bouwplannen met meer graan in een tweetal varianten. In pakket 2 worden ook de groenbemesters gemaximaliseerd en de gewasresten achtergelaten. Doormiddel van het berekenen van het bouwplansaldo zijn de kosten van een pakket (lager bouwplansaldo ten opzichte van de referentie) berekend. Zowel pakket 1 als 2 leveren in alle regio's een lager bouwplansaldo, en daarmee hogere kosten. Met name in de Noordoostpolder en de Noordelijke zeeklei brengt pakket 2 een aanzienlijke daling van het saldo teweeg. Beide pakketten leiden in alle regio's tot een berekende (met NDICEA) extra vastlegging van koolstof, waar pakket 2 meer vastlegt dan pakket 1. De marginale kosten van een extra ton koolstof vastleggen is berekend door beide (kosten en koolstofvastlegging) te combineren. Daaruit komt naar voren dat pakket 1 per euro meer koolstof vastlegt dan pakket 2. Dat komt met name door de geringe daling van het saldo, terwijl er wel koolstof vastgelegd wordt. De kosten van pakket 2 zijn geregeld zo hoog, dat het niet opweegt tegen de extra koolstofvastlegging.

De kwalitatieve analyse van de toepasbaarheid en meekoppel-effecten van de maatregelpakketten voor beide sectoren toont dat pakket 1 in de akkerbouw goed toepasbaar is, terwijl pakket 2 meer positieve effecten levert op bijvoorbeeld bodemvruchtbaarheid en biodiversiteit. In de melkveehouderij neemt de score van verschillende factoren toe door de pakketten, zoals de bodemvruchtbaarheid. De lachgasemissie kan wat afnemen.

1 Introductie

Het in kaart brengen van de financiële kosten en baten op korte termijn van koolstofmaatregelen is van groot belang om voor boer en beleid helder de afwegingen in kaart te brengen en beslissingen te onderbouwen om de koolstofvastleggingsdoelstelling te bereiken. Tevens is het relevant om die kosten en baten te combineren met de koolstofvastleggingspotentie, zodat maatregelen onderling goed kunnen worden vergeleken. In dit onderzoek zijn deze vraagstukken nader uitgewerkt.

In de periode 2019 – 2021 is voor veel individuele maatregelen in zowel de akkerbouw als in de veehouderij al verkend wat de potentiële financiële kosten voor de boer zijn van maatregelen om koolstof vast te leggen in de grond. Tegelijkertijd is in andere projecten van het programma Slim Landgebruik gemeten en gerekend aan de koolstofvastleggingspotentie per maatregel. Deze onderdelen zijn relevant en zijn hier gebruikt om een verdiepingsslag te maken.

Deze verdieping bestaat uit het combineren en stapelen van maatregelen, zoals in de praktijk gebruikelijk is. Daarmee sluit het onderzoek ook goed aan op de Slim Landgebruik Netwerken, waar met groepen ondernemers kennis wordt uitgewisseld en waar ervaringen worden opgehaald met koolstofvastlegging. Er is gezocht naar geschikte, toepasbare combinaties van maatregelen (pakketten) en de effecten op kosten, baten en marginale kosten per ton koolstofvastlegging om zo (pakketten van) maatregelen goed te kunnen vergelijken. Het doel is dat deze pakketten de koolstofopslag bevorderen, de financiële kosten in beeld zijn en tevens winsten opleveren op andere thema's, zoals biodiversiteit en productie.

Dit project, Kosten en Baten (B4) 2021 heeft als doelstelling: Het in beeld brengen van de financiële kosten en baten van koolstofmaatregelpakketten. Dat wordt gedaan door middel van een bouwplansaldo-aanpak zoals in de akkerbouw voor losse maatregelen al is uitgevoerd (Koopmans en Janmaat 2020, Hoogmoed 2021). Deze aanpak toont de directe financiële gevolgen voor de boer, en berekent daarmee hoeveel het inkomen van de boer verandert, direct in het jaar van implementatie van de maatregelen (kort termijn). Lange termijn effecten over 10 of meer jaar, door bijvoorbeeld een verbeterde bodemkwaliteit, zijn niet meegenomen. Waar nodig worden andere aanpakken gehanteerd. De aanpak sluit goed aan bij de eerdere kosten en baten uitwerkingen in de netwerken voor veehouderij en akkerbouw. Voor de pakketten worden eveneens de neveneffecten verhelderd, en worden de marginale kosten per ton koolstof vastlegging waar mogelijk berekend.

1.1 Uitgangspunten

Er wordt per sector voortgebouwd op eerdere uitwerkingen en resultaten vanuit Slim Landgebruik.

In de akkerbouw zijn de kosten en baten van individuele akkerbouwmaatregelen en varianten per netwerk/regio op een rij gezet, van referentie naar vergaande situaties (Koopmans en Janmaat 2020, Hoogmoed 2021). Deze kosten en baten betreffen directe kosten van de maatregel, verlaagde opbrengsten, andere gewassaldi, en besparingen van bijvoorbeeld bewerkingen en inputs, en voor de melkveehouderij ook voeraankoop en gevolgen voor loonwerk, kosten voor werktuigen, gebouwen, grond- en hulpstoffen, energie en water en mestafvoer. Via het bouwplansaldo zijn de verschillen tussen maatregelen en varianten daarbinnen in kaart gebracht. Deze uitkomsten zijn tevens gelinkt aan de ingeschatte/gemeten/gemodelleerde koolstof opslag die de maatregel tot stand kan brengen, zodat helder wordt per maatregel (variant) hoe duur (marginale kosten) de opslag van 1 ton koolstof is.

Uitgewerkte maatregelen uit eerder slim landgebruik onderzoek dat als basis dient voor dit onderzoek:

- Niet-kerende grondbewerking
- Akkerranden
- Compost en mest akkerbouw
- Verbeteren gewasrotaties
- Groenbemesters/vanggewassen

In de veehouderij is al inzicht verkregen in de kosten en baten van de volgende losse maatregelen:

- Leeftijd grasland - Herinzaai op zandgrond
- Kruidenrijk grasland
- Compost veehouderij
- Mais –gras wisselteelt

In van der Kolk et al, 2021, zijn veel potentiële maatregelen (in de akkerbouw en veehouderij) kwalitatief beoordeeld op effectiviteit, zekerheid, areaal van toepassing, toepasbaarheid (waaronder saldo op kort en lange termijn) en op meekoppeleffecten. Deze inzichten worden benut in dit project.

Dit Kosten en Baten Project heeft plaats gevonden in nauwe samenwerking met het project Koolstofvastlegging (project A4). De pakketten zijn gezamenlijk opgesteld met het ministerie van LNV en vervolgens geanalyseerd. De resultaten van A4 zijn ook deels toegepast om de marginale kosten te berekenen van maatregelen. Dat is enkel voor de akkerbouw gedaan. De melkveehouderij uitwerkingen waren nog niet ver genoeg gevorderd.

2 Melkveehouderij Maatregelpakketten

In dit hoofdstuk wordt ingezoomd op de melkveehouderij maatregelpakketten. Eerst wordt de methodiek voor analyse en de referentiebedrijven op klei- en zandgrond gepresenteerd. Daarna worden de opgestelde pakketten genoemd en onderbouwd, waarna de resultaten op kosten, baten en koolstofopslag worden getoond.

2.1 Methode

Vanaf 2019 zijn een aantal van de koolstof vastleggende maatregelen binnen het programma Slim Landgebruik economisch verkend. Voor maïs-gras wisselteelt in combinatie met klaver waren al studieresultaten beschikbaar uit eerdere studies en het toepassen van compost is nader uitgewerkt in 2019-2020. Voor het verduurzamen van grasland door het verhogen van de leeftijd (minder herinzaai) en toepassen van productief kruidenrijk grasland zijn in 2020 en 2021 modelberekeningen met het bedrijfsbegrotingsprogramma Dairy Wise (Van Alem & Van Scheppingen, 1993; Schils et al., 2008) uitgevoerd. Dit is gebeurd voor typische zand- en kleibedrijven.

Om te kijken welke effecten gecombineerde maatregelen hebben op de economische resultaten en de koolstofvastlegging, worden in dit hoofdstuk combinaties van maatregelen verkend voor een typisch zandbedrijf en een typisch kleibedrijf. In overleg tussen Louis Bolk Instituut (LBI) en WUR zijn referentiebedrijven en combinaties van maatregelen vastgesteld voor zand- en kleigrond. Bij het vaststellen van een combinatie van maatregelen is rekening gehouden met de relevantie en toepasbaarheid van de maatregelen op de grondsoorten in de specifieke regio's. LBI maakt hierbij gebruik van de kennis opgedaan in de regionale netwerken van het Slim Landgebruik project Netwerken in de Veehouderij.

2.1.1 Kenmerken zandbedrijf – referentie

Het referentie zandbedrijf, waarvoor we de combinatie van maatregelen doorrekenen, is afgeleid van het gemiddelde zandbedrijf uit tabel 4 van Timmerman et al., 2019. Op basis van expertkennis is een Noord-Brabants melkveebedrijf vastgesteld als referentie. Dit bedrijf heeft een bovengemiddeld aantal koeien (100 stuks) die gemiddeld 8.500 kg melk per jaar produceren. De jongveebezetting is 6 stuks jongvee per 10 melkkoeien. Er wordt jaarlijks 850.000 kg melk op dit bedrijf geproduceerd. Hiervoor bewerkt het bedrijf 47,2 ha grond zodat de intensiteit uitkomt op 18.000 kg melk per ha. Het bouwplan bestaat uit 37,8 ha gras en 9,4 ha maïs in continueelt (20% maïs als maximum binnen derogatie). Het herinzaaipercentage van het grasland is 12,5% (eens in de 8 jaar vernieuwen) zodat de gemiddelde levensduur van de grasmat uitkomt op 4 jaar. Dit is overgenomen uit de studie van van Eekeren (Veeteelt 2020), zodat we een typisch zandbedrijf als uitgangspunt hebben. De koeien weiden in de zomer alleen overdag en krijgen tijdens de weideperiode 8 kg ds uit ruwvoer (graskuil en maïskuil) bijgevoerd. Vanwege de intensieve bedrijfsvoering kan niet al het ruwvoer zelf worden geteeld, daarom koopt het bedrijf naast krachtvoer ook snijmaïs aan. De zelfvoorzieningsgraad van ruwvoer ligt op dit bedrijf onder de 85%.

2.1.2 Kenmerken kleibedrijf – referentie

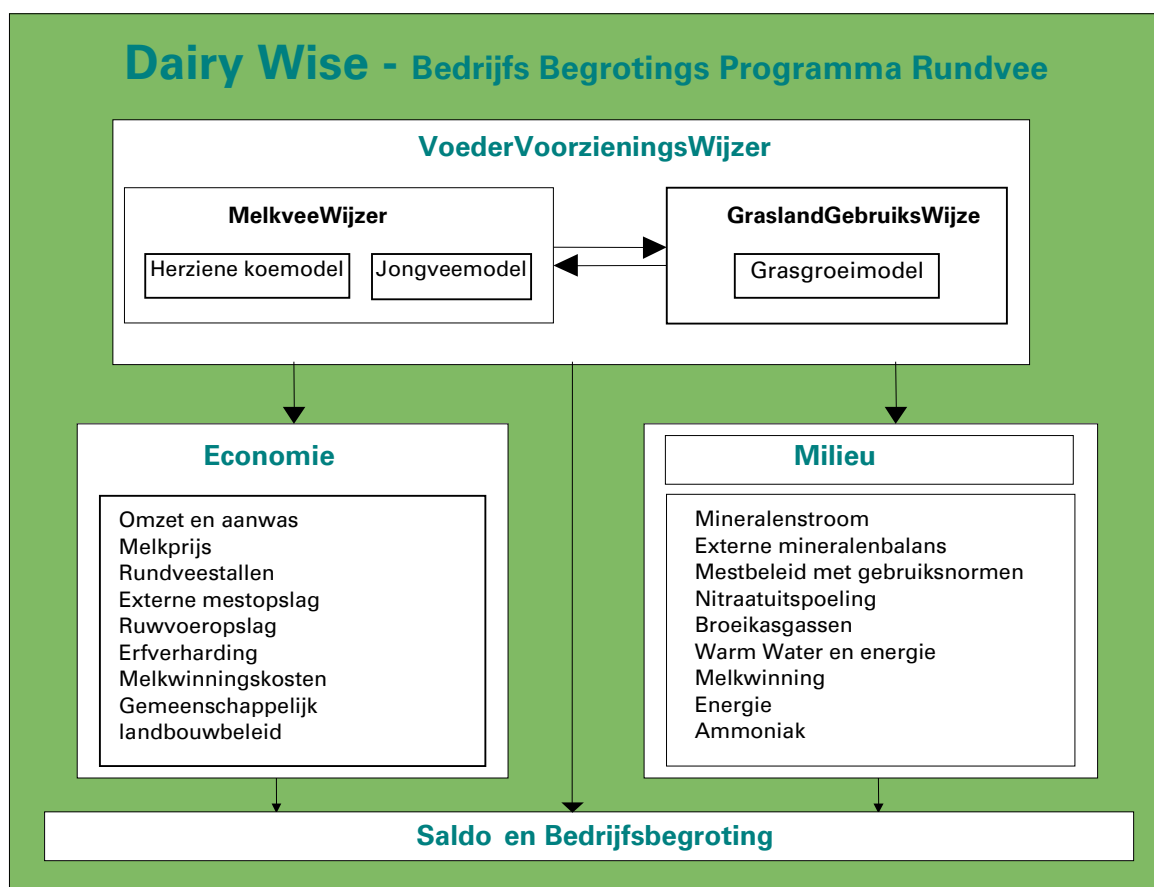
Het referentie kleibedrijf waarvoor we de combinatie van maatregelen doorrekenen is op basis van expertkennis afgeleid van een gemiddeld kleibedrijf uit tabel 4 van Timmerman et al., 2019. Binnen de groep kleibedrijven verschilt het aandeel maïs sterk, gemiddeld is het 8%. Hoewel op de noordelijke klei (Friesland) nauwelijks maïs wordt geteeld door melkveehouders, is dat in andere klei regio's (Flevoland, Noord-Holland) anders. Daar hebben veel bedrijven een hoger dan gemiddeld aandeel maïs in het bouwplan. Omdat we in deze studie willen kijken welke combinatie van maatregelen bedrijven die maïs telen kunnen nemen is uitgegaan van een typisch melkveebedrijf in Flevoland/Noord-Holland. Omdat in deze kleiregio meer maïs wordt geteeld dan gemiddeld, rekenen we de combinatie van maatregelen door voor een kleibedrijf met 15% maïs in het bouwplan. Het kleibedrijf in deze studie heeft een bovengemiddeld aantal koeien (115 stuks) die gemiddeld 8.500 kg melk per jaar produceren. De jongveebezetting is 6 stuks jongvee per 10 melkkoeien. Er wordt jaarlijks 977.500 kg melk op dit bedrijf geproduceerd. Hiervoor bewerkt het bedrijf 62,7 ha grond zodat de intensiteit uitkomt op 15.600 kg melk per ha. Het bouwplan bestaat uit 53,3 ha gras en 9,4 ha maïs in continueelt. Het

herinzaaipercentage van het grasland is 10% zodat de gemiddelde levensduur van de grasmat uitkomt op 5 jaar. De koeien weiden in de zomer alleen overdag en krijgen tijdens de weideperiode 6 kg ds uit ruwvoer (graskuil en maïskuil) bijgevoerd. Dit bedrijf is net niet zelfvoorzienend voor ruwvoer en voert daarom naast krachtvoer ook snijmaïs aan. De zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer ligt op dit bedrijf boven de 90%.

2.1.3 DairyWise als rekenprogramma

De doorrekening van de melkveebedrijven is in deze studie uitgevoerd met Dairy Wise, in het Nederlands ook wel BBPR genoemd (BedrijfsBegrotingsProgramma voor de Rundveehouderij). Dit model is ontwikkeld door WUR, onderdeel Animal Sciences Groep (ASG). Rekening houdend met specifieke bedrijfsomstandigheden, berekent Dairy Wise technische-, milieutechnische- en bedrijfseconomische kengetallen (Van Alem & Van Scheppingen, 1993; Schils et al., 2007). Uitgangspunt bij berekeningen met Dairy Wise is steeds de huidige landbouwkundige advisering bij onder meer de voeding en bemesting. Vergelijking van resultaten van de huidige bedrijfsvoering met de berekende kengetallen uit Dairy Wise geeft inzicht in de rentabiliteit van het bedrijf en de doelmatigheid op technisch- en milieutechnisch gebied. Door alternatieven voor de huidige bedrijfsvoering door te rekenen is het mogelijk om effecten van veranderingen in de bedrijfsvoering inzichtelijk te maken.

Dairy Wise is opgebouwd uit verschillende modules. De opzet van Dairy Wise is in Figuur 1 weergegeven. De voeropname en melkproductie zijn berekend met het koemodel (Zom, 2002). Als de voeropname van de veestapel bepaald is, kan ook de opname van energie (VEM) en eiwit (DVE) worden berekend. Om de totale DVE en VEM-behoefte van de veestapel te dekken, maakt Dairy Wise gebruik van 3 verschillende krachtvoersoorten. De melkprijs, veeprijzen en overige prijzen zijn gebaseerd op het prijsniveau van 2020 (KWIN-Veehouderij, 2020-2021).



Figuur 1: Overzicht opbouw Dairy Wise (BBPR) en onderlinge samenhang met andere onderdelen

2.2 Gekozen pakketten

Hieronder zijn de gekozen pakketten met maatregelen uitgeschreven. Belangrijk om hierbij te realiseren is dat de pakketten invloed hebben op de voerproductie en -verhouding op het eigen bedrijf. Er is gekozen om de uiteindelijke melkproductie gelijk te houden, wat betekent dat er na invoering van het pakket soms voer aangekocht moet worden. Dat brengt ook kosten met zich mee. Deze zijn meegenomen in de berekeningen.

2.2.1 Melkveebedrijf op zandgrond

De melkveehouderij op zandgrond ondervindt over het algemeen veel beperkingen door zowel het nutriënt- als vocht leverend vermogen van de bodem. Het anorganische gesteente waaruit het merendeel van de bodem is samengesteld kan zelf geen vocht en weinig nutriënten binden, waardoor het gewas afhankelijk is van binding aan opgeslagen organische stof of bemesting en neerslag c.q. beregening. Aanhoudende droogte de afgelopen jaren heeft veel schade berokkend aan grasland en veehouders er toe gedwongen meer grasland te vernieuwen dan gewenst. Om op zandgronden de leeftijd van grasland te verhogen moet daarom eerst de weerbaarheid tegen droogte verbeterd worden. Het verhogen van de diversiteit van grasland met gebruik van dieper wortelende vegetatie kan de droogte gevoeligheid doen afnemen (omdat vocht uit diepere lagen kan worden gehaald). Wanneer dit diverse grasland zorgt voor productiebehoud of zelfs (relatieve) productieverhoging heeft dit een positief effect op koolstof vastlegging in de bodem. Het organisch materiaal waarin deze koolstof is opgeslagen kan wel vocht binden, waardoor de droogte resistentie verbeterd.

Voor het referentie-zandbedrijf met 20% maïs in het bouwplan is daarom de volgende combinatie van maatregelen doorgerekend:

- Verhogen leeftijd grasland (herinzaaipercentage halveren van 12,5% naar 6,25% zodat leeftijd grasland gemiddeld op bedrijfsniveau stijgt van 4 jaar naar 8 jaar). Gemiddeld vindt er op ieder perceel grasland dus na 16 jaar herinzaai plaats.
- Een deel van het normale grasland omzetten in productief kruidenrijk grasland (15% van het totale areaal waar nu gras op staat om te zetten in productief kruidenrijk grasland = 5,67 ha). Conform onderzoeksresultaten van het LBI (Jansen et al., 2020) wordt voor productief kruidenrijk grasland met een opbrengst van 10,7 ton ds per ha gerekend. De zaaizaadkosten van productief kruidenrijk grasland bedragen € 310 per ingezaaide hectare.

2.2.2 Melkveebedrijf op kleigrond

Omdat onder grasland meer koolstof wordt vastgelegd dan op bouwland, kan het kleibedrijf meer koolstof opslaan door het aandeel maisland te verkleinen. Het bouwland kan worden omgezet in normaal grasland, maar omzetten naar kruidenrijk grasland zal de vastlegging van koolstof verder vergroten. Naast minder maïs telen kan de koolstofvastlegging in de maïsteelt zelf ook verbeterd worden door een vanggewas te telen. Wettelijk gezien is toepassen van een vanggewas na maïs op klei bedrijven niet verplicht, maar kan toch helpen om meer koolstof vast te leggen.

Voor het referentie-kleibedrijf met 15% maïs in het bouwplan is daarom de volgende combinatie van maatregelen doorgerekend:

- Helft van het areaal gebruikt voor maïs omzetten in productief kruidenrijk grasland (dus van 15% maïs in continueelt naar 7,5% maïs en 7,5% productief kruidenrijk grasland in vruchtwisseling waarbij 3 jaar maïs na 3 jaar productief-kruidenrijk grasland wordt geteeld). Conform onderzoeksresultaten van het LBI (Jansen et al., 2020) wordt voor productief kruidenrijk grasland met een opbrengst van 10,7 ton ds per ha gerekend. De zaaizaadkosten voor herinzaai van productief kruidenrijk grasland bedragen €310 per ingezaaide hectare.
- De leeftijd van het overige grasland blijft gelijk (gemiddeld 5 jaar oud) en herinzaaipercentage van deze 53,3 ha gras blijft 10%. Gemiddeld vindt er op ieder perceel grasland dus na 10 jaar herinzaai plaats.
- In de 2 jaar dat maïs na maïs wordt geteeld, wordt in het najaar Italiaans raaigras als vanggewas ingezaaid, dit in tegenstelling tot de referentie, waar geen vanggewas op maisland wordt ingezaaid (is op klei wettelijk niet verplicht). Het vanggewas wordt voor de teelt van maïs in het voorjaar weer ondergewerkt. De zaaizaadkosten voor vanggewas bedragen € 27 per ingezaaide hectare.



Figuur 2. Kruidrijkgrasland. Foto: Jan-Paul Wagenaar (LBI).

2.3 Resultaten

Hieronder worden de resultaten van de economische berekeningen per grondsoort gepresenteerd.

2.3.1 Melkveebedrijf op zandgrond

In Tabel 0.1 zijn de resultaten van de simulatieberekeningen voor het zandbedrijf samengevat waarbij 5,67 ha grasland is omgezet in productief kruidrijk grasland en daarnaast de gemiddelde leeftijd van grasland is verdubbeld door halvering van het herinzaaipercentage (van 12,5% naar 6,25%).

Tabel 0.1. Technische en economische resultaten van toepassen combinatie 5,67 ha productief kruidrijk grasland en verhogen gemiddelde leeftijd grasland van 4 naar 8 jaar op zandbedrijf met 100 melkkoeien en 47,2 ha grond

	Basisbedrijf	Combinatie productief kruidrijk en verhogen leeftijd grasland
Bruto ds opbrengst grasland (incl. kruidrijk)	12.8	12.3
Bruto opbrengst kruidrijk	-	10.7
Maaipercentage grasland	246	242
VEM graskuil	883	884
Opname weidegras per koe (excl. jongvee) (kg ds/jr)	1046	990
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer	84.0	80.3
Eiwit eigen land (%)	66	64
Aankoop mais (ton ds)	86.8	109.0
Krachtvoer per koe (kg)	2144	2096
Economie bedrijfsniveau (resultaten in euro als verschil t.o.v. basis)		
Opbrengsten (A)	366290	+0
w.v. melk	317060	+0
w.v. omzet en aanwas	24184	+0
w.v. overig (o.a. bedrijfspremie)	25046	+0

Toegerekende kosten (B)	109413	+965
w.v. krachtvoer	51626	-504
w.v. ruwvoer en melkproducten	13749	+2330
w.v. betaalde veekosten	28674	+0
w.v. gewasbescherming	1398	-84
w.v. kunstmest en overige bemesting	11004	-383
w.v. zaaizaad	2962	-394
Niet toegerekende kosten (C)	243530	-571
w.v. loonwerk (incl. loonwerk aangekocht voer)	37150	-530
w.v. werktuigen en installaties	44941	+1
w.v. brandstof en smeermiddelen	2515	+42
w.v. zelfstandige materialen (o.a. kuilplastic)	5295	-8
w.v. grond en gebouwen	116469	+145
w.v. water en energie	11404	+0
w.v. mestafvoer	7156	-221
w.v. algemeen	18600	+0
Saldo (A-B)	256877	-965
Saldo incl loonwerk	219727	-435
Inkomen (A - B - C)	13347	-394
per ha		-8

Tabel 0.1 laat zien dat door toepassen van 15% productief kruidenrijk grasland en halvering van het herinzaaipcentage het inkomen beperkt daalt met 8 euro per ha op bedrijfsniveau. Hierbij is het uitgangspunt dat de bespaarde kunstmest op productief kruidenrijk grasland (dit wordt bemest met een lage drijfmestgift) niet wordt toegediend op het overige grasland. Dit om het gebruik van kunstmest bij deze combinatie te verlagen. De kunstmestruimte binnen het mestbeleid wordt dus niet helemaal volgemaakt en de bemesting van het "normale" grasland ligt op het zelfde niveau als in de basissituatie. In Tabel 0.1 vallen de volgende zaken op:

- Door de lagere bruto grasopbrengst van kruidenrijk grasland en door een iets minder productieve zode bij minder herinzaai daalt de gemiddelde grasopbrengst op bedrijfsniveau met ongeveer 500 kg ds per ha.
- Het maaipcentage en het VEM-gehalte van de graskuil veranderen niet veel. De weidegrasopname per koe daalt wel met ruim 50 kg ds per jaar bij iets minder productief grasland waarbij door minder herinzaai de genetische vooruitgang minder groot is.
- De lagere grasproductie leidt tot 2 procentpunten minder eiwit van eigen land (daling van 66% naar 64%). En door minder eigen gras telen is ongeveer 22 ton ds extra maïsaankoop nodig.
- Bij een hoger aandeel maïs in het rantsoen kunnen de koeien wel meer ruwvoer op (maïs heeft een lagere verzadigingswaarde dan gras) en hoeft daardoor minder krachtvoer aangekocht te worden. De krachtvoergift van de veestapel inclusief jongvee daalt daardoor met bijna 50 kg per koe.
- Door meer maïs aankopen stijgen de ruwvoerkosten met ruim € 2300 en door minder krachtvoer aan te kopen dalen de krachtvoerkosten met ruim € 500.
- Door minder herinzaai dalen de kosten voor gewasbescherming (ruim € 80 euro lager) en de kosten voor zaaizaad (bijna 400 euro lager).
- Omdat op kruidenrijk grasland niet of nauwelijks kunstmest wordt toegepast dalen de kunstmestkosten met bijna € 400.
- De loonwerkkosten dalen met € 530. De besparing komt vooral door lagere kosten van herinzaai doordat het herinzaaipcentage daalt. Hierin zijn hogere zaaizaadkosten voor kruidenrijkgrasland verwerkt (310 euro per hectare voor kruidenrijk grasland, versus 185 euro per hectare voor normaal grasland). Echter de extra loonwerkkosten voor aangekocht ruwvoer dempen dit voordeel voor ongeveer de helft.
- De kosten voor grond en gebouwen stijgen met bijna € 150 omdat er wat meer ruwvoeropslag nodig is bij meer maïs aankopen.

- Een hoger aandeel maïs in het rantsoen en minder kunstmest strooien leiden tot een iets lagere stikstofexcretie waardoor 20 ton minder mestafvoer nodig is. De kosten voor mestafvoer dalen daardoor met ruim € 200.

Het pakket in relatie tot koolstofvastlegging

Het pakket van herinzaai percentage halveren in combinatie met het realiseren van 15% van het totale areaal met productief kruidenrijk grasland is gericht op het optimaliseren van koolstofvastlegging op het graslandareaal van een melkveebedrijf op zand. Het herinzaai percentage halveren van 12,5% naar 6,25% is voor zandgrond extreem: een perceel wordt een keer per 16 jaar opnieuw ingezaaid en de gemiddelde leeftijd van grasland is 8 jaar. De koolstofvastlegging voor de maatregel leeftijd grasland verhogen op zand, welke jaarlijks afneemt na gelang de koolstof voorraad stijgt is binnen slim landgebruik op verschillende manieren benaderd. Op basis van metingen in zorgvuldig geselecteerde praktijklocaties schatten Koopmans et al (2021) dat het bij verhogen van de leeftijd van grasland jaarlijks 6,1 ton CO₂ / ha wordt vastgelegd. Waar mogelijk is hierbij langjarig bouwland als uitgangspunt genomen (Leeftijd 0) , waarmee de gehele curve van koolstof vastlegging inzichtelijk wordt gemaakt. De metingen in dit project worden vervolgd en de verwachting is dat op basis van gerichte selectie van locaties meer nauwkeurige schattingen worden gerealiseerd. Lesschen et al (2021) schat op basis van modellering met RothC, dat als het huidige tijdelijk grasland wordt omgezet tot blijvend grasland een potentiële vastlegging van 2,55 ton CO₂ / jaar per hectare grasland op zand. Onder praktijkomstandigheden verwachten experts echter dat de toename van organische stof tussen een perceelsleeftijd van 10 en 16 jaar op zand minimaal zal zijn, waarbij bovendien de potentiële grasproductie onder druk komt te staan. In de praktijk zullen graslandpercelen op droge zandgronden door deze teruggang in productie uiteindelijk vernieuwd worden. Hoeveel koolstof hierbij verloren gaat zal blijken uit vervolgmetingen (2022) in de lange termijn experimenten, waarmee de ruwe inschatting van dit verlies in koolstofmodellen kan worden aangescherpt.

Het combineren met realisatie van 15% productief kruidenrijk grasland kan de potentiële (gras)productie ondersteunen, ook onder droge omstandigheden. Onderzoek laat zien dat in de droge zomers van 2018, 2019 en 2020 productiviteit van productief kruidenrijk grasland op zandgrond beter stand hield dan op gangbaar grasland (Jansen et al., 2020). De effectiviteit van de maatregel kruidenrijk grasland ten aanzien van koolstofvastlegging is nog niet bekend, maar wordt momenteel in een experiment gevolgd. Medio 2023 worden de eerste resultaten verwacht. Vergeleken met de maatregel leeftijd grasland verhogen wordt verwacht dat productief kruidenrijk grasland geen grote plus qua koolstofvastlegging op gaat leveren in de bodemlaag 0-30 cm. Productief kruidenrijk grasland kan zoals gezegd de grasproductie ondersteunen, en mogelijk door dieperwortelende grassen en kruiden een (beperkt) positief effect hebben op de koolstofvastlegging in de laag 30-60 cm. Hiermee is de toepassing van productief kruidenrijk grasland op een deel van het grasland areaal in dit pakket passend en relevant.

2.3.2 Melkveebedrijf op kleigrond

In Tabel 0.2 zijn de resultaten van de combinatieberekening voor het kleibedrijf samengevat waarbij de helft van het maïsland wordt omgezet in productief kruidenrijk grasland en dit in rotatie met maïs wordt geteeld. Daarnaast wordt bij deze combinatie na iedere maïssoogst ook een vanggewas geteeld wanneer het volgende jaar ook maïs wordt geteeld.

Tabel 0.2. Technische en economische resultaten van vervangen 50% maïsland door productief kruidenrijk grasland en dit roteren met maïs (3 jaar maïs na 3 jaar productief kruidenrijk) in combinatie met vanggewas tussen maïsteelten

	Basisbedrijf	Combinatie minder maïs, productief kruidenrijk gras en vanggewas na maïs
Bruto ds opbrengst grasland (incl. kruidenrijk)	12.8	12.7
Bruto opbrengst kruidenrijk	-	10.7
Maaipercantage grasland	224	244
VEM graskuil	869	869
Opname weidegras per koe (excl. jongvee) (kg ds/jr)	1470	1483
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer	93.8	91.2

Eiwit eigen land (%)	74	74
Aankoop mais (ton ds)	34.8	48.7
Verkoop graskuil (ton ds)	0.0	0.0
Krachtvoer per koe (kg)	2301	2329
Economie bedrijfsniveau (resultaten t.o.v. 10% herinzaai)		
Opbrengsten (A)	415145	+0
w.v. melk	363823	+0
w.v. omzet en aanwas	27809	+0
w.v. overig (o.a. bedrijfspremie en verkoop voer)	23513	+0
Toegerekende kosten (B)	119972	+211
w.v. krachtvoer	60102	+739
w.v. ruwvoer en melkproducten	8989	+1458
w.v. betaalde veekosten	32968	+0
w.v. gewasbescherming	1538	-426
w.v. kunstmest en overige bemesting	13559	-1217
w.v. zaaizaad	2816	-343
Niet toegerekende kosten (C)	287396	+2001
w.v. loonwerk (incl. loonwerk aangekocht voer)	42437	+1688
w.v. werktuigen en installaties	55686	+1
w.v. brandstof en smeermiddelen	3125	+114
w.v. zelfstandige materialen (o.a. kuilplastic)	8294	+80
w.v. grond en gebouwen	138004	-171
w.v. water en energie	13979	+30
w.v. mestafvoer	7271	+259
w.v. algemeen	18600	+0
Saldo (A-B)	295173	-211
Saldo incl loonwerk	252736	-1899
Inkomen (A - B - C)	7777	-2212
per ha		-35

Tabel 0.2 laat zien dat een deel van de maïs in het bouwplan vervangen wordt door productief kruidenrijk grasland in combinatie met een vanggewas na maïs telen leidt tot een inkomensdaling van 35 euro per ha op bedrijfsniveau. Ook bij deze combinatie van maatregelen wordt de kunstmest die door de teelt van productief kruidenrijk grasland wordt bespaard niet gebruikt op het overige grasland. Productief kruidenrijk grasland wordt immers bemest met een beperkte jaarlijkse drijfmestgift. In Tabel 0.2 vallen de volgende zaken op:

- Door toevoegen van productief kruidenrijk grasland met 10,7 ton ds/ha aan het totale grasareaal neemt de gemiddelde grasopbrengst iets af.
- Door meer gras telen bij omzetten van maïs in kruidenrijk grasland neemt de totale grasopname van de veestapel toe. De kwaliteit van het gras en de vers grasopname veranderen in deze situatie niet veel omdat het herinzaaipercentage op het overige grasland gelijk blijft.
- Het percentage eiwit van eigen land blijft gelijk. Er wordt bij een hoger aandeel grasland in het bouwplan wel meer eiwit geteeld, maar door een hoger aandeel graskuil in het rantsoen neemt de eiwitconsumptie ook toe.
- Omdat productief kruidenrijk grasland een lagere gewasopbrengst heeft dan maïs moet meer voer aangekocht worden. De krachtvoergift stijgt met bijna 30 kg per koe inclusief jongvee en daarnaast wordt nog bijna 14 ton ds meer maïskuil aangekocht. Omdat de dieren meer graskuil opnemen met een verzadigingswaarde die hoger is dan

van maïs, is extra krachtvoer nodig om dezelfde melkproductie te realiseren. Uitgangspunt van deze studie is dat de melkproductie bij de aanpassingen gelijk blijft aan die van de referentiesituatie.

- Door de lagere gewasopbrengst bij minder maïs telen stijgen zowel de krachtvoerkosten (met ruim € 700) als de kosten voor aangevoerde snijmaïs (met ruim € 1450).
- Door minder maïs telen dalen de kosten voor gewasbescherming en zaaizaad met resp. ruim € 420 en ruim € 340.
- Door minder maïs telen en geen kunstmestbemesting op kruidenrijk grasland dalen zowel de kunstmestkosten voor stikstof (€ 800 minder) als de overige bemestingskosten (€ 400 door minder bekalking op maïsland). In totaal dalen de kosten voor meststoffen met ruim € 1200.
- De loonwerkkosten stijgen met bijna € 1700. Vooral extra kosten voor voederwinning grasland spelen hierbij een rol, maar ook de kosten voor graslandverzorging en loonwerkkosten bij aankoop extra ruwvoer stijgen. De kosten voor maïs telen en oogsten dalen wel met ruim € 3800. Maar deze besparing kan de extra kosten voor gras telen en oogsten en ruwvoer aankopen niet compenseren.
- De kosten voor grond en gebouwen dalen met ongeveer € 170 door een kleinere ruwvoeropslag bij minder ruwvoer telen.
- Door 5% meer grasproductie in het Kringloopwijzerrantsoen op bedrijfsniveau neemt het RE-gehalte van het rantsoen met 5 gram RE/kg ds toe. Hierdoor stijgt de stikstofexcretie en moet het bedrijf 24 ton meer mest afvoeren (deze mestafvoer is beperkt groter omdat het stikstofgehalte van de afgevoerde mest ook 0,1 kg N/ton hoger is). De kosten voor mestafvoer stijgen hierdoor met bijna € 260.

Het pakket in relatie tot koolstofvastlegging

In het pakket wordt voornamelijk ingezet op het verhogen van de bodem organische stof op percelen waar mais verbouwd wordt. De helft van het mais areaal (15%) wordt omgezet in tijdelijk grasland (7,5%) en komt in een 3-jarige rotatie met het resterende maisareaal (7,5%). Een toename in koolstof vastlegging wordt hiermee gerealiseerd zowel door minder mais te gaan telen als door de mais die nog geteeld wordt in wisselteelt te produceren. In deze wisselteelt maakt de mais dankbaar gebruik van stikstof en organische stof die in de jaren grasklaver zijn opgebouwd. Gemiddeld over de wisselteelt is de koolstof voorraad hiermee hoger dan wanneer continue mais wordt geteeld. Lesschen et al (2021) schat op basis van modelberekeningen met RothC dat in dit systeem 1,45 ton CO₂ / ha / jaar wordt vastgelegd. Na het eerste en tweede jaar mais wordt nog een vanggewas geteeld. Het is zeer de vraag of dit laatste in de praktijk op klei substantieel iets toevoegt aan de bodem CO₂ voorraad. In Slim Landgebruik zijn voor deze maatregel geen resultaten op klei beschikbaar.

2.3.3 Discussie

Bij de berekeningen met productief kruidenrijk grasland is gerekend met gewasopbrengst per ha van 10,7 ton ds per ha. Uitgangspunt hierbij is dat het kruidenrijk grasland alleen gemaaid wordt en niet geweid. De kosten en baten van kruidenrijkgrasland zijn erg gevoelig voor de hoogte van de gewasopbrengst. Deze opbrengsten zijn echter nog erg onzeker omdat het meeste onderzoek naar kruidenrijk grasland nog erg jong is en daarmee heeft plaatsgevonden in de opeenvolgende droge zomers van 2018-2020 (Jansen et al., 2020). In deze droge zomers was de opbrengst van productief kruidenrijk grasland hoger dan van Engels raai in dezelfde omstandigheden (Jansen et al., 2020). Omdat er nog geen gemiddelde opbrengsten zijn over meer weerjaren zijn wanneer ook natte jaren meetellen, is nu uitgegaan van een lagere opbrengst van kruidenrijk grasland dan bij 100% Engels raai. Niet alleen de kosten en baten, maar ook de koolstofvastlegging is erg afhankelijk van de gewasproductiviteit. Hoe hoger de productie, hoe meer koolstof bevattende gewasresten er worden aangevoerd.

Het beheer van productief kruidenrijk grasland is anders dan het beheer van normaal grasland. Het vergt een andere manier van denken en met de juiste ondersteuning kan dit worden gerealiseerd. Om de kruiden in stand te houden mag het land bijvoorbeeld niet te zwaar bemest worden. In deze studie zijn we er bij het zandbedrijf vanuit gegaan dat het herinzaaipercentage van kruidenrijk grasland niet verschilt van normaal grasland (op het kleibedrijf is kruidenrijk grasland in wisselteelt met maïs en wordt daarom wel vaak -na 3 jaar- vervangen). In de praktijk moet nog blijken of herinzaai bij kruidenrijk grasland vaker moet worden toegepast, bijvoorbeeld om botanische samenstelling te verbeteren, of minder vaak omdat deze beter bestand is tegen droogte (waarvan schade een belangrijke aanleiding is

tot vernieuwen. Hoe vaker het grasland vernieuwd dient te worden, hoe lager het economisch resultaat en koolstof opslag.

In deze studie zijn we uitgegaan van een gelijkblijvende melkproductie. Verandering van het ruwvoeraanbod leidt hierbij tot aanpassing van de hoeveelheid ruwvoer en krachtvoer aankopen zodat de melkproductie op peil blijft. In de praktijk is het echter ook mogelijk de krachtvoergift niet aan te passen of geen extra ruwvoer aan te kopen. Deze extensivering zal dan niet leiden tot extra voerkosten, maar de melkopbrengsten zullen bij een lagere gewasopbrengst en een lagere melkproductie per koe wel dalen. Deze extensivering sluit goed aan bij (regionale) doelen voor de landbouw om lokale milieubelasting te beperken.



Figuur 3. Kruidenrijkgrasland met begrazing. Foto: Jan-Paul Wagenaar.

3 Akkerbouw Maatregelpakketten

Eerst worden de akkerbouwpakketten geïntroduceerd. Vervolgens wordt de methodiek voor analyse gepresenteerd. Tot slot volgen de resultaten per akkerbouwgebied (Noordelijke zeeklei; Centrale zeeklei Flevoland; Centrale Zeeklei Noordoostpolder; Noordoostelijke zand en dalgrond; Zuidoostelijke zandgrond, Zuidwestelijke Zeeklei), inclusief een overzicht over alle regio's heen.

3.1 Introductie

Het aanpassen van de gewasrotatie met meer graan is een relatief effectieve maatregel in de vastlegging van koolstof ten opzichte van de andere maatregelen (zie Hoogmoed et al. 2021), waardoor gewasrotatie opgenomen is in een pakket in deze analyse. Het is wel een kostbare maatregel, omdat hoog salderende gewassen (met name aardappel) vervangen worden door graansoorten (Hoogmoed et al. 2021). Groenbemesters dragen ook bij aan koolstofvastlegging. Er kan gepoogd worden om via het maximaliseren van de inzet van groenbemesters meer koolstof vast te leggen. Daarnaast is het inwerken van gewasresten (stro van graan) een gemakkelijke maatregel die in de praktijk toegepast kan worden. Daarnaast blijkt dat met name compost een kosteneffectieve maatregel is, omdat de marginale kosten per vastgelegde eenheid koolstof gering is ten opzichte van de andere maatregelen. Echter, vallen maatregelen rond bemesting buiten de in het GLB gestimuleerde aspecten. In overleg met LNV is besloten deze daardoor niet mee te nemen in deze analyse.

Akkerranden en niet kerende grondbewerking leggen minimaal koolstof vast (Hoogmoed et al. 2021), en zijn dus minder geschikt en zullen daarom niet meegenomen worden in de berekeningen.

Op basis hiervan zijn een tweetal maatregelpakketten opgesteld, waarbij de redenering als volgt is: In pakket 1 wordt binnen het huidige bouwplan van de zes bestudeerde akkerbouwgebieden de koolstofvastlegging via groenbemesters en gewasresten gemaximaliseerd. Pakket 2 gaat een stapje verder, door de regionale bouwplannen te verruimen met meer graan, en vervolgens daarin groenbemesters en gewasresten maximaal toe te passen. Pakket 2 lijkt de hoogste koolstofvastleggingspotentie te hebben (persoonlijke mededeling Janmaat, 2021) omdat er veel organische stof in het systeem gebracht wordt. De verwachting is wel dat met name het bouwplan ruimer wordt (meer graan), het bouwplansaldo aanzienlijk afneemt en de maatregel de boer dus veel geld kost.

De volgende twee pakketten zijn uitgewerkt:

1. Groenbemester optimalisatie en maximaal gewasresten achterlaten en inwerken
2. Bouwplanverruiming, groenbemester optimalisatie en maximaal gewasresten achterlaten en inwerken.

3.2 Methodiek Akkerbouw

Een bouwplansaldo-analyse geeft inzicht in de financiële effecten van combinaties van koolstofmaatregelen als bouwplanverruiming, groenbemesters op het bouwplansaldo. Er is een bouwplansaldo analyse gedaan voor representatieve bedrijfsopzetten van akkerbouwbedrijven in zes regio's: Noordelijke Zeeklei (NZK), Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF), Noordoost Polder (CZKN), Noordoostelijke Zand en Dalgronden (NON), Zuidoostelijk Zand (ZOZ) en Zuidwestelijke Zeeklei (ZWZ). Per regio is er een representatief referentiebouwplan opgesteld, wat aansluit bij eerdere Slim Landgebruik projecten (zie Janmaat en Koopmans 2020). Pakket 1 maximaliseert de groenbemesters en het achterlaten van gewasresten. De kosten daarvan zijn in beeld gebracht. Voor pakket 2 zijn er een tweetal bouwplanvarianten per regio ontwikkeld, waarin meer graan- en rustgewassen zijn toegevoegd en vervolgens ook de groenbemesters en gewasresten zijn gemaximaliseerd. Al deze wijzigingen leiden tot een ander bouwplansaldo, doordat er meer kosten worden gemaakt (groenbemesters, gewasresten) en andere gewassen geteeld worden. De gewassaldo's zijn afkomstig uit de Kwantitatieve Informatie voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt (KWIN AGV) (van der Voort, 2018). Daarin staan prijzen vermeld, zoals de prijzen voor wintertarwe graan: 0.17 €/kg en stro 0.11 €/kg. Waar beschikbaar is het saldo loonwerk gebruikt, anders het saldo eigen mechanisatie. De KWIN gegevens zijn per regio verschillend, waardoor het saldo van eenzelfde gewas dus ook verschillend kan zijn per regio. Voor een aantal gewassen

in de referentie- en variantbouwplannen, waar verruiming van het bouwplan is geïmplementeerd, zijn geen KWIN gegevens beschikbaar. Hiervoor zijn aannames gemaakt zoals weergegeven in Tabel 0.3.

Tabel 0.3. Aannames gewassaldi

Gewas	Saldo
Grasklaver	€706 Hetzelfde als Luzerne
Groenbemester	€-196 Vergelijkbaar met de kosten van Gele Mosterd en Bladrammenas.
Tulp	€3250 in CZKN
Grasland	€1400 in ZOZ waarop de veehouder ook mest uit mag rijden; bespaart afvoerkosten van €200 - €300.

Om het effect van de koolstofmaatregelen op het bouwplansaldo te analyseren en te vergelijken met de referentiesituatie is het bouwplansaldo berekend aan de hand van het gewogen gemiddelde. De manier van berekening is gelijk aan die zoals gehanteerd in de studie van Koopmans en Janmaat (2020):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Vergelijking 1 – Gewogen gemiddelde bouwplansaldo

Hierbij geldt \bar{x} als het gewogen gemiddelde (bouwplansaldo per hectare); x als het individuele gewassaldo; w als de wegingsfactor (aantal hectares van het gewas op het totale bedrijf per jaar); i refereert naar de sommatie-index van een specifiek gewas; n refereert naar het aantal gewassen binnen het bouwplan.

De teeltkosten van de groenbemesters worden afgehaald van bouwplansaldo per hectare. Als op 25% van het areaal van het bedrijf een groenbemester wordt geteeld, wordt dus 25% van de groenbemester-kosten van het bouwplansaldo per hectare afgehaald. Verder worden de gewasresten (stro) van zomergerst en wintertarwe na de teelt achtergelaten op het perceel en niet verkocht, en zodoende worden die niet meegerekend als opbrengsten.

Tabel 0.4 toont de details van de twee maatregel pakketten per regio. Bij het invoegen van extra graan in een bouwplan variant, wordt standaard een groenbemester toegevoegd. Tabel 0.5 toont de afkortingen per gewas.

Tabel 0.4. Uitwerking van de maatregelpakketten en de referentie per regio. De bouwplannen tonen verticaal de gewassen per jaar. * betekent een groenbemester na de hoofdteelt, '-stro' betekent dat gewasresten achter gelaten worden.

Bouwplannen en pakketten akkerbouw			
Referentie	Pakket 1: Maximaliseren groenbemesters en gewasresten	Pakket 2.1: Variant bouwplan + maximaliseren groenbemester + gewasresten	Pakket 2.2 Variant bouwplan + maximaliseren groenbemester + gewasresten
NZK			
PA	PA*	PA*	PA*
WT*	WT* - Stro	WT* - Stro	WT* - Stro
SB	SB	SB	SB

		WT* - Stro	Grasklaver
			Grasklaver
CZKF			
Referentie	Variant 1	Variant 2.1	Variant 2.2
CA	CA*	CA*	UI
SB	SB	SB	WT* - Stro
UI	UI	WT* - Stro	CA
WT*	WT* - Stro	UI	WT* - Stro
		WT* - Stro	SB
			WT* - Stro
CZKN			
Referentie	Variant 1	Variant 2.1	Variant 2.2
PA	PA*	WT* - Stro	WT* - Stro
SB	SB	SB	SB
UI	UI*	UI*	WT* - Stro
PA	PA*	PA*	PA*
WT*	WT* - Stro	WT* - Stro	WT* - Stro
Tulp v	Tulp v*	Tulp v*	UI
NON			
Referentie	Variant 1	Variant 2.1	Variant 2.2
ZA	ZA*	ZA*	ZA*
SB	SB	ZG*-Stro	SB
ZA	ZA*	SB	ZG*-Stro
ZG*	ZG*-Stro	ZG*-Stro	ZA*
ZA	ZA*		ZG*-Stro
ZG*	ZG*-Stro		ZG*-Stro
ZOZ			
Referentie	Variant 1	Variant 2.1	Variant 2.2
CA	CA*	CA*	CA*
SN+VG	SN+VG	SN+VG	ZG*-Stro
WASP	WASP*	WASP*	WASP*
CE+SSB	CE+SSB	CE+SSB	ZG*-Stro
CA	CA*	CA*	CA*
SB	SB	SB	ZG*-Stro
SN+VG	SN+VG	GR	LE*
LE	LE*	GR	ZG*-Stro
ZWZ			
Referentie	Variant 1	Variant 2.1	Variant 2.2
CA	CA	CA	CA
WT*	WT* - Stro	WT* - Stro	WT* - Stro
SB	SB	SB	SB
UI	UI	WT* - Stro	WT* - Stro
WT*	WT* - Stro	UI	UI
		WT* - Stro	Graszaad - Stro
			Graszaad - Stro

In de pakketten voor de regio's NZK en CZKN is gekozen om na de pootaardappel (PA) een groenbemester op te nemen, zelfs als de vervolgteelt wintertarwe is. Dat kan qua planning lastig zijn in de praktijk, maar als de pootaardappel begin augustus geoogst wordt en de wintertarwe eind oktober gezaaid, blijven er rond de 8 weken over voor de groenbemester. Dat is voldoende geacht.

Tabel 0.5. Overzicht afkortingen van gewassen

Afkorting	Gewas
CA	Consumptieaardappel
CE+SBB	Conservenerwt met volgteelt stamslaboon
GR	Grasland verhuur
LE-V	Lelie verhuur
PA	Pootaardappel
SB	Suikerbiet
SN+VG	Snijbiet+Vanggewas
TU-V	Tulp verhuur
Wasp	Waspeen
WT	Wintertarwe
ZA	Zetmeelaardappel
ZG	Zomergerst

De saldoberekeningen zijn vervolgens gekoppeld aan de potentiële koolstofopslag van de maatregel. De koolstof vastlegging is berekend met behulp van NDICEA, een model voor organische stofvastlegging, en is tot stand gekomen in Slim Landgebruik Project Koolstofvastlegging (A4) .

De marginale kosten zijn berekend om een inschatting te maken van de kosten van een ton koolstofvastlegging per maatregel. Zo wordt per maatregel duidelijk hoeveel koolstof er (potentieel) wordt vastgelegd per geïnvesteerde euro.

Marginale kosten in de context van dit onderzoek houden in: de kosten die één ton vastgelegde koolstof met zich meebrengt door een koolstofmaatregel ten opzichte van de referentiesituatie. Om de marginale kosten van de maatregelen te berekenen is gebruik gemaakt van koolstofgegevens uit Koopmans e.a. (2020) en de economische saldoberekeningen uit Janmaat e.a. (2020). Het berekenen van de marginale kosten is als volgt gedaan, waar de marginale kosten de verandering in de toegerekende kosten gedeeld door de verandering van de hoeveelheid vastgelegde koolstof is:

$$MC_i = \frac{(-\Delta R + \Delta C_i)}{\Delta Q_i}$$

Vergelijking 2 - Marginale kosten; de kosten van een ton extra koolstofvastlegging.

Hierbij geldt MC als de marginale kosten per ton koolstof; $-\Delta R$ als het verschil tussen de bruto-geldopbrengsten van het bouwplansaldo en het referentiescenario, ΔC als het verschil tussen de kosten van de groenbemesters in het bouwplan en het referentiescenario. i refereert naar een specifieke koolstofmaatregel en variant daarbinnen. Zodoende geeft $(-\Delta R + \Delta C_i)$ het verschil in variabele kosten weer. ΔQ_i geeft het verschil in koolstofopbrengst in tonnen tussen het bouwplan en het referentiescenario.

Bij het verschil in koolstofvastlegging is gekeken hoeveel er verandert door toepassing van de koolstofmaatregel(en) ten opzichte van het referentiescenario. De modelberekeningen gaan ervan uit dat stro wordt ingewerkt (behalve in het referentiescenario), hierdoor kunnen de bouwplansaldo's in deze studie lager liggen dan die in Janmaat e.a. (2020) waar stro wordt verkocht.

Onderstaande Tabel 0.6 toont de berekende extra koolstofvastlegging per pakket ten opzichte van de referentie situatie, per hectare per jaar, berekend voor een periode van 15 jaar (in NDICEA) (Timmermans et al. in prep). 15 jaar biedt een goed inzicht in de koolstofvastlegging, omdat het meerdere jaren kost om verschillen te kunnen zien. De bouwplannen van de verschillende regio's komen in 15 jaar meerdere keren op een perceel voorbij, waardoor mogelijke effecten sterker zichtbaar en betrouwbaar wordt. Deze uitkomsten zijn berekend vanuit het Slim Landgebruik project A4, en zijn hier enkel gebruikt als input voor de berekening van de marginale kosten van koolstofvastlegging.

Tabel 0.6. Extra koolstofvastlegging in ton per hectare per jaar voor de regionale pakketten (op basis van NDICEA berekeningen uit Slim Landgebruik project Koolstofvastlegging A4, (Timmermans et al. in prep).).

Regio	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
NZK	0,21	0,40	0,26
CZKF	0,13	0,26	0,32
CZKN	0,36	0,47	0,43
NON	0,16	0,22	0,28
ZOZ	0,06	0,15	0,39
ZWZ	0,14	0,21	0,31

De langetermijneffecten van de geanalyseerde koolstofmaatregelen op het bouwplansaldo zijn niet meegenomen in dit onderzoek, zoals bijvoorbeeld een mogelijke positieve bijdrage door een verhoogde OS.

3.3 Resultaten

In deze paragraaf zijn de resultaten van de akkerbouw maatregelpakketten uitgewerkt. Allereerst zijn de resultaten uitgewerkt per regio waarbij eerst de bouwplansaldo-analyse wordt toegelicht en daarna de marginale kosten voor elke regio. De bestudeerde regio's zijn: Noordelijke Zeeklei (NZK), Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF), Noordoost Polder (CZKN), Noordoostelijke Zand en Dalgronden (NON), Zuidoostelijk Zand (ZOZ) en Zuidwestelijke Zeeklei (ZWZ). Binnen elk van deze regio's worden pakket 1 en pakket 2 (met bijbehorende varianten) uitgewerkt. Pakket 1 bestaat uit groenbemesteroptimalisatie en maximaal gewasresten achterlaten en inwerken. Pakket 2 richt zich op bouwplanverruiming, groenbemester optimalisatie en maximaal gewasresten achterlaten en inwerken. Binnen pakket 2 zijn 2 varianten uitgewerkt.

Na de beschrijving per regio worden de resultaten gebundeld, zodat een overzicht over de regio's heen opgesteld kan worden.

3.3.1 NZK

In Tabel 0.7 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Noordelijke Zeeklei (NZK). Hieruit komt naar voren dat het

Regio	Referentie	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
NZK	€ 3.285	€ 3.055	€ 2.398	€ 2.115

Tabel 0.7. Bouwplansaldo in euro per hectare per jaar voor de Noordelijke Zeeklei.

referentiebouwplan gemiddeld een saldo per hectare oplevert van €3.285. Het saldo voor pakket 1 levert een saldo op van €3.055. Voor pakket 2 liggen de saldo's voor variant 1 en variant 2 op respectievelijk €2.398 en €2.115. Het lagere saldo in pakket 1 is te verklaren doordat de kosten

van de groenbemester toenemen en een gedeelte van de bruto-opbrengst wordt gemist door het inwerken van gewasresten. Ook in pakket 2 liggen in de saldo's om deze redenen lager, en maakt daarnaast het hoogste salderende gewas pootaardappel deels plaats voor lager salderende gewassen.

In Tabel 0.8 zijn de resultaten weergegeven van de marginale kosten voor de verschillende pakketten in Euro per kg ton koolstof. Voor NZK liggen de marginale kosten voor pakket 1 op €1.009. Voor pakket 2 variant 1 liggen de marginale kosten op €2.233 en voor variant 2 op €4.434. Op NZK nemen de marginale kosten per pakket

toe zoals ook bij de andere regio's op kleigrond. De kosten van een ton extra koolstofopslag middels de maatregelen in pakket 1 komen voort uit de kosten die tot stand komen door het inzaaien van groenbemesters en gewasresten die in plaats van verkocht, op het land blijven liggen. De kosten van pakket 2 variant 1 liggen hoger dan pakket 1 omdat naast de groenbemesters en de onverkochte gewasresten, het aandeel van pootaardappel en suikerbiet afneemt in het bouwplan en plaatsmaakt voor extra wintertarwe. De kosten van pakket 2 variant 2 liggen het hoogst omdat er naast het inzaaien van groenbemesters en het onderwerken van gewasresten, er nu een kleiner aandeel in de hoger salderende gewassen gecombineerd is met een bouwplanverruiming met grasklaver.

Regio	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
NZK	€ 1.090	€ 2.233	€ 4.434

Tabel 0.8. Marginale kosten voor een ton koolstof in euro's per pakket, in NZK.

3.3.2 CZKF

In Tabel 0.9 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF). Hieruit komt naar voren dat het referentiebouwplan gemiddeld een saldo per hectare oplevert van €2.869. Het saldo voor pakket 1 levert een saldo op van €2.688. Voor pakket 2 liggen de saldo's voor

variant 1 en variant 2 op respectievelijk €2.274 en €2.031. Het lagere saldo in pakket 1 is te verklaren doordat de kosten van de groenbemester toenemen en een gedeelte van de bruto-opbrengst wordt gemist door het inwerken van gewasresten. Ook in pakket 2 liggen de saldo's om deze redenen lager, daarnaast maken de hoogste salderende gewassen consumptieaardappel en suikerbiet deels plaats voor lager salderende gewassen.

Regio	Referentie	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
CZKF	€ 2.869	€ 2.688	€ 2.274	€ 2.031

Tabel 0.9. Bouwplansaldo in euro per hectare per jaar voor de Centrale Zeeklei Flevoland.

In Tabel 0.10 zijn de resultaten weergegeven van de marginale kosten voor de verschillende pakketten in euro per kg ton koolstof. Voor CZKF liggen de marginale kosten voor pakket 1 op €1.379. Voor pakket 2 variant 1 liggen de marginale kosten op €2.292 en voor variant 2 op €2.635. Op CZKF nemen de marginale kosten per

pakket toe zoals bij de andere regio's op kleigrond. De kosten van een ton extra koolstofopslag middels de maatregelen in pakket 1 komen voort uit de kosten die ontstaan door het inzaaien van groenbemesters en gewasresten die in plaats van verkocht, nu op het land blijven liggen. De kosten van pakket 2 variant 1 liggen hoger dan pakket 1 omdat naast de groenbemesters en de onverkochte gewasresten, het aandeel van consumptieaardappel, ui en suikerbiet afneemt in het bouwplan en plaatsmaakt voor extra wintertarwe. De kosten van pakket 2 variant 2 liggen het hoogst omdat er naast het inzaaien van groenbemesters en het onderwerken van gewasresten, het aandeel in de hoger salderende gewassen kleiner is dan in variant 1.

Regio	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
CZKF	€ 1.379	€ 2.292	€ 2.635

Tabel 0.10. Marginale kosten voor een ton koolstof in euro's per pakket, in CZKF.

3.3.3 CZKN

In Tabel 0.11 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Noordoost Polder (CZKN). Hieruit komt naar voren dat het referentiebouwplan

Regio	Referentie	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
CZKN	€ 4.248	€ 4.029	€ 2.900	€ 2.527

Tabel 0.11. Bouwplansaldo in euro per hectare per jaar voor de Centrale Zeeklei Noordoost Polder.

gemiddeld een saldo per hectare oplevert van €4.248. Het saldo voor pakket 1 levert een saldo op van €4.029. Voor pakket 2 liggen de saldo's voor variant 1 en variant 2 op respectievelijk €2.900 en €2.527. Het lagere saldo in pakket 1 is te verklaren doordat de kosten van de groenbemester toenemen en een gedeelte van de bruto-opbrengst wordt gemist door het inwerken van gewasresten. Ook in pakket 2 liggen de saldo's om deze redenen lager, daarnaast maken de hoogste salderende gewassen pootaardappel en tulp (alleen in pakket 2 variant 2) deels plaats voor lager salderende gewassen.

In Tabel 0.12 zijn de resultaten weergegeven van de marginale kosten voor de verschillende pakketten in Euro per kg ton koolstof. Voor CZKN liggen de marginale kosten voor pakket 1 op €610. Voor pakket 2 liggen de marginale kosten voor variant 1 op €2.892 en voor variant 2 op €3.963. Op CZKN nemen de marginale kosten per pakket toe zoals bij de andere regio's op kleigrond. De kosten van een ton extra koolstofopslag middels de maatregelen in pakket 1 komen voort uit de kosten die ontstaan door het inzaaien van groenbemesters en gewasresten die in plaats van verkocht, op het land blijven liggen. De marginale kosten van pakket 1 in CZKN liggen relatief laag. De kosten van pakket 2 variant 1 liggen hoger dan pakket 1 omdat naast de groenbemesters en de onverkochte gewasresten, het aandeel van pootaardappel, ui, suikerbiet en tulp afneemt in het bouwplan en plaatsmaakt voor extra wintertarwe. De kosten van pakket 2 variant 2 liggen het hoogst omdat er naast het inzaaien van groenbemesters en het onderwerken van gewasresten, het aandeel van het hoger salderende gewas tulp is vervangen door een groter aandeel wintertarwe.

Regio	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
CZKN	€ 610	€ 2.892	€ 3.963

Tabel 0.12. Marginale kosten voor een ton koolstof in euro's per pakket, in CZKN.

3.3.4 NON

In Tabel 0.13 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Noordoostelijke Zand en Dalgronden (NON). Hieruit komt naar voren dat het referentiebouwplan gemiddeld een saldo per hectare oplevert van €1.232. Het saldo voor pakket 1 levert een saldo op van €863. Voor pakket 2 liggen de saldo's voor variant 1 en variant 2 op respectievelijk €880 en €770. Het lagere saldo in pakket 1 is te verklaren doordat de kosten van de groenbemester toenemen en een gedeelte van de bruto-opbrengst wordt gemist door het inwerken van gewasresten. Ook in pakket 2 liggen de saldo's om deze redenen lager, daarnaast maakt het hoogste salderende gewas zetmeelaardappel deels plaats voor lager salderende gewassen.

Regio	Referentie	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
NON	€ 1.232	€ 863	€ 880	€ 770

Tabel 0.13. Bouwplansaldo in euro per hectare per jaar voor de Noordoostelijke Zand en dalgronden.

In Tabel 0.14 zijn de resultaten weergegeven van de marginale kosten voor de verschillende pakketten in Euro per kg ton koolstof. Voor NON liggen de marginale kosten voor pakket 1 op €2.264. Voor pakket 2 variant 1 liggen de marginale kosten op €1.593 en voor variant 2 op €1.652. In NON, zoals bij alle regio's op zand, wordt er het meest koolstof opgeslagen middels de maatregelen in pakket 2 variant 2, gevolgd door pakket 2 variant 1. Pakket 1 levert het minst koolstofopslag op. In regio NON liggen de kosten van pakket 2 variant 2 hoger dan variant 1 en pakket 1. Hierdoor komen de marginale kosten van pakket 1 hoger uit dan in pakket 2. De marginale kosten van de varianten in pakket 2 liggen dicht bij elkaar. Variant 2 ligt iets hoger vanwege een hoger aandeel zetmeelaardappel en een lager aandeel suikerbiet dan in variant 1.

Regio	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
NON	€ 2.264	€ 1.593	€ 1.652

Tabel 0.14. Marginale kosten voor een ton koolstof in euro's per pakket, in NON.

3.3.5 ZOZ

In Tabel 0.15 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Zuidoostelijk Zand (ZOZ). Hieruit komt naar voren dat het referentiebouwplan gemiddeld een saldo per hectare oplevert van €2.629. Het saldo voor pakket 1 levert een saldo op van €2.531.

Regio	Referentie	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
ZOZ	€ 2.629	€ 2.531	€ 2.552	€ 1.908

Tabel 0.15. Bouwplansaldo in euro per hectare per jaar in het Zuidoostelijk Zandgebied.

Voor pakket 2 liggen de saldo's voor variant 1 en variant 2 op respectievelijk €2.552 en €1.908. Het lagere saldo in pakket 1 is te verklaren doordat de kosten van de groenbemester toenemen en een gedeelte van de bruto-opbrengst wordt gemist door het inwerken van gewasresten. Ook in pakket 2 liggen de saldo's om deze redenen lager, daarnaast maken de hoogste salderende gewassen zoals suikerbiet of lelie plaats voor lager salderende gewassen.

In Tabel 0.16 zijn de resultaten weergegeven van de marginale kosten voor de verschillende pakketten in Euro per kg ton koolstof. Voor ZOZ liggen de marginale kosten voor pakket 1 op €1.704, mede omdat de koolstofvastlegging gering is. Voor pakket 2 liggen de marginale kosten voor variant 1 op €527 en voor variant 2 op €1.868. In ZOZ liggen de marginale kosten van pakket 1 ongeveer gelijk met de kosten van pakket 2 variant 2. De marginale kosten van pakket 2 variant 1 liggen relatief laag. De relatief lage marginale kosten van pakket 2 variant 1 in ZOZ worden veroorzaakt door de lage kosten van de maatregelen.

Regio	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
ZOZ	€ 1.704	€ 527	€ 1.868

Tabel 0.16. Marginale kosten voor een ton koolstof in euro's per pakket, in ZOZ.

3.3.6 ZWZ

In Tabel 0.17 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Zuidwestelijke Zeeklei (ZWZ). Hieruit komt naar voren dat het referentiebouwplan gemiddeld een saldo per hectare oplevert van €2.161. Het saldo voor pakket 1 levert een saldo op van €1.949. Voor pakket 2 liggen de saldo's voor variant 1 en variant 2 op respectievelijk €1.728 en €1.736. Het lagere saldo in pakket 1 is te verklaren doordat de kosten van de groenbemester toenemen en een gedeelte van de bruto-opbrengst wordt gemist door het inwerken van gewasresten. Ook in pakket 2 liggen de saldo's om deze redenen lager, daarnaast maken de hoogste salderende gewassen consumptieaardappel, zaai-ui en suikerbiet deels plaats voor lager salderende gewassen.

Regio	Referentie	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
ZWZ	€ 2.161	€ 1.949	€ 1.728	€ 1.736

Tabel 0.17. Bouwplansaldo in euro per hectare per jaar in de Zuidwestelijke Zeeklei

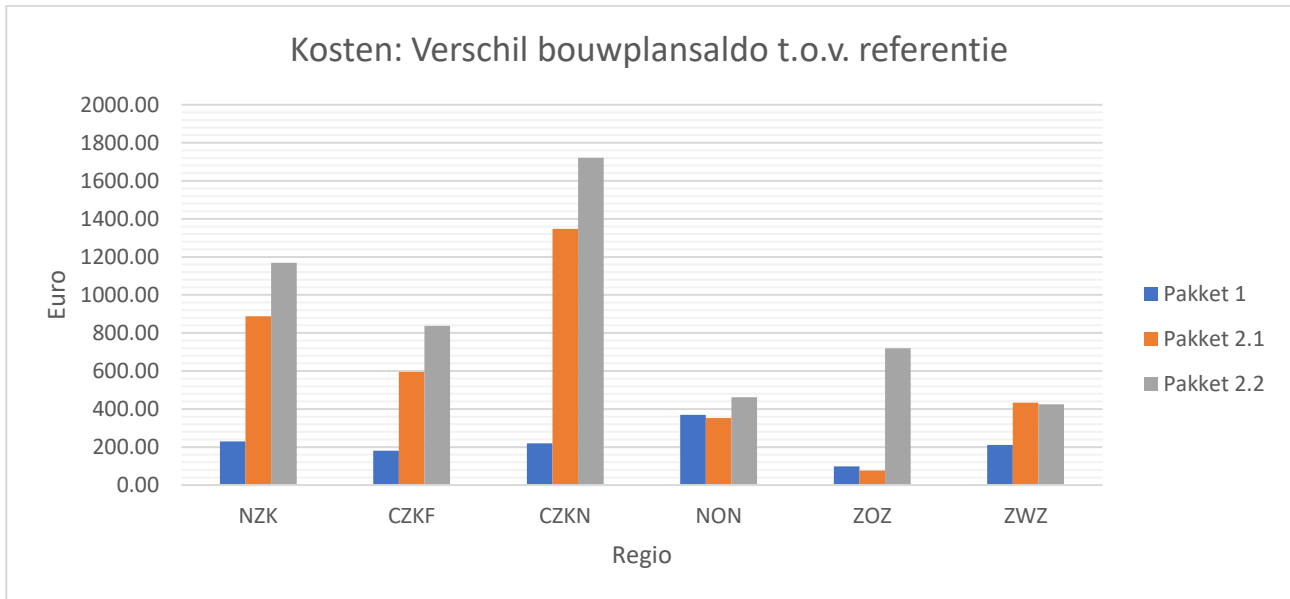
In Tabel 0.18 zijn de resultaten weergegeven van de marginale kosten voor de verschillende pakketten in euro per kg ton koolstof. Voor ZWZ liggen de marginale kosten voor pakket 1 op €1.487. Voor pakket 2 liggen de marginale kosten voor variant 1 op €2.039 en voor variant 2 op €1.352. In ZWZ liggen de marginale kosten van pakket 1 ongeveer gelijk met de kosten van pakket 2 variant 2. De marginale kosten van pakket 2 variant 1 liggen relatief hoog.

Regio	Pakket 1	Pakket 2.1	Pakket 2.2
ZWZ	€ 1.487	€ 2.039	€ 1.352

Tabel 0.18. Marginale kosten voor een ton koolstof in euro's per pakket, in ZWZ.

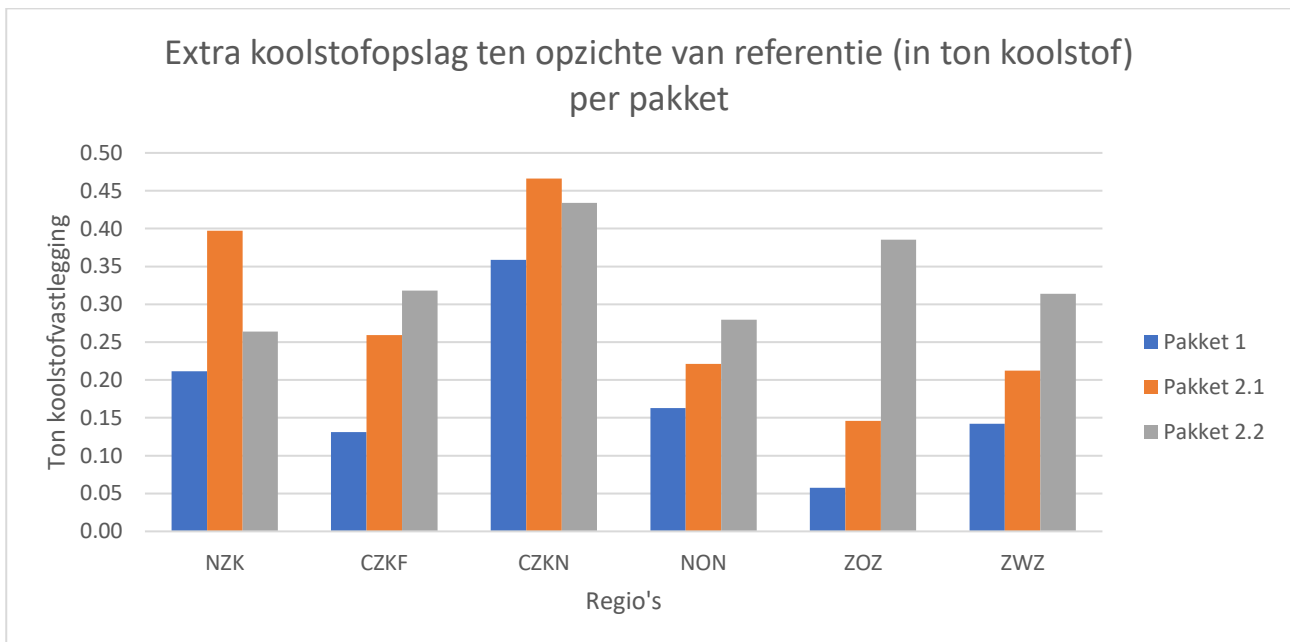
3.3.7 Overzicht

De hoogte van de marginale kosten hangt af van het bouwplansaldo en van de koolstofopslag per pakket. In Figuur 4 zijn de verschillen van de bouwplansaldo's met het referentiescenario per pakket per regio uiteengezet. In alle regio's liggen de kosten van pakket 1 het laagst (op NON en ZOZ na) en die van pakket 2.2 het hoogst (m.u.v. ZWZ).



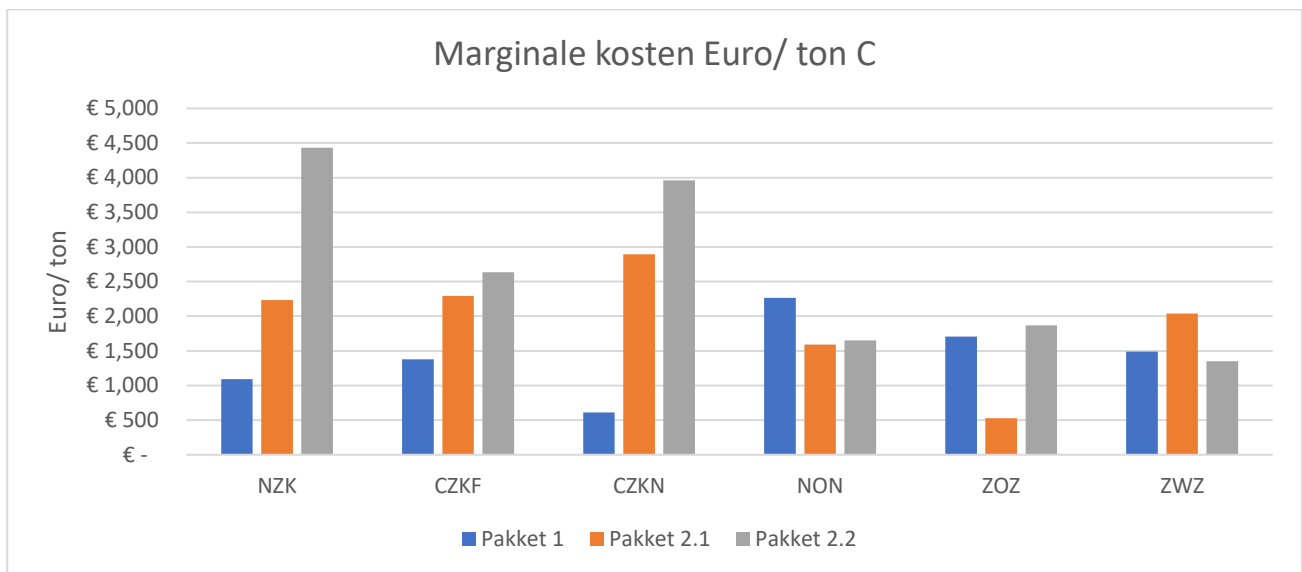
Figuur 4. Overzicht met de kostenverschillen per pakket per regio ten opzichte van het referentiescenario, in euro per hectare per jaar.

In Figuur 5 hieronder is te zien hoeveel ton koolstof er per pakket extra wordt opgeslagen ten opzichte van de referentie.. Voor alle regio's op NZK en CZKN na, wordt er het meest koolstof opgeslagen middels pakket 2.2, gevolgd door 2.1 en geldt voor alle regio's dat het minste koolstof wordt opgeslagen middels pakket 1.



Figuur 5. Koolstofopslag in ton koolstof per hectare per pakket per regio ten opzichte van het referentiescenario.

Figuren 4 en 5 geven inzicht in de verdeling van de marginale kosten, welke weergegeven zijn in Figuur 6. Te zien is dat pakket 2.1 in ZOZ relatief laag scoort, evenals pakket 1 in CZKN. Dat zijn de goedkoopste pakketten om koolstof vast te leggen. Verder valt op dat de marginale kosten in de kleiregio's toenemen per pakket waar pakket 1 de laagste marginale kosten heeft en pakket 2.2 de hoogste.



Figuur 6. Marginale kosten voor een ton extra koolstofvastlegging per jaar, per regio per pakket.

In de regio's NON en ZOZ liggen de marginale kosten van pakket 2.1 het laagst. In de resterende regio's: NZK, CZKF, CZKN genereert pakket 1 de laagste marginale kosten.

4 Toepasbaarheid en meekoppel-effecten

Aanvullend op de kosten en baten zijn door WEcR de resultaten van het project 'No regret', ook onderdeel van het Slim landgebruik-programma (Van der Kolk et al., 2021), vertaald naar deze maatregelpakketten. De aanpak en resultaten zijn hieronder te vinden. Een gedetailleerdere uitwerking is te vinden in de bijlagen van dit rapport.

4.1 Aanpak

Op deze maatregelen is de 'No regret-methodiek' toegepast (Van der Kolk et al., 2021), dat wil zeggen dat de gekozen maatregelen zijn beoordeeld op alle relevante aspecten volgens de volgende methodiek:

- Eerste beoordeling van de maatregelen met gedefinieerde indicatoren;
- Toetsing hiervan door experts;
- Op basis hiervan is de beoordeling definitief gemaakt.

De geformuleerde indicatoren zijn te verdelen in drie categorieën:

- Toepasbaarheid in de bedrijfsvoering inclusief een overall beoordeling van de mate van acceptatie door boeren;
- Meekoppel-effecten, specifiek lachgasemissies en (in het geval van veehouderij) methaanemissies;
- Effectiviteit, zekerheid en areaal; deze zijn in dit onderzoek niet meegenomen.

Een nadere onderverdeling is beschreven in Van der Kolk et al. (2021) inclusief een beschrijving van de betreffende indicatoren en de scoremethodiek. Onder de tabel staat een legenda voor de scores voor de volgende indicatoren:

- Inpassing huidig bouwplan: hoe gemakkelijk is het om de maatregelen in te passen in het huidige bouwplan?
- Machines, materieel, gebouwen: vragen de maatregelen extra investeringen in machines, materieel of gebouwen? Of kan deze relatief eenvoudig met inzet van de loonwerker worden uitgevoerd?
- Arbeid: vragen de maatregelen extra arbeid van de boer of van anderen?
- Scholing/kennis: is scholing of meer kennis nodig om de maatregelen te kunnen begrijpen en toepassen?
- Teeltschade (onkruid/ aaltjes): neemt de (kans op) teeltschade toe bij deze maatregelen?
- Conflict met een andere regulering: wordt de toepassing van maatregelen belemmerd omdat er een conflict met andere regels optreedt?
- Afzet producten: wordt de afzet van de producten van een perceel bemoeilijkt of is bijvoorbeeld een hogere verkoopprijs te verwachten?
- Weerbaarheid klimaat: dragen de maatregelen bij aan de weerbaarheid van de betreffende percelen?
- Diversificatie: wordt het bouwplan diverser door de benoemde maatregelen?
- Gewassaldo (euro/ha)
 - Korte termijn: gaat het gewassaldo op korte termijn naar beneden, bijvoorbeeld door lagere opbrengsten of hogere kosten, of juist omhoog?
 - Lange termijn: treden er op lange termijn effecten op die het gewassaldo beïnvloeden, bijvoorbeeld een hogere gewasopbrengst als gevolg van een betere bodemstructuur?
- Monitorbaarheid : hoe goed zijn de maatregelen in beeld te brengen ten behoeve van de borging richting maatschappij en betalers van koolstofmaatregelen?
- Acceptatie Nederlandse boeren: Zijn de maatregelen voor Nederlandse boeren acceptabel, mede op grond van de hierboven genoemde indicatoren en overwegingen
- Lachgasemissie: welk effect hebben de maatregelen op emissie van lachgas?
- Methaanemissie: welk effect hebben de maatregelen op emissie van methaan?

Wat betreft de laatste twee indicatoren, koolstofvastlegging kan gepaard gaan met extra emissies van lachgas en/of methaan. Als dat het geval is, neemt de broeikasgasemissie toe, in verhouding zelfs sterker dan de afname van de emissie door een verlaagde CO₂-emissie. Lachgas en methaan hebben namelijk per kg een hogere bijdrage aan de opwarming van de aarde, te weten 265 respectievelijk 84. Het is dus belangrijk om na te gaan of de geselecteerde maatregelen niet per saldo extra broeikasgasemissies opleveren in plaats van minder. Maar ook als het netto effect nog steeds een afname van de emissie is, dan zal er voorkeur zijn om maatregelen te kiezen met per saldo het meest gunstige effect. Omdat hier een kwalitatieve benadering is gekozen, kan dit oordeel slechts ten dele worden gebaseerd op de scores in Tabel 0.19 waarin bovendien de effectiviteit van de pakketten op de CO₂-vastlegging ontbreekt.

4.2 Resultaten

In Tabel 0.19 staan alle doorgerekende pakketten voor de akkerbouw en de melkveehouderij met hun kwalitatieve scores. In de tabellen in de bijlage is een korte toelichting te vinden. Op hoofdlijnen zijn er een aantal punten te noemen.

Bij de akkerbouwpakketten valt op dat het maximaal toepassen van groenbemesting en het achterlaten van gewasresten als stro relatief eenvoudig is en weinig effect heeft op het saldo op korte termijn. Uiteraard zijn er wel per gebied/bouwplan verschillen in welke mate deze maatregelen al toegepast worden of nog kunnen worden toegepast. 'Kunnen' heeft in dit geval te maken met de gewassen in het bouwplan en de grondsoort. Gewassen die op of na 1 oktober het veld ruimen, geven nauwelijks ruimte om tot een geslaagde groenbemester te komen. Daar waar relatief veel wintergranen worden geteeld, is er wel veel ruimte om na die gewassen stro te hakselen en een groenbemester te telen, maar niet vóór die teelten. Wintergranen worden namelijk al vrij snel na het vorige gewas gezaaid (oktober – december), zodat een groenbemester tussen twee hoofdgewassen in dat geval niet zinvol is. Naar verwachting zal dan ook de acceptatie door Nederlandse boeren vrij groot zijn. In bouwplannen met veel graan (met name in NZK en ZWK), dus met relatief lage gemiddelde saldi per ha, worden de opbrengsten dikwijls aangevuld met de verkoop van stro. Daar zal het hakselen van stro minder populair zijn en zal men op de eigen maaidorser een hakselaar moeten monteren. Dat brengt dus een investering met zich mee. Het kiezen van een goede groenbemester vraagt wel wat aandacht en daarvoor zal men zich moeten verdiepen in de interactie tussen mogelijke groenbemers en bijvoorbeeld mogelijk aanwezige aaltjespopulaties. Er is dus wel extra kennis nodig, ook over de bemesting van een groenbemester en het beste moment en een geschikte werkwijze voor het beëindigen en onderwerken van de groenbemester.

De situatie wat betreft brede acceptatie wordt anders als een (meestal hoogsalderend) rooigewas wordt vervangen door een (meestal minder salderend) maaigewas. Dat geeft een saldooverlies, wat niet aantrekkelijk is voor de akkerbouwer. Stijgende prijzen van maaigewassen kan dat beeld uiteraard veranderen. Mogelijk wordt het negatieve effect op het (gemiddelde) saldo op langere termijn geheel of gedeeltelijk gecompenseerd door verbetering van het bodemleven en daardoor van het opbrengend vermogen van de grond. De vraag is evenwel of een verbeterd saldo van de resterende gewassen opweegt tegen het algehele saldooverlies als gevolg van een minder intensief bouwplan. In deze kwalitatieve beoordeling gaan we er alsnog van uit, dat dit in de meeste pakketten niet het geval zal zijn, maar dit hangt ook af van de Ausgangssituatie. Als die erg slecht is in de zin van een zeer laag organisch stofgehalte en een slecht functionerend bodemleven, dan zou een lichte extensivering van het bouwplan mogelijk al tot grote opbrengsteffecten op middellange termijn kunnen leiden. In een dergelijke situatie is de vraag relevant waarom de betreffende akkerbouwer dit al niet uit zichzelf gedaan heeft.

Een overgang naar minder intensieve bouwplannen, dus met minder rooigewassen, heeft in zekere zin ook voordelen. Er is minder arbeid en opslagruimte nodig en machines worden minder intensief gebruikt.

Alle beoordeelde pakketten passen heel goed bij het GLB en conflicteren dus niet met andere regulering. Ze dragen ook allemaal in min of meerdere mate bij aan biodiversiteit, zowel de ondergrondse als de bovengrondse. In alle gevallen blijft de bodemvruchtbaarheid op peil of verbetert deze. Door een verhoogd organische stofgehalte mag ook verwacht worden dat zowel het watervasthoudend als het waterbergend vermogen van de grond toeneemt, zodat ook droge en natte perioden beter opgevangen kunnen worden (weerbaarheid klimaat). In intensieve bouwplannen leidt een extra graangewas tot diversificatie in gewassen en landschap. In bouwplannen met al redelijk wat graan leidt een extra graangewas juist tot minder diversificatie, zeker als een gewas als tulp (CZKN pakket 2.2) of liele (ZOZ pakket 2.1) er uit valt.

De afzet van producten zal bij toepassing van de pakketten niet onmiddellijk veranderen. Maar als op grote schaal extensivering optreedt die zich uit in kleinere arealen poot-, consumptie- en zetmeelaardappelen, dan kan dat er toe leiden dat de prijzen van deze producten gaan stijgen maar ook dat er areaal naar het buitenland verdwijnt of dat op een andere wijze de aardappelverwerkende industrie of de aardappelhandelshuizen in problemen komen. Een toename van de graanteelt in Nederland zal de wereldmarktprijs niet beïnvloeden, omdat het graanareaal en de graanproductie op Europees en zeker op mondiaal niveau verwaarloosbaar zijn. Een uitzondering vormt mogelijk de teelt van brouwerst, waarvoor de markt veel kleiner is. Dit gewas ontspringt daarmee de dans van de 'commodities'. Gehakseld stro immobiliseert stikstof, waardoor de lachgasemissie afneemt. Bij extensivering neemt ook de gemiddelde N-gift af, waardoor eveneens de lachgasemissie afneemt. Als in plaats van extra graan juist extra gras-klover wordt geteeld, dan neemt de lachgasemissie juist toe (NZK-pakket 2.2).

Bij de veehouderijpakketten valt op, dat de pakketten op vrijwel alle thema's neutraal of een plusje scoren, maar dat de acceptatie door boeren toch niet positief is. Melkveehouders op zand vinden het minder frequent mogen herinzaaien een risico, terwijl melkveehouders op klei graag het aandeel maïs in het rantsoen op peil willen houden. Methaanemissie heeft vooral met voederrantsoenen te maken. Daarover is nog veel onduidelijk. Het ziet er wel naar uit dat een rantsoen met minder maïs en meer gras tot meer methaanemissie zal leiden, omdat maïs beter verteerbaar is dan gras (zie het melkveepakket voor kleigrond). De eerste indruk van kruidenrijk grasland is dat dat meer vezel bevat

dan conventioneel grasland en lastiger te verteren zou zijn. Sommige kruiden zoals weegbree zijn daarentegen beter verteerbaar dan gras (J.P. Lesschen, Wageningen Environmental Research, pers. med., 7 december 2021). Per saldo resteert dan voor methaan een min voor het pakket op zand en twee minnen voor klei.

Sector/pakket	Inpassing bouwplan	Machines, mate- rieel, gebouwen	Arbeid	Scholing/ kennis	Bodemvrucht- baarheid	Teeltschade (onkruid/ aaltjes)	Conflict andere regulering
Akkerbouw							
NZK - pakket 1	0	0	0	-	0	+	++
NZK - pakket 2.1	-	0	+	-	+	+	++
NZK - pakket 2.2	--	++	++	-	++	+	++
CZKF - pakket 1	0	0	+	-	0	-	++
CZKF - pakket 2.1	-	+	+	-	+	+	++
CZKF - pakket 2.2	--	++	++	-	++	++	++
CZKN - pakket 1	0	0	+	-	0	-	++
CZKN - pakket 2.1	-	+	+	-	+	+	++
CZKN - pakket 2.2	--	++	++	-	++	++	++
NON - pakket 1	0	0	+	-	0	-	++
NON - pakket 2.1	-	++	+	-	+	0	++
NON - pakket 2.2	--	++	++	-	++	++	++
ZOZ - pakket 1	0	0	+	-	0	-	++
ZOZ - pakket 2.1	-	-	-	-	+	+	++
ZOZ - pakket 2.2	--	+	+	-	+	+	++
ZWK - pakket 1	0	-	+	-	0	-	++
ZWK - pakket 2.1	-	+	+	-	+	+	++
ZWK - pakket 2.2	--	++	++	-	++	++	++
Veehouderij							
Zand - pakket 1	0	0	0	0	+	0	++
Klei - pakket 1	0	+	0	0	+	0	++
Legenda: mate van toepasbaarheid, per item							
++	Erg makkelijk	Veel minder kosten	Veel minder arbeid nodig	Veel minder kennis nodig	Neemt sterk toe	Neemt sterk af	Sluit heel goed aan
+	Vrij makkelijk	Minder kosten	Minder arbeid nodig	Minder kennis nodig	Neemt licht toe	Neemt af	Sluit goed aan
0	Weinig / geen verschil huidig						
-	Vrij moeilijk	Meer kosten	Meer arbeid nodig	Meer kennis nodig	Neemt licht af	Neemt toe	Sluit slecht aan
--	Erg moeilijk	Veel meer kosten	Veel meer arbeid nodig	Veel meer kennis nodig	Neemt sterk af	Neemt sterk toe	Sluit zeer slecht aan

Sector/pakket	Afzet producten	Weerbaarheid klimaat	Diversificatie	Gewassaldo (euro/ha)		Monitorbaarheid	Acceptatie boeren*	NL'se	Biodiver-siteit	Lachgas-emissie
				Korte termijn	Lange termijn					
Akkerbouw										
NZK - pakket 1	0	+	+	-	0	-	+	+	0	
NZK - pakket 2.1	0	+	++	-	-	-	-	+	+	
NZK - pakket 2.2	0	++	++	--	--	-	--	++	-	
CZKF - pakket 1	0	+	+	-	0	-	+	+	0	
CZKF - pakket 2.1	0	+	+	-	-	-	-	+	+	
CZKF - pakket 2.2	0	+	-	--	-	-	--	++	++	
CZKN - pakket 1	0	+	+	-	-	-	+	+	0	
CZKN - pakket 2.1	0	+	+	-	-	-	-	+	+	
CZKN - pakket 2.2	0	+	-	--	--	-	--	++	++	
NON - pakket 1	0	+	+	-	0	-	+	+	0	
NON - pakket 2.1	0	+	++	-	-	-	-	++	0	
NON - pakket 2.2	0	+	++	--	--	-	--	+	+	
ZOZ - pakket 1	0	+	+	-	0	-	+	+	0	
ZOZ - pakket 2.1	0	+	0	0	--	-	-	+	+	
ZOZ - pakket 2.2	0	+	++	-	--	-	--	+	++	
ZWK - pakket 1	0	+	+	-	-	-	+	+	0	
ZWK - pakket 2.1	0	+	++	-	-	-	-	+	+	
ZWK - pakket 2.2	-	++	++	--	-	-	--	++	++	
Veehouderij										
Zand - pakket 1	+	+	+	0	0	0	-	+	++	
Klei - pakket 1	+	+	+	0	0	0	-	+	+	
Legenda: mate van toepasbaarheid, per item										
++	Wordt sterk verbeterd	Neemt sterk toe	Neemt sterk toe	Wordt sterk verbeterd	Wordt sterk verbeterd	Wordt sterk verbeterd	Wordt sterk verbeterd	Wordt sterk verbeterd	Neemt sterk af	
+	Wordt licht verbeterd	Neemt licht toe	Neemt licht toe	Wordt licht verbeterd	Wordt licht verbeterd	Wordt licht verbeterd	Wordt licht verbeterd	Wordt licht verbeterd	Neemt af	
0	Weinig / geen verschil huidig									
-	Verslechtert licht	Neemt licht af	Neemt licht af	Verslechtert licht	Verslechtert licht	Verslechtert licht	Verslechtert licht	Verslechtert licht	Neemt toe	
--	Verslechtert	Neemt sterk af	Neemt	Verslechtert sterk	Verslechtert sterk	Verslechtert	Verslechtert sterk	Verslechtert	Neemt sterk toe	

5 Algemene conclusies

Voor zowel de gewasteelten in de melkveehouderij als in de akkerbouw is gekeken naar kosten van maatregelpakketten om koolstof vast te leggen.

Voor de melkveehouderij is één pakket gericht op zandgrond en één op klei.

Het pakket op zandgrond bestaat uit het verhogen van de leeftijd van het grasland, inclusief het invoegen van een deel productief kruidenrijk grasland. Daaruit komt naar voren dat het pakket per saldo beperkte hogere kosten met zich meebrengt ten opzichte van de referentie: €8 per hectare per jaar. Om de productie van melk gelijk te houden, wijzigen de bronnen van het veevoer, en daarmee de aankoop versus de eigen productie. In dit pakket leiden een lagere grasproductie, in combinatie met meer aankoop van mais tot hogere ruwvoerkosten. Dit is de belangrijkste reden dat het resultaat van deze combinatie negatief is. Lagere kosten voor krachtvoer aankoop, minder zaaizaad, minder kunstmest en minder loonwerk en lagere kosten voor mestafvoer zorgen ervoor dat de extra kosten voor ruwvoer voor een groot deel worden gecompenseerd. Wanneer in de toekomst de prijs voor ruwvoer zou gaan stijgen, zal wordt het negatieve effect van de combinatie van maatregelen groter zijn dan € 8/ha. Wanneer daarentegen de prijzen voor kunstmest, loonwerk, zaaizaad, krachtvoer en/of mestafvoer zouden stijgen, dan is het nadeel kleiner dan € 8/ha en zou mogelijk ook nog een voordeel kunnen worden.. De verwachting is dat dit pakket meer koolstof vast zal leggen dan in de referentie gebeurt. Dat komt met name door het verhogen van de leeftijd van het grasland. Het effect van het kruidenrijke grasland is nog onbekend.

Het pakket op klei is gericht op het deel waar mais geteeld wordt (15% van het areaal), omdat het deel waar grasland geteeld wordt al redelijk optimaal is. In het pakket wordt er op deze 15% wisselteelt van 3 jaar mais en vervolgens 3 jaar productief kruidenrijk gras toegepast, inclusief een vanggewas na mais. Het toepassen hiervan resulteert in een daling van €35 van het saldo per hectare per jaar op bedrijfsniveau. Dat komt grotendeels door een toename van de krachtvoer en ruwvoer aankoop, om zo de melkproductie op peil te houden. Kunstmest wordt juist bespaard, wat tot een kostenvermindering leidt. De verwachting is dat met dit pakket op de 15% van het areaal een hogere koolstofvastlegging gerealiseerd kan worden. Dat komt doordat er van continue teelt mais wordt overgegaan naar een wisselteelt met gras en vanggewassen na mais.

Uit de bouwplansaldo analyse in de akkerbouw van de verschillende regio's komt naar voren dat het referentiebouwplan een hoger saldo geeft in alle regio's dan de maatregelpakketten.

Pakket 1 met groenbemesteroptimalisatie en maximaal gewasresten achterlaten en inwerken levert daarna het hoogste bouwplansaldo op. Er is getracht om veel groenbemesters toe te passen in de referentiebouwplannen. Het is wel de vraag of de groenbemesters tot volledige wasdom kunnen komen, na bijvoorbeeld een aardappelteelt. Hier zijn we daar wel vanuit gegaan. Pakket 2, met de twee varianten van bouwplanverruiming, groenbemester optimalisatie en maximaal gewasresten achterlaten en inwerken levert in de meeste regio's het laagste bouwplansaldo op. Hieruit valt af te leiden dat groenbemesteroptimalisatie en maximaal gewasresten achterlaten goedkopere maatregelen zijn dan die van bouwplanverruiming in combinatie met groenbemesteroptimalisatie. In dit onderzoek is er geen rekening mee gehouden dat een extensiever bouwplan mogelijk in de toekomst bijdraagt aan hogere of stabielere opbrengsten. Subsidies vanuit ANLB of GLB zijn ook niet meegenomen. In pakket 2 wordt meer koolstof vastgelegd dan in pakket 1. De marginale kosten per ton extra koolstofvastlegging zijn echter vaak hoger voor pakket 2, omdat de kosten stukken hoger zijn ten opzichte van de referentie en het pakket 1. Dat geldt met name voor de regio's met kleigronden, omdat in die variant bouwplannen hoogsalderende gewassen grotendeels ingewisseld worden door lager salderende graangewassen.

Voor alle pakketten is de toepasbaarheid ingeschat en zijn ook meekoppel-effecten benoemd. Voor akkerbouw komt naar voren dat pakket 1 redelijk eenvoudig toe te passen is, de kosten beperkt zijn en daarmee eerder geaccepteerd kan worden door de boer. Pakket 2 is vergaander, en leidt daarmee tot positieve effecten op bijvoorbeeld biodiversiteit en bodemvruchtbaarheid, maar kost meer en is lastiger in te passen in de huidige praktijk... Voor de melkveehouderij pakketten komt naar voren dat de bodemvruchtbaarheid iets kan toenemen, de lachgas emissie lager wordt en dat de kosten, ook op lange termijn, beperkt zijn. Toch is de acceptatie door boeren niet positief, omdat minder vaak herinzaai om nauwkeurig graslandbeheer vraagt, en boeren op zandgrond graag mais blijven telen om het rantsoen aan te vullen.

De samenwerking tussen akkerbouw en veehouderij is hier niet bekeken. Wellicht zijn er door het uitruilen van grond en daarmee gewassen ook winsten te halen in termen van koolstofvastlegging.

References

- Alem, van G.A.A. en A.T.J. van Scheppingen, 1993. The development of a farm budgeting program for dairy farm. Proceedings XXV CIOSTA-CIGR v congress, P. 326-331. PR Lelystad.
- Hoogmoed, M., Janmaat, L., Verstand, D., Bijker, B., Schurer, B.L.M., Timmermans, B.G.H., Heesmans, H. I.M., Specken, J., Westerhof, H., Michielsen, C., Colombijn-van der Wende, K., en Koopmans, C. *Bodem & Klimaat Netwerk Akkerbouw - Voortgangsrapportage maart 2021*. Louis Bolk Instituut, Wageningen University & Research, SPNA, ZLTO.
- Janmaat, Leen en Chris Koopmans 2020. Met bijdragen van Hanneke Heesmans, Johan Specken, Daan Verstand Mieke van Opheusden, Bart Timmermans, Dennis Heupink, Henk Westerhof en Karola Colombijn-van der Wende. *Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw, voortgangsrapport 2020*. Louis Bolk Instituut, Wageningen University & Research, SPNA, ZLTO.
- Jansen, Pedro, Jan-Paul Wagenaar, Nick van Eekeren & Henk Antonissen, 2020. Productief kruidenrijk grasland biedt kansen. Artikel Ekoland april 2020.
- KWIN-Veehouderij, 2020-2021. Wageningen University and Research.
- Lesschen 2021. CO₂Bodem, tussenresultaten Slim Landgebruik.
- J.P. Lesschen, Wageningen Environmental Research, pers. med., 7 december 2021
- Timmerman, M., Plomp, M., en de Haan, M.H.A. 2019. Mineralenprestaties van de melkveehouderij in Noord-Nederland. Rapport 1173. Wageningen Livestock Research. Wageningen.
- Timmermans, B., van der Burgt, G., Cruijisen, J., Hendriks, C., Wagenaar, j.p., Koopmans, C. in preparation. Effecten van gestapelde maatregelen in praktijkrelevante pakketten per regio. Louis Bolk Instituut
- Kolk, van der, J, H. Agricola, E. te Pas, Th. Slier, B. Smit en S. Staps, 2021. No Regret maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale landbouwbodems; Een verkennende studie. Wageningen Environmental Research, Wageningen, april 2021.
- Koopmans, C.J., B.G.H. Timmermans, M. Hoogmoed, D. Heupink, J.J.P. Cruijisen, J. De Haan, I. Selin Norén, T. Slier en J.P. Wagenaar (2021). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023. Voortgangsrapportage juni 2021.
- Schils, R.L.M., de Haan, M.H.A., Hemmer, J.G.A., van den Pol-van Dasselaar, A., de Boer, J.A., Evers, A.G., Holshof, G., van Middelkoop, J.C., & Zom, R.L.G. 2007. Dairy Wise, a whole farm model. Artikel in Journal of Dairy Science.
- van der Voort, M. (2018). KWIN AGV. Wageningen University and Research.
- Veeteelt 2020. *Bouwplan 60-20-20 past in alle opzichten het beste*. Geraadpleegd via: <https://veeteelt.nl/nieuws/bouwplan-60-20-20-past-alle-opzichten-het-beste>

Bijlagen

Verdere onderbouwing van scores neveneffecten gepresenteerd in Tabel 0.19.

Sector/pakket	Inpassing huidige bouwplan	Machines, materieel, gebouwen	Arbeid	Scholing/kennis	Bodemvruchtbaarheid	Teeltschade (onkruid/aaltjes)	Conflict andere regulering
Akkerbouw							
NZK - pakket 1	Bouwplan wijzigt niet	Bij eigen maaidorser hakselaar aanschaffen	Meer arbeid voor groenbemesters, minder voor stro	Kennis van juiste keuze groenbemester + teelt + beëindigen	Enerzijds N geven om groenbemester te stimuleren, anderzijds spoelt minder N uit, per saldo gunstig	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, groenbemester om aaltjes te bestrijden	Sluit aan bij vergroening GLB en goed bodembeheer
NZK - pakket 2.1	Van 1:3 naar 1:4 voor pa en sb	Hakselaar aanschaffen	Extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt minder nutriënten, gemiddeld wordt minder onttrokken	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappel- en bietenaaltjes	Idem
NZK - pakket 2.2	Van 1:3 naar 1:5 voor pa en sb	Idem	Nog extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Kennis grasklaverteelt nodig	Bouwplan vraagt minder nutriënten, legt zelfs nutriënten vast.	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappel- en bietenaaltjes; wel kans op klaverproblemen	Sluit aan bij vergroening GLB en goed bodembeheer, inclusief meer vlinderbloemigen
CZKF - pakket 1	Bouwplan wijzigt niet, groenbemester na ca moeilijk.	Loonwerker zet hakselaar aan op maaidorser	Meer arbeid voor groenbemesters, minder voor stro	Kennis van juiste keuze groenbemester + teelt + einde	Enerzijds N geven om groenbemester te stimuleren, anderzijds spoelt minder N uit, per saldo gunstig	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro	Sluit aan bij vergroening GLB en goed bodembeheer

CZKF - pakket 2.1	Van 1:4 naar 1:5 CA en SB	Hakselaar aanzetten	Extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappel- en bietenaaltjes	Idem
CZKF - pakket 2.2	Van 1:4 naar 1:6 CA en SB	Hakselaar aanzetten, nog minder opslag nodig	Nog extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt nog minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappel- en bietenaaltjes	Idem
CZKN - pakket 1	Bouwplan wijzigt niet	Loonwerker zet hakselaar aan op maaidorser	Meer arbeid voor groenbemesters, minder voor stro	Kennis van juiste keuze groenbemester + teelt + einde	Enerzijds N geven om groenbemester te stimuleren, anderzijds spoelt minder N uit, per saldo gunstig	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro	Sluit aan bij vergroening GLB en goed bodembeheer
CZKN - pakket 2.1	Halvering PA-areaal	Hakselaar aanzetten	Extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappelaaltjes	Idem
CZKN - pakket 2.2	Halvering PA-areaal + verdwijnen tulpenteelt	Hakselaar aanzetten	Nog extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt nog minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappelaaltjes en tulpproblemen	Idem

NON - pakket 1	Bouwplan wijzigt niet	Loonwerker zet hakselaar aan op maaidorser	Meer arbeid voor groenbesters, minder	Kennis van juiste keuze groenbemester + teelt + einde	Enerzijds N geven om groenbemester te stimuleren, anderzijds spoelt minder N uit, per	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro	Sluit aan bij vergroening GLB en goed bodembeheer
NON - pakket 2.1	Van 1:2 naar 1:3 ZA	Hakselaar aanzetten, minder opslag nodig	Extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappelaaltjes, eventueel meer vrijlevende aaltjes	Idem
NON - pakket 2.2	Van 1:2 naar 1:3 ZA en halvering SB	Hakselaar aanzetten, minder opslag nodig	Nog extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt nog minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappel- en bietenaaltjes	Idem
ZOZ - pakket 1	Bouwplan wijzigt niet	Loonwerker zet hakselaar aan op maaidorser	Meer arbeid voor groenbesters, minder voor stro	Kennis van juiste keuze groenbemester + teelt + einde	Enerzijds N geven om groenbemester te stimuleren, anderzijds spoelt minder N uit, per saldo gunstig	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro	Sluit aan bij vergroening GLB en goed bodembeheer
ZOZ - pakket 2.1	Lelieteeelt (verhuur) verdwijnt, meer aardappelteelt, vervanging zg door gras	Hakselaar aanzetten, meer opslag nodig door groter areaal aardappelen	Lelieteeelt door derden vervangen door meer aardappelteelt, dus meer arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op lelie-aaltjes, meer kans op emelten in ca na gras	Idem

ZOZ - pakket 2.2	Snijmaïs en gras gaan er uit. Iedere twee jaar zg, sb zijn verdwenen	Hakselaar aanzetten, minder opslag nodig	Lelieteeft weer terug, wordt door derden gedaan, meer gerst	Idem	Bouwplan vraagt minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro; bouwplan met 1:8 lelie mogelijk niet haalbaar	Idem
ZWK - pakket 1	Bouwplan wijzigt niet	Bij eigen maaidorser hakselaar aanschaffen	Meer arbeid voor groenbemesters, minder voor stro	Kennis van juiste keuze groenbemester + teelt + einde	Enerzijds N geven om groenbemester te stimuleren, anderzijds spoelt minder N uit, per saldo gunstig	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro	Sluit aan bij vergroening GLB en goed bodembeheer
ZWK - pakket 2.1	Van 1:5 naar 1:6 CA, SB en UI, iedere twee jaar WT	Hakselaar aanschaffen	Extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Idem	Bouwplan vraagt minder nutriënten	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappel- en bietenlaaltjes, mede ook door groenbemesters	Idem
ZWK - pakket 2.2	Van 1:5 naar 1:7 CA, SB en UI	Idem	Nog extensiever bouwplan, dus minder arbeid nodig	Kennis graszaadteelt nodig	Bouwplan vraagt minder nutriënten, legt zelfs nutriënten vast.	Mogelijk meer slakkenvraat bij achterlaten stro, maar ook lagere kans op aardappel- en bietenlaaltjes	Sluit aan bij vergroening GLB en goed bodembeheer, inclusief meer vlinderbloemigen
Veehouderij							
Zand - pakket 1	Bouwplan wijzigt niet	Grondwerk en herinzaai door loonwerker	Grondwerk en herinzaai door loonwerker	Kennis over kruidenrijk grasland opdoen en ook over beter graslandmanagement	Minder verlies aan bodemvruchtbaarheid door minder vaak scheuren	Geen effect verwacht	Sluit aan bij klimaatdoelstelling en GLB en goed bodembeheer

Klei - pakket 1	Bouwplan wijzigt, met invloed op rantsoen	Grondwerk door loonwerker, wel groter areaal maaien	Grondwerk door loonwerker	Kennis over kruidenrijk grasland opdoen en ook over groenbemester in maïs	Kruidenrijk grasland in rotatie met maïs put grond minder uit dan maïs in continueelt	Geen effect verwacht	Sluit aan bij klimaatdoelstelling en GLB en goed bodembeheer
-----------------	---	---	---------------------------	---	---	----------------------	--

Sector/pakket	Afzet producten	Weerbaarheid klimaat	Diversificatie	Gewassaldo (euro/ha)		Monitorbaarheid	Acceptatie NL'se boeren*	Biodiversiteit	Lachgasemissie
				Korte termijn	Lange termijn				
Akkerbouw				Korte termijn	Lange termijn				
NZK - pakket 1	Geen effect	Legt (meer) koolstof vast, minder last van wateroverlast of droogte	Meer variatie in de winter	Geen stroverkoop, kosten groenbemest erzaad + zaaien en vernietigen, extra N	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst	Groenbemer via satelliet, stro achterlaten lastiger	Niet moeilijk, kost wel wat inkomsten uit stroverkoop	Meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Het gehakselde stro zal stikstof immobiliseren in de bodem en dat zal tot iets minder lachgas leiden
NZK - pakket 2.1	Idem	Idem	Meer variatie in de zomer en de winter	Extensiever bouwplan heeft lager saldo	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, extensivering geeft extra effect, maar saldodaling groter	Bouwplan via GDI, groenbemer via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldoverlaging remt af, triggert schaalvergroting, machines en bewaring zijn aanwezig.	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem; daarnaast wordt er minder stikstof toegediend en zijn de gewasresten minder stikstofrijk.
NZK - pakket 2.2	Als dit pakket breed wordt ingezet, dan markteffect: hogere prijs voor pa (of teelt verschuift naar buitenland)	Legt (meer) koolstof vast en vraagt minder kunstmest-N	Idem	Idem	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, extensivering geeft extra effect, maar saldodaling groter	Bouwplan via GDI, groenbemer via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldoverlaging remt nog sterker af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	De klaver bindt stikstof en in deze rotatie zal je de stikstofrijke gras-klaver ook een keer onderwerken. Dat leidt tot

									meer lachgas dan tarwe.
CZKF - pakket 1	Geen effect	Legt (meer) koolstof vast	Meer variatie in de winter	Geen stroverkoop, kosten groenbemest erzaad + zaaien en vernietigen	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst	Groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Niet moeilijk, kost wel wat inkomsten uit stroverkoop	Meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Het gehakselde stro zal stikstof immobiliseren in de bodem en dat zal tot iets minder lachgas leiden
CZKF - pakket 2.1	Als dit pakket breed wordt ingezet, dan markteffect: hogere prijs voor ca (of meer import)	Idem	Meer variatie in de zomer en de winter	Extensiever bouwplan heeft lager saldo	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, extensivering geeft extra effect, maar saldodaling groter	Bouwplan via GDI, groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldoverlaging remt af, maar pakket is wel goed te doen.	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem; daarnaast wordt er minder stikstof toegediend en zijn de gewasresten minder stikstofrijk.
CZKF - pakket 2.2	Als dit pakket breed wordt ingezet, dan markteffect: hogere prijs voor ca (of meer import)	Idem	Neemt af door veel wintertarwe	Idem	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, extensivering geeft extra effect, maar	Bouwplan via GDI, groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldoverlaging remt nog sterker af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem, maar meer dan in pakket 2.1

					saldodaling groter				
CZKN - pakket 1	Geen effect	Legt (meer) koolstof vast	Meer variatie in de winter	Geen stroverkoop, kosten groenbemest erzaad + zaaien en vernietigen	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst	Groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Niet moeilijk, kost wel wat inkomsten uit stroverkoop	Meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Het gehakselde stro zal stikstof immobiliseren in de bodem en dat zal tot iets minder lachgas leiden (zeer klein effect)
CZKN - pakket 2.1	Idem	Idem	Meer variatie in de zomer en de winter	Extensiever bouwplan heeft lager saldo	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, maar saldodaling groter	Bouwplan via GDI, groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldooverlaging remt af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem; daarnaast wordt er minder stikstof toegediend en zijn de gewasresten minder stikstofrijk.
CZKN - pakket 2.2	Idem	Idem	Neemt af door veel wintertarwe en verdwijnen van tulp	Idem	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, maar saldodaling nog groter	Bouwplan via GDI, groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldooverlaging remt nog sterker af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem, maar meer dan in pakket 2.1

NON - pakket 1	Geen effect	Legt (meer) koolstof vast	Meer variatie in de winter	Geen stroverkoop, kosten groenbemest erzaad + zaaien en vernietigen	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst	Groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Niet moeilijk, kost wel wat inkomsten uit stroverkoop	Meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Het gehakselde stro zal stikstof immobiliseren in de bodem en dat zal tot iets minder lachgas leiden (zeer klein effect)
NON - pakket 2.1	Aanvoer za daalt bij brede toepassing, kan effect geven bij AVEBE en mogelijk op prijs	Idem	Meer variatie in de zomer en de winter	Extensiever bouwplan heeft lager saldo	Hoger o.s-gehalte en extensivering geven meeropbrengst, maar saldodaling groter	Bouwplan via GDI, groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldoverlaging remt af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden, minder gewasbescherming	Idem
NON - pakket 2.2	Idem	Idem	Idem	Idem	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, maar saldodaling nog groter	Bouwplan via GDI, groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldoverlaging remt nog sterker af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem; daarnaast wordt er minder stikstof toegediend en zijn de gewasresten minder stikstofrijk.
ZOZ - pakket 1	Geen effect	Legt (meer) koolstof vast	Meer variatie in de winter	Geen stroverkoop, kosten groenbemest erzaad +	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst	Groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Niet moeilijk, kost wel wat inkomsten uit stroverkoop	Meer bodemleven, langere bodembedekking en	Het gehakselde stro zal stikstof immobiliseren in de bodem en dat zal tot iets minder lachgas

				zaaien en vernietigen				schuilmogelijkheden	leiden (zeer klein effect)
ZOZ - pakket 2.1	Idem	Idem	Minder variatie in de zomer	Verlies tulpen teelt geeft netto lager saldo	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst en saldodaling valt mee.	Bouwplan via GDI, groenbester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldooverlaging remt af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem; daarnaast wordt er minder stikstof toegediend en zijn de gewasresten minder stikstofrijk.
ZOZ - pakket 2.2	Idem	Idem	Meer variatie in de zomer en de winter	Verlies suikerbietenteelt geeft netto lager saldo (maar kleiner effect dan bij tulp)	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, maar saldodaling nog groter	Bouwplan via GDI, groenbester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldooverlaging remt nog sterker af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem, maar meer dan in pakket 2.1
ZWK - pakket 1	Geen effect	Legt (meer) koolstof vast	Meer variatie in de winter	Geen stroverkoop, kosten groenbemesterzaad + zaaien en vernietigen	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst	Groenbester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Niet moeilijk, kost wel wat inkomsten uit stroverkoop	Meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Het gehakselde stro zal stikstof immobiliseren in de bodem en dat zal tot iets minder lachgas leiden (zeer klein effect)

ZWK - pakket 2.1	Idem	Idem	Minder variatie in de zomer en meer in de winter	Extensiever bouwplan heeft lager saldo	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, maar saldodaling groter	Bouwplan via GDI, groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldoverlaging remt af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem; daarnaast wordt er minder stikstof toegediend en zijn de gewasresten minder stikstofrijk.
ZWK - pakket 2.2	Bij brede toename is er een risico op overaanbod van graszaad en dus lagere prijzen	Legt (meer) koolstof vast en vraagt minder kunstmest-N	Idem	Idem	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst, maar saldodaling nog groter, effect van betere bodem groot, maar onvoldoende	Bouwplan via GDI, groenbemester via satelliet, stro achterlaten lastiger	Saldoverlaging remt nog sterker af	Nog meer bodemleven, langere bodembedekking en schuilmogelijkheden	Idem, maar meer dan in pakket 2.1
Veehouderij									
Zand - pakket 1	Kruidenrijk grasland levert bij sommige melkverwerkers een plus op binnen duurzaamheidsprogramma's (denk aan AH-	Houdt meer koolstof vast, dus betere weerbaarheid, kruidenrijk grasland heeft minder last van droogtestress	Diversiteit neemt toe door kruidenrijk grasland	Kosten herinzaai nemen af, maar ook lagere grasopbrengst bij gemiddeld ouder grasland + kosten voor kruidenzaad, wel meer	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst tegenover ouder grasland	Scheuren en herinzaai lastig te monitoren, areaal maïs gaat goed	Minder vaak herinzaaien vraagt goed graslandmanagement, is een risico. Kruiden in grasland zijn veelbelovend	Meer kruiden, beter bodemleven	Minder scheuren van grasland, dus minder emissie

	melkstroom van A-ware)			eiwit van eigen land					
Klei - pakket 1	Kruidenrijk grasland levert bij sommige melkverwerkers een plus op binnen duurzaamheidsprogramma's (denk aan AH-melkstroom van A-ware)	Houdt meer koolstof vast, dus betere weerbaarheid, kruidenrijk grasland heeft minder last van droogtestress	Diversiteit neemt toe door kruidenrijk grasland	Kruidenrijk grasland heeft lagere opbrengst dan maïs; wel meer eiwit van eigen land	Hoger o.s-gehalte geeft meeropbrengst tegenover lagere voeropbrengst uit maïs	Monitoren via GDI + satellietbeelden voor areaal maïs en groenbemester	De wens om minder % maïs in rantsoen te kunnen voeren remt enthousiasme. Dat is bijv. ook reden dat sommige boeren in met name Zuid Nederland bewust geen gebruik meer maken van derogatie.	Meer kruiden, beter bodemleven	Minder scheuren van grasland, dus minder emissie