Kalavasta
Climate Neutral Strategies

Broeikasgasemissiebeprijzing in de veehouderij en akkerbouw

Verkenning naar de voorwaarden en effecten van een emissie-heffing en emissierechtenstelsel

In opdracht van

Ministerie van Financiën

(auteursrechthebbende)

Rob Terwel, Izzy Cronin & Sander Kempkes

12 september 2025

Samenvatting

Aanleiding

De landbouwsector ligt volgens het Planbureau van de Leefomgeving (PBL) niet op schema voor het halen van diverse klimaatdoelen. Voor het bereiken daarvan is daarom additioneel beleid nodig. Emissiebeprijzing is daarbij een mogelijk instrument.

In de Fiscale Strategische Agenda 2024-2028 is verkondigd dat het kabinet wil verkennen wat het benodigde beprijzingsniveau per sector moet zijn om de klimaatdoelen voor alle klimaatsectoren voor 2030 en daarna te borgen. Kalavasta is gevraagd om de haalbaarheid en effecten van een broeikasgasemissieheffing danwel emissierechtenstelsel met verhandelbare rechten voor de landbouw (excl. glastuinbouw) te onderzoeken. Er bestaat tot heden nog geen nationale emissiebeprijzing voor de landbouw, hoewel Denemarken wel een systeem aan het ontwikkelen is.

Dit onderzoek is opgedeeld in twee delen die in opeenvolgende fases zijn uitgevoerd. Het eerste deel van dit onderzoek omvat een kwalitatieve analyse van de voorwaarden en haalbaarheid van een dergelijk systeem: de conceptuele vormgeving. Het tweede deel richt zich op het doorrekenen van de mogelijke effecten van verschillende varianten van beprijzingssystemen. Op basis van beide delen worden tot slot conclusies getrokken die van belang zijn bij het verder uitwerken en ontwikkelen van een beprijzingssysteem voor de Nederlandse landbouw.

Deze eerste verkennende studie analyseert de mogelijke impact van CO_2-beprijzing in de Nederlandse veehouderij en akkerbouw op basis van beschikbare literatuur, expertinschattingen en modelberekeningen. De resultaten bevatten waardevolle leerpunten voor het ontwikkelen van een mogelijk beprijzingsinstrument in deze sectoren. Besluitvorming over CO_2-beprijzing vereist aanvullende afwegingen of analyses die rekening houden met bredere economische, sociale en politieke overwegingen, die buiten de scope van dit onderzoek vallen.

Conceptuele vormgeving stelsel

Aanpak

In het eerste gedeelte van het onderzoek zijn de voornaamste keuze-aspecten van beprijzingsstelsels in kaart gebracht en de diverse opties op uitvoeringstechnische haalbaarheid, juridische haalbaarheid en gebruiksvriendelijkheid beoordeeld. We hebben deze analyse ook met experts zowel via interviews als in een klankbordgroep getoetst. Tot slot hebben we een voorstel uitgewerkt voor diverse beprijzingsvarianten, die we in het tweede deel van dit onderzoek kwantitatief geanalyseerd zijn op o.a. financiële en emissiereductie effecten.

Resultaten

De belangrijkste conclusies met betrekking tot juridische en uitvoeringstechnische haalbaarheid, gebruiksvriendelijkheid en implementatie staan hieronder.

Juridische haalbaarheid

Nieuwe wetgeving zal nodig zijn en daarnaast zal een staatsteuntoets gedaan moeten worden voor de introductie van een broeikasgasemissiebeprijzingsstelsel. Eventuele differentiatie (e.g. tussen sectoren, broeikasgassen) zou goed onderbouwd moeten worden. In algemene zin zullen geregistreerde emissies dicht genoeg bij de werkelijkheid moeten liggen en boeren mogelijkheden tot emissiereductie moeten hebben. De wrijving met bestaande systemen (m.n. Europese, zoals het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB), e.g. subsidiegronden en voorwaarden) moet ook onderzocht worden.

Uitvoeringstechnische haalbaarheid

Bestaande registraties van bedrijfsvoering (m.n. rantsoen, mestbewerking) zouden voor een deel uitgebreid moeten worden, betrouwbaarder moeten worden en validatie moet onderdeel worden van het proces. De extra databehoefte is beperkt en betreft met name de eigen teelten voor melkvee en opslagduur van mest, maar is belangrijk omdat het overgrote deel van de emissies (pensfermentatie melkvee en mest) nu niet nauwkeurig genoeg vastgesteld kan worden. Ook databeheer moet uitgewerkt worden. Hiervoor zal een verantwoordelijke instantie aangewezen of opgericht en voorbereid worden. Niet alle emissies kunnen met sensoren geregistreerd worden, op termijn een deel wel, daarom zou een ingroei met opt-in een mogelijkheid kunnen zijn.

Gebruiksvriendelijkheid

Indien aangehaakt kan worden bij bestaande registraties schelen de administratieve lasten. Voor metingen met sensoren zijn er hoge kosten, waarvan het nog een vraag is door wie deze gedragen zouden moeten worden. Voor het draagvlak en ter ondersteuning zou het goed zijn als de inkomsten bij een heffing uiteindelijk terugvloeien naar de sector. De grondslag voor allocatie van rechten, vrijstellingen of terugsluis zal voor verschillen in effectieve beprijzing en daarmee bezwaar zorgen, omdat indirect sommige boeren bevoordeeld en andere benadeeld worden.

Implementatie

Om bovenstaande aspecten te waarborgen, zal de implementatie van het stelsel vermoedelijk enkele jaren in beslag nemen. In de eerdere studie ‘Sturen op Stikstof’ wordt gesteld dat implementatie van een stikstofemissiebeprijzingsstelsel drie tot vier jaar voor een heffing en vier tot zes jaar voor een ETS in beslag zou kunnen nemen. De stappen die gezet zullen moeten worden, uitvoeringstechnisch alsook juridisch, zijn grotendeels dezelfde voor een broeikasgasemissiebeprijzingsstelsel. De verwachting is daarmee dat de doorlooptijd vergelijkbaar is.

Modelmatige analyse stelsel

Aanpak

Op basis van de voorgaande analyse inzake de conceptuele vormgeving is een rekenmodel ontwikkeld dat de effecten van beide stelsels in kaart brengt. Deze stelsels zijn een broeikasgasemissieheffing, waar op bedrijfsniveau geregistreerde emissies belast worden tegen een vast bedrag per eenheid CO_2-equivalent, en een emissierechtenstelsel, waarbij een jaarlijks afnemend aantal rechten (die elk 1 ton CO_2-eq aan emissies vertegenwoordigen) gratis gealloceerd wordt op basis van historische bedrijfsemissies en een boer rechten moet aankopen indien hij meer uitstoot dan rechten heeft (en rechten kan verkopen indien hij minder uitstoot dan rechten heeft). Aanvullend kijken we ook naar subvarianten van een heffing, waarbij een deel van de emissies vrijgesteld is (heffing met vrijgestelde voet) ofwel een deel van de inkomsten van de heffing ook weer teruggesluisd wordt naar boeren (heffing met terugsluis). Het model berekent voor drie sectoren - melkveehouderij, varkenshouderij en akkerbouw - wat een bepaalde heffingshoogte betekent voor de sector betreffende broeikasgasemissies, bedrijfsresultaat en transitiepaden.

Het fundament van de berekening bestaat uit bedrijfstypen met bijbehorende transitiepaden zoals vastgesteld in een recente WUR-analyse. Deze omvat voor de melkveehouderij 8 bedrijfstypen, voor de varkenshouderij 6 bedrijfstypen en voor de akkerbouw 5 bedrijfstypen. Dit zijn typische bedrijven die veel voorkomen in de sector, waardoor een zekere representativiteit van de gehele sector wordt gewaarborgd. Met behulp van de transitiepaden uit dezelfde studie (zie ook tabel hieronder voor de technische emissiereductiepotentiëlen hiervan) en kentallen van onder andere KWIN, Agrimatie en BINternet zijn doorrekeningen uitgevoerd van het effect van CO_2-beprijzing op het bedrijfsresultaat van de verschillende bedrijfstypen en wat het bedrijfsresultaat

Tabel 1 Technisch emissiereductiepotentieel in eindbeeld in de modellering per familie aan transitiepaden (gemiddeld per bedrijf), zowel inclusief als exclusief volumeveranderingen. Met volumeveranderingen wordt bedoeld een verandering in het aantal dieren zoals inbegrepen in het transitiepad. De eerste kolom geeft dus de reductie per dier weer en de tweede de reductie op bedrijfsniveau (per dier maal aantal dieren). Niet elk transitiepad is mogelijk voor elk bedrijf

Broeikasgasemissies per sector en soort transitiepaden*	Emissiereductie t.o.v. basis (%) excl. volumeveranderingen	Emissiereductie t.o.v. basis (%) incl. volumeveranderingen
Melkvee – intensiveringspaden	-23% tot -26%	-23% tot -26%
Melkvee - extensiveringspaden	-6% tot +5%	-31% tot -53%
Varkens - vergisting	-33% tot -36%	-33% tot -36%
Varkens – dagontmesting	-61% tot -76%	-61% tot -76%
Akkerbouw	-30% tot -42%	-30% tot -42%

zou zijn indien een bedrijf een kiest voor een van de transitiepaden. Daarnaast wordt zoveel mogelijk rekening gehouden met huidige ontwikkelingen en flankerend beleid zoals afschaffing van derogatie en veranderingen in GLB-subsidies.

Met behulp van deze bedrijfsresultaatberekeningen wordt vervolgens ingeschat hoeveel van de sector zou overstappen naar een andere bedrijfsstrategie ofwel transitiepad. Hiervoor zijn per bedrijfstype verschillende bedrijfsprofielen ontwikkeld (stoppers, grote investeerders en overig) die verschillende investeringsmogelijkheden hebben.

Resultaten

Voor 2030 zijn er duidelijke doelstellingen voor de landbouw, maar voor na 2030 zijn deze er niet. Daarom hebben we in samenspraak met de opdrachtgever met behulp van de Trajectverkenning van PBL een indicatief restemissiedoel uitgerekend voor 2040, welke overeenkomt met ongeveer 40% emissiereductie t.o.v. 2022. Dit doel wordt vervolgens naar rato verdeeld om subsectordoelen te definiëren. We verkennen daarna voor diverse beprijzingstelsels welk beprijzingsniveau nodig zou zijn om deze doelen te halen. Op basis van de technische emissiereductiepotentiëlen in de tabel hierboven is te zien dat dit doel in de melkveehouderij ook volumereductie vergt, maar voor de varkenshouderij niet per se.

Zonder emissiebeprijzing vindt er reeds enige emissiereductie plaats, maar nog niet voldoende om de indicatieve sectordoelen te waarborgen. Van de totale emissiereductie in dit basispad richting 2040 vindt een groot deel van de reductie plaats door uitgekochte en ongebruikte veerechten. Deze uitkoop komt door diverse uitkoopregelingen (Ibv en Ibv+) en in zeer beperkte mate door de afroming van rechten bij overdracht buiten de familie in de veehouderij. De ongebruikte rechten in het basispad zijn veerechten die aangeboden worden bij natuurlijk verloop (voornamelijk in de melkveehouderij) maar niet aangekocht worden. Dit hangt in de melkveehouderij ook samen met een teruglopend areaal en de in de bedrijfstypen en transitiepaden veronderstelde grondgebondenheid (vastgesteld aantal GVE per ha per transitiepad).

Met beprijzing kunnen de doelen wel gehaald wordt, wat aantoont dat emissiebeprijzing kan bijdragen aan emissiereductie. Het doel van deze studie is daarbij voornamelijk om beter te begrijpen wat de verschillen tussen diverse heffingsvormen zijn alsook hun mogelijke bijdrage aan emissiereductie, en secundair een indicatie van mogelijke beprijzingshoogtes te verkrijgen. De hierna genoemde uitkomsten zijn conditioneel op de aannames in en architectuur van het model.

Voor een vlakke emissieheffing is bij referentie-instellingen €49 per ton CO_2-eq. voldoende om de indicatieve sectordoelen in 2035 en 2040 te halen, terwijl bij een emissierechtenstelsel (of emissieheffing met verhandelbare dispensatierechten) dit €264 per ton is. De prijs is hoger bij

laatstgenoemde omdat rechten gratis toegekend worden maar jaarlijkse afnemen, en enkel bedrijven die te weinig rechten hebben deze moeten bijkopen.

Tabel 2. Restemissies in 2040 per beprijzingsstelsel

Emissies*	Restemissies in het basispad in 2040 (Mton CO_2-eq)	Indicatieve restemissiedoelen 2040 (Mton CO_2-eq)	Restemissies bij vlakke sectorheffing (Mton CO_2-eq)	Restemissies bij sector rechtenstelsel/heffing met verhandelbare dispensatierechten (Mton CO_2-eq)
Melkvee	7.54	6.48	7.04	6.92
Varkens	1.73	1.36	0.65	0.79
Akkerbouw	0.34	0.24	0.34	0.34
Totaal	9.62	8.08	8,04	8.05

**de tabel toont enkel emissies die meegenomen zijn in de doorrekening voor de sectoren en bevatten dus niet alle emissies. Enerzijds bevat het model niet alle emissiebronnen en anderzijds niet alle subsectoren (zie ook Appendix 1).*

Er zijn sterke verschillen tussen de sectoren. Bij een sectorbrede heffing komt bijna alle emissiereductie van de varkenshouderij en een klein deel uit de melkveehouderij. Voor een emissierechtenstelsel is dit vergelijkbaar. Hiermee behaalt de varkenshouderij veel meer reductie dan nodig voor het subsectoremissiedoel. Het grootste deel van deze reductie komt door ongebruikte veerechten, voor een belangrijk deel veroorzaakt door teruglopende bedrijfsresultaten. Voor uitstootreductie door de ongebruikte veerechten moet aangetekend worden dat deze sterk markt- en bedrijfafhankelijk is; bij betere dan referentie omstandigheden zal deze reductie lager uitvallen. Bij een rechtenstelsel wordt er verder relatief meer reductie door technische maatregelen en minder door ongebruikte rechten gerealiseerd t.o.v. een vlakke heffing.

Wanneer subsectoren individueel beprijsd worden om hun respectievelijke subsectordoelen te halen, liggen de beprijzingsniveaus redelijk anders, Zo is voor de varkenshouderij een heffing van 26 EUR/t nodig, terwijl dit voor de melkveehouderij tussen 54-76 EUR/t ligt en het niet mogelijk lijkt voor de akkerbouw om de indicatieve doelstellingen te bereiken. Dit zijn allen resultaten zonder effecten van mogelijke terugsluis, vrijstellingen of subsidies mee te nemen.

Met een heffingsvrije voet of een terugsluis (bij een heffing) of het verstrekken van gratis rechten bij een emissierechtenstelsel zou meer gestuurd kunnen worden op bepaalde uitkomsten. Hierdoor stoppen er minder bedrijven en wordt er relatief meer voor transitiepaden gekozen. Hierbij zijn wel hogere prijzen nodig voor eenzelfde emissiereductie effect, maar is de lastenverhoging beperkter.. Verder zal de landbouw hoogstwaarschijnlijk substantiële restemissies kennen, waar rekening mee gehouden kan worden in de vormgeving van een beprijzingsstelsel.

Algemene conclusies

Voor de melkveehouderij en varkenshouderij lijkt emissiebeprijzing sterk bij te kunnen dragen aan de sectordoelen voor 2035 en verder, voor de akkerbouw is dit niet het geval en zal beprijzing voornamelijk tot meer kosten leiden dan tot andere keuzes in transitiepaden. Vanwege de benodigde tijd voor uitrol resulteert beprijzing slechts in een beperkte extra emissiereductie richting 2030, onvoldoende om de doelen de halen. Door broeikasgasemissiebeprijzing dalen ook de stikstofemissies en de nationale productie van dierlijke eiwitten, maar blijft deze ruim voldoende voor de nationale consumptie.

Voor de veehouderij kan ofwel een heffing met terugsluis danwel vrijgestelde voet, waarschijnlijk opgedeeld naar subsector, ofwel een rechtenstelsel goed werken. Met de introductie van een (oplopende) CO_2-prijs, nemen boeren enerzijds meer maatregelen en kiezen zij transitiepaden, maar zijn er ook een toenemend aantal ongebruikte rechten van autonome stoppers alsook soms noodgedwongen stoppers (bedrijven die stoppen omdat hun bedrijfsresultaat te slecht wordt). Bij een emissierechtenstelsel en een heffing met terugsluis of vrijgestelde voet worden de laatstgenoemde beperkt, eerstgenoemde verhoogd en is de lastenontwikkeling beperkt, waarbij het lonender wordt om maatregelen te nemen en transitiepaden te kiezen.

Er kunnen hierbij echter nog steeds noodgedwongen stoppers resteren, omdat er weliswaar technische emissiereductie mogelijk is, maar deze reductie techno-economisch veel kleiner is. Met andere woorden geven sommige transitiepaden met een verlaging van de uitstoot ook een netto slechter bedrijfsresultaat, waardoor deze niet gekozen worden omdat verondersteld is dat boeren dit niet kunnen doorberekenen in de marktprijs. Om deze transitiepaden toch economisch aantrekkelijker te maken, zouden er subsidies voor specifieke transitiepaden ingericht kunnen worden of aan marktcreatiebeleid gedaan worden, zodat de gestegen kostprijs door verduurzaming niet tot een slechter bedrijfsresultaat hoeft te leiden.

Alle beprijzingsstelsels kunnen het benodigde emissie-effect geven voor de 2035 en 2040 doelen geven, maar een rechtenstelsel of emissieheffing met verhandelbare dispensatierechten beprijst een kleiner deel van de emissies (effectief) tegen een hogere prijs. Omdat met een vlakke heffing (zonder volledige terugsluis) geld aan de sector onttrokken wordt, is de toename van bedrijfslasten echter gemiddeld groter bij een vlakke emissieheffing dan een rechtenstelsel.

De verschillen tussen de subsectoren en zelfs daarbinnen zijn groot, zowel qua historische emissies als mogelijkheden tot reductie. De uitkomsten van het rekenmodel zijn gebaseerd op 19 typische bedrijven die een groot deel van de sectoren representeren, maar de spreiding binnen de sector is zeer groot. Waar een bepaald beprijzingsniveau voor de ene sector een prikkel geeft tot het nemen van maatregelen, betekent eenzelfde beprijzing voor een andere sector het failliet van veel bedrijven of simpelweg hogere kosten zonder de mogelijkheid om zich (significant) aan

te kunnen passen. Om gerichter te kunnen sturen zou een sectordifferentiatie verstandig kunnen zijn. Het is in algemenere zin van belang om een juiste balans te vinden in de beprijzing (het lonend maken om te kiezen voor specifieke transitiepaden, en het beperken van het aantal noodgedwongen stoppers). Dit vraagt ook om politieke en maatschappelijke keuzes.

Voor de vormgeving van een stelsel zijn er nog veel stappen nodig. Het meest haalbaar (op relatief korte termijn en voor emissiereductie) lijkt een pragmatische uitwerking van een beprijzingsstelsel voor de veehouderij dat het grootste en stuurbare deel van emissies omvat, gebouwd op een uitbreiding van bestaande (registratie)praktijken op basis van activiteitendata maar met ruimte voor verdere ontwikkeling.

Inhoudsopgave

Samenvatting 2
Aanleiding 2
Conceptuele vormgeving stelsel *2*
Aanpak 2
Resultaten 3
Modelmatige analyse stelsel *4*
Aanpak 4
Resultaten 5
Algemene conclusies *7*
Inleiding 12
Context van deze studie 13
Conceptuele vormgeving stelsel 14
Introductie *14*
Keuzes in de vormgeving van een emissiebeprijzingsstelsel *14*
Stelsels in ontwikkeling *16*
Stelsel in Denemarken 18
Stelsel in Nieuw-Zeeland 18
Stelsel (toeslag) van FrieslandCampina 19
Vergelijking stelsels in ontwikkeling 19
Toetsing haalbaarheid keuzevarianten emissiebeprijzingstelsels *20*
Gebruiksvriendelijkheid en draagvlak beprijzingsstelsel 22
Stappen die nog gezet moeten worden *25*
Uitvoeringstechnische stappen 25
Juridische stappen 31
Varianten voor doorrekening *32*
Conclusies conceptuele vormgeving *35*
Modelmatige analyse stelsels 37
Introductie en doelen *37*
Doelen 37
Generieke modelbeschrijving *39*

Overkoepelende structuur *40*
Criteria voor investering 40
Investeringsritme 41
Opzet melkveehouderij *41*
Bedrijfstypen 42
Transitiepaden 42
Financiële kentallen 50
Modelaannames structuur 51
Beperkingen 55
Opzet varkenshouderij *57*
Bedrijfstypen 57
Transitiepaden 57
Financiële kentallen 60
Modelaannames structuur 60
Beperkingen 62
Opzet akkerbouw *63*
Bedrijfstypen 63
Transitiepaden 64
Financiële kentallen 65
Modelaannames structuur 67
Beperkingen 69
Analyse Scenario's en Resultaten *72*
Benodigde beprijzingsniveau voor doelen 72
Melkveehouderij 75
Varkenshouderij 90
Aandachtspunten bij uitwerking veehouderij 98
Akkerbouw 99
Sensitiviteitsanalyse 102
Doorkijk op systeemniveau 109

Conclusies 111

Appendix 1: Emissies in scope van model 117

Appendix 2: Geraadpleegde experts en klankbordgroep 119

Appendix 3: Vergelijking basisuitkomsten 121

Melkveehouderij *121*
Vergelijking basisuitkomsten met WUR-bedrijfstypen studie 121
Vergelijking emissies met Emissieregistratie 123
Vergelijking met de KEV2024 126

Varkenshouderij *127*
Vergelijking basisuitkomsten met WUR-bedrijfstypen studie 127
Vergelijking emissies met Emissieregistratie 128
Vergelijking met de KEV2024 129

Akkerbouw *130*
Vergelijking basisuitkomsten met WUR-bedrijfstypen studie 130
Vergelijking emissies met Emissieregistratie 132
Vergelijking met de KEV2024 133

Inleiding

De klimaatdoelstellingen voor de landbouw worden volgens PBL in de KEV2024 niet gehaald, noch voor 2030 noch voor 2035 (indicatieve restemissiedoelen voor 2030 worden ook in 2035 nog niet gehaald).[1] Het kabinet wil inzetten op doelsturing en deze klimaatdoelen wel halen[2][3]. Beprijzing van broeikasgasemissies is daar mogelijk een onderdeel van.

In de Fiscale Strategische Agenda 2024-2028 is daarom aangekondigd dat het kabinet wil verkennen wat het benodigde beprijzingsniveau per sector moet zijn om de klimaatdoelen voor alle klimaatsectoren voor 2030 en daarna te borgen. Om hier invulling aan te geven, heeft het Ministerie van Financiën, bijgestaan door een begeleidingscommissie, Kalavasta gevraagd onderzoek te doen naar emissiebeprijzing in de landbouw. Dit onderzoek richt zich specifiek op de veehouderij en akkerbouw, aangezien de glastuinbouw reeds een vorm van emissiebeprijzing kent. De sector landgebruik valt buiten de scope van dit onderzoek. Dit is het gevolg van een scopekeuze die volgt uit de Fiscale Strategische Agenda, gebaseerd op de klimaatsectoren. Dit maakt het eenvoudiger om effecten te verkennen, maar ontneemt ook mogelijkheden tot emissiereductie (en negatieve emissies via koolstofopslag in de bodem).

Het doel van deze studie is om te onderzoeken welke randvoorwaarden er zijn voor het uitvoeren van een emissieheffing en een emissierechtenstelsel in de landbouw en daarbij ook te kwantificeren wat de economische en emissie effecten van deze twee beprijzingsstelsels zijn in de context van de klimaatdoelen voor deze sectoren.

Hiertoe worden twee typen beprijzingstelsels uitgewerkt: een broeikasgasemissieheffing (zoals het glastuinbouwsectorsysteem) en een emissierechtenstelsel (zoals ETS en fosfaatrechten). De belangrijkste verschillen tussen deze heffingsvormen zijn de volgende:

- Bij een heffing worden de op bedrijfsniveau geregistreerde emissies vermenigvuldigd met een vast te stellen prijs per eenheid broeikasgas
    - Hierbij kan eventueel een vrijgestelde voet worden gehanteerd, waarbij onder een bepaalde emissiehoeveelheid geen heffing verschuldigd is
- Bij een emissierechtenstelsel wordt een dalend aantal rechten uitgegeven, welke in bezit moeten zijn om tot die hoogte broeikasgasemissies uit te mogen stoten
    - Rechten kunnen worden verhandeld en op deze markt ontstaat prijsvorming

[1] PBL (2024) Klimaat- en Energieverkenning 2024
[2] Regeerprogramma (2024): Hoofdstuk 4. Landbouw, visserij, voedselzekerheid en natuur
[3] Rijksoverheid (2025): Voortgang Klimaatdoelen

- Een heffing biedt zekerheid over de prijs maar onzekerheid over de emissiereductie; een rechtensysteem het tegenovergestelde: onzekerheid over de prijs maar zekerheid over de reductie

Dit onderzoek bestaat uit twee onderdelen. Het eerste onderdeel beslaat een kwalitatieve analyse van de mogelijke vormgeving van de beprijzingsstelsels, met daarbij een evaluatie van de technische uitvoerbaarheid, juridische haalbaarheid en gebruiksvriendelijkheid daarvan. Het tweede onderdeel is een kwantitatieve doorrekening van de effecten van emissiebeprijzing op de financiën en emissies van landbouwbedrijven. Indien we in deze studie over "beprijzing" of "beprijzingsstelsel" spreken, heeft dit op beide betrekking; anders gebruiken we de specifieke termen "heffing" enerzijds of "(emissie)rechtenstelsel" of "ETS" anderzijds.

Context van deze studie

Deze studie betreft een eerste verkennende analyse van CO_2-beprijzing in de Nederlandse veehouderij en akkerbouw en is gebaseerd op beschikbare literatuur, modelberekeningen en expertinschattingen. De gehanteerde methodiek en aannames zijn zoveel mogelijk transparant weergegeven, maar kennen inherente onzekerheden die de resultaten beïnvloeden.

Dit onderzoek richt zich hoofdzakelijk op broeikasgasemissies in de landbouw. De klimaat- en milieudoelen van de landbouw zijn echter breder dan broeikasgasemissies, en omvatten ook stikstofemissies, waterkwaliteit, landschapselementen, bos en koolstofvastlegging. Daarnaast is de klimaatsector landgebruik nauw verweven met de klimaatsector landbouw. Landgebruik (LULUCF) emissies worden niet meegenomen in deze studie.

De overige doelen van de landbouw, en specifiek de toekomstige inspanningen die gepleegd worden om deze te halen, zijn in de regel niet meegenomen in deze studie, behalve waar expliciet vermeld (e.g. waterpeilverhoging veenweidegebied). Daarmee beschrijft deze studie niet een volledig beeld van de mogelijke veranderingen en effecten op bedrijf- en sectorniveau.

De gepresenteerde uitkomsten dienen te worden geïnterpreteerd als indicatieve bandbreedtes in plaats van exacte voorspellingen. Verschillende scenario's en gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd om de robuustheid van de bevindingen te toetsen, maar externe factoren zoals beleidswijzigingen, technologische ontwikkelingen en marktdynamiek kunnen de werkelijke ontwikkelingen significant beïnvloeden. Voor de interpretatie van resultaten wordt verwezen naar de methodologische verantwoording en beperkingen zoals uiteengezet in de hoofdtekst van het rapport.

Binnen de geschetste kaders bieden de bevindingen waardevolle inzichten voor het begrip van CO_2-beprijzing in de veehouderij en akkerbouw. Besluitvorming over CO_2-beprijzing vereist aanvullende analyses of afwegingen die rekening houden met bredere economische, sociale en politieke overwegingen, die buiten de scope van dit onderzoek vallen.

Conceptuele vormgeving stelsel

Introductie

In het eerste deel van dit onderzoek wordt conceptueel naar beide stelsels gekeken. Hierbij wordt onderzocht wat de technische uitvoerbaarheid en de doelmatigheid per stelsel is en welke juridische en uitvoeringstechnische stappen gezet moeten worden voor een eventuele invoering. Deze analyse is gebaseerd op literatuuronderzoek en gesprekken met diverse experts, zowel individueel als in een klankbordgroep.

Eerst worden de keuzes in vormgeving beschreven en wordt aangegeven met welke aspecten rekening gehouden kan worden. Vervolgens worden twee landelijke beprijzingsstelsels die reeds in ontwikkeling zijn in het buitenland en een toeslagenstelsel van FrieslandCampina beschreven. Daarna wordt de technische haalbaarheid van de stelsels en de gebruiksvriendelijkheid beoordeeld. Tot slot wordt beschreven welke uitvoeringstechnische en juridische stappen er gezet moeten worden voordat de invoering van een van de stelsels mogelijk is.

Op basis van deze analyse worden enkele concrete stelsels geïdentificeerd die in de doorrekening van het model (het tweede deel van dit onderzoek) worden toegepast. Ook worden enkele eerste conclusies op basis van deze kwalitatieve analyse geschetst.

Keuzes in de vormgeving van een emissiebeprijzingsstelsel

Er zijn diverse keuzes te maken in de vormgeving van een emissiebeprijzingsstelsel. Deze zijn dan ook medebepalend voor de uitvoerbaarheid, juridische haalbaarheid en gebruiksvriendelijkheid. We zullen deze eerst beschrijven en vervolgens een vernauwing aanbrengen om te komen tot concrete varianten die kansrijk(er) lijken qua haalbaarheid. Deze selectie is ook mede beïnvloed door de ervaring en doorrekening die verder gepresenteerd wordt in deel 2 van het onderzoek.

In Tabel 3 staat een niet-uitputtend overzicht van enkele van de keuzes die te maken zijn in het vormgeving van een emissiebeprijzingsstelsel. Deze keuzes betreffen zowel de technische vormgeving als de beleidsmatige inrichting van een stelsel. De technische overwegingen omvatten bijvoorbeeld welke emissiebronnen worden beprijsd, hoe breed de emissiescope wordt gedefinieerd (directe emissies of inclusief ketenemissies), en op welke wijze emissies worden gemeten

en geijkt. Daarnaast moet worden bepaald welke broeikasgasdifferentiatie wordt gehanteerd en of het stelsel sectoraal of subsectoraal wordt ingericht.

De beleidsmatige keuzes betreffen de invoering van het stelsel in de tijd, de verwerking van gegenereerde inkomsten en de mogelijke toepassing van een heffingsvrije voet. Voor alle aspecten geldt dat de eenheid waarop emissies worden betrokken - of dat nu per bedrijf, per productie-eenheid of per product is - doorwerkt in de praktische uitvoering van terugsluis, rechtenallocatie en vrijstellingen.

Tabel 3. Karakteristieken en keuzes in de vormgeving van een emissiebeprijzingsstelsel

Karakteristieken van emissiebeprijzings-stelsel	Overweging	Opties
Deel van uitstoot belast	Welke emissiebronnen wordt beprijsd?	Een deel van de tot alle i.h.k.v. de IPCC-richtlijnen geregistreerde emissies
Emissiescope	Worden enkele directe of ook ketenemissies meegenomen?	Directe emissies conform National Inventory Reporting (NIR), of ketenemissies (Scope 1,2,3) via een life cycle analysis (LCA)
Broeikasgasdifferentiatie	Wat zijn de GWPs die gehanteerd worden voor de verschillende broeikasgassen c.q. de verschillende prijzen voor broeikasgassen?	Standaard IPCC GWPs of afwijking daarvan
Sectordifferentiatie	Wordt eenzelfde beprijzingssystemiek gebruikt over sectoren?	Sectorbeprijzing of subsectorbeprijzing
Meting uitstoot	Hoe worden de emissies per bedrijf gemeten?	Berekening o.b.v. geregistreerde gegevens (activiteitendata) en forfaitaire waarden of fysieke meting met sensoren
IJking meting	Hoe worden de metingen geijkt?	Hoe worden jaarlijks de emissieregistratie geüpdate cq apparatuur gecontroleerd?
Ingroei maatregel	Hoe wordt de beprijzing in de tijd ingevoerd?	Startdatum en ingroeipad zijn te bepalen
Verwerking inkomsten	Waar worden de inkomsten uit de beprijzing voor ingezet? [enkel voor heffing]	Inkomsten kunnen gebruikt worden voor directe terugsluis, subsidies voor meerinvesteringen en overbrugging of generieke klimaatfondsen
Emissievrije voet	Wordt een deel van de emissies vrijgesteld van beprijzing? [enkel voor heffing]	Dit kan vast (per bedrijf) of variabel (per productie- of producteenheid)
Eenheid uitstoot (voor terugsluis, rechtenallocatie, vrijgestelde voet en vergelijking)	Wordt uitstoot relatief aan productie-eenheid, eenheid product of ongeacht product belast?	Voor een vrijgestelde voet of de gronden van terugsluis of rechtenallocatie kan gekeken worden naar diverse functionele eenheden

De individuele eigenschappen van een beprijzingsstelsel uit bovenstaande tabel worden beoordeeld op uitvoerbaarheid, juridische haalbaarheid en gebruiksvriendelijkheid. Bij deze evaluatie wordt rekening gehouden met de volgende aspecten:

- Juridische haalbaarheid
    - Haalbaarheid nationaal
    - Haalbaarheid EU
- Technische uitvoerbaarheid
    - Implementatietermijn
    - Betrouwbaarheid registratie
    - Benodigde informatie
    - Kosten
    - Zekerheid behalen doelbereik
- Gebruiksvriendelijkheid
    - Administratieve last (met name additioneel)
    - Complexiteit
    - Duidelijkheid voor sector met betrekking tot regelgeving

Op basis van deze analyse komen we tot een aantal varianten die haalbaar(der) lijken en welke we ook doorrekenen. Voordat we deze analyse starten, presenteren we een overzicht van enkele emissiebeprijzingstelsels die in ontwikkeling zijn in andere landen. We proberen deze de karakteriseren op basis van de eigenschappen die we hierboven gepresenteerd hebben.

Stelsels in ontwikkeling

Er zijn op dit moment, voor zover bekend, diverse beprijzingsstelsels in ontwikkeling in het buitenland. Een overzicht hiervan en hun belangrijkste eigenschappen staat in de tabel hieronder. In Denemarken wordt een heffing ontwikkeld die in 2030 zouden moeten ingaan. Nieuw-Zeeland had ook een beprijzingsstelsel ontwikkeld dat in 2025 zou ingaan, maar dit is door de nieuwe regering geschrapt. We hebben dit stelsel desondanks in deze analyse opgenomen omdat de plannen al ver waren uitgewerkt en er uitgebreid onderzoek en consultatie over was uitgevoerd. Daarnaast is er in Nederland al een toeslagenstelsel van FrieslandCampina actief dat ook in het overzicht wordt opgenomen. Hoewel dit stelsel niet gaat over beprijzing maar juist over additionele vergoeding indien de emissiefootprint van melk lager uitvalt dan een benchmark, vormt het een belangrijk voorbeeld voor de Nederlandse praktijk dat al substantiële effecten heeft op de bedrijfsvoering. Hieronder worden alle drie de systemen afzonderlijk besproken.

Tabel 4. Karakteristieken en keuzes in de vormgeving van beprijzingsstelsels

Karakteristieken van emissiebeprijzingsstelsel	Overweging	Opties	Denemarken - broeikasgasemissieheffing	Nieuw-Zeeland – gesplitst heffingssysteem	'Friesland-campina stelsel'
Deel van uitstoot belast	Welk deel van de emissies wordt beprijsd?	Deel/alles (tussen haakjes aandeel totale emissies)	Belangrijkste uitstoot 85%: vee, bemesting, veen	Alle (100%)	Toeslag wanneer melk onder benchmark zit
Emissiescope	Worden enkele directe of ook ketenemissies meegenomen?	Scope 1, 2 ,3	Scope 1	Scope 1	Scope 1
Broeikasgasdifferentiatie	Wat zijn de GWPs die gehanteerd worden voor de verschillende broeikasgassen c.q. de verschillende prijzen voor broeikasgassen?	Standaard IPCC GWPs of afwijking daarvan	CO_2-eq	Ja, CH4 vs N2O	CO_2-eq
Sectordifferentiatie	Wordt eenzelfde beprijzingssystemiek gebruikt over sectoren?	Sectorbeprijzing of subsectorbeprijzing	Gedifferentieerd, lagere ingroeiprijs voor vee	Uniform	Melkveehouderij
Meting uitstoot	Hoe worden de emissies per bedrijf gemeten?	Berekening o.b.v. geregistreerde gegevens (activiteitendata) en forfaitaire waarden of fysieke meting met sensoren	Activiteitendata	Activiteitendata	Achteraf in kringloopwijzer op basis van rekenregels
IJking meting	Hoe worden de metingen geijkt?	Hoe worden jaarlijks de emissieregistratie geüpdate cq apparatuur gecontroleerd?	Emissiefactoren update	Emissiefactoren update	Kringloopwijzer update
Ingroei maatregel	Hoe wordt de beprijzing in de tijd ingevoerd?	Startdatum en ingroeipad zijn te bepalen	Start 2030 (50 EUR/t CO_2-eq voor vee, 100 EUR/t CO_2-eq rest) naar 100 EUR/t CO_2-eq in 2035	Q4 2025, vaste (lage) prijs voor 5 jaar (oorspronkelijke planning)	2023 gestart
Emissievrije voet	Wordt een deel van de emissies vrijgesteld van beprijzing? [enkel voor heffing]	Dit kan vast (per bedrijf) of variabel (per productie- of productteenheid)	Nee	95% vrije allocatie	Benchmark grenzen voor toeslag
Eenheid uitstoot (voor terugsluis, rechtenallocatie, vrijgestelde voet en vergelijking)	Wordt uitstoot relatief aan productie-eenheid, eenheid product of ongeacht product belast?	Voor een vrijgestelde voet of de gronden van terugsluis of rechtenallocatie kan gekeken worden naar diverse functionele eenheden	Per dier en per hectare (productie-eenheid) voor korting (Subsidie)	kg N2O/ton kunstmest Kg CH4/dier of ton product	Kg CO_2-eq./liter melk
Verwerking inkomsten	Waar worden de inkomsten uit beprijzing voor ingezet?	Terugsluis, Subsidies omschakeling/ meerinvestering	Terugsluis (60%), opkoop veenweidegebied, bebossing	Agricultural Emission Fond voor de sector ter verduurzaming	Inkomsten melkveehouder

Stelsel in Denemarken

In Denemarken heeft een expertgroep zich tussen 2021 en 2024 gebogen over de vraag met welk beleid het land aan haar klimaatdoelen voor 2030 kan voldoen (-70% i.v.m. 1990). Daarbij was er in de eerste fase een focus op industrie en in een tweede fase op de landbouw[4]. De inzet daarbij is op sectorbrede beprijzing, d.w.z. beprijzing van eenzelfde hoogte voor verschillende vraagsectoren. Er worden uiteindelijk 3 modellen van heffingen voorgesteld (geen emissierechtenstelsels) die variëren qua hoogte en sectordifferentiatie (lagere heffing voor veehouderij). Het grootste deel (zo'n 85%), maar niet alle emissies worden beprijsd. In de beprijzingsscope vallen emissies van vee, bemesting en vee. De emissies worden o.b.v. activiteitendata geregistreerd, zoals ook voor de IPCC NIR gedaan wordt. Dit wordt op relatief eenvoudige wijze gedaan, met bijvoorbeeld een vaste emissiefactor lachgas per eenheid stikstof bemesting.

Sinds de publicatie van hun rapport is men begonnen met de implementatie van deze heffing en zijn er ook al wat zaken veranderd. Het volgende is gebaseerd op een gesprek met Michael Svarer, voorzitter van de eerdergenoemde expertgroep[5]. De heffing start in 2030 (i.p.v. een phase-in vanaf 2027 zoals voorgesteld). Er wordt gekozen voor model 2 uit hun rapport waarbij in eerste instantie de veehouderij een lagere heffing heeft (sectordifferentiatie) maar dit in 2035 gelijkgetrokken is met de overige sectoren (ook industrie). Het terugsluis percentage is gemiddeld 60% (niet 50% zoals in het voorstel), daarmee kunnen boeren met maatregelen in de buurt van net-zero financiële effecten komen. De uitwerking van de heffing is in handen van een nieuw opgericht Ministerie die ook implementatiekeuzes te maken heeft.

Stelsel in Nieuw-Zeeland

Nieuw-Zeeland was van plan eind 2025 een beprijzingssysteem in te voeren voor landbouwemissies, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen kortlevende gassen (methaan) en langlevende gassen (lachgas en CO_2). Dit onderscheid is gebaseerd op het fundamentele verschil in atmosferische eigenschappen: methaan blijft ongeveer 12 jaar in de atmosfeer en stabiliseert binnen 50 jaar bij constante emissies, terwijl langlevende gassen eeuwenlang blijven bestaan.[6] Het methaan-reductiedoel van Nieuw-Zeeland was 10% reductie in 2030 en 24-47% reductie in 2050 (beide t.o.v. 2017-niveaus).[7] Hierdoor zou voor methaan een lagere prijs kunnen worden gehanteerd, aangezien de uitstoot niet tot nul hoeft te dalen om verdere opwarming te voorkomen.

---

[4] Expert Group for a Green Tax Reform.Green Tax Reform. Final Report. 2024
[5] Directe communicatie met Michael Svarer, voorzitter Expert group
[6] Interim Climate Change Committee (2019) Action on Agricultural emissions, Evidence, analysis and recommendations. ICCC-action-on-agricultural-emissions-report.pdf
[7] Ministry for the Environment (2022a) Te Te tātai utu o ngā tukunga ahuwhenua, Pricing agricultural emissions: Consultation document. Pricing agricultural emissions: Consultation document | Ministry for the Environment

Het systeem zou zich richten op de grootste emissiebronnen: methaan van vee (71% van de totale landbouwemissies) en lachgas van kunstmest en andere meststoffen (21% van de totale emissies).[8] Alleen bedrijven die meer dan 200 ton CO_2-equivalenten per jaar uitstoten zouden onder de heffing vallen, wat in de praktijk voornamelijk rundvee- en varkenshouderijen betreft. [9] Akkerbouw en pluimveehouderij zouden grotendeels buiten het systeem blijven.

De implementatie zou gefaseerd verlopen, startend met lage prijzen die voor vijf jaar zouden worden vastgelegd en een eenvoudige berekening met standaard emissiefactoren per dier of ton kunstmest.[10] In 2028 zou het systeem worden verfijnd met bedrijfsspecifieke gegevens.[11] Bij aanvang zou 95% vrije toewijzing worden voorzien, waardoor de kostendruk aanvankelijk beperkt zou blijven.[12] De inkomsten uit de heffing waren bestemd voor een landbouwemissiefonds dat boeren zou ondersteunen bij emissiereductie door training, subsidies en onderzoek. [13]

De nieuwe regering heeft deze plannen echter ingetrokken onder druk van aanhoudende protesten uit de landbouwsector. In plaats van emissiebeprijzing kiest de regering nu voor een technologie-gerichte benadering met NZ$400 miljoen aan investeringen over vier jaar in onderzoek en ontwikkeling van emissiereductie-oplossingen.

Stelsel (toeslag) van FrieslandCampina

FrieslandCampina geeft sinds 2023 een melktoeslag aan melkveehouderij indien de emissies per kg melk onder een benchmark waarde vallen. De emissies worden vastgesteld met behulp van de Kringloopwijzer en dus berekend. Hoe lager de emissies uitvallen, hoe hoger de toeslag is.

Dit stelsel is geen vorm van beprijzing, maar eerder een subsidie. Echter hebben we het wel in dit overzicht opgenomen omdat het een reeds bestaand systeem is dat op basis van vastgestelde emissies een financiële prikkel geeft, net als een beprijzingsstelsel.

Vergelijking stelsels in ontwikkeling

Het Deense en Nieuw-Zeelandse stelsel kennen diverse overeenkomsten, maar ook enkele verschillen. Beide stelsels zijn heffingen die niet alle emissies beprijzen, maar wel tegen de 90%. Hiermee worden de meeste emissies meegenomen, maar enkele kleinere en lastiger te sturen bronnen uitgesloten. De emissies worden gemeten op basis van activiteitendata en forfaitaire

[8] Interim Climate Change Committee (2019)
[9] Ministry for the Environment (2022b) Te Te tātai utu o ngā tukunga ahuwhenua, Pricing agricultural emissions report undersection 215 of the Climate Change Response Act 2002. Pricing-agricultural-emissions-report-under-section-215-of-the-CCRA.pdf
[10] Ministry for the Environment (2022b)
[11] Ag Matters. (n.d.) How to calculate your farm's greenhouse gas emissions and make a plan to reduce them. Know your numbers | Ag Matters
[12] Ministry for the Environment (2022a)
[13] Ministry for the Environment (2022a)

waarden. Met het oog op implementatie op korte termijn is dat waarschijnlijk ook de enige haalbare optie (al zouden sommige emissies wel met sensoren geregistreerd kunnen worden). Beide kennen daarnaast substantiële vrijstellingen, maar deze zijn op verschillende manieren geïmplementeerd. In Denemarken is er een terugsluis van gemiddeld 60%. In Nieuw-Zeeland is er geen terugsluis, maar is er een ondergrens aan emissies (200 t CO_2-eq per bedrijf) en in het eerste jaar een 95% vrije allocatie. Verder kennen beide landen ook differentiaties, maar zijn deze anders. In Denemarken kent de veehouderij de eerste 5 jaar een langzamer ingroeipad en een tijdelijk lagere heffing dan de andere (landbouw)sectoren. In Nieuw-Zeeland is er geen sectordifferentiatie, maar zijn de broeikasgasemissies van methaan anders (lager) beprijsd dan lachgas en CO_2.

Toetsing haalbaarheid keuzevarianten emissiebeprijzingstelsels

We evalueren in Tabel 5 de uitvoeringstechnische en juridische haalbaarheid van individuele keuzes in de vormgeving van het emissiebeprijzingsstelsel. De beoordeelde aspecten omvatten welk deel van de uitstoot wordt belast, de emissiescope, broeikasgasdifferentiatie, sectordifferentiatie, meetmethoden voor uitstoot en de mogelijke toepassing van een heffingsvrije voet. Bij deze evaluatie is ook input uit diverse gesprekken met experts meegenomen, hiervoor staat in Appendix 2 een overzicht wie hiervoor geraadpleegd is.

Bij het deel van de uitstoot dat wordt belast, blijkt het beprijzen van directe emissies uit veehouderij en bemesting het meest praktisch, omdat deze bronnen al grotendeels worden geregistreerd en ongeveer 85% van de totale emissies vertegenwoordigen. Het meenemen van alle emissiebronnen verhoogt de administratieve complexiteit en handhavingskosten aanzienlijk. Verder zal hier ook een balans gevonden moeten worden in het detail van de registratie: gedetailleerd genoeg om recht te doen aan maatregeleffecten, maar niet onnodig complex. Voor de emissiescope wordt scope 1 (directe emissies) als meest uitvoerbaar beoordeeld omdat dit aansluit bij de bestaande NIR-methodiek, terwijl scope 1, 2 en 3 (inclusief ketenemissies) meer gedetailleerde dataregistratie vereist en juridisch problematisch is omdat boeren dan worden beprijsd op emissies buiten hun directe controle.

Betreffende broeikasgasdifferentiatie en sectordifferentiatie toont de analyse dat het hanteren van standaard IPCC-waarden het meest verdedigbaar is vanuit juridisch perspectief, terwijl afwijkingen lastiger te onderbouwen zijn. Een gedifferentieerde sectorale aanpak biedt meer sturingsmogelijkheden maar vereist juridische onderbouwing van het verschil in behandeling. Voor meetmethoden wordt berekening op basis van activiteitendata als meest haalbaar beoordeeld omdat dit voortbouwt op bestaande registratiesystemen, terwijl fysieke meting technisch complex en kostbaar is. Tot slot blijkt een heffingsvrije voet uitvoeringstechnisch eenvoudiger dan terugsluis, maar vereist wel onderbouwing van de gekozen grens.

Tabel 5. Toetsing van karakteristieken van emissiebeprijzingsstelsels

	Overweging	Opties	Uitvoeringstechnische toetsing	Juridische toetsing
Deel van uitstoot belast	Welk deel van de emissies wordt beprijsd?	Deel	Directe emissies van de veehouderij (pens, stal) en bemesting (weide, stal en kunst) eenvoudig mee te nemen en ongeveer 85% van de emissies. Voor een belangrijk deel worden deze reeds geregistreerd.	De uitsluiting van een deel van de emissies zal op gronden van bijv. impact (klein aandeel) en gemotiveerd moeten worden. Staatssteun en mededingingsrecht (concurrentie en marktverstoring) zouden qua impact moeten worden geanalyseerd
		Alle	Indirecte emissies en kleine posten zijn lastiger om mee te nemen omdat deze een vergaandere registratie vergen dan nu plaatsvindt. Ook gaat het administratief dan om veel meer datapunten en is controle lastiger bij veel kleine bronnen. Handhavingskosten zouden hoger kunnen zijn dan baten.	Vanuit juridisch oogpunt (gelijkheid) eenvoudiger dan partiële beprijzing. Anderzijds bieden kleinere emissiebronnen vaak minder gelegenheid tot sturing.
Emissiescope	Worden enkel directe of ook ketenemissies meegenomen?	Scope 1	Sluit aan bij NIR Emissieregistratie methodiek	Sluit aan bij NIR Emissieregistratie methodiek
		Scope 1, 2, 3	Veel meer data over rantsoen nodig (samenstelling, afkomst, teeltwijze, grondsoort etc), maar ook van meststoffen bijvoorbeeld. Boeren zullen zelf ook niet direct over alle data beschikken, en vermoedelijk zelfs leveranciers niet. Dit vergroot daarmee de voorbereidingstermijn en complexiteit van het stelsel	Boeren worden in dit geval beprijsd op emissies waar ze zelf niet direct controle over hebben. Een dergelijke beprijzing bestaat ook in andere klimaatsectoren nog niet. Het is de vraag of dit juridisch haalbaar is.
Broeikasgasdifferentiatie	Wat zijn de GWPs die gehanteerd worden voor de verschillende broeikasgassen c.q. de verschillende prijzen voor broeikasgassen?	Standaard IPCC GWPs	Sluit aan bij NIR Emissieregistratie methodiek	Sluit aan bij NIR Emissieregistratie methodiek
		Afwijking	Uitvoeringstechnisch geeft een dergelijke keuze niet substantieel meerwerk	Juridisch gezien is het lastig verdedigbaar om methaan en lachgas emissies met standaard IPCC emissiefactoren om te rekenen naar CO_2-equivalent, maar met andere emissiefactoren te rekenen voor een beprijzing
Sectordifferentiatie	Wordt eenzelfde beprijzingssystemiek gebruikt over sectoren?	Gedifferentieerd	Administratief een grotere last, maar ook meer ruimte om te sturen.	Zal juridisch onderbouwd moeten worden waarom afgeweken wordt van uniform (verschillen in emissiebronnen en reductiemogelijkheden, alsook concurrentiepositie). Voor sectorindeling aangesloten bij bestaande structuren. Hangt af van doelen en komt op onderbouwing aan
		Uniform	Eenvoudiger, maar minder ruimte voor sturing of differentiatie	Een uniforme beprijzing over sectoren zal geen additionele juridische onderbouwing vergen. Het dient het doel en onderscheid naast emissies wellicht onwenselijk

	Overweging	Opties	Uitvoeringstechnische toetsing	Juridische toetsing
Meting uitstoot	Hoe worden de emissies per bedrijf gemeten?	Activiteiten-data/ forfaitair	Berekening op basis van activiteitendata (aantal dieren, veevoer, mest en kunstmest gebruik, gewassen) zoals nu voor een belangrijk deel ook al gedaan wordt in gecombineerde opgave en oormerksystemen, wel uitbreiding en betere registratie nodig (d.w.z. meer gegevens moeten geregistreerd worden als kunstmest en de betrouwbaarheid van sommige hoger (e.g. veevoer). Verificatie moet ook opgestart worden. Door bestaande administratie ook relatief lage extra kosten.	Bouwt voort op registratie, maar berekening moet goed onderbouwd zijn. Bij aansluiting bestaande methodiek goede kans. Anderzijds kan dit nooit goed genoeg gedaan worden. Optie is om met ranges te werken en aan de voorzichtige kant te zitten, om te voorkomen dat er meer emissies berekend worden dan er uitgestoten zijn. NB de optelsom van het beprijzingssysteem kan lager uitvallen dan de daadwerkelijke emissieregistratie. Tot slot mag dit niet te grofstoffelijk zijn: vaste totale emissies per dierplaats geven geen ruimte tot sturing. Erkende maatregelen moeten ook resulteren in emissiereductie.
		Fysieke meting	Technisch gezien mogelijk in stallen, niet op het veld. Methaanemissies zijn te meten in gesloten stallen (varkens, kippen); halfopen (melkvee) blijft complex en vergt nog ontwikkeling. Installatie en uitvoering en onderhoud is duur. Mogelijk ingroei met opt-in op langere termijn	Meest nauwkeurige registratie (bij continue monitoring met goede instrumenten). Vereist wetgeving over meetprotocollen en certificering meetapparatuur.
Emissievrije voet	Wordt een deel van de emissies vrijgesteld van beprijzing? [enkel voor heffing]	Wel	Uitvoeringstechnisch mogelijk minder effectief, maar administratief vergelijkbaar. Eenvoudiger dan terugsluis.	Onderbouwing van grens nodig (verschil in behandeling), koppeling met doelen. Mogelijk eenvoudiger dan terugsluis

Gebruiksvriendelijkheid en draagvlak beprijzingsstelsel

Over het algemeen zal de introductie van een nieuw beprijzingsstelsel tijd, inspanning en (direct danwel indirect) geld van boeren vragen. Er kan bij het ontwerp van een stelsel echter rekening gehouden worden om de lasten voor boeren te beperken en anderzijds ook het begrip voor het stelsel te vergroten. Daarbij zijn verschillende aspecten van belang: de transparantie over doelstellingen en inkomstenverwerking, duidelijkheid over het stelsel, de keuze voor meetmethoden en bijbehorende kosten, mogelijke differentiatie tussen sectoren of bedrijven, handhaving en controle, en de fundamentele keuze tussen een heffing- of rechtenstelsel.

Het is allereerst belangrijk dat duidelijk gemaakt wordt wat de aanleiding van deze emissiebeprijzing is. De opgave is om als samenleving de broeikasgasuitstoot te verlagen, waarbij het beprijzen van emissies een instrument is. Het zou bevorderlijk voor het draagvlak zijn indien de

inkomsten uit deze beprijzing (indien heffing) terugvloeien naar de sector zelf. Dit kan op meerdere manieren gebeuren: via rechtstreekse terugsluis of vrijstelling, wat erkent dat er in de landbouw een basisniveau aan emissies bestaat dat niet te vermijden is. Ook kunnen subsidies worden uitgegeven voor emissiereducerende maatregelen die meerkosten kennen.

Daarnaast is een belangrijke factor voor de acceptatie van een beprijzingsstelsel een zorgvuldige implementatie gecombineerd met heldere communicatie. Een gefaseerde invoering biedt boeren de tijd om zich voor te bereiden op nieuwe administratieve verplichtingen en eventuele investeringen in eventuele meetapparatuur of procesaanpassingen. Tijdens deze implementatieperiode is transparante communicatie nodig: boeren moeten begrijpen hoe het stelsel werkt, wat er van hen wordt verwacht en hoe hun emissies worden berekend. Welke emissies hier onder vallen en welke niet, alsook een toelichting daarop is, moet duidelijk worden. Daarbij moet bijvoorbeeld ook uitgelegd worden dat de emissies van tractoren juist niet meetellen omdat deze onder de klimaatsector mobiliteit (mobiele werktuigen) vallen. Een testfase of pilotproject kan helpen om onduidelijkheden weg te nemen en het systeem te verfijnen voordat volledige invoering plaatsvindt. Een goed geïnformeerde sector zal minder weerstand bieden en effectiever kunnen anticiperen op de nieuwe regelgeving. Ook kan na een testfase of geleidelijk ingroeipad goed worden beoordeeld of de effecten in de sector anders blijken dan vooraf geanticipeerd.

Ook is het van belang dat de spelregels van de beprijzing duidelijk zijn. Voor de registratie van de emissies zijn er grofweg twee routes: een berekening o.b.v. aangeleverde data of fysieke metingen met sensoren. Voor de eerste route zal gelden dat er meer data aangeleverd zal moeten worden dan nu het geval is. Dat geeft additionele administratieve lasten. Voor de tweede route zal het gaan om het afnemen van meetdiensten danwel aanschaf en installatie van apparatuur. De kosten hiervoor kunnen bezwaarlijk zijn, zeker voor kleine boeren. Daarom zou een opt-in voor deze route overwogen kunnen worden, waarbij de overheid ook (een deel van) de financiële lasten zou kunnen dragen indien de toegevoegde waarde hiervan dit motiveert.

Indien er differentiatie plaatsvindt in de beprijzing, zal dit zowel op bijval als bezwaar kunnen rekenen. Indien sectoren verschillend belast worden, geeft dat enerzijds onevenredige effecten maar kan dit anderzijds bijdragen aan het behoud van bepaalde sectoren. Indien er een terugsluis of vrijstelling is, zal deze op grond van een kenmerk vastgesteld moeten worden. Zo kan er een bevooroordeling plaatsvinden richting intensivering of extensivering[14]. Door een dergelijke toevoeging aan een beprijzingsstelsel, zullen sommige boeren lichter en andere juist zwaarder belast worden.

[14] Zie bijv. ook de volgende bron voor een bespreking van mogelijke voor- en nadelen van diverse functionele eenheden: WUR (2024): Afbakening en functionele eenheid KPI-broeikasgassen melkveehouderij

De handhaving en controle van een emissiebeprijzingsstelsel vormen een belangrijk maar complex onderdeel van de gebruiksvriendelijkheid. Een effectief controlesysteem moet enerzijds voldoende waarborgen bieden dat emissieregistraties correct en betrouwbaar zijn, maar anderzijds de administratieve lasten voor boeren beperkt houden. Bij berekeningen op basis van activiteitendata kan worden aangesloten bij bestaande controlemechanismen, zoals de gecombineerde opgave, om dubbele administratie te voorkomen. Voor fysieke metingen zijn protocollen nodig voor kalibratie en onderhoud van meetapparatuur. De frequentie en intensiteit van controles moeten proportioneel zijn: intensievere controle bij bedrijven met afwijkende cijfers, terwijl bedrijven met consistente registraties minder frequent worden gecontroleerd. Ook zou controle proportioneel aan het volume emissies kunnen zijn. Transparantie over het controleproces en duidelijke procedures voor bezwaar en beroep dragen bij aan de acceptatie van het systeem en voorkomen onnodige conflicten tussen handhavingsinstanties en boeren.

Daarbij zal de keuze tussen een heffing en rechtenstelsel ook kunnen uitmaken. Conceptueel en qua implementatie is een heffing simpeler. Een heffing biedt ook meer duidelijkheid en zekerheid over de financiële effecten. Een rechtenstelsel is anderzijds al bekend vanuit de veehouderij (melkvee, varkens, kippen). Het biedt ook de mogelijkheid om met rechten te handelen, waardoor er meer flexibiliteit is (handel of maatregelen). Een tweede rechtensysteem naast de bestaande systemen die op fosfaatuitscheiding en dieraantallen gebaseerd zijn is mogelijk echter verwarrend. Een gecombineerd rechtensysteem is echter ook niet eenvoudig te realiseren omdat de koppeling tussen dieraantallen en verschillende emissies niet vast is: waar de huidige rechten eenzelfde fosfaatuitstoot vertegenwoordigen, hebben diertypen bij dezelfde fosfaatuitstoot een andere uitstoot van broeikasgasemissies.

Tot slot zou er met een broeikasgasemissiebeprijzingsstelsel een systeem komen in een landschap van diverse tools die uitspraken doen over de emissies van de landbouw. Er bestaat reeds de NEMA voor de nationale emissieregistratie van de landbouw[15], er is de Kringloopwijzer[16], het Farmdyn model[17], de Cool Farm tool[18], de Kritische Prestatie Indicatoren (KPI's) duurzame landbouw[19] die nu ontwikkeld worden en diverse andere tools. Veel verschillen in tools en rekenmethoden werken begrijpelijkheid tegen en verhogen mogelijk de weerstand. Het verdient daarmee de aanbeveling om een overzicht te maken van deze tools, dat o.a. beschrijft welke er zijn, hoe ze tot stand gekomen zijn, wie ze ontwikkelt, wat de scope is en waar ze wel en niet voor gebruikt

[15] https://www.emissieregistratie.nl/documentatie/methoderapporten/landbouw
[16] https://mijnkringloopwijzer.nl/
[17] https://www.ilr1.uni-bonn.de/en/research/research-groups/economic-modeling-of-agricultural-systems/farmdyn
[18] https://coolfarm.org/
[19] https://wiki.groenkennisnet.nl/space/kpikll

(kunnen) worden. Een dergelijk overzicht maakt toegankelijker en inzichtelijker richting publieke en private partijen welke ontwikkelingen, mogelijkheden en toepassingen er zijn.

Stappen die nog gezet moeten worden

Er zijn diverse stappen die nog gezet zouden moeten worden voor de invoering van een emissiebeprijzingsstelsel. In de eerste plaats moet er een keuze over de vormgeving van het stelsel gemaakt worden. Vervolgens moet er, in vrijwel alle gevallen, een aantal uitvoeringstechnische en juridische stappen gezet worden.

Voor een potentieel stikstofemissiebeprijzingsstelsel wordt gesteld dat een implementatie drie tot vier jaar voor een heffing en vier tot zes jaar voor een ETS in beslag zou kunnen nemen.[20] De stappen die gezet zullen moeten worden, uitvoeringstechnisch alsook juridisch, zijn grotendeels dezelfde voor een broeikasgasemissiebeprijzingsstelsel. De verwachting is daarmee dat de doorlooptijd vergelijkbaar is. We verwijzen de lezer dan ook graag naar de 'Sturen op Stikstof' rapportage waarin deze uitgebreid beschreven worden.

Een niet-uitputtend overzicht van de belangrijkste acties presenteren we hieronder. Deze zijn ook beïnvloed door de kwantitatieve analyse die we verderop presenteren.

Uitvoeringstechnische stappen

Dataregistratie

Er worden op het moment al diverse data op bedrijfsniveau verzameld. Dit gebeurt hoofdzakelijk via de gecombineerde opgave. Afhankelijk van de uitwerking van het beprijzingsstelsel (specifiek: welk deel van de emissies belast), zal er aanvullende registratie nodig zijn indien die gebaseerd is op activiteitendata en forfaitaire waarden. Tabel 6 geeft hiervan een overzicht. Voor de meeste basisgegevens zoals dieraantallen, hectares en grondsoort kan worden aangesloten bij huidige registratiesystemen.

Voor een nauwkeurige emissiebeprijzing zijn echter aanvullende gegevens nodig die momenteel niet of onvoldoende worden geregistreerd. Dit betreft met name gedetailleerde informatie over rantsoensamenstellingen en -verbruik, specifiek van zelf geteeld en gebruikt gras en ruwvoer, gebruik van veevoeradditieven en precieze mestopslagduur. De uitbreiding van dataregistratie zou dus voornamelijk betrekking hebben op voer- en mestgerelateerde aspecten die nodig zijn voor accurate emissieberekeningen.

Dit zijn echter vrij essentiële elementen voor emissieramingen, en daarmee haast voorwaardelijk voor beprijzing. Bijna 4 Mton CO2-eq aan methaanemissies komt van mestopslag- en bewerking,

[20] ABDTopconsult (2023): Normeren en beprijzen van stikstofemissies. Sturen op stikstof.

waarbij deze berekeningen nu gebaseerd zijn op standaard opslagduren van 6 of 3 maanden. Dergelijke aannames zijn niet houdbaar op bedrijfsniveau. Registratie van de opslagduur is dus een voorwaarde voor de bepaling (en beprijzing) van deze emissies. Zo hangt verder de pensfermentatie van rundvee, ruim 8 Mton CO2-eq aan methaanemissies, af van het rantsoen, waarbij voor de nationale emissieraming standaard aannames over de samenstelling gehanteerd worden. Ook hier geldt dat inzicht op rantsoenverbruik- en samenstelling (specifiek gras en ruwvoer) noodzakelijk is om de emissies op bedrijfsniveau nauwkeurig te berekenen.

Tabel 6. Overzicht van benodigde registratie voor emissieberekeningen voor een emissiebeprijzingsstelsel.

	Toelichting	Reeds onderdeel van huidige uitvraag	Extra uitvraag nodig
Dieraantallen	Aantallen van elk dier en soort daarbinnen (e.g. melkvee, jongvee voor melkvee <1j) op peildatum	Ja, op twee wijzen (gecombineerde opgave (GO) en I&R oormerken). I&R geeft aan- en afvoer, vergunning geeft aantal plaatsen	Nee
Melkproductie	Enkel indien terugsluis op grond van productie	Ja, in de gecombineerde opgave (GO)	Nee
Hectares	Aantal hectares in beheer	Ja	Nee
Grondsoort	Grondsoort	Ja	Nee
Mestopslag	Mestopslagduur – hoe lang wordt mest opgeslagen, in welke vorm	Nee, de capaciteit wordt geregistreerd maar niet de opslagduur. Hoeveel mest er is wel door AGL. Indien mest bewerkt of verwerkt wordt, zou de opslag voor en erna ook geregistreerd moeten worden.	Ja, mestopslagduur in verschillende stadia
Mestbewerking	Hoeveel mest wordt bewerkt (behandeld om samenstelling te wijzingen, bijvoorbeeld gescheiden of vergist)?	Dit wordt geregistreerd bij intermediaire ondernemingen (e.g. centrale verwerking). Bewerking op bedrijfsniveau wordt niet geregistreerd wordt (enkel in de GO of er bewerking plaatsvindt, niet hoeveel)	Bewerking op bedrijfsniveau (hoeveelheden)
Mestverwerking	Hoeveel mest wordt verwerkt (afgezet buiten Nederlandse landbouw)?	Wordt geregistreerd bij intermediaire ondernemingen. Op bedrijfsniveau is de vraag hoeveel van eigen mest is verwerkt, en hoe lang deze daarvoor is opgeslagen	Nee
Bemesting	Hoeveel wordt er bemest?	Er wordt onderscheid gemaakt tussen dierlijke mest, overige organische meststoffen (compost, bokashi, slib) en kunstmest. Het gebruik daarvan is bekend via aanvoer-eindvoorraad. Voor kunstmest zouden voor CO2-emissies de hoeveelheden van ureumgebaseerde kunstmest ook bekend moeten zijn (alsook kalk)	Kunstmestgebruik in detail. Verder is het lastig om gebruik vast te stellen (inkoop is niet gelijk aan gebruik)
Weidegang	Hoeveel uren weidegang hebben dieren gemiddeld per jaar?	Wordt uitgevraagd (in dagen en u/d) in gecombineerde opgave, maar geen gegarandeerde vraag. Qlip registreert dit in meer detail, gecontroleerd door NVWA	Mogelijk welk deel areaal beweid
Type stal	In welk type stal zijn dieren gehuisvest?	Ja uit gecombineerde opgave. Wordt echter niet gecontroleerd, dit is wel nodig.	Controle is nodig
Rantsoen	Wat is het jaar gemiddelde rantsoen?	Er is zicht op de inkoop, maar minder op eigen teelt. Daarbij gaat het m.n. om gras en ruwvoer productie, samenstelling, inkuilen en welk deel vervolgens zelf gebruikt wordt.	Ja, eigen teelt en gebruik
Additieven (veevoer, mest)	Welke veevoer- en mestadditieven worden in welke hoeveelheden gebruikt?	Nee	Ja, op grond van facturen

Additioneel zal voor een ETS-systeem of een emissieheffing verhandelbare dispensatierechten- een benchmark voor emissies moeten worden gekozen voor een bedrijf. Dit is nodig om het aantal vrije rechten op een juiste manier te alloceren. Ook voor deze benchmark kan worden aangesloten bij de huidige registratie. De keuze voor een benchmark kan op diverse manieren, zoals voor ieder bedrijf individueel of op basis van 'best-practices' (10% meest CO_2-eq efficiënte bedrijven/installaties in een bepaalde categorie) zoals het EU ETS-systeem hanteert. In het eerste geval zal voor elk bedrijf een inschatting van de basisemissies moeten worden gehanteerd, waarna vervolgens deze rechten worden uitgekeerd en ieder jaar het aantal vrije rechten afneemt. Hierin kunnen eventueel nog verdere keuzes gemaakt worden die een onderscheid maken hoe snel het aantal vrije rechten bij bedrijven afneemt (is dat gelijk voor alle bedrijven, of bij sommige bedrijven sneller of minder snel). Bij een meer generieke benchmark op basis van best-practices zullen bedrijven ingedeeld moeten worden in een categorie. Dit kan mogelijk ingewikkeld zijn voor bijvoorbeeld gemengde bedrijven, die niet eenvoudig in een specifieke categorie vallen.

Het aantal deelnemers aan het beprijzingsstelsel zal afhangen van welke subsectoren meegenomen worden en of er drempels gehanteerd worden. Er waren in 2024 ongeveer 50k landbouwbedrijven, waarvan bijna 13k melkvee, 2k varkens en ruim 11k akkerbouw[21]. Agrarische ondernemers vullen reeds de gecombineerde opgave in, welke als basis dient voor de meeste dataverzameling. Bij een rechtenstelsel zullen echter ook de transacties tussen deelnemende bedrijven geregistreerd moeten worden. Dit gebeurt op dit moment ook al in de diverse veerechtenstelsels.

Een alternatieve route voor werken met activiteitendata en forfaitaire waarden is het registreren van emissies met sensoren. Hier zal nog additionele inspanning nodig zijn. Voor gesloten stallen (varkens en kippen) kan dit reeds, voor halfopen stallen (voor melkvee) echter nog niet. Dit zou mogelijk binnen enkele jaren kunnen door referentiemetingen te doen in een gecontroleerde opstelling voor diverse staltypen. Andere bedrijven met eenzelfde staltype zouden dan via deze referentiemetingen een emissiefactor per dier kunnen ontvangen. Er zullen hiervoor uitgebreide metingen in meerdere weeromstandigheden gedaan moeten worden, deze zullen stabiel en betrouwbaar genoeg moeten zijn en de uitkomsten zullen ook goed vertaalbaar moeten zijn daar andere bedrijven met eenzelfde staltype, ongeacht een ander formaat (schaalbaarheid). Emissies buiten de stal (zowel lachgas als methaan) kunnen momenteel nog niet goed met sectoren geregistreerd worden.

In Tabel 7 geven we een overzicht van welke emissies mogelijk met sensoren gemeten kunnen worden.[22]

[21] Staatvanlandbouwnatuurenvoedsel.nl (2025): aantal land- en tuinbouwbedrijven in Nederland

[22] Deze getallen wijken af van de emissies per sector zoals berekend later in deze studie, voornamelijk door een verschil in scope van emissies. Wij hebben bijvoorbeeld bemestingsemissies ook aan de veehouderij toegerekend.

Tabel 7. Overzicht emissies in stallen en veld naar broeikasgas en mogelijkheid tot registratie met fysieke sensoren

	Sector	Op welke termijn mogelijk	Welk deel van emissies van scope landbouw	Toelichting inschatting
Stallen – gesloten incl. opslag in stal methaan	Hokdieren	Meetprotocol opgesteld en sensoren ook klaar, in principe mogelijk	±2,3 – PM Mton (13%)	
Opslagen mest – buiten stal - methaan	Vee	Middellange termijn, protocol nog niet klaar. Mogelijk diverse typen mest	PM Mton	
Mestbewerking en -verwerking - methaan	Vee	Middellange termijn, protocol nog niet klaar. Mogelijk diverse typen mest	0.4 Mton (2%)	
Stallen – halfopen incl. opslag methaan	Melkvee en overige herkauwers	Lastiger vanwege uitwisseling met buitenlucht. Mogelijk forfaitaire getallen maar terugkoppeling met metingen in stallen. Sommige staltypen lastiger.	±9,1 Mton (50%) maximaal, vermoedelijk (fors) minder	100% mest emissies; 86% pensfermentatie emissies o.b.v. weidegang van 1240 u/j
Veld – methaan	Pensfermentatie herkauwers in veld	Niet goed met sensoren te meten	±1,1 Mton (6%)	14% van pensfermentatie emissies o.b.v. weidegang van 1240 u/j
Veld – lachgas	Bemesting, processen	Niet goed met sensoren te meten	±4,8 Mton (27%)	
Veld – CO_2	Kunstmest, kalk	Niet goed met sensoren te meten	±0,3 Mton (2%)	
Totaal			18,0 Mton	

Metingen in hokgebonden veehouderij en opslag van mest zijn daarmee in theorie mogelijk en tellen op tot zo'n 2,3 Mton CO_2-eq. Indien het binnen enkele jaren lukt om half-open stallen van de melkveehouderij via een referentieberekening mee te nemen, zou er langs die hybride route afhankelijk van de weidegang nog maximaal zo'n 9,1 Mton geregistreerd kunnen worden indien in alle melkveestallen metingen gedaan kunnen worden en dit ook gebeurt. Dit is in termen van de huidige emissies het overgrote deel (65%) van de emissies in scope van een eventueel beprijzingssysteem. In de praktijk zal dit (fors) lager uitvallen omdat waarschijnlijk niet alle melkvee staltypen zich hiervoor lenen.

Op een termijn van zeg 5 jaar zal dit vermoedelijk ten hoogste een hybride systeem zijn met enerzijds sensoren en anderzijds berekeningen. Niet alle emissies zijn goed te meten met sensoren en daarnaast zal niet elke boer ook meetinstrumenten en diensten te willen afnemen.[23] Daarmee ligt het voor de hand om een opt-in voor emissieregistratie met sensoren mogelijk te maken (naast berekeningen o.b.v. forfaitaire waarden/activiteiten data). De berekende emissies zouden tevens een controlemogelijkheid voor de metingen met fysieke sensoren bieden en daarmee de fraudegevoeligheid kunnen beperken.

Toekomstige ontwikkelingen zoals krimp van de veestapel, meer weidegang en meer mestvergisting kunnen ertoe leiden dat een kleiner deel van de emissies daadwerkelijk meetbaar is met sensoren, zowel in absolute als in relatieve zin.

Databeheer

De bovenstaande data zullen niet alleen geregistreerd moeten worden, maar deze moet ook beheerd worden. Daarbij is het de vraag wat een goede datastructuur is, wie de eigenaar van deze data is (zie verderop), wie daar inzicht in kan krijgen en hoe deze uitgewisseld kan worden. Voor een heffing zal dit vermoedelijk simpeler zijn, omdat er enkel eenzijdige transacties (tussen bedrijven en overheid) plaatsvinden, terwijl voor een emissierechtenstelsel ook transacties tussen bedrijven kunnen plaatsvinden en deze ook meegenomen moeten worden.

Het gaat voorbij de scope van deze studie om de huidige databeheer praktijken te beschrijven. Als het aankomt op de registratie van primaire data (zie hierboven, zoals kunstmest gebruik), zouden uitbreiding van huidige systemen vermoedelijk volstaan. Echter zal voor de daaropvolgende financiële transacties (inning heffing en toekenning en handel rechten) een nieuw beheersysteem opgetuigd moeten worden.

Verder zou het beheer mogelijk onderdeel kunnen worden van het data eco systeem agro (DESA) dat In het kader van het LVVN Programma bedrijfsgerichte doelsturing wordt ontwikkeld.

Datavalidatie en handhaving

Er zullen ook controles op de ontvangen data moeten plaatsvinden, enerzijds om fraudegevoeligheid te beperken en anderzijds om meer zekerheid over de gegevens te krijgen. Deze controles kunnen voor een deel geautomatiseerd zijn en zich toespitsen op enerzijds bedrijf- en anderzijds op sectorniveau. Op bedrijfsniveau kan de ontwikkeling van kentallen als dieraantallen en

[23] De kosten van meetdiensten kunnen, zeker voor kleinere boeren, fors zijn. Deze kosten zouden ook geabsorbeerd kunnen worden door de opbrengsten van de heffing/een bijdrage van overheidswege. Een boer zou enkel een belang hebben om meetdiensten af te nemen (i.p.v. een forfaitaire berekening uit te laten voeren) indien deze nauwkeuriger zijn en tot lagere emissies leiden. Bij een goed ontworpen forfaitaire berekening zou de delta tussen een meting met sensoren beperkt moeten zijn, en daarmee het belang van een eigen meetsysteem ook.

keuzes in de bedrijfsvoering jaar op jaar geautomatiseerd vergeleken worden en kunnen bij sterke afwijkingen of wellicht onlogische ontwikkelingen een signaal gegeven worden dat gevolgd zou kunnen worden door een inspectie. Op sectorniveau kan gekeken worden of de optelsom van bedrijven ook optelt tot de verwachtte totalen. Daarbij kan ook gekeken worden naar of verkoop en aankoop met elkaar in balans zijn, of afvoer en aanvoer (e.g. afvoer vleesvarkens met bestemming NL en aanvoer vleesvarkens in NL-slachterijen).

Verantwoordelijke instantie

Op dit moment wordt veel landbouwdata verzameld en beheerd door RVO. Gegeven de bestaande processen en de relatief beperkte aanvullende databehoefte, lijkt een route waarbij RVO ook de verantwoordelijkheid voor deze aanvullende stappen van registratie, beheer en (mogelijk ook) validatie neemt, het meest efficiënt. Dit zal desalniettemin een grotere inspanning van RVO vergen, waarvoor ook kennis, capaciteit en budgetten nodig zijn. Het zou hierbij ook een mogelijkheid zijn om een andere, externe partij de verantwoordelijkheid van de datavalidatie te geven.

Juridische stappen

Op juridisch vlak moeten diverse stappen worden gezet en aspecten worden uitgezocht. De belangrijkste voorwaarde is tweeledig: enerzijds moeten de geregistreerde emissies voldoende nauwkeurig zijn en anderzijds moeten boeren sturingsmogelijkheden hebben om hun emissies te verlagen. Indien berekende of gemeten emissies niet accuraat zijn, is de grondslag voor beprijzing te onzeker om daar financiële gevolgen aan te verbinden. Indien hieraan wel wordt voldaan maar er onvoldoende reductiemogelijkheden zijn, is het onredelijk om een niet-vermijdbare heffing op te leggen.

Nieuwe wetgeving

Emissiebeprijzing zal in de wet vastgelegd moeten worden. Hiervoor zal nieuwe wetgeving geschreven moeten worden, die het ontwerp van het stelsel, de voorwaarden, grondslagen en beprijzing volledig beschrijft.

Staatsteuntoets

Er zal voor de uitrol van een beprijzingsstelsel vrijwel zeker een staatsteuntoets moeten plaatsvinden. Bij de toekenning van rechten in een emissierechtenstelsel, een eventuele vrijstelling van emissies alsook een terugsluis ontvangen boeren een financieel voordeel. Of dit geoorloofd is, zal getoetst moeten worden bij de Europese Commissie. In Denemarken is men nu bezig met dit proces. Mogelijk is het eigendomsrecht ook van toepassing (er zou inbreuk gedaan kunnen worden op de mogelijkheid om over eigendom te beschikken), wanneer er een maximaal aantal rechten of een dusdanig hoge prijs die de bedrijfsvoering beperkt is.

Onderbouwing uitwerking stelsel

Het doel van de emissiebeprijzing zal de uitwerking ervan moeten rechtvaardigen. De keuze zal voldoende gemotiveerd moeten worden indien de beprijzing gedifferentieerd wordt, een nauwere emissiescope kent of bijvoorbeeld een terugsluis of emissievrije voet kent. Zo zouden bijvoorbeeld niet alle directe emissies beprijsd kunnen worden, zoals ook het geval in Denemarken en Nieuw-Zeeland. Indien het overgrote en stuurbare deel wel beprijsd wordt, en kleinere emissiebronnen waarvoor een boer minder maatregelen kan nemen niet, is dit te legitimeren. Verderop zal ook blijken dat de gevoeligheid van verschillende subsectoren voor CO_2-prijzen sterk verschilt, en dat daardoor overwogen zou kunnen worden om verschillende beprijzingsniveaus te hanteren om te voorkomen dat één sector zeer sterk geraakt wordt en een andere sector intact blijft. Dat is uiteindelijk ook een politieke keuze.

In algemene zin liggen er, zeker bij hogere effectieve belastingniveaus, hoge eisen wat betreft de bewijslast (van de daadwerkelijke emissies op bedrijfsniveau). Bij hoge prijzen zal de vrije bewijsleer gelden. Dit geeft bedrijven de mogelijkheid om zelf te onderbouwen op basis van specifieke, objectieve en verifieerbare gegevens wat hun emissies zijn (indien lager dan overheidswege vastgesteld)[24]. Dit onderstreept daarmee de noodzaak om bij de uitvoeringstechnische stappen de data registratie uit te breiden en te verankeren in transparante en verifieerbare principes zoals de NEMA-methodiek om zo goed mogelijk de specifieke situatie en emissies te bepalen.

Onderzoek GLB-bepalingen

Het verdient tot slot de aanbeveling om de GLB-bepalingen te onderzoeken op mogelijke interactie met een beprijzingssysteem - wrijving met Europese systemen iets om te vermijden.

Varianten voor doorrekening

Na bovenstaande analyse op basis van literatuuronderzoek, interacties met experts via interviews en de klankbordgroep en opgedane inzichten in het proces, zijn we tot concrete vormen gekomen die in de doorrekening gebruikt wordt. In Tabel 8 tonen we een overzicht van de varianten voor zowel een broeikasgasemissieheffing als een broeikasgasemissierechtenstelsel. Voor beide wordt gekozen voor beprijzing van directe emissies (scope 1) uit veehouderij en bemesting, wat ongeveer 85% van de totale emissies beslaat. Kleinere, moeilijk reduceerbare emissiebronnen worden uitgesloten.

Alle broeikasgassen worden omgerekend naar CO_2-equivalenten volgens standaard methodieken. Voor de heffing worden zowel uniforme als subsectorspecifieke varianten doorgerekend,

[24] RVO (2024): 1
Boetebeleid Meststoffenwet RVO

terwijl het rechtenstelsel alleen sectorbreed wordt uitgewerkt. De invoering is gepland voor 2029/2030 met een ingroeiperiode van drie jaar.

Voor terugsluis, vrijstellingen en rechtenallocatie worden verschillende varianten onderzocht gebaseerd op dieraantallen, hectares of productie-eenheden. Bij de heffing kan modelmatig met terugsluis[25] of gerichte subsidies worden gewerkt, terwijl dit bij het rechtenstelsel niet van toepassing is. De emissies worden berekend op basis van activiteitendata en forfaitaire waarden, aangesloten bij bestaande registratiemethodieken.

[25] In de praktijk zou er geen directe koppeling tussen inkomsten en uitgaven zijn, en zou een terugsluis dus effectief een subsidie zijn waarvan de totale hoogte afgeschat kan worden op basis van de verwachte inkomsten uit de heffing, of andere proxies.

Tabel 8. Karakteristieken van emissiebeprijzingsstelsel

	Overweging	Heffing	Rechtenstelsel	Toelichting
Deel van uitstoot belast	Welk deel van de emissies wordt beprijsd?	Directe emissies veehouderij (pens, stal) en bemesting (weide, stal en kunst) (±85%)		Niet alle directe emissies worden meegenomen; enkele kleinere emissiebronnen waarvoor het lastiger is deze te reduceren worden uitgesloten. Een overzicht hiervan staat in Appendix I
Emissiescope	Worden enkele directe of ook ketenemissies meegenomen?	Scope 1		Er wordt in deze studie gekeken naar emissiebeprijzing in de primaire landbouw. Daarmee is het logisch om conform NIR voor directe emissies te kiezen en niet voor een LCA-aanpak.
Broeikasgasdifferentiatie	Wat zijn de GWPs die gehanteerd worden voor de verschillende broeikasgassen c.q. de verschillende prijzen voor broeikasgassen?	CO_2-eq		Vanuit juridisch perspectief lijkt het lastig te onderbouwen om differentiatie in broeikasgasemissieprijzen tussen broeikasgassen te introduceren (vis a vis registratie met omrekening naar CO_2-equivalenten)
Sectordifferentiatie	Wordt eenzelfde beprijzingssystematiek gebruikt over sectoren?	Uniform alsook differentiatie naar subsector	Uniform	We rekenen zowel een sectorbrede als een subsectorspecifieke heffing door. Voor het emissierechtenstelsel kijken we enkel naar een sectorbreed stelsel
Meting uitstoot	Hoe worden de emissies per bedrijf gemeten?	Voor modellering: n.v.t. aangezien berekening (daarmee impliciet o.b.v. geregistreerde gegevens (activiteitendata) en forfaitaire waarden		
IJking meting	Hoe worden de metingen geijkt?	Voor modellering: n.v.t.		
Ingroei maatregel	Hoe wordt de beprijzing in de tijd ingevoerd?	Er wordt uitgegaan van een start in 2029/2030 (met reeds anticipatie vanaf 2028) en een ingroeipad van 3 jaar		
Eenheid uitstoot (voor terugsluis, rechtenallocatie, vrijgestelde voet en vergelijking)	Wordt uitstoot relatief aan productie-eenheid, eenheid product of ongeacht product belast?	Verschillende varianten: terugsluis of vrijgestelde voet o.b.v. aantal dieren, hectares en productie	Vrijstelling op basis van historische emissies (bepaald op bedrijfsniveau) of vaste vrijstelling per bedrijf	
Verwerking inkomsten	Waar worden de inkomsten uit beprijzing voor ingezet?	Modelmatig is terugsluis of gerichte subsidie mogelijk	N.v.t.	

Conclusies conceptuele vormgeving

De bovenstaande analyse laat zien dat een pragmatische uitwerking van beprijzing met ingroei en verdere ontwikkeling het meest haalbaar kan zijn, met het oog op tijdige invoer en impact op broeikasgasemissiereductie.

We hebben mogelijke beprijzingsstelsels getoetst op juridische haalbaarheid, uitvoeringstechnische haalbaarheid en gebruiksvriendelijkheid. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies:

Juridische haalbaarheid:

- Er zal ongeacht de exacte uitwerking nieuwe wetgeving nodig zijn en er zal een staatsteuntoets bij de Europese Commissie gedaan moeten worden.
- Wrijving met bestaande systemen (zoals GLB) zal onderzocht moeten worden
- De metingen/forfaitaire berekeningen moeten betrouwbaar genoeg zijn en boeren moeten mogelijkheid tot sturing hebben.

Uitvoeringstechnische haalbaarheid

- Op korte termijn is meting o.b.v. activiteitendata mogelijk, al zal registratie uitgebreid moeten worden, betrouwbaar moeten zijn en zal er validatie moeten plaatsvinden.
- Er moet een instantie als verantwoordelijke aangesteld worden voor deze taken en daarnaast het databeheer
- Op langere termijn kan voor een deel van de emissies meting met sensoren plaatsvinden, eerst in gesloten stallen en later ook in andere systemen, wel via opt-in naast registratie o.b.v. activiteitendata.

Gebruiksvriendelijkheid

- Het is van belang om administratieve lasten, kosten en complexiteit zo veel mogelijk te beperken en aan te sluiten bij bestaande systemen; inkomsten bij heffing zouden moeten terugvloeien naar de sector.
- Een ingroeipad, terugsluis of vrijgestelde voet kan helpen; de gronden voor allocatie zullen echter vrijwel zeker tot bezwaar leiden omdat het relatieve verschillen introduceert.

Implementatie

- Om bovenstaande aspecten te waarborgen, zal de implementatie van het stelsel vermoedelijk enkele jaren in beslag nemen. Voor een stikstofemissiebeprijzingsstelsel wordt een implementatieduur van drie tot vier jaar voor een heffing en vier tot zes jaar voor een ETS geschat. De verwachting is daarmee dat de doorlooptijd vergelijkbaar is.

Verder concluderen we dat een beprijzing van een deel van de goed registreerbare en stuurbare emissies het meest haalbaar is, waarbij het systeem in ieder geval op korte termijn gestoeld is op activiteitendata en op middellange termijn deels gecomplementeerd zou kunnen worden met metingen met sensoren.

Modelmatige analyse stelsels

Introductie en doelen

In dit tweede deel van de rapportage voeren we een kwantitatieve analyse uit naar de effecten van broeikasgasemissiebeprijzing op de emissies en financiën van landbouwbedrijven. De vraag die daarbij voorligt is welk beprijzingsniveau nodig is om de klimaatdoelen te halen. De stelsels van beprijzing die we beschouwen zijn bepaald op basis van het vorige hoofdstuk over de conceptuele vormgeving. Het gaat daarbij om een broeikasgasemissieheffing, waarbij over de bedrijfsemissies een vaste heffing per eenheid CO2-eq geheven wordt , en een emissierechtenstelsel, waarbij een jaarlijks afnemend aantal rechten op basis van historische emissies gratis geallocceerd wordt aan bedrijven die additionele rechten moeten aankopen indien zij meer uitstoot dan rechten hebben (en rechten kunnen verkopen indien minder uitstoot dan rechten).

We definiëren eerst de broeikasgasemissiedoelen die we in deze studie hanteren. Vervolgens bespreken we het model dat we ontwikkeld hebben om deze verkenning te doen. Daarna beschrijven we de opzet qua bedrijfstypen, transitiepaden en financiële kentallen voor de drie subsectoren die we modelleren: de melkveehouderij, varkenshouderij en akkerbouw. Daarna presenteren we de eerste resultaten op sectorniveau, gevolgd door op subsectorniveau. Op dit niveau verkennen we ook subvarianten van een heffing met o.a. een terugsluis, subsectorbeprijzing en een vrijgestelde voet. Vervolgens presenteren we de resultaten van een gevoeligheidsanalyse en tot slot geven we een doorkijkje van de effecten van beprijzing op systeemniveau.

Het doel van deze studie is voornamelijk om beter te begrijpen wat de verschillen tussen diverse heffingsvormen zijn alsook hun mogelijke bijdrage aan emissiereductie, en secundair een indicatie van mogelijke beprijzingshoogtes te verkrijgen. De hierna genoemde uitkomsten zijn conditioneel op de aannames in en architectuur van het model.

Doelen

Voor de klimaatsector landbouw zijn, net als voor de andere klimaatsectoren, voor het jaar 2030 emissiereductiedoelen vastgesteld. Dergelijke doelen zijn nog niet geformuleerd voor de jaren 2035 en 2040. Voor 2040 wordt in Europees gesproken over een 80% of 90% emissiereductiedoel op nationaal niveau, al ligt dit nog niet vast. Daarbij is ook nog niet bekend hoe een dergelijk nationaal doel over de klimaatsectoren verdeeld wordt. Aangezien de landbouwsector waarschijnlijk restemissies in 2050 zal kennen, ligt het voor de hand dat de emissiereductie in 2040 beneden gemiddeld (relatief aan 1990) ten opzichte van andere klimaatsectoren zal liggen.

We hebben er in deze studie in overleg met opdrachtgever voor gekozen om voor het emissiereductiedoel voor 2040 te werken met het gemiddelde van de landbouwscenario's voor 2040 in de studie Trajectverkenning 2050 van PBL. Dit komt uit op 11.4 Mton CO_2-eq in 2040 (excl. glastuinbouw)[26]. Deze scenario's beschrijven een haalbare emissiereductie richting 2050 volgens diverse paden.

Voor 2030 is het restemissiedoel voor heel de landbouw 17.9 Mton CO_2-eq, waarvan 4.3 Mton CO_2-eq voor de glastuinbouw[27]. Dit geeft een restemissiedoel van 13.6 Mton voor het niet glastuinbouwdeel van de landbouw. Voor 2035 werken we met een interpolatie op basis van de 2030 en 2040 doelen, wat een restemissiedoel van 12.5 Mton CO_2-eq geeft.

Met het bovenstaande hebben we restemissiedoelen voor de sector landbouw, maar nog niet voor de subsectoren. Er wordt momenteel ook nog niet gestuurd op subsectoremissies. Echter zouden er bij CO_2-beprijzing op subsectorniveau expliciet danwel impliciet aannames gemaakt moeten worden over welke doelen er met deze beprijzing bereikt moeten worden. Vandaar dat wij de sectordoelen ook vertalen naar indicatieve subsectordoelen. Dit doen we door de sectoremissies naar rato van het aandeel in de 2022 emissies naar subsectoren te verdelen. De melkveehouderij was bijvoorbeeld in 2022 verantwoordelijk voor 10.5 Mton CO_2-eq emissies op een sectortotaal van 18.6 Mton CO_2-eq, waardoor de sector restemissiedoelen van 13.6 Mton voor 2030 voor de melkveehouderij indicatief 10.5/18.6*13.6 = 7.7 Mton CO_2-eq bedragen.

Dit geeft dan de volgende tabel met sector- en subsectordoelen, waarbij het 2030 sectordoel het enige daadwerkelijk vastgestelde doel is en de overige indicatief zijn.

Tabel 9. Sector- en subsectoremissiedoelen voor de landbouw (excl. glastuinbouw), melkveehouderij, varkenshouderij, akkerbouw en overige landbouw. Enkel het 2030 restemissiedoel voor de landbouw staat vast, de overige doelen zijn indicatief (zie hoofdtekst voor toelichting).

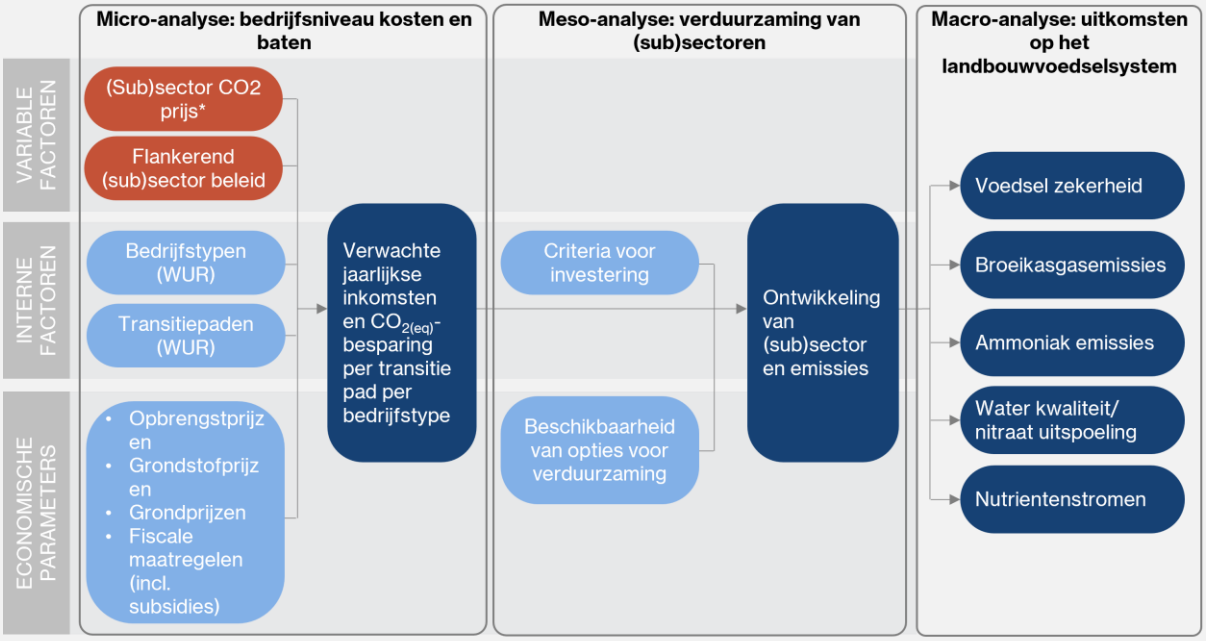
(Indicatieve) emissiedoelen voor landbouw en subsectoren	2022 emissies	2030 rest-emissiedoelen	2035 rest-emissiedoelen	2040 rest-emissiedoelen
Landbouw excl. glastuinbouw	18.6	13.6	12.5	11.4
Wv Melkveehouderij	10.5	7.7	7.1	6.5
Wv Varkenshouderij	2.2	1.6	1.5	1.4
Wv Akkerbouw	0.4	0.3	0.3	0.2
Wv Overig	5.5	4.0	3.7	3.3

[26] PBL (2024): Trajectverkenning klimaatneutraal 2050. TRAJECTEN NAAR EEN 'KLIMAATNEUTRALE' LANDBOUW, LANDGEBRUIK EN GLASTUINBOUW IN 2050. Figuur 3.10
[27] PBL (2024) Klimaat- en Energieverkenning 2024; Tabellenbijlage.

Generieke modelbeschrijving

Het model biedt een systematische benadering voor het analyseren van verduurzamingsopties binnen verschillende sectoren van de Nederlandse landbouw, exclusief glastuinbouw. De methodologie volgt een bottom-up structuur die zich ontwikkelt van micro-analyses naar bredere meso- en macro-perspectieven. Een schematische weergave van het model wordt getoond in Figuur 1.

Figuur 1. Overzicht opbouw model, met hoofdinputs en -outputs van de micro-, meso- en macro analyse



Op microniveau onderzoekt het model de kosten en baten voor individuele bedrijven. Uitgangspunt zijn de bedrijfstypen en de bijbehorende transitiepaden van de WUR.[28] Voor elk bedrijfstype wordt het netto bedrijfsresultaat en CO_2-equivalent-besparingen per transitiepad berekend.[29] Bij deze berekening spelen diverse economische parameters zoals prijzen voor grond, arbeid, machines en bemesting een rol, maar ook de opbrengsten van de producten en eventuele subsidies. Verder wordt hier ook flankerend beleid zoals de afschaffing van de derogatieregeling, vastge-

[28] WUR (2024): Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw. & WUR (2024): Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: dierlijke en plantaardige sectoren

[29] Met netto bedrijfsresultaat bedoelen we het nettoresultaat van inkomsten en betaalde kosten en afschrijven, zoals ook in de winst- en verliesrekening van Agrimatie.

stelde maatregelen omtrent nutriënt verontreinigde gebieden en de Lbv en Lbv-plus in meegenomen. Verschillende vormen van een CO_2-heffing kunnen vervolgens in het model ingevoerd worden om op bedrijfsniveau inzichtelijk te maken wat de jaarlijkse kosten zijn als gevolg van een dergelijke heffing.

De meso-analyse richt zich op de verduurzaming van complete subsectoren. Op basis van de bedrijfsresultaatberekeningen kunnen boeren per jaar een afweging maken om te kiezen voor een andere bedrijfsstrategie dan de huidige. Hierin worden enkele modelregels opgesteld om bepaalde transitiepaden in te laten groeien in de tijd. Deze tussenliggende analyse vormt de brug tussen individuele bedrijfsbeslissingen en sectorbrede ontwikkelingen, waarbij de ontwikkeling van subsectoremissies centraal staat.

Op macroniveau verschuift de focus naar de uitkomsten voor het gehele landbouwvoedselsysteem. Het model projecteert verschillende milieueffecten, waaronder voedselzekerheid, broeikasgasemissies, ammoniakemissies, waterkwaliteit en nitraatuitspoeling en nutriëntenstromen. Deze systeembrede benadering maakt het mogelijk om de cumulatieve impact van verduurzamingsinspanningen op verschillende niveaus te evalueren.

Overkoepelende structuur

Criteria voor investering

Om naast financiële ook niet-financiële factoren mee te nemen in strategische bedrijfsbeslissingen, hebben we drie bedrijfsprofielen ontwikkeld: stoppers, grote investeerders en overige. Deze profielen helpen bepalen wanneer bedrijven beslissingen nemen over hun bedrijfsvoering, rekening houdend met aspecten zoals de leeftijd van de boer en het behoud van traditionele familiebedrijfsmodellen. We hanteren drie profielen: stoppers, grote investeerders en overig.

Stoppers: De komende jaren is de verwachting dat er boeren zullen gaan stoppen. We maken onderscheid tussen drie soorten stoppers:

- *Autonome stoppers*: ondernemingen die naar verwachting binnen 15 jaar hun activiteiten zullen beëindigen op basis van hun leeftijd. De omvang van deze groep wordt bepaald aan de hand van het percentage bedrijven met een ondernemer ouder dan 50 jaar zonder opvolger. Indien van toepassing worden in de veehouderij rechten afgeroomd bij een bedrijfsoverdracht.

- *Uitgekochte stoppers:* deelnemers aan de beëindigingsregelingen Lbv en Lbv+.[30] Tussen de groep autonome stoppers (op basis van historische gegevens en vanwege ondernemersleeftijd) en LBV-deelnemers bestaat een overlap, die we op 50% inschatten en waarvoor correctie plaatsvindt. De rechten van deze bedrijven worden (grotendeels) weggestreept.

- *Noodgedwongen stoppers:* bedrijven die vanwege structureel te lage financiële resultaten gedwongen worden hun bedrijfsactiviteiten te beëindigen. Voor elk bedrijfstype hanteren wij een inkomensgrens van 40% van de basis jaarlijkse inkomsten of de bijstandsgrens. Wanneer de netto jaarlijkse inkomsten van bedrijven onder deze kritieke grens dalen, modelleert het systeem dat jaarlijks 50% van de bedrijven in het betreffende transitie pad zal stoppen.

Het bedrijfsprofiel 'stoppers' wordt opgemaakt uit de autonome en de uitgekochte stoppers. *Noodgedwongen stoppers kunnen voorkomen in alle bedrijfstypen, profielen en transitiepaden.*

Grote investeerders definiëren we hier als bedrijven die gemiddeld jaarlijks boven een drempelwaarde investeren. Deze drempelwaarde is per sector gedefinieerd. Dit zijn de enige bedrijven die grote investeringen in technologieën of grond kunnen doen.

Overige bedrijven vormen de restcategorie van de profielindeling.

Investeringsritme

Het investeringsritme is het percentage bedrijven dat jaarlijks overstapt naar een alternatief transitiepad bij hogere verwachte inkomsten. We hanteren een standaard investeringsritme van 10%. Hiermee nemen we aan dat een bedrijf eens per tien jaar een strategische beslissing maakt over zijn bedrijfsvoering.

Opzet melkveehouderij

Melkveehouderijen houden melkkoeien en bijbehorende jongvee voor de productie van melk, beheren grasland voor beweiding en ruwvoerproductie en verbouwen vaak aanvullende voedergewassen zoals snijmaïs. In 2024 heeft de sector ongeveer 10 megaton CO_2-equivalenten aan broeikasgassen uitgestoten, waarbij de emissies hoofdzakelijk ontstaan door pens fermentatie, mestopslag en -verwerking, en het uitrijden van (kunst)mest op landbouwgrond.[31]

[30] RVO (2025): Lbv en Lbv-plus actueel
[31] Kalavasta berekening

De emissies van veenweidegrond (veenoxidatie van moerige gronden), CO_2 van brandstoffen (zoals machinegebruik) en LULUCF (landgebruik en landgebruiksverandering) vallen buiten de scope van deze studie.

Bedrijfstypen

De melkveehouderij hebben we onderverdeeld in 8 bedrijfstypen, gebaseerd op typische bedrijven vastgesteld in de studie "Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw".[32] Deze indeling is gebaseerd op drie belangrijke bedrijfskenmerken. Ten eerste wordt onderscheid gemaakt naar grondsoort: veen-, klei- en zandbedrijven. Ten tweede bepaalt de bedrijfsintensiteit de indeling, waarbij een grens van 2.225 GVE per hectare het onderscheid vormt tussen intensieve en extensieve bedrijfsvoering. Ten derde speelt de omvang van de melkveestapel een rol, waarbij 100 melkkoeien de grens vormt tussen grote en kleine bedrijven.[33]

Tabel 10. Overzicht belangrijkste bedrijfskenmerken per bedrijfstypen in de melkveehouderij o.b.v. WUR (2024): Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw.

	Bedrijfstypen	Aantal melkkoeien	Melkproductie (kg/koe/j)	Hectares	Weide uren (u/j)
1	Veen extensief	95	8,000	57	2,065
2	Veen intensief	140	8,500	65	1,015
3	Klei extensief	113	8,800	72	1,216
4	Klei intensief	137	8,800	68	955
5	Zand extensief klein	75	8,600	51	1,499
6	Zand extensief groot	129	9,100	79	1,139
7	Zand intensief klein	77	8,300	36	1,033
8	Zand intensief groot	164	9,400	67	720

Transitiepaden

In het model maken we gebruik van de 10 hoofdtransitiepaden uit de WUR-studie, die in verschillende mate emissies door pens fermentatie, mest en bemesting reduceren. Deze transitiepaden kunnen worden verdeeld in 5 categorieën.

[32] R. Jongeneel et al. (2024) Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw.
[33] Deze laatste onderverdeling wordt echter alleen toegepast bij bedrijven op zandgrond.

- Hightech variant 1: Deze intensieve bedrijfsvoering combineert een stal met semi-dichte vloer en onder afzuiging (HA 1.38)[34] met een mono-mestvergister.

  Het systeem werkt door drijfmest te scheiden, waarbij zowel de lucht onder als boven de roosters wordt afgezogen om ammoniakemissies te voorkomen.[35] Een mestrobot verzamelt dagelijks de dikke fractie en voert deze af naar de vergister, waarbij tegelijkertijd de roosters worden nagespoeld. De vergister produceert vervolgens digestaat, dat een hogere werkingscoëfficiënt heeft dan gewone dierlijke mest, waardoor minder kunstmest nodig is. Daarnaast wordt het biogas verbrand in een warmtekrachtkoppeling (WKK) om elektriciteit en warmte te genereren.

  Deze variant levert een drievoudige emissiereductie op: lagere opslagemissies (methaan) door snelle mestafvoer, verminderde bewerkingsemissies (methaan) door het vergistingsproces, en gereduceerde bemestingsemissies (lachgas) door het efficiëntere digestaat. Daarnaast zorgt de mechanische afzuiging naar een chemische luchtwasser, en verdunning van de dunne fractie met water voor aanzienlijke ammoniakbesparingen.

  We hebben aangenomen dat extensieve bedrijven dit systeem alleen succesvol kunnen toepassen door parallel te investeren in verdergaande automatisering zoals melkrobots- en automatische voersystemen. Bij intensieve bedrijven wordt verondersteld dat deze systemen reeds aanwezig zijn.

- Hightech variant 2: Dit is een lichtere versie van variant 1, waarbij mest dagelijks wordt verwijderd uit de stal met een mestschuif (HA 1.17) en direct wordt vergist in een mono-mestvergister. Deze variant vereist lagere investeringen maar behaalt ook een geringere ammoniakemissiereductie.

  Het systeem levert wel dezelfde drievoudige broeikasgasemissiereductie op: verminderde opslagemissies door snelle mestafvoer, lagere bewerkingsemissies door vergisting, en gereduceerde bemestingsemissies door het gebruik van digestaat.

- Extensivering: Dit transitie pad stimuleert bedrijven om hun bedrijfsvoering te extensiveren door te investeren in extra grond[36] of hun veestapel te verkleinen tot maximaal 1,5 GVE per hectare. Meer land per koe leidt tot meer weide-uren, wat voor lagere pens fermentatie emissies zorgt, omdat vers gras een lagere methaanemissiefactor heeft dan

[34] De RAV-codes van Gollenbeek et al. (2022) komen niet overeen met de huisvestingssystemen uit bijlage V van de Omgevingsregeling. Voor de koppeling hebben we de best passende systemen geselecteerd op basis van systeembeschrijvingen en investeringskosten.
[35] Gollenbeek, L., et al. (2022) Berekeningen emissies en economie voor verschillende scenario's voor verwaarding van rundveemest: NL Next Level Mestverwaarden.
[36] We hanteren vaste pachtprijzen voor land per jaar per grondtype op basis van de KWIN2024-2025.

graskuil en mengvoer. De lagere vee dichtheid zorgt daarnaast voor een verlaging van de totale emissies per hectare.

- Biologisch: Dit transitiepad kenmerkt zich door staleisen voor dierenwelzijn, uitgebreide beweiding, biologische voermiddelen, een hoger ruwvoeraandeel in het rantsoen en een volledig verbod op kunstmest. Dit is een extensieve bedrijfsvoering met maximaal 1,5 GVE per hectare (door investeringen in pachtgrond of een vermindering van de veestapel). Hoewel biologische melkveehouders een premiumprijs voor hun producten ontvangen, gaan deze hogere prijzen gepaard met significant verhoogde kosten en lagere productieniveaus.

  De intensieve weidegang en het gebruik van uitsluitend organische bemesting leiden op twee manieren tot broeikasgasemissiereductie. Ten eerste dalen de pens fermentatie-emissies door het hoge aandeel vers gras in het rantsoen. Ten tweede worden is er een daling in lachgas emissies omdat er geen kunstmest wordt gebruikt, waardoor er overal minder bemesting plaatsvindt.

- Natuur inclusief: Dit transitie pad combineert melkveehouderij met natuurbeheer door de vee dichtheid te verlagen tot maximaal 1,0 GVE per hectare (door investeringen in pachtgrond of een vermindering van de veestapel), en uitgebreide beweiding toe te passen.

  Net zoals in de extensieve en biologische transitiepaden komt emissiereductie in dit pad door lagere pens fermentatie emissies en vee dichtheid.

Voor de twee hightech varianten hebben we ook de mogelijkheid voor bedrijven hun veestapel uit te breiden met 20%. Stikstofbeperkingen zijn in deze studie niet meegenomen, maar aangezien de hightechpaden maatregelen bevatten die ook stikstofemissies reduceren (zoals monomestvergisting), anticiperen we geen fundamentele incompatibiliteit tussen stikstofregulering en de voorgestelde transitiepaden.

TRANSITIE VAN MELKVEEHOUDERIJ NAAR AKKERBOUW

Naast deze 10 transitiepaden bestaat er ook de mogelijkheid voor bedrijven om over te stappen naar akkerbouw. In de standaard doorrekening hebben wij aangenomen dat 100% van het vrijgekomen land van uitgekochte stoppers naar akkerbouw gaat. Uitgekochte stoppers zijn melkveehouders die deelnemen aan de beëindigingsregelingen Lbv en Lbv+, waarbij zij hun veestapel (en bijbehorende fosfaatrechten) verkopen (zie *Criteria voor investering*).

Overige maatregelen

Naast de hoofdtransitiepaden zijn er binnen het model enkele overige maatregelen die kunnen worden gecombineerd met elk pad (inclusief de huidige bedrijfsvoering). Deze overige maatregelen bevatten kleinere (goedkope) aanpassingen in de bedrijfsvoering die emissies verder kunnen beperken.

- Rantsoen aanpassingen:
    - Meer snijmaïs: Door de snellere vertering van snijmaïs ten opzichte van gras komt er minder waterstof vrij, wat leidt tot lagere methaanproductie.[37]
    - Kruidenrijk gras en grasklaver: Geen impact op pens fermentatie emissies; minder bemestingsemissies (zie natuurland) en verbeterde darmgezondheid.
    - Vervanging van krachtvoer door restproducten. Geen directe emissiebesparingen, kan voerkosten verlagen en sluit kringlopen.
- Methaan-remmende voeradditieven: Worden toegevoegd aan stalvoer om de pens fermentatie-emissies met 20-30% te reduceren. De reductie geldt alleen tijdens staluren, waardoor transitiepaden met veel weidegang (e.g. extensief) lager uitvalt.
- Meer weide-uren: Meer weidegang verlaagt de pens fermentatie emissies omdat vers gras een lagere methaanemissiefactor heeft dan graskuil en mengvoer. *Het effect van weidegang op emissies uit mest is beperkt, weidemest heeft lagere methaan emissies maar hogere lachgas emissies dan stalmest.*
- Nitrificatieremmers: Worden toegevoegd aan dierlijke mest om de omzetting van ammonium naar nitraat te vertragen, waardoor lachgasemissies bij bemesting tot 50% kunnen worden gereduceerd. De remmer werkt door de activiteit van nitrificerende bacteriën te blokkeren.
- Natuurland: Beheer van kruidenrijk/bloemenrijk grasland vereist lagere bemestingsniveaus en minder frequent maaien, wat resulteert in lagere lachgas emissies.
- Waterpeil verhoging en onderwaterdrainage (veengrond): Hogere waterpeilen verminderen de oxidatie van veengrond drastisch. Onderwaterdrainage houdt het waterpeil kunstmatig hoog en kan emissies met 30-50% reduceren. Deze emissiebesparing valt out of scope voor deze studie, maar deze maatregel is wel meegenomen omdat dit noodzakelijk is voor bedrijven op veengronden en het meenemen van de kosten een realistischer

[37] Bij heel hoge snijmaïspercentages (80%) wordt de emissiefactor van gras hoger omdat de verwerking van gras minder efficiënt wordt in een zetmeelrijke pens omgeving.

beeld geeft. *Bestaande ANLB-vergoedingen voor deze maatregel zijn meegenomen in de inkomensberekeningen.*

Deze maatregelen hebben we gebundeld in twee pakketten: een licht maatregelenpakket en een zwaar maatregelenpakket, verder uitgelegd in Tabel 11.

Tabel 11. Overzicht overige maatregel pakketten melkveehouderij o.b.v. WUR (2024): Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw

	Rantsoen	Natuur-land	Methaan remmend voeradditief	Weide-uren	Nitrificatie remmer	Waterpeil-verhoging
Basis	• Vers gras(kuil) (42-55%) • Snijmais (11-26%) • Mengvoer (27-28%) • Restproducten (4%)					20%, geen drukdrainage
Licht	• Kruidenrijk gras(kuil) (10%) • Gras-klaver(kuil) (28-41%) • Snijmais (15-30%) • Mengvoer (20-21%) • Restproducten (10-12%)	5%	Ja	Min. 1,500	Ja	20%, geen drukdrainage
Zwaar	• Kruidenrijk gras(kuil) (20%) • Gras-klaver(kuil) (18-31%) • Snijmais (15-30%) • Mengvoer (20-21%) • Restproducten (10-12%)	10%	Ja	Min. 2,500	Ja	40%, drukdrainage
Biologisch	• Kruidenrijk gras(kuil) (20%) • Gras-klaver(kuil) (55%) • Snijmais (5-10%) • Mengvoer (20%)					

De geschetste transitiepaden en overige maatregel pakketten geven verschillende ontwikkelingsbenaderingen en maatregelen weer voor het verminderen van broeikasgasemissies. Deze paden zijn echter niet alomvattend. Daarnaast sluiten sommige potentiële maatregelen uit om twee hoofdredenen: ten eerste zijn bepaalde technologieën en benaderingen nog niet commercieel haalbaar, en ten tweede zijn er voor sommige interventies nog geen betrouwbare gegevens beschikbaar. Een voorbeeld is het gebruik van plasmatechnologie om drijfmest te verrijken met stikstof uit de lucht en om te zetten in een emissiearme meststof. Deze technologie zou methaanuitstoot met 99% kunnen reduceren. Momenteel loopt een pilot via GEA-Unilever op vier Nederlandse melkveebedrijven.[38]

[38] GEA (2023) GEA partners with Unilever to improve sustainability on dairy farms; Mestportal.nl (2022), GEA en N2 Applied werken samen aan mestbewerking | Mestportaal.nl

Maximale technische emissiereductie per transitiepad

De maximale technische emissiereductie voor alle bedrijfstypen wordt behaald door een transitie naar natuurinclusieve bedrijfsvoering, met een gemiddelde reductie van 53% ten opzichte van de basissituatie (Tabel 12). Daarnaast behaalt extensivering een gemiddelde reductie van 36% en biologische bedrijfsvoering 31%. De laagste emissiereductie komt door de hightechpaden met 23% en 26% voor respectievelijk variant 1 en variant 2. De uitsplitsing van maximale technische emissiereductie per bedrijfstype is weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 12. Maximale technische emissiereductie per bedrijfstype per transitiepad (beste combinatie met additionele maatregel pakketten aangegeven)

		Hightech variant 1	Hightech variant 2	Extensivering	Biologisch	Natuurinclusief
1	Veen extensief	-26%	-29%	-30%	-23%	-49%
2	Veen intensief	-23%	-25%	-41%	-35%	-55%
3	Klei extensief	-29%	-31%	-28%	-23%	-44%
4	Klei intensief	-25%	-28%	-41%	-38%	-55%
5	Zand extensief klein	-24%	-27%	-24%	-18%	-45%
6	Zand extensief groot	-25%	-27%	-33%	-26%	-51%
7	Zand intensief klein	-15%	-18%	-43%	-37%	-59%
8	Zand intensief groot	-20%	-23%	-51%	-48%	-64%
	Gemiddeld	-23%	-26%	-36%	-31%	-53%

De maximale emissiereductie van de extensieve transitiepaden (extensivering, biologisch en natuurinclusief) wordt echter grotendeels bepaald door het houden van minder koeien. Wanneer we uitsluitend kijken naar transitiepaden waarbij het totaal aantal dieren gelijk blijft, dalen de maximale technische emissiebesparingen van extensieve bedrijfsvoeringen aanzienlijk: van een gemiddelde reductie van 36% tot slechts 5%.

Voor de biologische en natuurinclusieve paden ontstaat er zelfs een verhoging van de gemiddelde emissies ten opzichte van de basissituatie wanneer de veestapel constant blijft. Dit illustreert dat deze transitiepaden sterk afhankelijk zijn van een vermindering van het aantal dieren om emissiereductie te realiseren.

De maximale technische reductie voor de hightechpaden blijft daarentegen gelijk, aangezien voor deze paden de veestapel gelijk blijft.

Tabel 13. Maximale technische emissiereductie per bedrijfstype per transitiepad per dier (beste combinatie met additionele maatregel pakketten aangegeven), waar het aantal dieren per bedrijf gelijk blijft. In oranje zijn de verschillen van Tabel 12 gemarkeerd.

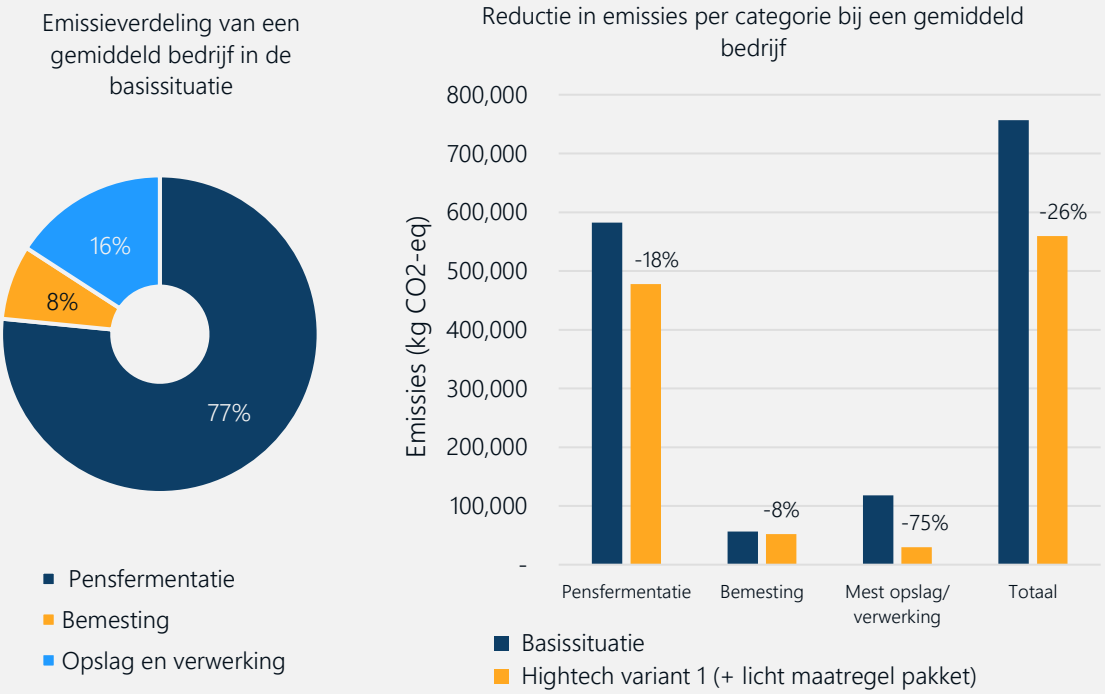
		Hightech variant 1	Hightech variant 2	Extensivering	Biologisch	Natuurinclusief
1	Veen extensief	-26%	-29%	-6%	+3%	+1%
2	Veen intensief	-23%	-25%	-2%	+8%	+11%
3	Klei extensief	-29%	-31%	-9%	-2%	+5%
4	Klei intensief	-25%	-28%	-2%	+4%	+10%
5	Zand extensief klein	-24%	-27%	-9%	-1%	-1%
6	Zand extensief groot	-25%	-27%	-11%	-2%	-2%
7	Zand intensief klein	-15%	-18%	-2%	+9%	+6%
8	Zand intensief groot	-20%	-23%	-2%	+4%	+8%
	Gemiddeld	-23%	-26%	-5%	+3%	+5%

De maximale emissiereductie die uitsluitend door technische en managementmaatregelen mogelijk is, bedraagt gemiddeld 26% via hightech variant 2, met een bandbreedte van 18% (zand intensief klein) tot 31% (klei extensief).

TECHNISCH MOGELIJKE EMISSIEREDUCTIE IN DE MELKVEEHOUDERIJ PER EMISSIE-BRON

Deze analyse toont het maximaal haalbare emissiereductiepotentieel voor een gemiddeld bedrijf door toepassing van het optimale transitiepad: hightech variant 2 gecombineerd met het lichte additionele maatregelpakket. De grafiek links toont de verdeling van basis-emissies naar categorieën, terwijl de rechtergrafiek de gerealiseerde reductie per categorie weergeeft onder het beschreven transitiepad.

Figuur 2. Reductie in emissies per categorie bij een gemiddeld bedrijf



Pensfermentatie-emissies domineren met 77% van de totale bedrijfsemissies. Dit betreft een onvermijdelijke emissiebron die alleen kan worden beperkt door aanpassingen in het rantsoen of voeradditieven. Het voeradditivum Bovaer kan theoretisch 33,7% reductie bewerkstelligen door methaanproductie in de pens te remmen. De praktische toepassing wordt echter beperkt doordat Bovaer wordt toegevoegd aan stalvoer, waardoor de reductie alleen geldt in de staluren. Het transitiepad hightech variant 2 + licht maatregelpakket vereist een minimale weidegang van 1.500 uur, waardoor de gemiddelde reductie door Bovaer naar 22% daalt. De reductie wordt verder beperkt omdat aangenomen wordt dat investering in hightech paden een omschakeling naar intensieve bedrijfsvoering vereist (voor extensieve bedrijven), wat meer voer benodigd en daarmee meer pens fermentatie-emissies genereert.

Bemesting emissies: verhoogde weidegang veroorzaakt een verschuiving in de wijze waarop mestemissies ontstaan. Een deel van de mestemissies verschuift van mestopslag/verwerking naar directe emissies tijdens beweiding. Het netto effect is beperkt omdat weidemest lagere methaanemissies en hogere lachgasemissies heeft dan mest in opslagsystemen. Dit resulteert in een lichte toename in de bemestingscategorie, maar dit wordt vrijwel compleet gecompenseerd door de afname in mestopslagemissies.

Mestopslag/verwerking: Implementatie van monomestvergisters gecombineerd met dagontmesting realiseert aanzienlijke reducties binnen deze emissiebron. Ondanks de grote relatieve reductie binnen deze categorie (75%) blijft de absolute impact op totale bedrijfsemissies beperkt omdat mestopslag/-verwerking slechts 16% van de basis emissies vertegenwoordigt.

Het substantiële aandeel van pens fermentatie-emissies gecombineerd met beperkte mitigatieopties resulteert in structurele beperkingen voor substantiële emissiereductie in de melkveehouderij.

Om de sectordoelstellingen voor 2040 te halen moeten de emissies van de melkveehouderij met 33% dalen. Dit betekent dat zelfs wanneer alle bedrijven naar het transitiepad met de grootste technische reductie zouden overstappen, het restemissiedoel niet haalbaar is. Hierbij is nog niet rekening gehouden met de economische aantrekkelijkheid en haalbaarheid van dit pad of het bedrijfsprofiel (stopper, grote investeerder of overig). De realistische haalbare emissiereductie via technische maatregelen en deze paden ligt dus (veel) lager.

Financiële kentallen

De uitkomsten op bedrijfsniveau worden bepaald door de kenmerken van de bedrijfstypen in combinatie met aanvullende financiële kentallen. De hoofdbronnen voor de prijzen en kostenparameters zijn beschreven in onderstaande tabel. Waar mogelijk gebruiken we historische 10-jaar gemiddelde prijzen en anders de meest recente prijzen beschikbaar. In de gevoeligheids-

Tabel 14. Databronnen voor financiële parameters in de melkveehouderij

Categorie	Financiële parameters	Bron
Marktprijzen	Vet en eiwit prijzen (melkprijs)	Friesland Campina
	Voeder prijzen, zaaigoed en beschermingsmiddelen	Agrimatie
	Aardgas en elektriciteitsprijzen	CBS
Bedrijfskosten	Pacht; stalaanpassing; hightech systeemkosten; vee prijzen; zorgkosten; bemesting; strooisel; mestafzetting; loonwerk	KWIN 2024-2025
	Afschrijving gebouwen, machines en installaties; onderhoud	BINternet
Investeringen	Investeringskosten (mono-mestvergisting, dagontmesting, onder-afzuiging, WKK)	Gollenbeek et al., 2022 (WUR)
	Overige maatregelen (nitrificatie remmers, pielverlaging, drainage)	Jongeneel et al., 2024 (WUR)

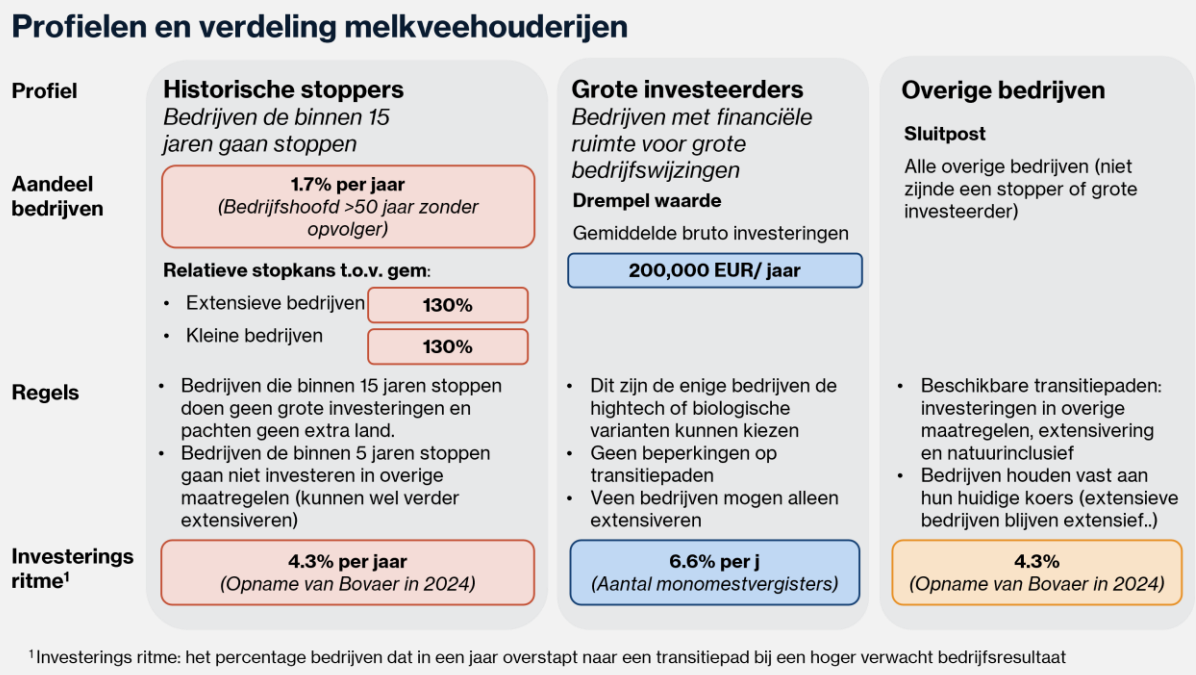
analyse worden enkele van deze parameters, zoals de melkprijs, gevarieerd. De financiële parameters en uitkomsten van de doorrekening zijn steeds vergeleken met de aannames en uitkomsten van de WUR-studie om enige consistentie tussen de studies te bewaken.

Modelaannames structuur

Criteria voor investering

Om naast financiële ook niet-financiële factoren mee te nemen in strategische bedrijfsbeslissingen, hebben we drie bedrijfsprofielen ontwikkeld: stoppers, grote investeerders en overige. Deze profielen helpen bepalen wanneer bedrijven beslissingen nemen over hun bedrijfsvoering, rekening houdend met aspecten zoals de leeftijd van de boer en het behoud van traditionele familiebedrijfsmodellen. De profielen en de kenmerken ervan worden samengevat in Figuur 3.

Figuur 3. Profielen en verdeling melkveehouderij



Stoppers: Het bedrijfsprofiel 'stoppers' wordt opgemaakt uit de autonome en de uitgekochte stoppers. *Noodgedwongen stoppers kunnen voorkomen in alle bedrijfstypen, profielen en transitiepaden.*

- *Autonome stoppers*: 26% van melkveehouderijen hebben een bedrijfshoofd over 50 jaar zonder opvolger en beëindigen dus hun activiteiten binnen 15 jaar (wat neerkomt op 1.7% per jaar). Voor de verdeling van stoppers over de bedrijfstypen hebben we een hogere

relatieve stopkans voor extensieve en kleine bedrijven aangenomen.[39] De dierrechten worden verkocht en overgedragen aan andere bedrijven.

- *Uitgekochte stoppers:* Hierbij maken we gebruik van inschattingen van Agrimatie, die uitkomen op 400 melkveebedrijven (3% van de totale sector), gebaseerd op volledige benutting van het beschikbare budget.[40] 95% van de dierrechten wordt uit de markt gehaald.

Samen resulteren de autonome en uitgekochte stoppers in een in een totaal stopperpercentage van 24% van alle bedrijven. Dit varieert van 20% voor Zand intensieve grote bedrijven tot 28% voor Zand extensieve kleine bedrijven.

Voor stoppers is aangenomen dat zij geen transitiepaden inslaan die grote investeringen benodigen, zoals investeringen in nieuwe stalsystemen of extra land. Deze bedrijven kunnen alleen extensiveren of in overige maatregelen investeren (goedkope aanpassingen in de bedrijfsvoering zoals voeradditieven en nitrificatieremmers). Bedrijven die binnen de in 5 jaar gaan stoppen hebben een extra beperking en mogen ook niet in overige maatregelen investeren.

Hier wijken we af van het standaard investeringsritme en gaan uit vaan een ritme van 4,3% per jaar. Dit betekent dat jaarlijks 4,3% van de stoppers overstapt naar andere transitiepaden, mits deze een beter verwacht bedrijfsresultaat opleveren dan hun huidige bedrijfsvoering. Het percentage van 4,3% is gebaseerd op het aantal bedrijven die op Bovaer overgestopt zijn in 2024 - dit dient als indicator voor hoeveel bedrijven per jaar in overige maatregelen investeren.[41]

Grote investeerders definiëren we hier als melkveehouderijen die jaarlijks gemiddeld >€200.000 investeren. We kunnen de 8 bedrijfstypen verdelen in twee categorieën op basis van hun standaard opbrengst: SO €250.000-€500.000 en SO €500.000-€750.000.[42] Voor elke SO-categorie werd het percentage bedrijven met gemiddelde investeringen boven €200.000 berekend op basis van de 9-jarige gemiddelde investeringen voor bedrijven met investeringen boven €50.000 (berekend op basis van Agrimatie-gegevens)[43],), uitgaande van een normale verdeling, waarbij

---

[39] *Aanname gebaseerd op de historische structuurontwikkeling van de melkveehouderij: dalend aantal melkveebedrijven bij gelijktijdige toename van de gemiddelde aantal dieren per bedrijf*. Agrimatie (2025): Bedrijven, dieren en omvang – Melkveehouderij, agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2232&sectorID=2245

[40] Agrimatie (2024): Bedrijfsstructuur: beperkte daling aantal bedrijven in 2023, agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2286&indicatorID=3049

[41] 600 van de 14,000 Friesland Campina leden. Friesland Campina, 2024, Mars en FrieslandCampina gaan samenwerken om de uitstoot van broeikasgassen versneld te verminderen - FrieslandCampina Nederland - FrieslandCampina

[42] R. Jongeneel et al. (2024) Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw.

[43]BINternet, land en tuinbouw (2024) Investeringen – Melkveebedrijven, BINternet

99,7% van de waarden binnen 3 standaarddeviaties van het gemiddelde vallen. In de SO-categorie €250.000-€500.000 hebben 0% van de bedrijven een gemiddelde uitgave boven de €200.000, deze categorie bevat veen extensief, klei extensief, zand intensief klein en zand extensief klein. In de SO-categorie €500.000-€750.000 hebben 14% van de bedrijven een gemiddelde uitgave boven de €200.000, deze categorie bevat veen intensief, klei intensief, zand extensief groot en zand intensief groot. In totaal zijn grote investeerders in het model 6% van de bedrijven in de sector.

Voor grote investeerders zijn er geen beperkingen qua transitiepaden, en zijn hiermee de enige bedrijven die de hightech of biologische varianten mogen kiezen. Een uitzondering zijn veenbedrijven die alleen mogen extensiveren (extensivering, biologisch of natuurinclusief paden), gegeven de opgaven die er in het veengebied zijn.

Het jaarlijkse investeringsritme is vastgesteld op 6,6%, afgeleid van de huidige penetratiegraad van mono mestvergisters op melkveebedrijven.[44] Deze bestaande technologie-adoptie functioneert als benchmark voor de invoeringssnelheid van hightech transitiepaden.

Overige bedrijven vormen de sluitpost van de profielindeling. De omvang van deze groep wordt bepaald door de aantallen stoppers en grote investeerders, waardoor zij 70% van het totaal uitmaken (met een bandbreedte van 61%-76%).

Deze bedrijven houden vast aan hun huidige koers: extensieve bedrijven blijven extensief opereren en intensieve bedrijven blijven intensief opereren. Dit betekent dat uitsluitend de extensieve bedrijven binnen deze groep kunnen kiezen voor extensivering en natuur inclusieve transitiepaden. Intensive bedrijven kunnen alleen investeren in overige maatregelen, omdat de hightech intensieve paden grootte investeringen vereisen.

Alle bedrijven in deze categorie kunnen echter wel investeren in overige maatregelen (goedkope aanpassingen in de bedrijfsvoering zoals voeradditieven en nitrificatieremmers).

[44] Er zijn 50 operationeel mono-mestvergisters op bedrijven; in ons reken model zijn er 763 bedrijven geclassificeerd als grote investeerders; ABN AMRO (2023) Hoe mono-mestvergisting Nederland helpt vergroenen, https://cdn.nieuweoogst.nu/public/file/235396.pdf

Net als bij stoppers wordt voor overige bedrijven een investeringsritme van 4,3% per jaar toegepast.

Tabel 15. Melkveehouderij bedrijfstypen en verdeling naar profiel

	Bedrijfstypen	Stoppers	Grote investeerders	Overige bedrijven
1	Veen extensief	26%	0%	74%
2	Veen intensief	22%	14%	64%
3	Klei extensief	26%	0%	74%
4	Klei intensief	21%	14%	66%
5	Zand extensief klein	28%	0%	72%
6	Zand extensief groot	25%	14%	61%
7	Zand intensief klein	24%	0%	76%
8	Zand intensief groot	20%	14%	66%

Beschikbaarheid van opties voor verduurzaming

Naast de bedrijfsprofielen, zijn er andere mogelijk beperkende randvoorwaarden die de transities versnellen of vertragen. We nemen daarbij drie belangrijke factoren mee in het model:

- Landbeschikbaarheid: We modelleren landschaarste door aan te nemen dat geen nieuwe grond wordt verworven in de gehele melkveehouderij. Beschikbare grond ontstaat uit bedrijfsbeëindigingen en wordt gebundeld in pools per grondtype als regionale proxy. Transitiepaden met hogere grondbehoeften worden alleen toegekend als voldoende capaciteit beschikbaar is; anders volgen bedrijven alternatieve routes. Na alle keuzes wordt het resterende areaal toegewezen aan overblijvende (actieve) bedrijven.[45]

  Naast deze areaalverschuiving, is het ook de verwachting dat er richting 2040 minder landbouwgrond beschikbaar is.[46] We nemen, net als de KEV2024, daarbij aan dat er ongeveer 6.000 ha per jaar uit de landbouwsector gaat. Dit is op basis van een historische trend tussen 2013 en 2022, hoewel de toe- en afname van landbouwgrond jaarlijks sterk verschilt. Op basis van huidig landgebruik, nemen we aan dat van de 6.000 ha ongeveer 2/3 van de melkveehouderij is, waardoor er in het model ieder jaar 4.000 ha minder areaal voor de melkveehouderij beschikbaar is (en 2.000 ha voor de akkerbouw). In de gevoeligheidsanalyse variëren we deze aanname.

[45] We hebben aangenomen dat als het areaal wordt verhoogd, de andere bedrijfskarakteristieken zoals veebezetting en graslandaandeel gelijk blijven.
[46] PBL (2024) Klimaat- en Energieverkenning 2024

- Fosfaatrechten: Het fosfaatrechtensysteem geeft veehouders een verhandelbare hoeveelheid fosfaat die zij mogen uitstoten, wat direct het aantal dieren bepaalt dat zij mogen houden. De beschikbaarheid van fosfaatrechten wordt systematisch verkleind door overheidsbeleid. Tussen 2025 en 2026 wordt bij elke bedrijfsoverdracht een deel van de rechten definitief uit de markt genomen. Voor deze periode hebben we aangenomen dat verkochte rechten van historische en noodgedwongen stoppers worden met 27% afgeroomd.[47] Daarnaast werden fosfaatregelen de door de stopperregeling afgekocht werden (Lbv/Lbv+ deelnemers) met 95% afgeroomd. Evenals bij landbeschikbaarheid, kunnen bedrijven niet investeren in bepaalde transitiepaden als de benodigde fosfaatrechten niet aan te schaffen zijn.
- Marktrestricties voor biologische producten: Omdat slechts een beperkt segment van consumenten bereid is een meerprijs te betalen voor biologische melk, wordt de groei van deze markt begrensd. In 2023 was slechts 3,7% van de sector biologisch. Op basis van historische groei (2010-2023) hanteren we een jaarlijkse basisgroei van 0,13%, met een maximum van 1,8% conform het Nederlandse streefcijfer van 15% biologisch in 2030.

Beperkingen

In de voorgaande secties zijn al enkele tekortkomingen van de methodologie ten aanzien van de broeikasgasemissieberekeningen toegelicht; namelijk, het beperken van de transitieopties tot bewezen en commercieel haalbare technologieën en het onvolledig meenemen van niet-financiële factoren in de strategische besluitvorming.

Daarnaast hebben de 8 gemodelleerde bedrijfstypen een beperkte dekking van de sector. De 8bedrijfstypen zijn gemodelleerd naar 'typische' melkveehouderijen en kunnen daarom niet de gehele sector representeren. Bedrijven met een zeer grote of kleine omvang vallen buiten deze typologie. De dekking wordt geschat op 70-80%. In de emissieberekeningen gaan wij ervan uit dat de gehele melkveehouderij door deze 8 bedrijfstypen kan worden beschreven.

Ten tweede beperken de grondgebondenheidsnormen van onze transitiepaden de aankoop van fosfaatrechten. Door de herverdeling van land naar actieve bedrijven blijft de ratio van land en fosfaatrechten constant, waardoor extensieve bedrijven die rechten overnemen van stoppende intensieve bedrijven dit niet volledig doen. Bovendien wordt aangenomen dat 4.000 ha jaarlijks uit de melkveehouderij verdwijnt, waardoor deze fosfaatrechten niet worden herverdeeld. Dit kan leiden tot onderschatting van sectoremissies

[47] Bij verkoop van fosfaatrechten geldt een afroming van 30%, met uitzonderingen voor familieoverdracht en kleine verkopen (<100 kg). We rekenen daarom met 27% afroming (90% × 30%). RVO (2025) Handel met fosfaatrechten. Handel met fosfaatrechten | RVO.nl

Ten derde zorgt de vereenvoudigde berekening van pensfermentatie-emissies voor een afwijking ten opzichte van de officiële Emissieregistratie. Waar de Emissieregistratie een geavanceerd Tier 3-model gebruikt dat fermentatie- en verteringsprocessen dynamisch simuleert op basis van rantsoensamenstelling, voerkwaliteit en microbiële processen, zijn wij door de beperkte toegankelijkheid van dit model uitgeweken naar de rekenregels van de Kringloopwijzer. Deze methode gebruikt eenvoudigere emissiefactoren per voermiddel en onze eigen benadering voor rantsoenpakketten gebaseerd op het Handboek Melkveehouderij. Als gevolg hiervan wijken onze basisberekeningen af van de officiële cijfers (zie Vergelijking emissies met Emissieregistratie). Het voordeel van onze methode is dat deze aansluit bij de methode die boeren zelf kunnen gebruiken om hun pensfermentatie-emissies te berekenen.

Ook heeft dit onderzoek als additionele beperking dat het primair gericht is op broeikasgasemissiereductie, terwijl dit slechts één onderdeel van duurzaamheid voor melkveehouders vormt. Melkveehouders moeten immers ook voldoen aan andere voorwaarden, zoals de vermindering van ammoniakemissies, verbetering van dierenwelzijn en bijdragen aan biodiversiteitsdoelen. Deze aspecten zijn weliswaar soms indirect meegenomen – zo is aangenomen dat melkveehouders bij vervanging van hun stal zullen kiezen uit de door de overheid goedgekeurde lijst van stalsystemen[48] die voldoen aan de 8,6 kg NH_3-grens – maar deze doelstellingen vereisen eveneens aanvullende investeringen die kunnen concurreren met investeringen in CO_2-reductie. Door deze beperkte benadering ontstaat mogelijk een onvolledig inzicht in de werkelijke uitdagingen en mogelijkheden binnen de sector.

Tot slot is een modelbeperking dat de grondprijzen constant gehouden worden in de tijd. De afgelopen jaren is de grondprijs sterk gestegen[49] en de verwachting is dat deze trend doorzet vanwege de schaarste aan grond in Nederland. Daarnaast bestaan er regionale verschillen in grondprijs. Deze ontwikkelingen en verwachtingen zijn niet meegenomen in het model, maar kunnen de investeringskeuzes wel degelijk beïnvloeden. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat een boer in de categorie stoppers door de verwachte grondprijsstijging besluit om nog enkele jaren door te gaan en vervolgens met een hogere grondprijs het bedrijf te verkopen. Ook kan het duurder zijn om meer land te pachten of aan te kopen, waardoor sommige strategieën minder of meer aantrekkelijk worden.

[48] Artikel 4.818. (lucht: emissie ammoniak voor melkkoeien en kalfkoeien), Besluit activiteiten leefomgeving (2025). NB de biologische stal die wij in ons rekenmodel hanteren voldoet echter niet aan deze eisen.
[49] Agrimatie (2025) Agrarische grondprijs in vierde kwartaal naar 70.000 euro per ha. https://agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=3588&indicatorID=3589

Opzet varkenshouderij

Bedrijfstypen

Voor de varkenshouderij maken we onderscheid tussen zes bedrijfstypen, op basis van de studie "Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: dierlijke en plantaardige sectoren".[50] Er worden drie bedrijfstypen gedefinieerd o.b.v. welke varkens gehouden worden: 1) gespecialiseerde zeugenbedrijven met enkel (opfok)zeugen en biggen, 2) gespecialiseerde vleesvarkenbedrijven met enkel vleesvarkens en 3) gecombineerde bedrijven die zowel zeugen, biggen en vleesvarkens houden. Ten tweede wordt er gekeken naar het keurmerk van de productiewijze: dat is gangbaar (±80%) en 1 ster Beter Leven (±20%). De omvang van de biologische productie was te klein om meegenomen te worden in de bedrijfstypen studie (±1%), maar is inmiddels wel gegroeid.

Tabel 16: Overzicht belangrijkste bedrijfskenmerken per bedrijfstypen o.b.v. WUR (2024): Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: dierlijke en plantaardige sectoren

Bedrijfstypen en kenmerken	Aantal zeugen	Aantal vleesvarkens	Biggen / zeug / jaar	Voederconversie (vleesvarkens)	Oppervlakte cultuurgrond (ha)
Gangbaar zeugenbedrijf	915		30.4		8
Gangbaar vleesvarkenbedrijf		3,468		2.7	19
Gangbaar gesloten bedrijf	682	3,634	28.5	2.8	18
1* zeugenbedrijf	636		29.4		10
1* vleesvarkenbedrijf		3,936		2.7	13
1* gesloten bedrijf	467	3,124	29.3	2.7	32

Transitiepaden

Voor de varkenshouderij, voor elk van de bedrijfstypen, worden drie transitiepaden voorgesteld in de bedrijfstypen studie: a) "hightech", b) "onderscheidend marktconcept met focus op circulariteit" en c) "biologisch".[51] Deze paden bevatten maatregelen op het gebied van klimaat, stikstof,

[50] WUR (2024): Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: dierlijke en plantaardige sectoren
[51] N.B. dit is een pad dat *compatibel is met* biologische bedrijfsvoering, maar niet *een omschakeling naar* een biologische bedrijfsvoering. Daarvoor zijn doorgaans forse stalaanpassingen voor nodig om aan biologische normen te voldoen

waterkwaliteit en biodiversiteit. Gegeven de focus van onze studie op broeikasgasemissiebeprijzing, kijken we uitsluitend naar de klimaatmaatregelen. Deze vallen uiteen in voermaatregelen en mest/stalmaatregelen.

Wat betreft het rantsoen wordt in alle paden soja vervangen door andere grondstoffen. Dit is in ons model niet meegenomen. De hoofdreden hiervoor is dat in de Nationale Emissieregistratie de emissies voor pensfermentatie van varkens vastgesteld worden met een Tier 1 benadering, d.w.z. een vast kental per dier (1.5 kg methaan per varken per jaar).[52] Dit getal is daarmee hetzelfde voor alle biggen, zeugen, vleesvarkens en dekberen en alle wijzen waarop deze dieren gehouden kunnen worden. Wijzigingen in het rantsoen hebben daarom geen effect op de geregistreerde emissies. Om deze wijzigingen wel te laten reflecteren in de emissies, zal eerst een Tier 2 benadering, zoals voor jongvee van melkvee, ontwikkeld moeten worden. Deze zal o.a. kijken naar organische stof inname en de verteerbaarheid daarvan, om per diersoort en rantsoen uit te rekenen wat de methaanemissies zijn. Specifiek voor deze maatregel is op te merken dat soja een bovengemiddeld hoge verteerbaarheid van organische stof[53] heeft voor varkens en de vervanging daarvan eerder tot meer dan tot minder emissies zal leiden (scope emissies pensfermentatie en varkensmest, ceteris paribus).

Wat betreft de stalmaatregelen bevatten alle paden maatregelen die berusten op het principe van dagontmesting, waarbij mest sneller afgevoerd wordt en er dus minder emissies uit opslag van mest op bedrijfsniveau plaatsvinden. De implementatie hiervan verschilt per pad. Voor hightech gaat het om een spoelsysteem met dagelijkse mestafvoer, voor de andere twee paden verwijdering van mest met een mestband. Verder wordt verondersteld dat de mest verwerkt wordt in een centrale locatie (niet op het bedrijf zelf). Dit gaat dus uit van additionele capaciteit aan mestverwerking.

De bovenstaande paden gaan uit van gelijke dieraantallen. Om de sectorontwikkeling beter te kunnen beschrijven richting 2040, voegen wij ook groei en krimppaden (zonder wijzingen in bedrijfsvoering) toe. Ook voegen we een pad toe waarbij er geen dagontmesting plaatsvindt, maar mest wel centraal verwerkt wordt na een korter dan gebruikelijke opslag periode. Tot slot zou een bedrijf ook kunnen omschakelen naar biologische bedrijfsvoering. Dit moet niet verward worden met transitiepad “c”, omdat hierin niet de kosten van de omschakeling naar biologische bedrijfsvoering in verwerkt zijn. Deze mogelijkheid (omschakeling) ontbreekt in het model.

In de tabel hieronder staan alle in het model beschikbare transitiepaden voor de varkenshouderij, met daarbij ook een overzicht van de verandering in bedrijfsresultaat en broeikasgasemissies ten opzichte van het standaard bedrijfstype, zonder emissiebeprijzing. Omdat er zes bedrijfstypen

[52] WUR (2024): Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2022
[53] CVB (2023): CVB Veevoedertabel 2023

zijn, zijn er voor veel veranderingen ranges die de uitersten van de effecten op individuele bedrijfstypen weergeven. Verder vergist een deel van de bedrijven reeds mest, waardoor de relatieve emissiereductie van de transitiepaden lager uitvalt voor deze bedrijven. Wat opvalt uit dit overzicht is dat alle paden behalve de groeipaden een slechter bedrijfsresultaat geven, en dat specifieke de transitiepaden met dagontmesting doorgaans een stevige achteruitgang van het resultaat opleveren.

Tabel 17: Overzicht beschikbare transitiepaden voor de varkenshouderij in het model. Dit zijn theoretische paden waaruit gekozen kan worden, niet alle paden zijn voor elk bedrijfsprofiel beschikbaar. De uitkomsten zijn ranges omdat zij voor 6 bedrijfstypen weergegeven worden. Voor de emissiedelta geldt dat deze gedefinieerd is t.o.v. de basissituatie waarin geen vergisting plaatsvindt.

Bedrijfstypen en kenmerken	Verandering in bedrijfsresultaat t.o.v. basis (excl. beprijzing) (EUR/j)	Verandering in broeikasgasemissies t.o.v. basis
A "high tech"	-47k tot -201k	-64% tot -76%
B "circulair"	-14k tot -152k	-64% tot-75%
C "biologisch" *NB geen omschakeling*	-14k tot -152k	-64% tot -75%
Vergisting (niet dagvers)	0	-33% tot -36%
Groei 30% + vergisting	+9 tot +20k	-11% tot -17%
Groei 30%	+9 tot +20k	+30%
Groei 60%	+18 tot +40k	+60%
Krimp 20%	-7k tot -16k	-20%
Krimp 40%	-14k tot -32k	-40%

De bovenstaande transitiepaden beschrijven een aantal ontwikkelrichtingen en broeikasgasemissiereductie maatregelen. Ze bevatten niet alle mogelijke maatregelen. Dit heeft voor een deel te maken met het feit dat sommige maatregelen en technieken nog niet marktrijp zijn of er nog geen goede kentallen van beschikbaar zijn. Er zijn diverse overzichten van maatregelen tot ammoniak- en broeikasgasemissiereductie.[54] [55] Op korte tot middellange termijn zou voor broeikasgasemissiereductie met name dagontmesting en monovergisting tot emissiereductie kunnen leiden, zoals ook meegenomen in de transitiepaden. Het koelen van mest zorgt voor een langzamere afbraak van organische materiaal en zou afhankelijk van de temperatuur tot een redelijk

[54] Integraal Aanpakken (2021): Oplossingsrichtingen voor emissiereductie van ammoniak & methaan in de varkenshouderij
[55] Schuttelaar & Partners (2021): Oplossingsrichtingen voor emissiereductie melkvee- en varkenshouderij

emissiereductie kunnen leiden. Hier staan echter ook kosten voor apparatuur en stroomverbruik tegenover (kostenkentallen onbekend, vandaar niet meegenomen in deze studie).

Financiële kentallen

De kenmerken die beschreven staan onder de bedrijfstypen bepalen, aangevuld met diverse financiële kentallen en berekeningen, de financiële uitkomsten op bedrijfsniveau. Voor alle prijzen en kostenaannames wordt verwezen naar de KWIN2024-2025.[56] Hier gaat het o.a. om middellange termijn voerkosten, dierprijzen, mestafzetkosten maar ook algemene bedrijfskosten. Dit betreffen doorgaans langjarige gemiddelden. Over het algemeen fluctueren de bedrijfsresultaten sterk, doordat de prijzen (inkoop en verkoop) grote schommelingen kennen en voor een belangrijk deel ook door internationale markten bepaald worden. Daarom doen wij ook een gevoeligheidsanalyse hierop. Voor de kosten van de transitiepaden wordt gebruik gemaakt van de eerdergenoemde WUR-bedrijfstypen en transitiepaden studie.

Modelaannames structuur

Figuur 4. Profielen en verdeling varkensbedrijven

In het model worden zoals eerder beschreven drie verschillende profielen over alle bedrijfstypen gelegd: grote investeerders en overige bedrijven. Stoppers zijn bedrijven waarvan verwacht wordt dat zij binnen 15 jaar zullen stoppen. Op basis van het aandeel bedrijven met bedrijfshoofd

[56] WUR (2024): KWIN2024-2025

boven de 50 jaar zonder opvolger, bevat deze groep 32% van alle bedrijven; voor zeugenbedrijven 27%, vleesvarkensbedrijven 38% en gesloten bedrijven 23%.[57] Voor deze bedrijven is aangenomen dat zij geen transitiepaden inslaan die grote omschakelingen geven, d.w.z. geen groei, omschakeling naar biologisch of investering in dagontmesting. Aanvullend wordt deze groep ook uitgebreid met bedrijven die meedoen in de uitkoopregelingen Lbv en Lbv+.[58] Qua effect gaan we mee met de middenraming van PBL, ofwel een reductie van ongeveer 18%. Er zit een overlap tussen de uitgekochte stoppers en de stoppers met bedrijfshoofden >50j zonder opvolger. Deze overlap schatten we op 50% en er wordt in de modellering voor gecorrigeerd.

Grote investeerders definiëren we hier als varkensbedrijven die jaarlijks gemiddeld >50 k EUR investeren. Volgens Agrimatie gegevens bedraagt dit over de afgelopen 5 jaar gemiddeld 40% van de bedrijven.[59] Echter zijn er geen gegevens beschikbaar voor individuele bedrijven, waardoor dit percentage wellicht hoger ligt.[60] Er zijn verder wel verschillen tussen de bedrijfstypen: het investeringspercentage ligt hoger voor zeugen- en gesloten bedrijven en lager voor vleesvarkensbedrijven. De percentages liggen respectievelijk op ongeveer 44%, 49% en 34%. Er is geen splitsing beschikbaar naar keurmerk, daarom worden deze gelijk gehouden. Voor dit profiel wordt aangenomen dat alle transitiepaden mogelijk zijn.

De overige bedrijven vormen de sluitpost qua profielen. De omvang van deze groep wordt bepaald door de grootte van de overige profielen (stoppers en grote investeerders). Daarmee komt deze uit op 21 tot 25% van het totaal. Qua transitiepaden is groei of omschakeling naar biologisch niet mogelijk, maar zijn de overige paden wel beschikbaar.

Tabel 18. Bedrijfstypen en verdeling naar profiel, op basis van de inschatting zoals beschreven in de tekst

Bedrijfstypen en verdeling naar profiel	Stoppers	Grote investeerders	Overige bedrijven
Zeugenbedrijf	33%	44%	23%
Vleesvarkenbedrijf	41%	34%	25%
Gesloten bedrijf	30%	49%	21%

Voor alle bedrijfsprofielen in de varkenshouderij wordt verder aangenomen dat het investeringsritme 10% is. Dat wil zeggen dat jaarlijks een totaal van één tiende van de bedrijven overstapt

[57] Agrimatie (2024): Hoger opvolgingspercentage en meer bedrijven met een opvolger
[58] RVO (2025): Lbv en Lbv-plus actueel
[59] Agrimatie (2025): BINternet, land- en tuinbouw. Investeringen
[60] . Immers zou een bedrijf het ene jaar bijvoorbeeld 120 k EUR investeren en het andere jaar 20 k EUR, waarbij het ene jaar dus wel in de categorie >50 k geïnvesteerd meegeteld zou worden en het andere jaar niet. Gemiddeld zou dit bedrijf wel alle jaren voldoen.

naar andere paden indien deze een beter verwacht bedrijfsresultaat geven dan de huidige bedrijfsvoering.

Beschikbaarheid van opties voor verduurzaming

Naast de bedrijfsprofielen, zijn er andere mogelijk beperkende randvoorwaarden die de transities versnellen of vertragen. We nemen voor de varkenshouderij de varkensrechten mee. Landbeschikbaarheid nemen we niet mee omdat de sector niet grondgebonden is en biologische groeibeperking niet omdat er geen transitie pad naar biologische varkenshouderij beschikbaar is:

- Varkensrechten: Het aantal beschikbare varkensrechten wordt sinds 2025 verkleind door overheidsbeleid. Bij elke bedrijfsoverdracht, enkele uitzonderingen daargelaten, wordt een deel van de rechten definitief uit de markt genomen. Dit percentage bedraagt 22%[61] voor handel en minimaal 80% voor uitkoop (Lbv[62], Lbv+[63]). Dit beperkt hoeveel andere bedrijven kunnen groeien als een bedrijf stopt. We nemen aan dat afroming actief is in 2025 en 2026 en daarna uitgefaseerd wordt (en op nul gesteld wordt), zoals ook in de KEV2024 verondersteld wordt.

Beperkingen

De bedrijfstypen die hierboven besproken zijn, zijn typische bedrijven. Deze zes typen representeren naar schatting het overgrote deel van de varkensbedrijven. Er zijn echter ook bedrijven, zoals biologische, die hier niet door beschreven worden. Zij wijken bijvoorbeeld sterk af qua dieraantallen, maar ook inzet van arbeid en hebben per dier doorgaans zowel hogere kosten als opbrengsten. In het vervolg wordt ervan uitgegaan dat de hele varkenshouderij door deze zes bedrijfstypen beschreven kan worden, maar zullen we deze kanttekening ook een aantal keer herhalen.

De transitiepaden beschrijven een deel van de mogelijke ontwikkelrichtingen voor een varkenshouder. Zoals eerder ook erkend, is dit geen allesomvattend overzicht. Er kunnen dus additionele paden of combinaties daarvan zijn die beter uitpakken. Dit geldt verder des te meer indien we ook meenemen dat er bedrijven zijn die minder goed beschreven worden door bovenstaande bedrijfstypen.

[61] RVO (2025): Mest. Varkensrechten. https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/varkensrechten
[62] RVO (2025): Subsidies en Financiering. LBV https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/lbv
[63] RVO (2025): Subsidies en Financiering. LBV+ https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/lbv-plus

Opzet akkerbouw

Bedrijfstypen

Voor de akkerbouw hanteren we de vijf standaardbedrijfstypen, gebaseerd op de WUR-studie "Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw" (2024).[64] Deze typologie geeft een inzicht in de mogelijke effecten op veel voorkomende bedrijven. Hierbij is het van belang om te melden dat de typen meer zijn gebaseerd op bedrijven die een afspiegeling geven van de heterogeniteit van de populatie, dan dat het een representatief sample is waarmee gemiddelde bedrijfstypen zijn uitgewerkt. De typen zijn ontwikkeld op basis van grondsoort en gewassamenstelling in het bouwplan. Er zijn drie bedrijven op kleigrond en twee op zandgrond. De bedrijven worden met name gekenmerkt door de hoofdteelt. Een overzicht van de teelten per bedrijfstype is samengevat in .

Op kleigrond is er een graanbedrijf (59 ha), een pootaardappelbedrijf (102 ha) en een consumptieaardappelbedrijf (57 ha). Bij het graanbedrijf zijn de overige teelten vooral suikerbiet, op het pootaardappelbedrijf suikerbiet en granen en op het consumptieaardappelbedrijf granen en ui. Met name de grootte van het pootaardappelbedrijf is sterk anders dan de andere bedrijven. Dit bedrijf heeft dan ook de grootste omzet en de hoogste kosten. Qua broeikasgasemissie-intensiteit zijn de bedrijven nagenoeg gelijk en komt het WUR-rapport uit op ongeveer 2 ton/ha.[65]

Op zandgrond zijn er twee bedrijven. Het zetmeelaardappelbedrijf op zandgrond (85 hectare) bevindt zich voornamelijk in de veenkoloniale gebieden. Daarnaast is er een overig zandbedrijf, waarbij het bouwplan gekenmerkt wordt door consumptieaardappelen (42%), suikerbieten (23%) en granen (20%). Zandgrondbedrijven hebben te maken met meer regelgeving voor bemesting, dit komt met name doordat zandgrond gevoeliger is voor uitspoeling van o.a. stikstof dan kleigrond. Daarnaast zijn er extra regels voor de nutriënt verontreinigde gebieden die ook met name voor zandgronden gaan gelden. Qua broeikasgasemissies zitten de zandbedrijven ook rond de 2 ton/ha in de WUR-studie.

[64] R. Jongeneel et al. (2024) Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw

[65] Bij deze emissies zijn zowel directe als indirecte N2O-emissies meegenomen (bemesting maar ook emissies vanuit moerige gronden en gewasresten). Verder worden hier ook de emissies van machines (diesel) meegerekend. Welke emissies in deze studie worden meegenomen, wordt verderop toegelicht.

Tabel 19. Bedrijfstypen voor de akkerbouw, gebaseerd op WUR (2024). Het resterende percentage areaal wordt toegeschreven aan overige gewassen.

Bedrijfstypen en verdeling naar profiel	Oppervlak (ha)	Suikerbiet (%)	Ui (%)	Graan (%)	Aardappel (%)	% sector (o.b.v. aantal bedrij-ven)
Graan	59	16	3	66	8	25
Pootaardap-pel	102	14	10	28	43	11
Consumptie-aardappel	57	14	16	24	39	25
Zetmeel-aardappel	85	19	3	20	50	11
Overig	42	23	5	20	42	29

Transitiepaden

De WUR-rapportage schetst vier hoofdtransitiepaden voor akkerbouwbedrijven, die variëren in de mate van extensivering en natuurinclusiviteit. Deze paden zijn ontwikkeld om tegemoet te komen aan verschillende maatschappelijke en ecologische opgaven, maar kennen elk hun eigen uitdagingen en voorwaarden. Daarnaast worden enkele vastgestelde maatregelen ook meegenomen in de bedrijfstypes.

In de doorrekening gaan we ook uit van die vastgestelde maatregelen op de bedrijfstypes. Dit betekent dat het vastgestelde beleid als autonome ontwikkelingen in het model worden opgenomen voor de bestaande bedrijfstypen. Er zijn meer maatregelen voor zandgronden, zoals benoemd is in de vorige sectie. De maatregelen worden ook in de WUR-rapportage beschreven.[66] Concreet gaat het over:

- Invloed afschaffing derogatie op akkerbouwbedrijven. Door de afschaffing van derogatie zullen veel akkerbouwers naar verwachting overstappen van varkensmest op de goedkopere rundveemest. Daarnaast schets het WUR-rapport dat er vervolgens meer mestruimte ontstaat aangezien rundveemest minder fosfaat bevat dan varkensmest.
- Verplichte vanggewassen voor specifieke uitspoeling gevoelige teelt. Na de teelt van specifieke gewassen op zandgrond moeten er vanggewassen worden ingezet.

[66] R. Jongeneel et al. (2024) Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw

- Minimaal 33% rustgewassen op zandgrond.
- Verplichte bufferstroken op zand en kleigronden. Als inschatting sluiten we aan bij de inschatting van de WUR: 2% areaaldaling op zandgrond en 3% op kleigrond.
- 20% daling op stikstofgebruiksnormen op zandgrond vanwege maatregelen op nutriënt verontreinigde gebieden.
- Verandering van de GLB-regeling, waarin de eco-regeling zorgt voor een andere subsidieverdeling voor akkerbouwbedrijven. De eco-regeling beloont een boer met 60 euro/ha (brons), 100 euro/ha (zilver) of 200 euro/ha (goud) indien er wordt voldaan aan een gespecificeerd aantal punten in het puntensysteem.

Naast dit vastgestelde beleid, zijn er mogelijkheden voor de bedrijfstypen om een andere strategie te ontwikkelen, wanneer dit economisch gezien een optie is. Ook hierbij baseren we ons op de transitiepaden van de WUR.

De transitiepaden bevatten drie paden van toenemende extensivering in combinatie met technische innovatie en gerichte managementmaatregelen. Als innovatie- en managementmaatregelen worden bijvoorbeeld inzetten op driftreductie met een Wingssprayer, inzaai van vanggewassen na specifieke teelten en investering in emissiearme toediening van mest (precisiebemesting) genoemd. Het pad van lichte extensivering combineert technische innovatie en gerichte managementmaatregelen met een bouwplan waarin minimaal 30% rustgewassen zijn opgenomen en 10% van het areaal wordt bestemd voor natuur- en landschapsbeheer. Bij gemiddelde extensivering worden vergelijkbare technische en managementmaatregelen toegepast, maar wordt het aandeel rustgewassen verhoogd naar 40% en het areaal voor natuur- en landschapsbeheer naar 20%. Het pad van zware extensivering zet in op 50% rustgewassen en 30% natuur- en landschapsbeheer. Naast deze paden is er een omschakelingspad naar biologische of sterk natuurinclusieve akkerbouw. Dit pad voorziet in 60% rustgewassen en 40% natuur- en landschapsbeheer, zonder gebruik van kunstmest en chemische gewasbeschermingsmiddelen. Voor een uitgebreide beschrijving van de transitiepaden verwijzen we naar Bijlage 4: Maatregelenpakket akkerbouw van de WUR-studie.

In algemene zin kenmerken de paden zich met name door extensivering en daarnaast enkele meerkosten door investeringen in bepaalde maatregelen. In de WUR-studie wordt ook benoemd dat de extensivering de voornaamste onderdelen zijn voor de verschillen in emissies en om bedrijfsresultaat.

Financiële kentallen

Voor de akkerbouw baseren we ons grotendeels op de KWIN voor de akkerbouw.[67] De KWIN van de akkerbouw is echter uit 2022, met kentallen uit de periode 2016-2021. Daarnaast ligt in de

[67] WUR (2022) KWIN Akkerbouw & vollegrondsgroente 2022

KWIN de focus van de bedrijfsresultaatberekening op variabele kosten van de teelt in plaats van een algemeen beeld voor een bedrijf inclusief al het materieel en de afschrijvingen. Ook GLB-betalingen worden buiten beschouwing gelaten. Hierdoor is het niet goed mogelijk om onderdelen als afschrijving en rente gebouwen en machines te bepalen die gebruikt worden bij een teelt. Vandaar dat we voor een aantal onderdelen in de modellering zijn uitgeweken naar meer recente data van Agrimatie en BINternet. Hierin zijn onder meer de economische balans van de akkerbouw en biologische akkerbouw gebruikt om inschattingen te maken voor afschrijvingen en grondkosten dan wel om de uitkomsten van het model mee te vergelijken en discrepanties uit de datasets te halen. Verder zijn van Agrimatie gegevens over pesticidegebruik per gewassoort en de prijsdata voor de gewassen gebruikt. Voor opbrengstniveaus en het verschil met biologische gewassen, maken we gebruik van CBS-statistiek.[68] Ook om het areaal biologisch in te schatten wordt hiervan gebruikt gemaakt. Wanneer mogelijk maken we gebruik van langjarige gemiddelden (3-5 jaar) om schommelingen in bijvoorbeeld prijzen en opbrengsten uit te middelen over een periode, waarbij steeds de meest recente cijfers zijn gebruikt. Door de gemiddelden wordt een goede afspiegeling gegeven van de te verwachten opbrengsten en kosten van de akkerbouw.

Qua modellering van de sector en opbrengstniveaus, sluiten we zoveel mogelijk aan bij de WUR-studie.[69] Voor veel economische parameters en inschattingen van effecten wordt daarin beschreven op welke manier deze tot uiting komen bij de bedrijven. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het effect van de bufferstroken, de kosten voor natuurland op de akker en de effecten van bepaalde managementmaatregelen op de hoeveelheid pesticiden. We hebben onder meer uit tabel 7.10 van de WUR-studie inschattingen voor kosten van maatregelen gehaald.

[68] CBS (2023) Akkerbouwgewassen; productie naar regio 1994-2023 (https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/7100oogs/table);
CBS (2025) Biologische plantaardige en dierlijke productie; nationaal (Biologische plantaardige en dierlijke productie; nationaal);
CBS (2025) Biologische landbouw; gewassen, dieren, grondgebruik en arbeid (https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85853NED/table)

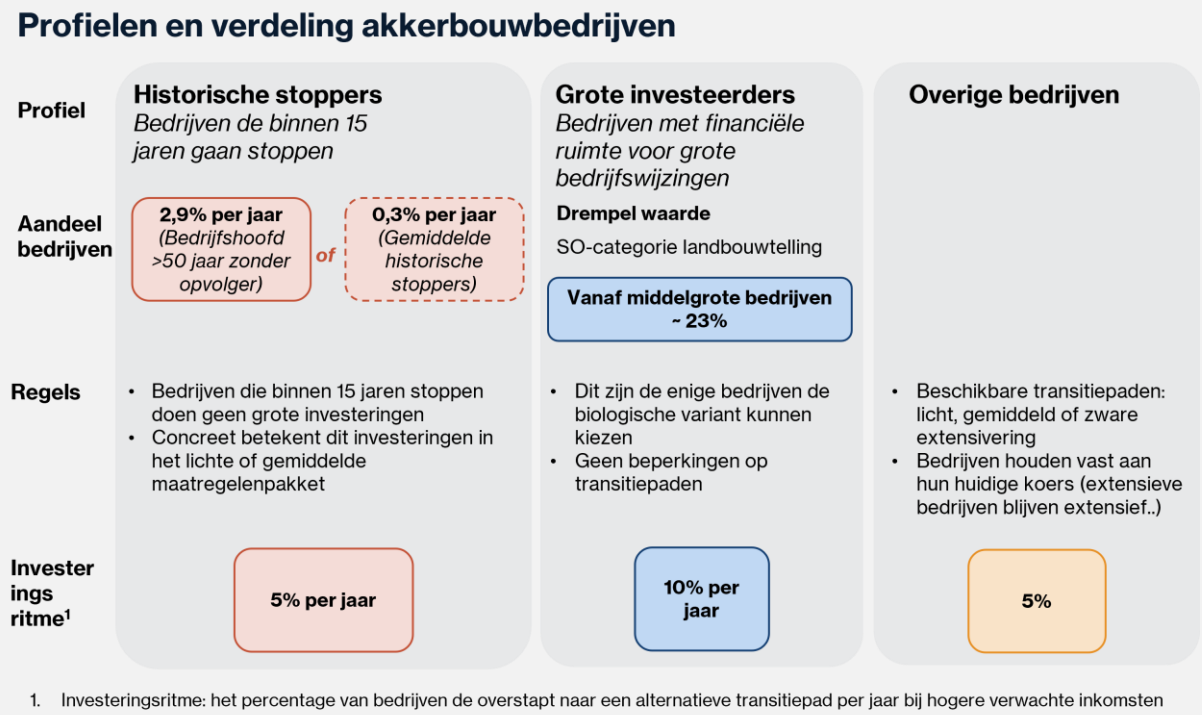
[69] R. Jongeneel et al. (2024) Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw

Modelaannames structuur

Criteria voor investering

Ook voor de akkerbouw gelden sectorspecifieke eigenschappen met betrekking tot stoppers, grote investeerders en overige bedrijven. Dit wordt samengevat in Figuur 5. Profielen en verdeling akkerbouw.

Figuur 5. Profielen en verdeling akkerbouw



Voor de stoppers geldt dat het model standaard uitgaat van een jaarlijks stoppercentage van 2,9% op basis van een bedrijfshoofd ouder dan 50 jaar zonder opvolger.[70] Optioneel kan dit worden verlaagd naar 0,3% op basis van het historische percentage.[71] Deze bedrijven beperken zich tot investeringen binnen het lichte of gemiddelde maatregelenpakket, passend bij hun kortere tijdshorizon. Het model veronderstelt dat jaarlijks 5% van deze bedrijven overstapt naar een ander transitiepad indien dit economisch voordeliger is. Wanneer een bedrijf eenmaal is gestopt, wordt het land onderverdeeld over de overige actieve bedrijfstypes en maatregelenpakketten

[70] Agrimatie (2024) Hoger opvolgingspercentage en meer bedrijven met een opvolger agrimatie.nl/thema-Resultaat.aspx?subpubID=2232&sectorID=2245&themaID=7202&indicatorID=7205

[71] Ministerie LVVN (2024) Aantal land- en tuinbouwbedrijven. Cijfer is gebaseerd op het aantal stoppende bedrijven in de afgelopen 10 jaar. Cijfers beschikbaar via https://www.staatvanlandbouwnatuurenvoedsel.nl/kerncijfers/aantal-bedrijven/#Totaal_1131

die actief zijn. Hierdoor wordt er in de basissituatie vanuit gegaan dat het land van de stoppers in de akkerbouw in de akkerbouw blijft.

De grote investeerders worden in het model geïdentificeerd op basis van de SO-categorieën uit de landbouwtelling, waarbij alleen middelgrote en grotere bedrijven (ongeveer 23% van het totaal) tot deze groep behoren.[72] Deze bedrijven hebben als enige toegang tot alle transitiepaden, inclusief de biologische variant. Deze bedrijven kennen een hoger investeringsritme van 10% per jaar, wat de grotere financiële slagkracht en toekomstgerichtheid van deze bedrijven weerspiegelt.

Voor de overige bedrijven zijn de transitiepaden licht, gemiddeld en zwaar beschikbaar. Het model hanteert voor deze groep de aanname dat ze hun huidige bedrijfsstrategie voortzetten, met een investeringsritme van 5% per jaar voor overstap naar economisch gunstigere transitiepaden.

Beschikbaarheid van opties voor verduurzaming

De studie maakt gebruik van specifieke randvoorwaarden voor landgebruik, gebaseerd op de KEV2024-raming voor de omvang van de akkerbouwsector in 2040.[73] In deze uitgangspositie zien we dat jaarlijks circa 6.000 hectare landbouwgrond verdwijnt, waarvan ongeveer 2.000 hectare akkerbouwgrond betreft. Tegelijkertijd komt er door de uitkoop van melkveehouderijbedrijven de komende jaren aanzienlijk areaal beschikbaar dat potentieel voor akkerbouw kan worden benut. Netto verwachten we daarom een relatief beperkte afname van ongeveer 3.000 hectare in 2040 ten opzichte van 2025, conform de projecties in de KEV2024.[74]

Een andere modelbeperking betreft de ingroei van biologische teelt. Het is in het model mogelijk dat akkerbouwers overstappen op het biologische transitiepad wanneer het bedrijfsresultaat hiervan voldoende aantrekkelijk is. Momenteel is 3,5% van de akkerbouwsector actief in biologische bedrijfsvoering.[75] In het model kan dit aandeel variëren tussen 0,14% per jaar (historische trend 2015-2024) en maximaal groeien met 1,8% per jaar (doelstelling 15% biologische landbouw in 2030), wat een invulling geeft aan een mogelijk beperkte (wereldwijde) vraag naar biologische

[72] Ministerie LVVN (2024) Bedrijfsgrootte land- en tuinbouwbedrijven https://www.staatvanlandbouwnatuurenvoedsel.nl/kerncijfers/bedrijfsgrootte/#Totaal_1136

[73] PBL (2024) Klimaat- en Energieverkenning 2024; WUR (2024) Raming van luchtemissies uit de landbouw in 2030 en 2035, met doorkijk naar 2040

[74] WUR (2024) Raming van luchtemissies uit de landbouw in 2030 en 2035, met doorkijk naar 2040.
In deze achtergrondrapportage van de KEV2024 is te vinden dat het areaal consumptieaardappelen en overig bouwland in de periode 2025-2040 afneemt met ongeveer 300 ha. In de periode 2022-2040 is dit ongeveer 6.000 ha.

[75] CBS (2025) Biologische landbouw; gewassen, dieren, grondgebruik en arbeid https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85853NED/table?ts=1713860426859

producten. Dit groeiplafond reflecteert de marktgerelateerde aspecten die een transitie naar biologische landbouw in de praktijk beperken.

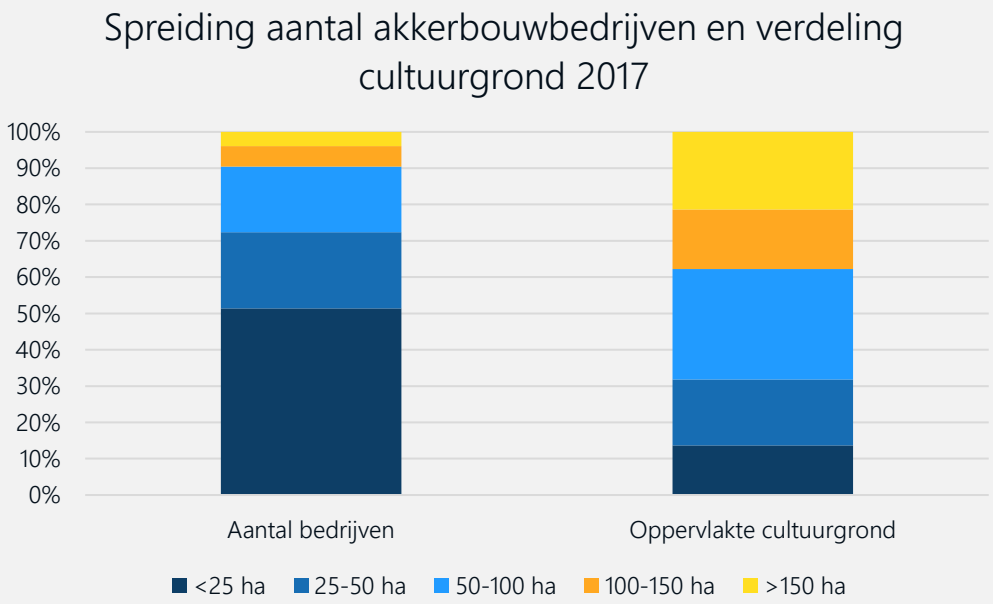
Beperkingen

De gekozen methode en aannames bieden een bruikbare benadering van de werkelijkheid voor akkerbouwers, maar kennen ook beperkingen die van belang zijn bij de interpretatie van de resultaten. Deze beperkingen moeten worden meegewogen wanneer (beleids)conclusies worden getrokken op basis van de modeluitkomsten.

Het model werkt met typische bedrijfstypen, die voornamelijk de middelgrote akkerbouwbedrijven weerspiegelen. Dit is anders dan een representatief sample en zorgt voor een discrepantie met de werkelijke spreiding en heterogeniteit van de Nederlandse akkerbouwsector. Een belangrijke discrepantie is de bedrijfsgrootte. In Figuur 6 worden de grootte en spreiding van de akkerbouwbedrijven in Nederland in 2017 getoond. De figuur laat zien dat bijna de helft van de akkerbouwbedrijven kleiner is dan 25 hectare, terwijl deze samen slechts ongeveer 15% van het totale areaal cultuurgrond beheren. Aan de andere uiterste zien we dat de zeer grote bedrijven (>150 ha) weliswaar klein in aantal zijn, maar wel ongeveer 20% van het cultuurgrondoppervlak beslaan.

De gehanteerde bedrijfstypes zitten qua oppervlak in het middensegment. Door deze focus op het middensegment zijn zowel de talrijke kleine bedrijven als de areaalrijke grote bedrijven ondervertegenwoordigd in het model. Deze beperking is relevant bij de interpretatie van modeluitkomsten, vooral waar het gaat om beleidsmaatregelen die verschillend uitpakken voor bedrijven van verschillende grootte. Voor kleine bedrijven, die vaak al met smallere marges werken en minder schaalvoordelen hebben, kan een CO_2-prijs een relatief groter effect hebben op het gehele bedrijfsresultaat dan voor grote bedrijven, die door hun schaalvoordelen en sterkere financiële positie vaak beter kunnen omgaan met additionele kosten.

Figuur 6. Spreiding in grootte akkerbouwbedrijven in Nederland.



Daarnaast richt de studie richt zich primair op CO_2-reductie, terwijl dit slechts één aspect vormt van de complexe transitieopgave waar de akkerbouwsector voor staat. Akkerbouwers worden in de praktijk geconfronteerd met meervoudige doelstellingen, waaronder verbetering van waterkwaliteit, herstel van biodiversiteit en vermindering van pesticidegebruik. Hoewel deze bredere duurzaamheidsaspecten zijn opgenomen in de voorgestelde maatregelpakketten en transitiepaden, leiden ze in de modellering overwegend tot negatieve effecten op bedrijfsresultaat zonder dat ze bijdragen aan CO_2-emissiereductie. De gehanteerde modelleringsaanpak kent geen mechanismen om positieve effecten op waterkwaliteit of biodiversiteit te waarderen en financieel te belonen. Dit creëert een economische disbalans waarbij akkerbouwers worden geconfronteerd met kostenverhogende maatregelen zonder dat de maatschappelijke baten hiervan worden gecompenseerd, terwijl dit mogelijk in de gehele transitie wel het geval kan zijn.

Deze beperking van de doorrekening kunnen leiden tot een onvolledig beeld van de werkelijke uitdagingen en kansen binnen de sector. Maatregelen die gunstig zijn voor CO_2-reductie kunnen soms op gespannen voet staan met andere doelstellingen, zoals de verbetering van waterkwaliteit of het verminderen van pesticidegebruik. Omgekeerd kunnen maatregelen die primair gericht zijn op bijvoorbeeld biodiversiteitsherstel of waterkwaliteit, indirect ook bijdragen aan klimaatdoelen.

In dit kader zijn ook de gehanteerde transitiepaden enigszins beperkend. De transitiepaden richten zich voornamelijk op extensivering van de teelt in combinatie met meer natuurlandschap en verminderde bemesting. In werkelijkheid hebben akkerbouwers echter een breder palet aan opties, zoals teeltverandering, toepassing van innovaties en precisielandbouw, implementatie van strokenteelt, verhoogd gebruik van plantaardige mest of alternatieve mesttypen. Ook zullen maatregelen op andere manieren gecombineerd worden dan in de modellering nu het geval is.

Tot slot geldt ook voor de akkerbouw, net als in de melkveehouderij, de modelbeperking van constante grondprijzen, terwijl deze in werkelijkheid stijgen en regionale verschillen vertonen. Deze ontwikkeling kan investeringskeuzes en bedrijfsstrategieën beïnvloeden die niet in het model zijn meegenomen.

Analyse Scenario's en Resultaten

Benodigde beprijzingsniveau voor doelen

We onderzoeken welk beprijzingsniveau nodig is om de eerder gedefinieerde broeikasgasemissiereductiedoelen voor 2040 te behalen.[76] Om de doelstellingen op sectorniveau te halen, moeten de emissies onder het gezamenlijke restemissiedoel van de melkveehouderij, varkenshouderij en akkerbouw uitkomen. Dit bekijken we voor een broeikasgasemissieheffing en een emissierechtenstelsel.

Het doel van deze exercitie is voornamelijk om beter te begrijpen wat de verschillen tussen diverse heffingsvormen zijn alsook hun mogelijke bijdrage aan emissiereductie, en secundair een indicatie van mogelijke beprijzingshoogtes te verkrijgen. De hierna genoemde uitkomsten zijn conditioneel op de aannames in en architectuur van het model.

Broeikasgasemissieheffing: De onderzochte CO_2-heffing gaat in vanaf het jaar 2028 en groeit lineair door tot de ingestelde hoogte twee jaar later, in 2030. Bij deze vorm van beprijzing geldt het tarief per ton voor alle broeikasgasemissies binnen scope van het stelsel (zie ook Appendix 1). Met de referentie-instellingen is de benodigde heffingshoogte om het 2040-doel te halen ongeveer €49 per ton CO_2-eq. Zoals te zien in Figuur 7, wordt het 2030-doel hiermee met 0,9 Mton gemist en het 2035-doel net niet gehaald (0.2 Mton tekort). Met deze heffing zou in het jaar 2040 €394 miljoen opgehaald worden (deze inkomsten zijn hierbij nog niet besteed), waarvan €345 miljoen van de melkveehouderij, €32 miljoen van de varkenshouderij en €17 miljoen van de akkerbouw.

Er zou daarmee een hoger beprijzingsniveau nodig zijn om het doel voor 2030 te halen. Dit doel lijkt echter vrijwel onhaalbaar, gezien de praktische invoering van het stelsel en de beperkte tijd die boeren vervolgens hebben om een transitiepad te kiezen. Bij een tijdige aankondiging van beprijzing worden wellicht beslissingen naar voren gehaald (voor een redelijk effect zou de hoogte bekend moeten zijn), maar tegelijkertijd blijven sommige paden duurder of kennen ze ook andere randvoorwaarden (e.g. voldoende centrale mestverwerkingscapaciteit) wat hun adoptie remt. Ook blijft de restopgave tot het 2030 doel met 0.9 Mton CO_2-eq fors.

Emissierechtenstelsel: Het emissierechtenstelsel start vanaf 2028. In het eerste jaar worden 30% van de emissies boven het restemissiedoel beprijsd, dit groeit door tot 2040 waar 100% van de emissies boven het restemissiedoel worden beprijsd. Er worden gratis emissierechten ontvangen ter hoogte van een vrijgestelde uitstoot, gebaseerd op historische waarden, waardoor bedrijven

[76] N.b. zoals eerder genoemd is enkel het restemissiedoel voor 2030 vaststaand beleid, terwijl de doelen voor 2035 en 2040 zijn ingeschat op basis van de Trajectverkenning van PBL.

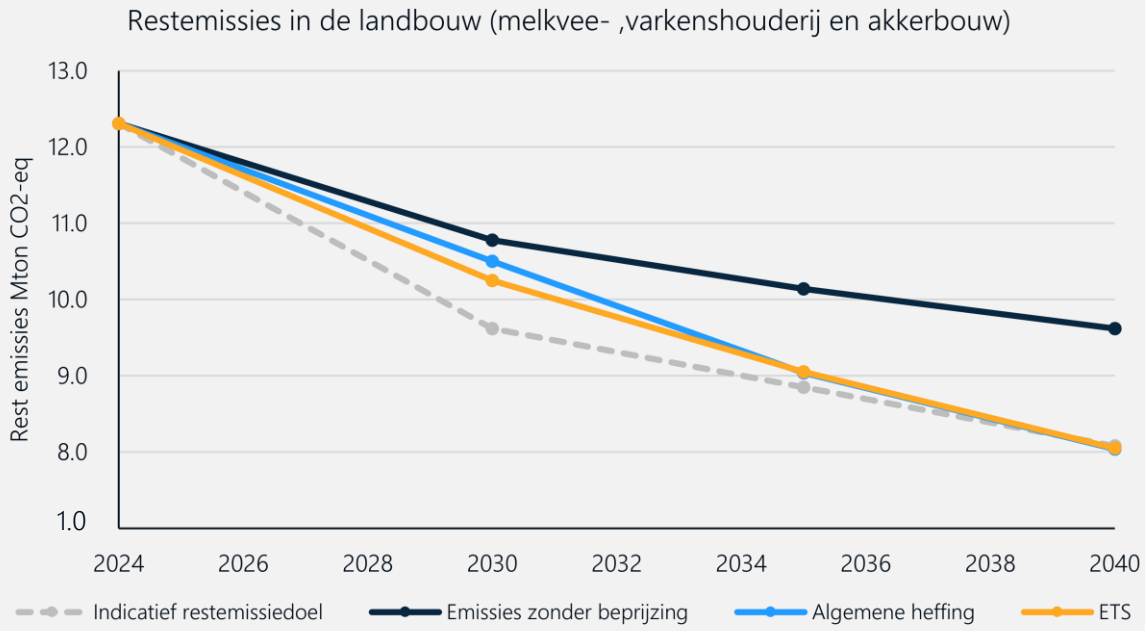
met lagere emissies overtollige rechten kunnen verkopen en extra inkomsten kunnen genereren. Bedrijven die meer emissies hebben zullen juist deze rechten moeten aankopen. Een emissieheffing met verhandelbare dispensatierechten is overigens qua opzet vergelijkbaar aan een emissierechtenstelsel, maar hier niet expliciet gemodelleerd. Daarbij wordt een deel van de uitstoot vrijgesteld ter hoogte van een aantal gratis verstrekte dispensatierechten, maar kunnen deze rechten onderling verhandeld worden.

Voor een emissierechtenstelsel zou het 2040 doel dan bereikt worden bij een CO_2-prijs van ruim €264 per ton CO_2-eq. Bij deze beprijzing wordt het 2030-doel met 0,6 Mton overschreden en het 2035-doel met 0,2 Mton overschreden.

De CO_2-prijs van het emissierechtenstelsel ligt hoger dan die van de vlakke CO_2-heffing. Dit komt doordat bij het emissierechtenstelsel (ofwel heffing met verhandelbare dispensatierechten) de CO_2-prijs alleen geldt voor emissies boven de drempelwaarde, waardoor een hogere prijs nodig is om hetzelfde emissiereductie-effect te bereiken. Door deze vrijstelling krijgen melkveehouderijen minimaal 65% en varkenshouderijen minimaal 40% van hun emissies gratis, wat de effectiviteit van de prijsprikkel beperkt.

Figuur 7. Restemissies in de landbouw (melkveehouderij, varkenshouderij en akkerbouw) in 2030, 2035 en 2040 bij verschillende beprijzingsmechanisme.

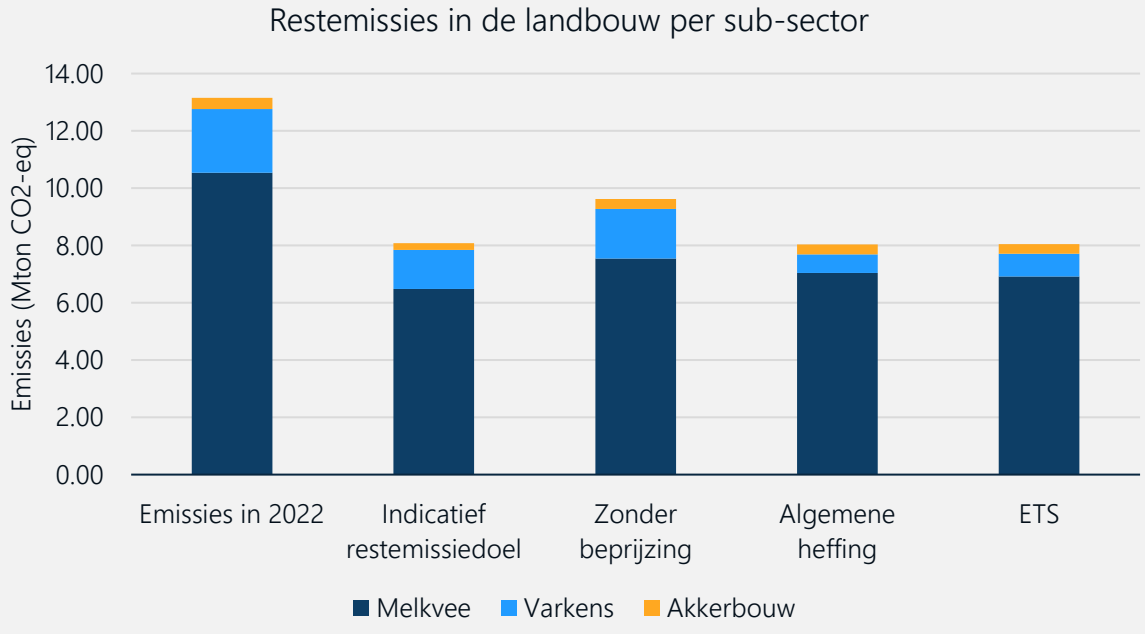
N.B. voor de historische emissies worden hier de modelemissies gerapporteerd, die een beperktere scope hebben. Ook worden niet alle landbouwsectoren meegenomen in het model.



Verder zien we dat met een algemeen beprijzingssysteem de varkenshouderij meer emissies reduceert dan nodig voor haar restemissiedoel (zie Tabel 20).[77] Het indicatieve restemissiedoel voor de varkenshouderij is 1,4 Mton CO_2-eq in 2040. Bij een CO_2-heffing en een emissierechtenstelsel wordt dit doel met respectievelijk ruim 0,7 en 0,6 Mton overschreden. Aan de andere kant wordt het restemissiedoel voor de melkveehouderij van 6,5 Mton niet door de melkveehouderij gehaald. De beprijzing heeft geen invloed op de restemissies van akkerbouw. Relatief gezien bedraagt de emissiereductie ten opzichte van 2022 voor de varkenshouderij bijna 70%, terwijl de melkveehouderij iets boven de 30% reduceert. De varkenshouderij realiseert daarmee bijna twee keer zoveel reductie als de melkveehouderij ten opzichte van hun respectievelijke uitgangsniveaus.

We kunnen deze relatieve bijdrage ook anders weergeven. De broeikasgasemissiebeprijzing moet in 2040 1,6 Mton reduceren ten opzichte van het basispad in 2040. Bij een vlakke heffing komt 1,1 Mton van de benodigde 1,6 Mton van de varkenshouderij (0.9 Mton bij een ETS) en het restant van de melkveehouderij.

Figuur 8. Restemissies in de landbouw per subsector (melkveehouderij, varkenshouderij en akkerbouw) in 2040 bij verschillende beprijzingsmechanisme. N.B. voor de historische emissies worden hier de modelemissies gerapporteerd, die een beperktere scope hebben.



[77] Dit bevat de totale beprijsde emissies voor akkerbouw, de totale emissies liggen ongeveer een factor 2 hoger.

Tabel 20. Restemissies in 2040 per beprijzingsstelsel

Emissies*	Restemissies in het basispad in 2040 (Mton CO_2-eq)	Indicatieve restemissiedoelen 2040 (Mton CO_2-eq)	Restemissies bij vlakke sectorheffing (Mton CO_2-eq)	Restemissies bij sector rechtenstelsel (Mton CO_2-eq)
Melkvee	7.54	6.48	7.04	6.92
Varkens	1.73	1.36	0.65	0.79
Akkerbouw	0.34	0.24	0.34	0.34
Totaal	9.62	8.08	8.03	8.05

**de tabel toont enkel emissies die meegenomen zijn in de doorrekening voor de sectoren en bevatten dus niet alle emissies. Enerzijds bevat het model niet alle emissiebronnen en anderzijds niet alle subsectoren (zie ook Appendix 1).*

Indien we per subsector een heffing zouden introduceren met als doelstelling om het corresponderende subsectorrestemissiedoel te bereiken, dan zouden de heffingen er anders uitzien. Bij een subsectorheffing zou voor de varkenshouderij een heffing van €26 per ton nodig zijn, voor de melkveehouderij een heffing van €56-76 per ton en voor de akkerbouw zijn de indicatieve restemissiedoelen niet haalbaar. De hoogte van de CO2 beprijzing valt daarmee (fors) lager uit dan de actuele ETS1 prijs voor de industrie en elektriciteitssector (72 EUR/t op het moment van schrijven).

De verschillen tussen de landbouwsectoren zijn dus groot. Dit hangt voor een belangrijk deel samen met de potentiële emissiereductie, de kostenintensiteit van de transitiepaden alsook de emissie-intensiteit van het bedrijf. We bespreken dit hieronder per sector. Ook kijken we hierbij naar de effecten van een mogelijke terugsluis en vrijgestelde voet voor een heffing. Bij een terugsluis wordt een deel van de inkomsten van de heffing weer uitgekeerd aan bedrijven en bij een vrijgestelde voet wordt een vastgestelde hoeveelheid emissies vrijgesteld van een heffing.

Melkveehouderij

Overzicht

De benodigde beprijzingsniveaus voor emissiereductie variëren sterk, afhankelijk van de gekozen doelstellingen en instrumenten. Bij alle typen beprijzing wordt het grootste deel van de emissiereductie in de melkveehouderij gerealiseerd door ongebruikte fosfaatrechten in plaats van technische maatregelen. Ongebruikte fosfaatrechten ontstaan wanneer vrijgekomen fosfaatrechten niet worden overgenomen doordat melkveehouders onvoldoende land beschikbaar hebben om zowel de rechten over te nemen als te voldoen aan de grondgebondenheidsnorm. Effectief betekent het niet overnemen van fosfaatrechten dat er een kleinere veestapel is. Fosfaatrechten

komen vrij als bedrijven failliet gaan (zowel autonome stoppers en noodgedwongen stoppers), of wanneer bedrijven transitiepaden kiezen met minder vee (extensivering).

Uit ons rekenmodel blijkt dat transitiepaden een beperkte bijdrage leveren aan emissiereductie in 2040. Bij alle beprijzingsinstrumenten blijft de bijdrage van transitiepaden beperkt tot 0,4-0,7 Mton in 2040. Deze totale besparing valt uiteen in twee componenten:

- Technische besparingen (reductie in emissies per dier): 0,1-0.2 Mton
- Reductie in aantal dieren per hectare per bedrijf: 0,3-0,5 Mton

Opmerkelijk is dat bij meer dan de helft van bedrijven die in 2040 actief zijn overgestapt naar transitiepaden, de beperkte reductie niet wordt veroorzaakt door lage adoptie maar door het beperkte reductiepotentieel van de paden zelf. Dit resultaat is niet onverwacht wanneer we kijken naar de maximaal technische emissiereductie (zie Opzet melkveehouderij). Alleen de hightech paden kunnen gemiddeld meer dan 6% reductie leveren, maar slechts 6% van de bedrijven kan deze hightech paden kiezen (grote investeerders).[78] In het meest optimistische scenario, waarbij alle grote investeerders het hightech variant 2 pad implementeren (26% besparing per bedrijf), bedraagt de totale technische emissiereductie slechts 1,6%. De bijdrage van de extensieve paden aan technische besparingen met -6% tot +4% is beperkt. Deze 1,6% reductie komt overeen met de prestatie van het ETS-systeem - het meest effectieve beprijzingsinstrument voor technische besparingen - dat dezelfde reductie van 1,6% (0,15 Mton) realiseert in de melkveehouderij ten opzichte van historische emissieniveaus (zie Tabel 21 verderop).

Ongebruikte fosfaatrechten door bedrijfsbeëindigingen leveren 2,2-3,0 Mton reductie in 2040, afhankelijk van de beprijzingsinstrument. Bij een algemene heffing van €49 per ton volstaan autonome stoppers voor de 2,2 Mton besparing om de doelstelling te bereiken. Hoewel dit een substantieel aantal bedrijfsbeëindigingen lijkt, past het binnen de structurele ontwikkeling van de melkveehouderij. Tussen 2000 en 2020 daalde het aantal bedrijven met 38%, waardoor autonome uittreding (en gepaarde schaalvergroting van blijvende bedrijven) reguliere kenmerken van de sector zijn (zie Figuur). Echter, voor de sectorspecifieke doelstelling van 6,5 Mton in 2040 of bij een emissierechtenstelsel zijn noodgedwongen stoppers onvermijdelijk. Dit betreft bedrijven die vanwege structureel lage bedrijfsresultaten moeten stoppen - buiten de reguliere sectorontwikkeling. Vooral financieel kwetsbare bedrijven worden hierdoor getroffen.

Een vlakke sectorspecifieke heffing in de bandbreedte van €56-76 per ton biedt flexibiliteit om de juiste balans te vinden tussen klimaatdoelstellingen en bedrijfsvermindering. Aan de onderkant van deze bandbreedte (€56 per ton) wordt het sectorspecifieke restemissiedoel minimaal overschreden (met een emissiebesparing van 6,6 Mton ten opzichte van het doel van 6,5 Mton).

[78] Deze 6% betreft een inschatting conform de gehanteerde modelopzet, maar is een gevoelige parameter die gevarieerd wordt binnen de sensitiviteitsanalyse.

Aan de bovenkant (€76 per ton) stoppen veel bedrijven door slechte bedrijfsresultaten, ondanks het behalen van het klimaatdoel (zie volgende sectie voor een uitgebreide analyse).

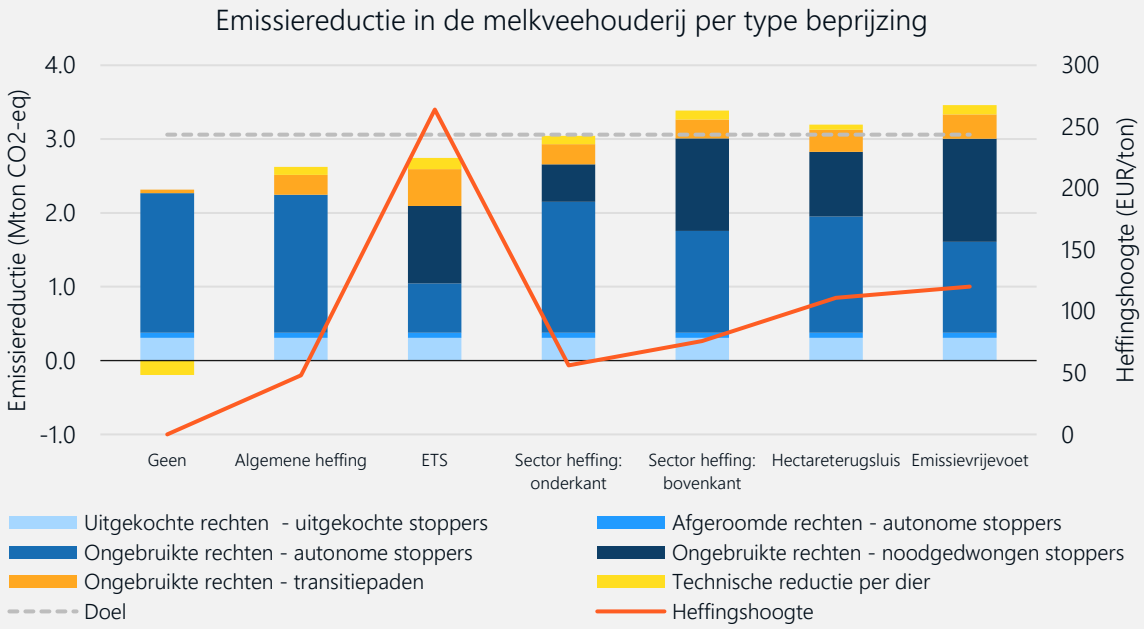
Twee aanvullende beleidsmaatregelen kunnen de impact op bedrijven verder beperken: terugsluismechanismen en een emissievrije voet. Door de helft van de heffingsopbrengsten te herverdelen, reduceren terugsluismechanismen noodgedwongen stoppers met 6-20% vergeleken met €76 per ton. Een emissievrije voet van 300 ton CO_2-eq. verlaagt het aantal gedwongen stoppers met 21% van 1.800 naar 1.400 bedrijven ten opzichte van een uniforme €76 per ton heffing, waarbij uitsluitend de meest emissie-intensieve bedrijven worden belast. Daarnaast zou de emissievrije voet vormgegeven kunnen worden op basis van verhandelbare dispensatierechten, waardoor er een sterke gelijkenis met een rechtenstelsel is.

In de volgende figuren zijn de emissiereducties door ongebruikte rechten en technische maatregelen per beprijzingsinstrument weergegeven. Tabel 21 en Figuur 9 tonen de volledige emissiereductie per bron in 2040 voor elk type beprijzing, terwijl Figuur 10 de marginale emissiereductie weergeeft ten opzichte van het basisscenario zonder beprijzing. De resultaten per beprijzingsstelsel (en het basispad) worden in de daaropvolgende secties uitgebreid toegelicht.

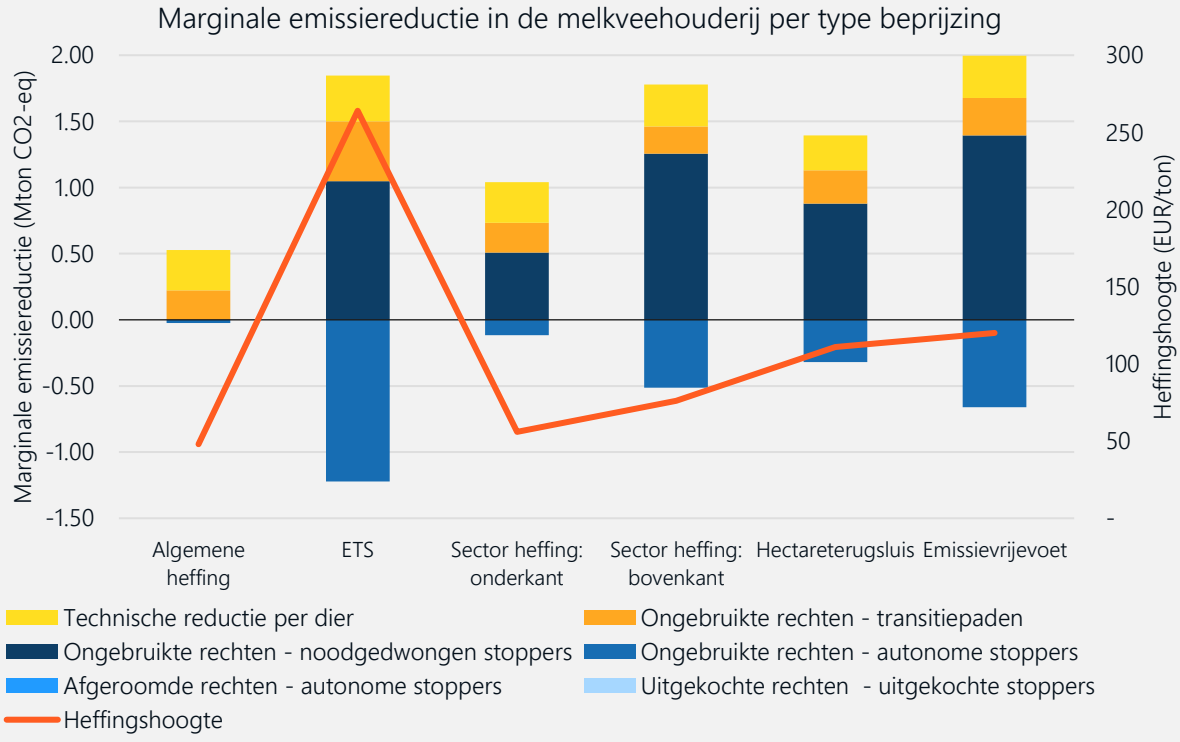
Tabel 21. Benodigde beprijzingsniveaus en gerealiseerde reductie van verschillende typen stelsels

Heffing type	Heffing	Totale reductie	Uitgekochte/ afgeroomde/ autonome stoppers	Noodgedwongen stoppers	Transitie-paden (veestapel)	Technische reductie
Geen beprijzing		2.12 Mton	2.27 Mton		0.05 Mton	-0.19 Mton
Algemene heffing	€48 per ton	2.62 Mton	2.24 Mton		0.27 Mton	0.11 Mton
ETS	€264 per ton	2.75 Mton	1.05 Mton	1.05 Mton	0.5 Mton	0.15 Mton
Sector heffing: onderkant	€56 per ton	3.04 Mton	2.15 Mton	0.51 Mton	0.27 Mton	0.11 Mton
Sector heffing: bovenkant	€76 per ton	3.39 Mton	1.75 Mton	1.25 Mton	0.25 Mton	0.12 Mton
Hectareterugsluis (50%)	€111 per ton	3.2 Mton	1.95 Mton	0.88 Mton	0.3 Mton	0.07 Mton
Vrijgestelde voet (300 t CO2-eq.)	€120 per ton	3.46 Mton	1.61 Mton	1.39 Mton	0.33 Mton	0.12 Mton

Figuur 9. Totale emissiereductie per bron in de melkveehouderij per type beprijzing in 2040



Figuur 10. Marginale emissiereductie per bron in de melkveehouderij per typ beprijzing in 2040 ten opzichte van basis uitkomsten zonder beprijzing.



Resultaten per beprijzingsstelsel

Emissies zonder beprijzing in 2040

De emissies uit de melkveehouderij dalen zonder heffing met ongeveer 2,1 Mton CO_2-eq van 9,7 Mton CO_2-eq in 2024 tot 7,5 Mton CO_2-eq in 2040.

Deze reductie komt voor een klein door uitkoop en voor het overgrote deel door ongebruikte fosfaatrechten (die door grondgebondenheidsbeperkingen niet overgenomen worden):

- 0,3 Mton door uitgekochte fosfaatrechten afkomstig van Lbv/Lbv+ deelnemers. Deze rechten verdwijnen uit de sector en kunnen niet verder werden ingekocht.
- 1,9 Mton door ongebruikte fosfaatrechten afkomstig van autonome stoppers (hiervan wordt 0,01 Mton afgeroomd tussen 2025 en 2026). Dit zijn rechten die door landtekort niet door actieve bedrijven kunnen worden overgenomen zonder de grondgebondenheidsnorm te overschrijden.

Noodgedwongen stoppers, die door slechte bedrijfsresultaten gedwongen zijn te stoppen, komen niet voor in dit scenario.

Daarnaast zien we een toename van 0,1 Mton in emissies door intensivering van de productie. Er zijn transitiepadden die ook zonder beprijzing rendabel zijn, en een deel hiervan hebben hogere emissies, met name wanneer ze niet gepaard gaan met aanvullende maatregelen zoals voer additieven.

Algemene CO_2-heffing

Bij een heffing van €49 per ton dalen de emissies uit de melkveehouderij met 2,6 Mton CO_2-eq tot 7,0 Mton CO_2-eq in 2040. Hiermee wordt het sectorspecifieke restemissiedoel van 6,5 niet gehaald. Doordat de varkenshouderij meer reduceert, worden de doelen voor de landbouw als geheel wel gehaald.

Naast de basisreductie door ongebruikte fosfaatrechten (2,1 Mton CO_2-eq) wordt met de heffing van €49 per ton nog eens 0,5 Mton aan emissiebesparing behaald. Dit komt volledig door transitiepaden, waarvan:

- 0,2 Mton door technische besparingen komt. De heffing leidt tot wijdverbreid gebruik van overige maatregelen – 36% van alle bedrijven investeert hiermee in voeraddtieven en nitrificatieremmers.
- 0,3 Mton door het houden van minder dieren per hectare per bedrijf. Door de heffing kiezen 5%-punt meer bedrijven de natuurinclusieve en extensiverings (krimp dieren) paden.

Hiermee komt de totale emissiereductie door transitiepaden, ten opzichte van het basisscenario (zonder beprijzing) op 0,5 Mton.

Er zijn geen additionele bedrijfsbeëindigingen of noodgedwongen stoppers.

Emissierechtenstelsel

Bij invoering van een emissierechtenstelsel met een CO_2-prijs van €264 per ton dalen de emissies uit de melkveehouderij met 2,8 Mton CO_2-eq naar 6,9 Mton CO_2-eq in 2040. Ook hiermee worden de sectorspecifieke restemissiedoelen niet gehaald.

Het ETS levert een netto additionele besparing van 0,6 Mton op ten opzichte van het basisscenario (zonder beprijzing). De onderliggende oorzaak van deze reductie zijn echter sterk anders dan met de heffing.

De eerste grote verschuiving is een verhoging in restemissies met 1,2 Mton door een reductie in het aantal ongebruikte rechten afkomstig van autonome stoppers. Met een ETS worden meer fosfaatrechten ingekocht (meer vee leidt tot hogere emissies). Dit is een gevolg van verschuivingen in de gekozen transitiepaden. Zonder beprijzing kiezen 16% van alle actieve bedrijven voor het natuurinclusieve pad met investeringen in pachtgrond. Omdat dit pad relatief hoge emissies heeft, wordt het onder het ETS-systeem minder aantrekkelijk: bijna de helft van deze bedrijven kiezen in plaats daarvan voor extensivering door hun aantal dieren te verminderen. Het gevolg is dat er meer land beschikbaar blijft voor herverdeling naar andere melkveebedrijven; bij additionele herverdeling worden naar rato meer fosfaatrechten ingekocht.

Ten tweede wordt door het ETS-system een deel van bedrijven door financiële druk gedwongen om te stoppen. Het noodgedwongen stoppen van een deel van de intensieve bedrijven (op alle grondtypes) levert 1,0 Mton reductie. Intensieve bedrijven (vooral op zand) ondervinden een disproportioneel zware impact van het ETS-systeem, ondanks dat alle bedrijfstypen dezelfde procentuele verlaging van hun emissievrijstelling krijgen. Een hogere uitstoot als uitgangspunt betekent een veel grotere absolute toename van te betalen emissies. In combinatie met de hoge CO_2-prijs resulteert dit in een aanzienlijke kostenstijging voor bedrijven die geen transitiepad (kunnen) kiezen.

Ten derde leveren ook de transitiepaden additionele besparing van 0,8 Mton op, verdeelt als volgt:

- Technische besparingen: 0,3 Mton, door een 4%-punt verhoging in het aandeel bedrijven de in overige maatregel pakketten hebben investeert ten opzichte van de algemene heffing (40% van alle actieve bedrijven in 2040).

- Reductie in aantal dieren per hectare per bedrijf: 0.5 Mton, door de eerder beschreven verschuiving van natuurinclusief (investering in pachtgrond) naar extensivering (krimp van aantal dieren).

Hiermee komt de totale emissiereductie door transitiepaden (ten opzichte van de huidige emissies) op 0.7 Mton, of 24% van besparingen door een ETS.

In het geheel zien we met een ETS ten opzichte van het scenario zonder beprijzing een verhoging van 1,2 Mton in emissies door inkoop van meer fosfaatrechten, en een reductie van 1,8 Mton in emissies (1,0 Mton door noodgedwongen stoppers en 0,8 Mton door transitiepaden). Dit resulteert in een netto emissiereductie van 0,6 Mton.

Het is opmerkelijk dat de benodigde CO_2-prijs van het ETS-systeem (€264 per ton) veel hoger is dan bij de vlakke heffing (€49 per ton). In theorie zou een ETS-systeem sterkere prikkels moeten geven voor emissiearme transitiepaden, aangezien bedrijven onder de drempelwaarde financiële compensatie ontvangen. In het model is dit echter niet het geval omdat de CO_2-prijs in het ETS-systeem geldt alleen voor emissies boven de drempelwaarde (vastgesteld per bedrijfstype op basis van hun historische emissies). Door deze vrijstelling krijgen alle melkveebedrijven minimaal 65% van hun (huidige) emissies gratis. Bij een vlakke heffing wordt daarentegen elke ton CO_2 beprijsd. Vrijwel alle bedrijven betalen dus minder voor hun CO_2-uitstoot bij het ETS-systeem dan bij een vlakke heffing.

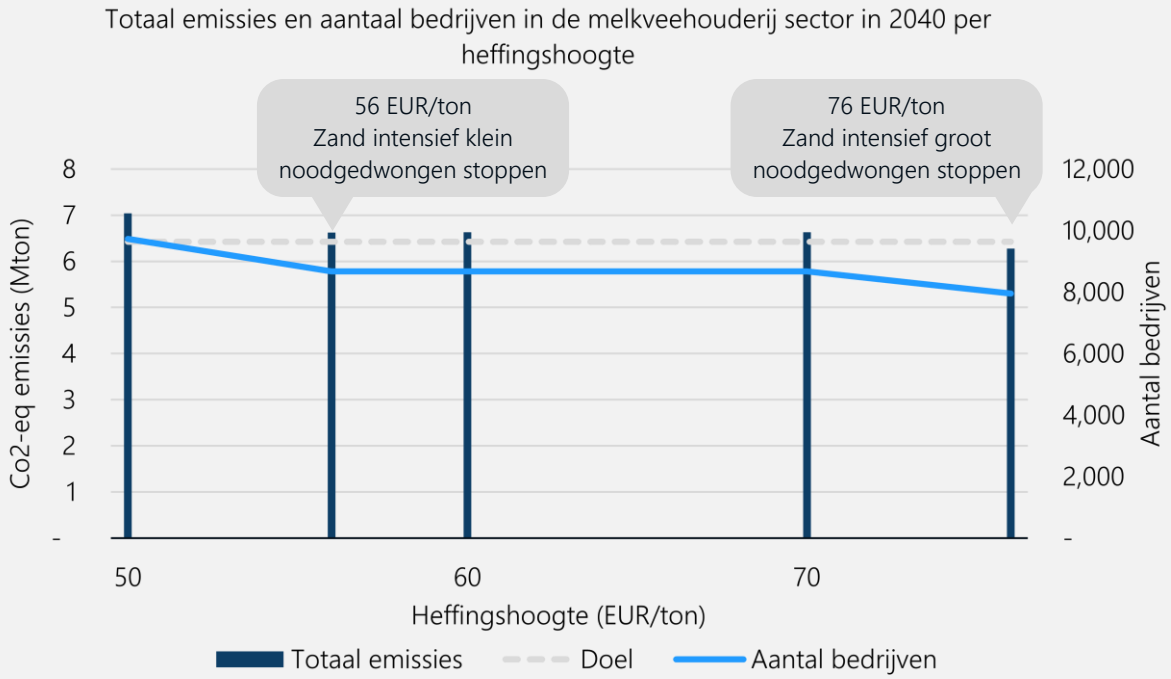
Het ETS-systeem leidt tot de hoogste emissiereductie door technische besparingen, maar het leidt ook tot noodgedwongen bedrijfssluitingen. Netto blijft de totale emissiereductie gelijk aan die van een algemene heffing.

Sectorspecifieke CO_2-heffing

Naast algemene beprijzing voor de gehele landbouwsector is ook een sectorspecifieke heffing onderzocht voor de melkveehouderij. Een CO_2-heffing in de bandbreedte van €56-76 per ton biedt verschillende mogelijkheden om het indicatieve restemissiedoel voor de melkveehouderij van 6,5 Mton in 2040 te benaderen. Bij €56 per ton wordt het 2040-doel net niet behaald, terwijl bij €76 per ton het doel volledig wordt gerealiseerd samen met het 2035 indicatieve doel van 7,1 Mton. Het 2030-doel blijft voor beide tarieven onhaalbaar vanwege de benodigde invoeringstijd en de beperkte periode waarin boeren transitiekeuzes moeten maken.

Een opvallend kenmerk van deze prijsbandbreedte is dat het 2040-doel al bij €56 per ton vrijwel wordt gerealiseerd (6,6 Mton restemissies bij een doelstelling van 6,5 Mton), terwijl voor de laatste 0,1 Mton reductie een aanzienlijke tariefverhoging naar €76 per ton nodig is. Deze schijnbare inefficiëntie ontstaat door een beperking van het rekenmodel: het model bepaalt per bedrijfstype bij welk inkomensniveau een boer ermee noodgedwongen stopt, en deze grens wordt stapsgewijs bereikt bij verschillende heffingshoogtes. In werkelijkheid zou de overgang tussen €56 en €76 per ton waarschijnlijk meer geleidelijk verlopen dan het model suggereert.

Figuur 11. Totale emissies en aantal bedrijven in de melkveehouderij sector in 2040 per heffingshoogte.



De hogere heffing van €76 per ton realiseert een totale emissiebesparing van 3,4 Mton CO_2-eq. De restemissies komen dan uit op 6,3 Mton CO_2-eq restemissies in 2040, wat 1,3 Mton meer reductie is dan in het basisscenario (zonder beprijzing).

Net als bij een ETS-systeem, zien we met een algemene heffing van €78 per ton een verhoging in emissies door een reductie in het aantal ongebruikte rechten afkomstig van autonome stoppers. Dit komt doordat bij een hoge heffing extensivering door een inkoop van pachtgrond minder aantrekkelijk wordt en bedrijven eerder paden kiezen met een kleinere hoeveelheid dieren. De herverdeling van het additionele overblijvende land (en fosfaatrechten) leiden dus tot een 0.5 Mton verhoging in restemissies.

De heffing van €76 per ton leidt tot het grootse aantal noodgedwongen stoppers. Noodgedwongen bedrijfsbeëindigingen treffen vooral zand intensief kleine bedrijven met een beperkt jaarlijks inkomen van €32.000 in de basissituatie, waardoor zij extra gevoelig zijn voor kostenstijgingen. Het kritieke omslagpunt bij €76 per ton ontstaat doordat ook zand intensief grote bedrijven worden gedwongen om te stoppen. Deze bedrijven hebben hoge emissies per hectare, waardoor de beperkte herverdeling van hun grond en productierechten tot een forse emissiereductie van 1,3 Mton leidt.

Ten opzichte van het basisscenario leveren de transitiepaden een besparing van 0,5 Mton op, verdeelt als volgt:

- Technische besparingen: 0,2 Mton - 44% van alle actieve bedrijven in 2040 hebben in overige maatregelen investeert. Ondanks de hoge adoptiegraad blijft de bijdrage van technische besparingen beperkt omdat er minder actieve bedrijven zijn.
- Reductie in aantal dieren per hectare per bedrijf: 0,3 Mton, door een 13%-punt verhoging in het aandeel bedrijven die natuurinclusieve en extensiverings (krimp dieren) paden hebben gekozen en een 1%-punt verhoging in het aandeel bedrijven die het hightech 2 pad hebben gekozen.

Hiermee komt de totale emissiereductie door transitiepaden (ten opzichte van de huidige emissies) op 11% van besparingen door een sector heffing (bovenkant).

Bij de lagere heffing van €56 per ton wordt een emissiebesparing van 3,0 Mton gerealiseerd, waardoor de restemissies dalen tot 6,6 Mton en het emissiereductiedoel (van 6,5 Mton) net niet wordt gehaald. Dit staat gelijk aan 0,9 Mton extra reductie boven op de situatie zonder beprijzing. Deze extra besparing wordt gerealiseerd door 0,5 Mton van noodgedwongen stoppers (zand intensief klein) en 0,5 Mton van transitiepaden (0,2 Mton technische besparing, 0,3 Mton reductie in aantal dieren per hectare per bedrijf). Tegenover deze besparingen staat een verhoging van 0,1 Mton door een reductie in aantal ongebruikte rechten afkomstig van autonome stoppers.

Vanuit het perspectief van het stimuleren van duurzame bedrijfsvoering heeft een heffing boven €56 per ton mogelijk beperkte toegevoegde waarde: de extra beprijzing levert geen additionele emissiereductie op via technische maatregelen, maar resulteert uitsluitend in verdere sectorkrimp. Bovendien worden de klimaatdoelen al bijna bereikt bij dit lagere tarief.

Terugsluis en vrijgestelde voet

Een terugsluismechanisme geeft een deel van de CO_2-heffingsopbrengsten terug aan bedrijven op basis van een verdeelsleutel zoals hectares, melkproductie of aantal melkkoeien. Een heffingsvrije voet stelt een bepaalde hoeveelheid emissies per bedrijf vrij van beprijzing. Deze instrumenten beïnvloeden de effectieve heffingsdruk per bedrijfstype en kunnen worden ingezet om de financiële impact te differentiëren tussen verschillende soorten bedrijven.

We hebben drie verschillende terugsluis varianten berekend (50% terugsluis op basis van hectares, melkproductie en melkkoeien) evenals een emissievrije voet (van 300.000 kg CO_2-eq) variant[79].

Vergeleken met de vlakke heffing van €76 per ton vermindert de terugsluis licht de totale emissiereductie door het verzachten van de financiële druk op bedrijven. Terwijl de vlakke heffing

Tabel 22. Benodigde beprijzingsniveaus en gerealiseerde reductie van verschillende types terugsluis.

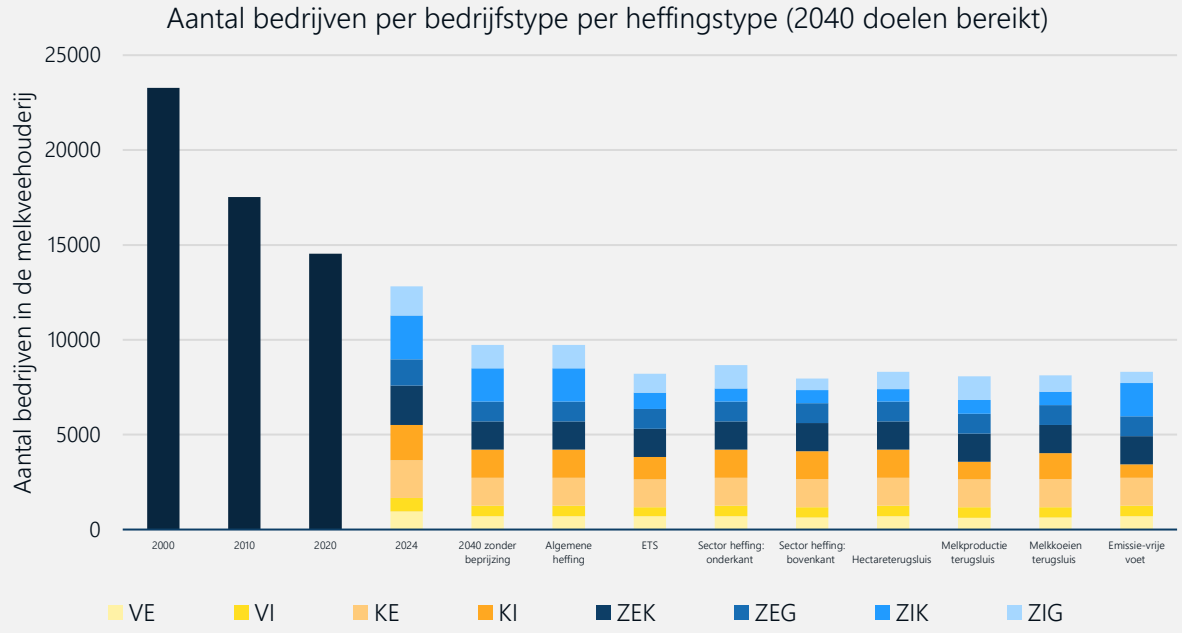
Heffing type	Heffing	Totale reductie	Uitgekochte/ afgeroomde / autonome stoppers	Noodged wongen stoppers	Transitie-paden (veestapel)	Technische reductie
Sector heffing: bovenkant	€76 per ton	3.39 Mton	1.75 Mton	1.25 Mton	0.25 Mton	0.12 Mton
50% hectareterugsluis	€111 per ton	3.20 Mton	1.95 Mton	0.88 Mton	0.30 Mton	0.07 Mton
50% melkproductie terugsluis	€160 per ton	3.24 Mton	1.81 Mton	1.06 Mton	0.19 Mton	0.18 Mton
50% melkkoeien terugsluis	€123 per ton	3.23 Mton	1.81 Mton	1.06 Mton	0.19 Mton	0.16 Mton
Vrijgestelde voet (300 t CO2-eq)	€120 per ton	3.46 Mton	1.61 Mton	1.39 Mton	0.33 Mton	0.12 Mton

3,39 Mton reductie realiseert, behalen de terugsluis varianten 3,20-3,24 Mton - een verschil van 0,15-0,19 Mton minder reductie. Dit komt vooral door minder noodgedwongen stoppers: de vlakke heffing genereert 1,25 Mton door bedrijfssluitingen versus 0,88-1,06 Mton bij de terugsluis varianten. De reductie via transitiepaden neemt in alle varianten licht toe, waarbij de verdeling tussen reductie in aantal dieren per bedrijf per hectare en technische reductie verschilt per variant.

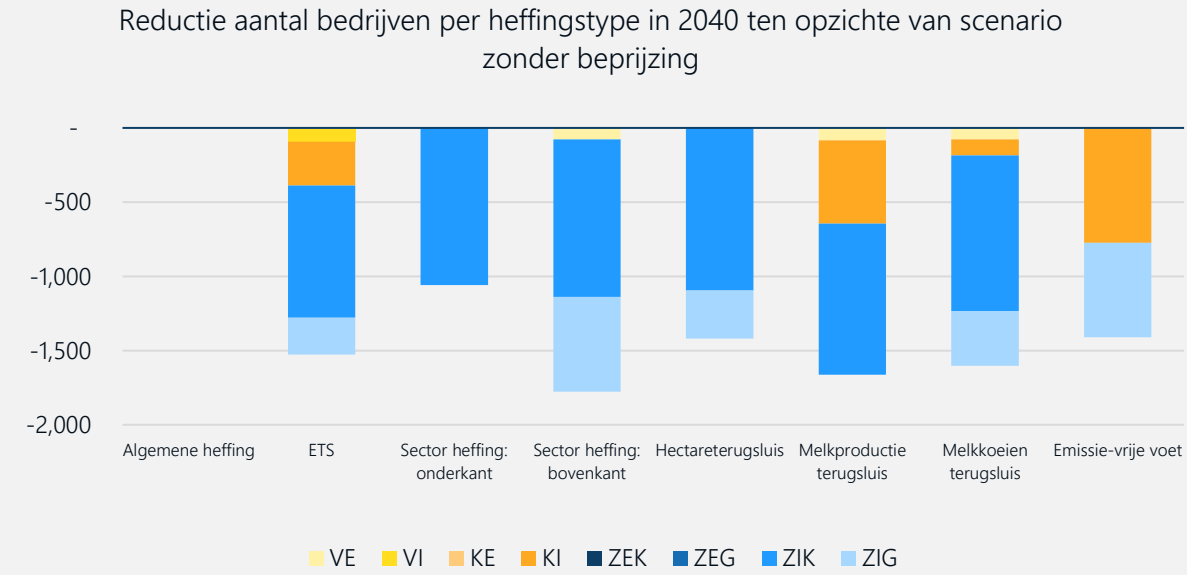
Tussen de verschillende terugsluis varianten heeft de precieze verdeelsleutel beperkte invloed op de totale reductie en de verdeling van emissiebesparing tussen krimp en technische maatregelen. Tussen de varianten zien we wel verschillen in welke bedrijfstypen van de melkveehouderij het zwaarst wordt getroffen. In Figuur wordt voor de verschillende beprijzingsvarianten weergegeven welke bedrijven in 2040 actief zijn. In Figuur 12 worden de noodgedwongen stoppers weergegeven. Bij een vlakke heffing zijn er in totaal 1.800 noodgedwongen stoppers, voornamelijk zand intensief klein (1.100) en zand intensief groot (650).

[79] Indien emissievrije voet o.b.v. dispensatierechten vormgegeven worden die verhandeld kunnen worden, lijkt de resulterende emissieheffing sterk op een rechtenstelsel.

Figuur 13. Verschil in de aantal bedrijven per bedrijfstype bij verschillende typen emissie-beprijzing NB. Alle resultaten vanaf 2024 zijn uit het rekenmodel, ter referentie ook historische aantal bedrijven (LVVN, Staat van Landbouw, Visserij, Voedsel en Natuur) om natuurlijk verloop van vermindering in bedrijven te illustreren.



Figuur 12. Marginale verschil in de aantal bedrijven per bedrijfstype bij verschillende typen emissie-beprijzing



Met een hectare-terugsluis dalen het totaal aantal noodgedwongen stoppers met ongeveer 20% tot 1.400, met een daling van zand intensief grote bedrijven tot ongeveer 300 noodgedwongen stoppers, doordat zij door hun grote oppervlakte een relatief hoge terugsluis krijgen (zand intensief groot blijft gelijk).

Bij een terugsluis op basis van melkproductie of melkkoeien is de reductie in aantal noodgedwongen stoppers meer beperkt (6% en 10% respectievelijk). Bij melkproductie zijn er ook klei intensieve bedrijven die stoppen (600), de rest zijn zand intensief klein (1.000). Bij melkkoeien stoppen ook een paar klei intensieve bedrijven (100) voor het rest zijn het alleen de zand intensief bedrijven: klein (1.000) en groot (400).

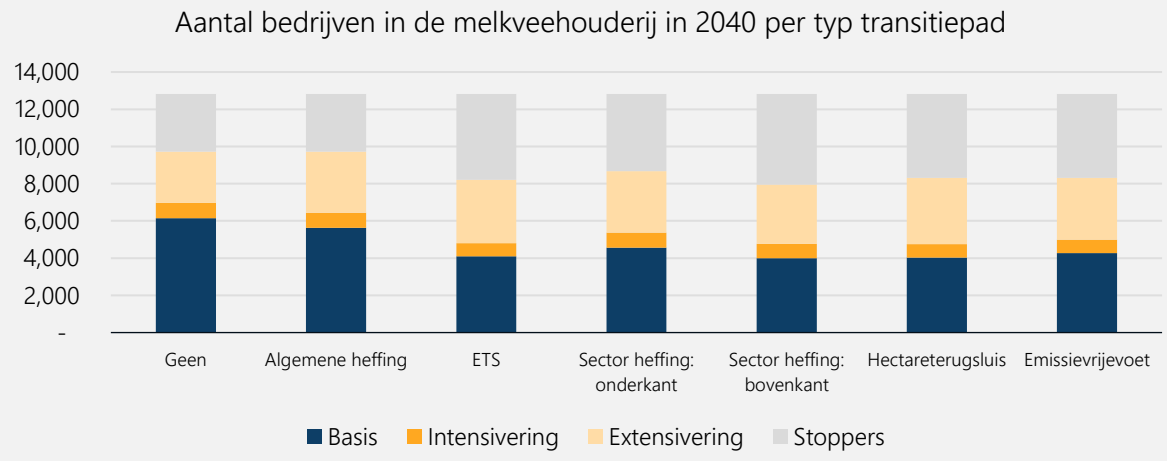
Bij een emissievrije voet dalen het totaal aantal noodgedwongen stoppers het meest met ongeveer 21%. De enige bedrijven die noodgedwongen stoppen zijn klei intensief en zand intensief grote bedrijven, omdat deze bedrijven de hoogste emissie-intensiteit hebben. Er stoppen 800 klei intensief bedrijven en 650 zand intensief grote bedrijven door financiële druk.

De terugsluis en emissievrije voet mechanismen kunnen een reductie in het aantal bedrijven verminderen terwijl de 2040 klimaatdoelen nog steeds worden gehaald, waardoor het aandeel van technische maatregelen in de totale reductie licht toeneemt. Het minste verlies in aantal bedrijven wordt gerealiseerd met een emissievrije voet, die het aantal noodgedwongen stoppers reduceert van 1.800 naar 1.400 bedrijven door zich te richten op de meest emissie-intensieve bedrijven. De keuze voor het type terugsluis bepaalt welke bedrijfstypen worden ondersteund.

Gekozen transitiepaden per stelsel

In de figuren hieronder presenteren we welke transitiepaden en overige maatregel pakketten gekozen worden gegeven een bepaald beprijzingsstelsel.

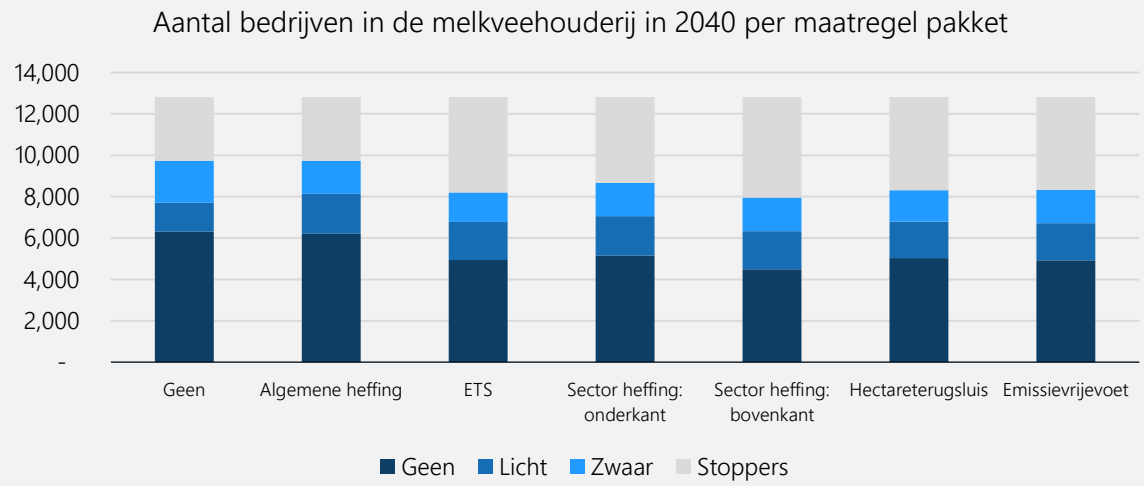
Figuur 14: Aantal bedrijven in de melkveehouderij per transitiepadcategorie in 2040 voor verschillende beprijzingstelsels



Het aantal bedrijven dat intensieve paden kiest blijft voor alle beprijzingsstelsels vrijwel gelijk (5,5% tot 6,4%), omdat slechts 6% van alle bedrijven in de categorie 'grote investeerders' valt en daarmee mag investeren in hightech paden. Opmerkelijk is dat het bij alle beprijzingsstelsels bijna altijd voordelig is om een hightech pad te kiezen - vrijwel alle bedrijven die deze mogelijkheid hebben, grijpen deze aan.

Voor extensieve transitiepaden zien we daarentegen een veel grotere variatie tussen beprijzingsstelsels, met een range van 22% (zonder beprijzing) tot 28% bij een hectareterugsluis. Deze paden zijn toegankelijk voor alle bedrijfstypen, waardoor beprijzing wel degelijk invloed heeft op de adoptiekeuzes.

Figuur 15: Aantal bedrijven in de melkveehouderij per overige maatregel pakket in 2040 voor verschillende beprijzingstelsels



De adoptie van overige maatregelen blijft stabiel op 27% van de bedrijven, zowel zonder heffing als met de introductie van beprijzingstelsels. Deze stabiele adoptie suggereert dat deze maatregelen reeds economisch aantrekkelijk zijn door andere voordelen zoals productiviteitswinst of subsidies. Echter is er een belangrijk verschil in de samenstelling van de maatregelpakketten.

Zonder beprijzing nemen boeren naar verwachting geen maatregelen die uitsluitend leiden tot kostenstijgingen, zoals voeraddtieven die geen directe financiële voordelen bieden. Met de introductie van CO_2-beprijzing worden deze voorheen onaantrekkelijke maatregelen plotseling rendabel door de waarde die wordt toegekend aan emissiereductie. Hierdoor bevatten de maatregelpakketten onder beprijzing meer emissiereducerende technologieën, wat resulteert in aanzienlijk hogere totale emissiereducties ondanks het gelijke adoptiepercentage.

Ontwikkeling bedrijfsresultaat t.g.v. beprijzing

Beprijzingsmaatregelen leiden tot hogere kosten voor boerenbedrijven. Tabel 23 toont de kostenontwikkeling die uitsluitend het gevolg is van beprijzing.

Elke cel bevat twee cijfers:

- Het eerste cijfer toont de verandering van het bedrijfsresultaat (negatief betekent verslechtering, positief betekent verbetering) bij toekomstige bedrijfsvoering zonder bedrijfsaanpassingen ten opzichte van de huidige situatie.
- Het tweede cijfer (tussen haakjes) toont het verschil tussen het transitiepad met het beste bedrijfsresultaat en dat van de huidige bedrijfsvoering. Dit representeert de best mogelijke ontwikkeling van het bedrijfsresultaat voor dit bedrijfstype gegeven de handelsmogelijkheden.

Tabel 23. Verandering in bedrijfsresultaat bij diverse beprijzingsstelsels in 2040 zonder wijzigingen in bedrijfsvoering ten opzichte van het historische bedrijfsresultaat, met tussen haakjes de verandering van het transitiepad met het beste bedrijfsresultaat.

Impact beprijzing op bedrijfsresultaat per type bedrijf en type beprijzing	Algemene heffing	ETS	Sector heffing: onderkant	Sector heffing: bovenkant	Hectare-terugsluis	Emissie-vrijevoet (300.000)
1 Veen extensief	-36k *(+26k)*	-65k *(+38k)*	-41k *(+21k)*	-55k *(+7k)*	-48k *(+43k)*	-49k *(+16k)*
2 Veen intensief	-48k *(+45k)*	-86k *(+52k)*	-54k *(+39k)*	-72k *(+23k)*	-69k *(+61k)*	-76k *(+26k)*
3 Klei extensief	-42k *(+14k)*	-75k *(+32k)*	-48k *(+10k)*	-64k *(-1k)*	-52k *(+16k)*	-63k *(+9k)*
4 Klei intensief	-47k *(+58k)*	-85k *(+62k)*	-54k *(+52k)*	-72k *(+33k)*	-67k *(+56k)*	-76k *(+36k)*
5 Zand extensief klein	-28k *(+6k)*	-50k *(+13k)*	-31k *(+2k)*	-42k *(-8k)*	-32k *(+23k)*	-29k *(+5k)*
6 Zand extensief groot	-48k *(+9k)*	-85k *(+16k)*	-54 *(+3k)*	-72 *(-13k)*	-60k *(+27k)*	-76k *(-9k)*
7 Zand intensief klein	-25k *(+40k)*	-45k *(+41k)*	-28k *(+36k)*	-38k *(+25k)*	-35k *(+46k)*	-23k *(+39k)*
8 Zand intensief groot	-56k *(+109k)*	-101k *(+111k)*	-64k *(+103k)*	-85k *(+86k)*	-87k *(+116k)*	-97k *(+84k)*

Voor bijna alle bedrijfstypen bestaan er transitiepaden waarmee een inkomensdaling door beprijzing kan worden voorkomen. Dit betreft voornamelijk de hightech variant 2-paden (met en zonder uitbreiding) en natuurinclusieve landbouw met aankoop van pachtgrond. De beschikbaarheid van deze transitiepaden wordt echter beperkt door landschaarste en investeringsbereidheid, waardoor de meeste bedrijven alsnog een inkomensdaling ondervinden. De onderstaande tabel toont de gemiddelde kostenverandering per bedrijfstype.

Tabel 24. Gemiddelde verandering in bedrijfsresultaat bij diverse beprijzingsstelsels in 2040 ten opzichte van historische bedrijfsresultaten.

Impact beprijzing op bedrijfsresultaat per type bedrijf en type beprijzing	Algemene heffing	ETS	Sector heffing: onderkant	Sector heffing: bovenkant	Hectare-terugsluis	Emissie-vrijevoet (300.000)
1 Veen extensief	-15k *(-18%)*	-22k *(-26%)*	-19k *(-23%)*	-31k *(-37%)*	-14k *(-17%)*	-22k *(-27%)*
2 Veen intensief	-39k *(-32%)*	-82k *(-67%)*	-45k *(-37%)*	-66k *(-54%)*	-57k *(-46%)*	-70k *(-57%)*
3 Klei extensief	-33k *(-24%)*	-57k *(-42%)*	-38k *(-28%)*	-52k *(-39%)*	-29k *(-21%)*	-60k *(-44%)*
4 Klei intensief	-32k *(-27%)*	-73k *(-62%)*	-38k *(-32%)*	-56k *(-48%)*	-48k *(-41%)*	-56k *(-48%)*
5 Zand extensief klein	-16k *(-21%)*	-33k *(-43%)*	-20k *(-26%)*	-34k *(-45%)*	-13k *(-17%)*	-15k *(-20%)*
6 Zand extensief groot	-30k *(-18%)*	-54k *(-33%)*	-36k *(-22%)*	-57k *(-35%)*	-29k *(-18%)*	-53k *(-33%)*
7 Zand intensief klein	-23k *(-56%)*	-49k *(-121%)*	-23k *(-56%)*	-38k *(-93%)*	-33k *(-81%)*	-22k *(-55%)*
8 Zand intensief groot	-24k *(-18%)*	-70k *(-53%)*	-33k *(-25%)*	-32k *(-24%)*	-48k *(-36%)*	-41k *(-31%)*
Gemiddeld (ongewogen)	-26k *(-29%)*	-54k *(-54%)*	-32k *(-30%)*	-47k *(-46%)*	-33k *(-31%)*	-39k *(-39%)*

Een ETS en een vlakke sectorheffing aan de bovenzijde resulteren in de hoogste kostenverhoging: gemiddeld €52.000 en €47.000 per bedrijf respectief. Dit komt overeen met om de helft van de historische inkomsten. De inkomensdaling varieert aanzienlijk, waarbij met name zand intensief klein bedrijven het zwaarst worden getroffen. Een substantieel deel van deze bedrijven ziet zich genoodzaakt de bedrijfsvoering te beëindigen.

Compensatiemechanismen zoals hectareterugsluis en emissievrije voet bieden beide substantiële verlichting tot 33.000 euro en 39.000 euro respectief, met verschillende uitkomsten per bedrijfstype. Extensieve bedrijven profiteren meer van hectareterugsluis (25.000+ euro besparing), terwijl kleine bedrijven - zowel intensief als extensief - beter uitkomen met een emissievrije voet

(15.000+ euro besparing). Desondanks ervaren bedrijven gemiddeld nog steeds een inkomensdaling van 31% en 39%. Een algemene heffing die het indicatieve sector doel niet haalt heeft nog lagere gemiddelde kostenverhogingen.

Alle beprijzingsstelsels leiden tot een significante verlaging van de bedrijfsresultaten voor melkveehouderijen, ook wanneer de sectordoelen niet worden gehaald. Voor alle bedrijfstypen bestaan echter opties om deze daling te voorkomen en zelfs betere bedrijfsresultaten te realiseren. Hoge investeringskosten (bijvoorbeeld in hightechtrajecten) vormen een belemmering voor de brede adoptie van deze transitiepaden. Door middel van subsidies bestaat een goede kans om deze transitiepaden te stimuleren en daarmee de resultaten voor bedrijven te verbeteren.

Varkenshouderij

We presenteren hieronder de effecten van een sectorheffing en sector ETS systeem alsook een subsectorheffing en varianten met een terugsluis en vrijgestelde voet. Allen zijn dusdanig ingesteld, dat het respectievelijke sector of subsector restemissiedoel in 2040 gehaald wordt. Dit doel staat gelijk aan een emissiereductie van ongeveer 40% t.o.v. 2022.

De doorrekening van diverse beprijzingsstelsels laat zien dat de varkenshouderij gevoeliger dan andere sectoren is voor beprijzing – het overgrote deel van de benodigde extra emissiereductie (1.0 Mton voor een heffing en 0.9 bij een ETS, op een opgave van 1.2 Mton) komt van de varkenshouderij.

De emissiereductie bij een sectorheffing of sector ETS ligt daarmee fors hoger dan het doel en veel van de emissiereductie komt door ongebruikte rechten. Dit zijn varkensrechten die te koop aangeboden worden, maar niet aangekocht worden. De verkopers betreffen ofwel boeren die op een natuurlijk moment stoppen (autonome stoppers), ofwel boeren die vanwege een verslechtering van hun bedrijfsresultaat stoppen (gedwongen stoppers). De emissiereductie die van ongebruikte rechten komt, kent een sterke afhankelijkheid van zowel bedrijfsspecifieke als marktomstandigheden. Bij betere dan hier aangenomen marktomstandigheden worden deze ongebruikte rechten wellicht wel overgenomen, en daarnaast kunnen andere bedrijven de inschatting maken dat de aankoop van deze rechten lonend is.

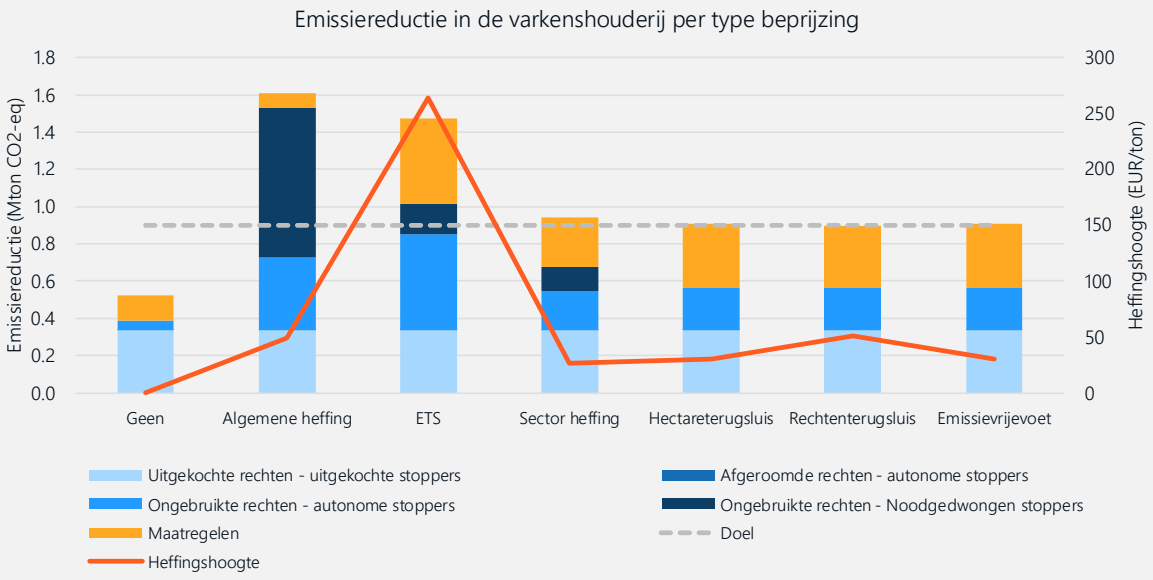
Een vlakke heffing kent de meeste ongebruikte rechten, terwijl een ETS juist minder noodgedwongen stoppers en meer reductie door technische maatregelen kent. Daarbij gaat het zowel om ‘reguliere’ vergisting als dagontmesting met vergisting, een kostenintensievere route die bij andere beprijzingsvarianten vrijwel niet aan de orde is. Deze maatregelen geven op bedrijfsniveau emissiereducties van respectievelijk 33% tot 36% en 64% tot 76%. De 40% emissiereductie wordt dus bij beide ruimschoots gehaald, maar door een mix van technische maatregelen en ongebruikte rechten.

Bij sectorbeprijzing komt daarbij het grootste deel van de emissiereductie door ongebruikte rechten, maar bij subsectorbeprijzing (die lager ligt) komt een groter deel door reguliere vergisting (dagontmesting is vrijwel niet van toepassing). In theorie zou het restemissiedoel vrijwel volledig met reguliere vergisting gehaald kunnen worden, maar techno-economisch komt dit niet zo uit. Enerzijds verkiezen sommige bedrijven om te groeien (en niet (ook) te vergisten), anderzijds zorgt beprijzing ook voor minder vraag naar varkensrechten.

Het beprijzingsniveau dat nodig is om het subsectordoel te behalen is relatief laag ten opzichte van de andere sectoren, en landbouwbrede heffingen of rechtenstelsel zouden de varkenshouderij bovengemiddeld raken. Gegeven de emissie-intensiteit van de bedrijven en de beperkte (aantrekkelijke) opties om emissies te reduceren, wordt qua beprijzingsniveau al snel een punt bereikt waarbij er veel ongebruikte rechten in de markt blijven en daardoor emissiereductie gerealiseerd wordt. Terugsluismechanismes, een vrijgestelde voet of gerichte subsidies kunnen dit effect echter dempen en tegelijkertijd transitiepaden aantrekkelijker maken. Een emissierechtenstelsel kan daar nog een stap verder in gaan, en de basisbedrijfsvoering duurder maken, maar de alternatieven aantrekkelijker – zelfs mogelijk met een positief effect op het bedrijfsresultaat tot gevolg.

In Figuur 16 is de emissiereductie per beprijzingsstelsel weergegeven, uitgesplitst naar oorzaak, naast het basispad zonder emissiebeprijzing.

Figuur 16. Emissiereductie in de varkenshouderij per type beprijzing



Emissies zonder beprijzing in 2040

Voor de varkenshouderij dalen de emissies zonder additionele beprijzing van 2.26 Mton CO_2-eq naar 1.7 Mton CO_2-eq, ofwel met ruim 0.5 Mton CO_2-eq. Van deze emissiereductie komt ongeveer een kwart door maatregelen (toename mestvergisting, gekoppeld aan groei) en twee derde door de uitkoop en afroming van rechten en ongeveer 10% door ongebruikte rechten van autonome stoppers. De laatste zijn rechten die beschikbaar komen bij het natuurlijke verloop (bedrijven met eigenaar die pensioengerechtigde leeftijd bereikt, geen opvolger heeft, en daarmee verkoopt) en waarvoor geen koper gevonden wordt. In potentie zouden deze rechten wel overgenomen kunnen worden als andere bedrijven meer zouden (willen en kunnen) groeien. Er zijn geen rechten die beschikbaar komen van noodgedwongen stoppers (bedrijven die op een onnatuurlijk moment besluiten te stoppen vanwege een te slecht bedrijfsresultaat).

Algemene CO_2-heffing

Bij een heffing van €49 per ton dalen de emissies van de varkenshouderij met 1,6 Mton CO_2-eq tot minder dan 0,7 Mton CO_2-eq in 2040. Hiermee wordt het sectorspecifieke restemissiedoel van 1,4 Mton ruimschoots gehaald.

Er wordt netto bijna 1.11 Mton CO_2-eq extra aan emissiereductie behaald t.o.v. de situatie zonder heffing. Er komt nu bijna 0.4 Mton CO_2-eq reductie van ongebruikte rechten van autonome stoppers. Er wordt echter minder emissiereductie door maatregelen behaald dan zonder heffing, omdat sommige bedrijven die anders mest zouden laten vergisten, nu stoppen vanwege te slechte resultaten. Hierdoor komen rechten beschikbaar die niet overgenomen worden, wat in totaal 0.8 Mton CO_2-eq aan additionele emissiereductie geeft. Er zijn met name meer additionele stoppers bij gespecialiseerde vleesvarkenbedrijven, zowel gangbaar als 1 ster Beter Leven, terwijl deze er slechts beperkt zijn voor zeugenbedrijven. De emissiereductie is daarmee vrij ongelijkmatig over de bedrijven verdeeld.

De transitiepaden die meerkosten kennen (de WUR-transitiepaden met dagontmesting) worden niet toegepast omdat het bedrijfsresultaat van deze paden slechter is (ze leiden tot meerkosten). Dit zijn ook transitiepaden die relatief hoge technische emissiereductie hebben. Gegeven de meerkosten van deze routes ten opzichte van het basispad en de emissiereductie wederom ten opzichte van het basispad, kan uitgerekend worden bij welke CO_2- prijs (CO_2-vermijdingskosten) deze routes gekozen worden. Afhankelijk van het bedrijfstype en het transitiepad a, b of c ligt deze CO_2-prijs tussen de ongeveer 60 en 160 EUR/t CO_2. Dat betekent dat deze routes pas financieel interessant worden vanaf deze CO_2-prijs. Echter laat het model zien dat bij dergelijke CO_2-prijzen, het bedrijfsresultaat van de meeste bedrijven dusdanig verslechtert dat zij omwille daarvan noodgedwongen stoppen. De transitiepaden met dagontmesting zijn daarmee techno-economisch buiten bereik.

Een groot deel van de emissiereductie, 1.2 Mton, komt door ongebruikte rechten. Deze worden aangeboden door bedrijven die stoppen, maar worden niet overgenomen door andere bedrijven. Indien bedrijven meer zouden kunnen groeien dan wat nu als maximale stap aangenomen wordt (60%), zou een deel wel geabsorbeerd kunnen worden. Een deel wordt echter ook niet aangekocht omdat het voor de aankopende partij financieel niet interessant meer is – het netto bedrijfsresultaat wordt er niet beter op of is reeds dusdanig verslechterd dat het bedrijf stopt. In de praktijk zou het voor individuele bedrijven echter wel interessant kunnen zijn om toch uit te breiden en daarnaast zouden de marktomstandigheden ook gunstiger dan de referentie omstandigheden kunnen zijn. Daarmee is er ook enige onzekerheid over deze emissiereductie.

Emissierechtenstelsel

Bij invoering van een emissierechtenstelsel met een CO_2-prijs van €264 per ton dalen de emissies uit de varkenshouderij met ruim 1,4 Mton CO_2-eq naar 0,8 Mton CO_2-eq in 2040. Hiermee worden de sectorspecifieke restemissiedoelen ruimschoots gehaald.

Het ETS levert een additionele besparing van ongeveer 0,9 Mton op ten opzichte van het basisscenario (emissies zonder beprijzing), en ruim 0,1 Mton minder besparing ten opzichte van een vlakke sectorheffing.

De oorsprong van deze emissiereductie is echter anders. Bij het ETS is er veel minder emissiereductie door ongebruikte rechten van noodgedwongen stoppers (ruim 0.6 Mton minder) dan bij een heffing, maar meer door ongebruikte rechten van natuurlijke stoppers (0.1 Mton meer). Netto is er daarmee 0.7 Mton reductie in plaats van 1.2 Mton bij een heffing door ongebruikte rechten. Het ETS zorgt daarmee voor een natuurlijker verloop. Een groot verschil is er ook wat betreft de emissiereductie door technische maatregelen, deze bedraagt 0.45 Mton bij het ETS en minder dan 0.1 Mton bij een heffing. Hierbij vindt niet alleen reguliere vergisting, maar voor sommige bedrijfstypen ook dagontmesting (WUR transitiepaden) plaats.

Het is opmerkelijk dat de benodigde CO_2-prijs van het ETS-systeem (€264 per ton) veel hoger is dan bij de vlakke heffing (€49 per ton). In theorie zou een ETS-systeem sterkere prikkels moeten geven voor emissiearme transitiepaden, aangezien bedrijven onder de drempelwaarde financiële compensatie kunnen ontvangen door rechten te verkopen. Dit hoge prijsniveau in combinatie met de uitgegeven rechten (wat het deel van de emissies dat beprijsd wordt beperkt), zorgt er vermoedelijk voor dat ook andere transitiepaden interessant worden.

Sectorspecifieke CO_2-heffing

Naast algemene beprijzing voor de gehele landbouwsector is ook een sectorspecifieke heffing onderzocht voor de varkenshouderij. Om het indicatieve restemissiedoel voor de melkveehouderij van 1,36 Mton in 2040 te bereiken, is een CO_2-heffing van ongeveer €26 per ton nodig. Het 2035 doel wordt hiermee eveneens gerealiseerd. Het 2030-doel lijkt onhaalbaar vanwege de tijd

die nodig is voor praktische invoering van het stelsel, gecombineerd met de beperkte periode waarin boeren hun transitiekeuzes moeten maken.

De sectorspecifieke heffing geeft een totale emissiereductie van 0.9 Mton CO_2-eq en daarmee 0.4 Mton extra t.o.v. het basisscenario zonder heffing. De extra reductie door de introductie van de heffing bestaat voor het grootste deel uit reductie door ongebruikte rechten (2/3) en ongeveer één derde door technische maatregelen.

Terugsluis en vrijgestelde voet

Een terugsluis mechanisme geeft een deel van de CO_2-heffing opbrengsten terug aan bedrijven op basis van een verdeelsleutel zoals hectares of aantal varkensrechten, terwijl een heffingsvrije voet de eerste hoeveelheid emissies per bedrijf vrijstelt van beprijzing. Deze instrumenten beïnvloeden de effectieve heffingsdruk per bedrijfstype en kunnen worden ingezet om de financiële impact te differentiëren tussen verschillende soorten bedrijven.

We hebben voor de varkenshouderij twee verschillende terugsluis varianten doorgerekend (50% terugsluis op basis van hectares en varkensrechten) evenals een emissievrije voet (van 300 t CO_2-eq, ofwel ongeveer 30% van de gemiddelde emissies per bedrijf) variant. We kijken naar het benodigde beprijzingsniveau in deze omstandigheden, waarbij het uitgangspunt is dat eenzelfde emissiereductie als voor de subsectorheffing gehaald moet worden. De resultaten staan hieronder, met voor de volledigheid ook de vlakke sectorheffing en het emissierechtenstelsel.

Tabel 25. Benodigde beprijzingsniveaus en gerealiseerde emissiereductie van verschillende types terugsluis voor een subsectorheffing, alsook een vlakke sectorheffing en ETS.

Heffing type, hoogte en effecten op emissiereductie	Heffing	Totaal reductie t.o.v. basispad	Reductie door ongebruikte rechten t.o.v. basispad	Reductie door maatregelen t.o.v. basispad
Vlakke sectorheffing	49 EUR/ton	1.1 Mton	1.1 Mton	-0.05 Mton
ETS	264 EUR/ton	0.9 Mton	0.6 Mton	0.3 Mton
Vlakke subsectorheffing	26 EUR/ton	0.4 Mton	0.29 Mton	0.12 Mton
Subsectorheffing met 50% terugsluis o.b.v. hectares	30 EUR/ton	0.4 Mton	0.18 Mton	0.20 Mton
Subsectorheffing met 50% terugsluis o.b.v. rechten	51 EUR/ton	0.4 Mton	0.18 Mton	0.19 Mton
Subsectorheffing met vrijgestelde voet 300t CO_2-eq	30 EUR/ton	0.4 Mton	0.18 Mton	0.20 Mton

De emissiereductie door een vlakke subsectorheffing t.o.v. het basispad (bestaand beleid zonder emissiebeprijzing) bedraagt 0.4 Mton, waarbij bijna driekwart door ongebruikte rechten en ruim een kwart door technische maatregelen komt. Met alle vormen van terugsluis en vrijstellingen

stijgt het aandeel reductie door technische maatregelen naar iets meer dan de helft en daalt de reductie door ongebruikte rechten naar iets minder dan de helft. Zo stimuleren deze mechanismes de inzet van technische maatregelen en zijn de markt- en bedrijfsomstandigheden over het algemeen gunstiger te noemen – immers worden er meer beschikbare rechten aangekocht. Ook zijn er geen ongebruikte rechten van noodgedwongen stoppers (en dus geen noodgedwongen stoppers) bij de varianten met een terugsluis en vrijgestelde voet.

De beprijzingsniveaus zijn verder voor de vrijgestelde voet en terugsluis o.b.v. hectares slechts licht hoger dan voor een vlakke subsectorheffing (30 EUR/t vs 26 EUR/t). Een terugsluis op grond van varkensrechten geeft wel een hogere benodigde CO_2-prijs voor dezelfde emissiereductie. Dit is niet heel verrassend omdat varkensrechten een veel evenredigere verdeling kennen dan hectares: de meeste bedrijven hebben slechts een beperkt aantal hectares, maar enkele hebben veel hectares (en strijken de meeste terugsluis op).

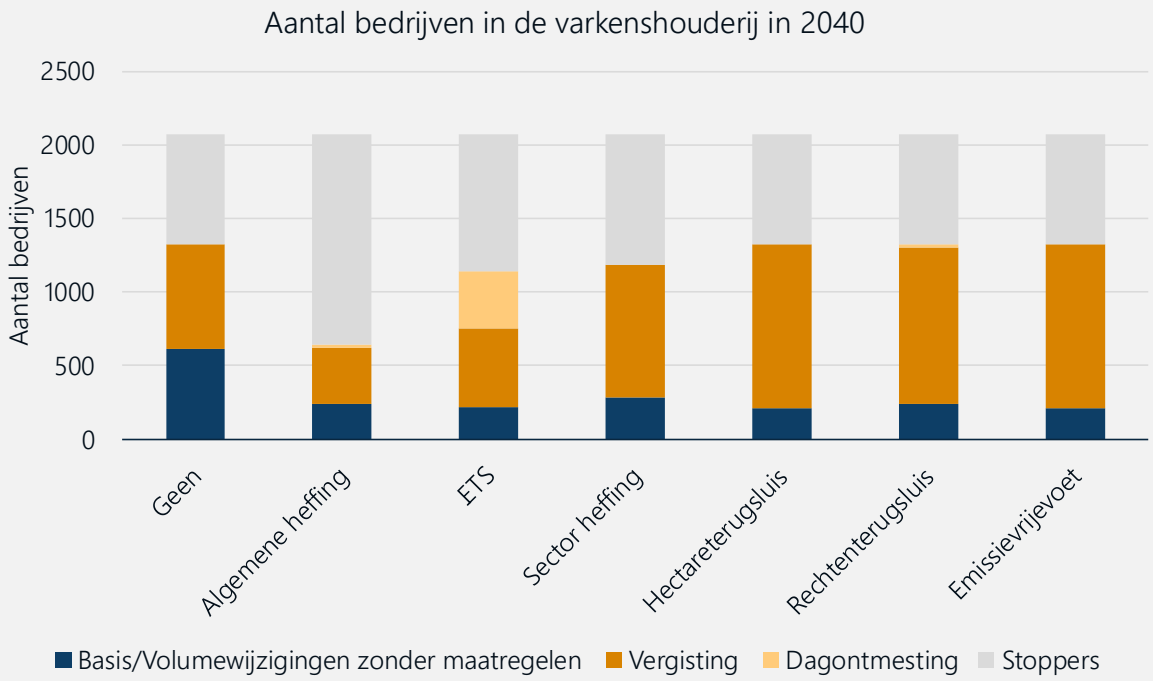
Verder zouden er gerichte subsidies voor specifieke transitiepaden geïntroduceerd kunnen worden. De transitiepaden met dagontmesting leveren de grootste emissiereductie, maar kennen dusdanig hoge kosten dat zij doorgaans niet financieel aantrekkelijk zijn. De kosten van deze routes verschillen behoorlijk tussen de bedrijfstypen. Daarom zou overwogen kunnen worden om de subsidie als een vast bedrag of als een percentage van de meerkosten vorm te geven. Wat we op basis van eerste verkenningen zien is dat bij redelijke subsidies van tientallen procenten c.q. tientallen duizenden euro's deze transitiepaden meer gekozen worden, waarbij zij verder goed samen lijken te gaan met een terugsluis of vrijgestelde voet. Daarbij moet verder opgemerkt worden dat de terugsluis of vrijgestelde voet belangrijker lijken om emissiereductie door stoppers te beperken omdat het voor alle paden de lastenverhoging beperkt, terwijl de gerichte subsidies meer faciliterend werken om in die omstandigheden maatregelen te nemen. Het gaat voorbij de scope van dit onderzoek om een optimale vorm van beprijzing te vinden.

Mechanismen als een terugsluis, vrijgestelde voet of gerichte subsidies kunnen dus gebruikt worden om meer emissiereductie door maatregelen (en minder door ongebruikte rechten) mogelijk te maken. Daarmee worden de 2040 doelen nog steeds gehaald. De exacte vormgeving hiervan vraagt nog wel om verdere uitwerking alsook politieke en maatschappelijke keuzes.

Gekozen transitiepaden per stelsel

In de figuur hieronder presenteren we welke transitiepaden gekozen worden gegeven een bepaald beprijzingsstelsel.

Figuur 17: Aantal bedrijven in de varkenshouderij per transitiepadcategorie in 2040 voor verschillende beprijzingstelsels



Helemaal links staat de situatie zonder beprijzing. In 2040 is een deel van de bedrijven die in 2024 nog actief waren gestopt (natuurlijk verloop en uitkoop). Vergisting vond reeds plaats bij een deel van de varkenshouders, en is licht toegenomen. Een ander deel neemt geen (technische maatregelen) en blijft constant qua dieraantallen of groeit. N.B. het aantal bedrijven zegt niet direct iets over het aantal dieren omdat er schaalvergroting optreedt.

Van alle beprijzingsstelsels zorgt een algemene heffing voor de meeste additionele stoppers, een ETS voor de meeste dagontmesting (en dus grootste emissiereductie op bedrijfsniveau) en zorgen terugsluismechanismen en een vrijgestelde voet hier voor een grotere mestvergisting, maar niet meer stoppers dan zonder heffing.

Ontwikkeling bedrijfsresultaat t.g.v. beprijzing

Zoals in het voorgaande besproken, resulteert beprijzing in een lastenverhoging voor boerenbedrijven. In de tabel hieronder geven we een overzicht van de kostenontwikkeling, uitsluitend ten gevolge van beprijzing. In elke cel staat eerst de ontwikkeling van het bedrijfsresultaat (negatief betekent verlaging, positief verhoging) voor de toekomstige bedrijfsvoering vergeleken met de huidige bedrijfsvoering zonder bedrijfsaanpassingen en vervolgens tussen haakjes het verschil van het transitiepad met het beste financiële resultaat en de huidige bedrijfsvoering. Het tweede getal is dus minstens zo hoog als het eerste en in vrijwel altijd hoger.

Tabel 26. Verandering in kosten bij diverse beprijzingsstelsels ten opzichte van historische kosten, met tussen haakjes de verandering in kosten van het transitiepad met het beste bedrijfsresultaat met de historische kosten. Dit geeft daarmee de minimale kostenverandering op bedrijfsniveau weer gegeven het handelsperspectief.

Impact beprijzing op bedrijfsresultaat in k EUR per type bedrijf en type beprijzing	Vlakke heffing 48 EUR/t	ETS 264 EUR/t	Subsector heffing 26 EUR/t	Hectarete-rugsluis 50% 30 EUR/t	Rechten-terugsluis 50% 51 EUR/t	Emissie-vrije voet 30 EUR/t
Gangbaar zeugenbedrijf	-52k (-31k)	-95k (+45k)	-27k (-9k)	-21k (-2k)	-35k (-8k)	-23k (-4k)
Gangbaar vleesvarken-bedrijf	-50k (-32k)	-92k (+4k)	-26k (-14k)	-19k (-6k)	-25k (0k)	-22k (-8k)
Gangbaar gesloten be-drijf	-91k (-58k)	-168k (+33k)	-48k (-21k)	-44k (-16k)	-52k (-6k)	-47k (-19k)
1* zeugenbedrijf	-36k (-21k)	-67k (+43k)	-19k (-6k)	-11k (+2k)	-24k (-5k)	-13k (0k)
1* vleesvarkenbedrijf	-57k (-36k)	-105k (+68k)	-30k (-16k)	-24k (-8k)	-29k (0k)	-26k (-10k)
1* gesloten bedrijf	-71k (-46k)	-132k (+86k)	-38k (-17k)	-33k (-11k)	-40k (-4k)	-35k (-13k)
Gemiddeld (ongewo-gen)	-59k (-37k)	-110k (+47k)	-31k (-14k)	-25k (-7k)	-35k (-4k)	-28k (-9k)

De vlakke heffing heeft gemiddeld het grootste effect op het bedrijfsresultaat over alle bedrijfstypen, van minimaal tienduizenden euro's. Ook wanneer boeren indien beschikbaar het transitiepad met het beste financiële resultaat zou volgen, zou het nettoresultaat van de heffing nog steeds enkele tienduizenden euro's bedragen. Indien er een terugsluis of vrijgestelde voet toegevoegd wordt, worden deze effecten gedempt.

Bij een ETS zien we heel andere effecten. De ETS prijs ligt veel hoger en daarmee zijn de effecten op het bedrijfsresultaat ook groter indien de bedrijfsvoering niet wijzigt. Naar mate het aantal rechten, wordt een groter deel van de emissies van elk bedrijf beprijsd. De marginale prijsprikkel is echter zeer hoog. Er is technisch meer emissiereductie mogelijk dat de afname van rechten, waardoor bedrijven die deze paden kiezen ook geld toe krijgen (zij ontvangen/hebben meer rechten dan nodig, waardoor zij overtollige rechten kunnen verkopen). Door deze omstandigheden (hoge prijsprikkel plus inkomsten bij verkoop) worden ook dagontmesting paden gekozen en kan het bedrijfsresultaat tientallen duizenden euro's verbeteren ten opzichte van de basissituatie. Het ETS geeft daarmee de grootste prikkel voor deze transitiepaden.

Bij de subsectorheffing zien we vergelijkbare effecten als voor een vlakke heffing, maar gedempt door het lagere heffingsniveau. De emissievrije voet van 3 ton CO_2-eq lijkt qua effecten sterk op

de 50% hectareterugsluis, wat ook verband houdt met hetzelfde beprijzingsniveau. Voor beide is de ontwikkeling van het bedrijfsresultaat gemiddeld beter dan voor een subsectorheffing, ondanks een hogere prijs. Dit laat zien dat een terugsluis en vrijgestelde voet kunnen helpen om lastenstijging te beperken, terwijl er eenzelfde emissiereductie behaald wordt.

De heffing met een rechtenterugsluis kent een hogere prijs en geeft daarom iets slechtere resultaten t.o.v. de historische bedrijfsvoering maar doorgaans betere resultaten voor de andere transitiepaden. De emissie-intensiteit per varkensrecht per diersoort is echter niet gelijk, en zeugen hebben meer emissies per recht dan vleesvarkens. Daarom is de reductie t.o.v. een vlakke heffing ook beperkter voor deze bedrijven dan vleesvarkens- of gesloten bedrijven.

Wat verder ook opvalt met een terugsluis en specifiek een rechtenterugsluis is dat bedrijven in theorie op ongeveer eenzelfde bedrijfsresultaat kunnen blijven indien zij het financieel beste transitiepad kiezen. Daarmee lijkt het mogelijk een systeem vorm te geven waarbij boeren de mogelijkheden hebben emissies te reduceren en kostenstijgingen ook goed kunnen vermijden door maatregelen te nemen. Voor een ETS zijn de effecten zoals eerder beschreven nog sterker, en de achteruitgang zonder maatregelen groter, maar is het anderzijds zelfs mogelijk het bedrijfsresultaat te verbeteren door een transitiepad met forse emissiereductie te volgen.

Aandachtspunten bij uitwerking veehouderij

Er zijn diverse specifieke aandachtspunten bij de uitwerking van een beprijzingsstelsel voor de veehouderij. Deze beschrijven we kort hieronder.

De pensfermentatie emissies van de varkenshouderij zijn gebaseerd op een Tier 1 benadering. Dat wil zeggen dat er een vast kental per dier gehanteerd wordt, van momenteel 1.5 kg methaan per dier per jaar. Verschillen in rantsoen geven dus geen verschillen in pensfermentatie emissies en daarnaast is dit getal voor alle varkens gelijk – van dekberen tot gespeende biggen. Bij een Tier 2 aanpak zouden hierbij wel verschillen zichtbaar worden tussen dieren, maar dit vereist additionele data. Om dus verschillen in rantsoen en diersoorten te erkennen, zal de Nederlandse Emissieregistratie de pensfermentatie een Tier 2 berekening (mogelijk) moeten maken. Zo lang dat niet gebeurt kunnen pensfermentatie emissies enkel gereduceerd worden door het aantal dieren te reduceren.

De emissies uit mestopslag- en bewerking vormen 80% van de broeikasgasemissies van de varkenshouderij en ongeveer 15% van broeikasgasemissies van de melkveehouderij. Hiervoor wordt in de huidige rekenregels uitgegaan van drie scenario's: opslag voor zes maanden, opslag van 3 maanden met aansluitend mestscheiding of mineralenconcentraat productie of kortdurende opslag met aansluitend vergisting. Deze 3 scenario's kennen vaste emissiefactoren. In de praktijk zullen boeren mest voor verschillende termijnen opslaan alvorens het toegepast of bewerkt wordt. Om hier recht aan te doen, zal in het beprijzingsstelsel dan ook geregistreerd moeten

worden hoe lang mest(producten) voor elke stap (opslag bij boer, opslag voor bewerking, opslag na bewerking) opgeslagen worden.

Ook de opslag na bewerking is relevant omdat mestproducten slechts een beperkt deel van het jaar toegepast kunnen worden – van half maart tot eind juli voor mest op bouwland, langer voor kunstmest[80]. Dit betekent dat bij jaarronde mestproductie, mest(producten) een groot deel van de tijd opgeslagen moeten worden. Dit geldt zelfs voor dagontmesting met snelle vergisting, waarbij het digestaat (indien toegepast voor bemesting) ook voor meerdere maanden opgeslagen zou moeten worden. Gedurende deze opslag wordt organische stof in mestproducten afgebroken en ontstaat er methaan.

Dit brengt ons ook bij een scopevraagstuk. Alle emissies van mestopslag en -bewerking vallen onder de Nederlandse landbouw, maar ze vallen niet automatisch onder een beprijzingsstelsel. Daartoe zullen dus ook de emissies van deze opslag en bewerking meegenomen moeten worden en ofwel toegerekend worden aan boeren, ofwel toegerekend worden aan verwerkers die deze dan wellicht doorberekenen aan boeren. Indien deze opslag emissies buiten het beprijzingsstelsel vallen, ontstaat er een zeer grote prikkel om mest te laten verwerken (zodra het van het erf af is, zijn er dan geen emissies meer) en zou het grootste deel van de emissies van de varkenshouderij ontzien worden.

Tot slot geldt dat voor de varkenshouderij de transitiepaden met emissiereductie allen uitgaan van centrale mestvergisting. Dit veronderstelt dus voldoende mestverwerkingscapaciteit alsook een sluitende business case voor mestvergisting. Of dat te verwachten is, is hier niet onderzocht. Indien deze mogelijkheid (lokaal) niet beschikbaar is, hebben varkenshouders zeer beperkte opties om hun emissies (sterk) te reduceren.

Akkerbouw

Voor de akkerbouw dalen de emissies die beprijsd worden met 17% van 0,39 Mton naar 0,34 Mton. Inclusief de niet-directe emissies schatten we in dat de emissies van 0,7 Mton dalen naar 0,6 Mton. Van deze emissies komt ongeveer 1% van minder landgebruik en de rest van de overstap naar biologische bedrijfsvoering. De broeikasgasemissies van de akkerbouw nemen in de eerste jaren met ca. 8% toe ten gevolge van met name de overstap naar rundveemest in plaats van varkensmest (zoals is aangenomen in de WUR-rapportage) en doordat er via de uitkoopmaatregelen meer land gebruikt wordt voor akkerbouw. De afname in land is ongeveer 2 duizend ha per jaar (cumulatief 32 duizend tot en met 2040), maar door de uitkoopregeling wordt een toename van 29 duizend ha voorzien. Netto levert dit dus een afname van 3 duizend hectare op

[80] RVO (2025): Wanneer mest uitrijden. https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/wanneer-uitrijden

tot en met 2040.[81] Vervolgens dalen de emissies doordat er overstap naar biologische akkerbouw plaatsvindt.

De akkerbouw kenmerkt zich door relatief lage emissies per bedrijf of per hectare ten opzichte van andere subsectoren. De transitiepaden richten zich primair op extensivering zonder dat daar een meerprijs of substantiële subsidies tegenover staan. Hierdoor zijn de netto-inkomsten lager voor vrijwel alle transitiepaden, met uitzondering van het biologische pad. De groei van het biologische transitiepad wordt echter beperkt door de modelmatige beperking van de markt voor biologische producten, zoals eerder toegelicht.

De verschillen in emissies tussen transitiepaden zijn echter beperkt. Hoewel de emissiereductiepercentages kunnen oplopen tot 40%, bedraagt de absolute reductie per hectare niet meer dan 0,3 ton CO_2-equivalenten. Met een CO_2-prijs van 100 euro per ton zou een akkerbouwer door een andere bedrijfsstrategie maximaal 30 euro per hectare minder kosten hebben aan een CO_2-heffing. Gezien de investeringskosten voor transitiepaden, die al snel enkele honderden euro's per hectare hoger liggen, zijn dit economisch geen realistische paden voor de akkerbouw binnen de kaders van CO_2-beprijzing. Anders gezegd, de zogenaamde onrendabele top[82] ligt van de lichte, gemiddelde en zware transitiepaden voor verschillende bedrijfstypen in de range 1 -10 duizend euro.[83]

Figuur 18 toont de emissiereductie voor verschillende heffingsvormen. In tegenstelling tot de andere subsectoren, is de emissiereductie onafhankelijk van de heffing en is er ook geen heffingshoogte waarin de subsectordoelen binnen bereik komen. Dit is het gevolg van de bovengenoemde bevindingen dat pas bij zeer hoge bedragen een omslag naar een ander transitiepad mogelijk wordt, ongeacht de toegepaste heffingsvorm.

Biologische bedrijfsvoering blijkt economisch voordeliger dan standaardbedrijfsvoering, waardoor het biologische transitiepad volledig wordt ingezet door alle bedrijfstypen. De overige tran-

[81] In de sensitiviteitsanalyse wordt ook onderzocht wat de invloed is op de prijs als meer melkveehouders overschakelen naar akkerbouw. In de standaarddoorrekening is gebruik gemaakt van de prognoses van de KEV2024. Echter kan het zijn dat door een heffingssysteem en het verschillende effect hiervan op de sectoren, deze overstap meer gemaakt zal worden in de toekomst.

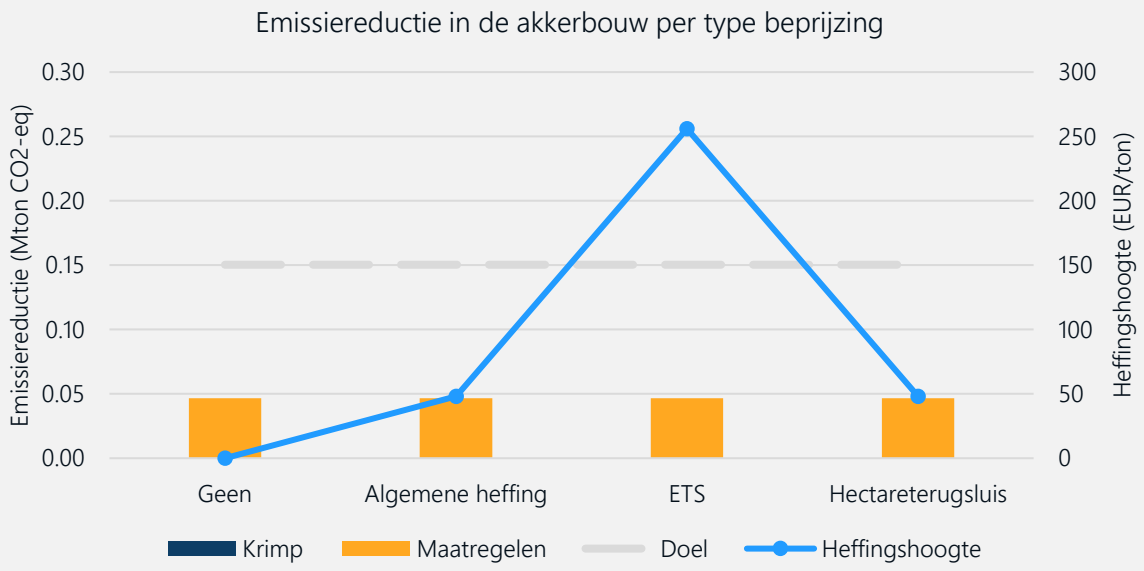
[82] De onrendabele top is het gedeelte dat niet direct wordt terugverdiend door de kostenbesparing of opbrengsten van een investering. In het geval van een heffing op emissies kan de CO_2-prijs zo worden ingestoken dat het deze onrendabele top afdekt. In andere woorden, de investering wordt dan wel terugverdiend doordat er minder kosten gemaakt worden op kosten voor CO_2.

[83] Ook wanneer er direct gerekend wordt met de WUR- bedrijfsresultaten en emissiereducties is de onrendabele top in de range 1-3 duizend euro. In de WUR-rapportage worden echter niet alle transitiepaden voor alle bedrijfstypen doorgerekend, terwijl de hogere bedragen uit deze studie in de niet doorgerekende transitiepaden zit waardoor de bovenkant van de bandbreedte niet goed te vergelijken is.

sitiepaden worden niet gekozen. Het model verwacht daarom dat een bedrijf beperkte aanpassingen doorvoert om te voldoen aan de norm, of volledig overstapt op biologische bedrijfsvoering.

Deze uitkomst is voornamelijk gebaseerd op de economische balans. Het is echter belangrijk te benadrukken dat de overige transitiepaden wel degelijk waarde kunnen hebben in het kader van andere Nederlandse of Europese beleidsdoelstellingen, zoals stikstofvermindering, biodiversiteit of waterkwaliteit. Een CO_2-beprijzing alleen biedt echter onvoldoende economische prikkel om deze transitiepaden rendabel te maken voor akkerbouwers. Aangezien de verkenning van aanvullende transitiepaden in relatie tot bredere beleidsdoelstellingen geen directe focus van dit onderzoek vormt, is hierop niet verder ingegaan en zijn geen aanvullende aannames gemaakt over de ontwikkeling van andere transitiepaden ten gevolge van bijvoorbeeld nitraatrichtlijnen of andere doelstellingen.[84]

Figuur 18. Emissiereductie in de akkerbouw voor verschillende heffingsvormen



[84] In de WUR-studie van Jongeneel et al. zijn de 20% lagere stikstofgebruiksnormen voor NV-gebieden alleen voor zandbedrijven doorgerekend. De studie concludeert dat voor akkerbouwbedrijven op zandgrond de inkomensderving door deze maatregel beperkt is volgens het FARMDYN-model, onder meer doordat de volledige stikstofgebruiksruimte in de uitgangssituatie niet wordt benut en door de mogelijkheid om stikstof optimaal te verdelen over gewassen. Daarnaast is de verminder gewasopbrengst door deze hoeveelheid minder stikstof te leveren beperkt op basis van de aannames in het FARMDYN-model. De studie waarschuwt echter dat verdere reducties (>20%) wel tot significante opbrengst- en inkomensdalingen kunnen leiden.

Gezien de beperkte emissiereductiemogelijkheden en hoge onrendabele toppen zijn er voor de akkerbouw geen significante effecten op transitiepaden te verwachten tot CO_2-prijzen van ongeveer duizend euro per ton. De keuze voor een specifieke heffingsvorm bepaalt wel het inkomen van akkerbouwers.

Een algemene heffing verhoogt de kosten voor akkerbouwers, tenzij een heffingsvrije voet wordt toegepast. Ook een ETS voor de akkerbouw resulteert in netto hogere kosten vanwege de geringe emissieverschillen per hectare tussen bedrijven. Een hectareterugsluizing verlaagt de nettokosten maar stimuleert evenmin andere transitiepaden.

Over het geheel genomen lijkt CO_2-beprijzing voor de Nederlandse akkerbouwsector daarom een minder geschikt beleidsinstrument. De combinatie van relatief lage emissies, beperkte reductiemogelijkheden en hoge transitiekosten maken dat andere beleidsinstrumenten waarschijnlijk effectiever zullen zijn om de gewenste duurzaamheidsdoelstellingen te bereiken. Hoewel deze analyse is gebaseerd op typische bedrijven die niet alle diversiteit binnen de sector volledig weergeven en bepaalde emissiebronnen buiten beschouwing laat, lijken deze bevindingen robuust. Daarbij kan het zijn dat een CO_2-heffing voor de akkerbouw afleidt van andere (stikstof)doelstellingen. Vandaar dat, op basis van de resultaten van dit onderzoek, het de overweging verdiend om de akkerbouw ofwel uit te sluiten van de CO_2-heffing of via bijvoorbeeld emissievrije voet effectief vrij te stellen.

Sensitiviteitsanalyse

Overzicht van parameters

Wij hebben een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om te onderzoeken hoe veranderingen in belangrijke parameters de uitkomsten van het model beïnvloedden. Deze analyse stelt ons in staat om te identificeren welke factoren de grootste impact hebben op de resultaten en om de robuustheid van onze modeluitkomsten te testen. Door systematisch verschillende parameterwaarden door te rekenen, bepalen we waar het model het meest gevoelig voor is en welke aannames kritisch zijn voor de betrouwbaarheid van de uitkomsten. Deze analyse is daarmee ook meer bedoeld om deze gevoeligheid te testen bij wijze van gedachte-experimenten en niet om alternatieve scenario's door te rekenen.

Wij hebben dertien financiële kentallen, bedrijfsprofiel-instellingen, restricties op opties voor ver-

Tabel 27. Overzicht van de parameters meegenomen in de sensitiviteitsanalyse.

Parameter	Onder-grens	Boven-grens	Toelichting
Financiële kentallen			
Opbrengstprijs	-5%	+5%	De standaardwaarden voor verkoopprijzen van primaire producten (melk, vlees, gewassen) worden aangepast, waardoor intensieve bedrijfsvoering voordeliger of nadeliger wordt.
Opbrengstprijs biologisch	-5%	+5%	De standaardwaarden voor de verkoopprijzen van biologische primaire producten (melk, vlees en gewassen) worden aangepast, waardoor biologische bedrijfsvoering voordeliger of nadeliger wordt. *(Voor de varkenshouderij zijn dit 1 star Beter Leven producten)*
Mest ophaal bijdrage	-10%	+10%	De kosten voor het ophalen van mest worden aangepast. Hierdoor wordt centrale verwerking van mest voordeliger of nadeliger.
Pachtprijs	+30%	+40%	De kosten voor het pachten van land worden verhoogd, hierdoor wordt het duurder om te extensiveren door groei van areaal.
Toeslag melkprijs	+100%		De toeslag op de melkprijs voor duurzame bedrijfsvoering neemt toe, wat bedrijven sterker stimuleert om voor aanvullende maatregelpakketten te kiezen.
Instellingen bedrijfstypen			
Grote investeerders drempelwaarde	150,000	175,000	De drempelwaarde voor gemiddelde jaarlijkse investeringen voor 'grote investeerder'-status wordt aangepast, waardoor het aantal bedrijven in dit profiel (dat hightech paden kan kiezen) omhoog of omlaag gaat. Omdat het investeringsritme berekend is op basis van het huidige aandeel mono-mestvergisters, verandert hiermee ook het investeringsritme (aantal bedrijven dat per jaar naar een ander transitiepad kan overschakelen).
Grote investeerders drempelwaarde *(constante investeringsritme)*	150,000	175,000	Het investeringsritme wordt vastgesteld op 6,6%, waardoor het aantal grote investeerders verandert maar de overstapfrequentie naar andere paden gelijk blijft.
Percentage grote investeerders	20%	30%	Het aandeel van bedrijven de in het bedrijfsprofiel grote investeerders zitten wordt gevarieerd, waardoor meer bedrijven hightech transitiepaden kunnen kiezen.
Stoppers ritme	50%		Het stoppersritme wordt aangepast, waardoor het percentage van bedrijven dat stopt per jaar wanneer hun jaarlijkse inkomen onder de inkomstgrens valt verandert en hiermee het aantal noodgedwongen stoppers.
Investerings-ritme	+5%	+10%	Het investeringsritme wordt gevarieerd, waardoor meer of minder bedrijven per jaar bereid zijn om over te schakelen naar alternatieve transitiepaden.
Inkomstgrenzen	-10%	+10%	De inkomstgrenzen (de minimale jaarlijkse inkomsten van een bedrijfstype) worden aangepast, waardoor bedrijven meer of minder kansen hebben om te moeten stoppen door financiële druk (noodgedwongen stoppers).
Overstap naar akkerbouw	20%		Het percentage van noodgedwongen bedrijven dat overstapt naar akkerbouw wordt aangepast waardoor dit land niet herverdeeld wordt over de blijvende melkveehouderijen.

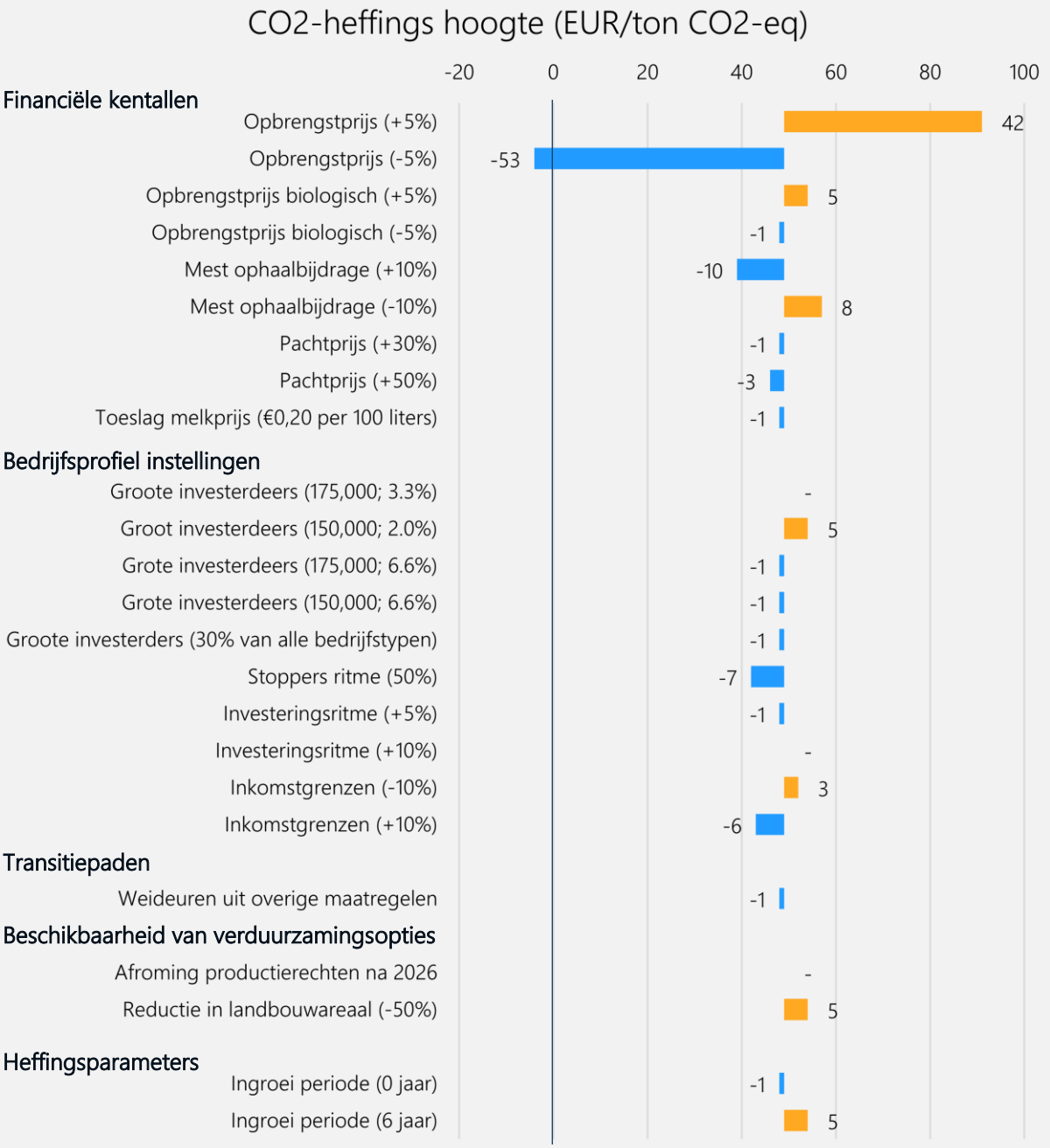
duurzaming en heffing parameters gekozen voor deze analyse. Deze zijn gekozen omdat ze ofwel erg onzeker zijn, ofwel een grote impact hebben op de uitkomst van het model. De sensitiviteitsanalyse is uitgevoerd met betrekking tot de algemene vlakke CO_2-heffing.

Parameter	Ondergrens	Bovengrens	Toelichting
Transitiepaden			
Weide uren	Geen minimum-weidegang in overige maatregel pakketten		Additionele weidegang is uit de aanvullende maatregelpakketten gehaald, waardoor melkkoeien op intensieve bedrijven minder gaan weiden (en voeradditieven effectiever worden).
Beschikbaarheid van opties voor verduurzaming			
Afromingspercentage	Fosfaatrechten ook na 2026 afgeroomd		De afromingsregelingen vervallen niet na 2026, waardoor het aantal productierechten beschikbaar voor inkoop verandert.
Landbouwgrond beschikbaarheid	2.000 ha jaarlijkse areaal reductie		Er wordt jaarlijks minder areaal afgetrokken van de melkveehouderij, waardoor meer land (en fosfaatrechten) wordt herverdeeld over de actieve bedrijven.
Heffing			
Ingroeiperiode	0 jaar	6 jaar	De ingroeiperiode van de heffing wordt verschoven, waardoor bedrijven eerder of later de volledige heffing moeten betalen.

Uitkomsten

Figuur 19 toont dat de CO_2-heffingshoogte het meest gevoelig is voor veranderingen in opbrengstprijzen. Een 5% verandering in opbrengstprijzen leidt tot de grootste effecten: +€42 per ton bij een prijsstijging en -€52 per ton bij een prijsdaling. Daarnaast hebben de volgende factoren een matige invloed op de benodigde beprijzing: mest ophaalbijdrage (+€8 tot -€10 per ton), stoppersritme (-€7 per ton), verlaging van de ingroeiperiode tot 6 jaren (+€5 per ton), wegvallen van de jaarlijkse reductie in landbouwareaal (+€5 per ton), inkomstgrenzen (+€3 tot -€6 per ton). Daarentegen hebben het aandeel grote investeerders, investeringsritme, weide-uren, pachtprijzen, toeslag op de melkprijs en afroming van productierechten minimale impact op de uitkomsten (±€1 per ton). Dit toont aan dat het model richting 2040 vooral gevoelig is voor de financiële prikkels rond reguliere productprijzen.

Figuur 19. Impact van wijzigingen in financiële kentallen, bedrijfstype-instellingen en heffingsparameters op de heffingshoogte.



Opbrengstprijzen

De grootste gevoeligheid betreft de opbrengstprijzen, die van jaar tot jaar kunnen verschillen. Als we bijvoorbeeld aannemen dat de melk-, vlees- en gewasprijzen met 5% stijgen, dan stijgt de benodigde heffingshoogte met €42 per ton tot €91 per ton. Dit komt doordat bij hogere

productprijzen intensieve (emissie-intensieve) bedrijfsvoering economisch aantrekkelijker maken. Dit effect is zichtbaar in de varkenshouderij: bij 5% hogere opbrengstprijzen en de basis heffing van €49 EUR per ton heffing blijven vrijwel alle bedrijven operationeel, terwijl bij standaardprijzen vleesvarkensbedrijven noodgedwongen moeten stoppen.

Als de verkoopprijzen van primaire producten met 5% dalen, moeten bedrijven van bijna alle varkensbedrijfstypen en een groot deel van melkveebedrijfstypen stoppen omdat hun jaarlijkse inkomsten onder de inkomensgrens vallen. Deze extreme gevoeligheid reflecteert de inherent krappe winstmarges in de veehouderijsector, waardoor bedrijven weinig buffer hebben tegen prijsvolatiliteit. Het model compenseert dit door een negatieve beprijzing van - €4 per ton te hanteren - effectief een subsidie - om economisch onhoudbare bedrijfsstoppingen te voorkomen

In de praktijk zijn deze scenario's echter onwaarschijnlijk omdat markten zich kenmerken door gekoppelde prijs-kostendynamiek waarbij bijvoorbeeld hogere varkensprijzen samengaan met hogere voerprijzen, wat het netto-effect aanzienlijk dempt.

Opbrengstprijzen biologisch

Naar verwachting zou de heffingshoogte omlaaggaan bij een verhoging van de opbrengstprijzen van biologische primaire producten, omdat biologische transitiepaden (met relatief lage emissie-intensiteit) aantrekkelijker zouden worden. Echter zien we een verhoging van de heffingshoogte naar €54 per ton (en een lichte reductie tot €48 per ton in de heffingshoogte bij een verlaging in de biologische opbrengstprijzen). Dit gebeurt om twee redenen:

- De 1 ster Beter Leven bedrijven zijn in de varkenshouderij apart gemodelleerd - er is geen optie voor gangbare bedrijven om naar deze transitiepaden over te stappen. Hierdoor zien we, net zoals bij de verhoging van algemene opbrengstprijzen, dat als de prijzen stijgen, minder varkenshouderijen noodgedwongen stoppen. Omdat een groot deel van de emissiebesparing door stoppers komt, moet de heffingsprijs weer omhoog (en genereert dat weer (andere) noodgedwongen stoppers).
- Omdat in de standaarddoorrekening slechts 6% van melkveehouders in de 'grote investeerders'-categorie valt, is de emissiereductie door de prijsverhoging beperkt tot 0,02 Mton. Dit heeft geen verder impact op de benodigde heffingshoogte.

Mestophaalbijdrage

Mest ophaalbijdrage heeft de één-na-grootste impact op de CO_2-heffingshoogte. Bij hogere ophaalkosten wordt centrale mestverwerking minder aantrekkelijk, waardoor bedrijven vaker kiezen hun mest zelf te verbruiken of verwerken. Dit leidt tot een lagere benodigde CO_2-heffing (€39 per ton) om dezelfde emissiereductiedoelen te bereiken, terwijl lagere ophaalkosten een hogere heffing benaderen (€57 euro per ton).

Pachtprijs

Een verhoging van de pachtprijzen met 30% verlaagt het benodigde CO_2-heffingstarief tot €48 per ton, en bij een verhoging van 50% daalt dit verder tot €46 per ton. Door de hogere kosten voor het pachten van land wordt extensivering via groei van areaal minder aantrekkelijk, waardoor bedrijven eerder kiezen om hun veestapel te verminderen.

Toeslag melkprijs

De verhoging van de maximale toeslag op de melkprijs (exclusief weidegang en broekkasgasemissie uitstoot) van €0,70 tot €3,50 voor duurzame bedrijfsvoering heeft geen meetbaar effect op het benodigde CO_2-heffingstarief, dat €49 per ton blijft.

Grote investeerders

Ook gaat het benodigde beprijzingsniveau iets omlaag bij een verlaging van de drempelwaarde voor gemiddelde jaarlijkse investeringen voor de 'grote investeerder'-status van de standaardwaarde van €200.000 naar €175.000 of €150.000, onder voorwaarde dat het investeringsritme constant blijft. Het onderliggende mechanisme is dat het percentage bedrijven dat kwalificeert als grote investeerder toeneemt van 6% naar respectievelijk 12% en 19% van alle melkveebedrijven. Deze uitbreiding stelt aanzienlijk meer bedrijven in staat om te kiezen voor hightech- en biologische transitieroutes. Voor intensieve bedrijven, die anders beperkt zijn tot conventionele maatregelen (maximaal 14% emissiereductie), opent dit toegang tot transitiepaden die tot 30% reductie kunnen realiseren. Voor beide drempelwaarden wordt een lager heffingstarief van €48 per ton mogelijk (€1 reductie ten opzichte van het basisscenario)

Als het investeringsritme meebeweegt, ontstaat echter een tegeneffect doordat het ritme gebaseerd is op huidige mono-mestvergister-penetratie onder grote investeerders. Een hoger aantal grote investeerders brengt dus het investeringsritme terug naar 3,3% of 2,0% (bij 175,000 EUR/jaar en 150,000 EUR/jaar respectief). Dit beperkt de jaarlijkse overstap naar transitiepaden en verhoogt zelfs de heffing tot €54 per ton bij de laagste drempel.

Een bruto verhoging van het aandeel bedrijven met 'grote investeerder' status naar 30% heeft geen impact op de heffingshoogte. Er is wel een reductie in emissies uit de melkveehouderij (in de varkenshouderij zijn er standaard meer dan 30% grote investeerders), maar deze is beperkt omdat nu ook extensieve bedrijven hightech paden kiezen, die deels hogere emissies hebben dan bijvoorbeeld natuurinclusief paden.

Stoppersritme

Het stoppersritme heeft een impact van €7 per ton prijsreductie op de CO_2-heffingshoogte, waardoor deze kan dalen tot €42 per ton. Bij een hoger percentage bedrijven dat stopt wanneer hun

inkomen onder de drempel valt, neemt de totale emissie van de sector sneller af. Hierdoor is een lagere CO_2-heffing voldoende om de klimaatdoelen te bereiken.

Investeringsritme

Een verhoging van het investeringsritme met 5% vermindert de benodigde CO_2-beprijzing van €49 naar €48 per ton (een prijsreductie van €1 per ton). Door de versnelde adoptie van emissiereducerende maatregelen worden ook het 2035-doel gehaald. Bij een verhoging van het investeringsritme met 10% is er geen prijsreductie. Dit komt doordat in dit scenario te veel bedrijven al in alternatieve transitiepaden hebben geïnvesteerd voordat de heffing van kracht gaat, waardoor een deel van de bedrijven investeert in paden met hogere emissies.

Inkomensgrenzen

Inkomensgrenzen hebben een matige impact op de heffingshoogte. Een verlaging van de inkomstgrens tot 30% van het huidige jaarlijkse inkomen verhoogt de benodigde heffingshoogte, omdat meer bedrijven langer actief blijven (ook met lage inkomsten). Doordat een deel van de besparing door noodgedwongen stoppers wegvalt, stijgt de benodigde heffingshoogte tot €52 per ton (een verhoging van €3 per ton). Bij een verhoging van de inkomstgrens treedt het tegenovergestelde effect op – bedrijven worden sneller noodgedwongen om te stoppen, waardoor de CO_2-prijs daalt tot €42 per ton (een reductie van €6 per ton).

Weide uren

Door additionele weidegang weg te laten uit de aanvullende maatregelpakketten daalt het benodigde CO_2-heffingstarief tot €48 per ton (een verlaging van €1 per ton). Deze keuze resulteert in minder weidegang voor melkkoeien op intensieve bedrijven, wat de werking van voeraddtieven ten goede komt doordat deze primair via stalvoer worden opgenomen. De verbeterde prestatie van voeraddtieven zorgt voor kosteneffectievere emissiereducties.

Afromingspercentage

De continuatie van de afromingsregels naar 2026 heeft vrijwel geen invloed op de CO_2-heffingshoogte, omdat er in de standaard doorrekening ongebruikte fosfaatrechten zijn.

Landbouwareaal

Als er jaarlijkse alleen 2.000 ha van het landbouwareaal uit de melkveehouderij verdwijnt stijgt de CO_2-heffingshoogte tot €54 per ton (een verhoging van €5 per ton). Omdat er in ons rekenmodel een link bestaat tussen het herverdeelde land en fosfaatrechten (bedrijfstypen die groeien houden vast aan hun grondgebondenheid), leidt de vermindering in areaalreductie tot meer herverdeling van zowel land als fosfaatrechten. Dit resulteert in minder ongebruikte rechten en dus minder emissiereductie.

Ingroeiperiode

De timing van de heffingsinvoering heeft een matige invloed op de CO_2-prijs (ongeveer €5 per ton verschil bij een ingroeiperiode van 6 in plaats van 3 jaar). Door de volledige heffing uit te stellen van 2030 naar 2033 betalen bedrijven gedurende die periode lagere tarieven. Dit verzwakt de economische incentive om te investeren in emissiereducerende technologieën, waardoor de transitie naar klimaatvriendelijke bedrijfsvoering wordt afgeremd. Wanneer de heffing al in 2028 volledig wordt betaald zakt de benodigde heffingshoogte met €1 per ton, tot €48 per ton.

Overstap naar akkerbouw

De overstap van noodgedwongen stoppers van de melkveehouderij naar akkerbouw heeft geen invloed op de algemene CO_2-heffing omdat er geen noodgedwongen stoppers in de basisdoorrekening zijn (€49 per ton). Echter, als we aannemen dat 20% van de noodgedwongen stoppers overstapt naar akkerbouw, dan blijft de benodigde sectorspecifieke heffing €78 per ton, maar dalen de totale emissies van 6,28 naar 6,12 Mton (een extra reductie van 0,16 Mton). Dit gebeurt omdat dit land naar akkerbouw gaat en dus niet binnen de melkveehouderij kan worden herverdeeld.

Impact op een emissierechtenstelsel

In het algemeen is het ETS veel gevoeliger voor veranderingen in de uitgangspunten. Omdat het ETS-systeem alleen een deel van de emissies beprijst, moet de CO_2-prijs veel sterker veranderen om hetzelfde effect te realiseren als de algemene heffing. De effecten van de grootste gevoeligheden zijn hier kort beschreven:

- Opbrengstprijs: een verhoging van de opbrengstprijs met 5% leidt tot een stijging van de ETS-prijs naar €382 per ton (€118 per ton verschil); een verlaging leidt tot een reductie naar -€3 per ton (€267 per ton reductie)
- Mestophaalbijdrage: een verhoging van 10% leidt tot een verlaging van €27 per ton naar €237 per ton; een verlaging leidt tot een stijging van €18 per ton naar €282 per ton
- Landbouwareaal: Bij een jaarlijkse reductie in landbouwareaal van 2.000 ha in plaats van 4.000 ha is er een stijging van het benodigde ETS-prijs van €78 per ton, naar €339 per ton.

Doorkijk op systeemniveau

Op basis van de ontwikkelingen die we ten gevolge van de introductie van beprijzing op sectorniveau modellering, kunnen we ook iets zeggen over de bredere systeemeffecten. Hierbij gaat het onder andere over nationale agrarische productie, maar ook over stikstofemissies (indicatief).

Veel kan afgeleid worden van de ontwikkeling van de dieraantallen richting 2040. We beschouwen hier de doorrekening met een vlakke heffing van €48 per ton CO_2-eq. Daar daalt t.o.v. nu het aantal melkkoeien met ruim een kwart, het aantal zeugen met bijna de helft en het aantal vleesvarkens met bijna drie kwart.

De primaire agrarische productie, zou bij gelijkblijvende productie per dier, dan ook met deze percentages veranderen. Dit betekent dat met name de productie van dierlijke eiwitten daalt. Echter blijft de nationale productie nog ruim voldoende voor de huidige nationale consumptie, aangezien de consumptie van dierlijke eiwitten voor elke hoofdcategorie (melkproducten, varkensvlees, eieren, kippenvlees) ongeveer één derde van de productie bedraagt[85]. Als de (wereldwijde) consumptie van dierlijke eiwitten niet verandert, is er hiermee wel een weglekrisico van emissies.

Een vergelijkbare inschatting zou gemaakt kunnen worden voor de stikstofemissies. De ammoniakemissies per diersoort kunnen we vermenigvuldigen met de ontwikkeling in dieraantallen om een idee van de reductie te krijgen. Op basis van de historische emissies[86] schatten we in dat er hierdoor een ammoniakemissiereductie van ongeveer 22 à 26 kton ammoniak is, ofwel ruim 20% van het huidige totaal. Echter worden er ook maatregelen genomen in transitiepaden die de emissies van de nog aanwezige veestapel beïnvloeden. Dit vergt echter een aparte, uitgebreidere analyse. Dagontmesting en mestbandsystemen kunnen de vorming van ammoniak verminderen, en weidegang van melkvee draagt hier bijvoorbeeld ook aan bij. De verwachting is daarmee dat ammoniakemissies per dier zullen dalen, en de totale emissiereductie daarmee groter is. Voor de waterkwaliteit (uitspoeling) zijn de effecten vermoedelijk beperkter, omdat dit voornamelijk afhangt van bemestingniveaus.

[85] Bron: analyse met Agri-food-nature Transition Model (ATM), beschikbaar via https://agrifoodtransition-model.com/

[86] Staat van Landbouw Natuur en Voedsel (2023): Ammoniakuitstoot naar sector

Conclusies

De Nederlandse landbouw ligt volgens de meest recente Klimaat- en Energieverkenning van PBL niet op koers om de klimaatdoelen voor broeikasgasemissies te halen en kent op dit moment geen vorm van emissiebeprijzing. In opdracht van het ministerie van Financiën is onderzocht of en op welke manier broeikasgasemissiebeprijzing een rol kan spelen in het halen van de klimaatdoelen. Specifiek wordt gekeken naar een broeikasgasemissieheffing, waarbij emissies op bedrijfsniveau tegen een vast bedrag per ton CO_2-eq belast worden, en een emissierechtenstelsel, waarbij een jaarlijks afnemend aantal rechten gratis gealloceerd wordt op basis van historische emissies en rechten bijgekocht moeten worden indien er minder in bezit zijn dan er uitstoot is. Dit onderzoek toont aan dat emissiebeprijzing een bijdrage kan leveren aan het reduceren van broeikasgasemissies in de landbouw. Er zijn echter diverse fundamentele keuzes te maken ten aanzien van het ontwerp van een beprijzingsstelsel en stappen te zetten voordat implementatie mogelijk is, waarbij de diversiteit aan bedrijven, de complexiteit van de emissies in de landbouw en het belang van de landbouw voor het produceren van voedsel het moeilijk maakt een goede balans te vinden tussen prikkelen en stimuleren, helpen en beschermen.

Qua ontwerp lijken sommige keuzes lastiger en andere eenvoudiger. Gegeven de werkwijze van de emissieregistratie, ligt het voor de hand om *directe* emissies te beprijzen en geen broeikasgasdifferentiatie toe te passen. Verder lijkt het verstandig om enkele kleinere, mindere stuurbare emissiebronnen (initieel) niet mee te nemen in het beprijzingsstelsel en te richten op de hoofdbronnen die het overgrote deel van de emissies uitmaken. Daarbij zou in extremere vorm zelfs overwogen kunnen worden om uitsluitend een methaanemissiebeprijzingsstelsel te ontwerpen, welke zo'n 70% van broeikasgasemissies omslaat, enkel geldt voor de veehouderij en ook de ruimte laat om stikstofemissies apart te beprijzen of normeren. Voor een tijdige implementatie ligt het voor de hand om emissies te registreren op basis van activiteitendata en forfaitaire waarden, eventueel op termijn deels gecomplementeerd via een opt-in met fysieke sensoren.

Lastigere vraagstukken zijn onder andere een sectordifferentiatie en de grondslag voor terugsluis of vrijgestelde voet. De emissie-intensiteit en het emissievolume van de bedrijven verschilt sterk tussen subsectoren en zelfs binnen subsectoren. Waar een bepaald beprijzingsniveau voor de ene sector een prikkel geeft tot het nemen van maatregelen, betekent eenzelfde beprijzing voor een andere sector het failliet van veel bedrijven of simpelweg hogere kosten zonder de mogelijkheid om zich (significant) aan te kunnen passen. Bij een emissierechtenstelsel waarbij rechten uitgegeven worden op basis van historische emissies wordt deze situatie sterk beperkt. Bij een heffing kan dit effect ook gereduceerd worden, bijvoorbeeld door een terugsluis van heffingsinkomsten, vrijstelling voor een deel van de emissies of subsidies voor specifieke transitiepaden.

Deze middelen geven echter vrijwel per definitie een voordeel aan grootschalig danwel kleinschalig, intensief danwel extensief, etc., waardoor deze vorm een directe sturing geeft naar voorkeursbedrijven. Dit zijn in belangrijke mate politieke en maatschappelijke keuzes.

Voor de uitrol zullen er nog diverse stappen gezet moeten worden, waardoor een systeem afhankelijk van complexiteit waarschijnlijk over drie tot vier jaar geïmplementeerd zou kunnen zijn. Uitvoeringstechnisch gaat het o.a. om uitgebreidere dataregistratie en validatie, ontwikkeling van databeheer en het vinden en voorbereiden van een uitvoerende instantie. De extra databehoefte is beperkt, maar belangrijk omdat het overgrote deel van de emissies (pensfermentatie melkvee en mest) nu niet nauwkeurig genoeg vastgesteld kan worden. Juridisch gaat het om het schrijven van nieuwe wetgeving, het doorlopen van een staatsteuntoets en het onderzoeken op mogelijke wrijving met bestaande systemen. Randvoorwaardelijk aan dit alles is dat de registratie van emissies dicht genoeg te werkelijkheid benadert en boeren ook de mogelijkheid tot sturing hebben.

Om een beter beeld te krijgen van de mogelijke effecten van broeikasgasemissiebeprijzing op emissies en bedrijfsresultaten, is voor diverse beprijzingsstelsels verkend welk beprijzingsniveau nodig zou zijn om (indicatieve) klimaatdoelen voor 2030, 2035 en 2040 te halen. Hierbij is het 2030 sectordoel bekend en is het 2040 doel indicatief vastgesteld op ongeveer 40% emissiereductie t.o.v. 2022 (het gemiddelde van de PBL Trajectverkenning 2050) en het 2035 doel een interpolatie van de 2030 en 2040 doelen. Deze sectordoelen zijn vervolgens verdeeld (indicatief) naar subsectorniveau op basis van hun aandeel in de 2022 emissies.

Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor typische bedrijven in de melkveehouderij, varkenshouderij en akkerbouw. Gezien de diversiteit van bedrijven in de sector geven deze bedrijven een representatieve afspiegeling, maar worden niet alle specifieke kenmerken van elk individueel bedrijf correct weergegeven. Daarnaast zijn andere sectoren met significante emissies, met name de kalverhouderij, niet meegenomen in de onderstaande analyse. Desondanks levert de doorrekening belangrijke eerste conclusies op die kunnen worden gebruikt voor het ontwikkelen van een beprijzingsstelsel. Hieronder worden in willekeurige volgorde de conclusies van deze doorrekening gepresenteerd, eerst op algemeen niveau en vervolgens op subsectorniveau.

Algemene conclusies

Bijdrage beprijzing aan emissiereductiedoelen

- Gegeven enerzijds de benodigde tijd voor de uitwerking van dit stelsel en anderzijds de beperkte tijd tot 2030, is een stelsel vermoedelijk pas in 2029 of 2030 actief. Daarmee zijn de sectordoelen voor 2030 vrijwel niet haalbaar, behalve bij uitzonderlijk hoge prijzen (waarbij een groot deel van de boeren vanwege financiële resultaten zou stoppen). Een beprijzingsstelsel kan echter wel bijdragen aan doelen voor 2035 of 2040 en deze binnen bereik brengen.

- Zowel een broeikasgasemissieheffing als een broeikasgasemissierechtenstelsel kan voor het benodigde emissiereductie effect zorgen. Bij een emissieheffing worden doorgaans meer emissies beprijsd (alhoewel mogelijk beperkt door een vrijgestelde voet) en ligt de heffingshoogte doorgaans lager dan bij een rechtenstelsel waarbij een kleiner deel van de emissies beprijsd wordt, behalve bij een heffing met verhandelbare dispensatierechten. De effecten op bedrijfslasten verschillen per bedrijf, maar zijn op sectorniveau gemiddeld hoger bij een heffing dan bij een rechtenstelsel omdat bij laatstgenoemde alle transacties binnen de sector plaatsvinden, terwijl met een heffing geld uit de sector verdwijnt (maar ook (deels) teruggesluisd kan worden).

Basispad

- In het basispad (dus zonder beprijzing) komt een groot deel van de emissiereductie door het verdwijnen van rechten (uitkoop en zeer beperkt afroming) en onaangekocht blijven van rechten (met name in de melkveehouderij). Dit laatste komt vooral door een teruglopend areaal en veronderstelde aantallen melkvee per ha als invulling van grondgebondenheid.
- In het basispad komt een klein deel van emissiereductie door maatregelen. Er worden dus ook zonder beprijzing al transitiepaden gekozen (bijvoorbeeld vergisting in de varkenshouderij en een veelvoud aan transitiepaden in de melkveehouderij). Dit zijn dus uitsluitend transitiepaden die reeds een beter bedrijfsresultaat opleveren zonder beprijzing. Doorgaans zijn dit paden met een beperkte emissiereductie, en voor een belangrijk deel betreft dit ook groei.

Effecten beprijzing

- Door broeikasgasemissiebeprijzing kunnen er extra broeikasgasemissies gereduceerd worden. Als neveneffect dalen ook de stikstofemissies en de nationale productie van dierlijke eiwitten. Deze productie blijft echter ruim voldoende om in de nationale consumptie te voorzien. Zonder verandering van de wereldwijde voedselconsumptie is er mogelijk wel een weglekrisico van emissies.
- Met de introductie van een (oplopende) CO_2-prijs, nemen boeren enerzijds meer maatregelen en kiezen zij transitiepaden, maar zijn er ook een toenemend aantal ongebruikte rechten van autonome stoppers alsook soms noodgedwongen stoppers (bedrijven die stoppen omdat hun bedrijfsresultaat te slecht wordt). De verhouding hiertussen wordt voor een belangrijk deel bepaald door de hoogte van de beprijzing (hoe hoger hoe meer stoppers) en de vormgeving (emissierechtenstelsel, terugsluis (voor heffing), vrijstelling (voor heffing) en subsidies zorgen voor meer transitiepaden en minder stoppers)).
- De emissiereductie door ongebruikte rechten is, wellicht meer nog dan andere vormen van reductie, zeer markt- en bedrijfsafhankelijk. Deze emissiereductie ontstaat doordat rechten die te koop aangeboden worden, niet aangekocht worden. Daardoor wordt er minder vee

gehouden dan (in theorie) mogelijk. Deze situatie ontstaat in de regel in het model wanneer de bedrijven die konden uitbreiden, dat niet meer kunnen of willen. In het laatste geval zorgt verdere uitbreiding (schaalvergroting) niet voor een beter verwacht bedrijfsresultaat. In het eerste geval heeft een bedrijf wellicht al uitgebreid maar is verdere vergroting in het model geen optie (maar in de praktijk wellicht wel). Mochten de marktomstandigheden gunstiger uitvallen dan verondersteld, dan zouden er meer rechten gekocht worden, de emissiereductie lager uitvallen en er een hoger beprijzingsniveau voor dezelfde doelen nodig zijn.

- De emissie-intensiteit van sommige sectoren en bedrijven is hoog. Bij CO_2-prijzen van enkele tientallen euro's zonder enige vorm van terugsluis of vrijstelling zou voor sommige bedrijven het bedrijfsresultaat onder het minimumloon per fulltime jaar equivalent kunnen zakken. Het is de vraag hoeveel bedrijven langdurig zouden doorzetten in deze omstandigheden.
- Diverse transitiepaden kennen forse meerkosten en zouden pas prijspariteit bereiken (met de huidige bedrijfsvoering) bij CO_2-prijzen die hoger liggen dan dit niveau. Met andere woorden, voor deze transitiepaden geldt dat in de basis het bedrijfsresultaat eerder dusdanig verslechtert dat een boer zou overwegen te stoppen dan dat het zou lonen om in sommige transitiepaden met grotere emissiereductie te investeren.
- Ook al zijn er transitiepaden waarin technisch gezien veel emissiereductie mogelijk is, laat onze doorrekening zien dat die potentie techno-economisch bezien veel lager ligt. Gerichte subsidies voor transitiepaden of marktcreatiebeleid kunnen deze techno-economisch potentie verhogen doordat de door verduurzaming gestegen kostprijs niet tot een slechter bedrijfsresultaat hoeft te leiden. Een rechtenstelsel of emissieheffing met verhandelbare dispensatierechten draagt hier ook sterker aan bij dan een vlakke heffing.

Vormgeving stelsel

- De verschillen tussen de effecten op de sectoren zijn groot. Om gerichter te kunnen sturen zou daarom een sectordifferentiatie verstandig kunnen zijn.
- Emissiebeprijzing zal in algemene zin lastenverhogend werken. Veel bedrijven hebben beperkte marges, die sterk terugvallen bij lastenverhogingen. Het verdient daarom de aanbeveling om verder te kijken naar hoe een duurzame bedrijfsvorming financieel mogelijk gemaakt kan worden. Beprijzing maakt huidige en vervuilende bedrijfsvoering duurder, maar duurzame bedrijfsvorming beperkt interessanter aangezien hier vaak ook nog significante broeikasgasemissies aanwezig zijn. Daarbij kan wederom gekeken worden naar bescherming (e.g. bedrijfsspecifieke vrijgestelde voet, terugsluis) en stimulans (subsidies transitiepaden).
- Terugsluismechanismen en vrijstellingen kunnen (bij een heffing) een belangrijke bijdrage leveren aan de bereidheid van boeren om specifieke transitiepaden te kiezen en deze lang-

jarig vol te houden. Een emissierechtenstelsel of heffing met verhandelbare dispensatierechten met uitgifte van rechten op basis van historische emissies bevat deze elementen ook. Door dergelijke mechanismen kunnen gerichtere prikkels worden gecreëerd die bepaalde gewenste transitiepaden, technieken of managementmaatrelen stimuleren als voorkeursvariant. Dit vereist echter wel politieke of maatschappelijke keuzes over de vormgeving van dit stelsel.

Lange termijn ontwikkeling sector

- De landbouw is van de klimaatsectoren relatief uniek in de zin dat er naar verwachting ook in het eindbeeld nog relatief veel restemissies zijn. Het feit dat niet alle emissies naar nul te reduceren zijn, zorgt er dan ook voor dat emissiebeprijzing bedrijven relatief zwaar kan raken. Hier zal rekening mee gehouden worden in het ontwerp van het stelsel, ook op de lange termijn. Een terugsluis of gedeelde vrijstelling of rechtenstelsel kan ervoor zorgen dat boeren die hun emissies ver genoeg gereduceerd hebben, netto geen financiële gevolgen van beprijzing ondervinden. Andersom zou op de langere termijn een deel van de inkomsten (bij een heffing) ook ingezet kunnen worden ten behoeve van negatieve emissies om de restemissies van de sector te compenseren.

Sectorspecifieke conclusies

Melkveehouderij

Afhankelijk van de gekozen doelstellingen en beleidsmaatregelen liggen de vereiste CO_2-prijzen tussen €49 en €164 per ton. Ongeacht het type beprijzing wordt de meeste emissiereductie in de melkveehouderij bereikt door ongebruikte fosfaatrechten afkomstig van bedrijfsbeëindigingen in plaats van technische maatregelen of reductie van aantal dieren per hectare per bedrijf.

Transitiepaden leveren een beperkte bijdrage van slechts 0,4-0,7 Mton in 2040 (0,1-0,2 Mton door technische maatregelen, en 0,3-0,5 Mton door een reductie in aantal dieren per hectare per bedrijf), ondanks brede adoptie. Dit komt niet door lage implementatie maar door het beperkte reductiepotentieel van de paden zelf - alleen hightech varianten kunnen meer dan 6% reductie leveren, maar slechts 6% van bedrijven kan deze kiezen.

Voor algemene doelstellingen volstaan autonome stoppers bij een €49 per ton heffing voor 2,2 Mton besparing, passend binnen de structurele sectorontwikkeling. Voor sectorspecifieke doelen van 6,5 Mton zijn echter noodgedwongen stoppers onvermijdelijk, vooral onder financieel kwetsbare bedrijven.

Een sectorspecifieke heffing van €56-76 per ton biedt flexibiliteit tussen klimaatdoelstellingen en bedrijfsvermindering. Bij €56 wordt het doel net overschreden, bij €76 stoppen veel bedrijven ondanks doelbereiking. Flankerende maatregelen kunnen de impact beperken: terugsluismechanismen verminderen noodgedwongen stoppers met 6-20%, terwijl een emissievrije voet de

grootste bescherming biedt door gedwongen sluitingen met 41% te reduceren naar 1.400 bedrijven, waarbij alleen de meest emissie-intensieve bedrijven worden getroffen.

Varkenshouderij

De varkenshouderij heeft een grote emissie-intensiteit en is relatief gevoelig voor broeikasgasemissiebeprijzing. De emissies van de varkenshouderij komen voor ongeveer 20% uit pensfermentatie en voor ongeveer 80% uit mestopslag en -bewerking. Laatstgenoemde kunnen beperkt worden door snellere verwerking en vergisting, waarbij reguliere vergisting emissies met ongeveer 1/3 en dagverse vergisting met 2/3 reduceert. Hiervan wordt verondersteld dat er voldoende centrale vergistingscapaciteit beschikbaar is, wat nog niet het geval is. Dagontmestingssystemen kunnen echter flinke meerkosten met zich meebrengen, en deze transitiepaden worden dan ook doorgaans niet gekozen, behalve bij een rechtenstelsel waarbij de CO_2-prijzen sterk oplopen en de extra emissiereductie zich vertaalt in inkomsten door verkoop van rechten.

Indien er geen sectordifferentiatie plaatsvindt, vindt de relatief grootste emissiereductie bij de varkenshouderij plaats. Dit komt dan voor een belangrijk deel door ongebruikte rechten die beschikbaar komen doordat bedrijven stoppen (door natuurlijk verloop en vanwege slechte resultaten), maar welke niet overgenomen worden. Dit aandeel kan beperkt worden ten gunste van emissiereductiemaatregelen door gerichte subsidies en te kiezen voor een emissierechtenstelsel of een heffing met een terugsluis of vrijgestelde voet. Hierbij werken een rechtenstelsel, terugsluis en vrijgestelde voet met name beperkend voor de noodgedwongen stoppers en de subsidies met name faciliterend richting transitiepaden.

Akkerbouw

De akkerbouwsector kent de laagste broeikasgasemissies binnen de onderzochte sectoren. Dit komt voornamelijk doordat de sector emissies heeft door het toepassen van mest en emissies van gewasresten of moerige gronden. Voor een emissiebeprijzing worden de indirecte emissies uitgesloten, waardoor slechts een beperkt deel van de emissies binnen de scope valt van een uitgewerkt beprijzingsstelsel. Een CO_2-beprijzing blijkt in het model geen significante invloed uit te oefenen op de keuze voor specifieke transitiepaden binnen deze sector. Hoewel biologische landbouw als transitiepad naar voren komt, wordt de omschakeling hiernaar beperkt door marktomstandigheden.

Voor de akkerbouw lijkt het toepassen van een CO_2-heffing daarom niet verstandig, aangezien andere beleidsdoelen, zoals met betrekking tot stikstofuitspoeling (waterkwaliteit), biodiversiteit en gewasbeschermingsmiddelen, voor deze sector mogelijk onvoldoende aandacht krijgen wanneer de focus primair op CO_2-reductie ligt. Gezien deze overwegingen verdient het aanbeveling om voor akkerbouwbedrijven een vrijstelling in te voeren waardoor zij effectief worden uitgesloten van de heffing, of om de gehele akkerbouwsector buiten het bereik van een CO_2-beprijzingssysteem te houden.

Appendix 1: Emissies in scope van model

In deze appendix staat een overzicht van de emissies die in scope zijn van in ons model doorgerekende varianten van broeikasgasemissiebeprijzing.

Niet alle directe emissies van de landbouw zijn meegenomen. De kalverhouderij pluimveehouderij en overige veehouderij zijn niet gemodelleerd. Dit is een modelscope keuze en impliceert niet dat deze sectoren uitgesloten zouden moeten worden van beprijzing. Ook de emissies van CO_2 uit kalk en kunstmest zijn niet inbegrepen. Al deze emissiebronnen zijn aangegeven met een asterix in onderstaande tabel.

Enkele kleinere emissiebronnen zijn bewust uitgesloten, door de combinatie van hun formaat en het feit dat het lastig is deze te reduceren. Het gaat om o.a. de emissies van histosols en moerige gronden.

Gezamenlijk gaat het om 15.4 Mton van de 18.2 Mton landbouw emissies, ofwel 84% van het totaal. Bijna alle (95%) methaanemissies worden meegenomen en bijna 60% van de lachgasemissies. Indien de met een asterix aangegeven bronnen ook meegenomen worden zou het stelsel 16.4 Mton ofwel 88% van de emissies omvangen.

	Emissiebron	Emissies in Mton CO_2-eq in 2022	Meegenomen [1=ja]	Emissies in scope
Alle BKG	Landbouw excl. glastuinbouw	18.2		15.4 (84%)
CO_2	Landbouw	0.3		0.0 (0%)
	Energiegebruik	0.0		0.0
	Kunstmest	0.1	0*	0.0
	Indirecte emissies	0.2	0*	0.0
	Productgebruik	0.0	0	0.0
N2O	Landbouw	4.8		2.8 (59%)
	Rundvee	0.3	1	0.3
	Varkens	0.1	1	0.1
	Pluimvee	0.0	0*	0.0
	Overige dieren	0.0	0*	0.0
	Weidemest	0.6	1	0.6

	Dierlijke mest	1.0	1	1.0
	Kunstmest	0.9	1	0.9
	Processen - bodem en gewas	0.6	0	0.0
	Indirecte emissies	1.0	0	0.0
	Productgebruik landbouw	0.0	0	0.0
	Particuliere landbouwactiviteiten	0.3	0	0.0
	Energiegebruik Landbouw	0.0	0	0.0
CH4	Landbouw	13.2		12.6 (95%)
	Energie	0.0	0	0.0
	Particulier incl vuurhaarden en paarden	0.2	0	0.0
	Rundvee	10.4		10.4
	wv pensfermentatie	8.2	1	8.2
	wv mest in stallen en opslag	2.2	1	2.2
	wv weidemest	0.0	1	0.0
	wv mestbewerking	0.0	1	0.0
	Varkens	2.2		2.2
	wv pensfermentatie	0.5	1	0.5
	wv mest in stallen en opslag	1.3	1	1.3
	wv weidemest		1	0.0
	wv mestbewerking	0.4	1	0.4
	Pluimvee	0.1		0.0
	wv pensfermentatie			0.0
	wv mest in stallen en opslag	0.1	0*	0.0
	wv weidemest			0.0
	wv mestbewerking	0.0	0*	0.0
	Overige dieren	0.3		0.0
	wv pensfermentatie	0.3	0*	0.0
	wv mest in stallen en opslag	0.0	0*	0.0
	wv weidemest	0.0	0*	0.0

Appendix 2: Geraadpleegde experts en klankbordgroep

Gedurende dit traject zijn verschillende experts geraadpleegd om de bevindingen te toetsen en te onderzoeken aan welke (conceptuele) onderwerpen gedacht moet worden. Er zijn zowel klankbordgroepbijeenkomsten als interviews met experts geweest. We bedanken al deze experts voor hun inbreng tijdens een of meerdere van deze bijeenkomsten en hebben de inbreng als zeer nuttig ervaren. Kalavasta is eindverantwoordelijke voor het verwerken en correct interpreteren van de geleverde input in het model of deze eindrapportage.

Voor de klankbordgroep zijn er drie meetings geweest om achtereenvolgens het volgende te bespreken

1. Conceptuele ontwerp beprijzingsstelsel
2. Modelopzet
3. Conceptrapportage

De input van de klankbordgroep hebben we meegenomen in het model en de rapportage. De volgende personen maken deel uit van de klankbordgroep:

Naam	Organisatie
Erwin Haveman	LTO
Oege Jacob Brouwer	Melkvee DZK
Alfred van Lenthe	Varkens, CoViVa
Corné Kempenaar	BO Akkerbouw
Joan Reijs, Alfons Beldman	WUR
Dianne Kroeze	RVO
Huibert Maurice	NVWA
Cees van den Bos	Rabobank
Henk Westhoek	PBL
Berthe Brouwer	Natuur&Milieu

Daarnaast hebben we nog gesproken met een aantal externe experts, te weten

- Erica Huijer, EZK/KGG, over de juridische haalbaarheid
- Tjarda van de Vijver, Advocates for the Future, over de juridische haalbaarheid
- Edwin Nijdam, Frank Dinnissen & Lotte Wollerich, RVO, over de uitvoeringstechnische haalbaarheid
- Michael Svarer (voorzitter Deense expertgroep voor CO_2-beprijzing), over algemenere overwegingen in de vormgeving van een beprijzingstelsel en het Deense stelsel specifiek
- John van de Hoef, Rabobank, over transitiepaden en overstapsstrategieën voor boeren
- Roel Jongeneel, WUR, over de bedrijfstypen en transitiepaden

Hun overwegingen en commentaar hebben we ook meegenomen in de evaluatie en rapportage.

Appendix 3: Vergelijking basisuitkomsten

In deze appendix vergelijken we per subsector (achtereenvolgens melkveehouderij, varkenshouderij en akkerbouw) een aantal van de uitkomsten met de uitkomsten uit andere bronnen. We vergelijken achtereenvolgens

- Het bedrijfsresultaat en de emissies per bedrijfstype met de uitkomsten van de WUR bedrijfstypen studie
- De totale sectoremissies met de emissies van Emissieregistratie (naar emissiebron) voor het basisjaar
- De sectorontwikkeling zonder beprijzing met de KEV2024 (ontwikkeling emissies, maar ook dieraantallen)

Melkveehouderij

Vergelijking basisuitkomsten met WUR-bedrijfstypen studie

Voor deze studie hebben we grotendeels de bedrijfstypen en transitiepaden overgenomen uit de studie "*Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw*". Tabel 28 toont de verschillen in inkomsten en emissies tussen beide studies voor de uitgangssituatie. Deze verschillen zijn hoofdzakelijk te verklaren door de afwijkende scope van meegenomen emissies en de gehanteerde financiële kengetallen.

Tabel 28: Vergelijking inkomsten uit normale bedrijfsvoering en broeikasgasemissies in de WUR-studie en deze studie.

	Bedrijfstypen		WUR (Huidig)	WUR (Toekom-stige basis)	Hier	Delta met toekomstige basis
1	Veen extensief	Bedrijfsresultaat	68k	49k	82k	33k
		Emissies*	1,063 t	1,042 t	690 t	352 t
2	Veen intensief	Bedrijfsresultaat	120k	88k	121k	33k
		Emissies	1,429 t	1,400 t	915 t	485 t
3	Klei extensief	Bedrijfsresultaat	77k	53k	134k	81k
		Emissies	927 t	918 t	797 t	121 t
4	Klei intensief	Bedrijfsresultaat	73k	45k	117k	72k
		Emissies	1,109 t	1,098 t	910 t	188 t
5	Zand extensief klein	Bedrijfsresultaat	41k	25k	77k	52k
		Emissies	616 t	604 t	523 t	81 t
6	Zand extensief groot	Bedrijfsresultaat	101k	66k	163k	97k
		Emissies	1,064 t	1,032 t	904 t	128 t
7	Zand intensief klein	Bedrijfsresultaat	36k	17k	41k	24k
		Emissies	597 t	573 t	481 t	92 t
8	Zand intensief groot	Bedrijfsresultaat	97k	54k	132 k	78k
		Emissies	1,296 t	1,257 t	1,085 t	172 t

**Berekend op basis van CO_2-eq emissies/ha/jaar x (hectare grasland + hectare bouwland)*

Voor alle bedrijfstypen hanteren we lagere emissies dan de WUR-studie, met een delta van 86 ton CO_2-eq emissies tot 485 ton CO_2-eq emissies.

De grootste discrepantie tussen de studies is dat veenoxidatie wordt meegenomen in de emissieberekeningen van WUR. Deze emissies vallen echter buiten scope voor dit onderzoek omdat melkveehouders hier geen invloed op kunnen uitoefenen. Dit zou verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van de delta van 352-485 ton CO_2-eq.

Daarnaast zorgen verschillende aannames over bijvoorbeeld rantsoen voor afwijkende emissieberekeningen. Zowel onze studie als het FARMDYN-rekenmodel van WUR maken gebruik van de uitgangspunten en berekeningswijze die worden gehanteerd in de KringloopWijzer. De KringloopWijzer bevat onder andere emissiefactoren, VEM- en gDVE-waarden voor verschillende voertypen. Voor het opstellen van de specifieke rantsoenpakketten hebben wij echter een eigen benadering gehanteerd, gebaseerd op de energie- en eiwitbehoefte van jongvee en melkkoeien zoals beschreven in het Handboek Melkveehouderij. De samenstelling van de rantsoenpakketten in het FARMDYN-model zal naar verwachting afwijken van onze methodiek.

Er is een verschil van 24-81k euro in inkomsten tussen de twee studies. Voor alle bedrijfstypen berekenen wij hogere inkomsten dan de toekomstige basis van de WUR. Dit verschil ontstaat doordat WUR financiële kengetallen uit 2021 gebruikt, terwijl wij waar mogelijk rekenen met een historisch 10-jarig gemiddelde. Opvallend is dat wij lagere inkomsten berekenen voor veengrond ten opzichte van de huidige WUR-basis. Dit komt doordat we in onze basisberekening de kosten voor een peilverhoging van 20 cm in veenweidegebieden meenemen. We hebben hiervoor gekozen omdat veenbedrijven zonder deze maatregel alleen bij zeer hoge CO_2-beprijzing zullen investeren in transitiepaden en overige maatregelen, aangezien de kosten voor peilverhoging anders prohibitief hoog zijn.

Ons rekenmodel richt zich primair op de verschillen van bedrijfsresultaat in inkomsten en emissies tussen de uitgangssituatie en de transitiepaden. De absolute verschillen in basis emissies en inkomsten tussen beide studies zijn daarom van ondergeschikt belang voor onze conclusies.

Vergelijking emissies met Emissieregistratie

De sectoremissies berekend in ons model wijken ook af van de emissies uit de Emissieregistratie.[87] Hierbij kijken we uitsluitend naar de pensfermentatie-emissies en emissies uit mest; bemestingsemissies worden in de Emissieregistratie niet naar sector uitgesplitst.

Voor ons rekenmodel hebben we een basisjaar van 2024 gehanteerd. Om de emissies goed te kunnen vergelijken met de 2022-gegevens uit de Emissieregistratie, moeten we twee belangrijke aanpassingen maken op de standaard basisdoorrekening: het toevoegen van de stikstofderogatie en het terugschalen van het totaal aantal bedrijven naar de 2022-niveaus.

Sinds 2006 heeft Nederland een derogatie gekregen op de hoeveelheid dierlijke mest die op het land uitgereden mag worden. De afbouw van deze derogatie begon in 2023 en loopt tot eind 2025. Qua emissies zorgt de afbouw van de derogatie voor minder emissies uit mestopslag en voor meer emissies uit vergisting en be(ver)werking, omdat minder mest nu kan worden uitgereden (mest wordt ~6 maanden opgeslagen voordat het wordt uitgereden[88]) en centraal verwerkt moet worden. We hebben de derogatie in de standaard doorrekening uitgezet.

[87] WUR (2024): Raming van luchtemissies uit de landbouw in 2030 en 2035, met doorkijk naar 2040
[88] RIVM (2024): Methodology for the calculation of emissions from agriculture

Bovendien zijn er tussen 2022 en 2024 780 bedrijven uit de sector verdwenen. Omdat we sectoremissies berekenen op basis van *aantal bedrijven* × *emissies per bedrijf*, heeft deze vermindering een grote impact op de totale emissies. Voor een goede vergelijking met de emissies uit de Emissieregistratie moeten we dus naar de variant '2022 – stikstofderogatie' kijken. De emissies van de Emissieregistratie, van onze standaard doorrekening en voor de variant '2022 – stikstofderogatie' zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 29: Broeikasgasemissies in kton voor de melkveehouderij voor de jaren 2022 en 2024 zoals gerapporteerd door Emissieregistratie en hier berekend o.b.v. de bedrijfstypen.

Emissies (kton CO_2-eq)	Emissie-registratie 2022	2022 – *Stikstof derogatie*	2024 – *Standaard doorrekening*
Methaanemissies pens fermentatie	215	239	224
Methaanemissies mest in stallen+opslag	70	76	71
Methaanemissies mest be(ver)werking	0.45	0.41	0.65
Methaanemissies mest vergisting	0.46	0.95	1.45
Methaanemissies weidemest	0.46	0.55	0.52
Lachgasemissies mest in stallen+opslag	0.74	0.71	0.67
Lachgasemissies mest be(ver)werking	0.015	0.013	0.013
Totaal	288	318	300

Er bestaat een verschil van 29 kton methaan emissies en 0.03 kton lachgas emissies tussen de Emissieregistratie en de emissies van het rekenmodel (variant 2022-stikstof derogatie). Er zijn twee hoofdoorzaken voor deze afwijking: verschillen in de methodiek voor het berekenen van pensfermentatie-emissies en de dekking van bedrijfstypen.

De grootste afwijking in emissies betreft de methaanemissies uit pens fermentatie (verantwoordelijk voor 80% van het verschil). In het algemeen volgen wij de emissieramingsmethodes zoals beschreven in de NEMA-methodologie, die ook wordt gebruikt bij de Emissieregistratie.[89] Voor pensfermentatie-emissies hanteert emissieregistratie echter een Tier 3-benadering met een speciaal ontwikkeld dynamisch simulatiemodel. Het model simuleert de fermentatie- en verteringsprocessen in het maagdarmkanaal van melkvee en berekent methaanproductie op basis van rantsoensamenstelling, voerkwaliteit en voeropname, waarbij ook rekening gehouden wordt met de dynamiek van substraatpools, microbiële biomassa en fermentatieproducten zoals vluchtige

[89] RIVM (2024): Methodology for the calculation of emissions from agriculture

vetzuren.[90] Dit model is niet openbaar, dus zijn we voor de pensfermentatie-emissies uitgeweken naar de rekenregels van de Kringloopwijzer. Hier worden met behulp van een emissiefactor per voermiddel (die afhangt van het aandeel snijmaïs in het rantsoen) de pensfermentatie-emissies berekend.[91] Het voordeel van onze methode is dat deze aansluit bij de methode die boeren zelf kunnen gebruiken om hun pensfermentatie-emissies te berekenen. Deze aanpak wordt alleen gebruikt voor melkkoeien; voor de berekeningen van pensfermentatie-emissies van jongvee wordt zowel bij de Emissieregistratie als in ons rekenmodel een Tier 2-benadering gebruikt, waarbij emissies worden berekend op basis van de bruto-energie-inname. Hierbij is de aanname dat 1 kg droge stof een bruto-energiegehalte van 18,45 MJ heeft.

De verschillen in de methode voor de berekening van pensfermentatie hebben ook invloed op de berekeningen van emissies van mest. Omdat er een afwijkende methode gehanteerd wordt voor de berekening van rantsoenpakketten en voeropname, resulteert dit ook in andere hoeveelheden mest. In de 2022-stikstofderogatie-variant komen wij uit op 55,8 Mton rundveemest, terwijl het CBS uitkomt op 55 Mton. Voor de emissies van mest wordt hebben we de berekeningswijze van mestemissies uit de NEMA gevolgd, met als enige afwijking de behandeling van vergistingsemissies van mono-mestvergisters op bedrijfsniveau. Verwerkte hoeveelheden mest worden in de Emissieregistratie afgeleid van geregistreerde mesttransportgegevens. Deze informatie hebben wij eveneens benut om het vergistingsaandeel binnen centrale mestverwerking te kwantificeren. Aanvullend hebben wij emissies van on-farm mestvergisting gemodelleerd (met gebruik van NEMA-emissiefactoren).

De tweede beperking van onze methodologie betreft de dekking van bedrijfstypen. De 8 bedrijfstypen zijn gemodelleerd naar 'typische' melkveehouderijen en kunnen daarom niet de gehele sector representeren. Bedrijven met een zeer grote of kleine omvang vallen buiten deze typologie. De dekking wordt geschat op 70-80%. In de emissieberekeningen gaan wij ervan uit dat de gehele melkveehouderij door deze 8 bedrijfstypen kan worden beschreven. Dit kan eveneens leiden tot een afwijking in de sector emissies.

[90] Bannink, A., et al., (2018) A Tier 3 Method for Enteric Methane in Dairy Cows Applied for Fecal N Digestibility in the Ammonia Inventory

[91] Zoals in de vorige sectie is beschreven, hebben wij zelf de rantsoenpakketten samengesteld op basis van grondtype en voerbehoefte van melkvee.

Vergelijking met de KEV2024

We vergelijken de modeluitkomsten zonder beprijzing met de uitkomsten uit de KEV2024, zowel op emissies als op dieraantallen. De resultaten staan in de tabel hieronder. In de KEV2024 zijn bemestingemissies niet toegekend aan sectoren. Om een vergelijking te maken richten we ons daarom uitsluitend op de methaanemissies. Bemestingemissies zijn voornamelijk lachgasemissies de beperkt toevoegen aan de totale emissies van de melkveehouderij.

Tabel 30: Vergelijkingen enkele uitkomsten van de KEV2024 met modeluitkomsten zonder beprijzing voor de melkveehouderij.

Kentallen melkveehouderij	KEV2024	Hier
Methaanemissies melkveehouderij 2030 [Mton CO_2-eq]	6.9	7.5
Methaanemissies melkveehouderij 2035 [Mton CO_2-eq]	6.8	6.9
Methaanemissies melkveehouderij 2040 [Mton CO_2-eq]	6.6	6.5
Aantal melkvee in 2022	1.57M	1.52M
Aantal melkvee in 2040	1.21M (77%)	1.08M (71%)

De methaanemissies afkomstig van ons rekenmodel komen goed overeen met de uitkomsten van de KEV (vastgesteld en voorgenomen beleid) in 2035 en 2040 (± 0.1 Mton). Wel verschillen de trajecten daarnaartoe.

In 2030 zit er een verschil van 0,6 Mton in de uitkomsten. In de basis is er reeds een belangrijk verschil, zoals ook gesignaleerd in de voorgaande vergelijkingen. De totale melkveehouderij sector zoals beschreven als som van de 8 bedrijfstypen komt uit op een lager aantal koeien en hectares in het basisjaar 2022 dan de statistiek aangeeft. Dit komt doordat dit typische bedrijven zijn, en niet een verdeling van de sector in bedrijfstypen betreft.

Het aantal melkkoeien varieert echter sterker. Dit komt doordat we werken met representatieve bedrijfstypen die voornamelijk middelgrote bedrijven weerspiegelen. Dit verschilt van een representatieve steekproef en zorgt voor een discrepantie met de werkelijke spreiding en heterogeniteit van de Nederlandse melkveehouderijsector. Een belangrijke discrepantie betreft de bedrijfsgrootte. Bijvoorbeeld in 2024 hadden 9,3% van de bedrijven 200+ melkkoeien, terwijl het bedrijfstype met het hoogste aantal melkkoeien in ons rekenmodel 164 koeien heeft (zand intensief groot). Hierdoor worden de totaal aantal melkkoeien vermoedelijk onderschat.[92]

[92] CBS, 2025, Bedrijven met melkvee,-geiten en -schapen naar grootteklasse, 2000-2024

Varkenshouderij

Vergelijking basisuitkomsten met WUR-bedrijfstypen studie

Tabel 31: Vergelijking inkomsten uit normale bedrijfsvoering en broeikasgasemissies in de WUR bedrijfstypen en transitiepaden studie en deze studie. Inkomstenverschillen komen hoofdzakelijk door andere kentallen en emissieverschillen door een andere emissiescope, ook gesignaleerd met een asterix in de tabel.

Bedrijfstypen en kenmerken		WUR	Hier	Delta
Gangbaar zeugenbedrijf	Bedrijfsresultaat	144k EUR	77k EUR	67 k EUR
	Emissies*	1880 t	1055 t	825 t
Gangbaar vleesvarkenbedrijf	Bedrijfsresultaat	110k EUR	56k EUR	54 k EUR
	Emissies*	1065 t	1017 t	48 t
Gangbaar gesloten bedrijf	Bedrijfsresultaat	150k EUR	92 k EUR	58 k EUR
	Emissies*	2391 t	1852 t	530 t
1 ster BL zeugenbedrijf	Bedrijfsresultaat	89k EUR	61 k EUR	28 k EUR
	Emissies*	1257 t	734 t	523 t
1 ster BL vleesvarkenbedrijf	Bedrijfsresultaat	177k EUR	60 k EUR	117 k EUR
	Emissies*	1208 t	1155t	53 t
1 ster BL gesloten bedrijf	Bedrijfsresultaat	174k EUR	76 k EUR	98 k EUR
	Emissies*	1860 t	1455 t	405 t

Ook voor de varkenshouderij zijn er verschillen tussen de uitkomsten in de WUR-studie en deze studie. Doordat in deze studie gebruik gemaakt wordt van de uitgangspunten van de bedrijfstypen uit de WUR-studie, maar met financiële kentallen hoofdzakelijk uit de KWIN2024-2025 komen en ook de emissiescope anders is, verschillen de berekende inkomsten en emissies in de vertreksituatie. Hieronder staat een vergelijking van het netto bedrijfsresultaat alsook de emissies in de WUR-studie en in deze studie.

De inkomsten en emissies verschillen significant tussen de studies voor dezelfde bedrijfstypen. In de regel zijn beide hoger in de WUR-studie. Dit heeft echter diverse verklaringen.

Wat betreft de emissies bevat de WUR-studie ook de upstream (scope 3) emissies uit voerproductie en verandering in landgebruik. Deze emissies worden hier niet meegenomen omdat ze buiten scope vallen. Anderzijds worden in onze studie de emissies van mestverwerking wel meegenomen, terwijl deze niet in de WUR-studie worden meegenomen. Het relatieve totale emissieverschil is het grootst voor de zeugenbedrijven en vrij beperkt voor vleesvarkensbedrijven.

De inkomens liggen hoger in de WUR-studie dan hier. De inkomens uit de normale bedrijfsvoering van de WUR zijn het gemiddelde van de jaren 2018 tot en met 2021. Zowel de kosten als prijzen zijn sindsdien toegenomen. In onze studie wordt gerekend met de KWIN2024-2025 cijfers voor kentallen als voer, welke het gemiddelde van de periode 2019 tot en met 2023 zijn. De jaren 2022 en 2023 kennen prijzen die tot 40% hoger zijn dan het gemiddelde van 2019 tot en met 2021. In ons model geeft dat netto een reductie in de bedrijfsresultaten. Het is niet mogelijk om deze uitkomsten rechtstreeks te vergelijken, maar met een aanvullende analyse zouden de historische prijzen in het model ingeladen kunnen worden om een vergelijking te maken.

Ons rekenmodel richt zich primair op de verschillen van bedrijfsresultaat in inkomsten en emissies tussen de uitgangssituatie en de transitiepaden. De absolute verschillen in basis emissies en inkomsten tussen beide studies zijn daarom van ondergeschikt belang voor onze conclusies

Vergelijking emissies met Emissieregistratie

We vergelijken verder de emissies in het basisjaar met de emissies die voor 2022 gerapporteerd zijn door Emissieregistratie. Daartoe vermenigvuldigen we het aantal bedrijven per type o.b.v. CBS-kentallen in 2022 (en verder o.b.v. 80% gangbaar en 20% 1 ster Beter Leven) met het de berekende emissies per bedrijfstype (zoals opgenomen in Tabel 32). Verder hanteren we de emissieraming methodes zoals beschreven in de NEMA-methodologie (die ook voor de Emissieregistratie gebruikt wordt).[93] De aannames rond het deel van de uitgescheden mest die bewerkt wordt volgt uit de emissieraming van het NEMA voor het jaar 2022.[94] De resultaten staan in de tabel hieronder.

Tabel 32: Broeikasgasemissies in kton CO_2-equivalenten voor de varkenshouderij voor het jaar 2022 zoals gerapporteerd door Emissieregistratie en hier berekend o.b.v. de bedrijfstypen

Emissies naar bron in kton CO_2-eq in 2022	Emissieregistratie	Hier
Methaanemissies stal en opslag	1300	1306
Methaanemissies mestbewerking	372	368
Methaanemissies mestvergisting	33	23
Methaanemissies pensfermentatie	483	472
Lachgasemissies stal en opslag	31	32
Lachgasemissies mestbewerking	48	45
Totaal	2256	2256

Over het algemeen komen de hier berekende emissies goed overeen met de door Emissieregistratie gerapporteerde emissies. Voor mestvergisting vallen de emissies lager uit, mogelijk dat

[93] RIVM (2024): Methodology for the calculation of emissions from agriculture
[94] WUR (2024): Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2022

het percentage vergiste mest onderschat wordt of tussentijdse emissies van opslag ook meegenomen worden. Verder is deze reconstructie van de sector met zes bedrijfstypen natuurlijk een versimpeling, en komen deze emissies tot stand door een grotere verscheidenheid aan bedrijven.

Vergelijking met de KEV2024

We vergelijken de modeluitkomsten zonder beprijzing met de uitkomsten uit de KEV2024, zowel op emissies als op dieraantallen. De resultaten staan in de tabel hieronder.

Tabel 33: Vergelijkingen enkele uitkomsten van de KEV2024 met modeluitkomsten zonder beprijzing voor de varkenshouderij.

Kentallen varkenshouderij	KEV2024	Hier
Emissies varkenshouderij 2030 [kton CO_2-eq]	1873	1863
Emissies varkenshouderij 2035 [kton CO_2-eq]	1846	1823
Emissies varkenshouderij 2040 [kton CO_2-eq]	1835	1734
Aantal vleesvarkens in 2040	4.1M	4.2M
Aantal fokzeugen in 2040	625k	704k

De broeikasgasemissies die berekend worden in ons model liggen over het algemeen zeer dicht bij de KEV2024 waardes, met voor de jaren 2030 en 2035 een afwijking van maximaal 1%, altijd aan de onderkant. De afwijking neemt echter toe en is in 2040 iets groter. In het model zien we dat in de laatste jaren (2038 en 2039) vrijwel alle bedrijven die het kunnen, al uitgebreid hebben en dat daardoor niet alle beschikbare rechten gebruikt worden. Hierdoor ontstaat een emissiereductie van 52 kton. Indien we deze niet meenemen, zouden de emissies in 2040 1786 kton bedragen, wat een paar procent lager is dan de 1835 kton waar PBL op uitkomt. Over het algemeen zijn de resultaten dus in goede overeenstemming.

Qua dieraantallen in 2040 komen wij op licht hogere waardes. Vermoedelijk wordt er in ons model meer mest vergist, waardoor de emissies per dier lager liggen en de totale emissies uiteindelijk ook iets lager uitvallen.

Akkerbouw

Vergelijking basisuitkomsten met WUR-bedrijfstypen studie

Op basis van de uitgangspunten en kentallen is het mogelijk om de uitkomsten van de doorrekening te vergelijken met die van de WUR-studie.[95] Het exact nabootsen van de uitkomsten is echter geen doel op zich voor deze studie. Door afwijkende keuzes in kentallen, databronnen en modelleringsmethoden zijn er namelijk verschillen te verwachten in de absolute uitkomsten tussen beide studies. Dit is geen probleem, omdat het in deze studie vooral gaat om het berekenen van verschillen in bedrijfsresultaat tussen verschillende scenario's en het analyseren van de keuzes die akkerbouwers vervolgens maken op basis van deze verschillen. De vergelijking met de WUR-studie dient daarom primair als controle op de orde van grootte en de richting van effecten, niet als exacte validatie van absolute cijfers.

In de Tabel 34 worden de belangrijke uitkomsten binnen deze studie weergegeven met betrekking tot de WUR-studie. De uitkomsten tussen de studies verschillen in sommige gevallen sterk en in andere minder.

[95] R. Jongeneel et al. (2024) Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw

Tabel 34. Bedrijfstypen voor de akkerbouw, gebaseerd op WUR (2024). Het resterende percentage areaal wordt toegeschreven aan overige gewassen.

Bedrijfsresultaat en emissies		WUR huidig (2024)	WUR toekomstig basis	Deze studie	Verschil met toekomstig basis
Graan	Bedrijfsresultaat	85k	74k	45k	27k
	Emissies	107 t	115 t	47 t	68 t
Pootaardappel	Bedrijfsresultaat	141k	115k	284k	-169k
	Emissies	183 t	196 t	71 t	125 t
Consumptieaardappel	Bedrijfsresultaat	133k	120k	100k	20k
	Emissies	109 t	117 t	48 t	69 t
Zetmeelaardappel	Bedrijfsresultaat	84k	63k	61k	2k
	Emissies	157 t	168 t	65 t	103 t
Overig	Bedrijfsresultaat	41k	32k	90k	-58k
	Emissies	82 t	88 t	31 t	57 t

Het pootaardappelbedrijf en het overige bedrijf op zandgrond vertonen de grootste verschillen in inkomsten ten opzichte van andere bedrijfstypen. Deze afwijking wordt voornamelijk veroorzaakt door variaties in gehanteerde productprijzen en de selectie van kostenposten die in de berekening worden opgenomen. Voor het pootaardappelbedrijf bestaat onvoldoende inzicht in de specifieke afschrijvingen en investeringsbedragen die afwijken van andere akkerbouwbedrijven. De BINternet-cijfers bieden hierover geen transparantie. Deze beperkte informatievoorziening over de kostentoerekening resulteert waarschijnlijk in een onderschatting van de werkelijke kosten voor dit bedrijfstype. Het relatief gunstige bedrijfsresultaat dat uit de berekeningen naar voren komt, kan daarom mogelijk een vertekend beeld geven van de werkelijke economische situatie.

De gerapporteerde broeikasgasemissies vertonen aanzienlijke verschillen tussen studies, wat voornamelijk komt door verschillen in systeemafbakening. De WUR-studie hanteert een bredere scope door zowel directe als indirecte emissiebronnen mee te nemen. Naast emissies uit machinegebruik (voornamelijk dieselverbruik) worden ook indirecte emissiebronnen zoals mineralisatie van moerige gronden, uitspoeling en emissies van gewasresten meegerekend. Deze indirecte

bronnen vertegenwoordigen ongeveer de helft van de totale lachgasemissies in de landbouwsector.[96]

In de huidige studie is gekozen voor een beperktere afbakening van emissies, waarbij uitsluitend directe emissiebronnen worden belast, conform de methodologie beschreven in de Conceptuele vormgeving. Voor de akkerbouwsector betekent dit concreet dat alleen de directe emissies uit mesttoepassing worden meegenomen, waaronder kunstmest, dierlijke mest en compost. Deze methodologische keuze resulteert in een belastbare emissie van circa 700-900 kg CO_2-equivalenten per hectare. De werkelijke lachgasemissies liggen ongeveer twee keer zo hoog wanneer indirecte bronnen worden meegerekend, waarbij ook de emissies uit brandstofgebruik nog niet zijn inbegrepen.

Vergelijking emissies met Emissieregistratie

Een directe vergelijking met de gerapporteerde emissies uit emissieregistratie biedt geen goede basis voor het inschatten van de totale broeikasgasemissies uit de akkerbouwsector. De belangrijkste complicatie ontstaat doordat emissiedata voor bouwland en grasland niet gescheiden worden geregistreerd.[97] Emissies uit bemesting worden als geaggregeerde waarde gepresenteerd, waardoor een nauwkeurige toerekening aan specifieke teeltsystemen geen eenvoudige opgave is.

Het CBS heeft recent een benadering gehanteerd door emissies te categoriseren op basis van productgroepen.[98] In deze benadering worden verschillende databronnen gebruikt en een rekenmodel om de mest toe te delen aan verschillende landbouwproductgroepen. De analyse resulteert in een geschatte emissie van ongeveer 1 megaton CO_2-equivalenten voor de akkerbouwsector, inclusief CO_2-emissies uit machinegebruik en de CO_2-emissies die vrijkomen door het toepassen van kunstmest. De lachgasemissies alleen bedragen circa 0,7 megaton. Deze cijfers corresponderen met de WUR-studie, die een emissiefactor van ongeveer 2 ton per hectare rapporteert. Bij een akkerbouwareaal van ongeveer 500 duizend hectare resulteert dit eveneens in circa 1 megaton.

In deze studie komen we uit op een lagere emissie van ongeveer 0,4 Mton voor 2023, gebaseerd op de directe emissiebronnen uit het toepassen van mest. Dit verschil wordt verklaard door de gehanteerde systeemafbakening: emissies uit machinegebruik worden toegerekend aan de mobiliteitssector in plaats van de landbouwsector, en indirecte emissiebronnen zoals gewasresten en mineralisatie van moerige gronden blijven buiten beschouwing. De emissies die wel worden

[96] WUR (2023) Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2021. Deze inschatting is gebaseerd op tabel 9.2 uit het rapport.
[97] Emissieregistratie (2025) Emissieregistratie, datareeks 1990-2022 Definitief
[98] CBS (2024) Emissies van de Nederlandse landbouw naar productgroepen

meegenomen zijn de directe CO_2-emissies van kunstmest en de lachgasemissies van kunstmest, dierlijke mest en compost.

Vergelijking met de KEV2024

Voor de akkerbouw hebben we geen vergelijking met de KEV2024 gemaakt omdat de emissies van bemesting niet aan sectoren toebedeeld zijn.