



Uitwerking boerderijvarianten op economie en broeikasgasemissies

Klimaatbestendige akkerbouw op veengronden

Daan Verstand | Marcel van der Voort & Marcel Vijn



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Uitwerking boerderijvarianten op economie en broeikasgasemissies

Klimaatbestendige akkerbouw op veengronden

Daan Verstand
Marcel van der Voort
Marcel Vijn

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten, in het kader van het Kennis Basis programma Circular and Climate Neutral Society; KB-34-005-001.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, December 2020

Rapport WPR-854

Verstand, D., van der Voort, M., Vijn, M., 2020. *Uitwerking boerderijvarianten op economie en broeikasgasemissies; Klimaatbestendige akkerbouw op veengronden*. Wageningen Research, Rapport WPR-854

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/535251>

Vanuit dit rapport is er tevens een brochure ontwikkeld. Deze is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/535252>

Trefwoorden: Akkerbouw op veengrond, economische analyse, broeikasgasemissies, vernatting.

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad, www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-854

Tekening omslag: Henk van Ruitenbeek

Inhoud

	Woord vooraf	8
	Samenvatting	9
1	Inleiding	11
	1.1 Aanleiding en context	11
	1.1.1 Aanpak onderzoek	11
	1.1.2 Leeswijzer	12
2	Uitgangssituatie	14
3	Economische verkenning kengetallen	15
	3.1 Zonne-energie	15
	3.1.1 Achtergrond	15
	3.1.2 Economische verkenning zonne-energie	15
	3.1.3 Discussiepunten bij zonne-energie	15
	3.1.4 Conclusie zonne-energie	16
	3.2 Natte teelten	16
	3.2.1 Typha - Lisdodde	16
	3.2.2 Phragmites - Riet	17
	3.2.3 Miscanthus - Olifantsgras	18
	3.2.4 Salix - Wilg	19
	3.2.5 Panicum virgatum L. - Switchgrass	20
	3.2.6 Conclusie natte teelten	20
	3.3 Cranberry's	20
	3.3.1 Cranberry's – Vaccinium macrocarpon	21
	3.4 Eiwitgewassen	21
	3.4.1 Veldbonen (<i>Vicia Faba</i>)	22
	3.4.2 Erwtten (doperwtten) (<i>Pisum sativum</i>)	22
	3.4.3 Soja (<i>Glycine Max</i>)	23
	3.4.4 Lupine (witte) (<i>Lupinus albus</i>)	23
	3.4.5 Conclusies eiwitteelten	23
	3.5 Conclusie en aanbevelingen economische kengetallen	24
4	Analyse boerderijvarianten op economie en broeikasgasemissies	25
	4.1 Proces van opstellen en analyse van varianten	25
	4.1.1 Uitgangspunten analyse	26
	4.1.2 Structuur analyse	27
	4.2 Referentieboerderij	28
	4.3 Eiwitboerderij	29
	4.4 Groenblauwe boerderij	31
	4.5 Energieboerderij	32
	4.6 Circulaire boerderij	34
	4.7 Vezelboerderij	36
	4.8 Internetboerderij	37
5	Overzicht en conclusie	41
	5.1.1 Economische sortering van de varianten	41
	5.1.2 Broeikasgasemissie sortering van de varianten	41

5.1.3	Combinatie broeikasgasemissie en economie	42
5.1.4	Conclusie	43
5.1.5	Aanbevelingen	43
	Literatuur	45
Bijlage 1	Betrokken en geraadpleegde personen en organisaties	47



Woord vooraf

Dit rapport is het vervolg op een onderzoek dat vorig jaar is opgestart; het KB Veengronden, deelproject *akkerbouw op veen en moerige gronden*. De resultaten van het onderzoek vorig jaar zijn gepubliceerd onder de titel *Naar klimaatbestendige agrarische bedrijven op veen en moerige gronden in de Veenkoloniën* (Verstand, Bulten and Vijn, 2020), <https://doi.org/10.18174/515384>. Daarin zijn mogelijke landbouwsystemen verkend die broeikasgasemissies kunnen reduceren door veenoxidatie te verminderen. Er werden ook kennisleemten geobserveerd; effectiviteit van de maatregelen en verdienmodellen. Daar tracht dit rapport voor u antwoord op te geven.

Het onderzoek en daarmee dit rapport en de brochure hadden niet tot stand kunnen komen zonder de betrokken organisaties in de Veenkoloniën. Zij hebben ons voorzien van de nodige sturing en hebben ons geholpen de gevraagde focus aan te brengen op de toekomstperspectieven. We willen ze daar hartelijk voor bedanken.

Samenvatting

In 2019 is gewerkt aan het opstellen van boerderijvarianten die passen binnen een circulaire en klimaat neutrale maatschappij. Om meer handen en voeten te geven aan de opgestelde boerderijvarianten is er nu een nadere uitwerking en verfijning uitgevoerd. Er zijn zes boerderijvarianten uitgewerkt op broeikasbasemissies en verdien capaciteit per hectare. Gedurende het proces werd duidelijk dat enkele varianten of maatregelen uit de verkenning van 2019 niet realistisch gezien worden. Deze zijn daarom niet in de boerderij-analyses meegenomen.

De volgende zes boerderijvarianten zijn op beide criteria (economie en broeikasgasemissies) beoordeeld en vergeleken met de referentie situatie in het gebied: De Eiwitboerderij, de groenblauwe boerderij, de energieboerderij, de circulaire boerderij, de vezelboerderij en de internetboerderij. Deze varianten zijn afgezet ten opzichte van de referentie situatie; akkerbouw met lage grondwaterstanden tussen de 120-160 cm onder maaiveld, waar zetmeelaardappelen, suikerbieten en zomergerst worden geteeld.

De dikkere veenpakketten op deze bedrijven emitteren met de huidige lage grondwaterstanden veel broeikasgassen door de oxidatie van het veen. Doelstellingen vanuit het klimaatakkoord richten zich erop deze uitstoot te verminderen. Dit rapport presenteert inschattingen van mogelijk te realiseren emissiereducties door de toepassing van de boerderijvarianten op deze dikke veenpakketten. Veel varianten passen een ander gewas of maatregel toe op 20% van het bedrijf, omdat aangenomen is dat 20% van het oppervlakte van het bedrijf dikke veenlagen bevat. Daarnaast zijn economische cijfers zijn verzameld voor de verschillende maatregelen en alternatieve gewassen. Deze zijn uitgewerkt op saldo niveau per hectare per jaar en vervolgens toegepast in boerderijvarianten.

Uit deze analyse blijkt dat de energie boerderij met zonnepanelen in vaste constructie en een verhoogd waterpeil op 20% van het bedrijf het best scoren op zowel economisch perspectief en broeikasgasemissiereductie. Bovendien worden in deze varianten betere resultaten gerealiseerd dan in de referentie situatie. Ook de internet boerderij presteert redelijk goed, ook al staan daar nog wel flinke investeringen tegenover. De eiwitboerderij zit aan de andere kant van het spectrum; er treedt geen vermindering van broeikasgasemissies op en het saldo per hectare is lager dan in de referentie situatie. De circulaire boerderij en de vezelboerderij zijn in staat de emissies te verlagen, maar leiden tot lagere economische opbrengsten. De groenblauwe variant lijkt qua prestatie veel op de referentie boerderij, maar weet wel andere neveneffecten te realiseren zoals een toename in waterberging en biodiversiteit.

De volgende benodigde stappen zijn om de praktische toepasbaarheid te toetsen en de technische en hydrologische haalbaarheid van de varianten verder te onderzoeken via pilots en experimenten.

1 Inleiding

Hieronder wordt de context van het onderzoek geschetst, wordt de aanpak toegelicht en is de leeswijzer te vinden.

1.1 Aanleiding en context

In 2020 is het rapport "Naar klimaatbestendige agrarische bedrijven op veen en moerige gronden in de Veenkoloniën" gepubliceerd (Verstand, Bulten and Vijn, 2020). In het betreffende onderzoeksproject zijn in een interactief traject een aantal bedrijfsscenario's – *de varianten* – uitgewerkt. De bedrijfsscenario's zijn daarin globaal beschreven en kwalitatief beoordeeld op natuur- en milieukundige aspecten en sociaaleconomische aspecten.

Dit onderzoek is een vervolgstap op het bovengenoemde onderzoek. In dit rapport wordt de verkenning en uitwerking van de economische haalbaarheid van een aantal varianten gepresenteerd. Voor de economische uitwerking is het belangrijk om de kengetallen van de gewassen in de varianten scherp te krijgen, voordat deze toegepast kunnen worden in de bedrijfsvarianten. Vervolgens worden deze gewassen toegevoegd aan de huidige situatie en kan er een berekening worden gemaakt over de bedrijfseconomische verschillen tussen de referentie en de variant-bouwplannen. Daarnaast is er ook aandacht voor een analyse over de broeikasgasemissie per variant. Ook dat is deels gebaseerd op de verkenningen uit voorgaande onderzoek (Verstand, Bulten and Vijn, 2020). We spreken hier van Klimaatbestendige akkerbouw als de uitstoot van broeikasgasemissies door veenoxidatie geminimaliseerd wordt (doelstelling uit het klimaatakkoord) en er toekomstperspectief voor de boer aanwezig is doordat er aanpassingen in het bedrijf gemaakt worden.

1.1.1 Aanpak onderzoek

In dit onderzoek is de kwantitatieve onderbouwing van de economische haalbaarheid en broeikasgasemissies van een aantal varianten uit het eerdere genoemde onderzoek van Verstand et al. (2020) uitgevoerd. Het aanpak is in een aantal stappen samen te vatten:

- De eerste stap was om de achtergrond gegevens en de huidige situatie op een rij te krijgen, die dienen als input voor de verdere analyse. Zo zijn er saldi opgesteld van gewassen en maatregelen die naar voren kwamen uit het rapport van Verstand et al.,(2020) of nieuwe ontwikkelingen in het gebied. De saldi zijn opgesteld op basis van literatuur en expertise die per hectare de opbrengsten en kosten vergelijken van natte teelten, energieproductie (zonnepanelen), cranberries en eiwitgewassen. De referentie situatie is vorm gegeven op basis van statistische gegevens en de KWIN akkerbouw en vollegrondsgroente (van der Voort, 2018). Voor broeikasgasemissies per variant en maatregel is gebruik gemaakt van de analyse in het voorgaande rapport (Verstand, Bulten and Vijn, 2020).
- De tweede stap behelsde het toevoegen of aanscherpen van de varianten ten opzichte van Verstand et al.,(2020). Dat is samen met betrokken organisaties in het gebied gedaan. De betrokken organisaties zijn WUR Proefboerderij Valthermond, provincie Groningen, Eelerwoude, Waterschap Hunze en Aa's. Deze nieuwe set varianten wordt vervolgens geanalyseerd worden in stap 3.
- De derde stap is de analyse van de opgestelde varianten, op economische aspecten en broeikasgasemissies plus extra milieukundige effecten. Daarbij zijn ook kanttekeningen benoemd die als barrières of randvoorwaarde voor implementatie van een variant gezien kunnen worden.

1.1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de uitgangssituatie van de akkerbouw in de Veenkolonien gepresenteerd. Hoofdstuk 3 betreft de kwantitatieve economische verkenning van de zonne-energie, de natte teelten, cranberries en eiwitgewassen tot een saldo per hectare per jaar, inclusief conclusies en aanbevelingen over deze economische kengetallen. Hoofdstuk 0 presenteert de bedrijfsvarianten en past de kengetallen daarop toe, zodat er een bedrijfseconomisch inschatting gemaakt kan worden van de prestatie van deze varianten ten op zichten van de opgestelde referentie. Daar wordt ook ingegaan op de kanttekeningen en bijdrage aan CO₂ emissie reductie en circulariteit. Hoofdstuk 5 vergelijkt de varianten, constateert de verschillen en concludeert over de geschiktheid van de variant op basis van de economische prestatie en de broeikasgasemissies.



2 Uitgangssituatie

De bedrijfsscenario's uit Verstand et al. (2020) zijn uitgewerkt voor de regio Veenkoloniën. In meerdere scenario's wordt landbouwgrond uit de reguliere akkerbouwproductie gehaald zodat de veenoxidatie verminderd wordt. Dit heeft consequenties voor de bestaande gewasrotatie en het economisch saldo. De gevolgen ten opzichte van de huidige situatie worden derhalve als uitgangspunt genomen.

De landbouwregio Veenkoloniën/Oldambt kent een volgende verdeling van areaal over de verschillende landbouwsectoren. Uitgangspunt zijn de CBS gegevens (CBS, 2018) voor de open sectoren.

Tabel 1. Verdeling areaal over landbouwsectoren Veenkoloniën/Oldambt

Regio Veenkoloniën/Oldambt	Percentages
Akkerbouw	62%
Grasland & groenvoedergewassen	36%
Tuinbouw open grond	2%

Bron: (CBS, 2018)

Voor deze studie wordt alleen akkerbouw in Veenkoloniën uitgewerkt. Op basis van de CBS gegevens zijn voor de akkerbouw de grootste gewasarealen bepaald. Uit de CBS gegevens komen 4 gewassen naar voren, namelijk zetmeelaardappelen, wintertarwe, suikerbieten en zomergerst. Deze gewassen vormen 82% van het akkerbouwareaal.

Tabel 2. Verdeling akkerbouw- en tuinbouwgewassen Veenkoloniën/Oldambt

Gewas	Aandeel bouwplan
Zetmeelaardappelen	35%
Suikerbieten	20%
Wintertarwe	15%
Zomergerst	12%
Consumptieaardappelen	4%
Pootaardappelen (TBM)	2%
Hennep	2%
Zaaiuien	1%
Lelies	1%
Winterkoolzaad	1%
Wintergerst	1%
Korrelmaïs	1%

Bron: (CBS, 2018)

Noot: de percentages in de tabel zijn opgeteld 95%. De resterende 5% zijn overige gewassen. De overige gewassen zijn buitenbeschouwing in de tabel.

Op basis van de vier gewassen, de saldi en het aandeel in het bouwplan komt een gemiddeld saldo zo op € 1.305,- per hectare uit.

Tabel 3. Economische saldi per hectare voor gewassen in Veenkoloniën

Gewas	Saldo per hectare
Zetmeelaardappelen	€ 1.026,-
Suikerbieten	€ 2.143,-
Wintertarwe	€ 1.170,-
Zomergerst	€ 889,-

Bron: (van der Voort, 2018)

3 Economische verkenning kengetallen

Hier worden voor de relevante energie-producerende systemen (zonne-energie) en gewassen de kosten, opbrengsten en saldi gepresenteerd.

3.1 Zonne-energie

3.1.1 Achtergrond

Als één van de varianten in Verstand et al. (2020) is de water- en energieboerderij uitgewerkt. In deze variant wordt op het agrarisch bedrijf water gebufferd. De lage delen van het agrarisch bedrijf komen onder water te staan. Deze delen, bassins, worden gebruikt voor zonne-energieproductie. De economische verkenning in dit rapport voor zonne-energie is verdeeld in een vaste constructie, zoals gebruikelijk voor zonneparken en een drijvende constructie.

3.1.2 Economische verkenning zonne-energie

Uit een eerder uitgevoerde, niet gepubliceerde, verkenning uit 2018 voor Rijkswaterstaat door ACRRES-WUR is uitgewerkt dat zonne-energie een rendabele business case is. In de uitwerking voor zonne-energie met vaste constructie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- 2.600 zonnepanelen per hectare;
- 300 Watt piek (Wp) per zonnepaneel;
- €0,70 per Watt piek (Wp) installatiekosten;
- Overige kosten van aansluiting en voorbereiding zijn meegenomen;
- SDE-subsidie inkomsten en een looptijd van 30 jaar;
- In de operationele kosten zijn o.a. systeem- en meetdiensten, onderhoudskosten en verzekering meegenomen.

De uitwerking van de businesscase realiseert per hectare op ongeveer € 3.000,- per jaar aan inkomsten. Dit betreft een gemiddelde over de looptijd van 30 jaar.

De drijvende constructie kent hogere installatiekosten. Volgens de opgave van leverancier is het aantal panelen per hectare hoger. In de uitwerking voor drijvende zonne-energie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- 3.000 zonnepanelen per hectare;
- 300 Watt piek (Wp) per zonnepaneel;
- €0,89 per Watt piek (Wp) installatiekosten;
- Overige kosten van aansluiting en voorbereiding zijn meegenomen;
- SDE-subsidie inkomsten en een looptijd van 30 jaar;
- In de operationele kosten zijn o.a. systeem- en meetdiensten, onderhoudskosten en verzekering meegenomen.

Het aantal zonnepanelen per hectare ligt hoger dan voor een vaste constructie (reguliere zonneparken). De zonnepanelen liggen kort op elkaar, vlak op het wateroppervlakte en met een beperkte hellingshoek. Hierdoor passen er naar verhouding meer zonnepanelen op hetzelfde oppervlakte. In de uitwerking komt hiermee de inkomsten per hectare op ongeveer -€ 7.500,- per jaar gemiddeld over de looptijd van 30 jaar, een flink negatief saldo.

3.1.3 Discussiepunten bij zonne-energie

Een belangrijke kanttekening en nadeel voor zonne-energie is de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk bij de regionale netbeheerder Enexis. Enexis geeft aan dat er beperkingen gelden voor de gekozen regio (Enexis, 2020).

Een andere kanttekening is het volgende. Er is gerekend met SDE-subsidie uit de eerdere verkenning van ACRRES. De SDE-subsidie wijzigt per jaar en per openstelling. De SDE-subsidie is ongeveer 50% van de inkomsten. Dit betekent dat de financiële resultaten niet 1-op-1 kunnen worden

overgenomen. De actuele wijzigingen in de SDE-subsidie, eisen en vergoedingen, kunnen de economische uitkomst beïnvloeden.

De installaties zijn volledig afgeschreven. De subsidieduur is gehanteerd voor de afschrijvingstermijn. Voor zonnepanelen en onderconstructie (op land) geldt veelal een technische levensduur van 30 jaar. Voor alle casussen geldt dat met richtprijzen is gewerkt. Er is derhalve geen rekening gehouden met onderhandelingsmogelijkheden op de prijs voor een dergelijk project.

Voor met name drijvende zonnepanelen geldt dat deze niet concurreren met teelten op land. Tevens geldt dat met name drijvende zonnepanelen in open water geen risico op schaduw hebben. Wellicht zou er voor de gerealiseerde waterberging een vergoeding mogelijk zijn. Dat is in deze berekeningen niet meegenomen.

Een aanvullende optie die in combinatie met zonne-energie verkend kan worden, is (kleinschalige) windenergie. Uit onderzoek blijkt dat de productieprofielen van zonne- en windenergie elkaar complementeren (van der Voort and Timmerman, 2019). Door de combinatie van zonne- en windenergie in de juiste verhouding ontstaat een redelijk vlak aanbod van energie gedurende het jaar. Door het combineren van zonne- en windenergie ontstaan tevens opties voor 'cablepooling'; het combineren van zonne- en windenergie op één en dezelfde kabel. Dit heeft een positief effect op de kosten voor de elektriciteitsaansluiting en -netwerk.

3.1.4 Conclusie zonne-energie

Voor de zonne-energie met vaste constructie geldt dat de financiële opbrengst per hectare ruim boven de opbrengsten voor reguliere akkerbouw ligt. De drijvende constructie pakt sterk negatief uit. Wel is er een financiële onzekerheid door veranderingen in de SDE-subsidie en de benodigde netwerkcapaciteit.

Een voordeel van beide zonne-energie opties is dat het veld volledig onder water kan komen te staan. De vaste constructie zou mogelijk hoger geplaatst kunnen worden om extra waterberging mogelijk te maken. De eventuele extra aanpassingen hiervoor zijn niet meegenomen in de berekeningen. Of een aanpassing nodig is, hangt af van het waterniveau wat gewenst is.

3.2 Natte teelten

In de verschillende bedrijfsscenario's (Verstand, Bulten and Vijn, 2020) zijn natte teelten benoemd, waaronder wilgen en lisdodde. In andere studies naar teelten onder natte omstandigheden zijn riet en miscanthus benoemd. De vier gewassen zijn verkend en uitgewerkt naar een potentieel economisch resultaat per hectare. Hierbij is voor alle gewassen uitgegaan van de twee soorten toepassing; verbranding (laagwaardige toepassing) en toepassing in de vezelindustrie voor lisdodde en miscanthus, waar opbrengstprijzen hoger liggen. De keuze zorgt voor eenzelfde uitgangspunt tussen de verschillende gewassen. Vrijwel alle gewassen zijn ook in te zetten als grondstof voor materialen (vb. isolatie- of plaatmateriaal). Voor gewassen met andere toepassingsmogelijkheden zijn die benoemd met waar mogelijk ook de bijbehorende prijsniveaus. Daar geldt wel dat de teler afhankelijk is of deze keten aanwezig is voor het verkrijgen van deze prijs. Dit is niet onderzocht. Naast de kwantitatieve economische verkenning zijn relevante praktische opmerkingen uit de literatuur opgenomen.

3.2.1 Typha - Lisdodde

Uit literatuur zijn opbrengsten en kosten bepaald. Een reëel te verwachte opbrengst ligt tussen de 9 en 10 ton droge stof (ds.) per hectare. Als prijs wordt €35,- per ton ds. gehanteerd (Cremers, Uwens and Strengers, 2019). Een prijs die geldt voor verbranding als biomassa.

Tabel 4. Saldoberekening per opbrengstscenario voor lisdoddeteelt per teeltjaar

Lisdoddeteelt opbrengstscenario's	9 ton/ha	10 ton/ha
Opbrengst (bij €35,- per ton ds.)	€ 315,-	€ 350,-
Uitgangsmateriaal (€ 2.500,- en 20 jaar)		€ 125,-
Oogstkosten		€ 350,-
Persen (€12,- pak; 2 pakken/ton)	€ 216,-	€ 240,-
Opslagkosten (€ 100,- investering/ton; 4% jaarkosten)	€ 36,-	€ 40,-
Transport (€ 10,- per ton ds.)	€ 90,-	€ 100,-
Teeltkosten inclusief opslag en transport	€ 817,-	€ 855,-
Resultaat per hectare	- € 502,-	- € 505,-

Bronnen: (Daatselaar *et al.*, 2009; VIC, 2016a; Bestman *et al.*, 2019).

Een nadeel is de vorming van chlorides bij verbranding (Morgenstern and de Groot, 2010). Daarnaast heeft lisdodde bij verbranding een hogere fijnstofuitstoot ten opzichte van hout. Als onkruidbestrijdingsoptie wordt het onder water zetten van het perceel als optie benoemd. Dit als alternatief voor chemische of mechanische onkruidbestrijding. Lisdodde kan in de zomer of wintermaanden worden geoogst. Voor energieteelt wordt oogst in het najaar aanbevolen. Dit vanwege het lagere vochtgehalte in het product. De lisdodde wordt met oogstmechanisatie uit de riet-teelt geoogst.

De Factsheet VIC (2016a) voor lisdodde benoemd ruwvoeder en vezel als alternatieve opties/markten. De factsheet benoemd €90-160 per ton ds. als prijsreferentie voor ruwvoer en €80-120 per ton ds. als prijsreferentie voor vezeltoepassing. Bij die toepassing treedt niet de emissie van chlorides of fijnstof op, die wel bij verbranding optreden. Voor ruwvoeder toepassing speelt veevoederveiligheid een rol. In onderstaande Tabel 5 staat de saldoberekening waar de vezeltoepassingsprijs (€80) is gebruikt. Daar is het saldo net aan negatief.

Tabel 5. Saldoberekening per opbrengstscenario voor lisdoddeteelt per teeltjaar, met als productdoel vezeltoepassing. Let op, hiervoor moet er wel een productketen aanwezig zijn.

Lisdoddeteelt opbrengstscenario's	9 ton/ha	10 ton/ha
Opbrengst (bij €80,- per ton ds.)	€ 720,-	€ 800,-
Uitgangsmateriaal (€ 2.500,- en 20 jaar)		€ 125,-
Oogstkosten		€ 350,-
Persen (€12,- pak; 2 pakken/ton)	€ 216,-	€ 240,-
Opslagkosten (€ 100,- investering/ton; 4% jaarkosten)	€ 36,-	€ 40,-
Transport (€ 10,- per ton ds.)	€ 90,-	€ 100,-
Teeltkosten inclusief opslag en transport	€ 817,-	€ 855,-
Resultaat per hectare	- € 97,-	- € 55,-

3.2.2 Phragmites - Riet

Uit literatuur zijn opbrengsten en kosten bepaald. Een reëel te verwachte opbrengst ligt tussen de 10 en 15 ton ds. per hectare. Als prijs wordt €35,- per ton ds. gehanteerd (Cremers, Uwens and Strengers, 2019). Een prijs die geldt voor verbranding als biomassa.

Tabel 6. Saldoberekening per opbrengstscenario voor riet-teelt per teeltjaar

Rietteelt opbrengstscenario's	10 ton/ha	15 ton/ha
Opbrengst (bij €35,- per ton ds.)	€ 350,-	€ 525,-
Uitgangsmateriaal (€ 8.000,- en 20 jaar)		€ 400,-
Oogstkosten		€ 300,-
Persen (€12,- pak; 2 pakken/ton)	€ 240,-	€ 360,-
Opslagkosten (€ 100,- investering/ton; 4% jaarkosten)	€ 40,-	€ 60,-
Transport (€ 10,- per ton ds.)	€ 100,-	€ 150,-
Teeltkosten inclusief opslag en transport	€ 1.080,-	€ 1.270,-
Resultaat per hectare	- € 730,-	- € 745,-

Bronnen: (Daatselaar *et al.*, 2009; Bestman *et al.*, 2019).

Een voordeel van de riet-teelt is, dat deze vrij is van gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Daarnaast kunnen rietkragen voor meer biodiversiteit zorgen, wat voordelen met zich mee brengt voor de teelten, zoals natuurlijke plaagbestrijding. Een nadeel is de vorming van chlorides bij verbanding. Riet heeft, net als lisdodde, bij verbranding een hogere fijnstof uitstoot ten opzichte van hout.

3.2.3 Miscanthus - Olifantsgras

Op basis van literatuur zijn opbrengsten en kosten bepaald. De opbrengst ligt rond de 15 ton ds. per hectare. Als prijs wordt €35,- per ton ds. gehanteerd (Cremers, Uwens and Strengers, 2019). Een prijs die geldt voor verbranding als biomassa.

Tabel 7. Saldoberekening voor miscanthusteelt.

Miscanthusteelt opbrengstscenario	15 ton/ha
Opbrengst (bij €35,- per ton)	€ 525,-
Uitgangsmateriaal (€ 2.000,- en 20 jaar)	€ 100,-
Onkruidbestrijding (chemisch) (€150,-/2 jaar)	€ 15,-
Oogstkosten (€350,- p.ha)	€ 350,-
Opslagkosten (€ 100,- investering/ton; 4% jaarkosten)	€ 60,-
Transport (€ 10,- per ton ds.)	€ 100,-
Teeltkosten inclusief opslag en transport	€ 675,-
Resultaat per hectare	- € 150,-

Bronnen: (van der Voort *et al.*, 2008; Daatselaar *et al.*, 2009; VIC, 2016b).

Miscanthus is niet gebaad bij omstandigheden met waterstanden op of boven het maaiveld. De Factsheet VIC (2016b) benoemt waterstanden tot maaiveld niveau (0 cm), maar in de zomer moet het droger zijn. In de miscanthusteelt wordt in de eerste jaren veelal gebruik gemaakt van gewasbeschermingsmiddelen. Dit om onkruid te bestrijden als het gewas nog niet dicht staat. Een optie zou zijn dit mechanisch te doen. Een ander nadeel is de vorming van chlorides bij verbanding. Miscanthus is een droger product als houtsnippers. Het is daarom geschikt om bij te mengen bij hout- (wilg)-snippers voor verbranding. De combinatie is droger dan alleen houtsnippers. Dat is een voordeel bij de verbranding. Door het mengen van miscanthus- en houtsnippers kan het gewenste vochtgehalte worden verkregen.

In het derde jaar is er sprake van een oogstbare hoeveelheid gewas. Hierna is sprake van een jaarlijkse oogst in januari/februari. Dit is veelal wel een natte periode op het land, om te oogsten. Bij zeer natte omstandigheden kan aangepaste mechanisatie (rupsbanden) nodig zijn. De Factsheet VIC (2016b) benoemt strooisel en bouw materiaal als alternatieve opties. Bij die toepassingen treedt niet de emissie van chlorides of fijnstof op, die wel bij verbranding optreden. Voor deze opties wordt €80-120 per ton ds. als prijsreferentie gegeven. In Tabel 8 staat de saldoberekening waar de vezeltoepassingsprijs (€80) is gebruikt. Dan is het saldo positief; € 525,-

Tabel 8. Saldoberekening voor miscanthusteelt met als productdoel vezeltoepassing. Let op, hiervoor moet er wel een productketen aanwezig zijn.

Miscanthusteelt opbrengstscenario	15 ton/ha
Opbrengst (bij €80,- per ton)	€ 1200,-
Uitgangsmateriaal (€ 2.000,- en 20 jaar)	€ 100,-
Onkruidbestrijding (chemisch) (€150,-/2 jaar)	€ 15,-
Oogstkosten (€350,- p.ha)	€ 350,-
Opslagkosten (€ 100,- investering/ton; 4% jaarkosten)	€ 60,-
Transport (€ 10,- per ton ds.)	€ 100,-
Teeltkosten inclusief opslag en transport	€ 675,-
Resultaat per hectare	€ 525,-

3.2.4 Salix - Wilg

Op basis van literatuur zijn opbrengsten en kosten bepaald, hierbij is uitgegaan van de teelt van energiewilg. De opbrengst ligt rond de 18 tot 20 ton ds. per hectare. Als prijs wordt €35,- per ton ds. gehanteerd (Cremers, Uwens and Strengers, 2019). Een prijs die geldt voor verbranding als biomassa.

Tabel 9. Saldoberekening per opbrengstscenario voor wilgenteelt

Wilgenteelt opbrengstscenario's	18 ton/ha	20 ton/ha
Opbrengst (bij €35,- per ton)	€ 630,-	€ 700,-
Uitgangsmateriaal (€ 1.800,- en 20 jaar)		€ 90,-
Oogstkosten		€ 350,-
Opslagkosten (€ 100,- investering/ton; 4% jaarkosten)	72,-	€ 80,-
Transport (€ 10,- per ton ds.)	€ 180,-	€ 200,-
Teeltkosten inclusief opslag en transport	€ 692,-	€ 720,-
Resultaat per hectare	- € 62,-	- € 20,-

Bronnen: (van der Voort *et al.*, 2008; Daatselaar *et al.*, 2009; Jansen and Boosten, 2013; VIC, 2016c)

Wilgen zijn goed bestand tegen natte omstandigheden. De Factsheet VIC (2016c) benoemt waterstanden tot maaiveld niveau (0 cm), maar in de zomer moet het droger zijn. De onkruidbeheersing is, met name in de eerste jaren, een aandachtspunt. De oogst kan middels een aangepaste maishakselaar in de winter (januari/februari). Bij zeer natte omstandigheden kan gebruik van rupsbanden nodig zijn. De oogst is veelal elke twee jaar.

3.2.5 Panicum virgatum L. - Switchgrass

Op basis van literatuur zijn opbrengsten en kosten bepaald. De opbrengst ligt rond de 10 tot 12 ton ds. per hectare (Elbersen, Poppens and Bakker, 2013). Als prijs wordt €35,- per ton ds. gehanteerd (Cremers, Uwens and Strengers, 2019). Een prijs die geldt voor verbranding als biomassa.

Tabel 10. Saldoberekening per opbrengstscenario voor switchgrass.

Wilgenteelt opbrengstscenario's	10 ton/ha	12 ton/ha
Opbrengst (bij €35,- per ton)	€ 350,-	€ 420,-
Uitgangsmateriaal (€ 210,- en 20 jaar)		€ 11,-
Oogstkosten		€ 350,-
Opslagkosten (€ 100,- investering/ton; 4% jaarkosten)	40,-	€ 48,-
Transport (€ 10,- per ton d.s.)	€ 100,-	€ 120,-
Teeltkosten inclusief opslag en transport	€ 501,-	€ 529,-
Resultaat per hectare	- € 151,-	- € 109,-

Bronnen: (van der Voort *et al.*, 2008; Daatselaar *et al.*, 2009; Elbersen, Poppens and Bakker, 2013).

Switchgrass is een onbekend gewas, uit literatuur blijkt deze goed bestand tegen natte omstandigheden (Barney *et al.*, 2009). De oogst kan met behulp van een aangepaste maishakselaar in de winter (januari/februari). Bij zeer natte omstandigheden kan gebruik van rupsbanden nodig zijn. Switchgrass heeft goede verbrandingskenmerken en hierdoor zeer geschikt als biomassa voor verbranding.

3.2.6 Conclusie natte teelten

Op wilg na laten alle potentiële natte teelten een negatieve economische uitkomst zien als verbranding het doeleinde is. Voor vezeltoepassing pakt het gunstiger uit. Geen van de natte teelten haalt de gemiddelde akkerbouwinkomsten per hectare, zelfs niet als de prijs voor vezelproducten gerekend kan worden, zoals bij lisdodde en miscanthus is gedaan. Om het telen van natte teelten te stimuleren is compensatie noodzakelijk. Dit om het verlies aan inkomsten per hectare te compenseren. De publieke dienst, waterberging en reductie van broeikasgasemissies zouden vergoed kunnen worden om toch natte teelten te realiseren. Niet onderzocht is de verhouding tussen noodzakelijke publieke investeringen in het watersysteem en een compensatie per hectare voor de natte teelten. Op basis van de literatuur blijkt dat een aantal natte teelten niet tegen hogere waterstanden als tot op maaiveld niveau kan. Gezien de veenoxidatieproblematiek is vernatting tot het maaiveld echter voldoende om de oxidatie aanzienlijk te verminderen. De natte teelten kennen een aantal voordelen. Zo kennen alle natte teelten een lage arbeidsbehoefte. Verder zorgen de natte teelten voor een hogere biodiversiteit. In diverse bronnen wordt benoemd dat de natte teelten zorgen schuil-, foerageer- en pleisterplaats voor diverse dieren.

3.3 Cranberry's

In de bedrijfsscenario's (Verstand, Bulten and Vijn, 2020) zijn cranberry's benoemd als potentiële teelt onder natte omstandigheden. Cranberry's komen oorspronkelijk uit natte, moerasachtige gebieden met een veenachtige bodem. Cranberry's kunnen overleven wanneer ze tijdelijk volledig onder water komen te staan. Cranberry's groeien niet onder water. Dit geldt voor de plant en het wortelgestel. Met name in de herfst- en winterperiode is water nodig voor oogst of bescherming van knoppen (Timmer and Balkhoven-Baart, 2006). Dit zijn periodes waarin het gewas tijdelijk onder water kan staan. In het groeiseizoen is het juist van belang dat de waterstand onder het maaiveld komt te staan.

3.3.1 Cranberry's – Vaccinium macrocarpon

Voor cranberry's is een vergelijkbare aanpak als voor de natte teelten gehanteerd. Cranberry's betreft een meerjarige teelt. De teeltperiode van 20 jaar is gehanteerd en de kosten en opbrengsten zijn omgerekend naar een gemiddelde per jaar.

Tabel 11. Saldoberekening voor cranberryteelt

Cranberryteelt	
Opbrengst (gem. 11.515 kg à €1,50/kg)	€ 17.273,-
Uitgangsmateriaal (€ 56.000,- en 20 jaar)	€ 2.800,-
Aanlegkosten	€ 2.160,-
Oogstkosten (€350,- per ha)	€ 3.107,-
Teeltkosten	€ 8.067,-
Gemiddeld saldo per hectare	€ 9.231,-

Bronnen: (Timmer and Balkhoven-Baart, 2006; Jukema and Netjes, 2007; Heijerman-Peppelman and Roelofs, 2010; van der Voort, 2018).

De teelt van cranberry's kent een aantal specifieke kenmerken. Cranberry's zijn pas vanaf het 10^e teeltjaar volledig productief. De eerste twee teeltjaren is er geen opbrengst. Het derde en vierde teeltjaar een zeer beperkte opbrengst, respectievelijk 1.300 en 3.000 kg. Vanaf het vijfde teeltjaar wordt gerekend met 10.000 kg per jaar en vanaf het tiende teeltjaar met 16.000 kg per hectare per jaar (Timmer and Balkhoven-Baart, 2006).

Door de lange aanloopperiode en het feit dat het gewas niet volledig sluit is onkruidbeheersing een aandachtspunt in de teelt. Naast onkruid kent het gewas een aanzienlijke arbeidsbehoefte voor het oogsten. De arbeidsbehoefte zal mogelijk niet alle akkerbouwers aanspreken. De huidige arbeidsbehoefte op een akkerbouw bedrijf is namelijk beperkt. De cranberryteelt vergroot de arbeidsbehoefte. Dit vereist ervaring en kennis voor inhuur van tijdelijke arbeidskrachten.

De cranberryteelt komt in Nederland niet of nauwelijks voor. Wat praktisch betekent dat in de eigen mechanisatiebehoefte moet worden voorzien. In de berekeningen is gerekend met eenvoudige mechanische droge oogst. In 2006 en 2007 is het project "Ketenontwikkeling biologische cranberry's in Nederland" uitgevoerd, zie onder andere (Timmer and Balkhoven-Baart, 2006; Jukema and Netjes, 2007). Voor zover bekend heeft dit niet tot een keten voor cranberry's geleid. Dit zou kunnen betekenen dat er potentieel knelpunten in de keten aanwezig zijn die grootschalige teelt in de weg staan.

3.4 Eiwitgewassen

Innovatie Veenkoloniën is in 2019 gestart met een bijeenkomst om te komen tot praktische handvatten voor kringlooplandbouw in de Veenkoloniën. In de winterbijeenkomst van Innovatie Veenkoloniën zijn eiwitgewassen besproken als optie voor kringlooplandbouw. Om aan te sluiten bij deze verkenning is gekozen eiwitgewassen mee te nemen in het onderzoek. De verkenning sluit ook aan bij zoektocht naar alternatieven voor soja in veevoeders. De eiwitgewassen kunnen in humane en veevoederproducten worden verwerkt. De humane toepassing van eiwitten in vleesvervangers biedt mogelijk in de toekomst perspectief. De eiwitteelten zijn echter niet direct geschikt voor nattere omstandigheden. Ervaringen in veldproeven met eiwitgewassen laten zien dat bijvoorbeeld lupine slecht tegen wateroverlast kan. Om het perspectief helder te krijgen van eiwitgewassen is voor de Veenkoloniën van een aantal eiwitrijke gewassen een economisch saldo opgesteld. Nagenoeg alle eiwitgewassen zijn niet opgenomen in de KWIN-agv 2018 (van der Voort, 2018). Op basis van literatuur en expertinschattingen is een saldoberekening opgesteld. Het is daarmee een minder betrouwbaar saldo als de KWIN-agv 2018. Het biedt echter voor dit onderzoek een inzicht in de potentie per gewas.

3.4.1 Veldbonen (*Vicia Faba*)

Veldbonen hebben een potentiële opbrengst van 5.5 tot 6 ton per hectare (Kamp *et al.*, 2008). Uit recente veldproeven is, voor de Veenkoloniën, een gemiddelde opbrengst van 5,5 ton per hectare reëel haalbaar (mondelijke mededeling R. Timmer 2020).

Tabel 12. Saldoberekening voor Veldbonenteelt

Veldbonen opbrengstscenario	5,5 ton/ha
Opbrengst (bij €250,- per ton)	€ 1.375,-
Zaaizaad 120 kg à (€ 1,- per kg)	€ 120,-
Bemesting	€ 110,-
Gewasbescherming	€ 230,-
Energie	€ 120,-
Overige product gebonden kosten	€ 20,-
Teeltkosten inclusief opslag en transport	€ 600,-
Resultaat per hectare	€ 775,-

Bronnen: eigen bewerking op basis van (Kamp *et al.*, 2010; van der Voort, 2018)

Binnen de veldbonen blijken winterveldbonen op basis van Prins *et al.* (2018) de beste keuze. Dit onder andere op basis van de grotere droogte gevoeligheid en hogere ziektedruk van zomerveldbonen. De oogst van veldbonen vindt plaats in de periode juli/augustus. De oogstperiode kan mogelijk gunstig uitvallen. Teelten met oogsttijdstippen in het najaar- of winterperiode hebben een groter risico op natte omstandigheden in het veld. Wat zeker in combinatie met waterberging niet wenselijk wordt geacht.

3.4.2 Erwten (doperwten) (*Pisum sativum*)

Voor de economische uitwerking is het saldo voor doperwten uit de KWIN-agv 2018 (van der Voort, 2018) overgenomen.

Tabel 13. Saldoberekening voor erwteenteelt, zandgrond

Erwten opbrengstscenario	7 ton/ha
Opbrengst (bij €325,- per ton)	€ 2.275,-
Loonwerk zaaien incl. zaaizaad	€ 480,-
Bemesting	€ 70,-
Gewasbescherming	€ 305,-
Energie	€ 80,-
Contractkosten	€ 50,-
Overige product gebonden kosten	€ 20,-
Teeltkosten	€ 1.005,-
Resultaat per hectare	€ 1.270,-

Bron: (van der Voort, 2018)

De saldoberekening uit de KWIN-agv 2018 betreft een conserventeelt. Een andere teelt doel betekent verandering in inkomsten en kosten. Het saldo van de erwteenteelt is ter indicatie opgenomen.

3.4.3 Soja (Glycine Max)

Soja wordt sinds enige jaren op beperkte schaal in Nederland geteeld. Agrifirm biedt sinds enkele jaren teeltcontracten voor soja teelt aan.

Tabel 14. Saldoberekening voor Soja

Sojateelt opbrengstscenario	3 ton/ha
Opbrengst (bij €500,- per ton)	€ 1.500,-
Uitgangsmateriaal	€ 260,-
Bemesting	€ 150,-
Gewasbescherming	€ 260,-
Energie	€ 120,-
Overige product gebonden kosten	€ 30,-
Teeltkosten	€ 820,-
Resultaat per hectare	€ 680,-

Bronnen: bewerking van (Boerderij, 2015; van der Voort, 2018)

Soja is, in principe, minder geschikt voor het Nederlandse klimaat. De teelt van soja in Nederland vindt plaats met rassen die het beste passen bij de klimatologische omstandigheden in Nederland. De verwachting is dat door veredeling de opbrengsten verder gaan stijgen. Soja voorzien in de eigen stikstofbehoefte. Hierdoor is er nauwelijks bemesting noodzakelijk (WUR, no date).

3.4.4 Lupine (witte) (*Lupinus albus*)

Lupine heeft een opbrengst rond de 3 ton per hectare. Daarnaast is lupine slecht bestand tegen wateroverlast. Stevige regenbuien kunnen tot aanzienlijke opbrengst derving leiden (mondelinge mededeling R. Timmer 2020).

Tabel 15. Saldoberekening voor Lupine

Lupineteelt opbrengstscenario	3 ton/ha
Opbrengst (bij €350,- per ton)	€ 1.050,-
Uitgangsmateriaal	€ 150,-
Bemesting	€ 60,-
Gewasbescherming	€ 230,-
Energie	€ 120,-
Overige product gebonden kosten	€ 30,-
Teeltkosten	€ 590,-
Resultaat per hectare	€ 460,-

Bronnen: eigen bewerking op basis van (Kamp *et al.*, 2010; van der Voort, 2018)

Naast de gevoeligheid voor wateroverlast blijkt uit rassenproeven dat Lupines ziektegevoelig zijn (Prins *et al.*, 2018). Dit betekent een grotere teeltrisico en/of hogere kosten voor gewasbescherming.

3.4.5 Conclusies eiwitteelten

De eiwitteelten zijn op dit moment niet direct een alternatief op het huidige bouwplan. De saldi per hectare van reguliere akkerbouw bouwplan ligt ten opzichte van alle eiwitgewassen hoger. De eiwitgewassen beschikken niet over specifieke eigenschappen die hen geschikt maakt voor natte omstandigheden. Voor lupine geldt zelfs dat deze slecht tegen natte omstandigheden kan

(mondelingen mededeling R. Timmer 2020). In bestaande veldproeven is dit aspect niet specifiek onderzocht.

De ontwikkeling van afzetmarkten voor bijvoorbeeld vleesvervangers zou de prijs en hiermee het resultaat per hectare kunnen verbeteren. Voor de eiwitgewassen geldt dat de laatste jaren meer aan veredeling wordt gedaan. De verwachting is dat door veredeling de opbrengst en kwaliteit van de gewassen de komende jaren zal gaan stijgen.

3.5 Conclusie en aanbevelingen economische kengetallen

Startpunt van dit onderzoek is het kwantificeren van het economisch perspectief van opties beschreven in Verstand et al. (Verstand, Bulten and Vijn, 2020). Het huidige akkerbouw bouwplan geeft een uitgangssituatie met €1.305,- per hectare aan inkomsten voor akkerbouwers. Cranberry's bieden financieel het meeste perspectief. Door een potentieel resultaat van €9.230,- per hectare scoren cranberry's hoger dan de uitgangssituatie. De cranberry-teelt kent echter veel onzekerheden. Het gewas wordt in Nederland niet of nauwelijks geteeld. Dit ondanks een ketenontwikkelingsproject in het verleden. De cranberryteelt kent een aanzienlijke arbeidsbehoefte en een aanzienlijk lage aanloop periode. Dit kan mogelijk de cranberryteelt in de weg staan. Cranberry's kunnen wel tijdelijk onder water overleven. Dit maakt cranberry's wel potentieel interessant als natte teelt. Naast cranberry's kent tevens zonne-energie (vaste constructie) een beter resultaat per hectare dan de uitgangssituatie. De zonne-energie optie heeft wel een aantal onzekerheden, met name de netcongestie en de SDE-subsidie eisen kunnen de haalbaarheid negatief beïnvloeden. De zonne-energie optie geeft wel de meeste flexibiliteit in waterberging. Er zijn geen eisen aan de periode van waterberging of het niveau van het water.

De eiwitgewassen leveren minder per hectare op dan de akkerbouwgewassen in de uitgangssituatie. De veredeling en de ontwikkeling van de vleesvervanger markt kan in de toekomst potentie bieden voor verbetering. De eiwitgewassen zijn niet specifiek geschikt voor teelt onder natte omstandigheden. Met name lupine kan slecht tegen wateroverlast.

De natte teelten geven een negatief resultaat tot klein positief resultaat per hectare. De ontwikkeling van alternatieve markten voor vezel of voer toepassing zou in de toekomst perspectief kunnen bieden. De natte teelten zijn niet allemaal geschikt voor waterberging. Een aantal gewassen kan een waterstand tot op maaiveld niveau overleven. Riet en lisdodde kunnen hogere waterstanden aan. Voor een aantal natte teelten geldt tevens dat deze in de zomerperiode geen natte omstandigheden verdragen.

De cranberry's, natte teelten en eiwitgewassen hebben gemeen dat marktontwikkeling het perspectief voor de gewassen kan verbeteren. De marktontwikkeling in het algemeen, voor vezels/veevoer of vleesvervanger biedt perspectief op hogere prijzen en hiermee een rendabele teelt.

Een andere optie is het vergoeden van de publieke dienst van waterberging en broeikasgasemissiereductie. Als investeringen in het waterbeheer kunnen worden gereduceerd, biedt dit potentieel ruimte voor vergoeding van de dienst waterberging en uitstootreductie van broeikasgassen. Hiermee kunnen mogelijk minder of niet rendabele teelten interessant worden. Met name natte teelten bieden perspectief voor natuurwaarden. Hiermee kan de biodiversiteit worden vergroot en wordt er een meerjarig gewas geteeld die ruimte biedt aan schuil-, foerageer- en pleisterplaatsen voor diverse dieren.

4 Analyse boerderijvarianten op economie en broeikasgasemissies

Dit hoofdstuk benut de kengetallen en conclusies van hoofdstuk 3 om deze toe te passen in boerderijvarianten. Eerst worden de opgestelde varianten verantwoord. Vervolgens worden deze geanalyseerd op economische prestatie en broeikasgasemissies.

4.1 Proces van opstellen en analyse van varianten

Met betrokkenen in het gebied zijn de boerderijvarianten uit Verstand et al. (2020) besproken en zijn er volledige varianten, of aspecten van varianten, geselecteerd die verder geanalyseerd en uitgewerkt zijn in deze analyse. Dat is gedaan op basis van haalbaarheid en interesse vanuit de geraadpleegde belanghebbenden (waterschap Hunze en Aa's, Innovatie Veenkolonien, Eelerwoude, Provincie Groningen, WUR, zie Bijlage 1 voor de complete lijst met betrokken personen). Er is tevens aandacht besteed aan eiwitgewassen, omdat die binnen het Streefbeeld project Veenkolonien en Innovatie Veenkolonien benoemd zijn als mogelijke richting voor natuur inclusieve landbouw en aan de verduurzaming van het gebied bij kunnen dragen. Uit de in hoofdstuk 3 beschreven kengetallen zijn de gewassen geselecteerd die goed in een bepaalde boerderijvariant passen.

Na overleg met deze belanghebbende, is er gekomen tot een aantal varianten waarvoor een economische doorrekening en een inschatting van de effecten op broeikasgasemissie is gemaakt. Op die manier kunnen varianten vergeleken worden op beide criteria, waardoor trade-offs in beeld gebracht kunnen worden.

Vanuit deze discussies zijn de volgende varianten opgesteld, welke vervolgens nader geanalyseerd zijn:

- de *energieboerderij*, met focus op zonnepanelen;
- de *groenblauwe boerderij*, waar aandacht is voor het dooraderen van het bedrijf met water en natuur;
- de *circulaire boerderij*, waar permanent grasland en/of een extensief beheer pakket een mogelijkheid is;
- de *vezelboerderij* met focus op natte teelten waarvan de producten input zijn voor de vezelindustrie (in Verstand et al. (2020) vergelijkbaar met de veenproductenboerderij);
- de *eiwitboerderij* om de veenkoloniën de eiwitschuur van Nederland te maken;
- de *internetboerderij*, waarin met technologie de watersituatie van percelen wordt geoptimaliseerd voor gewassen en veenbehoud.

Er is tevens een referentieboerderij opgesteld, die grotendeels overeenkomt met de in hoofdstuk 3 gepresenteerde referentiesituatie.

Een aantal van deze varianten behelzen permanente gewassen of constructies op een deel van het bedrijf (zonnepanelen, vezel, grasland). Deze worden op 20% van het bedrijf geïmplementeerd. Deze 20% zijn de percelen van een bedrijf waar de veendikte het grootst is. Zie kaarten en beschrijving van deze gebieden in Verstand et al. (2020). Deze percelen liggen lager, zijn dus van zichzelf al natter, doordat er meer veen geoxideerd is dan op percelen met moerige gronden (en dus een dunnere veen laag hebben). De overige 80% van het bedrijf blijven akkerbouwmatig in deze drie varianten (energie-, circulair-, vezelboerderij).

De andere varianten (internet, eiwit en groenblauw) gaan uit van veranderingen op het gehele bedrijf, doordat er gewassen aan het referentiebouwplan toegevoegd worden, of maatregelen op bedrijfsniveau getroffen worden.

Een aantal gewassen uit de verkenning in hoofdstuk 3 zijn in dit selectieproces afgefallen, zoals cranberries. De geraadpleegde organisaties in het gebied gaven aan dat de teelt van cranberries niet gezien wordt als haalbaar alternatief. Daarnaast komt in 3.3 helder naar voren dat het een veeleisende teelt is, die ook veel investeringen vraagt. Uit de gesprekken bleek ook dat de recreatieboerderij en de koolstofboerderij uit Verstand et al. (2020) voor de meeste huidige boeren een te grote stap zou zijn. Deze zijn om die reden niet meegenomen in de verdere uitwerking.

4.1.1 Uitgangspunten analyse

Om de analyse uit te voeren, zijn er een aantal uitgangspunten, begrippen en modellen gebruikt. Die worden hieronder toegelicht.

Bouwplansaldo. Om inzicht te krijgen in de verdiensten per hectare voor een geheel bedrijf, wordt het bouwplansaldo gebruikt. Het bouwplansaldo is een gewogen gemiddelde van de saldi van de gewassen in het bouwplan, gezien de arealen/aandelen van de gewassen in het totale bedrijf. In hoofdstuk 3 zijn de saldi van de variant-gewassen of andere inkomstenbronnen uitgeschreven. Deze dienen als input voor de bouwplansaldo berekeningen. Voor de reguliere gewassen gelden de KWIN-agv 2018 (van der Voort, 2018). Hieraan zijn de kosten van een groenbemesterteelt aan toegevoegd.

Tabel 16. Uitgangsetallen van de gewassen in het referentiebouwplan, op basis van KWIN 2018.

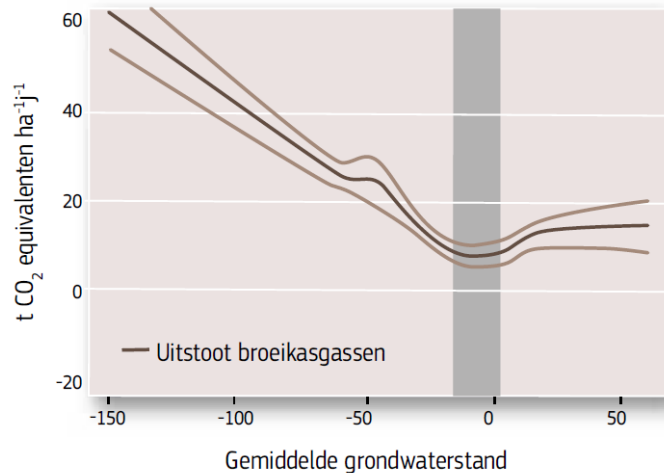
Gewas	saldo euro per ha	Details
Suikerbiet	2143	Noordelijke zand en dalgrond (NON)
Zomergerst	889	Noordelijke zand en dalgrond NON
Zetmeelaardappel	1026	
Groenbemester – gele moster-bladramanas (enkel kosten)	-196	

Waterwijzer Landbouw. Het model Waterwijzer Landbouw wordt toegepast bij de internetboerderij. Het is een model dat een inschatting maakt van de jaarlijkse gemiddelde opbrengstderving als gevolg van teveel of te weinig water, aan de hand van de gewassen, bodemtypen, grondwaterstanden en klimaat. Deze inschatting kan gemaakt worden voor het hedendaagse klimaat, maar ook voor het klimaatscenario WH (extreem scenario) in 2050. De tool is beschikbaar via <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/tool.html> (Wageningen University and Research, 2020). De internetboerderij heeft een invloed op deze modeluitkomsten, omdat er maatregelen rond het waterbeheer getroffen worden, zoals infiltratiedrains en beslissingsondersteuning voor beregening.

Broeikasgasemissies. Voor een aantal maatregelen is in Verstand et al. (2020) een inschatting op basis van literatuur gemaakt van de reductie van broeikasgasemissies ten opzichte van de huidige referentie situatie. Deze maatregelen passen goed in de opgestelde boerderijvarianten, waardoor er voor deze varianten ook een inschatting gegeven kan worden van de broeikasemissies per hectare, ten opzichte van de referentie situatie. Veel van deze inschattingen zijn gemaakt door de figuur van Bestman (2019) te gebruiken, dat een indicatie geeft van de broeikasgasemissies van veengronden aan de hand van de grondwaterstand (Figuur 1). De huidige akkerbouwmatige teelten met lage grondwaterstanden op dikke veengronden leiden tot 27-54 ton CO₂ equivalenten emissie per hectare per jaar, zie berekening in (Verstand, Bulten and Vijn, 2020) op basis van (van den Akker et al., 2010; Waterschap Hunze en Aa's, 2017). Hier is aangenomen dat deze emissies plaatsvinden op 20% van het bedrijf (de dikke veenpakketten (>50cm dik veen) en lager liggende percelen door oxidatie).

Van de overige 80% is lastig in te schatten hoe dik het veen omdat de diktes ruimtelijk gezien sterk variëren en is vervolgens niet te beredeneren hoe groot de oxidatie en emissies zijn.

De aangegeven emissiereducties van de varianten richten zich dan ook op de 20% van het bedrijf waar de meeste emissiereductie te behalen is, omdat de emissies in de referentiesituatie daar het hoogste zullen zijn vanwege de dikke veenlagen. Dat zijn dan ook dezelfde percelen waar in een aantal varianten 20% van het bedrijf wordt vernat en anders wordt ingericht. Deze berekende emissiereducties zijn afhankelijk van de beschikbare input, metingen en gegevens uit andere onderzoeken en rapporten, en gelden enkel voor de dikke veenpakketten (ingeschat dat die op 20% van het areaal van het bedrijf voorkomen).



Figuur 1. Verband en 95% betrouwbaarheidsinterval (twee bruine lijnen) tussen de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld en de CO₂ equivalenten uitstoot per hectare per jaar op veengronden (Bestman et al., 2019).

Overall analyse. Tot slot zijn de varianten met elkaar vergeleken. De economische prestatie en de effecten op broeikasgasemissies worden samengevat, om zo mogelijke trade-offs tussen economie en milieukundige aspecten in kaart te brengen.

4.1.2 Structuur analyse

Hieronder wordt eerst de referentie situatie op bedrijfsniveau geschetst. Vervolgens worden per boerderijvariant puntsgewijs een aantal aspecten gepresenteerd:

- Introductie van de variant, waarin het bedrijf zelf en het bijbehorend bouwplan wordt gepresenteerd;
- de economische getallen die daarbij horen (bouwplansaldo). De economische getallen zijn gebaseerd op de in hoofdstuk 3 opgestelde en gepresenteerde kengetallen;
- Inschattingen van de effecten op CO₂ emissies en andere milieukundige effecten. Veel van de achtergrondgegevens voor CO₂ emissies zijn al beschreven in Verstand et al. (2020) en worden hier toegepast op de varianten. In dat rapport zijn milieukundige aspecten van de varianten ook gescoord door experts en is de effectiviteit van maatregelen onderbouwd met literatuur;
- kanttekeningen van deze variant voor implementatie.

De internetboerderij volgt een wat andere indeling dan de andere boerderijen, omdat de aanpak voor de analyse anders is. Daar is namelijk Waterwijzer Landbouw model toegepast en uitgewerkt.

4.2 Referentieboerderij



Figuur 2. Impressietekening van de referentieboerderij.

Het referentiebedrijf en bijbehorende bouwplan verschilt iets van de statistische gegevens getoond in hoofdstuk 3. Dat komt omdat in deze referentie boerderij getracht is om een zo herkenbaar mogelijk bedrijf in het gebied voor te stellen. Dit herkenbare bedrijf is opgesteld in overleg met mensen uit het gebied, zoals WUR Proefboerderij Valthermond, Eelerwoude en Innovatie Veenkolonien.

Economische getallen

De referentieboerderij bestaat uit een fictief bedrijf van 100ha bedrijf, met een gewasrotatie met in jaar 1 zetmeelaardappel, jaar 2 suikerbieten, jaar 3 zetmeelaardappelen, jaar 4 zomergerst gevolgd door een groenbemesterteelt, zie Tabel 17. De kosten van de groenbemesterteelt zijn €196 per hectare (van der Voort, 2018).

Tabel 17. Referentie bouwplan, inclusief afkorting van de gewassen.

Jaar	Gewas
1	Zetmeelaardappel (ZA)
2	Suikerbiet (SB)
3	Zetmeelaardappel (ZA)
4	Zomergerst plus groenbemester (ZG+GB)

Het bouwplansaldo van dit bedrijf is €1222 per hectare per jaar, op basis van de saldi uit Tabel 16.

Broeikasgasemissies en milieukundige aspecten

De verwachte broeikasgasemissie per hectare per jaar is tussen de 27 en 54 ton CO₂ equivalenten (zie

berekening in (Verstand, Bulten and Vijn, 2020) op basis van (van den Akker *et al.*, 2010; Waterschap Hunze en Aa's, 2017) .

Zie probleemanalyse rond veenoxidatie, broeikasgasemissie, effecten voor de landbouw en bodemdaling in Verstand *et al.* (2020) voor de huidige situatie.

Kanttekeningen

Er bestaan uiteraard verschillen tussen de echte bedrijven in de Veenkoloniën. Er is voor deze omvang en dit bouwplan gekozen in overleg met een gebiedsexpert, om zo een zo representatief en herkenbaar bedrijf op te zetten.

4.3 Eiwitboerderij



Figuur 3. Impressietekening van de eiwitboerderij.

In deze variant wordt er een eiwitgewas (soja of veldboon) in het bouwplan ingevoegd, ten kosten van één van de zetmeelaardappelteelten (Tabel 18). De eiwitgewassen draaien zo gewoon mee in het bouwplan en er vindt geen herindeling van het bedrijf plaats. Deze variant is met name ingevoegd vanwege de grote interesse in het gebied in eiwitgewassen. Eiwitgewassen kwamen niet in de analyse naar voren waar de focus lag op het behouden van veen. Eiwitgewassen kunnen namelijk, net als reguliere akkerbouwgewassen niet goed tegen hoge waterstanden, zie ook paragraaf 3.4. Door de eiwitboerderij toch mee te nemen in deze analyse, kan deze goed vergeleken met de varianten die wel gericht zijn op hogere waterstanden.

Tabel 18. Bouwplan voor de eiwitboerderij

Jaar	Gewassen op 100% areaal
1	Zetmeelaardappel
2	Suikerbiet
3	Soja of Veldboon
4	Zomergerst plus groenbemester

Economische getallen

Het bouwplan verandert hier doordat er eiwitgewassen worden geïntroduceerd, waardoor ook het bouwplansaldo verandert (Tabel 19). Dat betekent dat:

- Voor de variant soja een bouwplansaldo van €1136 berekend is, wat €86 lager is dan het referentie bouwplansaldo per hectare. Op een bedrijf van 100 hectare betekent dat een jaarlijkse verlaging van €8600 op bedrijfsniveau per jaar.
- Voor de variant veldboon een bouwplansaldo van €1159 berekend is, wat een kleine verlaging van het referentie bouwplansaldo is. Het saldo van veldboon is wat hoger dan dat van soja, waardoor de eiwitvariant met veldboon wat beter uitpakt, maar toch nog €63 per hectare per jaar lager.

Tabel 19. Bouwplansaldo eiwitboerderij ten opzichte van het referentie.

Bouwplan	Bouwplansaldo in euro per hectare
Referentie	€1222
Variant Soja (ZA, SB, Soja, ZG+GB)	€1136
Variant Veldboon (ZA, SB, Veldboon, ZG+GB)	€1159

Broeikasgasemissies en milieukundige aspecten

De waterstanden kunnen niet omhoog, waardoor de veenoxidatie met de huidige snelheid door blijft gaan. Dat betekent dat de broeikasgasemissie vergelijkbaar is met de referentiesituatie: tussen de 27 en 54 ton CO₂ equivalenten.

Door het invoegen van eiwitgewassen kom er meer rust in het bouwplan, omdat er een aardappelteelt wordt vervangen door een eiwitgewas. Dat kan ten goede komen aan de bodemkwaliteit en zo aan opbrengsten van het bouwplan.

Sommige eiwitgewassen vermeerderen bepaalde plant parasitaire nematoden (Prins & Timmer, 2016), waar andere gewassen in het bouwplan juist weer schade van kunnen ondervinden (Persoonlijke communicatie Johan Specken 2020).

Kanttekeningen

Eiwitgewassen dienen nu als input voor veevoer. Bij levering voor humane consumptie, zou een hogere prijs beschikbaar kunnen zijn, leidend tot een hoger bouwplansaldo.

Er bestaan ideeën om uit eiwitgewassen zetmeel te winnen. Dat zou eventueel kunnen in de AVEBE zetmeelfabriek. Hier speelt in de praktijk ook dat telers een leveringsplicht hebben (van zetmeelaardappelen) aan de AVEBE. Wordt die niet gehaald, dan volgt een boete. De vraag is of eiwitgewassen die zetmeelaanvoer uit aardappelen kunnen vervangen.

Als het eiwitgewas als veevoer toegepast wordt, betekent dat dat de zelfvoorzieningsgraad van de productie van diervoer in Nederland toeneemt.

4.4 Groenblauwe boerderij



Figuur 4. Impressietekening van de Groenblauwe boerderij.

In deze variant blijft het referentiebouwplan in stand. Er wordt 3% van het gehele bedrijf permanent ingericht voor groenblauwe dooradering, langs de akkerranden. Op deze 3% vindt geen productie meer plaats. Een definitie van groenblauwe dooradering is *'Groenblauwe dooradering is de verzameling streekeigen 'groene' en 'blauwe' kleine landschapselementen in het agrarisch cultuurlandschap zoals houtwallen, losse bomen, singels, heggen, bosjes (kleiner dan 5 ha), bosstroken, moerasjes (kleiner dan?), sloten, poelen, brede bermen, dijken'* (Langevelde and Butger, 2002, p. 3).

Economische getallen

De implementatie van de groenblauwe dooradering betekent dat het bouwplansaldo met 3% afneemt, omdat er op 3% van het bedrijf geen productie meer plaatsvindt. Dat komt neer op een bouwplansaldo van €1185, zie Tabel 20.

Tabel 20. Bouwplansaldo groenblauwe boerderij ten opzichte van de referentie.

Bouwplan	Bouwplansaldo in euro per hectare
Referentie	€1222
3% groenblauwe dooradering	€1185

Broeikasgasemissies en milieukundige aspecten

Verwacht wordt dat de CO₂ emissie per hectare per jaar vergelijkbaar is met de referentiesituatie:

tussen de 27 en 54 ton CO₂ equivalenten, omdat de waterstanden niet omhoog kunnen omdat het huidige akkerbouwplan intact blijft.

Er is een toename van de biodiversiteit mogelijk door de grotere landschapsvariatie (Langevelde and Butger, 2002).

Er wordt een toename van waterbuffering verwacht, omdat er meer sloten, poelen en moerasjes gevormd worden (Langevelde and Butger, 2002).

Kanttekeningen

Een vergoeding van de ontwikkeling en beheer van groenblauwe dooradering is niet in deze berekening meegenomen. Zo een vergoeding zou een mogelijkheid kunnen zijn vanuit het Agrarisch Natuurbeheer (ANLB) of het Gemeenschappelijk Landbouw Beleid (GLB), waardoor het saldo positiever uit kan vallen (persoonlijke communicatie M van Amersfoort, 2020).

4.5 Energieboerderij



Figuur 5. Impressietekening van de energieboerderij.

Twintig hectare van het referentie bedrijf wordt vernat in deze variant. Daar komen permanent zonnepanelen met een vaste constructie, of een drijvende opzet te liggen. De overige 80% (80ha) blijft het referentie bouwplan uit 4.2 (zie Tabel 21).

Bij de vaste constructie staan zonnepanelen op hoge poten, waardoor de ondergrond nat kan zijn. Bij de drijvende zonnepanelen drijven de panelen op het vijvers of bassins.

Tabel 21. Bedrijfsopzet bij de installatie van zonnepanelen op 20% van het bedrijf.

Jaar	Gewassen op 80% areaal	Zonnepanelen op 20% areaal
1	Zetmeelaardappel	Permanent; vaste of drijvende constructie
2	Suikerbiet	Permanent; vaste of drijvende constructie
3	Zetmeelaardappel	Permanent; vaste of drijvende constructie
4	Zomergerst plus groenbemester	Permanent; vaste of drijvende constructie

Economische getallen

Dit bouwplan betekent dat er op 80% van het bedrijf nog de 1222 euro per hectare als bouwplansaldo geldt, en op 20% het saldo van de zonnepanelen, zie Tabel 22. Gecombineerd leidt dat tot:

- Referentie bouwplan en vaste constructie voor de zonnepanelen leidt tot een saldo per hectare van €1578 per jaar. Dat is een flinke verhoging van het saldo per hectare ten opzichte van de referentie.
- Referentie bouwplan en drijvende constructie voor de zonnepanelen leidt tot een saldo per hectare van -€522 per jaar. Dit negatieve saldo voor het hele bedrijf komt door de hoge aanleg kosten van de drijvende constructie.

Tabel 22. Bouwplansaldo energieboerderij ten opzicht van de referentie.

Bouwplan	Bouwplansaldo in euro per hectare
Referentie	€1222
80% referentie, 20% zonnepanelen vaste constructie	€1578
80% referentie, 20% zonnepanelen drijvende constructie	-€522

Broeikasgasemissies en milieukundige aspecten

Verwacht wordt dat de CO₂ emissie per hectare per jaar flink afneemt ten opzichte van de referentiesituatie. Zeker op het vernatte deel van het bedrijf kan de waterstand omhoog tot aan het maaiveld, wat de CO₂ emissie op deze 20% van het bedrijf reduceert naar ongeveer 5 ton per ha per jaar (zie Figuur 1).

Voor andere milieukundige aspecten, zie Verstand et al. (2020) bij de water- en energieboerderij.

Kanttekeningen

Het energienet moet de energieproductie van de zonnepanelen op kunnen vangen (dikkere kabels in uithoeken vereist). Het systeem is nu ingericht op leveren van stroom tot in de haarvaten van het net, waar de kabels een lagere capaciteit hebben. Nu er grootschalige opwekking van stroom in de haarvaten plaats gaat vinden, moet dat ook terug geleverd kunnen worden aan het hoofdnet. Zie ook 3.1.3.

4.6 Circulaire boerderij



Figuur 6. Impressietekening van de circulaire boerderij.

In deze variant wordt twintig hectare vernet, waar permanent vernet en extensief beheerd grasland geteeld gaat worden in combinatie met een beheer pakket dat afgesloten wordt. De overige 80% (80ha) blijft het referentie bouwplan uit 4.2 (zie Tabel 23).

Tabel 23. Bedrijfsopzet bij de implementatie van vernet grasland op 20% van het bedrijf.

Jaar	Gewassen op 80% areaal	Grasland op 20% areaal
1	Zetmeelaardappel	Permanent grasland, met beheerpakket vernetting
2	Suikerbiet	Permanent grasland, met beheerpakket vernetting
3	Zetmeelaardappel	Permanent grasland, met beheerpakket vernetting
4	Zomergerst plus groenbemester	Permanent grasland, met beheerpakket vernetting

Economische getallen

Dit betekent dat er op 80% van het bedrijf nog de €1222 per hectare als bouwplansaldo geldt, en op 20% het saldo van het permanent grasland in combinatie met het beheerpakket.

Om een saldo van het vernatte grasland met beheerspakket op te stellen is uitgegaan van het volgende:

- Het saldo van permanent grasland komt neer op €135 per hectare per jaar, wat bestaat uit puur het verkopen van gras aan een veehouder (persoonlijk contact Vermeij en Evers 2020 WUR).
- Het beheerpakket 'vernatting' resulteert in een compensatie van €210 per hectare per jaar (BIJ12, 2020).

Omdat de vernatting zal zorgen voor een lagere grasproductie, is hier gerekend met een halvering van de opbrengst van het gras (van €135 naar €68). Het totale saldo per hectare voor het grasland per jaar komt dan uit op €278.

Gecombineerd leidt dat tot een bouwplansaldo per hectare voor deze variant van €1033 per jaar. Dat is bijna €200 per/ha/jaar lager dan in de referentiesituatie.

Tabel 24. Bouwplansaldo circulaire boerderij ten opzichte van de referentie.

Bouwplan	Bouwplansaldo in euro per hectare
Referentie	€1222
80% referentie, 20% vernat grasland	€1033

Broeikasgasemissies en milieukundige aspecten

Wat betreft broeikasgasemissies schat Günther et al. (2017) in dat de CO₂ emissie van extensief grasland op vernatte veengrond tussen de 6 en 14 ton per hectare per jaar ligt. Dat is een aanzienlijke reductie ten opzichte van de emissies bij akkerbouwmatig gebruik, waar de grondwaterstand lager is, meer grondbewerking plaatsvindt en meer vochtonttrekking optreedt door meer diepwortelende gewassen (de Vries et al., 2008). In deze variant is uitgegaan van enkel de verkoop van grasland en het beheerpakket. Het grasland wordt waarschijnlijk aan een melkveehouder verkocht. Het houden van extra dieren (melkkoeien) leidt tot extra emissies van broeikasgassen van 17 ton per hectare (bij 15.000kg melk/ha, met een CO₂ emissie van 1.1kg/kg melk) (Persoonlijke communicatie Wim van Dijk (2020). Dat zal bij de circulaire boerderij wat lager zijn (ongeveer 10ton CO₂), omdat de grasproductie een stuk lager is door het extensieve en vernatte karakter van het gras.

Tezamen komt de geschatte emissie uit tussen de 16 en 24 ton per hectare per jaar.

Als het gras voor veevoer gebruikt wordt, betekent dat dat de zelfvoorzieningsgraad van de productie van diervoer in Nederland toeneemt.

Voor andere milieukundige aspecten, zie Verstand et al. (2020) bij de circulaire boerderij.

Kanttekeningen

De vergoeding voor het beheerpakket van vernat en extensief grasland moet beschikbaar zijn in het gebied. Denk bijvoorbeeld aan het herstel van het Hunzedal.

4.7 Vezelboerderij



Figuur 7. Impressietekening van de vezelboerderij.

In deze variant wordt twintig hectare vernat, waar permanent de natte teelten miscanthus of lisdodde geteeld gaat worden, zie Tabel 25. De overige 80% (80ha) blijft het referentie bouwplan uit 4.2.

Tabel 25. Bedrijfsopzet bij de implementatie van vezelgewassen op 20% van het bedrijf.

Jaar	Gewassen op 80% areaal	Vezelgewassen op 20% areaal
1	Zetmeelaardappel	Permanent; Miscanthus of lisdodde
2	Suikerbiet	Permanent; Miscanthus of lisdodde
3	Zetmeelaardappel	Permanent; Miscanthus of lisdodde
4	Zomergerst plus groenbemester	Permanent; Miscanthus of lisdodde

Economische getallen

Dit betekent dat er op 80% van het bedrijf nog de 1222 euro per hectare als bouwplansaldo geldt, en op 20% het saldo van miscanthus of lisdodde (Tabel 26). Gecombineerd leidt dat tot:

- Referentie bouwplan en permanent miscanthus leidt tot een saldo per hectare van €1083 per jaar. Dat is een wat lager bouwplansaldo per hectare ten opzichte van de referentie.
- Referentie bouwplan en permanent lisdodde leidt tot een saldo per hectare van €967 per jaar. Dat is een aanzienlijk lager bouwplansaldo per hectare ten opzichte van de referentie.

Tabel 26. Bouwplansaldo vezelboerderij ten opzichte van de referentie.

Bouwplan	Bouwplansaldo in euro per hectare
Referentie	€1222
80% referentie, 20% Miscanthus	€1083
80% referentie, 20% Lisdodde	€967

Broeikasgasemissies en milieukundige aspecten

Verwacht wordt dat de CO₂ emissie per hectare per jaar flink afneemt ten opzichte van de referentiesituatie. Miscanthus en lisdodde kunnen een waterstand tot net onder het maaiveld aan. Dat zou een sterke reductie van broeikasgasemissies resulteren naar rond de 10 ton per jaar (Figuur 1). Echter is er ook kans op een (mogelijk tijdelijke) toename van methaan emissies.

Zie tevens Verstand et al. (2020), bij de veenproductenboerderij.

Kanttekeningen

De hogere prijs van 80 euro per ton waar hier mee gerekend is voor vezelproducten van lisdodde en miscanthus, vereist een aanwezige keten voor vezelproducten en vraag naar deze producten. In de Veenkolonien is de Hempflax nabij, waar vergelijkbare producten geproduceerd worden en waar de vezelproducten van miscanthus en lisdodde wellicht terecht zouden kunnen.

Als deze keten niet beschikbaar is, dan geldt verbranding prijs: 35 euro per ton (zie 3.2.1 en 3.2.3) en zal het bouwplansaldo aanzienlijk lager zijn.

Zie ook Verstand et al., (2020) voor kanttekeningen bij natte teelten.

4.8 Internetboerderij

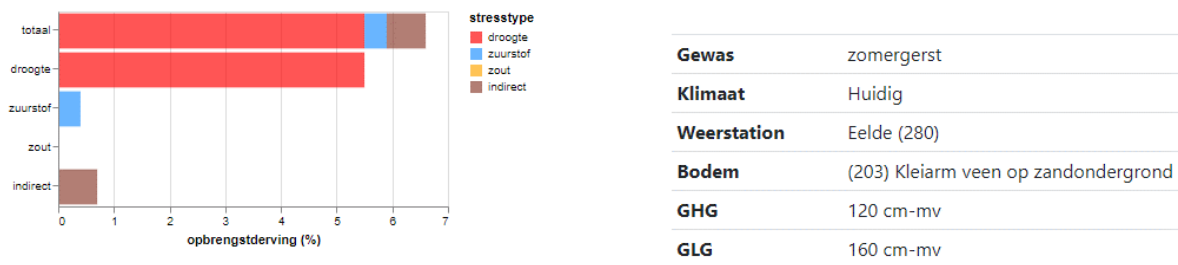


Figuur 8. Impressietekening van de internetboerderij.

De aanpak om voor de internetboerderij een inschatting te maken van de bedrijfseconomische gevolgen is anders dan in bovenstaande varianten. De internetboerderij richt zich namelijk op het optimaliseren van watersituatie in huidige bouwplan om zo nat en droogschade gedurende het jaar de verminderen. Dat kan onder andere door; water vasthouden als het kan (stuwen, infiltratiedrainage) en beslissingsondersteuning, zoals vochtsensoren die het juiste beregeningsmoment en beregeningshoeveelheid aan kunnen geven.

De internet boerderij zal dus de opbrengstderving als gevolg van te natte of te droge situaties kunnen reduceren. Om hiervoor een inschatting te maken, is gebruik gemaakt van het Waterwijzer landbouw (WWL) model (Wageningen University and Research, 2020). WWL geeft de nat en droogschade per gewas weer, aan de hand van de bodemtype (BOFEK codes), klimaat (huidig of WH2050) en grondwaterstanden.

Te zien is dat zomergerst voor de gegeven input het meeste last heeft droogte als opbrengstdervingfactor (Figuur 9). In het model wordt natschade uitgesplitst in zuurstof en indirect. Zuurstof is puur het onderwater staan van het gewas, indirect betekend schade doordat werkzaamheden zoals oogsten niet uitgevoerd kunnen worden door te natte percelen.



Gewas	zomergerst
Klimaat	Huidig
Weerstation	Eelde (280)
Bodem	(203) Kleiarm veen op zandondergrond
GHG	120 cm-mv
GLG	160 cm-mv

Figuur 9. Uitkomst van een Waterwijzer landbouw model-run voor zomergerst. Links in beeld de inschatting van de opbrengstderving ten opzichte van het potentieel, rechts in beeld is de input gespecificeerd.

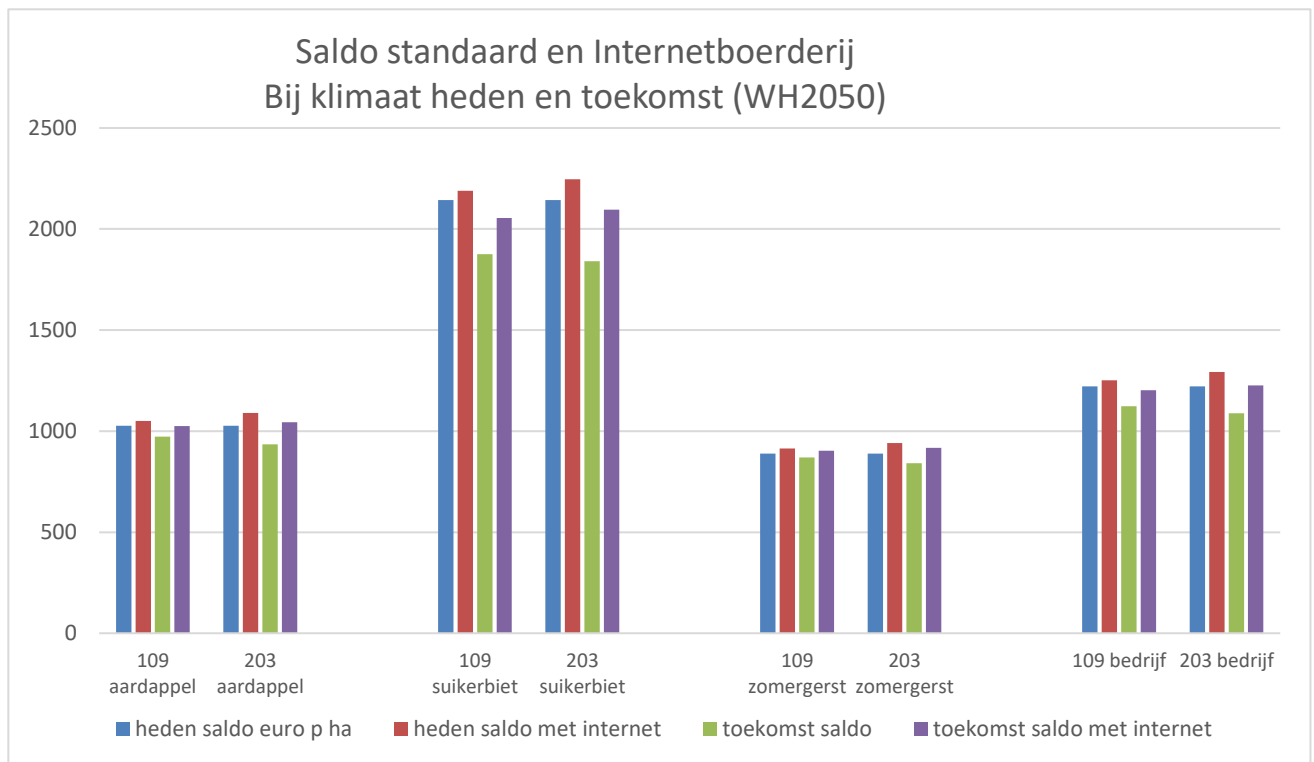
Het referentiebouwplan is op deze manier doorgerekend in de volgende situaties:

- Bodemtypen/BOFEKcodes 109 (zanddek of veenkoloniaal dek op mesotroof veen en een zandondergrond binnen -120cm-mv) en 203 (Kleiarm veen op zandondergrond)
- Huidig klimaat en WH2050 klimaatscenario. Zo is inzicht verkregen in hoe de opbrengstderving zich naar de toekomst toe gaat veranderen.

Economische getallen

Vervolgens is aangenomen dat de implementatie van de internetboerderij betekent dat er een 50% reductie van de opbrengstdervingen in de gewassen plaatsvindt, bij gelijkblijvende teeltkosten. Hierdoor zal het bouwplansaldo dus iets toenemen ten opzichte van de €1222 per hectare per jaar voor het referentie bouwplan, omdat de gewassen beter gaan presteren.

Figuur 10 toont de resultaten van deze berekeningen. Per gewas is te zien dat in het heden, de internetboerderij zorgt voor een lichte verhoging van het gewassaldo, wat ook resulteert in een hoger bouwplansaldo van €1252 voor bodem 109 en €1293 voor bodem 203. In de toekomst geldt door klimaatverandering een verhoging van de opbrengstdervingen. De internetboerderij kan deze toename beperken en het saldo in de meeste situaties gelijk houden op het hedendaagse niveau zonder internetboerderij (€1203 voor bodem 109 en €1226 voor bodem 203 p/ha/j). In suikerbiet valt het saldo echter lager uit in de toekomst met internetboerderij ten opzichte van de hedendaagse situatie zonder de internetboerderij.



Figuur 10. Resultaten van de implementatie van de internetboerderij ten opzichte van de huidige situatie, per gewas en voor het bedrijf (uiterst rechts), per bodemsoort en klimaat (heden en klimaatscenario WH-2050)

Tabel 27 toont de berekende verschillen voor de verschillende situaties (per grondsoort, met internetboerderij, toekomst zonder internetboerderij en met internetboerderij) op hectare en bedrijfsniveau voor het bouwplan ten opzichte van de referentie boerderij.

Te zien is dat voor bodem 109, de implementatie van de internetboerderij in de hedendaagse situatie per hectare leidt tot een toename van €30 van het bouwplansaldo per jaar. Op bedrijfsniveau (100ha) betekent dat een toename van €2993 euro. In de toekomst zonder de implementatie van de internetboerderij, neemt het saldo af ten opzichte van de hedendaagse situatie, doordat klimaatverandering een grotere opbrengstderiving met zich meebrengt. Zo daalt het bouwplansaldo per hectare met €98 euro, wat op bedrijfsniveau betekent dat er €9813 minder verdiend wordt. Wordt de internetboerderij in de toekomst geïmplementeerd, worden deze verliezen nagenoeg teniet gedaan (per hectare -€19, op bedrijfsniveau -€1913 voor bodem 109).

Op bodem 203 doet de internetboerderij het beter, en wordt ook in de toekomst een hoger saldo bereikt na implementatie van de internetboerderij. Zonder de internetboerderij zullen de verliezen aanzienlijk zijn (-€133 per hectare, -€13296 per bedrijf, per jaar).

Tabel 27. De verschillen per hectare en op bedrijfsniveau voor de internetboerderij per grondsoort (109 en 203) en de toekomstsituaties, ten opzichte van het hedendaagse bouwplansaldo van €1222 per jaar.

Bodemtype en eenheid van analyse (hectare of bedrijfsniveau)	saldo heden met internetboerderij in €	saldo toekomst in €	saldo toekomst met internetboerderij in €.
109 bedrijf p ha	30	-98	-19
109 geheel bedrijf 100ha	2993	-9813	-1913
203 bedrijf p ha	71	-133	4
203 geheel bedrijf 100ha	7085	-13296	437

Broeikasgasemissies en milieukundige aspecten

Met toepassing van de internetboerderij is ongeveer een halvering van de CO₂ emissies ten opzichte van de referentie situatie mogelijk. De Natuur en Milieufederatie Groningen (2014) presenteert

namelijk in hun rapport Valuta voor Veen CO₂ reducties van 41.65 ton per ha CO₂ uitstoot door onderwaterdrainage in hun landbouwscenario in Exloo. De oorspronkelijke emissie van de akkerbouw op veen aldaar is rond de 70 ton CO₂ eq. per jaar. In het landbouwscenario blijft de landbouw productief. Grofweg kan daardoor ingeschat kunnen worden aan een emissies van de internetboerderij uit zullen komen tussen de 14-27 ton per ha als infiltratiedrains geïnstalleerd worden. Er wordt voor deze inschatting geen onderscheid gemaakt naar bodemsoort of klimaat, omdat beide bodemsoorten veen bevatten en de waterstand hier als belangrijkste factor is genomen als indicator voor de broeikasgasemissie. Er is wel bekend dat een warmer klimaat een hogere broeikasgasemissie van veengronden kan realiseren doordat de oxidatie toeneemt (van den Akker *et al.*, 2010). Dat verwachte effect is in deze berekening niet meegenomen.

Zie Verstand *et al.* (2020) voor ander milieukundige aspecten, bij de internetboerderij.

Kanttekeningen

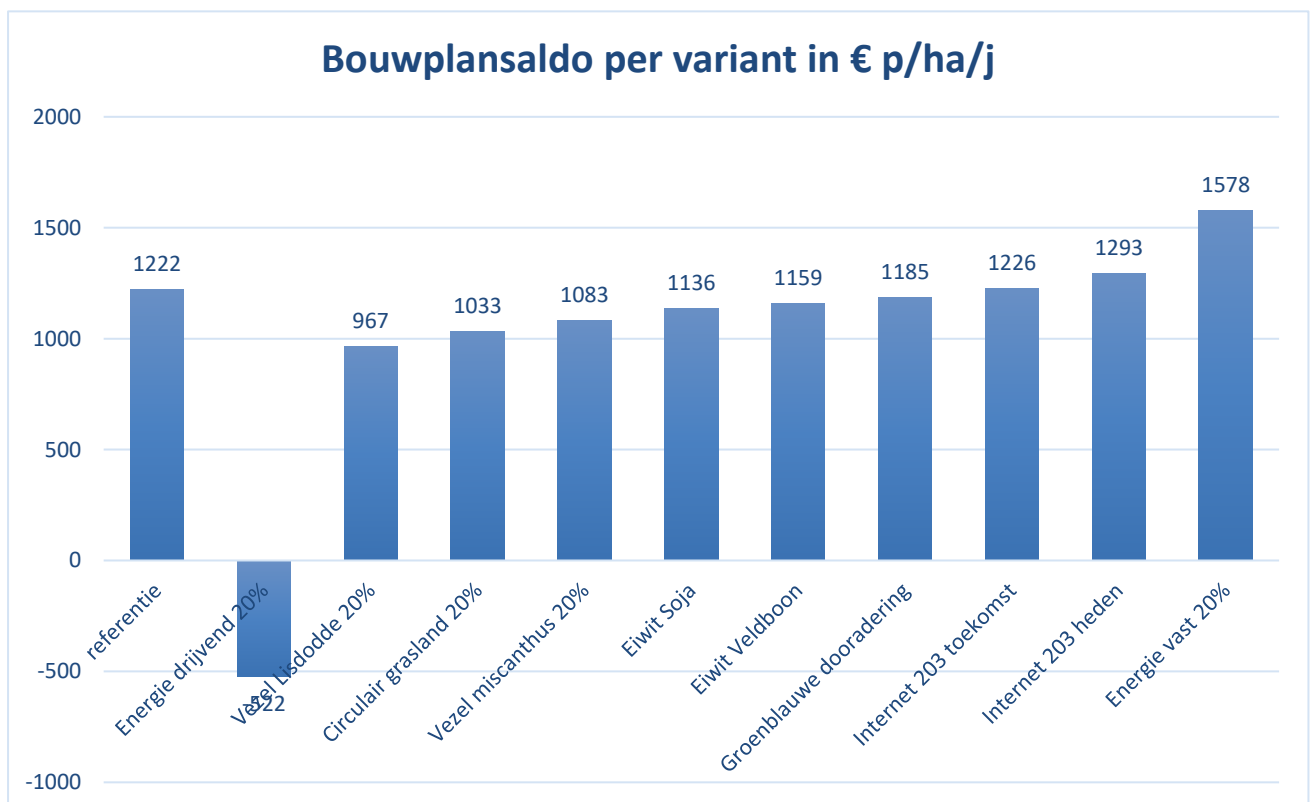
De investeringen in de maatregelen voor de internetboerderij zijn niet meegenomen, maar kunnen aanzienlijke kosten met zich meebrengen. Zo kost infiltratiedrainage bijvoorbeeld €2800 per hectare (WUR, 2016).

5 Overzicht en conclusie

Er zijn een zestal fictieve boerderijvarianten geanalyseerd en vergeleken met de referentiesituatie op economisch prestatie en broeikasgasemissiereductie. Hieronder worden de resultaten van deze twee variabelen samengevat en gecombineerd, zodat de varianten ook tegen elkaar afgezet kunnen worden.

5.1.1 Economische sortering van de varianten

In onderstaand figuur (Figuur 11) is een overzicht getoond van de boerderijen en de varianten daarbinnen, gesorteerd op economische (bouwplansaldo) prestaties van links naar rechts. Hierin zit niet de aanschaf van nieuwe machines of de benodigde kennis in verwerkt. Uiterst links is de referentieboerderij te zien. De zonnepanelen met vaste constructie geven in deze berekening het hoogste bouwplansaldo door hectare. De zonnepanelen met drijvende constructie resulteren juist negatief, door de hoge aanlegkosten. De vezel, eiwit, groenblauw en circulaire varianten resulteren in een verlaging van het bouwplansaldo per hectare per jaar ten opzichte van de referentie. De internetboerderij weet een kleine verbetering van het saldo te realiseren, nu en in de toekomst weet te realiseren.



Figuur 11. Bouwplansaldo per variant per hectare per jaar, met oplopend naar rechts een hoger bouwplansaldo. Uiterst links is de referentieboerderij te vinden.

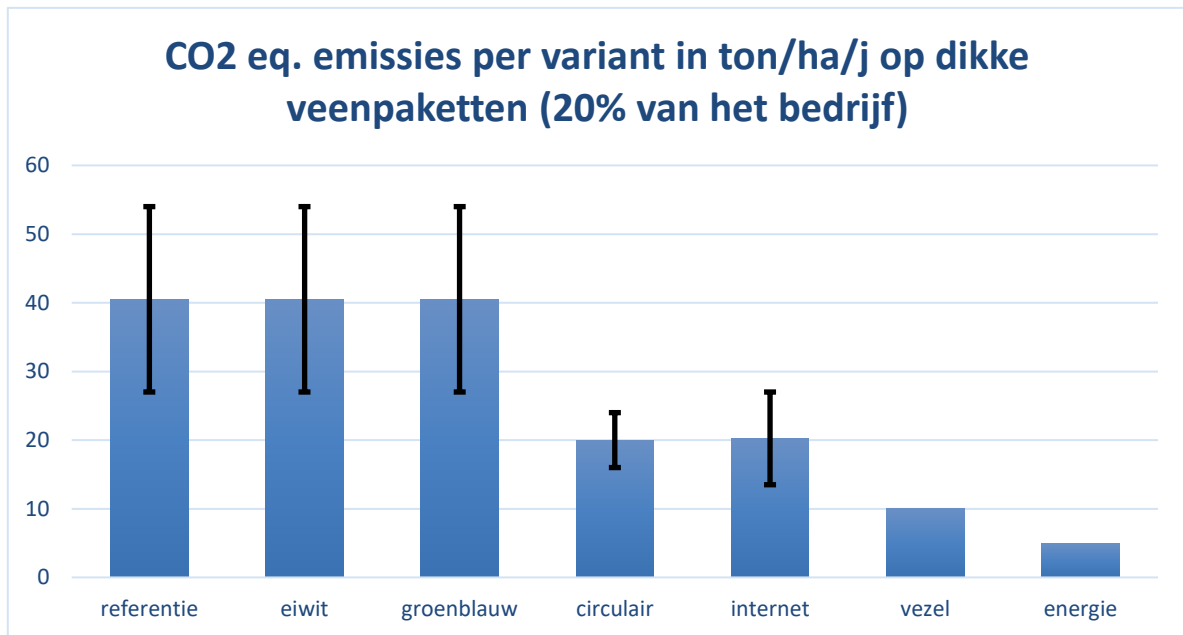
5.1.2 Broeikasgasemissie sortering van de varianten

Figuur 5 toont de boerderijvarianten gesorteerd op CO₂ equivalenten emissies op de delen van het bedrijf waar de veenpakketten het dikst zijn (de 20%). De energie- en vezelboerderijen realiseren via

het reduceren van veenoxidatie de grootste reductie van CO₂ emissies, doordat de waterstand tot aan het maaiveld verhoogd kan worden. Bij de eiwit- en groenblauwe boerderij blijft de CO₂ emissie gelijk met de referentie, omdat er geen hogere waterstand gerealiseerd kan worden. De circulaire en internetboerderij realiseren in deze berekeningen een halvering van emissies ten opzichte van de referentiesituatie.

Deze berekeningen gelden enkel op de 20% van het bedrijf waar de dikke veenpakketten te vinden zijn.

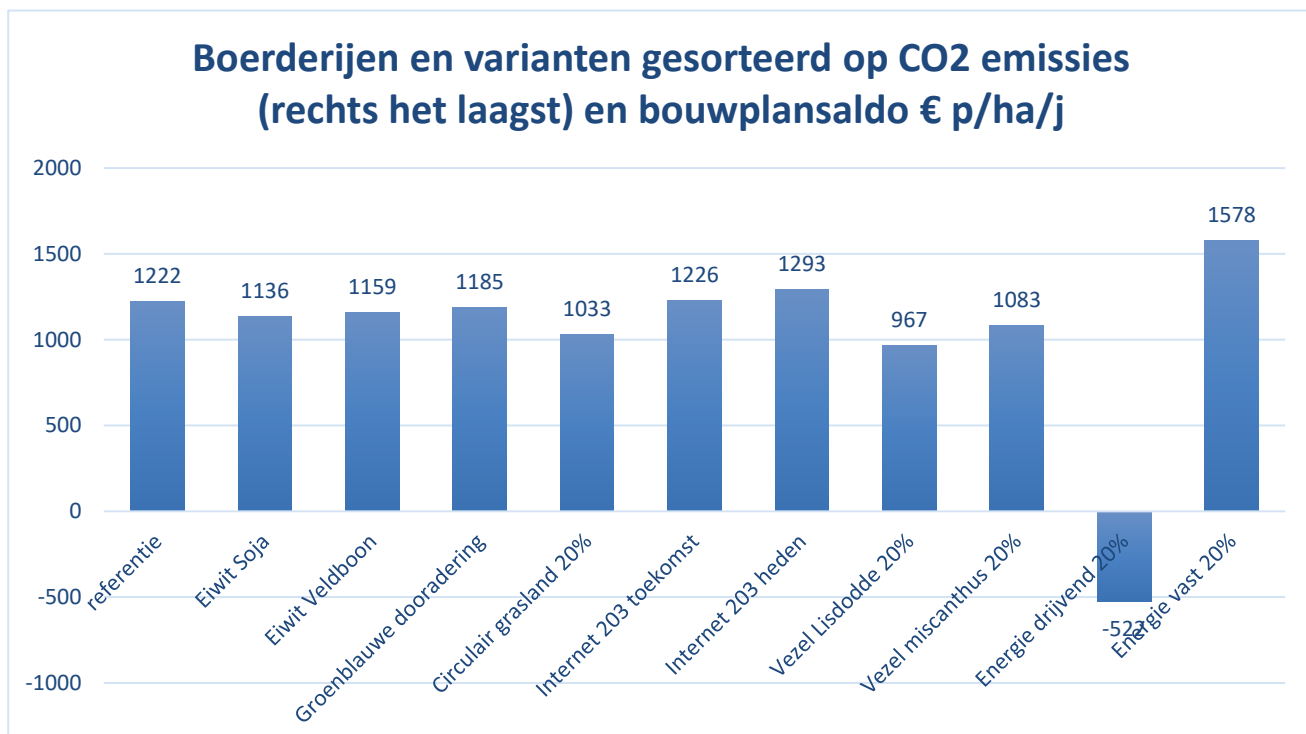
De varianten zijn niet opgesplitst per gewas, omdat er geen verschil in emissies vastgesteld kan worden tussen bijvoorbeeld soja en veldboon. Daarom is hier enkel 'eiwit' getoond.



Figuur 12. Berekende CO₂ equivalent emissies per variant, inclusief bandbreedte (als beschikbaar).

5.1.3 Combinatie broeikasgasemissie en economie

Figuur 13 toont de bouwplansaldi van de boerderijen, gesorteerd op hun CO₂ emissie die voor de varianten is berekend, bereikt door een reductie van veenoxidatie in de dikkere veenpakketten op het boerenbedrijf. Het is een combinatie van Figuur 11 (economische prestatie) en Figuur 12 (CO₂ emissiereductie prestatie). De energieboerderij met vaste constructie voor de zonnepanelen is daardoor in Figuur 13 uiterst rechts te vinden, omdat daar de broeikasgasemissies het meest afnemen vanwege de waterstand die op maaiveldniveau gezet kan worden. De eiwitboerderij en de groenblauwe boerderij leiden niet tot een CO₂ emissiereductie, en staan dus links in het figuur. De bouwplansaldi zijn per variant gelabeld.



Figuur 13. Bouwplansaldo per variant, gesorteerd op afnemende CO₂ emissies naar rechts. NB er is binnen een variant geen onderscheid gemaakt in CO₂ emissies, maar wel in bouwplansaldo (zoals bij vezel en energie).

5.1.4 Conclusie

Er kan op basis van de gepresenteerde berekeningen en inschattingen gesteld worden dat de energieboerderij met zonnepanelen in vaste constructie overall het beste scoort, omdat het bouwplansaldo hoger ligt dan de referentie en de broeikasgasemissies het laagste liggen van alle boerderijen. De vezelboerderij en de circulaire boerderij scoren goed op CO₂ emissie reductie, maar het bouwplansaldo ligt een stuk lager dan bij de referentieboerderij. De internet boerderij scoort op beide criteria redelijk goed. Zowel de eiwitboerderij als de groenblauwe boerderij heeft een lager saldo dan de referentie, en stoten evenveel CO₂ uit als de referentieboerderij. Daarmee kan geconcludeerd worden dat de eiwitgewassen momenteel geen oplossing bieden voor het verbeteren van de economische prestatie van de bedrijven in de veenkoloniën en daarnaast niet bijdragen aan de broeikasgasemissiereductiedoelstellingen.

In deze analyse tussen economie en broeikasgasemissies zijn de kanttekeningen voor implementatie en de andere milieukundige aspecten niet meegenomen. Daarbij spelen natuurlijk toepassingsvragen; hoe goed is een variant in te passen en wat voor aanpassingen vraagt het in het huidige bedrijf? De praktische toepasbaarheid kan in een vervolgonderzoek als extra dimensie toegevoegd worden, waarbij ook rekening gehouden wordt met de ideeën en inzichten van de boeren in het gebied. Tevens vragen de berekende uitkomsten toetsing in praktijksituaties, waar experimenten op proef of praktijkbedrijven een welkome aanvulling zullen zijn.

5.1.5 Aanbevelingen

De volgende benodigde stappen zijn om de praktische toepasbaarheid voor implementatie en de technische en hydrologische haalbaarheid van de varianten verder te onderzoeken en deze via pilots en experimenten in kaart te brengen. Daarin is het ook relevant deze experimenten te gebruiken om de resultaten te vergelijken met de gebruikte input data en gegevens die gebruikt zijn in deze studie, zoals de berekende emissies en daadwerkelijke opbrengsten per hectare.

Tevens is het verspreiden en bespreken van deze varianten en bevindingen belangrijk om zo input te verzamelen en implementatie te verkennen en stimuleren. Een aanzet hiervoor is gemaakt in een inspiratie-brochure op basis van dit rapport; zie <https://doi.org/10.18174/535252> (Verstand, van der Voort and Vijn, 2020)

Literatuur

- van den Akker, J. J. . *et al.* (2010) 'Emission of CO₂ from agricultural peat soils in the Netherlands and ways to limit this emission', *Alterra*, 49, pp. 69–73.
- Barney, J. N. *et al.* (2009) 'Tolerance of switchgrass to extreme soil moisture stress: Ecological implications', *Plant Science*, 177(6), pp. 724–732. doi: 10.1016/j.plantsci.2009.09.003.
- Bestman, M. *et al.* (2019) 'Natte teelten voor het veenweidegebied'.
- BIJ12 (2020) *Beheerpakket vernatting*. Available at: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/subsidiestelsel-natuur-en-landschap/agrarisch-natuurbeheer-anlb/kennisbank/beheeractiviteiten/verhogen-oppervlaktewaterpeil-18> (Accessed: 17 June 2020).
- Boerderij (2015) *Sojaboon geeft hoger saldo dan zomertarwe*. Available at: <https://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Achtergrond/2015/7/Sojaboon-geeft-hoger-saldo-dan-zomertarwe-1784489W/> (Accessed: 30 October 2020).
- CBS (2018) *CBS Statline - landbouw*. Available at: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/navigatieScherm/thema> (Accessed: 18 March 2020).
- Cremers, M., Uwens, J. D. and Strengers, B. (2019) *Conceptadvies sde+ 2019*.
- Daatselaar, C. H. G. *et al.* (2009) 'De economie van het veenrietweidebedrijf. Een quickscan voor West-Nederland', (september).
- van Dijk, W. (2020) 'Gesprek Broeikasgasemissies bij akkerbouw en melkvee'. Wageningen University and Research.
- Elbersen, W., Poppens, R. and Bakker, R. (2013) *Switchgrass (Panicum virgatum L .) A perennial biomass grass for efficient production of feedstock*.
- Enexis (2020) *Gebieden met schaarste voor teruglevering op het energienet*. Available at: <https://www.enexis.nl/zakelijk/duurzaam/beperkte-capaciteit/gebieden-met-schaarste>.
- Günther, A. *et al.* (2017) 'Greenhouse gas balance of an establishing sphagnum culture on a former bog grassland in Germany', *Mires and Peat*, 20, pp. 1–16. doi: 10.19189/Map.2015.OMB.210.
- Heijerman-Pepelman, G. and Roelofs, P. F. M. . (2010) *Kwantitatieve Informatie fruitteelt, Kwin*. Available at: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Kwantitatieve+Informatie+Fruitteelt#0>.
- Jansen, P. and Boosten, M. (2013) *Optimalisering kosten en opbrengsten van wilgenplantages: een verkenning*.
- Jukema, J. and Netjes, A. (2007) 'Bedrijfseconomische analyse biologische cranberry in Nederland'.
- Kamp, J. *et al.* (2008) *Perspectieven van sojaveranging in voer*.
- Kamp, J. *et al.* (2010) *Verkenning naar de mogelijkheden van eiwithoudende teelten in Europa*.
- Langevelde, F. Van and Butger, R. (2002) 'Begrippenkader Groen-Blauwe Dooradering'. Wageningen University and Research.
- Morgenstern, P. P. and de Groot, G. M. (2010) *Bio-energiecentrales Inventariserend onderzoek naar milieuaspecten bij diverse energieopwekkingstechnieken met behulp van biomassa*.
- Natuur en Milieufederatie Groningen (2014) 'Valuta voor Veen', pp. 1–24.
- Prins, U., Cuijpers, W. and Timmer, R. (2018) *Kansrijke eiwitgewassen*. Available at: www.louisbolck.nl/publicaties.
- Prins, U. and Timmer, R. (2016) *Kansrijke eiwitgewassen Eindrapportage veldproeven 2016*.
- Timmer, R. D. and Balkhoven-Baart, J. M. T. (2006) *Teelthandleiding van biologische cranberry (Vaccinium macrocarpon) Onderdeel van project " Ketenontwikkeling biologische cranberry ' s in*.
- Verstand, D., Bulten, E. and Vijn, M. (2020) *Naar klimaatbestendige agrarische bedrijven op veen en moerige gronden in de Veenkoloniën*.
- Verstand, D., van der Voort, M. and Vijn, M. (2020) *Klimaatbestendige akkerbouw op veengronden*. Available at: <https://doi.org/10.18174/535252>.
- VIC (2016a) *Factsheet Lisodde (Typha)*.
- VIC (2016b) *Factsheet Olifantengras (Miscanthus)*.
- VIC (2016c) 'Factsheet Wilg (Salix)', (september), p. 2016.
- van der Voort, M. P. J. *et al.* (2008) *Economie van energiegewassen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*.
- van der Voort, M. P. J. and Timmerman, M. (2019) *Energie & Landbouw : Modelbedrijven*.
- van der Voort, M. (2018) *KWIN AGV - Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt*. Wageningen University and Research.
- de Vries, F. *et al.* (2008) 'Het veen verdwijnt uit Drenthe Het veen verdwijnt uit Drenthe', *Alterra*.
- Wageningen University and Research (2020) *Waterwijzer Landbouw tool*. Available at:

<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/tool.html> (Accessed: 28 May 2020).
Waterschap Hunze en Aa's (2017) 'Bodemdaling door veenoxidatie'. Available at:
<https://www.hunzeenaas.nl/werk-in-uitvoering/bvv/Paginas/Het-plan.aspx>.
WUR (2016) *Klimaatbestendig veenweidegebied - Sturen met Grondwater*.
WUR (no date) *Hoe teel je soja in Nederland*. Available at: <https://www.wur.nl/nl/artikel/Hoe-teel-je-soja-in-Nederland.htm> (Accessed: 31 October 2020).

Bijlage 1 Betrokken en geraadpleegde personen en organisaties

Persoon	Organisatie
Wilfried Heijnen	Waterschap Hunze en Aa's
Ramon Klaassens	Innovatie Veenkolonien
Michiel van Amersfoort	Eelerwoude
Johan Specken	Wageningen Research – Valthermond
Ko Munneke	Provincie Groningen
Diederik van Dullemen	Provincie Groningen
Susanne Lammersen	Provincie Groningen
Margot Faber	Provincie Groningen
Nynke de Jong	Provincie Groningen

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-854

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-854

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
