EINDRAPPORT

GROEP 2, NATUURINCLUSIEVE LANDBOUW

Esmee Kang, Isabelle Roepel, Liam Krijgsman, Anne-Fleur Pluijgers
NATUURWETENSCHAPPEN EN INNOVATIEMANAGEMENT | INNOVATIEPROJECT 1
WOORDEN: 2943

Inhoudsopgave

1. INLEIDING **2**

2. DATA **3**

3. METHODE **4**

4. RESULTATEN **7**

4.1 GESTANDAARDISEERDE SCORES 7

4.2 GESTANDAARDISEERDE SCORES NA TOEKENNEN VAN GEWICHTEN 10

5. ROBUUSTHEIDSANALYSE **13**

5.1 Gevoeligheidsanalyse *13*

6. EINDADVIES **17**

7. REFLECTIE **19**

8. LITERATUUR **21**

9. BIJLAGE **27**

SYMBOLISCHE SCORES NAAR ORDINALE SCORES 27

DEELANALYSE 1 27

DEELANALYSE 2 38

1. Inleiding

De landbouwsector staat voor een dubbele opgave: bijdragen aan klimaatdoelen én economisch levensvatbaar blijven. Traditionele landbouwmethoden maken het lastig om beide doelen tegelijk te behalen, wat de noodzaak versterkt om te kijken naar natuur-inclusieve alternatieven. In dit project is daarom onderzocht welke van drie natuur-inclusieve maatregelen het meest kansrijk is voor toepassing in Gelderland. De drie onderzochte opties zijn: (1) slimme vruchtwisseling met bodemsensoren, (2) niet-kerende grondbewerking (NKG), en (3) de teelt van olifantsgras.

Om tot een afgewogen advies te komen, zijn de drie alternatieven vanuit verschillende perspectieven geanalyseerd. In deelanalyse 1 lag de nadruk op de technologische werking, duurzaamheid en financiële haalbaarheid van elke maatregel. Hierbij is onder andere gekeken naar CO_2-reductie, bodemgezondheid, ruimtegebruik, inputefficiëntie, investeringskosten en het financiële rendement op lange termijn.

In deelanalyse 2 is onderzocht hoe de drie maatregelen sociaal-maatschappelijke verankerd kunnen worden. Hiervoor is gebruikgemaakt van het Technologisch Innovatiesysteem (TIS)-raamwerk, waarmee per maatregel de mate van kennisontwikkeling, marktvorming en mobilisatie van middelen is geëvalueerd. Deze factoren bepalen in sterke mate of een innovatie op grote schaal kan worden toegepast en daadwerkelijk gedragen wordt door de sector.

De inzichten uit beide deelanalyses zijn samengebracht in een Multi-Criteria-Analyse (MCA), waarmee de maatregelen uitgebreid met elkaar zijn vergeleken. Op basis daarvan geven we in dit eindrapport een onderbouwd advies aan de provincie Gelderland over welke maatregel technisch haalbaar, economisch rendabel en sociaal ingebed genoeg is om daadwerkelijk impact te maken in de regio.

2. Data

De onderstaande effectentabel geeft een overzicht van hoe de drie onderzochte natuur-inclusieve landbouwmaatregelen scoren op tien geselecteerde criteria. Deze criteria zijn afkomstig uit de technologische en financiële analyse van deelanalyse 1 en de sociaal-maatschappelijke analyse van deelanalyse 2 en zullen gezamenlijk de input vormen voor de Multi-Criteria-Analyse.
Voor de technologische en ecologische criteria is gebruikgemaakt van een symbolische schaal: –, +, ++. Deze schaal geeft de relatieve sterkte van het effect aan per maatregel, gebaseerd op bronnen uit literatuur en beleidsdocumenten. Voor de financiële criteria is gekozen voor absolute waarden, uitgedrukt in euro's per hectare, wat de investeringsdrempel en het financieel rendement op lange termijn inzichtelijk maakt. De sociaal-maatschappelijke factoren zijn gescoord op een ordinale schaal van 1 (zeer zwak) tot 5 (zeer sterk), op basis van de systeemfuncties kennisontwikkeling, marktformatie en mobilisatie van middelen.
Door alle scores in één overzicht te combineren, wordt zichtbaar op welke criteria de maatregelen sterk of zwak scoren. Dit maakt de tabel geschikt om onderbouwde afwegingen te maken voor de MCA.

Criterium	Slimme vruchtwisseling met bodemsensoren	Niet-kerende grondbewerking (NKG)	Olifantsgras
Duurzaamheid	++	++	++
Ruimtegebruik	++	++	+
Bodemgezondheid	++	++	
CO_2-reductie	+	+	++
Efficiënt gebruik van inputs	+	+	++
Initiële investering (€ / ha)	789	900	7500–9500
Netto Contante Waarde (NCW € / ha)	346	120	2517
Kennisontwikkeling (1–5)	3	5	2
Marktformatie (1–5)	3	5	3
Mobilisatie van middelen (1–5)	3	4	2

Tabel 1: Criteria effectentabel

3. Methode

Voor de casus is gekozen voor een compensatorische Multi-Criteria Analyse (MCA). Deze methode is geschikt voor het vergelijken van meerdere alternatieven op basis van uiteenlopende criteria op zowel technologisch, ecologische, economisch en sociaal-maatschappelijk vlak. De compensatorische MCA maakt het mogelijk dat een lage score op het ene criterium gecompenseerd kan worden door een hoge score op een ander criterium. De beoordeling van slimme vruchtwisseling met bodemsensoren, niet-kerende grondbewerking en de teelt van olifantsgras zijn gebaseerd op de effectentabellen van deelanalyse 1 en 2.

Vanwege de verschillen in schaal (euro's, scores 1-5 en ++/+/-) is per criterium een passende standaardisatie methode toegepast. Dit zorgt ervoor dat de criteria onderling vergelijkbaar zijn en dit gecombineerd kan worden in één tabel overzichtelijke MCA-tabel.

Ordinale criteria, denk hier aan duurzaamheid, ruimtegebruik, bodemgezondheid en betrokkenheid van private partijen, zijn beoordeeld op een uniforme schaal van 1 tot en met 5. Deze schaal is consequent toegepast voor alle technieken in deelanalyse 1 en 2. De scores zijn hierdoor direct vergelijkbaar en er is geen aanvullende standaardisatie nodig.

Symbolische scores (++/+/-). Uit deelanalyse 1 zijn omgezet naar een ordinale schaal om te kunnen standaardiseren en wegen binnen de MCA. Hierbij geldt dat: ++ = 5, + = 3 en - = 1. De volledige omschaling is terug te vinden in de bijlage

Absolute ratio-criteria, zoals het aantal deelnemende boeren aan regionale praktijknetwerken, NCW en de initiële investering. Deze zijn gestandaardiseerd via een min-max standaardisatie, ook wel een intervalstandaardisatie genoemd. Dit is geschikt voor variabelen met een duidelijke spreiding. De genormaliseerde waarde wordt als volgt berekend:

$$\text{Genormaliseerde score} = \frac{\text{Score} - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}$$

Hierbij is 1 altijd de beste score en de slechtste score 0.

Voor de initiële investeringskosten (in euro's per hectare) is eveneens min-max normalisatie toegepast, maar met score-omkering.

$$\text{Genormaliseerde score (kosten)} = 1 - \frac{\text{Score} - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}$$

Hierdoor krijgt het alternatief met de laagste investering de hoogst genormaliseerde score.

Door toepassing van deze gestandaardiseerde en gewogen scores kunnen de drie landbouwtechnieken eerlijk worden vergeleken op basis van hun prestaties op alle relevante criteria. De gewichten zijn toegepast op basis van de beleidsrelevantie, praktische implementatie en maatschappelijke impact, specifiek voor de context van natuur-inclusieve landbouw in Gelderland.

De verdeling van de gewichten is als volg gedaan:

- Technisch-economische criteria zoals de NCW en de initiële investering zijn cruciaal voor de implementatie van een technologie en kregen samen 40% van het totaalgewicht. Omdat de NCW essentieel is voor het verdienmodel van de boeren en dit van groot belang was voor de opdrachtgever, is dit criterium dubbel gewogen.
- Ecologische criteria, met een nadruk op de bodemgezondheid zijn cruciaal voor natuur-inclusieve landbouw. Deze kregen een gewicht van 30%. Ook bodemgezondheid is dubbel gewogen op verzoek van de opdrachtgever.
- Sociaal-maatschappelijke criteria, zoals de kennisontwikkeling en de markformatie. Zij zijn van belang op het gebied van draagvlak, adoptie en opschaling in de landbouwpraktijk en kregen een gewicht van 30%.

De score per alternatief wordt als volgt berekend:

$$\text{Eindscore alternatief} = \sum(\text{Gestandaardiseerde score} \times \text{Gewicht})$$

Criterium	Standaardisatie	Opmerkingen	Type criterium	Gewicht
Duurzaamheid	Geen, schaal 1–5 behouden	-	Ecologisch	10%
Ruimtegebruik	Geen, schaal 1–5 behouden	-	Ecologisch	5%
Bodemgezondheid	Geen, schaal 1–5 behouden	Dubbel gewogen op verzoek opdrachtgever	Ecologisch	15%
CO_2- reductie	Geen, schaal 1–5 behouden		Ecologisch	-(in duurzaamheid opgenomen)
Efficiënt gebruik input	Geen, schaal 1–5 behouden		Ecologisch / Technisch-economisch	-(in duurzaamheid opgenomen)

Initiële investering	Min-max (omgekeerd)	Lagere investering = hogere score	Technisch-economisch	10%
NCW	Min-max	Dubbel gewogen vanwege verdienmodel	Technisch-economisch	30%
De mate en spreiding van praktijkkennis	Geen, schaal 1–5 behouden	-	Sociaal-maatschappelijk	10%
Aantal deelnemende boeren aan regionale praktijknetwerken of studiegroepen per innovatie	Min-max	-	Sociaal-maatschappelijk	5%
De aanwezigheid van nichemarkten en subsidies	Min-max	-	Sociaal-maatschappelijk	5%
De groei en bestendigheid van vraag en aanbod	Geen, schaal 1–5 behouden	-	Sociaal-maatschappelijk	5%
De beschikbaarheid van apparatuur, infrastructuur en financiers	Min-max	-	Sociaal-maatschappelijk	5%
De betrokkenheid van private partijen	Geen, schaal 1–5 behouden	-	Sociaal-maatschappelijk	-(indirect al gedaan in de beschikbaarheid van financiers)

Tabel 2: Toekenning van gewichten

4. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten gepresenteerd van de Multi-Criteria Analyse (MCA) waarin drie natuur-inclusieve landbouwmaatregelen zijn vergeleken: (1) slimme vruchtwisseling met bodemsensoren, (2) niet-kerende grondbewerking (NKG) en (3) de teelt van olifantsgras. Deze maatregelen zijn beoordeeld op dertien criteria die betrekking hebben op technologische, ecologische, economische en sociaal-maatschappelijke aspecten.

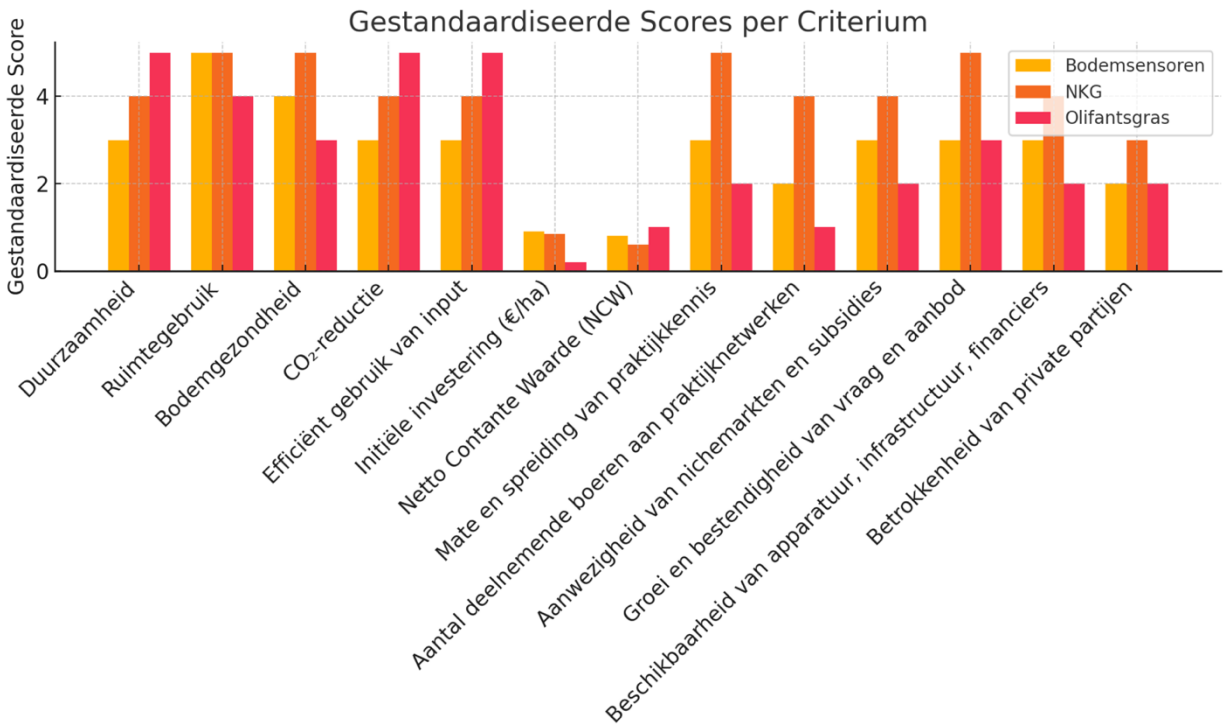
4.1 Gestandaardiseerde scores

Criterium	Bodemsensoren	NKG	Olifantsgras
Duurzaamheid	3.0	4.0	5.0
Ruimtegebruik	5.0	5.0	4.0
Bodemgezondheid	4.0	5.0	3.0
CO_2-reductie	3.0	4.0	5.0
Efficiënt gebruik van input	3.0	4.0	5.0
Initiële investering (€/ha)	0.9	0.85	0.2
Netto Contante Waarde (NCW)	0.8	0.6	1.0
Mate en spreiding van praktijkkennis	3.0	5.0	2.0
Aantal deelnemende boeren aan praktijknetwerken	2.0	4.0	1.0
Aanwezigheid van nichemarkten en subsidies	3.0	4.0	2.0
Groei en bestendigheid van vraag en aanbod	3.0	5.0	3.0
Beschikbaarheid van apparatuur, infrastructuur, financiers	3.0	4.0	2.0
Betrokkenheid van private partijen	2.0	3.0	2.0
Totaal	35.7	48.45	33.2

Tabel 3: Gestandaardiseerde scores per criterium voor het toekennen van gewichten

Totaalscores van de drie alternatieven:

1. NKG: 48,45
2. Bodemsensoren: 35,7
3. Olifantsgras: 33,2



Staafdiagram 1: Gestandaardiseerde scores per criterium voor het toekennen van gewichten

4.1.1 NKG

Uit de gestandaardiseerde is de bovenstaande staafgrafiek gekomen. Deze geeft goed de verschillen weer per criterium van de drie alternatieven. Wat opvalt in zowel de staafdiagram als de tabel is dat NKG op veel criteria erg hoog scoort ten opzichte van de andere alternatieven. Het grootste verschil dat af is te lezen is uit het staafdiagram, is dat de NKG veruit het beste scoort op de Mate en spreiding van praktijkkennis, Aantal deelnemende boeren aan praktijkkennis en Groei en bestendigheid van vraag en aanbod. De oranje staaf van NKG peilt hier ver boven de gele en de rode staf uit en dit is ook af te lezen in de tabel.

4.1.3 Bodemsensoren

Daarnaast is af te lezen uit zowel de tabel als het staafdiagram dat de implementatie van bodemsensoren op bijna alle criteria het laagst scoort. Alleen op de initiële investering scoort het alternatief hoger van NKG, maar dit verschil is zo klein dat dit verwaarloosbaar is. Ook is er een criterium waarop Bodemsensoren even hoog scoort als NKG, namelijk op het ruimte gebruik. Beide alternatieven scoren hier erg hoog. Het alternief scoort het op de rest van de criteria lager dan de andere twee alternatieven, maar de totaalscore ligt wel boven die van olifantsgras

4.1.3 Olifantsgras

Als laatst valt ook op dat Olifantsgras wel op drie criteria beter scoort dan de andere twee alternatieven, namelijk Duurzaamheid, CO2-reductie en efficiënt gebruikt van input. Ook scoren de bodemsensoren op twee criteria hoger dan de andere alternatieven, namelijk de initiële investering en de NCW. Financieel gezien zou dit dus de beste optie zijn. Toch als er wordt gekeken naar de totaalscore, scoort dit alternatief het laagst.

Toch scoort NKG toch in totaal het hoogst met een totaalscore van 48,45. Dit komt doordat dit alternatief op acht van de 13 criteria het hoogst scoort. Ook lopen die verschillen in scores erg uiteen. Zo scoort NKG vier keer zo hoog als Olifantsgras op het criterium van aantal deelnemende boeren in kennisnetwerken. Ook bij het criterium mate van spreiding van praktijkkennis scoort NKG meer dan twee keer zo hoog als Olifantsgras.

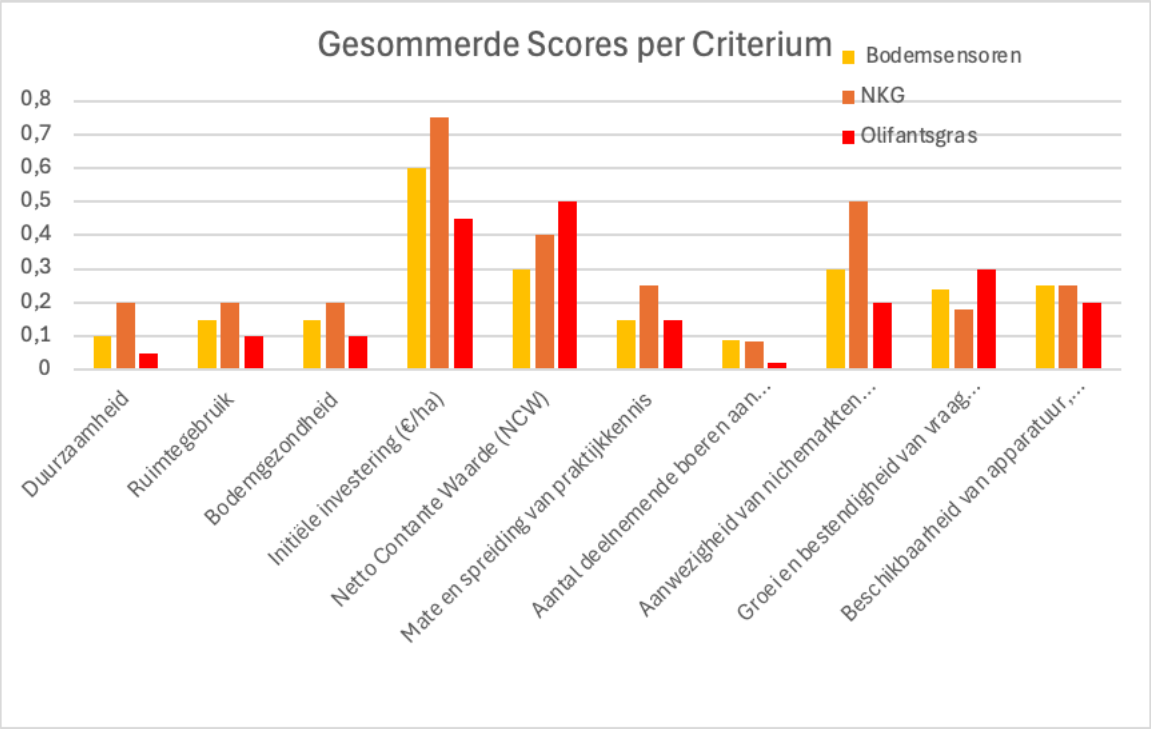
4.2 Gestandaardiseerde scores na toekennen van gewichten

Er zijn zoals in de methode beschreven gewichten toegekend aan de criteria. In de onderstaande tabel zullen de scores worden weergeven na het toekennen van de juiste gewichten.

Criteria	Gewicht	Bodemsensoren	NKG	Olifantsgras
Duurzaamheid	10%	0,1	0,2	0,05
Ruimtegebruik	5%	0,15	0,2	0,1
Bodemgezondheid	15%	0,15	0,2	0,1
CO2-reductie	-(In duurzaamheid opgenomen)	-	-	-
Efficiënt gebruik van input	-(In duurzaamheid opgenomen)	-	-	-
Initiële investering (€/ha)	10%	0,6	0,75	0,45
Netto Contante Waarde (NCW)	30%	0,3	0,4	0,5
Mate en spreiding van praktijkkennis	10%	0,15	0,25	0,15
Aantal deelnemende boeren aan praktijknetwerken	5%	0,09	0,085	0,02
Aanwezigheid van nichemarkten en subsidies	5%	0,3	0,5	0,2
Groei en bestendigheid van vraag en aanbod	5%	0,24	0,18	0,3
Beschikbaarheid van apparatuur, infrastructuur, financiers	5%	0,25	0,25	0,2
Betrokkenheid private partijen	-(Indirect al gedaan bij beschikbaarheid financiers)	-	-	-
Totaalscore		2,33	3,015	2,07

Tabel 4: Gestandaardiseerde scores per criterium na het toekennen van gewichten

Uit de gesommeerde tabel die hierboven is weergegeven is de volgende staafgrafiek gekomen.



Staafdiagram 2: Gestandaardiseerde scores per criterium na het toekennen van gewichten

4.2.1 NKG

Uit de resultaten van het verrekenen van de scores met de bijbehorende gewichten zijn in de bovenstaande tabel en grafiek weergegeven. Uit de tabel is af te lezen dan NKG over het algemeen over alle criteria bij elkaar nog steeds het hoogst scoort met een score van 3,15. Dit is dus na het toekennen van de gewichten nog steeds als beste alternatief. Het toekennen van gewichten heeft dus geen invloed gehad op de uiteindelijke uitkomst. Daarnaast kunnen ook de twee staafdiagrammen worden vergeleken. Als dit wordt gedaan is duidelijk te zien dat NKG door het toekennen van gewichten nog sterker naar voren komt als beste alternatief. Dit kan worden geconstateerd doordat over het algemeen zowel bodemsensoren als olifantsgras minder hoog scoren. Dit is te zien bij: Duurzaamheid, Ruimtegebruik, Bodemgezondheid, Initiële investering, Mate spreiding van praktijkkennis en Aanwezigheid nichemarkten en subsidies. Dat is met dat de helft van alle criteria.

4.2.2 Slimme vruchtwisseling en bodemsensoren

Daarna scoort het toepassen van slimme vruchtwisseling en bodemsensoren het beste. Dit alternatief verschilt in totaalscore (2,33) vrij veel van NKG, maar op de criteria van het aantal deelnemende boeren aan praktijknetwerken en de beschikbaarheid van apparatuur, infrastructuur en financiers scoort het alternatieven vrijwel gelijk. Het grootste verschil zit hem in de aanwezigheid van nichemarkten en subsidies. Doordat de bodemsensoren nog

op te weinig boerderijen worden toegepast zijn er nog weinig nichtmarkten en daardoor zijn er ook weinig subsidies vanuit de overheid.

4.2.3 Olifantsgras

Het implementeren van olifantsgras scoort het laagst in totaalscore (2,07). Echter zijn er twee criteria waarop dit alternatief wel hoger scoort dan de andere twee criteria. Zo blijkt de Netto Contacte Waarde het hoogst te zijn. Dit komt doordat er uit de financiële analyse is gebleken dat de NCW van olifantsgras veel hoger ligt over 10 jaar. De NCW van olifantsgras (€2517,04) zal over 10 jaar namelijk meer dan 20 keer hoger zijn dan de NCW van NKG (€120,33). Daarnaast valt ook op dat olifantsgras hoger scoort bij de bestendigheid van vraag en aanbod.

5. Robuustheidsanalyse

Een robuustheidsanalyse, ook wel sensitiviteitsanalyse, test als het ware hoe gevoelig de uitkomsten van het onderzoek zijn voor aannames, parameters en keuzes. Bij de MCA die in dit rapport is gebruikt zullen er in deze analyse conclusies getrokken worden of bepaalde uitgangspunten overeind blijven als andere factoren veranderen. Er zijn drie verschillende robuustheidanalyses: verschilanalyse, onzekerheidsanalyse en de gevoeligheidsanalyse. In dit rapport is gekozen voor een gevoeligheidsanalyse. Hiervoor zullen de gewichten worden aangepast zodat er onderzocht kan worden of de uitkomst scores van de verschillende technieken afhankelijk zijn van de gekozen gewichten (Van Staveren, 2025).

5.1 Gevoeligheidsanalyse

Een gevoeligheidsanalyse is een manier om te testen of de uitkomsten van een analyse betrouwbaar zijn. Er wordt gekeken wat er gebeurt als bepaalde keuzes of aannames worden aangepast. Bijvoorbeeld de gewichten die aan de criteria zijn gegeven in de MCA. In dit project wordt er gekeken wat er gebeurt met de totaalscores van de drie alternatieven als de gewichten worden veranderd. Door deze aangepaste wegingen toe te passen kan er worden gekeken of de uitkomst van de MCA afhankelijk is van de oorspronkelijke keuzes of dat de conclusie hetzelfde blijft. Zo wordt er gecontroleerd of de rangorde van de alternatieven hetzelfde zal blijven, dus stabiel zal zijn, of juist veranderen.

Criterium	Oud gewicht	Nieuw gewicht
Duurzaamheid	10%	5%
Ruimtegebruik	5%	10%
Bodemgezondheid	15%	25%
CO_2- reductie	- (in duurzaamheid opgenomen)	-
Efficiënt gebruik input	- (in duurzaamheid opgenomen)	-
Initiële investering	10%	5%
NCW	30%	10%
De mate en spreiding van praktijkkennis	10%	5%
Aantal deelnemende boeren aan regionale praktijknetwerken of studiegroepen per innovatie	5%	10%
De aanwezigheid van nichemarkten en subsidies	5%	10%
De groei en bestendigheid van vraag en aanbod	5%	10%
De beschikbaarheid van apparatuur, infrastructuur en financiers	5%	10%
De betrokkenheid van private partijen	-(indirect al gedaan in de beschikbaarheid van financiers)	-

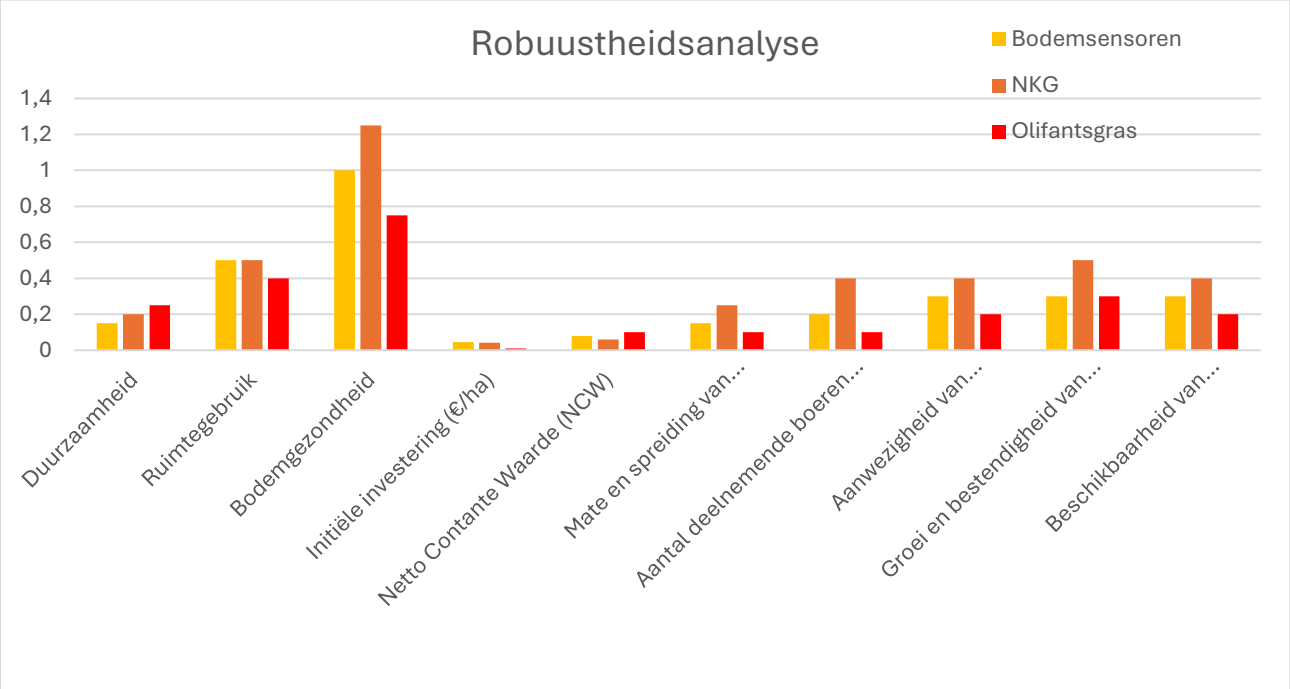
Tabel 5: Nieuwe gewichten gevoeligheidsanalyse

Criterium	Gewicht	Bodemsensoren	NKG	Olifantsgras
Duurzaamheid	5%	0,15	0,2	0,25
Ruimtegebruik	10%	0,5	0,5	0,4
Bodemgezondheid	25%	1	1,25	0,75
CO_2-reductie	- (in duurzaamheid opgenomen)	-	-	-
Efficiënt gebruik van input	- (in duurzaamheid opgenomen)	-	-	-
Initiële investering (€/ha)	5%	0,045	0,0425	0,01
Netto Contante Waarde (NCW)	10%	0,08	0,06	0,1
Mate en spreiding van praktijkkennis	5%	0,15	0,25	0,1
Aantal deelnemende boeren aan praktijknetwerken	10%	0,2	0,4	0,1
Aanwezigheid van nichemarkten en subsidies	10%	0,3	0,4	0,2
Groei en bestendigheid van vraag en aanbod	10%	0,3	0,5	0,3
Beschikbaarheid van apparatuur, infrastructuur, financiers	10%	0,3	0,4	0,2
Betrokkenheid van private partijen	- (indirect al gedaan in de beschikbaarheid van financiers)	-	-	-
Totaalscore		3,025	4,0025	2,41

Tabel 6: Gevoeligheidstabel

Uit de gevoeligheidsanalyse is te zien dat niet-kerende grondbewerking eindigt met een totaalscore van 4,00. Met de gewijzigde gewichten blijft het dus alsnog het hoogst scoren. Hieruit zie je dus dat de uitkomst van NKG stabiel blijft, ondanks de aanpassingen van uitgangspunten en gewichten. Er zijn wel wat kleine aanpassingen te vinden in de scores van de andere maatregelen, bodemsensoren stijgen lichtelijk en olifantsgras heeft een kleine daling, maar toch blijft de rangorde van de maatregelen onveranderd.

NKG scoort hoog doordat het consequent op meerder zwaarwegende criteria goed presteert, zie bodemgezondheid, praktijkkennis en maatschappelijke inbedding. Evenals wanneer deze criteria zwaarder worden meegewogen, zoals in de aangepaste weging, blijft NKG het beste alternatief om te kiezen. Door de robuustheidsanalyse uit te voeren, wordt de betrouwbaarheid bevestigd van de MCA-uitkomsten en zo wordt de aanbeveling van NKG ondersteunt.



Staafdiagram 3: Robuustheidsanalyse met de veranderde gewichten toegekend

6. Eindadvies

Door middel van een Multi criteria analyse is er in dit rapport onderzocht welke van de drie innovatie landbouwmaatregelen; bodemsensoren, niet-kerende grondbewerking (NKG) en olifantsgras het meeste kans maakte op een natuur-inclusieve landbouw toepassing in Gelderland. De onderzoeksvraag voor dit gehele onderzoek luidde "*Welke van de drie natuur-inclusieve landbouwmaatregelen is het meest kansrijk voor toepassing in Gelderland, rekening houdend met technische, economische en adoptie-gerelateerde aspecten?*"

Op basis van MCA en de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse is gebleken dat niet-kerende grondbewerking (NKG) als sterkste alternatief eindigt. NKG scoort sterk op meerdere zwaarwegende criteria, waaronder bodemgezondheid, praktijkkenis en maatschappelijke inbedding. Bij de gevoeligheidsanalyse worden de gewichten aangepast, om te kijken of de conclusie robuust en betrouwbaar is. Hier blijft NKG het alternatief met hoogste totaalscore.

Om niet-kerende grondbewerking zo succesvol mogelijk in te voeren in Gelderland, wordt het volgende stappenplan geadviseerd:

1. Kennisdeling en demonstratieprojecten organiseren
   Door in te zetten op regionale bijeenkomsten, veldbezoeken en praktijknetwerken kunnen voorlopers van NKG makkelijk hun kennis delen met college landbouwers.
2. Toegang tot apparatuur verbeteren
   Maak het mogelijk dat boeren gezamenlijk apparatuur kunnen aanschaffen, of leasings van machines via grootschalige bedrijven.
3. Financiële prikkels inzetten
   Zet investeringssubsidies in of vergoedingen voor bodemverbeteringen.
4. Monitoring en evaluatie opzetten
   Door de ecologische en economische effecten van NKG goed bij te houden, is het overzichtelijker te zien waar bijgestuurd kan worden.
5. Versterken van markt- en ketenverbindingen
   Door ketenpartnets erbij te betrekken, is het makkelijker om adoptie van NKG op te schalen.

Hoewel NKG in dit onderzoek het sterkt naar voren komt, zijn er nog onzekerheden die vervolgonderzoek zou kunnen verhelderen. Zo is het belangrijk om de langetermijneffecten op opbrengsten en bodemstructuur beter in beeld te krijgen. Hiervoor zijn dan praktijkproeven over meerdere jaren nodig. Daarnaast is het gewenst om meer inzicht te hebben in de economische haalbaarheid op bedrijfsniveau, de kosten-batenverhouding van NKG kan namelijk variëren tussen verschillende bedrijfstypen. Door hier in vervolgonderzoek op te letten, kan er passende ondersteuning ontwikkeld worden. Tot slot is het zinvol om te onderzoeken of NKG goed samen kan gaan met andere innovaties. Een sterke combinatie van innovaties kan nog meer ecologische als economische voordelen opleveren.

Op basis van de analyse wordt geconcludeerd dat niet-kerende grondbewerking als het meest kansrijke alternatief voor een natuur-inclusieve landbouw in Gelderland. Deze maatregel biedt voordelen op het gebied van duurzaamheid, doordat het de bodemkwaliteit verbetert en erosie tegengaat. Daarnaast sluit NKG goed aan bij bestaande praktijkkennis en vaardigheden van boeren. Doordat NKG vrij eenvoudig toe te passen is binnen bestaande landbouwstructuren scoort het op maatschappelijk niveau makkelijk hoog. De uitkomsten van de robuustheidsanalyse bevestigen dat de resultaten van de MCA dus betrouwbaar zijn en blijkbaar niet afhangend zijn van specifieke aannames. Zo wordt laten zien NKG niet alleen inhoudelijk sterk scoort, maar ook onder verschillende omstandigheden goed blijft presteren. Met de juiste ondersteuning kan NKG dus een waardevolle bijdrage zijn aan een duurzaam, economisch geaccepteerde landbouw in Gelderland.

7. Reflectie

Tijdens het schrijven van dit verslag zijn we tegen een aantal methodologische overwegingen aangelopen. De criteria zijn opgesteld op basis van puur literatuuronderzoek. Dit is vanuit een academisch oogpunt een logisch startpunt. Toch breng deze manier van onderzoek doen ook beperkingen met zicht mee. Door een afwezigheid van veldonderzoek en directe input van agrariërs zelf, bestaat er een risico dat de gehanteerde criteria niet altijd aansluiten in hoe het in de realiteit is. Boeren zijn dan ook geen homogene groep, want elk agrarisch bedrijf heeft een eigen productiesysteem, grondsoort, schaalgrootte en economische logica. Hierdoor kunnen prioriteiten per bedrijf sterk verschillen.

Zo is bij het uitvoeren van zowel deelanalyse 1 als deelanalyse 2 uitgegaan van criteria die over het algemeen voor boeren in heel Gelderland gelden. De criteria zijn hier dus in zekere maten gegeneraliseerd. De resultaten zijn hierdoor toepasbaar op zowel regionaal al nationaal niveau, maar het biedt een minder goede maatstaf voor boeren op individueel niveau. Zo zal bijvoorbeeld de initiële investering voor een grootschalige melkveehouder anders wegen dan voor een kleine biologische akkerbouwer. Ook de mate waarin criteria zoals efficiënt gebruik van input of CO2-reductie relevant zijn, kan dus per bedrijfstype verschillen.

Een belangrijke aanbeveling voor vervolgonderzoek is daarom het toevoegen van kwalitatieve methoden, zoals het afnemen van interviews, focusgroepen of observaties. Een veldonderzoek onder boeren die al ervaring hebben met het werken met Niet-Kerende Grondbewerking (NKG), olifantsgras of bodemsensoren zou dan ook van grote toegevoerde waarde kunnen zijn. Door hun gebruikerservaringen mee te nemen zullen de criteria genuanceerder zijn. Hiervoor zal er in gesprek moeten worden gegaan met deze bedrijven en zouden er bijvoorbeeld interview kunnen worden afgenomen. Als er dan bijvoorbeeld wordt gekeken naar het begrip “duurzaamheid”, is dit eigenlijk nog te breed. Er zou hier beter gekeken kunnen worden naar aspecten die voor de verschillende boeren worden gezien als duurzaam, zoals bodemstructuurbehoud, waterhuishouding of arbeidstijd.

Ook zou er in een vervolgtraject ruimte moeten worden gemaakt voor co-creatie van criteria. Dit zou gedaan kunnen worden met eventuele andere belanghebbenden zoals loonwerkers of beleidsmakers dit nauw samenwerken met de boeren. Door criteria niet alleen *over* boeren, maar *met* boeren te formuleren, zal de relevantie en de legitimiteit van het advies sterk toenemen. Dit zou een belangrijke link leggen tussen academisch onderzoek en praktische toepasbaarheid. Dit is iets wat in het huidige rapport nog voor een te groot deel gescheiden is gebleven.

Conceptueel gezien zou het ook interessant zijn om nog bredere maatschappelijke effecten mee te nemen. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld biodiversiteit, landschappelijke kwaliteit of sociale duurzaamheid op het platteland. Deze aspecten zijn nu nog weinig teruggekomen in het verslag, terwijl deze begrippen voor een duurzame landbouw steeds belangrijker worden.

Al met al biedt het gebruikte kader een goede basis voor het beleidsadvies, maar er liggen duidelijk nog kansen om het onderzoek in de toekomst verder te verrijken en te verdiepen.

8. Literatuur

1) Abdalla, M., Hastings, A., Campbell, G., Chen, H., & Smith, P. (2024). Assessing the Sustainability of Miscanthus and Willow as Global Bioenergy Crops: Current and Future Climate Conditions (Part 1). *Agronomy*, *14*(12), 3020. https://doi.org/10.3390/agronomy14123020
2) Admin. (2023, 10 juli). Verhogen gehalte organische stof levert enorme koolstofopslag - Dutch Carbon Company. *Dutch Carbon Company*. https://dutchcarboncompany.nl/dcc-nieuws/verhogen-gehalte-organische-stof-levert-enorme-koolstofopslag/?utm
3) Aldersey-Williams, J., Strachan, P. A., & Broadbent, I. D. (2020). Validating the "Seven Functions" Model of Technological Innovations Systems Theory with Industry
4) Agro, E. (n.d.). Topmaïs › "Bodemverdichting wordt zwaar onderschat." Melkvee.nl. https://www.melkvee.nl/artikel/398450-bodemverdichting-wordt-zwaar-onderschat/#:~:text=In%20de%20landbouw%20wordt%20bodemverdichting,zijn%20en%20vocht%20kunnen%20opnemen.
5) Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. (2008). In *Research Policy* (Vol. 37, pp. 407–429). https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003
6) Bestman, Geurts, Pijlman, Erkens, Kandel, Bestman, Geurts, Pijlman, Erkens, & Kandel. (z.d.). Natte teelten. *Natte Teelten*.
7) Bijker, W., Van Der Burgt, E., Van Den Berg, W., & Selin-NoréN, I. (2022). *Bedrijfseconomische prestaties van bodemmaatregelen : Opbrengstabiliteit en kosten-batenverhouding van bodemmaatregelen*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/610081
8) *Bodemadviseur Theo Nieuwenhuis: "Geef niet-kerende grondbewerking de kans" - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer*. (2025, 19 maart). Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. https://agrarischwaterbeheer.nl/nieuws/bodemadviseur-theo-nieuwenhuis-geef-niet-kerende-grondbewerking-de-kans/
9) *Bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten (SIREN)*. (z.d.). WUR. https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/kennisonline-onderzoeksprojecten-lvvn/kennisonline/bodemkwaliteit-en-ecosysteemdiensten-siren.htm
10) Bodemleven blijft bovenin met ecoploeg - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. (2024, 30 mei). Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. https://agrarischwaterbeheer.nl/nieuws/bodemleven-blijft-bovenin-met-ecoploeg/
11) DE BOER, TELER OF TUINDER. (2023). Niet-kerende grondbewerking en gereduceerde grondbewerking: Bodemstructuur verbeteren. In MAATREGEL. https://agrarischwaterbeheer.nl/wp-content/uploads/2024/04/factsheet_18_online.pdf
12) BoerenNatuur. (2024, 29 mei). *Natuurinclusieve landbouw | BoerenNatuur*. Boer en Natuur. https://www.boerennatuur.nl/wat-doen-we/natuurinclusieve-landbouw/
13) *Brancheorganisatie Akkerbouw*. (z.d.). https://kennisakker.nl/archief-publicaties/ruimere-vruchtwisseling-voor-en-nadelen-voor-nutrientenbenutting-en-bedrijfseconomie3769
14) Van Den Brandt, P. (2023, November 9). Carbon Farmers en partners laten miscanthusteelt bloeien in Nederland. LTO Bedrijven. https://ltobedrijven.nl/carbon-farmers-en-partners-laten-miscanthusteelt-bloeien-in-nederland/
15) Bruns, S. & Schuttelaar & Partners. (2023). *Klimaatwinst in de Nederlandse akkerbouw* (Door Adinda Lodders & Harry Kager). https://www.bo-akkerbouw.nl/files/Pdfs-algemeen/Eindrapport_stage-Sanne-Bruns_Klimaatwinst-in-de-Nederlandse-akkerbouw.pdf

16) Carbon credits | ClimatePartner. (n.d.). ClimatePartner. https://www.climatepartner.com/nl/kennisbank/woordenlijst/carbon-credits
17) CBS. (2020, 18 december). *Hoe wordt de Nederlandse bodem gebruikt? - Nederland in cijfers 2020*. Hoe Wordt de Nederlandse Bodem Gebruikt? - Nederland in Cijfers 2020 | CBS. https://longreads.cbs.nl/nederland-in-cijfers-2020/hoe-wordt-de-nederlandse-bodem-gebruikt/?utm
18) Choices Magazine online. (n.d.). https://www.choicesmagazine.org/choices-magazine/theme-articles/attitudes-towards-risk-in-a-changing-agricultural-marketing-environment/how-well-do-farmers-tolerate-risk
19) *Dealin.Green and Carbon Grass join forces for Miscanthus market expansion |Dealin Green*. (z.d.). Dealin.Green. https://dealin.green/post/dealingreen-en-carbon-grass-bundelen-krachten-voor-uitbreiding-miscanthus-markt
20) *Deltaplan Agrarisch Waterbeheer - Samen werken aan schoon en voldoende water en een gezonde bodem*. (2024, 7 mei). Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. https://agrarischwaterbeheer.nl/
21) Van Dinter, B.-J., Vandinter Semo, Biemond, C., & Wageningen Plant Research. (2024). *Explore value chain Miscanthus*[Proposal]. https://topsectortu.nl/wp-content/uploads/2024/02/SMP24011-Explore-value-chain-Miscanthus.pdf
22) Van Doorn, A., Melman, D., & Westerink, J. (2016). Natuurinclusieve landbouw food-for-thought. In *https://edepot.wur.nl/401503#:~:text=Natuurinclusieve%20landbouw%20betekent%20meer%20zorg,Minder%20impact%20op%20omliggende%20natuurgebieden.*http://dx.doi.org/10.18174/401503
23) *Dossier Miscanthus - Business to bioeconomy*. (z.d.). Bio-economie (Nederlands). https://www.b2be-facilitator.be/nl/nieuws/dossier-miscanthus-toepassingen
24) *Eco-regeling 2025*. (z.d.). RVO.nl. https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/eco-regeling-2025
25) Ecorys, Verwey-Jonker Instituut, MinBZK, SEO, Atlas voor gemeenten, & LPBL. (n.d.). Een kennismaking met de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA): Handreiking voor beleidsmakers. https://www.rijksfinancien.nl/sites/default/files/extrainfo/MKBA/Een%20kennismaking.pdf
26) Eijgen Finance. (2024, October 8). Operationele kosten - Eijgen Finance. https://www.eijgenfinance.nl/woordenboek/operationele-kosten/
27) Flamand, I., Barelds, L., Hoefnagels, F., Battjes, M., Cuijpers, W., Louis Bolk Instituut, & Transitiecoalitie Voedsel. (2023). Boer, bodem & Gezondheid (p. 81) [Report]. Louis Bolk Instituut. https://louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/boer-bodem-gezondheid.pdf
28) Frishammar, J., Söderholm, P., Bäckström, K., Hellsmark, H., & Ylinenpää, H. (2014). The role of pilot and demonstration plants in technological development: synthesis and directions for future research. *Technology Analysis And Strategic Management*, *27*(1), 1–18. https://doi.org/10.1080/09537325.2014.943715
29) Gelerter, D. (2023, 23 februari). De 5 beste bodemvochtigheidssensoren voor de landbouw. Boerderij21. https://www.farm21.com/nl/wat-is-de-beste-bodemvochtigheidssensor-2/
30) Gelerter, D. (2023, 25 mei). *Onze tech | Betaalbare bodemsensoren en gegevensplatform*. Boerderij21. https://www.farm21.com/nl/onze-tech/
31) Grass, C. (2024, 19 april). *Biobased bouwen met Miscanthus in de lift! — Carbon Grass*. Carbon Grass. https://carbongrass.nl/uitgelicht/biobased-bouwen-in-de-lift?
32) Gsd, R. G.-. (z.d.). *Bodemsensoren*. https://www.pcvpl.nl/fieldlabs/fieldlab-sensoren/bodemsensoren https://edepot.wur.nl/3507
33) https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/DELTAFACTS/Deltafacts%20NL%20PDF%20nieuw%20format/Natte-Teelten-V8-%28dec2023%29.pdf?utm

34) Hekkert, M. P., & Ossebaard, M. (2010). *De innovatiemotor*. Koninklijke van Gorcum BV.
35) Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of Innovation Systems: A new approach for analysing technological change. Technological 50 forecasting and social change, 74(4), 413-432. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.00
36) Hermans, F., Geerling-Eiff, F., Potters, J., Overbeek, G., Wageningen University, LEI, PPO, & Wageningen UR. (2014). *Publiek-private samenwerking in het agrarisch kennis- en innovatiesysteem*.
37) *Home*. (z.d.). Louis Bolk Instituut. https://www.louisbolk.nl/
38) Jacobson, M., PhD. (z.d.). *Miscanthus Budget for Biomass Production*. https://extension.psu.edu/miscanthus-budget-for-biomass-production
39) Kennisnet, G. (2017, 10 januari). *Groen kennisnet*. Groen Kennisnet. https://groenkennisnet.nl/nieuwsitem/niet-kerende-grondbewerking-verbetert-bodemkwaliteit-1
40) Kennisnet, G. (n.d.). Groen kennisnet. Groen Kennisnet. https://groenkennisnet.nl/nieuwsitem/landbouwemissies-verschillen-per-provincie-1
41) Knuivers, M. (2022, 8 augustus). *Kverneland komt met bovenover ecoploeg Ecomat On-land - Groenten & Fruit Actueel*. Groenten & Fruit Actueel. https://www.gfactueel.nl/kverneland-komt-met-bovenover-ecoploeg-ecomat-on-land/
42) Kool, F., Kempenaar, C., Riepma, J., & Medema, A. (2022). Vergelijkingsproef bodemvochtsensoren : vergelijking van verschillende bodemvochtsensoren op twee praktijkpercelen in het kader van NPPL. https://doi.org/10.18174/564720
43) *Koop olifantengras het duurzame gewas voor je toekomst – Carbon Grass*. (2025, 13 februari). Carbon Grass. https://carbongrass.nl/
44) *Kosten en baten van niet-kerende grondbewerking - Crkls*. (2025, 21 februari). Crkls. https://www.crkls.nl/onderzoeken/kosten-en-baten-van-niet-kerende-grondbewerking/?
45) *Kosten en baten van niet-kerende grondbewerking - Crkls*. (2025, February 21). Crkls. https://www.crkls.nl/onderzoeken/kosten-en-baten-van-niet-kerende-grondbewerking/#:~:text=Aan%20niet%2Dkerende%20grondbewerking%20worden,waterretentie%20en%20meer%20organische%20stof.&text=NKG%20kost%20minder%20brandstof%20dan,nodig%20en%20dit%20kost%20brandstof
46) Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Scurlock, J., & Huisman, W. (2000). Miscanthus: European experience with a novel energy crop. Biomass and Bioenergy, 19(4), 209–227. https://doi.org/10.1016/s0961-9534(00)00032-5
47) Logemann, A. (2020, December 7). Praktijkrijpheid bodemvochtsensoren - Precisielandbouw voor alle telers. Precisielandbouw Voor Alle Telers. https://www.proeftuinprecisielandbouw.nl/praktijkrijpheid-bodemvochtsensoren/
48) McCalmont, J. P., Hastings, A., McNamara, N. P., Richter, G. M., Robson, P., Donnison, I. S., & Clifton-Brown, J. (2015). Environmental costs and benefits of growingMiscanthusfor bioenergy in theUK. *GCB Bioenergy*, *9*(3), 489–507. https://doi.org/10.1111/gcbb.12294
49) Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur. (2018, 11 september). *Minister Schouten wil omslag naar kringlooplandbouw nu inzetten*. Nieuwsbericht | Agroberichten Buitenland. https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2018/09/08/minister-schouten-wil-omslag-naar-kringlooplandbouw-nu-inzetten
50) Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur. (2017, 26 november). *Steun voor precisielandbouw in Rusland*. Agrospecials | Agroberichten Buitenland. https://www.agroberichtenbuitenland.nl/specials/innovatie/rusland

51) *Miscanthusgroep Haarlemmermeer | Miscanthus groep*. (z.d.). https://miscanthusgroep.nl/miscanthus/miscanthusgroep-haarlemmermeer/
52) Monique Bestman, Alice Blok, Hugo Bosland, Abco de Buck, Roy Gommer, Eric Hees, Ruud Hendriks, Zwanet Herbert, Dennis Heupink, Merel Hondebrink, Tjalling Huisman, Peter Leendertse, Monique Mul, Udo Prins, Petra Rietberg, Burret Schurer, Pieter Struyk, Jenneke van Vliet, Jacco Vrijlandt, . . . Erik van Well. (2024). *Natuurinclusieve landbouw in de praktijk* (B. Luske, B. Tinhout, & M. Veenenbos, Reds.). Brill.
53) Nationale proeftuin precisielandbouw. (n.d.). WUR. https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/kennisonline-onderzoeksprojecten-lvvn/kennisonline/nationale-proeftuin-precisielandbouw1.htm#:~:text=In%20totaal%20worden%20nu%20dus%2026%20boeren%20begeleid%20bij%20achttien%20praktijkcases.
54) Natuurinclusief boeren levert geld op. (n.d.). https://www.natuurinclusievelandbouwgelderland.nl/nieuws/natuurinclusief-boeren-levert-geld-op/
55) *Natuurinclusieve landbouw: wat is het en hoe werkt het?* (2025, 4 februari). ZLTO. https://www.zlto.nl/natuurinclusieve-landbouw/
56) *Natuurlijkboeren.nl - Vruchtwisseling*. (z.d.). https://www.natuurlijkboeren.nl/vruchtwisseling#:~:text=Vruchtwisseling%20verbetert%20de%20bodem%20en,en%20wordt%20de%20biodiversiteit%20groter.
57) Negro, S. O., Hekkert, M. P., & Smits, R. E. (2006). Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion—A functional analysis. *Energy Policy*, *35*(2), 925–938. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.027
58) Niesten, R. & Waterschap Limburg. (n.d.). Bodemverdichting en vaste rijpaden in de biologische landbouw. Unknown.
59) *Niet-kerende grondbewerking - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer*. (2024, 10 oktober). Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. https://agrarischwaterbeheer.nl/maatregel/niet-kerende-grondbewerking/?utm
60) *Niet-kerende grondbewerking - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer*. (2025, 11 juni). Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. https://agrarischwaterbeheer.nl/maatregel/niet-kerende-grondbewerking/
61) Niet-kerende grondbewerking - Natuurinclusieve Landbouw. (2020, January 22). Natuurinclusieve Landbouw. https://www.landbouwmetnatuur.nl/maatregelen/niet-kerende-grondbewerking/
62) Nieuwe Oogst, https://www.nieuweoogst.nl. (2025, 24 januari). *Bedrijven werken samen aan nieuwe ontwikkelingen voor teelt miscanthus*. Nieuwe Oogst. https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2025/01/24/bedrijven-werken-samen-aan-nieuwe-ontwikkelingen-voor-teelt-miscanthus
63) Nieuwe Oogst, https://www.nieuweoogst.nl. (2024, 8 augustus). *Carbon credits vezelgewassen nemen grote vlucht*. Nieuwe Oogst. https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2024/08/08/carbon-credits-vezelgewassen-nemen-grote-vlucht?
64) Nieuwe Oogst, https://www.nieuweoogst.nl. (2024, March 12). *Mammoetgras moet zich nog bewijzen*. Nieuwe Oogst. https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2024/03/12/mammoetgras-moet-zich-nog-bewijzen#:~:text=Verder%20moeten%20telers%20rekening%20houden,van%20zo'n%20450%20euro.&text=Aan%20de%20opbrengstkant%20gaat%20Van,voor%20150%20euro%20per%20ton.
65) Nieuwe Oogst, https://www.nieuweoogst.nl. (2020, 12 maart). *Meten met bodemsensoren is ongeveer weten*. Nieuwe Oogst. https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/03/12/meten-met-bodemsensoren-is-ongeveer-

weten#:~:text=De%20SoilXplorer%20en%20de%20iScan,bepalen%20van%20de%20ideale%20zaaidiepte
66) Nieuwe Oogst, https://www.nieuweoogst.nl. (2014, July 26). Onderzoekers blij met olifantsgras. Nieuwe Oogst. https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2014/07/26/onderzoek2ers-blij-met-olifantsgras
67) *NPPL homepagina - Precisielandbouw voor alle telers*. (2024, 28 oktober). Precisielandbouw Voor Alle Telers. https://www.proeftuinprecisielandbouw.nl/
68) NTP. (2025, 17 april). *Grasfalt | Dé innovatieve oplossing voor duurzame wegenbouw!* https://ntp.nl/asfalt/grasfalt/
69) Olifantsgras - Miscanthus. (n.d.). WUR. https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/dossiers/dossier/olifantsgras-miscanthus.htm
70) *Particulieren - Rabobank*. (z.d.). Rabobank. https://www.rabobank.nl/particulieren
71) Reflectieve monitoring van innovatieprogramma's en innovatiesystemen instructiehandboek. (2011). In *Reflectieve Monitoring van Innovatieprogramma's en Innovatiesystemen Instructiehandboek* (p. 4).
72) Support, & Support. (2024, 2 januari). Miscanthus Beton maakt de bouw en infra circulair - SMARTCirculair. *SMARTCirculair - Empowering the future*. https://www.smartcirculair.com/miscanthus-maakt-de-bouw-en-infra-circulair/
73) Talsma, M., & Kooiman, S. (2012). Klimaatadaptief waterbeheer: wat biedt de bodem?: Kennismaking, kennisvragen en lopende projecten. Stowa. https://edepot.wur.nl/221771
74) Terravesta Miscanthus. (z.d.). *Carbon Life cycle*. https://www.terravesta.com/shared-files/3688/?Terravesta-Miscanthus-Carbon-Life-Cycle-Report.pdf
75) Unknown. (2021b). Kansen, knelpunten en randvoorwaarden voor de productie en toepassing van bio-grondstoffen in de provincie Noord-Holland. In *Rapportage* (Vol. 2). https://www.noord-holland.nl/bestanden/pdf/Kansen%20voor%20productie%2C%20verwerking%20en%20toepassing%20van%20bio-grondstoffen%20in%20provincie%20Noord-Holland.pdf?
76) Unknown. (z.d.). Teelt van miscanthus voor strooisel. In *Unknown*. https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/teelt-van-miscanthus-voor-strooisel.pdf
77) Wageningen University & Research. (2014). Niet-kerende grondbewerking: Resultaten uit de praktijk). https://edepot.wur.nl/283167
78) Wat kun jij inzetten voor duurzaam bodembeheer? - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. (2024, 29 mei). Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. https://agrarischwaterbeheer.nl/nieuws/wat-kun-jij-inzetten-voor-duurzaam-bodembeheer/
79) Van de Weide, R., van Alebeek, F., Van der Broek, R., (2008). En de boer, hij ploegde niet meer?
80) Van Staveren, J. (2025, 19 februari). Multicriteria analyse (MCA) - Spilter Methodieken - Spilter. Spilter. https://spilter.nl/multicriteria-analyse-mca-spilter-methodieken/
81) *VOOR TELERS* -. (2024, 7 mei). https://miscancell.nl/voor-telers-2/?
82) *Vruchtwisseling - Diana's mooie moestuin*. (z.d.). Diana's Mooie Moestuin. https://www.mooiemoestuin.nl/moestuin/vruchtwisseling/
83) *Waarom is vruchtwisseling zo belangrijk? | De Bolster biologische zaden*. (z.d.). https://www.bolster.nl. https://www.bolster.nl/waarom-is-vruchtwisseling-zo-belangrijk/t23724?srsltid=AfmBOorxuEyHzhhc-7HSfkc_5Use025fHJJKQr4r_8BmkHI3Eg5R-I79
84) Wemmenhove, H. (2024, 12 december). Methaanreductie blijft een lastige opgave. *WUR*. https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/livestock-research/show-wlr/methaanreductie-blijft-een-lastige-

opgave.htm#:~:text=Het%20project%20Koeien%20%26%20Kansen%20heeft,CH4)%20per%201000%20kg%20melk.
85) Westhoek, H., Schulte-Uebbing, L., Plomp, A., & PBL Planbureau voor de Leefomgeving. (2024). *Trajecten naar een 'klimaatneutrale' landbouw, landgebruik en glastuinbouw in 2050*. PBL Planbureau voor de Leefomgeving. https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-04/pbl-2024-trajecten-naar-een-klimaatneutrale-landbouw-landgebruik-glastuinbouw-5202.pdf

9. Bijlage

Symbolische scores naar ordinale scores

Criterium	Vruchtwisseling	NKG	Olifantsgras	Omschaling
Duurzaamheid	++	+	++	++ = 5, + = 3
Ruimtegebruik	+	+	+	+ = 3
Bodemgezondheid	++	+	++	++ = 5, + = 3
CO_2-reductie	+	+	++	++ = 5, + = 3
Efficiënt gebruik input	+	+	++	++ = 5, + = 3

Deelanalyse 1

Inleiding

De landbouwsector staat voor een dubbele uitdaging: bijdragen aan klimaatdoelen én economisch levensvatbaar blijven. Dit spanningsveld tussen duurzaamheid en financiële belangen maakt de transitie complex, zeker op regionaal niveau. In Gelderland is de urgentie hoog vanwege de relatief grote veehouderijsector, die verantwoordelijk is voor 16% van de landelijke landbouwemissies *(Kennisnet, n.d.)*. Ook bodemdegradatie en eisen vanuit het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) zetten de sector onder druk. De provincie stimuleert duurzame praktijken met subsidies en beleidsinstrumenten, wat Gelderland tot een relevant studiegebied maakt.

Natuur-inclusieve landbouw benut natuurlijke processen, biodiversiteit en kringlopen, en levert naast voedselproductie ook bijdragen aan natuurherstel, waterbeheer en klimaatmitigatie. Dit onderzoek vergelijkt drie alternatieven:

1. **Slimme vruchtwisseling en bodembeheer met sensoren** – helpt tegen droogte, vochttekort en natschade *(Talsma & Kooiman, 2012)*;
2. **Niet-kerende grondbewerking** – behoudt bodemleven door minimale verstoring *(Niet-kerende Grondbewerking, 2020);*
3. **Teelt van olifantsgras (miscanthus)** – toepasbaar als strooisel, brandstof of grondstof voor bio-economie *(Olifantsgras, n.d.).*

Voor implementatie zijn investeringen, gedragsverandering en samenwerking nodig. Er bestaan nog onzekerheden over technische haalbaarheid, economische rendabiliteit en adoptiebereidheid.

Om te bepalen welk alternatief het meest geschikt is voor de regio Gelderland, staat de volgende onderzoeksvraag centraal:
Welke van de drie natuur-inclusieve landbouwmaatregelen is het meest kansrijk voor toepassing

in Gelderland, rekening houdend met technische, economische en adoptie-gerelateerde aspecten?

De vraag wordt beantwoord via een multicriteria-analyse (MCA), bestaande uit:

1. Een technologische en financiële analyse;
2. Een contextuele innovatiesysteemanalyse.
   De resultaten geven richting aan integratie binnen het GLB en het Gelderse landbo

1. Technologie-analyse

1.1 Criteria-analyse

Om tot een passende oplossing te komen, is het van belang de beoordelingscriteria duidelijk te definiëren. Op basis van grondig onderzoek is er gekeken wat er binnen natuur-inclusieve landbouw bereikt moet worden, met de aandacht op duurzaamheid en economische haalbaarheid, zonder te veel neveneffecten. In dit verslag zijn er daarom voor de volgende criteria gekozen:

- **Duurzaamheid**: Natuur inclusieve landbouw helpt bij het bevorderen van een duurzaam systeem waarbij ecologische, economische en sociale aspecten in balans worden gehouden. Met als doel het behouden van biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit op langer termijn (*Natuurinclusieve Landbouw: Wat Is het en Hoe Werkt Het?*, 2025).
- **Ruimtegebruik**: Nederland in een klein land waar al veel ruimte wordt gebruikt voor landbouw. Omdat er niet onbeperkt ruimte is en er veel beschermde natuurgebieden zijn, is het van belang dat de innovatie niet te veel nieuwe ruimte in gebruik neemt, het zou dus voor dit criterium ideaal zijn om de ruimte die al in gebruik is optimaal te benutten, of zelfs de ruimte te reduceren *(CBS, 2020b)*.
- **Bodemgezondheid op lange termijn**: Een gezonde bodem ondersteunt het water- en nutriëntenopname, voldoende biodiversiteit en koolstofopslag. Deze aspecten verhoogt de weerbaarheid tegen droogte en vermindert de afhankelijkheid van kunstmest en bestrijdingsmiddelen (*Bodemkwaliteit en Ecosysteemdiensten (SIREN)*, *z.d.).*
- **CO2-reductie**: Het is van belang dat de landbouw meedraagt aan klimaatdoelen, dit kan doormiddel van efficiënter gebruik te maken van brandstoffen, kunstmest en het vergroten van koolstofopslag. Dit kan ook economische voordelen bieden met subsidies of koolstofkredieten *(Westhoek et al., 2024).*
- **Efficiënt gebruik van input**: een lager gebruik van kunstmest, water en pesticiden vermindert milieuschade, CO2-uitstoot en algehele kosten. Zo blijft de impact op de biodiversiteit beperkt en kan de productie duurzamer worden *(Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, 2018).*

1.2 Mogelijke oplossingen

Aan de hand van de beschreven criteria zullen er drie mogelijke oplossingen worden uitgewerkt en in een effectentabel worden naast elkaar worden gezet. Deze effecten tabel zal meegenomen worden in de MCA. Er zijn veel verschillende oplossingen mogelijk, maar in dit onderzoek zal de focus liggen op de volgende alternatieven:

1. Slimme vruchtwisseling en bodembeheer met bodemsensoren
Door het gebruik van bodemsensoren krijgt de boer inzicht in cruciale bodemkenmerken, zoals de vochtigheid, temperatuur, pH en nutriënten. Met deze data kunnen verschillende processen beter worden afgestemd op de actuele toestand van de bodem wat uitputting en ziekte kan voorkomen.

2. Niet-kerende grondbewerking (NKG)
Bij NKG wordt de bodem minder diep bewerkt, waardoor de bodemstructuur beter behouden blijft. Dit stimuleert onder bodemlevens thoudend vermogen van water. Daarmee wordt de landbouw weerbaarder tegen extreme weersomstandigheden, zoals droogte of hevige regenval. Ook leidt NKG tot minder afbraak van organisch materiaal, waardoor CO_2 langer wordt opgeslagen in de bodem. Doordat de bewerking minder intensief is, daalt bovendien het gebruik van fossiele brandstoffen.

3. Olifantsgras
Olifantsgras is een snelgroeiend gewas dat weinig bemesting of bestrijdingsmiddelen nodig heeft. Het groeit goed op natte of marginale gronden, die vaak minder geschikt zijn voor gangbare landbouw. Hierdoor draagt het bij aan slim landgebruik zonder concurrentie met voedselproductie. Het gewas slaat relatief veel CO_2 op en is inzetbaar voor diverse toepassingen, zoals biobased bouwmaterialen, energieproductie en stalstrooisel. Daarmee biedt het zowel ecologische als economische meerwaarde.

Een uitgebreidere toelichting op deze oplossingen is opgenomen in de bijlage.

1.3 Effectentabel

Criterium	Meetschaal	Kosten of Baten	Dimensie	Vruchtwisseling	Grondbewerking	Olifantsgras
Duurzaamheid	Ordinaal	Baten	--/-/+/++	++	++	++
Ruimte gebruik	Ratio	Kosten	Extra hectare	0 ha	0 ha	1800 ha
Bodemgezondheid op lange termijn	Binair	Baten	Ja/Nee	Ja	Ja	Ja
CO2-reductie per jaar	Ratio	Baten	T/Ha/Jaar	27.810.000 ton	40 - 80 ton	28,35 ton
Efficiënt gebruik van input	Ordinaal	Baten	--/-/+/++	+	+	++

Tabel 1.

1.3.1 Duurzaamheid

Vruchtwisseling

Door verschillende gewassen af te wisselen met elkaar verbetert de bodemstructuur. Ook wordt nutriëntenuitspoeling beperkt en daarnaast neemt de biodiversiteit toe. Dit versterkt de water- en bodemkwaliteit. Economisch verlaagt het de afhankelijkheid van kunstmest en bestrijdingsmiddelen, en verhoogt de opbrengstzekerheid. Sociaal versterkt het de positie van boeren door veerkracht en kennisopbouw. Door de economische sociale voordelen te combineren, ondersteunt vruchtwisseling op alle vlakken de lange termijn duurzaamheid van landbouwsystemen (N*atuurinclusieve Landbouw, 2025*). Er wordt daarom een ++ score gegeven.

Grondbewerking

NKG wordt als een duurzame techniek gezien doordat vermindering van bodemerosie ontstaat, betere waterinfiltratie en meer organische stofopbouw, want de gewasresten blijven meer op het oppervlak liggen. NKG helpt ook bij aan de koolstofopslag in de grond, als met de CO2-uitstoot van machines door hun minimale gebruik (*Monique Bestman et al., 2024*).

Olifantsgras

Olifantsgras krijgt een score van ++, dit kom door zijn lange en hoge CO2 opslag in de bodem: het slaat ca. 30 ton CO2/ha op, zes keer meer dan bomen (*Grass 2024; NTP, 2025*). De plant kan tot 20 jaar geoogst worden, wat voordelig is tegen emissies (*Support & Support, 2024*). Wanneer de vezels worden gebruikt voor biobased materiaal is het drogen ervan nauwelijks nodig, omdat de plant maar negen procent vocht bevat, dit scheelt in de uiteindelijke energie kosten (*Olifantsgras - Miscanthus, z.d.-c*).

1.3.2 Ruimte gebruik

Vruchtwisseling

De landbouwgrond in Gelderland neemt momenteel 298.500 hectare in beslag (*CBS, 2020*). Vruchtwisseling zal alleen plaatst vinden op de grond die momenteel al in gebruik is. Er zal dus geen extra grond in beslag worden genomen.

Grondbewerking

Voor NKG is er geen extra ruimte nodig, doordat het een teeltechniek, geen nieuwe teelt. Doordat er beter omgegaan wordt met de bodem verhoog je wel de productiviteit van dezelfde oppervlakte, met minder bodemuitputting en niet nieuwe stukken grond hoeft in te zetten. Dit zal dus weer 298.500 hectare omvatten

Olifantsgras

Olifantsgras groeit goed op onbenutte gronden waardoor het niet concurreert met voedselgewassen of natuurgebieden. Er is nog maar ca.1800ha door olifantsgras ingenomen door de hoge opstartkosten (*Miscanthusgroep Haarlemmermeer | Miscanthus Groep*, z.d.) Voor nu wordt het nog veel ingezet voor dubbel doeleinden, bijvoorbeeld bij Schiphol zodat het de ganzen weghoudt, langs snelwegen omdat het ook geluiddempend is. Olifantsgras kan tot een hoogte van 7 meter groeien, wat dus weinig ruimte in beslag hoeft te nemen (*Unknown, 2021b*).

1.3.3 Bodemgezondheid op lange termijn

Vruchtwisseling

Een geoptimaliseerde vruchtwisseling bevorderd de bodemgezondheid op de lange termijn (*Natuurlijkboeren.nl - Vruchtwisseling*, z.d.). De bodemsensoren kunnen goed monitoren wanneer de gewassen die zich diep wortelen en dus veel impact hebben op de bodem afgewisseld moeten worden met oppervlakkerige gewassen, die minder impact hebben. De

gewassen zoals peulvruchten en klaversoorten, binden stikstof in de bodem en verbeteren hiermee de bodemkwaliteit op lange termijn. De bodemsensoren moeten goed bijhouden wanneer het groeiseizoen precies voorbij is zodat deze planten kunnen worden geplant om de resultaten te optimaliseren (*Natuurlijkboeren.nl - Vruchtwisseling, z.d.*).

Grondbewerking
Het beschermen van het bodemleven- zoals schimmels- bacteriën door middel van niet- hogere bodemvruchtbaarheid op lange termijn (*van der Weide et al, 2008*).

Olifantsgras
Olifantsgras kan tot wel 20 jaar op dezelfde plek groeien zonder intensieve bodembewerking waardoor de structuur onveranderd blijft. Hierdoor kan de bodem beter water vasthouden, meer koolstof opslaan en er vindt verminderde afbraak van organische stoffen in de bodem plaats (*Kennisnet, 2017*).

1.3.4 CO2-reductie

Vruchtwisseling
Door het afwisselen van gewassen, vooral met diepwortelende soorten zoals peulvruchten en grasklaver, wordt de organische stof in de bodem verhoogd. Dit leidt tot een grotere koolstofopslag in de bodem, wat direct bijdraagt aan de vermindering van CO_2 in de atmosfeer (*Bruns & Schuttelaar & Partners, 2023*). Uit eerder onderzoek is er de schatting gemaakt dat dit in Gelderland kan leiden tot een reductie van 0,05 Mton CO_2-equivalenten per jaar. De dichtheid bij normale druk van een ton CO_2 = 556,2 m^3 CO_2 (*Bruns & Schuttelaar & Partners, 2023*). 0,05 Mton CO_2 = 50.000 ton CO_2. Dus 50.000 ton CO_2 x 556,2 m³/ton = 27.810.000 m³ CO_2 reductie per jaar.

Grondbewerking
Door het behouden van de bodemstructuur wordt de afbraak van organisch materiaal vertraagd. Hierdoor wordt de opgeslagen CO2 beter vastgehouden en wordt de uitstoot hiervan verminderd (*Admin, 2023*). Gemiddeld wordt per jaar 2% tot 4% van de aanwezige organische stof afgebroken. 2,5% organische stof bevat ongeveer 50 ton koolstof per hectare (*Admin, 2023*). 2% organisch stof bevat dus 40 ton koolstof en 4% bevat 80 ton koolstof.

Olifantsgras
Olifantsgras staat bekend om zijn vermogen veel CO_2 vast te leggen. Dit doet het gewas via bovengrondse vastlegging waarbij de 12 tot 16 ton droge biomassa per hectare tot wel 26 ton CO2/ha per jaar uit de atmosfeer opneemt. Daarnaast vindt ook nog de ondergrondse vastlegging plaats waarbij er wordt aangetoond dat er 2,35ton/ hectare per jaar wordt opgeslagen (*Terravesta Miscanthus, z.d.*). Dit brengt het tot een totale CO2-reductie van ongeveer 28,35 ton CO2/ha per jaar.

1.3.5 Efficiënt gebruik van input

Vruchtwisseling
Een goed gemonitorde opeenvolging van gewassen kan leiden tot betere opname-efficiëntie van nutriënten wat erg van belang is voor de gewassen (*Natuurlijkboeren.nl - Vruchtwisseling, z.d.*).

Water en andere voedingsstoffen zullen beter kunne worden opgenomen. Dit zal dus de efficiëntie van de input vergroten en er zal een + score worden toegerekend.

Grondbewerking

De opgeslagen CO2 wordt beter vastgehouden en er zal dus minder uitstoot van zijn (*Admin, 2023*). Doordat de bodem minder diep wordt omgeploegd is er minder intensieve arbeid nodig. Deze verminderde arbeid gaat gepaard met een vermindert gebruik kunstmest water. De input wordt zal dus efficiënter worden gebruikt en er zal een + score worden toegerekend.

Olifantsgras

Volgens McCalmont et al. (2015) heeft olifantsgras een hoge watergebruik efficiëntie, waarbij wordt aangetoond dat het gewas tussen de 9,1 en 9,5 gram droge stof per liter water produceert. Daarnaast hergebruiken ze hun eigen voedingsstoffen door ze in de winter op te slaan in de wortels, waardoor ook weinig bemesting nodig is (*Unknown, z.d.*). Hierdoor scoort olifantsgras een ++ op het efficiënt gebruiken van input.

1.3.6 Onzekerheden

Vijf duurzame bodembeheer-werkwijzen – vruchtwisseling, minimalisering van de grondbewerking, toepassing van olifantsgras, compost en teelt van strokengewijs – zijn gewaardeerd op basis van een combinatie van wetenschappelijke literatuur en ervaring vanuit de zes demovelden. Er zijn hierbij verschillende aannames gedaan, wat leidt tot verschillende onzekerheden. Ruimtebeslag is goed meetbaar en daardoor weinig onzeker (1). Duurzaamheid is kwalitatief onderbouwd en redelijk betrouwbaar (2). Bodemkwaliteit hangt af van lokale omstandigheden zoals bodemtype en klimaat, wat leidt tot een matige onzekerheid (3). CO_2-reductie is moeilijk te kwantificeren, vooral bij olifantsgras, waardoor deze score het meest onzeker is (4). Zorgvuldig omgaan met input is deels meetbaar, maar blijft subjectief, met een gemiddelde onzekerheid (3).

1.4 Effectentabel technologische analyse

Vruchtwisseling is een van de maatregelen met een goede score op duurzaamheid en bodemgezondheid, niet ruimtevragend, en haalt een forse bijdrage aan de CO_2-reductie, ongeveer 28 miljoen ton. Ook het gebruik van onze inputs wordt steeds effectiever, daarmee is deze maatregel betrouwbaar en bewezen. Ook grondbewerking brengt dezelfde voordelen met zich mee: duurzaam, afstemmend op de bodem en niet ruimtevragend, goed voor 40-80 ton CO_2-reductie per hectare. Alle twee zijn het laagdrempelige maatregelen die technisch niet moeilijk zijn.
Olifantsgras heeft met 28,35 ton CO_2-reductie per hectare per jaar een hoog startpotentieel en kan bijdragen aan herstel van de bodem en aan de biodiversiteit. Wanneer het op zeer grote schaal wordt toegepast is er echter 1800 hectare grond meer voor nodig en dat is in Nederland een probleem. Voorts is nog niet zonder meer zeker hoeveel CO_2 olifantsgras wel wil opnemen en kan dat wel opgeschaald worden.
Kortom, Vruchtwisseling en grondbewerking zijn reëel en zekere oplossingen, terwijl olifantsgras vooral een aanvullende maatregel is en alleen te gebruiken indien er echt ruimte voor is.

2. Financiële-analyse

2.1 Verschillende financiële criteria

In de technologische analyse zijn er drie alternatieven vergeleken: slimme vruchtwisseling en bodembeheer met bodemsensoren, niet-kerende grondbewerking en de teelt van olifantsgras. Om tot een advies te komen, is het van belang om niet alleen naar de technologische haalbaarheid te kijken, maar ook naar de financiële aspecten. Een doordachte keuze vereist dat de technologie duurzaam en economisch verantwoord is.
Kijkend vanuit de literatuur en de drie bodem gerelateerde alternatieven, zijn de best toepasbare financiële criteria hieronder uiteengezet om natuur-inclusieve landbouwmaatregelen te beoordelen van de regio Gelderland.

1. Jaarlijkse operationele kosten van boeren

Dit geeft een duidelijk inzicht in wat voor arbeid de boer jaarlijks moet leveren aan zaaien, bemesten, ploegen en oogsten. De operationele kosten van een boer zijn erg belangrijk omdat ze direct invloed hebben op hoe winstgevend het bedrijf is (*Eijgen Finance, 2024*).

2. Totale initiële investering per hectare

Wat er duidelijk wordt is welke directe kosten er nodig zijn van de boeren om toe te passen op hun stuk land in Gelderland. Dit is relevant, aangezien boeren het alternatief niet adopteren als de kosten boven hun drempelwaarde liggen.

3. Netto Contante Waarde (NCW)

Dit is het saldo van kosten en baten als beide teruggerekend worden naar de waarde op het start moment dat een maatregel (*Ecorys et al., n.d.).* Doormiddel van de NCW wordt er een duidelijk beeld geschetst van de langetermijneffecten van een mogelijke oplossing

4. Financieringsmogelijkheden en subsidies

De beschikbaarheid van subsidies van de GLB of andere vormen van financiële steun beïnvloeden de keuzes van de boeren.

5. Opbrengsten van de alternatieven per hectare

Dit criterium laat zien welke directe financiële baten natuur-inclusieve alternatieven opleveren. Voorbeelden zijn de verkoop van olifantsgras of CO_2-credits bij emissiereductie (Carbon Credits | ClimatePartner, n.d.).

2.2 Gekozen criteria

Om de economische haalbaarheid van natuur-inclusieve landbouwmaatregelen in Gelderland goed te beoordelen, is het van belang om zowel korte- als langetermijneffecten in kaart te brengen. Daarom is gekozen voor twee kerncriteria: de totale initiële investering per hectare en de Netto Contante Waarde (NCW) over tien jaar. Samen bieden deze inzicht in de financiële drempel bij de start en het rendement op langere termijn.

De totale initiële investering per hectare is gekozen omdat dit criterium helder maakt welk bedrag boeren vooraf moeten investeren om een maatregel toe te passen. Dit is cruciaal voor de adoptiebereidheid: uit onderzoek van Brian Roe blijkt dat 26% van de boeren zichzelf als risicomijdend beschouwt (Choices Magazine Online, n.d.). Een hoge aanvangsinvestering kan dan een barrière vormen. Bovendien is dit criterium eenvoudig te kwantificeren en goed vergelijkbaar tussen de drie alternatieven.

De Netto Contante Waarde biedt inzicht in het verwachte financiële rendement over de tijd. Deze maatstaf houdt rekening met toekomstige kosten en baten, omgerekend naar hun huidige waarde via een discontovoet. Dit maakt het mogelijk om langetermijneffecten zoals besparingen op kunstmest of opbrengsten uit CO_2-credits, op een systematische manier mee te nemen in de analyse.

De formule die wordt gebruikt om de NCW te berekenen =

$$\text{NCW} = -I + \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - K_t}{(1+r)^t}$$

- I = initiële investering (dit is in jaar 0)
- K*t* = kosten (jaarlijks) in jaar *t*
- B*t* = baten in jaar *t*
- *r* = discontovoet
- *n* = tijd van de analyse

2.3 Scores per alternatief

2.3.1 Slimme vruchtwisseling en bodembeheer

De initiële investering van slimme vruchtwisseling is gebaseerd op het gemiddelde van de aanschafkosten van de 10 verschillende bodemsensoren, zoals die vermeld zijn in het WUR-rapport (Kool et al., 2022). Dit geeft een score van €789,14 euro per hectare.

De NCW berekening:

$$\text{NCW} = -789{,}14 + \sum_{t=1}^{10} \frac{700 - 136{,}30}{(1+0{,}05)^t}$$

De NCW van slimme vruchtwisseling en bodembeheer met deze cijfers geeft een positieve waarde van €346,06 euro per hectare in 10 jaar.

2.3.2 Niet-kerende grondbewerking (NKG)

Voor de initiële investering van niet-kerende grondbewerking (NKG) moeten machines aangepast worden aan de vaste afstanden die tussen de rijpaden liggen. De kosten komen uit op circa €900 euro per hectare (Niesten & Waterschap Limburg, n.d.).

De NCW berekening:

$$\text{NCW} = -900 + \left(\frac{-53}{(1{,}05)^1} + \frac{-53}{(1{,}05)^2} + \sum_{t=3}^{10} \frac{196}{(1{,}05)^t} \right)$$

De NCW van niet-kerende grondbewerking met deze cijfers geeft een positieve waarde van €120,33 euro per hectare in 10 jaar.

2.3.3 De teelt van olifantsgras

Olifantsgras wordt geplant via rhizomen, waarbij de eerstejaarskosten voor grondvoorbereiding, aanschaf, aanplant en onkruidbestrijding ongeveer €3.500 per hectare bedragen (VOOR TELERS, 2024). Nieuwe Oogst (2024) vermeldt daarnaast een investering van €6.000 per hectare, vooral voor de aanschaf van tienduizend planten van €0,60 per stuk. Omdat niet duidelijk is of de €3.500 ook de plantenaanschaf omvat, wordt de totale initiële investering geschat op ongeveer €7.500 tot €9.500 per hectare.

De NCW berekening:

$$\text{NCW} = -8500 + \left(\frac{-800}{(1{,}05)^1} + \frac{-800}{(1{,}05)^2} + \sum_{t=3}^{10} \frac{(4900 - 800)}{(1{,}05)^t} \right)$$

De NCW van de teelt van olifantsgras geeft een positieve waarde van €2517,04 euro per hectare in 10 jaar.

Criteria	**Kosten / Baten**	**Alternatieven**			**Dimensie**
		slimme vruchtwisseling en bodembeheer met bodemsensoren	niet-kerende grondbewerking (NKG)	De teelt van olifantsgras	
Totale initiële investering per hectare (€/ha)	Kosten	€789,14	€900,00	€8500	Monetair: euro's
Netto Contante Waarde van 10 jaar (NCW) (€/ha)	Baten	€346,06	€120,33	€2517,04	Monetair: euro's

Tabel 2.

3. Onzekerheidstabel

Bij de beoordeling van de financiële criteria is de mate van onzekerheid verschillend, afhankelijk van de beschikbaarheid van data en de technologische rijpheid van de onderzochte opties. Voor elk criterium en elke technologie is de onzekerheid ingeschat op een ordinale schaal van 1 (geen onzekerheid) tot 5 (zeer grote onzekerheid).

Criteria	Vruchtwisseling	NKG	Olifantsgras
Duurzaamheid	2	3	3
Ruimtegebruik	2	2	4
Bodemgezondheid	2	2	3
CO2-reductie	2	3	2
Efficiënt gebruik input	3	4	2
Initiële investering	1	1	3
NCW	2	3	2

Tabel 3

Op basis van de onzekerheidstabel blijkt dat vruchtwisseling over het algemeen de laagste onzekerheid kent, vooral bij investeringen en baten. NKG scoort wat ongunstiger door hogere onzekerheid bij efficiëntie en NCW. Olifantsgras toont sterke potentie, maar heeft hogere onzekerheid rond ruimtegebruik en investeringskosten. Bij beleidskeuzes is het daarom belangrijk om niet alleen naar de scores te kijken, maar ook de betrouwbaarheid van de data per optie mee te wegen

4. Vooruitblik

De eerste deelanalyse richt zich op de technologische en financiële kenmerken van de alternatieven. Hoewel deze aspecten belangrijk zijn, bepalen zij niet volledig de keuze. De sociaal-maatschappelijke context beïnvloedt namelijk sterk het succes en de uitvoerbaarheid van de opties. Factoren zoals gebruikersacceptatie, maatschappelijke weerstand en beleidskaders spelen hierin een rol.

De tweede deelanalyse onderzoekt deze sociale en maatschappelijke aspecten met behulp van theoretische raamwerken zoals het innovatiesysteem en adoptietheorieën. Dit maakt het mogelijk om aanvullende criteria te bepalen die de keuze verder onderbouwen. Door deze analyse ontstaat een completer en praktischer advies, waarin technische, financiële en maatschappelijke factoren geïntegreerd zijn. Dit verhoogt de toepasbaarheid van het advies voor de opdrachtgever.

Deelanalyse 2

Inleiding

Dat de landbouwsector voor twee grote problemen staat, bijdragen aan klimaatdoelen én economisch levensvatbaar blijven, is uit deelanalyse 1 gebleken. De economische bestaanszekerheid van boeren wordt onder druk gezet, omdat ze de klimaatdoelen lastig te halen zijn met het gebruik van traditionele landbouw. Deelanalyse twee bouwt voort op deelanalyse 1, waarin er wordt gekeken naar dezelfde drie natuur-inclusieve maatregelen: (1) slimme vruchtwisseling met bodemsensoren, (2) niet-kerende grondbewerking en (3) de teelt van olifantsgras. Waar de vorige analyse zich richtte op de technologische en economisch criteria, staat in deze analyse de keuze op basis van sociaal-maatschappelijke context en de omgeving centraal.

We gebruiken het Technologisch Innovatiesysteem (TIS)**-**kader om dit maatschappelijke perspectief te onderzoeken. TIS verklaart hoe technologische vernieuwing afhankelijk is van verschillende factoren. Binnen deze analyse richten we ons op drie kernfuncties uit deze theorie**:** kennisontwikkeling (F2), marktformatie (F5) en mobilisatie van middelen (F6) (Hekkert et al., 2007)**.** Deze drie systeemcriteria bieden veel waarde in de inzichten naar de technologische ontwikkeling, acceptatie en de marktkansen. Deze worden dan ook veel toegepast in de context van duurzame technologische transities.

Elke maatregel is beoordeeld op een schaal van 1 (zeer zwak) tot 5 (zeer sterk) per systeemfunctie. Hierbij zijn zowel absolute als ordinale scores toegepast. De scores laten zien in hoeverre elke maatregel is ontwikkeld. Aan de hand van de scores is het mogelijk om ze met elkaar te vergelijken. Deze beoordelingen worden toegpast als input voor de Multi-Criteria-Analyse (MCA).

Zo draagt deze deelanalyse bij aan de centrale vraag van de provincie Gelderland: *Welke van de drie natuur-inclusieve landbouwmaatregelen is het meest kansrijk voor toepassing in Gelderland, rekening houdend met technische, economische en adoptie-gerelateerde aspecten?*

Quick scan

Voor het analyseren van de drie natuur-inclusieve landbouwmaatregelen op sociaal-maatschappelijk vlak, is gebruikgemaakt van het raamwerk van Technologische Innovatiesystemen (TIS) (Hekkert et al., 2007). Dit model helpt te verklaren waarom sommige innovaties blijven steken in de ontwikkelingsfase en andere succesvol worden ingevoerd. Het TIS-model kijkt daarbij niet enkel naar de innovatie zelf, maar ook naar de omgevingsfactoren, zoals wetgeving, marktwerking, financiering, kennisdeling en betrokken partijen. In deze analyse zijn drie functies toegepast: kennisontwikkeling, marktformatie en mobilisatie van middelen. Deze zijn beoordeeld voor de drie alternatieven: slimme vruchtwisseling met bodemsensoren, niet-kerende grondbewerking (NKG) en de teelt van olifantsgras.

1.1 Criteria selectie

De systeemfuncties kennisontwikkeling, marktformatie en mobilisatie van middelen zijn gekozen omdat ze direct inzicht geven in de praktische toepasbaarheid van innovaties voor boeren in Gelderland. Hierdoor krijgt de opdrachtgever een duidelijk beeld van de sociale randvoorwaarden die essentieel zijn voor succesvolle invoering op het erf.

1.1.1 Kennisontwikkeling

Kennisontwikkeling betreft de mate waarin kennis beschikbaar is over een innovatie, op het gebied van fundamenteel onderzoek als praktijkervaring (Hekkert & Ossenbaard, 2010). Kort gezegd gaat het eigenlijk over leren: waarin de belangrijkste categorieën zoekend leren en ervaringsleren zijn. Er wordt vaak verondersteld dat innovaties alleen ontstaan door geheel nieuwe kennis, maar het draait juist om het samenbrengen van bestaande kennis in een nieuwe context (Hermans et al., 2014).
Kennisontwikkeling is cruciaal, omdat brede toepassing pas mogelijk is als er voldoende praktijkkennis is en er duidelijke richtlijnen zijn. Het onderzoek van Suurs, R. et al. (2012) naar biovergisting, toont aan dat het gebrek aan praktijkgerichte kennis en ervaringen kan leiden tot terughoudendheid in adoptie. Kijkend naar de plantaardige innovaties laat het rapport van Frishammar et al. (2014) zien hoe kennisontwikkeling rondom biobased grondstoffen (als olifantsgras) van belang is voor markttoegang en technische validatie.

1.1.2 Marktformatie

Marktformatie is cruciaal voor opschaling, zonder een functionerende markt komt een innovatie namelijk zelden van de grond. Het verwijst naar de activiteiten zoals subsidies, nichemarkten en overheidsopdrachten, die vraag en aanbod stimuleren (Hekkert & Ossenbaard, 2010). Het ontbreken van stabiele afzetmarkten zal de adoptie van innovaties enkel vertragen. (Suurs, R. et al.,2012). Uit een studie van Negro et al. (2006) is gebleken dat een gebrek aan marktvorming voor biosgasinstallaties leidde tot stagnatie, ondanks de technologische en beleidsmatige steun in Nederland. Het beoordelen van de marktformatie geeft inzicht in de economische haalbaarheid en opschaalbaarheid van de alternatieven.

1.1.3 Mobilisatie van middelen

De beschikbaarheid van middelen zoals financiering, menskracht, kennis en apparatuur is cruciaal voor het uitvoeren van innovaties in de landbouw. Mobilisatie van middelen richt zich op het aanwenden en toegankelijk maken van middelen binnen een innovatiesysteem (Hekkert & Ossenbaard, 2010). In een onderzoek van Bergek et al. (2008) wordt aangetoond dat mobilisatie van middelen een kritieke factor is bij de opschaling van innovaties, zeker in de vroege fasen

waarin de private investeerders terughoudender zijn ("Analyzing The Functional Dynamics Of Technological Innovation Systems: A Scheme Of Analysis", 2008).

1.2 Meetschaal criteria

In deze analyse worden er drie systeemfuncties uit het Technologisch Innovatiesysteem (TIS) als beoordelingscriteria gehanteerd: kennisontwikkeling, marktformatie en de mobilisatie van middelen. Deze functies zijn geselecteerd vanwege hun relevatie voor de casus rond natuur-inclusieve landbouw in Gelderland. Elk criterium is toegepast met indicatoren die een beoordeling geven aan de drie innovaties: slimme vruchtwisseling met bodemsensoren, niet-kerende grondbewerking (NKG) en de teelt van olifantsgras.

Kennisontwikkeling (F2):

- (1) De mate en spreiding van praktijkkennis, zoals het aantal toegankelijke praktijkgerichte handleidingen, demonstratieprojecten en de NPPL (nationale proeftuin precisielandbouw) -materialen.
- (2) Aantal deelnemende boeren aan regionale praktijknetwerken of studiegroepen per innovatie. Dit is een erg bruikbare indicator omdat de actieve deelname de betrokkenheid en leercapaciteit van de boeren weerspiegelt. Netwerken als de WUR en de NPPL houden deze cijfers ook nauwkeurig bij.

Marktformatie (F5):

- (1) De aanwezigheid van nichemarkten en subsidies op regionaal, nationaal en wellicht mondiale schaal. Belangrijke schakels hierin zijn het Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) en de rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO). Kijkend naar de absolute waardes die de bronnen te bieden hebben.
- (2) De groei en bestendigheid van vraag en aanbod voor de verschillende technologieën, bijvoorbeeld coöperaties en langdurig contractvorming. Een stabiele vraag van consumenten voor de productie van boeren is namelijk enorm belangrijk, dit neemt namelijk een groot risico weg.

De mobilisatie van middelen (F6):

- (1) De beschikbaarheid van apparatuur, infrastructuur en financiers. Denk hierbij aan het aantal leveranciers dat de technologie nodig heeft voor zijn machines en installaties. Hoe breder dit aanbod is, hoe toegankelijker dit het alternatief maakt. Dit zal dan resulteren in een hogere score.
- (2) De betrokkenheid van private partijen. Hierbij valt te denken aan leveranciers van technologie, banken, verzekeraars of ketenpartijen zoals supermarkten en verwerkers. Op het moment dat private partijen slechts incidenteel betrokken zijn of enkel losse contacten onderhouden, zal dit resulteren in een lage score.

Sommige indicatoren, zoals het aantal demonstratieprojecten, zijn kwantitatief meetbaar en worden op absolute schaal beoordeeld. Andere indicatoren zijn moeilijker te kwantificeren en worden daarom op ordinale schaal ingeschat.

Indicator	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5
De mate en spreiding van praktijkkennis	Geen handleidingen, geen demoprojecten, kennis wordt niet gedeeld.	Beperkt aantal documenten, moeilijk vindbaar, nauwelijks praktijktoepassing.	Enkele handleidingen en pilots beschikbaar, maar beperkte adoptie in de regio of bereik.	Meerdere toegankelijke bronnen én actieve demo-initiatieven.	Rijk aanbod aan materialen, brede verspreiding via platforms, structurele kennisdeling.
De groei en bestendigheid van vraag en aanbod voor de verschillende technologieën	Geen afnemers of ketens bekend, innovatie wordt nauwelijks toegepast.	Af en toe incidentele toepassing, geen structurele marktwerking.	Nichemarkt met beperkte afzet, enkele voorlopers actief.	Stabiele nichemarkt, groeiende toepassing in ketens.	Brede markttoepassing met structurele afzet, opname in beleid en lange termijncontracten.
De betrokkenheid van private partijen	Geen private partijen betrokken, geen ketensamenwerking.	Enkele losse contacten, geen samenwerking of investering.	Begin van samenwerking met beperkte betrokkenheid van leveranciers of banken.	Meerdere private partijen betrokken in samenwerking en financiering.	Private partijen zijn actief coördinator of investeerder in uitrol en opschaling van de innovatie.

Tabel 1. Score per indicator (score 1 = slechtste score, score 5 = meest gunstige score)

Analyse

2.1 Kennisontwikkeling

2.1.1 De mate en spreiding van praktijkkennis (ordinale schaal)

Slimme vruchtwisseling en bodemsensoren (score = 3)

Hoewel vruchtwisseling een bekende en goed onderzochte praktijk is in de agrarische sector, vereist het gebruik van sensortechnologie aanvullende kennis die momenteel nog onvoldoende verspreid is onder boeren (Kool et al. 2022). Deze kennis wordt gedeeld via platformen als NPPL en Groen kennisnet, maar het bereik blijft beperkt. Dit komt door voorlopers of grotere bedrijven die al met precisielandbouw bezig zijn. Boeren missen vaak praktische voorbeelden, scholing of concrete richtlijnen voor de toepassing van deze innovatie. Hierdoor ontstaat terughoudendheid in de adoptie door boeren en krijgt het een score van 3.

Niet-kerende grondbewerking (score = 5)

De kennisontwikkeling van niet-kerende grondbewerking (NKG) scoort 5 op kennisontwikkeling omdat deze methode al een lange tijd een onderwerp is van onderzoek en praktijkervaring. Grote instanties zoals Wageningen University & research (WUR) en Deltaplan Agrarisch Waterbeheer bieden al tientallen jaren toegankelijke handleidingen, factsheets en

praktijkprojecten aan. Hierin staan duidelijk de voor- en nadelen uiteengezet voor de boer met kennisclips erbij en zelfs een QR-code zodat elke boer precies weet of het handig is om het toe te passen voor zijn grond (*Niet-kerende Grondbewerking - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer*, 2025).

De teelt van olifantsgras (score = 2)
De kennis over de teelt van *Miscanthus x giganteus* in Nederland is beperkt. Hoewel het gewas bekendstaat om zijn hoge opbrengst, ontbreekt specifieke kennis over geschikte rassen, teeltmaatregelen op verschillende bodemtypes en praktische toepassing (Lewandowski et al., 2000). Er is weinig begeleiding voor boeren door het gebrek aan handleidingen en demonstratievelden (Van den Brandt, 2023). Omdat kennis zich vooral bevindt in kleine niches en nog nauwelijks breed beschikbaar is, krijgt deze maatregel een score van 2.

2.1.2 Aantal deelnemende boeren aan regionale praktijknetwerken of studiegroepen per innovatie (absolute schaal)

Slimme vruchtwisseling en bodemsensoren
Precisielandbouw en AgroRobotica kunnen een grote rol spelen bij de verduurzaming van de landbouwproductie. Maar dan moet de technologie wel gebruikt worden door boeren (*Nationale Proeftuin Precisielandbouw*, n.d.). Het project Nationale Proeftuin Precisielandbouw (NPPL) wilt hier verandering in brengen. Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit financiert dit project met ruim twee miljoen euro in vier jaar. In totaal werden in 2020, 26 boeren begeleid bij 18 praktijkcases door precisielandbouw-experts van Wageningen University & Research. De aanmeldingen zijn alleen nog maar toegenomen, maar er wordt jaarlijks maar een beperkt aantal geselecteerd voor actieve begeleiding. Dit wijst op een nauwe, maar groeiende kring van praktijkgerichte kennisuitwisseling. Verder is het moeilijk om een exact cijfer te geven van hoeveel boeren in Nederland aan slimme vruchtwisseling doen, maar het is een veelgebruikte praktijk, vooral in de biologische landbouw.

Niet-kerende grondbewerking
Het is lastig om een exact aantal boeren te geven dat momenteel niet-kerende grondbewerking toepast. Dit komt omdat er geen landelijk register is voor boeren die deze methode gebruiken. Volgens het Louis Bolk instituut past 57% van ondervraagde agrariërs niet-kerende grondbewerking toe (Flamand et al., 2023). Hiervan is 60% van de ondervraagde werkzaam in de sectoren akkerbouw en grondbewerking. Volgens de staat van landbouw zijn er in totaal 50.181 agrarische bedrijven (*Aantal Land- En Tuinbouwbedrijven*, n.d.). Dus na de berekening kom je uit op ongeveer 17.162 landbouwbedrijven die het al toepassen. Deze participatiegraad toont aan dat de kennisontwikkeling van NKG breed gedragen wordt onder boeren.

De teelt van olifantsgras
Voor de teelt van Miscanthus x giganteus (olifantsgras) is in Nederland slechts sprake van vroege pilotfasen. Drie boeren en een loonwerker in de Haarlemmermeer zijn in 2010 gestart op zeer kleine schaal met de teelt van miscanthus. Vanaf april 2013 is de teelt van miscanthus rond

Schiphol uitgebreid naar 60 hectare (*Olifantsgras - Miscanthus*, n.d.). Op basis van deze afwezigheid en de vroege adoptiefase kan deze innovatie voorlopig als 0 bevestigde deelnemers worden aangemerkt.

2.2 Marktformatie

2.2.1 Stabiliteit/ vraag en aanbod (ordinale schaal)

Slimme vruchtwisseling en bodemsensoren (score = 3)

De markt voor slimme vruchtwisseling in combinatie met bodemsensoren is in opkomst. Vruchtwisseling wordt al langer toegepast, maar de bodemsensoren zijn een relatief nieuwe techniek binnen de precisielandbouw. Volgens Logemann (2020) kunnen de sensoren worden ingezet door de boeren om goed de veranderingen in bodemvocht waar te nemen na bijvoorbeeld neerslag of irrigatie. Echter is de betrouwbaarheid van de exacte meetwaardes beperkt doordat de sensoren geen absolute vochtpercentages of het vochtvolume in de bodem kunnen omrekenen. Deze beperkingen maken een gestandaardiseerde toepassing op korte termijn uitdagend (Logemann, 2020).

Niet-kerende grondbewerking (score = 5)

Niet-kerende grondbewerking (NKG) kent een relatief volwassen marktpositie. NKG wordt ondersteund door landbouwcoöperaties en adviesorganisaties. Zo is het ook opgenomen in beleidsprogramma's zoals het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (*Niet-kerende Grondbewerking - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer*, 2025). Uit het rapport *Niet-kerende grondbewerking: Resultaten uit de praktijk* (*WUR*, 2014) blijkt dat NKG steeds vaker wordt toegepast, vaak na aanleding van succesvolle proefprojecten en studiegroepen. NKG wordt ondersteund door proefbedrijven en agrarische collectieven wat het kennisniveau heeft verhoogd en tegelijkertijd de drempel heeft verlaagd voor het implementeren van NKG. Al deze ontwikkelingen samen duiden op een stabiele marktformatie en daarom krijgt NKG een score van 5 toegekend.

De teelt van olifantsgras (score = 3)

De markt voor olifantsgras is nog beperkt maar in opkomst. Het gewas heeft een hoge biomassapotentie en er is toenemende belangstelling voor toepassingen in biobased materialen (Abdalla et al., 2024). Carbon Grass heeft een methode ontwikkeld om olifantgras direct in bestaand grasland aan te planten, wat de instapdrempel voor boeren verlaagt. Samen met Dealin.Green begeleiden zij boeren bij het aanplanten en onderhouden van de gewassen waardoor onzekerheid over opbrengsten afneemt (Dealin.Green, z.d.). Door de ontwikkelingen in toegankelijkheid en ondersteuning scoort de markt voor olifantgras een 3.

2.2.2 Subsidies/ nichemarkten (absolute schaal)

Slimme vruchtwisseling en bodemsensoren

In de provincie Gelderland zijn er subsidies van 40% beschikbaar voor bodemsensoren en vereisen een eigen investering (Deltaplan Agrarisch Waterbeheer, z.d). Ondanks de groeiende praktijkrijpheid en subsidies blijven de technische beperkingen en het ontbreken van brede standaardisatie belemmerend voor grootschalige toepassing en krijgt het een score van 3.

Niet-kerende grondbewerking

NKG ontvangt steun via de GLB eco-regeling waarbij boeren voor duurzame maatregelen punten kunnen verzamelen die leiden tot een inkomensteun. De eco-premies variën van 60 – 200 euro per hectare (*Eco-regeling 2025*, z.d.).

De teelt van olifantsgras

In het nieuwe GLB-plan voor 2023-2027 wordt olifantsgras erkend als een meerjarig teelt. Hierdoor kunnen boeren die dit gewas verbouwen eco-subsidies krijfen als het bijdraagt aan klimaat- en duurzaamheidsdoelen (Van Dinter et al., 2024). Het bedraagt een 5 jaar lopende subsidie van 600 euro per jaar uit aan landbouwers die de stap zetten (*Dossier Miscanthus - Business to Bioeconomy*, n.d.).

2.3 Mobilisatie van middelen

2.3.1 Beschikbaarheid en infrastructuur (absolute schaal)

Slimme vruchtwisseling en bodemsensoren

Voor bodemsensoren zijn er meerdere merken actief. Zo biedt Farm21 de FS21-senor aan voor een prijs van 295 euro. De sensor zal gemakkelijk te installeren zijn en wordt gekoppeld aan een dataplatform (Gelerter, 2023). Volgens NPPL zijn er subsidiemogelijkheden voor de aanschaf van de sensoren (*Technieken Archive - Precisielandbouw Voor Alle Telers*, z.d.). Omdat er enkel een sensor geïnstalleerd moet worden, wordt er hier een score van 4 aan toegekend.

Niet-kerende grondbewerking

Voor deze manier van grondbewerking specifieke machines nodig, zoals een ecoploeg of schijveneg (*Bodemleven Blijft Bovenin met Ecoploeg - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer*, 2024). De aanschafkosten van deze machines kunnen oplopen tot 28000 euro (Knuivers, 2022). Voor de aanschaf van deze kostbare machines worden door banken zoals Rabobank leaseconstructies aangeboden (*Particulieren - Rabobank*, z.d.). Verder worden door DAW-investeringssubsidies vertrekt tot 40% van de aanschafkosten (*Deltaplan Agrarisch Watebeheer - Samen Werken Aan Schoon en Voldoende Water en een Gezonde Bodem*, 2024).

De teelt van olifantsgras

De aanleg van olifantsgras bedraagt ongeveer tussen de 1500-2500 euro per hectare, afhankelijk van schaal en ras, en vereist gespecialiseerde plantmachines en wortelstokken (Jacobson, z.d.). De beschikbaarheid van het plantmateriaal is echter beperkt. Dit komt doordat er maar enkele gespecialiseerde partijen zijn zoals Carbon Grass die rhizomen leveren (*Koop Olifantengras het Duurzame Gewas Voor Je Toekomst – Carbon Grass*, 2025)

2.3.2 Betrokkenheid private partijen (ordinale schaal)

Slimme vruchtwisseling en bodemsensoren (score = 4)

De merken Farm21, Arable, Cropx, Sensoterra en de Sentek produceren de populairste sensoren op dit moment. Uit gebruikers ervaringen is gebleken dat de sensor van Farm21,

FS21, die in 2022 uitkwam, het beste is. Hierbij is gekeken naar de betaalbaarheid, de snelheid van het installatie proces en het gebruikersgemak (Gelerter, 2023). Doordat financiers of ketenpartners (nog) afwezig of niet transparant zijn, scoort de innovatie hier een 4 en geen 5.

Niet-kerende grondbewerking (score = 5)

NKG kent een sterkte private betrokkenheid binnen de landbouwsector. Banken maken via leaseconstructies de aanschaf van kostbare machines mogelijk (*Particulieren - Rabobank*, z.d.). Daarnaast zijn ook mechanisatiebedrijven, coöperaties en loonwerkers actief betrokken. Zo worden door hun veldtrainingen en demonstraties georganiseerd, wat de kosten verlaagd en de praktijkervaring bevorderd (*Bodemadviseur Theo Nieuwenhuis: "Geef Niet-kerende Grondbewerking de Kans" - Deltaplan Agrarisch Waterbeheer*, 2025).

De teelt van olifantsgras (score = 3)

Er zijn enkele investeringen vanuit grotere marktpartijen ontbreken alleen nog. De opschaling is nu nog sterk afhankelijk van niches en incidentele initiatieven, zonder coördinatie of financiering op grotere schaal (Dossier Miscanthus - Business to Bioeconomy, n.d.). Er zit hier echter wel veel potentie in en daarom wordt hier een score van 3 toegekend.

Effectentabel

Criterium	Type	Meetschaal	Dimensie	Slimme vruchtwisseling	Niet-kerende grondbewerking (NKG)	Teelt van olifantsgras
Kennisontwikkeling (1)	Baten	Ordinaal (1-5)	Mate en spreiding praktijkkennis	3	5	2
Kennisontwikkeling (2)	Baten	Absoluut (aantal boeren)	Deelname praktijknetwerken	26	17162	0
Marktformatie (1)	Baten	Absoluut (subsidie/nichemarkt)	Subsidies/nichemarkt	40% subsidie	GLB eco-premie €60-200 per hectare	Carbon credits / €600 p.j. GLB
Marktformatie (2)	Baten	Ordinaal (1-5)	Stabiliteit vraag en aanbod	3	5	3
Mobilisatie van middelen (1)	Kosten	Absoluut (€ of materiaal)	Apparatuur & infrastructuur	€295 sensor	€25.000 machine	€1500-2500/ha plantmateriaal
Mobilisatie van middelen (2)	Kosten	Ordinaal (1-5)	Private betrokkenheid	4	5	3

Tabel 2. Effectentabel

Reflectie

De effectentabel toont aan dat niet-kerende grondbewerking (NKG) het hoogst scoort op alle drie de systeemfuncties. De maatregel wordt breed ondersteund via kennisdeling vanuit onder andere het DAW, praktijkdemonstraties, subsidies en financieringsconstructies. Ook private partijen zoals banken, mechanisatiebedrijven en coöperaties zijn actief betrokken bij de uitvoering en opschaling. Deze combinatie van kennis, begeleiding en financiële ondersteuning maakt NKG toegankelijk voor een brede groep boeren, wat de hoge score verklaart.
Slimme vruchtwisseling met bodemsensoren scoort gemiddeld. Op het eerste gezicht lijkt de maatregel een veelbelovende combinatie van precisielandbouw en duurzaam bodembeheer. Toch blijkt uit de analyse dat de daadwerkelijke toepassing in de praktijk achterblijft. De kennisverspreiding is voornamelijk passief en digitaal, en er ontbreken structurele begeleiding en demonstraties. Hierdoor blijft de drempel voor minder innovatieve boeren hoog. Doordat een sterke ketensamenwerking en een gedeeld economisch draagvlak ontbreken, wordt brede adoptie belemmert.
De teelt van olifantsgras laat de laagste score zien. De aanlegkosten zijn hoog, het benodigde plantmateriaal is beperkt beschikbaar en de kennis zit vooral bij enkele gespecialiseerde aanbieders. De markt is nog klein, en grootschalige ketenbetrokkenheid ontbreekt. Echter heeft deze innovatie wel zeker potentie. Olifantsgras heeft bewezen waarde voor bodemverbetering, biodiversiteit en kan een grote toevoeging zijn in biobased bouwmaterialen. Echter wegen deze langetermijnvoordelen in het huidige beleids- en verdienmodel van veel landbouwers niet op tegen de hoge instapkosten en lange terugverdientijd.
Op basis van de resultaten komt NKG naar voren als de meest kansrijke maatregel voor Gelderland: bewezen effectief, breed toepasbaar en stevig ingebed in de praktijk.