

# Nature-based Solutions en hun Bijdragen aan Transitie richting een Circulaire en Klimaatneutrale Toekomst

Een verkenning van vijf casussen uit het KB programma Nature Based Solutions for Circular and Climate Neutral Food Systems van Wageningen University & Research

Zoë van Eldik



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



# Nature-based Solutions en hun Bijdragen aan Transitie richting een Circulaire en Klimaatneutrale Toekomst

Een verkenning van vijf casussen uit het KB programma Nature Based Solutions for Circulair and Climate Neutral Food Systems van Wageningen University & Research

Zoë van Eldik

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van de kennisbasisprogramma's 'Nature-based Solutions for Climate Resilient and Circular Food Systems' (KB-35-007-002) en 'Circular and Climate Neutral Society' (KB-34-007-010).

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, juli 2023

---

Gereviewd door:

Daan Verstand, Onderzoeker Klimaatadaptatie in Voedselsystemen (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:

Joke de Jong, teamleider van Biodiversiteit & Beleid

Rapport 3278

ISSN 1566-7197

---

Van Eldik, Z.C.S., W. Timmermans, 2023. *Nature-based Solutions en hun Bijdragen aan Transitie richting een Circulaire en Klimaatneutrale Toekomst; Een verkenning van vijf casussen uit het KB programma Nature Based Solutions for Circular and Climate Neutral Food Systems van Wageningen University & Research*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3278. 66 blz.; 14 fig.; 2 tab.; 53 ref.

Nature-based solutions kunnen op verschillende manieren bijdragen aan integrale transitie richting circulaire en klimaatneutrale samenlevingen. In dit rapport worden de potentiële bijdragen van vijf nature-based solutions in beschouwing genomen en worden suggesties gedaan voor een strategische aanpak in het stimuleren van nature-based solutions

Nature-based solutions can contribute in various ways to integral transitions towards circular and climate neutral societies. This report considers the potential contributions of five nature-based solutions and offers suggestions for a strategic approach in stimulating nature-based solutions.

Trefwoorden: nature-based solutions; transitie; circulaire klimaatneutrale voedselsystemen; kruidenrijk grasland; gewasdiversiteit; natuurlijke plaagbestrijding; natuurlijke afwaterwaterzuivering; regenwateropvang

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/633149> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3278 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Turan Sezer – Different stages of life from caterpillar to cocoon to butterfly (WUR Brand Portal)

---

# Inhoud

<b>Verantwoording</b>	<b>5</b>	
<b>Woord vooraf</b>	<b>7</b>	
<b>Lijst met afkortingen</b>	<b>9</b>	
<b>Samenvatting</b>	<b>11</b>	
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>15</b>
	1.1 Aanleiding van het project	15
	1.2 Onderzoeksvragen en afbakening	15
	1.3 Leeswijzer	16
<b>2</b>	<b>Theoretisch kader</b>	<b>17</b>
	2.1 Nature-based Solutions	17
	2.2 Transitie richting een circulaire, klimaatneutrale samenleving	18
	2.3 NbS en hun bijdragen aan transitie richting circulaire, klimaatneutrale voedselsystemen	20
<b>3</b>	<b>Analytisch kader</b>	<b>21</b>
	3.1 De vlinder	21
	3.1.1 Het ecologische systeem	22
	3.1.2 Het sociaaleconomische systeem	22
	3.1.3 Het technische systeem	24
	3.2 Doelstellingen	25
	3.3 Drijfveren	26
	3.4 Interventies	27
	3.5 Integratie van informatie en het analytisch model	28
<b>4</b>	<b>Casussen en methode</b>	<b>29</b>
	4.1 Nature-based Solutions-casussen	29
	4.2 Methode	29
<b>5</b>	<b>Resultaten</b>	<b>31</b>
	5.1 Kruidenrijk grasland	31
	5.1.1 Systeemverhoudingen	31
	5.1.2 Doelstellingen	33
	5.1.3 Drijfveren	33
	5.1.4 Interventies	35
	5.2 Gewasdiversiteit (agro-ecologie)	36
	5.2.1 Systeemverhoudingen	36
	5.2.2 Doelstellingen	38
	5.2.3 Drijfveren	39
	5.2.4 Interventies	42
	5.3 Natuurlijke plaagbestrijding	42
	5.3.1 Systeemverhoudingen	42
	5.3.2 Doelstellingen	44
	5.3.3 Drijfveren	44
	5.3.4 Interventies	46

---

5.4	Natuurlijke afvalwaterzuivering	46
5.4.1	Systeemverhoudingen	46
5.4.2	Doelstellingen	48
5.4.3	Drijfveren	48
5.4.4	Interventies	50
5.5	Regenwateropvang	51
5.5.1	Systeemverhoudingen	51
5.5.2	Doelstellingen	52
5.5.3	Drijfveren	52
5.5.4	Interventies	54
<b>6</b>	<b>Reflectie: methodes en principes voor succesvolle implementatie van NbS</b>	<b>55</b>
6.1	Methodische reflectie	55
6.2	Principiële reflectie	57
<b>7</b>	<b>Conclusies</b>	<b>59</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>62</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Interview Guide</b>	<b>65</b>

---

# Verantwoording

Rapport: 3278

Projectnummer: 5200046891

Met dank aan dr. Wim Timmermans voor het sparren over ideeën en het doen van inspirerende suggesties.

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker klimaatadaptatie in voedselsystemen (WENR)

naam: Daan Verstand

datum: 26 juni 2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Joke de Jong

datum: 19 juli 2023





---

# Woord vooraf

Om naar een circulaire en klimaatneutrale toekomst te werken, zal er een hoop in Nederland en in de wereld gaan veranderen. Deze veranderingen gaan niet zonder slag of stoot. Veel stappen die genomen zullen moeten worden, staan haaks op de dagelijkse gang van zaken die we nu kennen. De transitie kan daarom in het begin ongemakkelijk zijn, chaotisch verlopen en op sommige punten op weerstand stuiten.

Nature-based solutions (NbS) worden gezien als een belangrijke component van transitie richting een circulaire en klimaatneutrale toekomst en worden daarom met veel aandacht op de WUR onderzocht. De verwachtingen rondom de meervoudige bijdrage van NbS zijn hoog, maar de implementatie van NbS moet nog grotendeels in gang worden gezet. Dit rapport kijkt alvast vooruit op hoe de toekomst eruit kan zien met de diverse bijdragen die NbS kunnen leveren. Het is een toekomst waar mensen meebewegen met en leven in harmonie met natuurlijke processen in plaats van in een maatschappij die de natuur uitput. Een dergelijk beeld is nodig, willen we met zijn allen negatieve trends zoals klimaatverandering en biodiversiteitsverlies het hoofd bieden.

Het blijft echter niet bij wensbeelden alleen. In dit rapport wordt ook vrijuit gesproken over welke waarden, gewoontes en regels een regime in stand houdt dat weerstand biedt tegen een grootschalige omslag naar een meer natuurinclusieve samenleving. Er wordt een poging gedaan om de complexiteit van transitie te doorgronden, barrières, kansen en drijfveren die van belang zijn bij de ontwikkeling en implementatie van NbS worden beschreven en enkele hoopvolle sleutelmomenten worden benoemd.

Ten slotte wordt gereflecteerd op methoden en principes die van belang kunnen zijn voor het succes van NbS. Een belangrijke conclusie uit deze reflectie is dat de bescherming en het herstel van onze natuurlijke omgeving ten grondslag liggen aan de zoektocht naar een toekomstbestendige maatschappij. Dit uitgangspunt is in lijn met het voornemen van het kabinet om water en ondergrond als sturend principe voor ruimtelijke ontwikkeling te omarmen. Dit benadrukt waarom dit rapport met belangstelling mag worden gelezen.

Wim Timmermans



---

# Lijst met afkortingen

NbS	Nature-based Solutions
WUR	Wageningen University & Research
GLB	Gemeenschappelijk landbouwbeleid
DAW	Delta Plan Agrarisch Waterbeheer
KPI	Kritische Prestatie Indicatoren
Mbo	Middelbaar Beroepsonderwijs
Hbo	Hoger Beroepsonderwijs
KRW	Kader Richtlijn Water
Ngo	Non Governmental Organisation



---

# Samenvatting

## Aanleiding en onderzoekdoelen

Nature-based solutions (NbS) worden steeds vaker genoemd als onderdeel van belangrijke bestuurlijke ambities richting circulaire en klimaatneutrale samenlevingen en voedselssystemen in het bijzonder. Welke bijdragen zij precies kunnen leveren en hoe ze dat kunnen doen is alleen (nog) niet duidelijk. Dit rapport presenteert hoe er op het moment van onderzoek door experts op het gebied van specifieke NbS binnen en buiten de WUR wordt gedacht over de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de potentiële transitie bijdragen van specifieke NbS?
2. Wat zijn belangrijke sleutelmomenten in het ontwikkelingsproces van specifieke NbS?
3. Wat zijn barrières en kansen voor het opschalen van specifieke NbS?
4. Welke methodes en principes kunnen worden toegepast om een succesvolle implementatie van NbS in voedselssystemen te ondersteunen?

## Theorie en methode

Voor dit rapport is onderscheid gemaakt tussen *intrinsieke NbS*, *hybride NbS* en *inspired NbS* (De Groot et al., 2020). Daarnaast is voor het onderzoeken van transities uitgegaan van een systematiek van veranderingen op drie niveaus die als geheel een transitieproces vormgeven zoals omschreven in de *multi-level benadering* (Geels, 2002). Binnen een dergelijk transitieproces zijn vervolgens verschillende gradaties van veranderingen in complexe systemen onderscheiden volgens Timmermans et al. (2013). Voor het ordenen en analyseren van informatie is gebruikgemaakt van 'het Vlindermodel' (Bos et al., 2021).

Als methode voor het verzamelen van informatie zijn negen semigestructureerde interviews afgenomen met projectleiders en experts met een verrijkend perspectief ten aanzien van vijf NbS-casussen: kruidenrijk grasland, gewasdiversiteit, natuurlijke plaagbestrijding, natuurlijke afvalwaterzuivering en regenwateropvang.

## Resultaten

Alle vijf de casussen zijn eenduidig geëvalueerd aan de hand van een viertal onderdelen die staan omschreven in het Vlindermodel: de vlinder (opgedeeld in een ecologisch, sociaal economisch en technisch systeem), doelstellingen, drijfveren en interventies. Voor alle vijf de casussen bleek dat de werking, uitvoering, acceptatie en ontwikkeling van NbS zeer contextgevoelig zijn. De context waarbinnen er op de WUR momenteel aan specifieke NbS wordt gewerkt, is uiteengezet in drie systeemverhoudingen (ecologische principes, sociaaleconomische dynamieken en technische ontwikkelingen).

Als tweede is omschreven welke doelstellingen de specifieke NbS mogelijk kunnen dienen. Voor alle vijf de casussen zijn meerdere doelen genoemd. Doelstellingen kunnen strategisch worden geprioriteerd aan de hand van *planet, people* en *profit* (Stockholm Resilience Center, 2018). Door het opstellen van doelen volgens deze volgorde, kunnen meerdere doelstellingen zoals de Sustainable Development Goals complementair aan elkaar zijn.

Drijfveren die de ontwikkelingen en uitvoering van NbS stimuleren of juist afremmen, variëren van grote, relatief langzame mondiale trends, zoals klimaatverandering en biodiversiteitsverlies, tot aan abrupte veranderingen zoals de COVID-pandemie, rechtsuitspraken, wetsveranderingen en plotselinge droogte. Ook experimenten en uitwisselingen naar het buitenland kunnen belangrijke nieuwe inzichten brengen. Met name de vaak onvoorziene veranderingen blijken achteraf belangrijke sleutelmomenten in een transitie.

Een belangrijke kans die (al dan niet impliciet) voor elke NbS-casus is genoemd, is een breed maatschappelijk draagvlak. Er wordt verondersteld dat de meeste mensen voorstander zijn van het oplossen van maatschappelijke vraagstukken met NbS, mits deze oplossingen geen (grote) financiële lasten of beperkingen opleggen. Om de huidige financiële obstakels op termijn te kunnen overbruggen, worden ook een paar kansen genoemd. Omdat sommige NbS (deels) zelfregulerend werken, kan er mogelijk op

---

onderhoudskosten bespaard worden en afhankelijk van de sociaaleconomische context kunnen er uitbetalingen worden gedaan voor het waarborgen van diverse ecosysteemdiensten. Deze diensten moeten dan wel aantoonbaar zijn. Hiervoor zijn grootschalige proefopstellingen van belang. Ook kan het integreren van NbS in praktijkonderwijs de kennis en uitvoering van NbS vergoten.

Belangrijke barrières voor het opschalen van NbS variëren in detail, maar over het algemeen kan worden gesteld dat een gebrek aan urgentiegevoel en financieel (korte termijn) voordeel de acceptatie en uitvoering van NbS in de weg staan. Omdat de continuïteit van sommige NbS niet gegarandeerd is en de exacte wenselijke en onwenselijke effecten van NbS nog niet altijd in beeld zijn, voelen bedrijven, boeren en particulieren zich niet genoodzaakt om NbS te verkiezen boven gangbare praktijkoplossingen. Sommige NbS vragen ook om flinke investeringen. Het moet nog blijken of deze investeringen zichzelf kunnen uitbetalen. Daarnaast bestaan NbS (met uitzondering van regenwateropvang) uit complexe ecologische processen. Daardoor kunnen ze als ingewikkeld worden ervaren. Bovendien is kennis over (bio)diversiteit en synergieën beperkt, omdat voorbeelden uit de natuur worden bedreigd en onderzoek vaak gericht is op soortspecifieke voordelen in plaats van landschap-gerelateerde voordelen. Onderzoek naar landschapsgerichte kwaliteiten vraagt bovendien om meer fysieke ruimte en is (mede) daardoor vaak erg duur.

Voor alle casussen is een aantal interventies genoemd. Dit zijn maatregelen die kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling en opschaling van NbS. In brede zin kan worden gesteld dat het beschermen van bestaande natuurgebieden een belangrijke randvoorwaarde is om in de toekomst meer NbS te kunnen ontwikkelen. Ten tweede is het van belang dat NbS robuust en veerkrachtig zijn, daarvoor zijn enkele suggesties gedaan die NbS kunnen verbeteren. Ten derde is er behoefte aan techniek die de consistentie van de werking van NbS kan ondersteunen.

### **Reflectie op de resultaten**

Alle resultaten in beschouwing genomen, is een aantal methodische en principiële reflecties door de onderzoekers (auteurs) genoteerd.

#### *Methodische reflecties*

1. Er kan een strategische hiërarchie worden onderscheiden in de verschillende interventies die door respondenten zijn genoemd in relatie tot *intrinsieke*, *hybride* en *inspired* NbS. Deze valt gelijk met de strategische hiërarchie voor de implementatie van NbS die is opgesteld door The World Bank (2021). De ontwikkeling van intrinsieke NbS is gegrondvest op het beschermen van natuurlijk ecosystemen. De ontwikkeling van hybride NbS richt zich op het verbeteren van door de mens beheerde (agro)ecologische systemen en de ontwikkeling van inspired NbS staat altijd ten dienste van – en is alleen mogelijk in combinatie met – de eerste twee strategieën.
2. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen veranderingen van een regime en een transitie. Transitie vragen om meer dan de ontwikkeling van NbS alleen. Zaken zoals gedragsverandering en een andere vormen van waarde-toekenning zijn essentiële transitie-elementen die in acht genomen kunnen worden in relatie tot NbS. Nu zijn crisissen vaak achteraf belangrijke, maar chaotische sleutelmomenten die sociale veranderingen op gang brengen. Een transitie staat ook niet altijd gelijk aan innovatie. Soms kan een transitie ook een stapje terugnemen betekenen.
3. Het Vlindermodel (Bos et al., 2021) stelt dat het voor het behalen van circulaire en klimaatneutrale samenlevingen van belang is om een balans tussen de verschillende, met elkaar interacterende ecologische, sociaaleconomische en technische systemen na te streven. Als onderdeel van deze balans kunnen voor de implementatie van NbS complementerende doelstellingen worden geformuleerd op volgorde van planet, people en profit.

#### *Principiële reflecties*

1. Het ecologische systeem vormt de eerste scheppende randvoorwaarden voor de implementatie van NbS. Elk ecologisch uitgangspunt is immers anders (uitgangspunten kunnen bijvoorbeeld worden vastgesteld op basis van water, bodem, klimaat, atmosfeer en biodiversiteit). Daarna kan worden gekeken naar de sociaal-culturele aanknopingspunten en als laatste naar rechtvaardige economische kansen voor de implementatie van NbS.

- 
2. Optimalisatie is niet hetzelfde als een transitiebijdrage. Dat wil zeggen dat bij de implementatie van NbS altijd moet worden gestreefd naar integrale doestellingen. Zo niet, dan is er sprake van optimalisatie van het huidige systeem. Met andere woorden: voor een transitie werken NbS altijd richtingen meerdere doelstellingen die op complementaire wijze bijdragen aan ecologische, sociaaleconomische en technische systeemveranderingen.
  3. Diversiteit maakt veerkrachtig. Dit geldt voor de ecologische opbouw van NbS, maar ook voor de sociaaleconomische implementatie (hoe meer manieren, hoe meer aansluitingen) en technische ontwikkelingen (hoe meer oplossingen, des te meer opties).
  4. Praktijkonderwijs en praktijkonderzoek zijn de overtuigendste manieren om de werking van NbS te bewijzen.

### Conclusies

- Het uiteenzetten van nature NbS in het Vlindermodel van Bos et al. (2021) is een nuttige manier om de potentiële bijdrage van NbS aan transities richting circulaire en klimaat neutrale samenlevingen te verkennen.
- Droogte, fossiele brandstofprijzen, COVID, de stikstofcrisis, wetvoornemens en uitwisselingen met het buitenland zijn belangrijke sleutelmomenten geweest die de ontwikkeling van NbS hebben geholpen.
- Kansen voor de verdere ontwikkeling NbS zijn onder andere:
  - Een groot maatschappelijk draagvlak.
  - Het grotendeels zelfregulerende karakter van NbS.
  - De overtuigingskracht van proefopstellingen en praktijkonderwijs.
- Barrières voor het ontwikkelen van NbS zijn onder andere:
  - Een gebrek aan urgentie en welwillendheid voor het toepassen van NbS.  
De voornaamste oorzaken van dit gebrek zijn:
    - Twijfel over de (langdurige en consistente) werking van NbS;
    - De soms hoge investeringskosten.
  - Een gebrek aan kennis over synergetische relaties en voordelen van NbS.  
De voornaamste oorzaken van dit gebrek zijn:
    - De complexiteit van systemen;
    - De ruimte en hoge kosten voor het onderzoeken van synergieën.
- Interventies ter bevordering van NbS kunnen strategisch worden geordend in de categorieën *beschermen* (van natuurlijke ecosystemen), *verbeteren* (van de robuustheid van NbS en de sociaaleconomische en sociaal-culturele inbedding van NbS) en *creatie* (van natuur ondersteunende techniek).





---

# 1 Introductie

## 1.1 Aanleiding van het project

De Europese Unie heeft de ambitie om in 2050 volledig duurzaam, klimaatneutraal, weerbaar, eerlijk en welvarend zijn. Onderdeel van deze ambitie is om een koploperspositie in te nemen in het ontwikkelen en implementeren van diverse *nature-based solutions* (NbS) (Calliari et al., 2022). Zodoende bereidt de Europese Unie zich voor op de globale doelstellingen richting een 'toekomst in harmonie met de natuur' (CBD, 2021). Om deze doelstellingen te bereiken, is een optelsom van diverse rigoureuze veranderingen nodig: zogenaamde transities.

Wageningen Universiteit & Research is in 2020 begonnen met op het optuigen van het project 'Nature-based solutions for climate resilient and circular food systems' (Groot et al., 2020). Aanname is dat alle deelprojecten in dit project kunnen bijdragen aan diverse transities richting de hierboven genoemde Europese ambities voor 2050. In dit rapport wordt afgetast hoe de casussen dat mogelijk kunnen doen. Vervolgens is gekeken welke sleutelmomenten reeds hebben plaatsgevonden in het ontwikkelproces van de diverse deelprojecten en ook welke barrières en kansen voor NbS in de toekomst worden voorzien. Verwacht wordt dat hieruit informatie kan volgen die van belang is om transities verder in gang te krijgen. Dit rapport is daarom bedoeld voor iedereen die zich zowel wetenschappelijke als beleidsmatig bezighoudt met het ontwikkelen en stimuleren van NbS voor een klimaatneutrale en circulaire samenleving.

## 1.2 Onderzoeksvragen en afbakening

In dit rapport is een eerste aanzet gedaan om antwoorden te formuleren op vier vragen over de rol van NbS in transities richting circulaire en klimaatneutrale samenlevingen. De nadruk van de meeste casussen ligt op het in gang zetten van transities in diverse voedselsystemen. De onderzoeksvragen voor dit onderzoek zijn vooraf opgesteld in het overkoepelende KB35-project: *nature-based solutions for climate resilient and circular food systems* (Groot et al., 2020).

De onderzoeksvragen zijn:

1. Wat zijn de potentiële transitiebijdragen van specifieke NbS?
2. Wat zijn belangrijke sleutelmomenten in het ontwikkelingsproces van specifieke NbS?
3. Wat zijn barrières en kansen voor het opschalen van specifieke NbS?
4. Welke methodes en principes kunnen worden toegepast om een succesvolle implementatie van NbS in voedselsystemen te ondersteunen?

### **Wenselijkheid van transities**

Voor het zoeken naar antwoorden op deze vragen zijn wij ervan uitgegaan dat transities richting circulaire en klimaatneutrale samenlevingen wenselijk zijn. Deze wenselijkheid achten wij onderbouwd vanuit de wetenschappelijke bevindingen die zijn gebundeld in diverse IPCC- en IPBES-rapporten (o.a. IPCC 2022; IPBES 2022) en de opgestelde ambities van de Europese Commissie (CBD 2021).

### **Vlindermodel**

Voor dit onderzoek is een systematische analyse uitgevoerd die uitgaat van een samenhang tussen ecologische systemen, sociaaleconomische systemen en technische systemen. Deze samenhang is uiteengezet in het Vlindermodel van Bos et al. (2021). Een uitgebreide omschrijving van dit model is te lezen in Hoofdstuk 3. Het Vlindermodel is een conceptueel raamwerk. Dit onderzoek draagt bij aan het beproeven van de bruikbaarheid van het model.

---

## Scope

Dit rapport raakt niet aan de volledige scope van mogelijke bijdragen van de onderzochte NbS. Het geeft slechts een uitsnede weer van hoe er op het moment van onderzoek door onderzoekers aan de WUR werd gedacht over de transitie-gerelateerde potenties van NbS. De scope van mogelijke bijdragen kan zich mogelijk vergroten of juist verkleinen. Resultaten moeten daarom meer als een verkenning worden beschouwd dan als in steen gebeitelde feiten.

## WUR-perspectief

Dit onderzoek is grotendeels gebaseerd op de manier waarop er op de WUR op verschillende wijze wordt gewerkt aan de ontwikkeling van NbS. Hoe er op andere onderzoeksinstellingen, bedrijven en overige instanties wordt gewerkt aan dezelfde of vergelijkbare NbS kan daarom afwijken. Ons doel is om een nuttige bijdragen te leveren aan de algemene dialoog rondom de bijdrage van NbS aan transitie richting circulaire en klimaatneutrale voedselsystemen.

## 1.3 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk zullen de theoretische concepten die in dit onderzoek zijn gebruikt worden uitgelegd. Dit gaat over de *inhoud* van wat is onderzocht. Vervolgens zal in Hoofdstuk 3 worden uitgelegd hoe de concepten zijn geanalyseerd aan de hand van het Vlindermodel (Bos et al., 2021). Dit gaat over de *structuur* van het onderzoek. In Hoofdstuk 3 wordt uitgelegd welke casussen zijn geanalyseerd en welke methodes zijn gebruikt voor het verzamelen van informatie. Dit gaat over de *werkwijze* die is gebruikt.

Vanaf Hoofdstuk 5 worden de resultaten gepresenteerd. Deze resultaten geven antwoorden op onderzoeksvragen per specifieke casus. In Hoofdstuk 6 worden enkele reflecties van de auteurs gegeven die richting geven aan meer algemene antwoorden op de onderzoeksvragen. De conclusies van het rapport staan in Hoofdstuk 7.

## 2 Theoretisch kader

In dit hoofdstuk worden verschillende theoretische concepten die voor dit rapport van belang zijn, uiteengezet. Allereerst zal nadere invulling worden gegeven aan het concept NbS. Daarna zullen enkele uitgangspunten rondom transities worden onderbouwd. Als laatste zal kort worden omschreven waarom we er van uit zijn gegaan dat NbS een bijdrage kunnen leveren aan transities richting circulaire en klimaatneutrale samenlevingen en aan circulaire en klimaatneutrale voedselsystemen in het bijzonder.

### 2.1 Nature-based Solutions

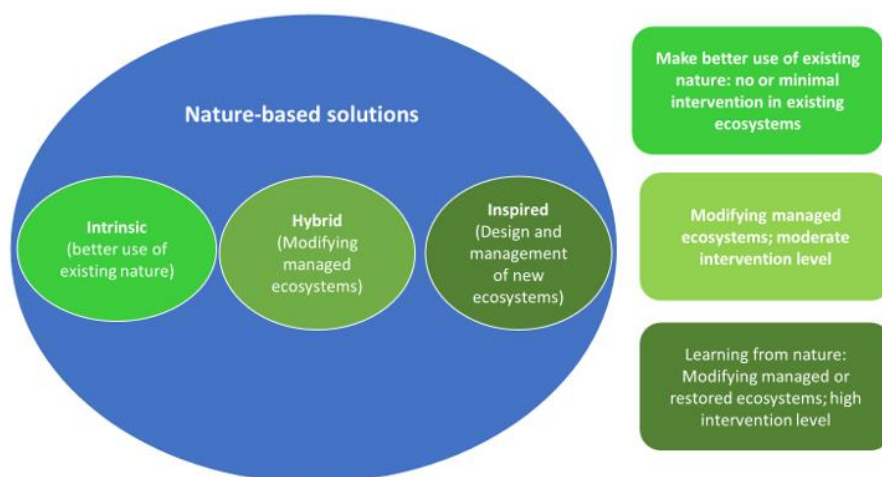
#### Definitie

Het concept NbS kent meerdere definities (o.a. World Bank, 2008; IUCN, 2009; Cohen-Shacham et al., 2016). Bij de ontwikkeling van de vijf NbS die in dit rapport in beschouwing zijn genomen, is een definitie van de Europese Commissie gebruikt. Deze is opgesteld als raamwerk voor het Horizon Europe Programma (EC, 2016):

*"... Solutions that are inspired and supported by nature, which are cost-effective, simultaneously provide environmental, social and economic benefits and help build resilience. Such solutions bring more, and more diverse, nature and natural features and processes into cities, landscapes and seascapes, through locally adapted, resource-efficient and systemic interventions."*

#### Karakterisering van NbS

Het raamwerk van de Europese commissie is een belangrijke opstap naar een integrale benadering van NbS, maar biedt nog weinig inhoudelijk houvast. Uit het discours rondom NbS is door Groot et al. (2020) onderscheid gemaakt in drie karakteristieken: intrinsieke, hybride en inspired NbS.



**Figuur 1** Karakterisering van NbS (Groot et al., 2020).

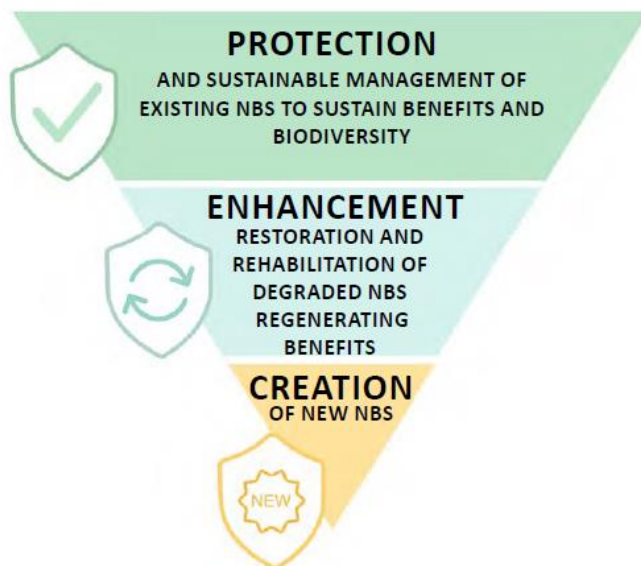
*Intrinsieke NbS* bestaan uit – of zijn ondersteunend aan – natuurlijke ecosystemen. Gezonde ecosystemen zijn zelfregulerend en leveren vaak meerdere maatschappelijke diensten zonder dat we ons daar altijd van bewust zijn. Denk bijvoorbeeld aan klimaatmitigatie (schone lucht & schoon water door natuurlijk filtering), klimaatadaptatie (veiligheid bij extreme weersomstandigheden door stevige wortelstructuren ondergronds) en het beschermen van biodiversiteit (habitat voor planten en dieren). De rol van mensen is vooral om deze ecosystemen in stand te houden. Bijvoorbeeld door intrinsieke NbS te beschermen, te herstellen of opnieuw aan te leggen in gebieden waar ze ooit vanzelfsprekend waren.

*Hybride NbS* zijn maatregelen, innovaties en ontwikkelingen die zijn gericht op het versterken van door de mens beheerde ecosystemen. Dit zijn bijvoorbeeld onze voedselsystemen. Het doel is om aan de hand van nauwkeurige interventie toe te werken naar een hogere mate van robuustheid. Bijvoorbeeld door het aanbrengen van meer (bio)diversiteit in ons voedselsysteem. Hybride NbS zijn deels zelfregulerend. Menselijke interventie is gericht op het opbouwen van weerbaarheid, bijvoorbeeld als voedsel- of ecosystemen bedreigd worden door klimaatverandering.

*Inspired NbS* zijn nieuwe, door de mens ontwikkelde systemen en/of technologieën die zijn geïnspireerd op en ondersteunend aan ecologische principes. Inspired NbS zijn afhankelijk van menselijke interventie (en ontwikkeling), maar ondersteunend aan de continuïteit van belangrijk ecologische diensten. Inspired NbS zorgen er bijvoorbeeld voor dat ecosystemendiensten blijven functioneren in verschillende weersomstandigheden.

### Strategische hiërarchie

De implementatie van NbS kan hiërarchisch worden georganiseerd in drie strategische componenten: bescherming, verbetering en creatie (Cohen-Shacham et al., 2019; World Bank, 2021). Deze prioritering is opgesteld om reeds bestaande NbS in eerste instantie te beschermen. De tweede nadruk ligt op herstel en pas in de derde categorie worden nieuwe NbS ontwikkeld. Bij de implementatie van deze strategie is het de bedoeling dat de drie componenten complementair aan elkaar werken.



**Figuur 2** Hiërarchische organisatie van de implementatie van NbS (World Bank, 2021).

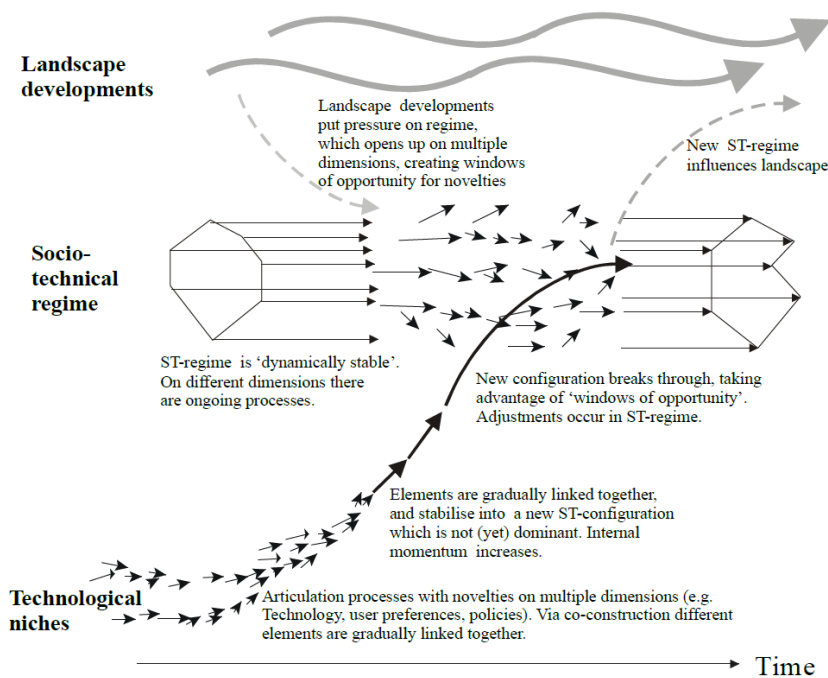
## 2.2 Transitie richting een circulaire, klimaatneutrale samenleving

Grote veranderingen zoals klimaatverandering en biodiversiteitsverlies maken de natuur en samenlevingen steeds kwetsbaarder. Wereldwijd wordt daarom nagedacht over hoe deze veranderingen kunnen worden vertraagd, gestopt en mogelijk weer gekeerd. Wetenschappelijke inzichten uit de laatste eeuw laten zien dat de grootste oorzaken van klimaatverandering en biodiversiteitsverlies zijn verbonden aan activiteiten van de mens (IPCC 2022; IPBES 2022). Een belangrijke conclusie die daaruit volgt, is dat er een rigoureuze omslag moet plaatsvinden in hoe mensen kijken naar en omgaan met hun omgeving. In plaats van natuur te beschouwen als iets buiten de mens om, streven steeds meer landen naar een samenleving in harmonie met de natuur (CBD, 2021). Om dit te bereiken, willen overheden toewerken naar een transitie richting circulaire en klimaatneutrale samenlevingen. Onderdeel van deze transitie zijn NbS.

## Karakterisering van transitieprocessen

Een transitie is een alomvattend proces dat zich manifesteert op meerdere niveaus. Deze niveaus hebben een zekere autonomie ten opzichte van elkaar, maar staan ook in nauw verband met elkaar. Deze gedachte vormt de basis voor de zogenaamde multi-levelbenadering van transities, ontwikkeld door Frank Geels (2002). De multi-levelbenadering gaat ervan uit dat een transitie plaatsvindt op drie niveaus:

- Het macroniveau van 'socio-technisch landschap'. Dit is de 'externe omgeving' die van invloed is op de stabiliteit van socio-technische regimes (mesoniveau). Veranderingen in dit niveau kunnen gradueel zijn (zoals klimaatverandering), maar ook abrupt (zoals bijvoorbeeld een crash op de internationale beurs).
- Het mesoniveau van socio-technische regimes. Dit zijn bestaande sociaal-technische systemen die zijn ingebed in de maatschappij en een breed scala aan maatschappelijke actoren zoals bedrijven, overheden, gebruikers/consumenten etc. met elkaar verbindt. Regimes veranderen voortdurend door input van technological niches (microniveau).
- Het microniveau van technologische niches. Dit niveau duidt op de situatie waarin wordt geëxperimenteerd met alternatieve denkwijze en praktijken en waar innovaties worden ontwikkeld. Niches kunnen zich naarmate zij worden opgeschaald langzaam verankeren met socio-technische regimes (Elzen et al., 2012).



**Figuur 3** Multi-levelbenadering van Geels (2002).

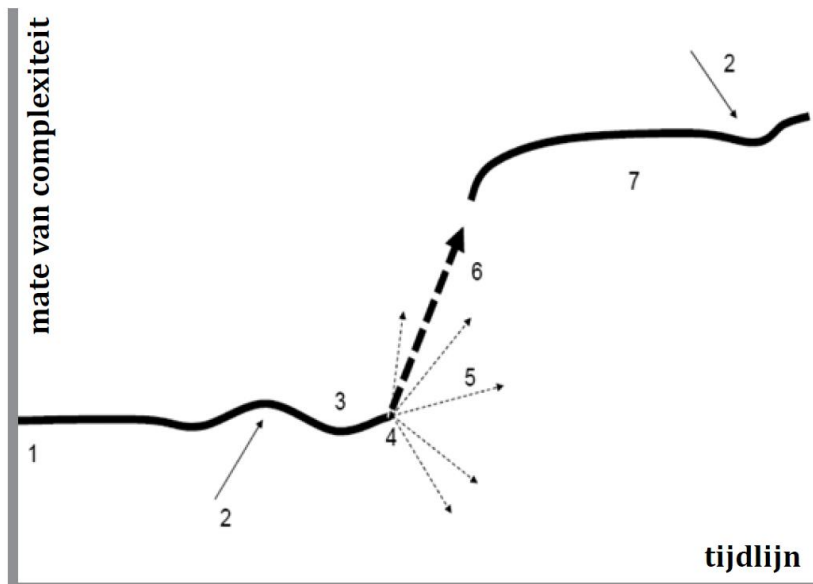
## Sleutelmomenten in een transitie

Het figuur van Geels laat zien dat een transitie bestaat uit veranderingen in complexe systemen die zich manifesteren op verschillende niveaus. Omdat deze systemen zo complex zijn, is het moeilijk om vast te stellen wat precies het omslagpunt in een transitie is geweest. Laat staan wat een omslagpunt in toekomstige transities gaat zijn. Omslagpunten kunnen soms wel in termen van het ecologische systeem worden uitgerekend (bijvoorbeeld in termen van biodiversiteitsverlies ten gevolge van de opwarming van de aarde). Maar omslagpunten in ons socio-technisch systeem laten zich een stuk lastiger duiden. Vaak kan achteraf pas worden vastgesteld dat er meerdere 'sleutelmomenten' hebben plaatsgevonden die opbouwend zijn geweest naar een bepaald omslagpunt. Sleutelmomenten zijn de eerste momenten waarop er een alternatief (bijvoorbeeld NbS) vaart begint te krijgen; de deur wordt als het ware geopend. Welke inhoudelijke vorm een sleutelmoment heeft en hoe groot het effect hiervan precies is, kan zeer uiteenlopen en is niet van tevoren nauwkeurig in te schatten. Wel kan volgens Timmermans et al. (2013) schematisch ongeveer worden weergegeven waar sleutelmomenten in een transitieproces samenkomen tot een omslagpunt:

1. Er bestaat een bepaalde routine (het socio-technisch regime).
2. Veranderingen uit de omgeving van het complexe systeem dwingen tot aanpassing van de routine. Verandering komt zowel van bovenaf (macroniveau) als onderaf (microniveau).

3. Beginnende instabiliteit. Via kleinschalige veranderingen probeert men in het complexe systeem aanpassingen te zoeken die passen bij de oude routine.
4. Crisis. Het complexe systeem komt in een chaotische fase, waarbij de druk zo groot wordt dat de oude routine niet langer past bij de dynamiek binnen het systeem. Verschillende 'deuren' worden geopend in een zoektocht naar alternatieven (achteraf vaak sleutelmomenten).
5. Externe gebeurtenissen. Het complexe systeem verandert snel door abrupte gebeurtenissen van buitenaf. Sleutelmomenten accumuleren tot een omslagpunt.
6. Routine verandert (omslagpunt). De routine van het complexe systeem ondergaat abrupte veranderingen.
7. Nieuwe routine. Het complexe systeem bevindt zich in een nieuwe routine, een nieuwe, stabiele situatie die voor nieuwe zekerheden zorgt.

In het proces dat door Timmermans et al. (2013) wordt omschreven, zijn niet alleen de dynamieken op verschillende niveaus in werking, ook bepaalde personen kunnen een belangrijke rol spelen. Iemand die stressbestendig is, zal bijvoorbeeld makkelijker omgaan met een crisissituatie. Bij het opschalen van technologische niches (zoals NbS) kan het daarom doorslaggevend zijn welke personen een nieuw concept uitdragen. Aanname in dit onderzoek is dat de projectleiders van de onderzochte NbS-casussen een belangrijke bijdrage leveren aan het uitdragen van de potentie van NbS en dat het daarom van waarde is om hun visie op de ontwikkeling van NbS in beeld te krijgen.



**Figuur 4** Verandering van complexe systemen in een transitie volgens Timmermans et al. (2013).

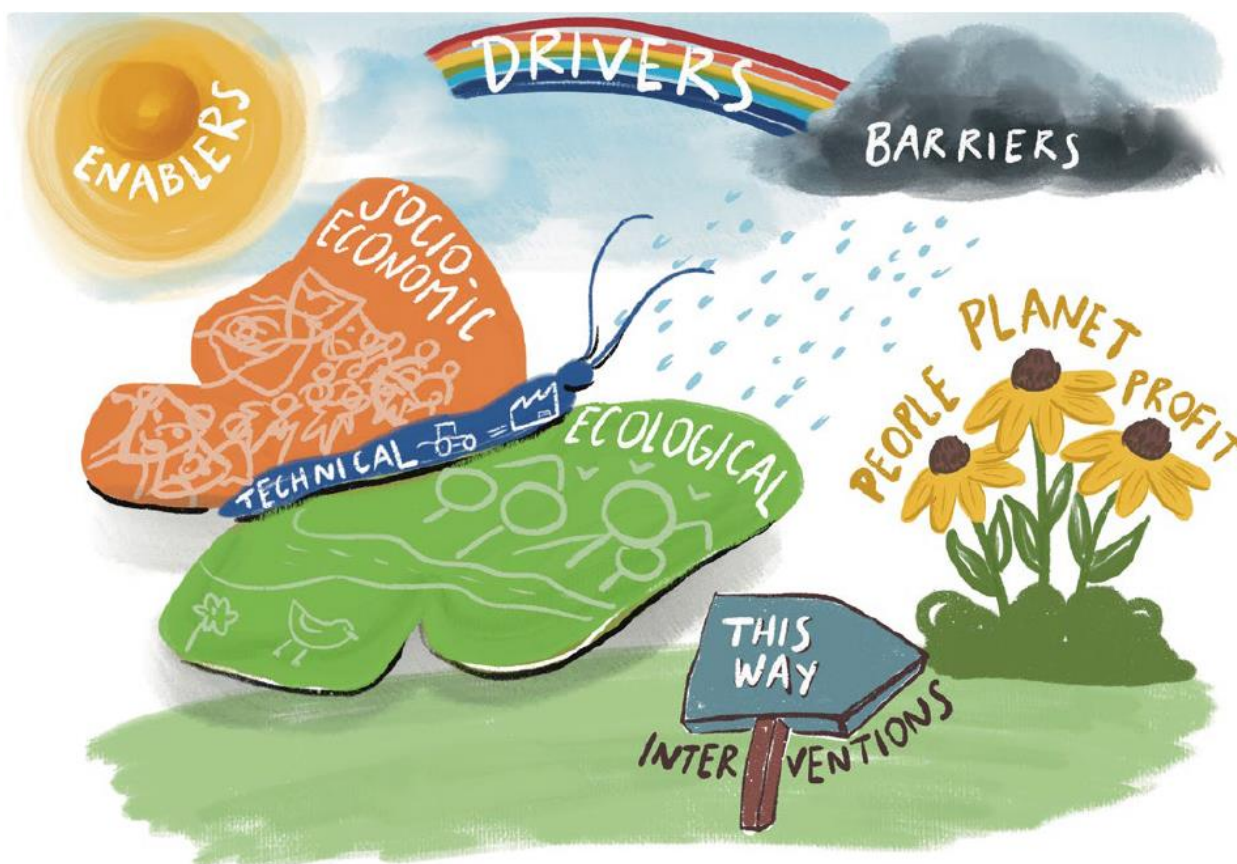
## 2.3 NbS en hun bijdragen aan transitie richting circulaire, klimaatneutrale voedselsystemen

Voor dit onderzoek hebben we in het bijzonder gekeken naar hoe bepaalde NbS kunnen bijdragen aan transitie richting circulaire en klimaatneutrale voedselsystemen. Transitie in onze voedselsystemen hebben altijd al plaatsgevonden en zullen ook blijven plaatsvinden in de toekomst. Voedselsysteemtransities worden vaak aangespoord door technologische doorbraken die de manier waarop voedsel geproduceerd wordt, verandert (zoals mechanisatie in het verleden, en robotisering in het heden), maar ook door sociale innovatie (zoals het vormen van coöperaties) en ecologische begrenzings (zoals de stikstofcrisis).

Een transitieproces duurt vaak tientallen jaren en is vaak chaotisch van aard. Het is daarom moeilijk om een dergelijk proces te evalueren als het nog in volle gang is. De focus van dit onderzoek ligt dan ook niet zozeer op een transitieproces is zijn geheel, maar meer op belangrijke sleutelmomenten en het transitie-potentieel van specifieke NbS. Om dit potentieel te kunnen duiden, maken wij gebruik van het 'Vlindermodel' (Bos et al., 2021). In het volgende hoofdstuk leest u hoe dit conceptueel raamwerk in elkaar zit.

### 3 Analytisch kader

Voor het analyseren van vijf casussen is gekozen om gebruik te maken van het zogenaamde Vlindermodel. Dit model is in cocreatie tussen diverse afdelingen van Wageningen University & Research ontwikkeld als 'een geïntegreerd conceptueel raamwerk voor de evaluatie van transities richting een circulaire en klimaatneutrale samenleving' (Bos et al., 2021). Het model bestaat uit vier componenten. De eerste component, de vlinder, vertegenwoordigt een overzicht van met elkaar interacterende 'systemen'. De tweede component, de doelstellingen, vertegenwoordigt wat door een samenleving als nastrevenswaardig wordt beschouwd (in Figuur 5: people planet profit). De derde component, de drijfveren, zijn alle mogelijke invloeden die een transitie 'sturen' en de vierde component, de interventies, zijn alle mogelijke interventies die kunnen worden toegepast om een transitie mogelijk 'bij te sturen'.



**Figuur 5** Het Vlindermodel van Bos et al. (2021).

#### 3.1 De vlinder

De vlinder is het centrum van het evaluatiemodel. De vlinder vertegenwoordigt de contouren waarbinnen een samenleving zich beweegt en bestaat uit drie onderdelen: het ecologische, sociaaleconomische en technische systeem. In de praktijk zijn de verschillende systemen sterk met elkaar vervlochten, maar om de samenhang van systemen te kunnen zien, is het analytisch van waarde ze ook van elkaar te kunnen onderscheiden.



### 3.1.1 Het ecologische systeem

Het ecologische systeem vertegenwoordigt onze fysieke leefomgeving en is opgebouwd een diversiteit aan cyclische uitwisselingen. Materialen, grondstoffen, organisme en andere tastbare elementen worden door een constante dynamiek van biologische processen afgebroken, opgelost, opgesplitst of omgezet om zich vervolgens ergens anders weer te manifesteren als hernieuwde tastbare elementen. Dergelijke cycli bevatten in het algemeen niet-levende componenten (water, mineralen, nutriënten etc.) en levende componenten (planten, dieren, mensen etc.).

Het ecologische systeem is zeer nauwkeurig afgesteld en reageert bij het ontstaan van een disbalans. Bij tekorten levert dat concurrentie op, bij overvloed ruimte tot groei. Planten, dieren en mensen zijn bijvoorbeeld allemaal afhankelijk van water en verdwijnen op plekken waar daar een tekort aan is of floreren vaak op plekken met een stabiele voorziening. De meeste cycli zijn echter voor de mens onzichtbaar. Pas recentelijk weten we dat de mens een onafwendbare invloed uitoefent op ecologische processen over de hele wereld en dat het in ons eigen belang is om die invloed te beperken (Rockström et al., 2009). Onze activiteiten, die zich vaak afspelen in het technische systeem, zullen zich moeten afstemmen op de grenzen van het ecologische systeem willen we grote ecologische rampen zoals klimaatverandering en het verlies van biodiversiteit verder voorkomen. Het ecologische systeem wordt vaak beschouwd als een externe omgeving die druk uitoefent op andere systemen. Beredeneerd vanuit het multi-levelperspectief van Geels (2002) wordt het ecologische systeem vaak beschouwd als onderdeel van het 'socio-technische landschap'.



**Figuur 6** Het ecologische systeem uit Bos et al. (2021).

### 3.1.2 Het sociaaleconomische systeem

Bos et al. (2021) geven de volgende definitie van het sociaaleconomische systeem: "het sociaaleconomische systeem omvat sociale, economische en culturele processen die impliciet of expliciet waarde toeschrijven aan (uitkomsten van) ecologisch prosessen en die wel of niet ontstaan aan de hand van veranderingen in het technische systeem." Deze definitie laat zien dat sociale processen nauw zijn verbonden met de andere twee systemen. We zullen eerst kort toelichten wat precies wordt bedoeld met sociale, economische en culturele processen, waarna we een voorbeeld geven hoe ze met elkaar en met de andere systemen interacteren.

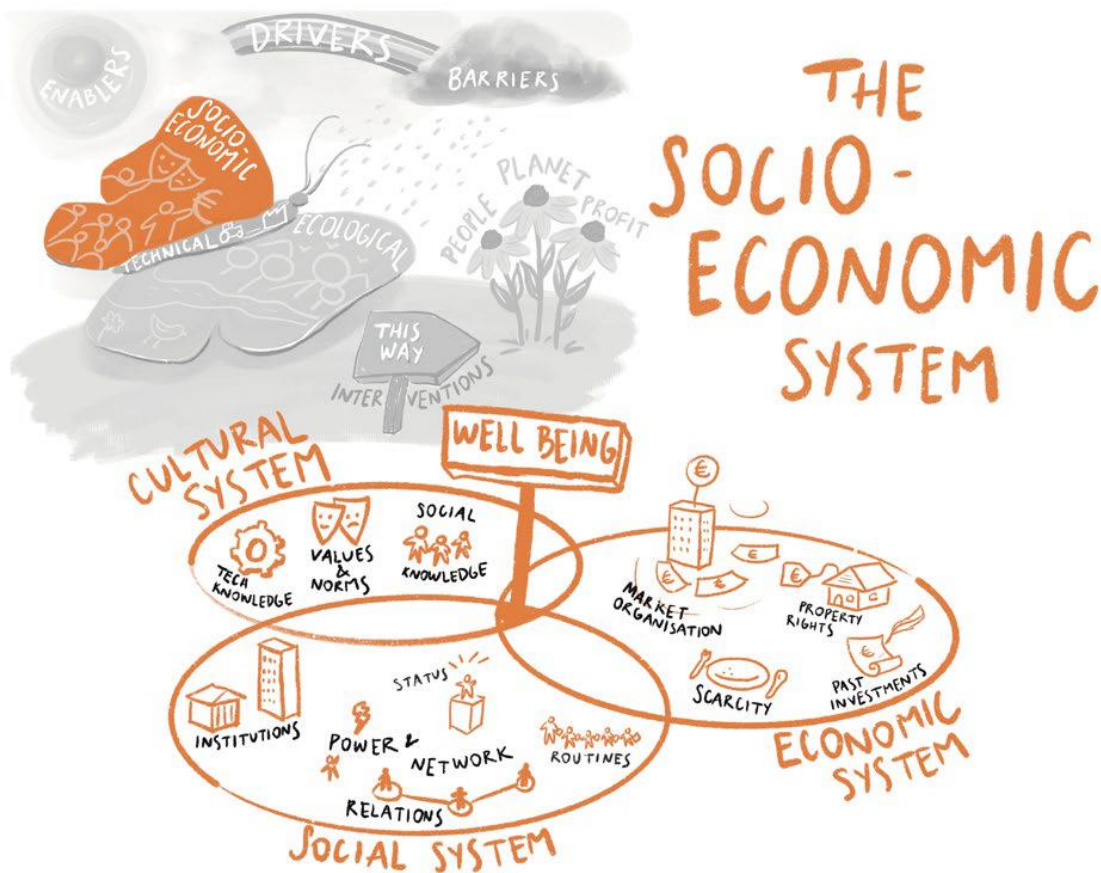


Sociale processen refereren in dit raamwerk aan intermenselijke, relationele dynamieken. Denk bijvoorbeeld aan machtsdynamieken (gedeeltelijk vastgelegd in rechtssystemen), sociale organisatie (gedeeltelijk vastgelegd in instituten en netwerken) of simpelweg het maken van contact. Al deze dynamieken beïnvloeden de besluiten die we maken, die vervolgens reflecteren op hoe we handelen in het technische systeem.

Economische processen omvatten hoe en waarom individuen en maatschappijen besluiten middelen te verplaatsen en welke consequenties dit heeft. Besluiten die genomen worden omtrent economische processen hebben te maken met de beschikbaarheid van middelen, de kosten en baten van het verplaatsen, het marktmodel en de verschillende 'prikkel's' waardoor mensen belang hechten aan bepaalde middelen.

Culturele processen gaan gepaard met verschuivingen in waarden, betekenissen en meningen. Degelijke processen bepalen wat we als belangrijk beschouwen en waar we ons mee (willen) identificeren. Concepten zoals duurzaamheid en circulariteit zijn het resultaat van culturele processen. Culturele processen kunnen zeer verschillen, afhankelijk van de context waarin ze plaatsvinden.

Alle processen in het sociaaleconomische systeem spelen op elkaar in en zijn bepalend voor wat we beschouwen als ons maatschappelijk welzijn. Dat betekent ook dat deze processen bepalen welke componenten uit het ecologische systeem als waardevol worden beschouwd in dit idee van welzijn. Sommige economische processen brengen op dit moment aanzienlijke schade toe aan het ecologische systeem. De meesten van ons vinden dat erg. Waarden omtrent duurzaamheid en circulariteit worden daardoor steeds belangrijker (cultureel proces). Dit kan de deur openen voor alternatieve economische voorkeuren, zoals een *doughnut*-economie (Raworth, 2017). Sociale processen kunnen vervolgens een geleidelijke omschakeling stimuleren, door bijvoorbeeld het opstellen van regels voor maximaal toegestane milieu-uitstoten in het technische systeem. Het sociaaleconomische systeem zoals wij dat nu ervaren, kan worden vergeleken met het sociaal-technische regime uit het multi-level perspectief van Geels (2005).

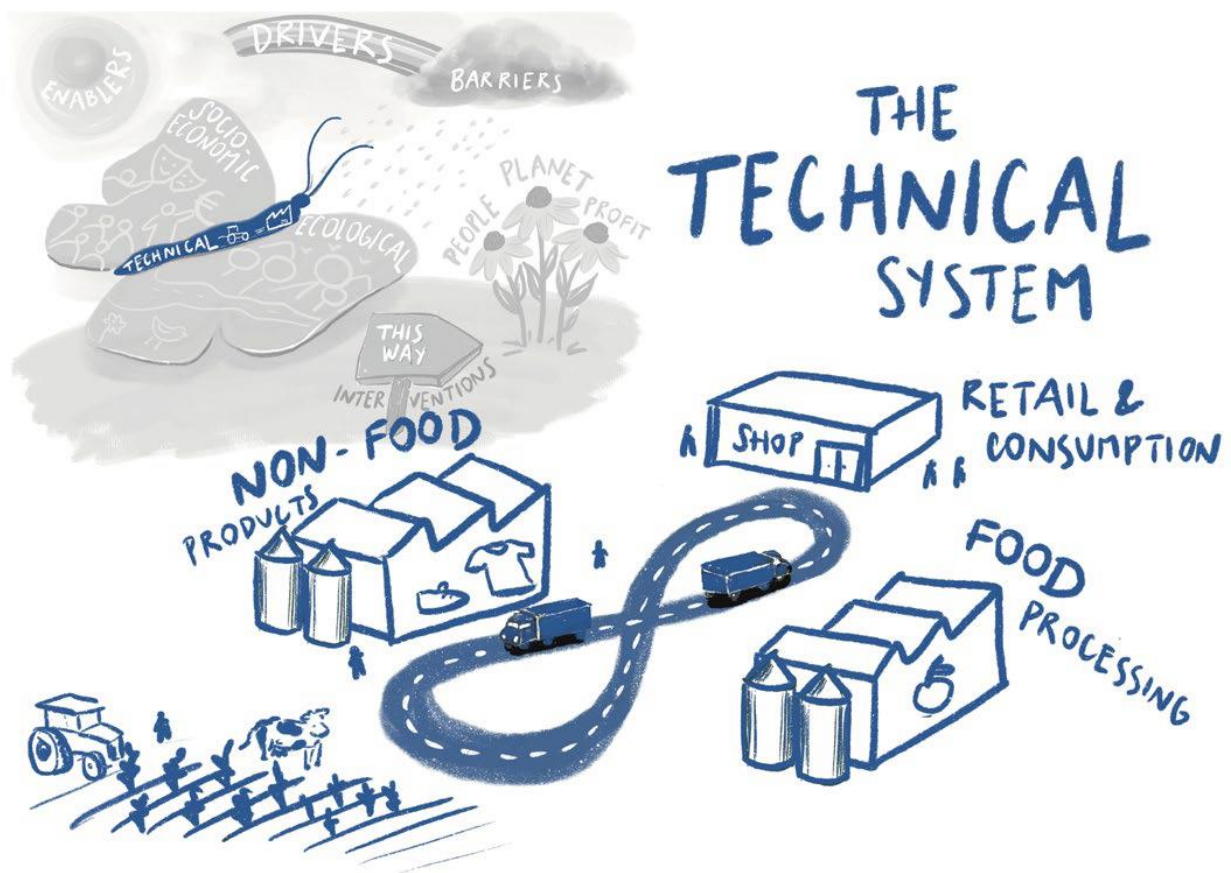


**Figuur 7** Het sociaaleconomische systeem ui Bos et al. (2021).

### 3.1.3 Het technische systeem

Het technische systeem is een verbindende schakel tussen het ecologische en sociaaleconomische systeem. Het vertegenwoordigt de menselijke activiteiten en processen die ingrijpen op de fysieke wereld en de mal waarin materialen met intentie in beweging worden gebracht. Het technische systeem kent een dagelijkse gang van zaken en een strategische component. De dagelijkse gang van zaken is gericht op de productie en het gebruik van materialen, denk hierbij bijvoorbeeld aan de landbouw, mijnbouw, industrie, transport etc. De strategische component is gericht op het verbeteren van het systeem. Hier komen zaken zoals ontwikkeling en innovatie aan bod.

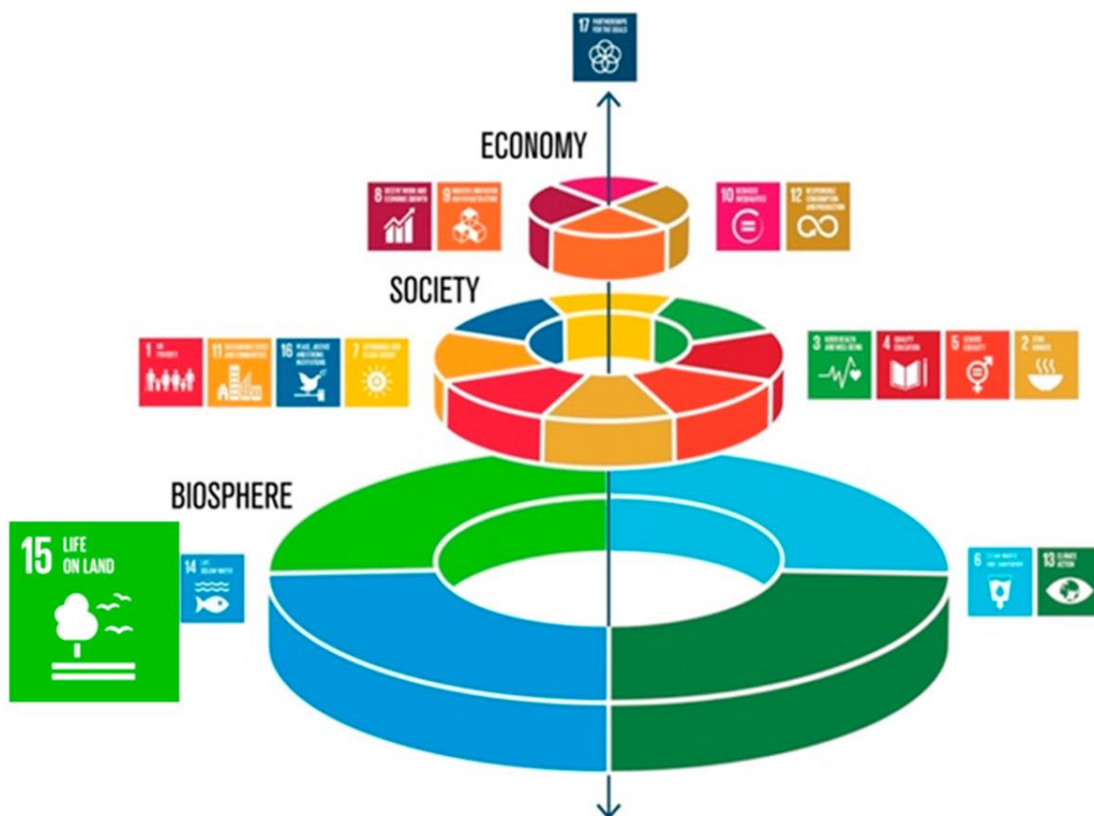
In een circulaire en klimaatneutrale maatschappij is het technische systeem gericht op het optimaliseren en faciliteren van materiaalstromen tussen het ecologische en sociaaleconomische systeem, zonder verliezen in de ecologische balans en het maatschappelijk welzijn. Het werk dat op de WUR wordt verricht, heeft veel te maken met het technische systeem. Zo ook het onderzoeken, ontwikkelen en stimuleren van NbS. Ontwikkeling en innovatie gebeurt vaak eerst op kleine schaal. Dit deel van het technische systeem kan daarom worden gezien als het geheel aan 'technologische niches' zoals omschreven door Geels (2002).



**Figuur 8** Het technische systeem uit Bos et al. (2021).

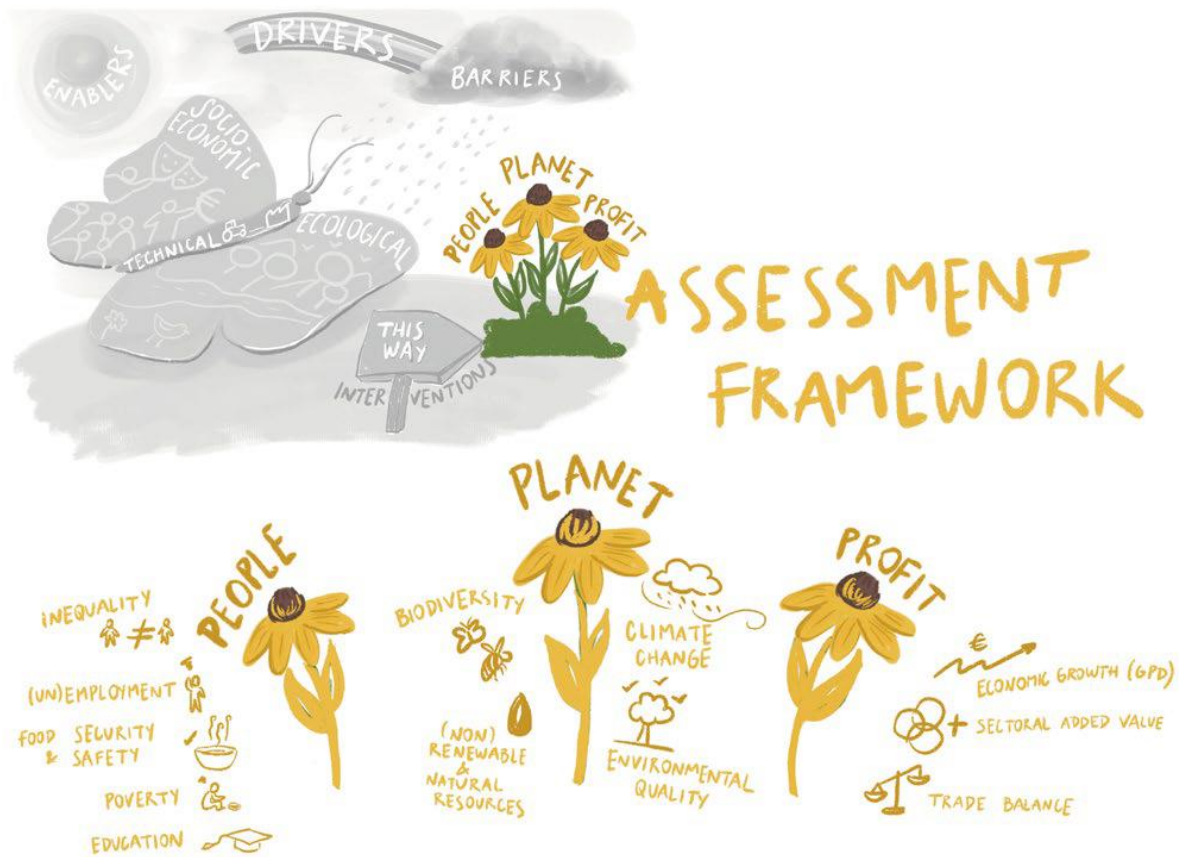
## 3.2 Doelstellingen

Om de richting van een transitie te bepalen, is het nodig om vast te stellen welke doelstellingen een transitie kan dienen. Als het gaat om grote duurzame ambities wordt vaak gerefereerd aan de Sustainable Development Goals (SDG's). Wereldwijd worden de SDG's erkent als belangrijke, nastrevenswaardige doelstellingen. Elke doelstelling vertegenwoordigt dus internationale belangen, maar niet elk doel is voor elk land, of zelfs elke regio even urgent. De benodigde middelen, inzet en wilskracht voor het behalen van bepaalde SDG's verschillen per context. In 2018 ontwikkelde het Stockholm Resilience Center een strategie voor het behalen van de SDG's binnen de planetaire grenzen. In deze strategie liggen doelen die het ecologische systeem ondersteunen ten grondslag aan alle andere doelen. Door vervolgens de doelen voor het sociaaleconomische systeem, met tussenkomst van het technologische systeem, af te stemmen op de 'basislaag', ontstaan de juiste randvoorwaarden voor een circulaire en klimaatneutrale maatschappij. Met andere woorden: onze sociaaleconomische en technische ontwikkelingen worden aangepast aan onze omgeving in plaats van andersom.



**Figuur 9** 'Weddingcake-model' van de SDG's van het Stockholm Resilience Center (Randers et al. 2018).

Het Vlindermodel onderscheidt doelstellingen op een gelijksoortige manier: globaal gezien staan doelstellingen in dienst van 'people, planet en profit'. Voor een integrale transitie kunnen doelstellingen uit elke 'bloem' worden gecombineerd. Acties ten behoeve van een transitie zijn zodoende complementair aan meerdere doelen.



**Figuur 10** Voorbeelden People, Planet, Profit uit Bos et al. (2021).

### 3.3 Drijfveren

Drijfveren zijn de krachten die zorgen dat systemen in beweging zijn. Drijfveren zijn onderdeel van systemen, maar zijn ook specifiek te benoemen, omdat ze een belangrijk element vormen in de dynamieken binnen en tussen de verschillende systemen. Klimaatverandering is bijvoorbeeld een belangrijke drijfveer die direct van invloed is op het ecologische systeem, maar ook bepalend is voor de koers van technologische innovatie en diverse gevolgen zal hebben op het sociaaleconomische systeem. Het identificeren van drijfveren is belangrijk, omdat het een beeld schetst van potentiële kansen of barrières richting bepaalde doelstellingen. Deze kansen en barrières kunnen variëren op grond van de schaal en de tijdspanne waarop een transitieproces wordt geanalyseerd. Drijfveren zorgen meestal eerst voor kleinschalige veranderingen die later, op een crisismoment, ineens kunnen leiden tot een enorme omslag (Timmermans et al., 2013). Drijfveren staan bovendien zelden op zichzelf en zijn vaak onderling afhankelijk. Een financiële impuls zoals subsidie kan bijvoorbeeld aanzetten tot technologische innovaties, wat mogelijk een enorme impact heeft op het ecologische systeem (bij negatieve impact is het een barrière, bij positieve impact een kans). Transitieën ontstaan in de praktijk vaak uit kettingreacties van meerdere drijfveren.





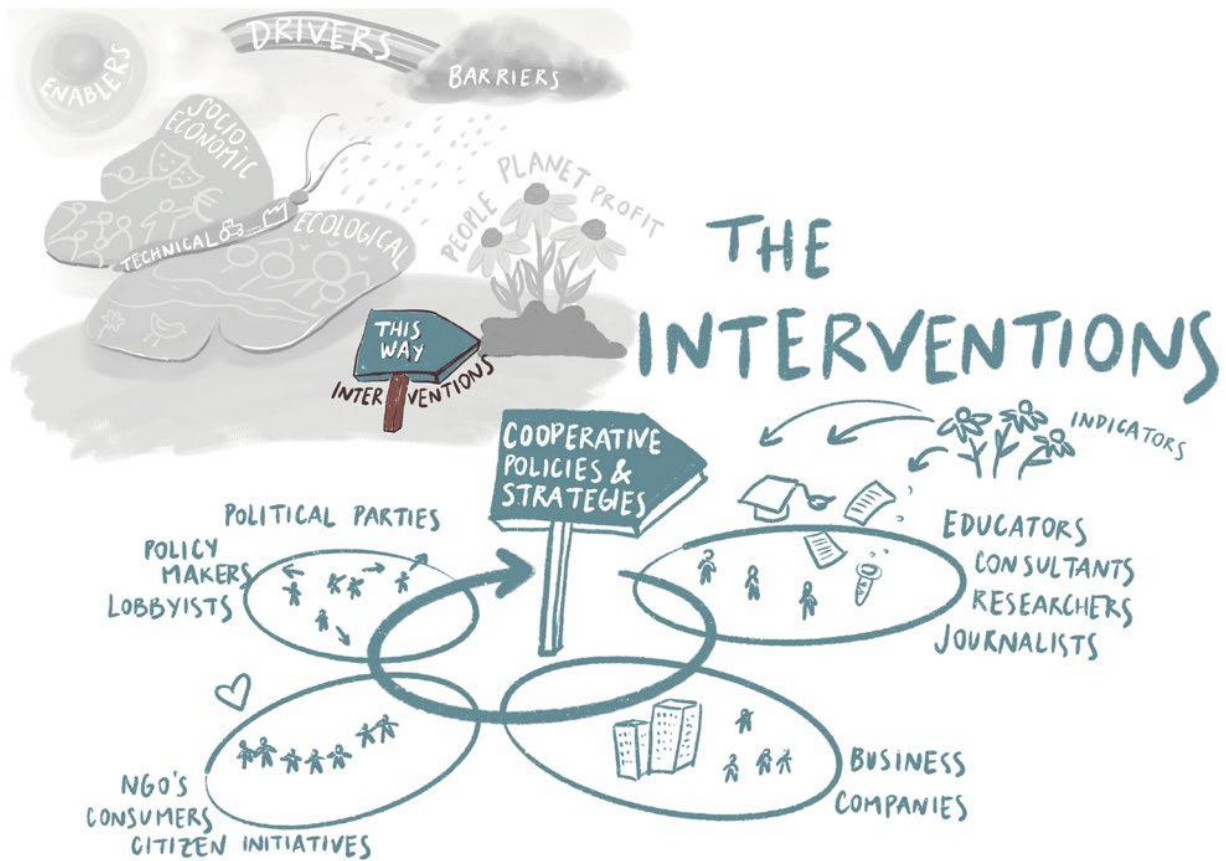
**Figuur 11** Voorbeelden van verschillende drijfveren uit Bos et al. (2021).

### Eyeopeners & Gamechangers

Eyeopeners en gamechangers zijn bijzondere, vaak onverwachte of onvoorziene drijfveren met een direct effect. Deze worden niet in het Vlindermodel genoemd, maar zijn vaak wel belangrijke accelererende factoren in een transitie. De ontwikkeling van drijfveren gaat meestal vrij geleidelijk. Eyeopeners en gamechangers daarentegen zijn vaak abrupt en vormen een duidelijk keerpunt in een ontwikkeling of perspectief. Vaak vormen zij achterafgezien belangrijke sleutelmomenten. Gamechangers kunnen mondiaal zijn, zoals het uitbreken van een pandemie, maar ook nationaal of lokaal, zoals de invoering van een wet. Een eyeopener is vaak een persoonlijke gebeurtenis waardoor iemand ineens heel anders gaat denken en doen. Een eyeopener kan bijvoorbeeld een ervaring zijn die je opdoet in een ander land.

## 3.4 Interventies

Mensen hebben een unieke mogelijkheid om bewust te kunnen ingrijpen in processen in verschillende systemen. Wij zijn als mensen zogenaamde 'strategische actoren' die op verschillende manieren een mate van sturing kunnen uitoefenen op een transitieproces. Hoe wij ons sociaal organiseren en vertegenwoordigen, heeft invloed op deze mate van sturing. Elke actor heeft namelijk zijn eigen set aan middelen om invloed uit te oefenen. Bij een hoge mate van sociale organisatie zijn die middelen meestal steeds ingrijpender. Overheden zijn bijvoorbeeld een belangrijke strategische actor. Met beleid, belasting en subsidies kunnen overheden sturen op bepaalde doelen, afhankelijk van de politieke steun. Maar ook ngo's, bedrijven, belangengroepen, media e.d. bestaan uit sociaal georganiseerde netwerken die beschikken over sturende interventiemiddelen die van invloed kunnen zijn op een transitieproces. Met betrekking tot NbS richten we ons in dit rapport nog niet op welke strategische actoren betrokken kunnen worden, dat laten we aan de lezer om te bedenken. Wel benoemen we enkele strategische keuzes die volgens onze informanten een positief effect kunnen hebben op de implementatie en opschaling van NbS.



**Figuur 12** Voorbeelden van interventies uit Bos et al. (2021).

### 3.5 Integratie van informatie en het analytisch model

Aan de hand van de interviews met experts zijn de NbS uit de casussen gedeconstrueerd en uitgewerkt in de drie systemen uit het analytisch raamwerk (de vlinder). Tijdens deze exercitie is een aantal stellingen naar voren gekomen. Bij elkaar genomen vormen deze stellingen de basiscomponenten van een integrale visie op de rol van NbS in transitie richting circulaire en klimaatneutrale samenlevingen. Deze visie is gekoppeld aan specifieke SDG's/doelstellingen.

Als tweede zijn aan de hand van de gesprekken met een expert een aantal drijfveren onderscheiden. Deze drijfveren omschrijven waar experts denken dat de kansen voor het opschalen van NbS in de toekomst liggen, maar ook welke barrières zij ervaren. Enkele gamechangers & eyeopeners worden in het bijzonder uitgelicht. Als laatste worden de interventies genoemd waarvan de experts denken dat het de implementatie van specifieke NbS kan bespoedigen.

---

## 4 Casussen en methode

### 4.1 Nature-based Solutions-casussen

Alle casussen waarop dit rapport is gebaseerd, zijn onderdeel van het project 'nature-based solutions for climate resilient and circulair food systems' (Groot et al., 2020). Elke casus vormt een deelproject. Op de webpagina<sup>1</sup> van het koepelproject zijn diverse inhoudelijk rapportages te lezen waar in dit rapport naar zal worden verwezen.

**Tabel 1** Overzicht van casussen en experts.

Casus	Looptijd	Kort omschrijving
Kruidenrijk grasland	2020-2022	Het concept kruidenrijk grasland wordt onderzocht vanuit een belang in relatie tot klimaatadaptatie en diergeneeskunde. Het concept wordt bestudeerd in Nederland en India. Er zijn twee wetenschappelijke deskundigen uit verschillende invalshoeken geïnterviewd. Beiden zijn al tientallen jaren actief op het gebied van graslandkwaliteiten.
Gewasdiversiteit	2020-X	In de casus gewasdiversiteit wordt specifiek naar gewasdiversiteit in de landbouw gekeken. Er zijn twee deskundigen geïnterviewd: de procesbegeleider van een stroteeltinitiatief en een voedselbosondernemer. Stroteelt en voedselbossen bestaan beide uit gecultiveerde gewasdiversiteit, al dan niet in verschillende gradaties van uitbundigheid.
Natuurlijke plaagbestrijding	2020-2022	In een laboratoriumsetting wordt op de WUR onderzoek verricht naar de natuurlijke afweer van koolsoorten. Het onderzoek is plant-specifiek opgezet. Om ook een landschappelijk perspectief te schetsen, is het conceptuele idee ook besproken met een voedselbosondernemer. De aanname die deze keuze onderbouwt, is dat specifieke en landschapsgerichte kennis op het gebied van natuurlijke plaagbestrijding elkaar kan aanvullen.
Natuurlijke afwaterzuivering	2020-2022	Een team van technici werkt op de WUR aan diverse biobased systemen voor waterzuivering. De systemen variëren in karakterisering van NbS. Naast het ontwikkelen van innovatieve zuiveringstechnieken wordt ook gekeken naar connectiviteit. Het doel is om de circulaire omloop van afvalwaterstromen te verbeteren. Drie betrokken personen zijn geïnterviewd: een projectleider, een projectadviseur en een business developer.
Regenwateropvang	2020-2022	Het opvangen van regenwater is een wereldwijd implementeerbare NbS en dient als klimaatadaptatieve maatregel. Men doet onderzoek naar implementatie van regenwateropvang in Bono-East (Ghana) en Nederland. Een onderzoeker en een projectadviseur die bij beide deelprojecten zijn betrokken, zijn geïnterviewd.

### 4.2 Methode

Voor het verzamelen van informatie is gekozen voor een kwalitatieve benadering. Door middel van semigestructureerde interviews met de projectleiders is inhoudelijke en contextuele informatie over de vijf NbS-projecten verzameld. Als leidraad voor de interviews is een compacte interviewgids geschreven met relevante onderwerpen (zie Bijlage 1). De interviews raakten aan de concepten uit het raamwerk van Bos et al. (2021), zonder dat er sturing werd gegeven aan de specifieke volgorde van vragen/antwoorden. Vooraf aan de interviews zijn de projectleiders geïnformeerd over het doel van de interviews en werd gevraagd of de gesprekken opgenomen mochten worden. Alle interviews zijn door de hoofdauteur getranscribeerd. Opnames en transcripties zijn volgens [WUR-protocol](#) opgeslagen.

---

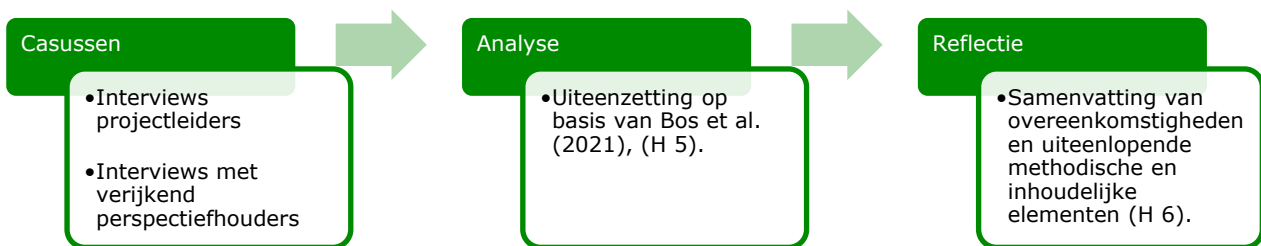
<sup>1</sup> [Nature-based Solutions for Climate Resilient and Circular Food Systems - WUR.](#)

---

Aan het einde van de interviews zijn projectleiders gevraagd om nog enkele namen te noemen die een verrijkend perspectief zouden kunnen bieden in relatie tot specifieke NbS. Voorbeelden van een verrijkend perspectief zijn personen met een andere scope van beschouwing (bijv. landschappelijk in plaats van soortspecifiek), een andere visie (bijv. meer of minder techniek) of een andere expertise.

Alle informatie uit de transcripten is op grond van de relevantie ten aanzien van het conceptuele raamwerk van Bos et al. (2021) verwerkt als resultaten in Hoofdstuk 5. Deze resultaten zijn vervolgens aangevuld met enkele relevante literatuurverwijzingen die een standpunt of aanname onderbouwen. Zoals genoemd in de afbakening zijn de resultaten een reflectie van hoe er door onderzoekers op de WUR naar de transitiepotentie van NbS wordt gekeken. De resultaten betreffen dus een WUR-perspectief.

In totaal zijn negen interviews afgenomen. Na elk interview zijn door de interviewers korte reflecties genoteerd. Deze reflecties, op basis van overeenkomstigheden en uiteenlopende methodische en inhoudelijke elementen uit de verschillende casussen, zijn later uitgewerkt in Hoofdstuk 6.



**Figuur 13** Overzicht van methoden en resultaten.



---

# 5 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de vijf NbS-casussen uiteengezet. Allereerst zal worden uitgelegd hoe de casussen geplaatst kunnen worden in de drie systemen die samen de vlinder vormen in het model van Bos et al. (2021). Deze systeemverhoudingen worden omschreven aan de hand van:

1. Principes uit het ecologische systeem.
2. Dynamieken in het sociaaleconomische systeem.
3. Ontwikkelingen in het technische systeem.

Uit de interviews met experts is voor elk systeem een aantal stellingen rondom de potentie van NbS naar boven gekomen. Deze stellingen staan centraal in het onderzoek/het werk dat de geïnterviewde experts doen. Per casus en per systeem worden de stellingen in bulletpoints genoemd.

In het ecologische systeem wordt uitgegaan van landschapsgerichte stellingen en soortgerichte stellingen. Deze stellingen zeggen iets over de (potentiële) werking van NbS. In het sociaaleconomische systeem wordt uitgegaan van economische stellingen en sociaal-culturele stellingen. Deze geven weer welke economische voor- en nadelen NbS mogelijk kunnen brengen en in welke mate NbS worden herkend en geaccepteerd in de maatschappij. In het technische systeem wordt stelling ingenomen over hoe NbS zich verder kunnen ontwikkelen. Deze ontwikkelingen zijn medeafhankelijk van de karakterisering van de NbS (intrinsic, hybride, inspired).

De stellingen zijn een belangrijk ingrediënt voor het volgende deel van de uiteenzetting: de doelstellingen die de verschillende NBS volgens de ondervraagde experts kunnen dienen. Deze doelstellingen zijn breed, maar niet per definitie uitputtend. Doelstellingen kunnen altijd worden aangepast en uitgebreid na verloop van tijd, bijvoorbeeld als een omgeving verandert of nieuwe partners worden betrokken bij het ontwikkelen en implementeren van NbS. De doelstellingen in de resultaten zijn zo geformuleerd dat ze raken aan de drie doelstellingcomponenten uit het analytisch kader: planet, people en profit.

Na de doelstellingen worden enkele drijfveren genoemd. Dit betreft zowel grote, langzaam opkomende of nog te verwachten drijfveren als kleinere, plotselinge gebeurtenissen die de ontwikkeling van NBS al reeds hebben versneld of juist in de weg staan. Als laatste zullen enkele interventies worden genoemd die een succesvolle implementatie van NbS kunnen ondersteunen. Deze interventies zijn gedeeltelijk door de experts genoemd en aangevuld op grond van vergelijking met de andere casussen door de auteurs.

## 5.1 Kruidenrijk grasland

### 5.1.1 Systeemverhoudingen

#### **Principes uit het ecologische systeem**

Het concept 'kruidenrijk grasland,' zoals dit wordt geïnterpreteerd door onderzoekers aan de WUR, baseert zich op functiegerichte diversiteit in agrarische graslanden. De aanname is dat kruidenrijk grasland, afhankelijk van de context, diverse bijdragen kan leveren aan de balans van agro-ecologische systemen. De veronderstelling is dat kruidenrijk grasland beter in staat is een circulaire uitwisseling van grondstoffen te ondersteunen dan eentonige graslanden. Het gaat dan om de uitwisseling van stoffen die worden uitgescheiden door landbouwdieren en kunnen worden opgenomen in de bodem. Dit heeft naar verwachting diverse voordelen voor het klimaat, de biodiversiteit en de diergezondheid van o.a. koeien. Onderzoek naar kruidenrijk grasland focust zich momenteel op het in kaart brengen van de kwaliteiten van individuele grassoorten (Groot, 2022a), de kwaliteit van graslandschappen in relatie tot klimaatverandering (Verstand, 2022) en de kwaliteit van individuele grassoorten op de diergezondheid van koeien (Balakrishnan, Nair & Groot, 2022ab; Groot, 2022b). Deze onderzoeken richten zich zowel op de landschapskwaliteit van kruidenrijk grasland (mesoniveau) als op de specifieke kwaliteit van diverse grassoorten (microniveau).

---

#### *Landschapsgerichte stelling:*

- Diep rijkende, diverse wortelstructuren zijn beter in staat om mineralen uit de grond naar boven te halen.
- Een diversiteit aan wortelstructuren draagt bij aan de weerbaarheid van graslandschappen in tijden van droogte of overtollige regenval.
- Diverse grassoorten bezitten kwaliteiten die onder andere de opname van stikstof en methaan bevorderen. Bij elkaar genomen bieden deze eigenschappen perspectief voor uitdagingen die te maken hebben met klimaatverandering en biodiversiteitsverlies.

#### *Soortgerichte stelling:*

- Specifieke grassoorten bezitten kwaliteiten die een geneeskrachtige werking hebben.
- Specifieke grassoorten bezitten klimaatadaptieve en/of mitigerende kwaliteiten.

### **Dynamieken in het sociaaleconomische systeem**

Welke sociaaleconomische en sociaal-culturele betekenis aan kruidenrijk grasland wordt gegeven en welke mogelijke voordelen daaraan verbonden zijn, hangt af van de context waarin over kruidenrijk grasland wordt gesproken. In Nederland is de aanname dat kruidenrijk grasland kostenbesparende voordelen kan brengen, zowel op korte als lange termijn. De aanname is dat kruidenrijk grasland op korte termijn meerdere gezondheidsvoordelen kan bieden (Balakrishnan Nair & Groot, 2022a). Hierdoor kunnen veehouders mogelijk besparen op medische kosten. De aanname op lange termijn is dat kruidenrijk grasland een belangrijke, klimaatadaptieve bijdrage kan leveren (Verstand, 2022). Fysieke en financiële klimaatschade kan daarmee worden beperkt en boeren kunnen betaald worden voor hun klimaatbijdragen middels uitbetalingen voor ecosysteemdiensten. Beide aannames stellen ook dat kruidenrijk grasland in Nederland nu niet als norm wordt gezien.

In tegenstelling tot Nederland, is in India kruidenrijk grasland (nog steeds) een vanzelfsprekend onderdeel van de dagelijkse praktijken van boeren in delen van het platteland. Voor rurale huishoudens en kleine agrarische ondernemers is het houden van een of meerdere runderen vaak essentieel voor hun levensonderhoud. Daarbij zijn ze afhankelijk van natuurlijke graslanden waarop hun dieren kunnen grazen. Doordat de graslanden onbewerkt zijn, kunnen de runderen naar eigen behoeften kiezen wat ze eten. Observaties tonen aan dat runderen in India naar behoefte (gehalte hun gezondheid) grassoorten eten waarvan de aanname is dat ze geneeskrachtige kwaliteiten bevatten (Balakrishnan Nair & Groot, 2022ab). Daarnaast wordt het melken van runderen in India vaak gedaan op collectieve melkstations. Deze stations zijn lang niet even efficiënt als de melkmachines van Nederlandse boeren, maar bieden – omdat zij zo arbeidsintensief zijn – ook belangrijke werkgelegenheid voor lokale gemeenschappen. Vergaande robotisering zou de krappe werkgelegenheid in deze context nog meer reduceren en brengt het levensonderhoud van rurale huishoudens mogelijk in gevaar.

#### *Economische stelling:*

- Kruidenrijk grasland kan kostenbesparende voordelen bieden voor rundveehouders in Nederland.
- Toegang tot natuurlijk graslanden is essentieel voor het welzijn en levensonderhoud van sommige rurale huishoudens in India.

#### *Sociaal-culturele stelling:*

- Kruidenrijk grasland wordt in Nederland niet als norm gezien, in delen van India wel.
- Traditioneel gebruik van kruidenrijke graslanden in rurale gemeenschappen in India is een collectieve aangelegenheid. Bij modernisering kan rekening gehouden worden met dit collectieve belang.

### **Ontwikkelingen in het technische systeem**

Kruidenrijk grasland wordt op de WUR gezien als intrinsieke NbS met hybride toepassingsmogelijkheden. De 'oplossing' zit als het ware ingebakken in het verloop van natuurlijke processen en de opbouw van het ecologische systeem (graslandschap). Innovatie in het technische systeem is gericht op het versteken van het ecologische systeem, waarvan het sociaaleconomisch systeem idealiter kan profiteren. Momenteel worden op de WUR veredelings technieken ingezet om problemen met persistentie op te lossen (kruiden worden momenteel in Nederland vaak verdrongen door dominantere grassoorten, zie barrières blz. 30). Overig onderzoek is met name gericht op het in kaart brengen van specifieke klimaatadaptieve en geneeskrachtige kwaliteiten.

---

*Technische stelling:*

- Kruidensoorten kunnen worden veredeld om de onderhoudsefficiënte van kruidenrijk grasland te verbeteren.
- Kruidensoorten kunnen worden veredeld om hun klimaatadaptieve/mitigerende voordelen te vergroten.
- Kruidensoorten kunnen worden veredeld om hun positieve werking voor de diergezondheid te vergroten.

### 5.1.2 Doelstellingen

Het doel van onderzoekers aan de WUR is om te onderzoeken of kruidenrijk grasland meerdere grootschalige doelstellingen kan dienen. Deze doelstellingen zijn echter contextafhankelijk. Elk landschap kent immers een andere basis (bodem en ondergrond) en mede daardoor ook een ander soort gebruik. In het algemeen past kruidenrijk grasland in een natuurinclusief beeld van duurzame veehouderij met meer aandacht voor een bredere interpretatie van dierenwelzijn, en een veehouderij die opereert binnen de grenzen van de planeet. Dierenwelzijn betreft in dit beeld niet alleen diergezondheid, maar ook levensduur en kwaliteit van leven. Stikstof- of broeikasgasoverschotten zijn in dit beeld mede dankzij kruidenrijk grasland verholpen.

#### **Planet**

Om de algemene doelstelling te verwezenlijken, wordt onder andere gewerkt naar de opbouw van diverse en persistente graslandschappen met landbouwdoeleinde. Deze landschappen kunnen een bijdrage leveren aan diverse klimaatopgaves en biodiversiteitsherstel. Kruidenrijke graslanden hebben onder andere een beter waterhoudend vermogen en zorgen voor geleidelijke opbouw van organische stof in de bodem. Kruidenrijke graslanden zijn hierdoor beter bestand tegen weersextremen en dragen bij aan agrarisch bodemherstel.<sup>2</sup>

#### **People**

In Nederland valt het inzaaien van kruidenrijk grasland onder natuurinclusieve maatregelen voor boeren (Erisman et al., 2017). Verdere ontwikkeling van het concept kruidenrijk grasland staat daarom met name in dienst van een mogelijk transitie richting meer natuurinclusieve landbouw. Natuurinclusieve landbouw gaat echter verder dan praktische maatregelen, het vraagt ook om een omslag van boerencultuur (Westerink et al., 2019). Momenteel wordt kruidenrijk grasland namelijk vooral als 'rommelig' en als een 'teken van nalatigheid' beschouwd. Door middel van een cultuuromslag kan kruidenrijk grasland in de toekomst mogelijk ook makkelijker om zijn geneeskrachtige eigenschappen in Nederland erkend worden.

In de context van India worden de geneeskrachtige eigenschappen van kruidenrijk grasland wel erkend. Nu en in de toekomst is het doel om dit zo veel mogelijk te beschermen. De toegang tot natuurlijke en kruidenrijke graslanden is een essentieel onderdeel van het welzijn van huishoudens in rurale gemeenschappen die op kleine schaal vee houden. Deels is dit voor eigen consumptie, maar het biedt ook economisch perspectief wanneer veehouders hun vee laten melken bij collectieve melkstations. Deze melkstations zijn nauwelijks gemechaniseerd. Melken is daardoor arbeidsintensief, maar biedt ook noodzakelijke lokale werkgelegenheid. De nadruk voor toekomstige ontwikkeling in dit gebied ligt daarom niet alleen op het optimaliseren van productie, maar ook op het bevorderen van de leefbaarheid voor zo veel mogelijk mensen.

#### **Profit**

Een economisch doel is dat personen die eigenaarschap uitdragen over kruidenrijk graslandschap, een gepaste financiële compensatie kunnen ontvangen voor hun inzet. Mogelijk kan dit aan de hand van een verwachte doorontwikkeling van uitbetalingsinitiatieven voor ecosysteemdiensten. In Nederland kunnen door middel van het inzaaien van kruidenrijk grasland naar verwachting ook kosten bespaard worden. De stelling is immers dat het ecologische systeem, en mogelijk ook de koeien, robuuster worden. Onderhoud van grasland en de zorg voor de koeien worden zodoende na verloop van tijd minder arbeidsintensief.

### 5.1.3 Drijfveren

De drijfveren om kruidenrijk grasland te implementeren en te waarderen, hebben vooral te maken met de verwachte voordelen van kruidenrijk grasland ten aanzien van grote opgaves zoals klimaatverandering, biodiversiteitsverlies en antibioticaresistentie. Om deze voordelen te kunnen inzien, is het nodig om eerst de problemen rondom de huidige situatie te begrijpen. Deze problemen zijn in verschillende gradaties te

---

<sup>2</sup> Mits het uitgangspunt een monotoon agrarisch landschap is.

---

herleiden naar beginnende instabiliteit tot een complete crisis. Tezamen vormen deze problemen het begin van een proces naar een nieuw soort routine, een transitie (Timmermans et al., 2013).

Het huidige regime bestaat echter niet voor niets. Er zijn systemen en stakeholders die er een belang bij hebben en die de implementatie van kruidenrijk grasland juist tegenhouden. In dat geval spreken we van een barrière. Andere ontwikkelingen stimuleren juist de implementatie van kruidenrijk grasland. In dat geval spreken we van kansen.

Als laatste zullen we in dit deelhoofdstuk ook een aantal sleutelmomenten noemen die laten zien dat de ontwikkeling van kruidenrijk grasland aansluit op externe gebeurtenissen die erop wijzen dat complexe landbouwsystemen aan het veranderen zijn.

### **Het productieregime in de melkveehouderij**

Naoorlogse ontwikkelingen in de landbouw hebben wereldwijd geleid tot een piek in voedselopbrengsten. Voor het behalen van deze piek is ons landschap echter ingrijpend veranderd. In Nederland is het agrarisch landschap na een periode van ruilverkaveling en opschaling ontwikkeld naar grotendeels homogene productievelden. De meerderheid van deze percelen wordt bedekt met gras en gewassen bestemd voor de veehouderij. Inmiddels is ongeveer een kwart van het Nederlands landoppervlak grasland, waarvan verreweg het grootste deel is ingezaaid met enkel Engels raaigras (CBS, 2023). Mede dankzij dit proteïnerijke gras kunnen koeien in Nederland tegenwoordig tot wel tienduizend liter melk per jaar produceren, een record! Maar er zitten ook keerzijden aan deze hoge opbrengt. Eentonige landschappen zijn namelijk slecht bestand tegen klimaatverandering en bieden nauwelijks voedsel voor insecten en andere biodiversiteit. Ook behoeven hoogproductieve koeien veel zorg. Hun voer moet vaak nauwkeurig worden afgesteld en het is de norm om preventieve medicatie toe te dienen om waarschijnlijke ontstekingen en wormlast te voorkomen. Kortom, in de moderne melkveehouderij wordt veel controle uitgeoefend. Oncontroleerbare factoren, zoals klimaatverandering en resistentie voor medicatie, maken het behouden van die controle steeds lastiger. Dit zorgt voor de behoefte aan meer weerbaarheid, zowel voor koeien als het landschap waarin ze grazen.

### **Barrières**

Niet alleen in Nederland, maar over bijna de hele wereld is intensieve landbouw gangbaar geworden. Door deze trend is de veredeling van grassoorten en het beheer van grasland de afgelopen decennia volledig toegespitst op grassoorten die de gunstigste nutriënten voor zo veel mogelijk melkproductie bevatten (zoals Engels raaigras). Hierdoor is de aandacht voor andere graseigenschappen, met name in westerse landen, uit het oog verloren.

Een ander gevolg van het productieregime is dat de kennis over diverse grassoorten, grasecosystemen en extensief graslandbeheer niet als gangbaar lesmateriaal wordt gezien in (westers) agrarisch onderwijs. En ook praktisch gezien, zijn grootschalige landbouwsystemen gebaseerd op een zeer efficiënt, productie-gedreven maaieregime. Andere (minder productie ondersteunende) grassoorten hebben andere groeipatronen, en dus elk een ander 'ideaal' maaimoment. Dit schuurt met hoe het sociaaleconomische en technische systeem nu in elkaar zit. Maar ook ecologisch zijn verschillende groeipatronen een barrière. Langzaam groeiende rassen worden vaak verdrongen door sneller groeiende rassen. Op metaniveau wordt de rassendiversiteit in natuurlijke en seminatuurlijke graslanden daarom zelfs ernstig bedreigd (Petermann & Buzhdygan, 2021).

Institutioneel gezien is er, gedreven door het productieregime, in de afgelopen decennia veel bezuinigd op (gras)rassenonderzoek. Het Nederlandse CGO-onderzoek (cultuur- en gebruikswaardenonderzoek) wordt gefinancierd door kwekers en de industrie die een belang hebben bij een bepaalde productie-efficiëntie. Pas na goedkeuring kan een ras worden toegelaten tot de nationale rassenverkeerslijst en mag het wettelijk binnen Europa verhandeld worden. Op het gebied van diergezondheidskwaliteiten is het onderzoek naar grasrassen mogelijk nog kleiner. Omdat er geen patent te verkrijgen is op natuurlijke geneesmiddelen, is er te weinig commercieel belang.

---

## Kansen

Er is steeds meer wetenschappelijke aandacht voor kruidenrijk grasland en ook maatschappelijk groeit het draagvlak voor meer natuurinclusieve oplossingen voor diverse (te verwachten) problemen. De eerste onderzoeken naar de klimaatadaptieve eigenschappen van kruidenrijk grasland zijn positief (Verstand, 2022). Dit onderbouwt de behoefte naar meer en langjarig onderzoek. Specifiek vlinderbloemigen (o.a. klaverachtigen) lijken stikstof- en methaan-bindende kwaliteiten te bezitten en tannine-houdende kruiden lijken de wormdruk voor koeien te verlagen (Groot, 2022a). Kortom: er wordt gewerkt aan een belangrijke kennisbasis die tegemoetkomt aan een opkomende maatschappelijke behoefte.

In Nederland groeit ook het aantal pilots met kruidenrijk grasland. Onder andere Friesland Campina betaalt boeren een kleine meerwaarde voor hun melk als zij kruidenrijk grasland inzaaien. Structureel gezien biedt kruidenrijk grasland ook mogelijkheden voor extra inkomsten uit het nieuwe GLB, waarin naar verwachting een hogere vergoeding zal worden verstrekt voor divers agrarisch landschapsbeheer. Idealiter kunnen mondiaal initiatieven worden gesteund die een positieve inzet voor kruidenrijke graslanden (financieel) belonen.

Op den duur is de verwachting dat kruidenrijk grasland een mogelijk alternatief biedt voor bepaalde voedingsstoffen die uit krachtvoer gehaald worden. Er wordt verwacht dat de prijs van (buitenlands) krachtvoer zal oplopen (o.a. door hogere transport en productiekosten), wat kruidenrijk grasland steeds aantrekkelijker maakt.

## Eyeopeners en gamechangers

In samenwerking met Oxfam Novib is in 2006 een uitwisselingsproject opgezet tussen dierenartsen in Nederland en India en Afrika. Nederlandse dierenartsen merkten op dat koeien in India verschillende gewassen aten. Uit deze observatie ontstond het idee dat koeien instinctief weten welke gewassen goed voor ze zijn. Na deze uitwisselingen groeit in Wageningen de interesse in de potentiële geneeskrachtige werking van kruiden. Op de achtergrond speelt olopend risico voor antibioticaresistente.

De zomer van 2018 was uitzonderlijk droog in Noordwest-Europa. Deze droogte had een aanzienlijk effect op het productievermogen van de landbouw. Oogsten mislukten doordat de bodem verhardde. Ook de Engels raaigraslandschappen verdorven door verdroging. De droogte in 2018 werd gezien als een voorbode voor de effecten van klimaatverandering en maakte klimaatverandering voor veel boeren voor het eerst invoelbaar. Dat gaf in Wageningen een extra impuls om te onderzoeken welke technische en natuurlijk ingrepen kunnen helpen om de effecten van klimaatverandering op de landbouw te beperken. Onder andere kruidenrijk grasland wordt gezien als potentiële klimaatadaptieve oplossing.

In 2019 stelt de Hoge Raad dat Nederland meer maatregelen moet nemen om stikstofuitstoot te reduceren. Onder andere veehouderijen worden aangewezen als (voornaam) bron van stikstofuitstoot. Er bestaat een acute behoefte aan stikstof-reducerende oplossingen. In Wageningen groeit hierna de interesse in stikstofbindende kwaliteiten van kruiden, maar ook andere bindende kwaliteiten worden onderzocht om een betere circulaire stofuitwisseling te ondersteunen.

### 5.1.4 Interventies

De interventies die op dit moment nodig zijn om de bijdrage van kruidenrijk grasland voor circulaire en klimaatneutrale voedselsystemen te vergroten, zijn afhankelijk van de context waarin interventies nodig zijn. Allereerst is het belangrijk dat natuurlijke graslanden beter worden beschermd. In eerste instantie omdat hier nog grassoorten te vinden zijn die mogelijk in de toekomst van essentieel belang kunnen zijn vanwege kwaliteiten die nu nog over het hoofd worden gezien, maar ook omdat deze graslanden een belangrijk onderdeel zijn van het welzijn van kleine rurale gemeenschappen. Niet alleen de graslanden zelf, ook de manier waarop gemeenschappen interacteren met natuurlijk graslanden zijn belangrijke inspiratiebronnen voor het ontwikkelen van een circulaire, klimaatneutrale levensstijl. Tevens is het in Europese context van belang om het CGO-onderzoek uit te breiden en te gaan herwaarderen. In plaats van dat bij deze uitbreiding het commercieel belang te boventoon voert, zou meer vanuit maatschappelijk belang gekeken kunnen worden naar welke kwaliteiten verschillende grassoorten kunnen bieden (zoals een combinatie van (vee)voedsel, klimaatadaptatie en biodiversiteitsherstel). Een meervoudige waardering van graslanden ondersteunt als het goed is ook de logica van het uitfaseren van monotone productievelden. Ten derde is het

---

van belang dat kruiden niet meer worden verdrongen. Veredeling van kruiden ten behoeve van de graslandpersistentie kan daarbij helpen. Als laatste is het van belang dat de meervoudige waarden van kruidenrijk grasland steeds meer wordt bewezen. Met name langdurig onderzoek heeft voor dat doel de meeste overtuigingskracht.

Beknopte opsomming van interventies:

1. Bescherming van wereldwijde natuurlijke graslandschappen en daaraan gekoppelde levensstijlen.
2. Herwaardering en uitbreiding van CGO-onderzoek.
3. Veredeling van kruidensoorten ten behoeve van de graslandpersistentie.
4. Langdurig onderzoek naar klimaat adaptieve, biodiversiteit ondersteunende en geneeskrachtige eigenschappen van kruidenrijk grasland.

## 5.2 Gewasdiversiteit (agro-ecologie)

### 5.2.1 Systeemverhoudingen

#### **Principes uit het ecologische systeem**

Het concept agro-ecologische gewasdiversiteit, zoals dit wordt geïnterpreteerd door onderzoekers op de WUR, baseert zich op natuurlijke ecologische principes die van toepassing zijn op specifieke fysieke omstandigheden (voor zandgronden gelden bijvoorbeeld andere agro-ecologische principes dan kleigronden; zie Riemens et al. (2019)). Afgestemd op deze specifieke omgevingsomstandigheden, is het uitgangspunt dat met het aanbrengen of toelaten van een diversiteit aan eetbare gewassen op landbouwpercelen een weerbaar, (deels) zelfregulerend landbouwsysteem kan worden opgebouwd met ruimte voor biodiversiteit. Weerbaar in de zin dat het bestand is tegen diverse (extreme) weersomstandigheden en plagen. Zelfregulerend in de zin dat het zo min mogelijk externe input behoeft zoals gewasbescherming, extra toegevoegde mest of voedingsstoffen etc. Een evenwichtig agro-ecologisch systeem functioneert volledig circulair en heeft zelfs milieu-reinigende eigenschappen doordat het in staat is om diverse broeikasgassen uit de atmosfeer te binden. Door middel van het opbouwen van een divers (meerjarig) agro-ecologisch systeem kunnen beschadigde bodems mogelijk herstellen aan de hand van geleidelijke opbouw van organische stof en lage grondbewerking. Ook hebben agro-ecologische systemen een beter waterhoudend vermogen dan gangbare systemen. Er hoeft dus minder water weg- of bijgepompt te worden, wat een belangrijk klimaatadaptief voordeel is.

In het algemeen kent het concept 'gewasdiversiteit' in de landbouw veel verschillende interpretaties die effect hebben op de hoeveelheid gewassen (mate van uitbundigheid) en de aanplant van gewassen (rationeel of romantisch).<sup>3</sup> De manier van interpretatie heeft effect op de mate waarin biodiversiteit kan worden geïntegreerd in het agro-ecologische systeem en op het aanzicht van het agrarisch landschap. In plaats van eentonige percelen kunnen delen van het platteland mogelijk veranderen in een mozaïek van verschillende soorten gewassen, inclusief houtige soorten.

#### *Landschapsgerichte stelling:*

- Meer gewasdiversiteit verhoogt de weerbaarheid van het landbouwsysteem ten aanzien van extreme weersomstandigheden en plagen.
- Door meer gewasdiversiteit aan te brengen, kan een zelfregulerend, circulair landbouwsysteem worden opgebouwd.
- Meer gewasdiversiteit is beter voor de biodiversiteit.

#### *Soortgerichte stelling:*

- Het naast elkaar plaatsen van bepaalde gewassen stimuleert en ondersteunt de natuurlijke stofuitwisseling.

---

<sup>3</sup> Een 'rationele' aanplant van gewasdiversiteit is gebaseerd op efficiëntiegerichte, praktische overwegingen. Gewassen zijn divers, maar in rijen aangeplant om de oogst-efficiëntie te bevorderen. Een 'romantische' aanplant is gefocust om een zo hoog mogelijke (bio)diversiteit. Gewassen staan door elkaar heen om zo veel mogelijk afwisseling van gewaskwaliteiten, stofuitwisseling en habitat te bemoedigen.

---

## Dynamieken in het sociaaleconomische systeem

Ook voor gewasdiversiteit is het van belang om bewust te zijn van de context waarin over het concept wordt gesproken. In Nederland worden duurzame doelstellingen in de landbouw steeds belangrijker. Onder meer door steeds strenger wordende milieueisen worden boeren langzaam gedwongen om hun routines aan te passen. In plaats van produceren voor de wereldmarkt, lijken de bestuurlijke landbouwambities steeds meer te verschuiven richting innoveren voor de wereldmarkt en produceren volgens lokale behoeften. Het agrarisch landschap verandert mee met deze verschuiving. In plaats van gangbare monocultuur, bestaat er een ambitie om meer landbouwpercelen in te delen als polycultuur (meerdere, elkaar complimenterende gewassen naast elkaar). Deze verandering gaat momenteel nog langzaam. Dat komt onder andere omdat omschakelen naar teeltsystemen met meer gewasdiversiteit vaak kostbaar en arbeidsintensief is. Boeren voelen zich beperkt in hun bewegingsruimte vanwege hoge financiële lasten.

*"Nagenoeg iedereen die ik daar spreek, vindt biodiversiteit ook belangrijk, alleen zien ze niet hoe ze in de huidige economische context kunnen veranderen. Ze zijn misschien afhankelijk van de wereldmarkt, maar ze produceren liever voor het dorp verderop." – Expert gewasdiversiteit WUR.*

Institutioneel worden de voordelen van polycultuur in toenemende mate erkend en geïntegreerd in beleid. Gewascodes worden aangepast, zodat boeren gemakkelijker subsidie kunnen ontvangen als zij meerdere gewassen op hun perceel hebben aangeplant en de toegevoegde waarde voor biodiversiteit wordt in toenemende mate financieel beloond; onder andere uit de 2<sup>e</sup> pijler van het GLB. Parallel aan de veranderingen in teeltsystemen vindt ook een verandering in dieet plaats. De aanname is dat bewuste consumenten steeds vaker zullen kiezen voor duurzaam geproduceerde en seizoensgebonden producten. Ook vermindert de vraag naar dierlijke producten (Willet et al., 2019). Er hoeven daarom minder voedergewassen verbouwd te worden, wat ruimte vrijmaakt voor de opbouw van nieuwe agro-ecologische systemen.

De situatie die zojuist is geschetst, laat zien dat denken in termen van gewasdiversiteit in Nederland als vrij nieuw wordt ervaren. In subtropische landen zijn vergaande polyculturen onder inheemse gemeenschappen echter (nog) een welbekend systeem. De manieren waarop deze gemeenschappen leven van de vruchten van subtropische bomen, planten en kruiden zijn vaak van diepe culturele betekenis en een grote inspiratiebron voor de ontwikkeling van systemen zoals agroforestry en voedselbossen (Miller & Nair, 2006). Deze gemeenschappen hebben er sociaaleconomisch belang bij dat de grond waarop zij dergelijke systemen cultiveren, wordt beschermd en dat de toegang tot het voedsel uit deze systemen voor de hele gemeenschap bewaakt blijft (Gonçalves et al., 2021). De sterk groeiende bevolking in deze gebieden zorgt echter dat de vraag naar voedsel in korte tijd enorm is gestegen. Inheems beheerde polyculturen kunnen vaak niet in deze vraag voorzien. Het is daarom waarschijnlijk dat kleinschalige voedselproductiesystemen op lange termijn gedeeltelijk zullen worden vervangen door grootschalige, intensieve productiesystemen. Het vormt een uitdaging om te voorkomen dat daarmee ook een diversiteit aan inheemse gewassen verloren gaat. Een strokenteeltsysteem – opgebouwd met gewassen die zijn afgestemd op het lokale ecologische systeem – kan een mogelijk compromis zijn.

### *Economische stelling:*

- Het aanplanten van polyculturen is op lange termijn kostenbesparend vanwege de hoge weerbaarheid van het landbouwsysteem en de lage behoefte aan externe inputs.
- Op korte termijn is het integreren van meer gewasdiversiteit kostbaar en arbeidsintensief (door de aanschaf van nieuwe gewassen en gebrek aan technologische hulpmiddelen).
- Inzet voor biodiversiteit belonen (vanuit GLB), stimuleert meer gewasdiversiteit.

### *Sociaal-culturele stelling:*

- Nederlandse landbouw richt zich steeds meer op duurzame productie in plaats van (alleen) productiehoeveelheden.
- Steeds strenger wordende milieueisen stuwden de transitie naar duurzame landbouwsystemen, waaronder polyculturen.
- Subtropische polyculturen zijn belangrijke voedsel- en inspiratiebronnen. Het beschermen van dergelijke systemen en het opschrijven van de landbouwproductie kunnen mogelijk samengaan, maar vormen een grote uitdaging.

---

## Ontwikkelingen in het technische systeem

Gewasdiversiteit wordt op de WUR gezien als intrinsieke NbS met hybride toepassingsmogelijkheden. Net zoals bij kruidenrijk grasland zit de 'oplossing' ook bij gewasdiversiteit in het verloop van natuurlijke processen en de opbouw van een (ecologisch) systeem. Om een zelfregulerend agro-ecologische systeem op te bouwen, worden gewassen met complementerende functies naast elkaar gezet. Welke functies dit allemaal zijn, is nog niet geheel duidelijk. Het in kaart brengen van gewas-'synergieën' wordt daarom als belangrijke onderzoekstaak gezien. Daarnaast wordt er ook steeds vaker gekeken naar de kwaliteiten, groeipatronen en risico's van 'onconventionele' gewassen. Als we rekening houden met klimaatvoorspellingen, kunnen er in de toekomst mogelijk heel andere soorten bomen, stuiken, planten en kruiden groeien dan nu. Het is van belang dat deze nieuwe soorten de lokale biodiversiteit verrijken en niet gaan overwoekeren. Onlangs publiceerde de WUR daarom een aantal richtlijnen voor risicobeperking van invasieve soorten in agroforestry (Bruijnes et al., 2022).

Niet alleen de soorten gewassen die een boer verbouwt zullen veranderen, maar ook de manier waarop gewassen worden verbouwd. Bij een hoge mate van gewasdiversiteit zijn veel van de huidige landbouwmachines niet meer geschikt. De veronderstelling is dan ook dat landbouwmachines steeds kleiner, lichter, behendiger en slimmer zullen worden.

### *Technische stelling:*

- Soorten gewassen kunnen worden afgestemd op toekomstige klimaatvoorspellingen; dit betekent ook dat er ruimte is voor gecontroleerde introductie van exotische gewassen.
- Meer gewasdiversiteit vereist een andere manier van bedrijfsvoering met lichtere, kleinere en slimmere landbouwmachines.

## 5.2.2 Doelstellingen

Het doel van onderzoekers aan de WUR is om het concept gewasdiversiteit te laten bijdragen aan de opbouw van duurzame en circulaire landbouwsystemen. In Nederland zou door het toepassen van meer gewasdiversiteit ten minste een deel van de huidige monoculturen kunnen veranderen in diverse vormen van polycultuur. Deze systemen kunnen variëren in gewassoorten en mate van uitbundigheid. Daardoor kan op lange termijn een mozaïek van agrarische landschappen ontstaan, dat kan voorzien in meerdere maatschappelijke diensten, inclusief klimaatadaptatie en biodiversiteitsherstel. Net zoals bij kruidenrijk grasland kan de opbouw van agro-ecologische systemen worden afgestemd op de bodem- en ondergrondssituatie.

### **Planet**

Een doel is om met het opbouwen van op de omgeving afgestemde agro-ecologische systemen, de bodem en het waterbergend en waterhoudend vermogen van delen van het platteland te versterken. Diverse gewassen kunnen worden geselecteerd op hun voedingswaarde, maar ook om hun watergerelateerde en uitstootbindende kwaliteiten. Agro-ecologische systemen zijn minder afhankelijk van externe inputs (gewasbescherming, mest, andere additieven etc.) en grotendeels zelfregulerend. Dit kan de uitspoeling van schadelijke stoffen voorkomen. Om te kunnen voorsorteren op het veranderende klimaat kunnen soorten uit warmere klimaatzones worden geïmporteerd. Geïmporteerde soorten worden eerst nauwlettend gemonitord om invasieve soorten te kunnen weren.

### **People**

Een verwachting is dat de huidige behoefte aan dierlijke producten, in elk geval in Nederland, deels zal worden vervangen door een grotere behoefte aan plantaardige producten. Daardoor kunnen eentonige percelen met voedergewassen deels worden omgezet in regeneratieve polyculturen. Op het gebied van technologie zullen tegelijkertijd steeds meer lichte, kleine, behendige en computergestuurde machines en robotica ontwikkeld worden die zijn aangepast om te kunnen functioneren in een afwisselend landschap. Deze nieuwe technieken zorgen ervoor dat de Nederlandse landbouw ook met meer gewasdiversiteit zeer efficiënt kan blijven. In plaats van dat de bodem wordt beschouwd als een substraat dat behandeld moet worden met kunststof en een ploeg, worden bodems voortaan beschouwd als levende ecosystemen die als zodanig ook beheerd dienen te worden.



---

In subtropische landen kunnen bestaande agro-ecologische systemen en de lokale gemeenschappen die gebruikmaken van deze systemen beter worden beschermd. In plaats van dat dergelijke gemeenschappen als primitief worden weggezet, kunnen zij worden gezien als inspirerend voorbeeld van een circulaire en klimaatneutrale samenleving. Dat betekent echter niet dat we inheemse gemeenschappen als museumstuk moeten gaan beschouwen. Het doel is om wederkerige ontwikkeling te stimuleren, ook inheemse gemeenschappen hebben bijvoorbeeld baat bij de op polycultuur gerichte technologische innovaties. Tegelijkertijd kunnen uitbundige polyculturen mogelijk niet voorzien in de voedselbehoeften van de sterk groeiende bevolking in subtropische landen. Een combinatie van intensivering en gewasdiversiteit, zoals strokenteelt, kan dan een mogelijke ontwikkelroute zijn.

### **Profit**

Personen die eigenaarschap uitdragen over diverse landbouwsystemen kunnen voor hun inzet een gepaste financiële compensatie ontvangen aan de hand van een verwachte doorontwikkeling van uitbetalingsinitiatieven voor ecosysteemdiensten. In Nederland kunnen boeren met het aanplanten van meerjarige polyculturen op lange termijn ook kosten besparen. Een zelfregulerend systeem heeft immers minder beheer.

### 5.2.3 Drijfveren

De urgentste drijfveren om meer gewasdiversiteit toe te passen in voedselproductiesystemen hebben momenteel te maken met klimaatverandering en biodiversiteitsverlies. Ook voor gewasdiversiteit geldt: om de voordelen te kunnen inzien, is het nodig om eerst de problemen rondom de huidige situatie te begrijpen. Ook in de akkerbouw kunnen we spreken van een langzaam afbrekend regime, barrières die het regime nog in stand houden en kansen voor het toepassen van meer gewasdiversiteit. En ook in deze casus kunnen we constateren dat er sleutelmomenten zijn geweest die aangeven dat er verandering gaande is in ons complexe voedselsysteem.

### **Het productieregime in de akkerbouw en fruitteelt**

Ook in de akkerbouw en in de fruitteelt hebben naoorlogse ontwikkelingen zoals de uitvinding van kunstmest, het toepassen van gewasbeschermingsmiddelen en technologische innovatie ervoor gezorgd dat er wereldwijd ongekend hoge productiehoeveelheden kunnen worden behaald. Maar ook deze ontwikkeling is niet zonder negatieve gevolgen. Veel voedsel dat wordt geproduceerd, is namelijk van hetzelfde soort. Grootschalige monoculturen zijn gemakkelijk en zeer efficiënt te bewerken, maar ze zijn ook kwetsbaar en hebben desastreuze gevolgen voor de wereldwijde biodiversiteit. Door het gebrek aan genetische diversiteit in de gewassen die massaal worden verbouwd, zijn teeltsystemen extra gevoelig voor ziekten, plagen en klimaatverandering. Teelten moeten daarom vaak behandeld worden met gewasbeschermingsmiddelen en behoeven extra mest en bewatering. Door de lange oogsttijd wordt bovendien nauwelijks organische stof opgebouwd waardoor de bodem langzaam verarmt. De reden dat er wereldwijd toch voorkeur wordt gegeven aan deze teeltsystemen heeft deels te maken met consumptiegedrag. Om meer gewasdiversiteit en weerbare teeltsystemen te faciliteren, zullen mensen uit met name rijke landen hun consumptiepatronen en diëten moeten veranderen. Zo zorgt de huidige vraag naar dierlijke producten uit hogelonenlanden ervoor dat een groot deel van de landbouwgronden wereldwijd wordt gebruikt voor het kweken en telen van voedergewassen (Wilting et al., 2017).

### **Barrières**

Een van de grootste barrières voor gewasdiversiteit in Nederland is een zogenaamde financiële lock-in. Veel boeren hebben onvoldoende financiële middelen om rigoureuus te kunnen omschakelen naar een ander bedrijfsmodel. Onder andere de aanschaf van nieuwe, slimmere, kleinere en behendige machines is duur, en manuele arbeid is mogelijk zelfs nog duurder. Daarnaast kost het opbouwen van agro-ecologische systemen tijd. Nog lang niet iedereen durft te vertrouwen op het succes van een dergelijk systeem of hebben de financiële buffer en het geduld om het anders aan te kunnen pakken. Het aangaan van een dergelijk transitieproces wordt daarom zowel door boeren als banken nog als een te groot financieel risico beschouwd. Daarbij komt ook dat GLB-subsidies zijn gebaseerd op een definitie van landbouw die gestoeld is op monocultuur. Meer gewasdiversiteit maakt het aanvragen van GLB-subsidies ingewikkelder en daardoor kunnen boeren een deel van hun inkomen mislopen. De introductie van de gewascode voedselbossen wordt beschouwd als een voorbeeld dat deze belemmering weghaalt.

---

De grootschalige implementatie gewasdiversiteit wordt cultureel vaak niet serieus genomen binnen gangbare boerengemeenschappen in Nederland. Gebruikmaken van een hoge mate van gewasdiversiteit wordt geassocieerd met kleinschalige, idealistische boeren of hobbyisten. In de praktijk is dit vaak ook zo. Het concept voedselbossen wordt bijvoorbeeld steeds vaker gebruikt voor kleinschalige (stedelijke) initiatieven zonder serieuze productiedoelstelling. Enerzijds wordt elk initiatief dat leidt tot een toename in gewasdiversiteit beschouwd als vooruitgang, anderzijds houden initiatieven zonder commerciële productiedoelstelling het aanbrengen van meer gewasdiversiteit in een agrarische taboesfeer.

De technologische systemen die meer gewasdiversiteit kunnen ondersteunen, zijn schaars en duur en daarom voor veel boeren nog onbereikbaar. Zware landbouwmachines en trekkers zijn bovendien sinds het ontstaan van de stikstofcrisis een belangrijk machtssymbool geworden van de conventionele landbouw.

Veel kennis over gewasdiversiteit in de agro-ecologie is na de ontwikkeling van de industriële landbouw verloren gegaan. Het is belangrijk dat deze kennis hersteld wordt. Het onderzoeken van gewascombinaties is echter veel complexer dan onderzoek naar specifieke gewassen. Daardoor is het onderzoek vaak ook duurder.

### **Kansen**

Een van de grote kansen voor gewasdiversiteit die wordt genoemd, is het maatschappelijk draagvlak voor biodiversiteit en klimaat. Er is steeds meer maatschappelijk besef dat biodiversiteitsverlies en klimaatverandering ingrijpende, negatieve gevolgen hebben voor toekomstige generaties. Veel mensen vinden het erg dat de biodiversiteit achteruitgaat en het klimaat verandert en willen dat daar iets aan gedaan wordt. Steeds meer experimenten laten zien dat gewasdiversiteit meerdere klimaat- en biodiversiteitsvoordelen heeft, zoals een betere waterhuishouding en het vastleggen van broeikasgassen en stikstof. Meer gewasdiversiteit is daarom onder meer van toegevoegde waarde voor het deltaplan biodiversiteitsherstel en het deltaplan agrarisch waterbeheer (DAW). Vanuit het deltaplan biodiversiteitsherstel wordt onder andere gewerkt aan de ontwikkeling van kritische prestatie-indicatoren (KPI's). Aan de hand van deze KPI's kunnen boeren eventueel aanspraak doen op een financiële beloning voor hun inzet voor biodiversiteit (Erisman et al., 2021).

Langzaam maar zeker groeit ook de aandacht voor gewasdiversiteit in het onderwijs. De internationaal teruglopende bodemkwaliteit is daar een belangrijke oorzaak van. Vooral bij mbo en hbo-opleidingen die praktijkgericht zijn, vormt aandacht voor gewasdiversiteit een belangrijke kans. Hier studeren de bodembeheerders van de toekomst. Deze doelgroep is een belangrijke voorhoede die ook andere boeren over de streep kan trekken om over te stappen naar meer gewasdiversiteit. Ook het uitlichten van de koplopers op het gebied van gewasdiversiteit in de agrarische sector helpt mee. Boeren nemen kennis het beste over van andere boeren.

De kosten van conventionele landbouw nemen toe. Dit heeft voornamelijk te maken met de oplopende kosten van fossiele brandstoffen. Toch zien veel boeren nu nog geen economisch perspectief in het aanbrengen van meer gewasdiversiteit. Omschakelen naar een bedrijfssysteem met meer gewasdiversiteit brengt op dit moment hoge investeringskosten met zich mee, omdat een boer een tijdelijke 'transitiefase' moet overbruggen. Op den duur is de aanname dat het aanbrengen van meer gewasdiversiteit juist kosten kan besparen. Bijvoorbeeld omdat boeren minder inkopen hoeven te doen (o.a. minder gewasbeschermingsmiddelen of (kunst)mest).

Ook helpt het dat steeds meer boeren zelfvoorzienend worden in hun energiebehoeften. Steeds meer boeren hebben zonnepanelen op het dak liggen of een windmolen in het veld. Nieuwe, lichtere en geavanceerde elektrische machines en robotica kunnen zodoende gemakkelijk op het bedrijfsperceel worden opgeladen en de boer hoeft daar niets voor te betalen. Initiatieven zoals de Boerderij van de Toekomst zijn een belangrijk experimenteel gebied voor de toepassing van innovatieve elektrisch aangedreven technologie.

### **Eyeopeners en gamechangers**

In zijn studietijd ziet Wouter van Eck, boegbeeld van de Nederlandse voedselbosbouw, hoe Oost-Afrikaanse gemeenschappen leven van kleinschalige policultuursystemen. Jaren later plant hij voedselbos Ketelbroek aan op basis van bos-ecosystemen uit noordelijke klimaatzones. Van Eck zoekt contact met (buitenlandse)

---

pioniers in permacultuur, agroforestry en agro-ecologie. Na ongeveer tien jaar is Ketelbroek een rendabel producerend voedselbos geworden. Van Eck en zijn partners beginnen met het geven van rondleidingen en cursussen. Het concept verspreidt zich, er ontstaan steeds meer voedselbosinitiatieven. Dit trekt de aandacht van diverse media. Voedselbossen worden een maatschappelijke trend.

In 2017 wordt de Green Deal Voedselbossen ondertekend door diverse overheidspartijen, organisaties, onderzoeksinstituten en grondbeheerders. De betrokken partijen uiten met het ondertekenen van de Green Deal hun intenties om zich mee in te zetten ten behoeve van het opschalen van voedselbosbouw in Nederland. Er wordt onder meer gewerkt aan het opbouwen en delen van kennis. Een belangrijke uitkomst van de Green Deal is de gewascode 1940. Met deze gewascode komen voedselboscultuurhouders vanaf 2019 in aanmerking voor een hectaretoeslag uit het GLB.

De droogte in 2018 zorgde ervoor dat in Nederland ineens ongekend veel grondwater omhoog moest worden gepompt om de schaarste van landbouwproducten te dempen (Van Asseldonk et al., 2020). In deze zomer worden er luchtfoto's van voedselbos Ketelbroek gemaakt. Deze laten zien dat het soortenrijke perceel nog groen is, terwijl omliggende percelen met monocultuur zijn verdord. Deze foto wordt gebruikt door Stichting voedselbosbouw Nederland ter illustratie van het waterhoudend vermogen van voedselbossen. In bredere zin daalt het besef van de effecten van klimaatverandering op de landbouw in. Het aanbrengen van meer gewasdiversiteit wordt in toenemende mate aangemerkt als klimaatadaptieve maatregel.

Begin 2019 start het programma Duurzame doorbraak voedselbossen, geïnitieerd door Stichting Voedselbosbouw Nederland. De stichting heeft zich ten doel gesteld om in samenwerking met boeren, terreinbeheerders en particulieren 150 hectare aan grootschalige (>5 hectare) rationele voedselbossen te planten. Hiermee wil de stichting laten zien dat voedselbossen een haalbaar alternatief zijn voor (een deel van de) gangbare landbouw. Het programma loopt tot 2023, het doel van 150 hectare is inmiddels gehaald.

De 'stikstofcrisis' die in 2019 ontstaat, is een duidelijk signaal dat de Nederlandse landbouw gedeeltelijk anders moet om aan Europese (derogatie)richtlijnen te kunnen voldoen. De Nederlandse overheid wordt gedwongen ingrijpende maatregelen in het landbouwbeleid te nemen. Tegelijkertijd wordt er door de Nederlandse overheid ook veel geld gereserveerd om een duurzame transitie in de landbouw te ondersteunen. Dit biedt kansen voor duurzame landbouwalternatieven, waaronder het aanbrengen van meer gewasdiversiteit. Meer gewasdiversiteit biedt ook mogelijkheden om te kunnen voldoen aan de Kader Richtlijn Water (KRW), die ook is opgesteld volgens Europese richtlijnen.

De uitbraak van de coronapandemie in januari 2020 zorgt ervoor dat veel meer mensen de risico's van een gebrek aan genetische diversiteit begrijpen. Voorheen was dat risico voor veel mensen moeilijk te bevatten.

In april 2020 start de Boerderij van de Toekomst. Op deze proeflocatie wordt onder andere door onderzoekers van de WUR geëxperimenteerd met het toepassen van meer gewasdiversiteit en daarop aangepaste technologie. In plaats van monocultuur worden er stroken van diverse gewassen ingezaaid. De Boerderij van de Toekomst brengt ideeën voor duurzame landbouwbedrijfssystemen in praktijk.

De Oorlog in Oekraïne laat in 2022 zien in hoeverre de Nederlandse landbouw zelfvoorzienend is. De import van graan en voedergrassen uit Oekraïne en Rusland wordt beperkt. Steeds meer akkerbouwers in Nederland gaan ook granen verbouwen naast hun reguliere productie, dat bevordert de vruchtwisseling in hun teeltsysteem, maar had voorheen geen financieel voordeel.

Het vegan-gecertificeerde akkerbouwbedrijf Zonnegoed uit Ens (Flevoland) wordt uitgeroepen tot beste agrarische onderneming van 2022. Het bedrijf heeft een uitgekiend en divers bouwplan, doet aan niet-kerende grondbewerking, gebruikt alleen zelfgemaakte landbouwmachines en groenbemesters en heeft een voedselbos aangeplant. Het bedrijf wordt geroemd om zijn vooruitstrevendheid en aandacht voor de bodem.

---

## 5.2.4 Interventies

Ook bij gewasdiversiteit geldt dat er verschillende interventies van toepassing zijn op verschillende situaties. Net zoals voor kruidenrijke graslanden is het ook voor gewasdiversiteit belangrijk dat in eerste instantie reeds bestaande polycultuursystemen beter worden beschermd. Deze zijn vaak te vinden in subtropische gebieden die vanuit economisch motief onder druk staan (polycultuursystemen moeten bijvoorbeeld wijken voor monocultuur plantages). Vaak gaat het om seminatuurlijke polyculturen (ecosystemen waar geleidelijk meer eetbare soorten in zijn geïntegreerd) die worden beheerd door inheemse samenlevingen. Voor het opschalen van polyculturen is het wenselijk om natuurlijke ecosystemen echter zo veel mogelijk met rust te laten en te beginnen met het aanbrengen van meer gewasdiversiteit in de huidige monoculturen. Gesteld dat er in de toekomst minder vlees en zuivel zal worden geconsumeerd, zou de gunstigste transitie van monocultuur naar polycultuur kunnen plaatsvinden op percelen waar nu voedergewassen worden verbouwd. Afgaand op de populariteit van Voedselbos Ketelbroek en de Boerderij van de Toekomst kan ook worden gesteld dat het faciliteren van proefpercelen van belang is om het aanbrengen van meer gewasdiversiteit te stimuleren. Proefpercelen laten zien dat diverse claims op het gebied van klimaatbestendigheid en biodiversiteit ook daadwerkelijk waargemaakt kunnen worden met het aanbrengen van meer gewasdiversiteit.

In Nederland, en in zekere mate in Europa, kan het aanbrengen van meer gewasdiversiteit ook worden gestimuleerd door het aanvragen van een hectaretoeslag minder specifiek te maken. Met de introductie van gewascode 1940 is al een flinke stap vooruitgezet. Toch is de stap naar meer gewasdiversiteit voor veel boeren nog steeds onaantrekkelijk, omdat zij niet over de nodige financiële middelen beschikken om een overgangsfase met minder opbrengsten te kunnen overbruggen. Subsidiegelden zouden mogelijk efficiënter kunnen worden ingezet om hen in deze periode meer zekerheid van inkomsten te kunnen bieden. Als laatste vraagt het aanbrengen van meer gewasdiversiteit ook om andere technologieën. De ontwikkeling van machines en robotica die zich kunnen aanpassen in een afwisselend landschap staat nu nog in de kinderschoenen en is daarom duur. De verwachting is dat verdere ontwikkelingen van dergelijke technologieën en het aanbrengen van meer gewasdiversiteit elkaar wederkerig kunnen stimuleren.

Beknorte opsomming van interventies:

1. Bescherming van bestaande polyculturen in diverse klimatologische gebieden. Met name seminatuurlijke polyculturen zijn essentieel om te leren over gewassynergieën en voorzien lokale gemeenschappen van voedsel.
2. Uitbreiding van polyculturen in gebieden met monocultuur.
3. Stimuleren van minder vlees en zuivelconsumptie in rijke landen.
4. Opbouw van kennis over gewascombinaties aan de hand van proefpercelen. De Boerderij van de Toekomst en Voedselbos Ketelbroek zijn belangrijke voorbeelden die laten zien dat proefpercelen veel aandacht kunnen genereren.
5. Gewasdiversiteit moet worden gestimuleerd in plaats worden tegengewerkt met subsidiegelden. Het aanvragen van een hectaretoeslag voor gemengde percelen is nu vaak ingewikkelder dan het aanvragen van een hectaretoeslag voor eentonige percelen. Ook kunnen subsidies beter worden toegepast om de overgangsfase voor boeren te kunnen overbruggen.
6. Fijnmazige technologische innovatie kan gewasdiversiteit ondersteunen en minder arbeidsintensief maken.

## 5.3 Natuurlijke plaagbestrijding

### 5.3.1 Systeemverhoudingen

#### **Principe uit het ecologische systeem**

Planten scheiden van nature bepaalde afweerstoffen uit. Deze stoffen kunnen een afstotende werking hebben tegen natuurlijke vijanden, maar ook een aantrekkende werking voor de 'vijanden van hun vijanden'.

Aanname is dat in de ontwikkeling richting weerbare teeltsystemen, plantsoorten specifiek geselecteerd kunnen worden op basis van de afweerstoffen die ze uitscheiden. Dit wordt momenteel door onderzoekers op de WUR getest. Door planten te selecteren die van nature meer afweerstoffen uitscheiden, is chemische

---

gewasbescherming in de toekomst mogelijk niet meer nodig. Deze 'natuurlijke' plaagbestrijding werkt echter pas optimaal als het landschap (ecosysteem) in balans is. Met het aantrekken van de vijand van een plaaginsect mag bijvoorbeeld geen nieuwe plaag ontstaan. Idealiter faciliteert een landschap ook een divers voedselsysteem (combinatie gewasdiversiteit/agrogeologie).

*Landschapsgerichte stelling:*

- Agro-ecologisch herstel van agrarische landschappen bevordert natuurlijke plaagbestrijding.

*Soortgerichte stelling:*

- Sommige planten (rassen) kunnen beter natuurlijke vijanden aantrekken dan andere.

**Dynamieken in het sociaaleconomisch systeem**

Op het gebied van natuurlijke plaagbestrijding wordt op de WUR weinig naar het buitenland gekeken. De urgentie voor de ontwikkeling van natuurlijke plaagbestrijding wordt wel breed erkend, maar het uitgangspunt is in eerste instantie een Nederlandse context. In Nederland heeft de Rijksoverheid in 2019 samen met diverse stakeholders het document *Toekomstvisie gewasbescherming 2030; naar weerbare planten en teeltsystemen* opgesteld. Hiermee uiten zij haar ambitie om in 2030 volledig af te stappen van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de economische positie van gewasbeschermingsbedrijven in de komende jaren waarschijnlijk zal gaan veranderen. Dergelijke bedrijven zullen een nieuw bedrijfsmodel moeten ontwikkelen, dat aansluit bij de gedeelde ambities voor het versterken van de natuurlijke weerbaarheid van plant- en teeltsystemen. In het visiedocument spreken stakeholders en de Rijksoverheid over een compleet andere benadering:

*"In de traditionele, risicogestuurde benadering is er sprake van een kwetsbaar evenwicht, waarbij kleine veranderingen in het systeem er al voor kunnen zorgen dat ziektes en plagen de kop op steken en bestreden moeten worden. In de nieuwe benadering is er sprake van een robuust systeem, waarbij kleine veranderingen opgevangen kunnen worden door het systeem zelf." (Toekomstvisie gewasbescherming 2030, p. 3).*

Met het omarmen van deze nieuwe benadering beogen zij toe te werken naar plant- en teeltsystemen waarin mensen minder hoeven in te grijpen. Het systeem is zo veel mogelijk zelfregulerend.

*Economisch stelling:*

- De behoefte aan (chemische) gewasbeschermingsmiddelen verdwijnt op de lange termijn.

*Sociaal-culturele stelling:*

- Nederlandse plant- en teeltsystemen worden in 2030 niet meer beheerd vanuit het principe risicobeheersing (door de mens), maar vanuit het opbouwen van natuurlijke weerbaarheid (van het plant- en teeltsysteem).

**Ontwikkelingen in het technische systeem**

In de zoektocht naar dergelijke zelfregulerende systemen wordt in het algemeen de focus gelegd op het afweren van natuurlijke vijanden. Het uitgangspunt 'aantrekken' (van natuurlijk vijanden), is wetenschappelijk nog onderbelicht. Momenteel wordt op de WUR onderzoek gedaan om diverse afstoot- en aantrekkingsmechanismen van planten in kaart te brengen (Caarls et al., 2022; Grashof-Bokdam & Ozinga, 2022). Onderzoek richt zich op intrinsieke planteigenschappen. Aanname is echter dat deze eigenschappen het best benut kunnen worden bij strategisch landschapsbeheer. Natuurlijke plaagbestrijding kan daarom worden beschouwd als een intrinsieke NbS met hybride toepassingsmogelijkheden. Het plaatsen en onderhouden van landschapselementen zoals insectenhôtels, bloemranden, struikgewassen, houtwallen et cetera kunnen natuurlijke plaagbestrijding ondersteunen (Van Rooij et al., 2022).

*Technische stelling:*

- De weerbaarheid van teeltsystemen kan worden bevorderd door planten te selecteren met een sterk natuurlijk aantrekkingsmechanisme voor natuurlijke vijanden.
- De natuurlijke weerbaarheid van planten en teeltsystemen kan worden ondersteund met strategisch geplaatste landschapselementen die faciliteren aan de omgevingsbehoeften van natuurlijk vijanden.

---

### 5.3.2 Doelstellingen

Het doel van WUR-onderzoek naar natuurlijke plaagbestrijding is om het natuurlijke afweersysteem van planten te optimaliseren. Het aanbrengen van extra gewasbeschermingsmiddelen zou dan niet meer nodig zijn. Deze doelstelling is complex. Enerzijds omdat diverse planten allemaal een ander afweersysteem hebben, anderzijds ook omdat het doel niet voorbij mag schieten aan wat eigenlijk de oorzaak van een plaag is. Plagen ontstaan vaak vanuit een ecologische disbalans. Dat gebeurt bijvoorbeeld als de natuurlijk vijand van plagen ontbreekt, of er zo'n riant aanbod van voedsel voor een bepaald insect of dier is, dat de populatie explodeert. Vaak gaat het in praktijk om een combinatie van deze factoren. Het optimaliseren van het natuurlijk afweersysteem van planten en teeltsystemen heeft naar verwachting veel voordelen voor het milieu en de biodiversiteit ten opzichte van het gebruik van (chemische) gewasbescherming. Desalniettemin is het niet de bedoeling dat het wordt gezien als een 'allesomvattende oplossing voor het probleem.' Het is niet zeker dat met natuurlijke plaagbestrijding<sup>4</sup> het ecologische systeem weer in balans is gebracht. Soortgericht onderzoek is daarom vooral belangrijk als het zorgt voor een bredere ontwikkeling gericht op agrarisch landschapsherstel.

#### **Planet**

Bezien vanuit plantwetenschappen is het doel om diverse afweer- en aantrekkingsmechanismen van planten in kaart te brengen. Daarna is het doel om de natuurlijke resistentie tegen plagen van planten en teeltsystemen te optimaliseren en de ecologische balans in agrarische landschappen zo veel mogelijk te herstellen. Het behandelen van gewassen met (chemische) gewasbeschermingsmiddelen is dan niet meer nodig. Deze middelen kunnen vervolgens ook niet meer in het water, de bodem en de atmosfeer terecht komen.

#### **People**

Parallel aan de milieudoelen wordt de oude doelstelling om gewassen op kwantitatieve productiekwaliteiten te selecteren minder belangrijk. Het nieuwe selectie criterium is gericht op de planten met de beste natuurlijke weerbaarheid. Uiteindelijk zal een combinatie van ingrepen de pestdruk van gewassen het best kunnen verlagen. Het aanbrengen van gewasdiversiteit en natuurlijke landschapselementen spelen ook een belangrijke rol in een weerbaar, natuurlijk plant- en teeltsysteem. Op korte termijn wordt daarom steeds vaker samengewerkt met diverse vakgebieden zoals de (agro)ecologie, biologie en landschapsarchitectuur. Dergelijke samenwerkingsverbanden kunnen de impact van ontwikkelingen vergroten. Het bevorderen van natuurlijke plaagbestrijding kan bijvoorbeeld worden geïntegreerd met klimaatadaptie (aan de hand van gewasdiversiteit). Institutioneel zal het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen naar verwachting steeds meer aan banden worden gelegd. Het gebruik van chemische middelen kan zo langzaam worden uitgefaseerd.

#### **Profit**

Het uitfaseren van gewasbeschermingsmiddelen heeft ongetwijfeld effect op de producenten en leveranciers van gewasbeschermingsmiddelen. De trend is dan ook dat het aandeel bedrijven dat dergelijke producten produceert en levert, krimpt. Tegelijkertijd groeit het aanbod van producten, met name het aanbod aan 'natuurlijke producten' (Sparks et al., 2019). Op de lange termijn is met name het behoud van een gezonde leefomgeving is ieders (economisch) belang. De verwachting dat het uitfaseren van (chemische) gewasbeschermingsmiddelen hier hoe dan ook aan bijdraagt.

### 5.3.3 Drijfveren

Biodiversiteitsverlies en milieuschade zijn grote, wereldwijde drijfveren voor het ontwikkelen van natuurlijke plaagbestrijding. Dat het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen milieuschade veroorzaakt en tot massale insectensterfte heeft geleid, is al langere tijd bekend. Het is daarom ook niet gek dat veel gewasbeschermingsbedrijven al een tijd bezig zijn met het ontwikkelen en produceren van plantaardige, alternatieve gewasbeschermingsmiddelen. De manier waarop er op de WUR nu onderzoek naar natuurlijke plaagbestrijding wordt gedaan, is echter vrij uniek. Hieronder schetsen we kort wat de problemen rondom conventionele plaagbestrijding zijn en welke eventuele barrières en kansen worden voorzien. Omdat deze manier van natuurlijk plaagbestrijding nog maar net wordt onderzocht, hebben er nog geen opmerkelijke sleutelmomenten plaatsgevonden. Toch is onlangs een Europees besluit genomen waarvan wij verwachten dat het achteraf als een belangrijk sleutelmoment kan worden beschouwd.

---

<sup>4</sup> Geïnterpreteerd als soortgericht natuurlijke plaagbestrijding.

---

## Het gewasbeschermingsregime

(Chemische) gewasbescherming is in bepaalde concentraties schadelijk voor het milieu, de biodiversiteit en onze gezondheid. Residuen kunnen zich ophopen in de bodem, in het (grond)water en op producten. In Europa en in Nederland wordt gelukkig streng gecontroleerd op de voedselveiligheid waardoor sommige middelen zijn verboden, maar wereldwijd neemt het gebruik van pesticiden nog steeds toe (Pesticide Atlas, 2022). Bovendien mogen in Europese context bepaalde middelen niet gebruikt worden, maar wel geproduceerd en geëxporteerd. Dit veroorzaakt buiten Europa alsnog enorme schade aan de gezondheid van boeren, consumenten en de natuur. Langzaam maar zeker lijken gewasbeschermingsproducenten wel enigszins de negatieve effecten van hun producten te erkennen. Er komen daarom regelmatig meer biologische gewasbeschermingsmiddelen op de markt. De effecten van deze middelen zijn dan wel minder schadelijk, het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in het algemeen impliceert nog steeds dat voedselsystemen in zeker mate kwetsbaar zijn. De ambitie is daarom nu om plaagbestrijding niet meer synoniem te stellen aan het gebruik van middelen, maar aan het weerbaarder maken van plant- en teeltsystemen.

## Barrières

Een belangrijke barrière voor het ontwikkelen van natuurlijke plaagbestrijding is klimaatverandering. Doordat de weersomstandigheden veranderen, zullen complete ecosystemen gaan verschuiven, inclusief plaagsoorten en hun natuurlijke vijanden. Het is echter moeilijk te voorspellen welk effect klimaatverandering precies zal hebben op de toekomstige plaagdruk in de landbouw. Onder andere het tempo van klimaatverandering en de maatregelen die landen wel of niet gaan nemen zijn redelijk onvoorspelbare, doch essentiële factoren die een rol spelen in het ontstaan of voorkomen van toekomstige plagen in onze voedselsystemen. Ook het gedrag van boeren en ketenpartijen is belangrijk. Het lijkt erop dat er meer overtuigingskracht nodig is om boeren over de streep te halen om geen gewasbeschermingsmiddelen meer te gebruiken. Dit kan waarschijnlijk alleen door te laten zien dat alternatieve oplossingen werken en geen extra geld kosten.

Een andere belangrijke barrière is dat sinds de opkomst van industriële landbouw veel gen-diversiteit van plantsoorten verloren is gegaan. Het ontwikkelen van natuurlijke plaagbestrijding gaat daarom hand in hand met het concept gewasdiversiteit dat in het vorige hoofdstuk uiteen is gezet. Momenteel dreigt er een serieus tekort aan inheemse landrassen te ontstaan, wat de scope van mogelijk te benutten natuurlijke kwaliteiten verkleint.

Het WUR-onderzoek naar specifieke gewaskwaliteiten is relatief makkelijk uit te voeren in een laboratoriumsetting. Het is echter nog te vroeg om te kunnen vaststellen wat de eventuele trade-offs zijn van het selecteren van gewassen die bepaalde afstoot- en aantrekkingsstoffen uitscheiden. Het is bijvoorbeeld niet duidelijk of de uitscheiding van stoffen, wat vaak een stressreactie is, ten koste gaat van de groei. Het onderzoeken van de landschapsgerichte stelling is een stuk ingewikkelder. Onderzoek naar plaagdruk verlagende landschapssynergieën is complex en vereist veel grotere proeflocaties. Tegelijkertijd ligt hier mogelijk ook een kans om de concepten gewasdiversiteit en natuurlijk plaagbestrijding tegelijkertijd te ontwikkelen.

## Kansen

De vraag naar natuurlijke oplossingen uit het bedrijfsleven is groot. De gewasbeschermingsmiddelenindustrie ziet de ontwikkelingen op institutioneel niveau en willen daarop inspelen. Dit opent mogelijkheden voor cofinanciering van onderzoek. Er wordt met veel aandacht naar ontwikkelingen in Wageningen gekeken. Daarnaast ligt het voor de hand om onderzoek naar gewasdiversiteit en natuurlijk plaagbestrijding te combineren.

## Eyeopeners & gamechangers

De maatschappelijke druk om af te stappen van chemische gewasbeschermingsmiddelen neemt toe. Deze trend wordt ook politiek erkend. In 2019 publiceerde het Ministerie van LNV de Toekomstvisie gewasbescherming 2030. Het jaar daarop volgt een met stakeholders uitgedacht uitvoeringsprogramma (uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030). In juni 2022 doet de Europese Commissie een voorstel om in 2030 het Europese gebruik van gewasbeschermingsmiddelen met 50% te reduceren in 2030 (COM(2022) 305).

---

### 5.3.4 Interventies

Omdat de ontwikkeling van natuurlijke plaagbestrijding, zoals deze is geïnterpreteerd in de WUR-casus, nog maar net is gestart, is het vrij lastig om een serie van interventies te kunnen vaststellen. Toch ligt een aantal interventies voor de hand. Ten eerste betreft dit de herwaardering en bescherming van soortenrijkdom. Dit betreft met name inheemse en bedreigde planten. Langzaam maar zeker daalt het besef in dat deze soortenrijkdom letterlijk een schat aan kwaliteiten bevat die kan bijdragen aan weerbare voedselsystemen. Ten tweede is voor de stimulering van natuurlijke plaagbescherming belangrijk dat internationaal wordt ingezet op het uitfaseren van (chemische) gewasbeschermingsmiddelen. Europese richtlijnen sturen al richting het gebruik van meer natuurlijke middelen, maar het produceren en leveren van chemische gewasbeschermingsmiddelen is nog onvoldoende aan banden gelegd. Zodoende is er sprake van een verplaatsing van het regime en niet van een transitie. Als derde is het van belang om veel meer kennis op te bouwen over de natuurlijke afweer van gewassoorten of deze afweer te kunnen optimaliseren. Als laatste is het vervolgens van belang om vast te stellen of met behulp van meer gewasdiversiteit ook kan worden gewerkt aan een volledig gebalanceerd agrarisch landschap. Hiervoor zijn grote proefpercelen nodig.

Beknopte opsomming van interventies:

1. Herwaardering en bescherming van soortenrijkdom; inheemse grondsoorten in het bijzonder.
2. Internationaal uitfaseren van gewasbeschermingsmiddelen. Dit betekent ook het aan banden leggen van de productie en export van gewasbeschermingsmiddelen.
3. Opbouw kennis over de natuurlijke afweer van gewassoorten. Dit gaat in verschillende fases: stap één is inventariseren wat natuurlijke vijanden eigenlijk allemaal nodig hebben. Stap twee is kijken of een plantsoort deze behoeften kan bedienen. Stap drie is om te inventariseren of die omstandigheden al bestaan/aangelegd kunnen worden. Momenteel wordt op de WUR gewerkt richting een *proof of concept* voor natuurlijke plaagbestrijding.
4. Om landschappelijke kwaliteiten te kunnen testen, zijn grote proefpercelen nodig.

## 5.4 Natuurlijke afvalwaterzuivering

### 5.4.1 Systeemverhoudingen

#### **Principes uit het ecologische systeem**

Concepten voor natuurlijke afvalwaterzuivering baseren zich op ecologische principes die voorkomen in moerasgebieden. Het bekendste concept is de helofytenfilter. Een helofytenfilter is een (aangelegde) moerasstructuur waarbij bacteriën die in de bodem leven het water zuiveren. Afvalstoffen worden door de bacteriën omgezet in voeding voor het moerasesysteem. Hierdoor wordt het water gezuiverd en wordt er nieuwe organische stof opgebouwd.

In de Nederlandse waterzuiveringsindustrie wordt gebruikgemaakt van vergelijkbare biochemische en biologische processen. Maar niet alles wat in de waterzuiveringsinstallaties terechtkomt is biologisch afbreekbaar. Steeds meer chemische middelen, zoals medicijnresten en industrieel afval, komen in ons water terecht. Dat is schadelijk voor het milieu en onze gezondheid. De ambitie van de WUR is om effectieve, op de natuur geïnspireerde technieken te ontwikkelen om ook deze stoffen zo efficiënt mogelijk te kunnen scheiden en te kunnen hergebruiken. Deze technieken kunnen worden gebruikt in zogenaamde zuiveringslandschappen. Dit zijn natuurlijke landschappen die direct aan een afvalbron zijn verbonden. Natuurlijk afbreekbare stoffen worden gezuiverd aan de hand van een helofytenfilter en niet-afbreekbare stoffen worden met techniek gescheiden om elders te kunnen worden hergebruikt. Hierdoor kan worden voorkomen dat niet-afbreekbare afvalstoffen zich verder verspreiden. Zuiveringslandschappen zijn idealiter multifunctioneel. Ecologisch gezien kunnen zij bijvoorbeeld ook dienen als habitat voor biodiversiteit en sociaal kan er een belevenis- en educatief component aan worden toegevoegd.

*Landschapsgerichte stelling:*

- Natuurlijke zuiveringslandschappen zorgen voor afvalwaterzuivering en biodiversiteit.

*Soortgerichte stelling:*

- Bepaalde bacteriën kunnen strategisch worden ingezet om (chemische) afvalstoffen te scheiden.



---

## Dynamieken in het sociaaleconomische systeem

Wereldwijd is de intentie om fossiele industrie om te vormen naar een circulaire industrie. Materialen in de circulaire economie moeten zo veel mogelijk worden hergebruikt. Daarvoor is het soms nodig om verschillenden elementen van elkaar te splitsen. Biotechnologie, waar ook waterzuivering onder valt, staat in het centrum van deze ontwikkelingen, omdat systemen die nu nog draaien op fossiele grondstoffen moeten worden omgevormd tot systemen die werken op hernieuwbare (biologische) grondstoffen en processen.

Een circulaire economie stuurt ook op meer lokale marktontwikkeling. Materialen worden het liefst binnen een zo kort mogelijke afstand uitgewisseld. Per continent of land groeit daarom de behoefte om meer zelfvoorzienend te worden. Voor Nederland, waar weinig ruimte is en dus weinig materialen die gedolven kunnen worden, vormt dit een bijzondere uitdaging. Naar alle waarschijnlijkheid zal onze economie zich steeds meer toespitsen op Europa, en 'water' wordt misschien wel onze waardevolste grondstof. In eerste instantie omdat (kennis over) water voor veel commerciële processen essentieel is, maar ook omdat er mogelijk veel waardevolle reststromen kunnen worden gewonnen uit afvalwater.

Institutioneel (sociaal-cultureel) betekent deze ontwikkeling dat de rol van waterschappen mogelijk verandert. Nu vervullen de waterschappen grotendeel een dienstbare, uitvoerende rol. In de toekomst vervullen zij mogelijk ook een belanghebbende rol: als 'beheerder' van water. Parallel hieraan wordt op meerdere institutionele vlakken steeds vaker gezocht naar verbindingen of 'integrale oplossingen'. Dat brengt complexe vraagstukken met zich mee. Wat betreft ruimtelijke ordening wordt bijvoorbeeld nagedacht over hoe landschappen meerdere functies kunnen bekleden. Binnen een landschap kunnen functies zoals biodiversiteit, veiligheid, recreatie, energieopwekking et cetera als het ware worden gestapeld. Met betrekking tot infrastructuur is het de uitdaging om uit te vinden hoe materialen het beste uitgewisseld kunnen worden. Hoe zorg je er bijvoorbeeld voor dat ondernemingen die van elkaars 'reststromen' kunnen profiteren (zoals afvalwater) zo dicht mogelijk bij elkaar kunnen komen?

### *Economische stelling:*

- Bepaalde stoffen uit afvalwater kunnen worden omgezet tot reststromen en kunnen ergens anders weer worden gebruikt.
- Materiaalstromen uit en voor commerciële praktijken worden steeds meer met elkaar verbonden.

### *Sociaal-culturele stelling:*

- Institutioneel vergroot de vraag naar integrale oplossingen. Afvalwater kan op multifunctionele wijze worden gezuiverd.
- Waterschappen zullen zich verder ontwikkelen tot belangrijke grondstofbeheerder (water).

## Ontwikkelingen in het technisch systeem

Op de WUR worden momenteel verschillende onderzoeken gedaan naar NbS voor waterzuivering (Appelman et al., 2022; Veraart, 2022). Wanneer natuurlijke processen eerst scheikundig worden ontleed om vervolgens technisch na te maken, kunnen we spreken van inspired NbS. Dit proces gebeurt al bij de meeste reguliere zuiveringsinstallaties. Daar worden op gecontroleerde wijze biochemische processen in gang gezet om water te zuiveren. Al meer dan zestig jaar kunnen we in Nederland vertrouwen op deze processen. Nieuwe, ophopende chemische stoffen zoals medicijnresten of PFAS vragen echter om continue innovatie op het gebied van biochemische processen.

Er worden ook hybride NbS onderzocht op het gebied van afvalwaterzuivering. Deze richten zich op het stabiliseren van zuiveringslandschappen. Een helofytenfilter is bijvoorbeeld volledig natuurlijk en zelfregulerend, maar niet robuust. In de winter kan het systeem bevroren en gedurende de overige maanden kan het overwoekerd raken met onwenselijke planten en algen. Een helofytenfilter werkt alleen maar constant en optimaal als de condities daar geschikt voor zijn. Bovendien kan een helofytenfilter alleen biologisch afbreekbare afvalstoffen zuiveren. Niet afbreekbare stoffen moeten alsnog eerst worden gescheiden.

### *Technische stelling:*

- De natuur biedt inspiratie voor hedendaagse en toekomstige waterzuivering.
- Technologie kan de robuustheid van een natuurlijk systeem ondersteunen.

---

## 5.4.2 Doelstellingen

Natuurlijke afvalwaterzuivering, zoals dit concept nu op de WUR wordt onderzocht, is de enige inspired NbS uit de casussen. De nadruk van ontwikkelingen rondom natuurlijke afvalwaterzuivering ligt sterk op het technische systeem. Door middel van innovaties kunnen niet biologisch afbreekbare stoffen beter worden gescheiden om het milieu en de biodiversiteit te kunnen ontzien. Het is echter belangrijk om voor ogen te houden wat ten grondslag ligt aan de behoefte aan natuurlijke afvalwaterzuivering. Feit is dat meer dan 80 procent van het wereldwijde afvalwater weer onbehandeld terugvloeit in het milieu (UN World Water Development Report, 2023). Technische middelen spelen een belangrijke rol bij het zuiveren van deze afwaterstromen, maar er is ook meer samenwerking nodig om de hoeveelheid afvalwater te reduceren.

### **Planet**

De transitie naar meer natuurlijke afvalwaterzuivering is veelzijdig en gelaagd. Allereerst is de doelstelling dat alle stoffen die aan water toegevoegd worden of in het drinkwater terecht komen, biobased en biologisch afbreekbaar zijn. Sommige niet-afbreekbare stoffen kunnen bij de bron al worden gescheiden, bijvoorbeeld door de riolering van een ziekenhuis af te koppelen en te verbinden aan een speciaal zuiveringssysteem. De meeste medicijnresten worden echter thuis weggegooid. Dit probleem vereist daarom ook een bredere, systematische oplossing. Met geavanceerde scheidingstechnologie kunnen waardevolle en minder waardevolle stoffen in de toekomst beter worden gescheiden. Sommige stoffen kunnen vervolgens worden hergebruikt.

### **People**

Meer circulair gebruik van water vormt een tweede doelstelling. Inherent aan deze transitie zal er beter gekeken worden naar de kwaliteitseisen van water om de toepassingsmogelijkheden voor diverse waterkwaliteiten te kunnen verbreden. Zodoende kunnen watersystemen cascaderen.<sup>5</sup> Daarvoor zullen sommige systemen moeten worden aangepast. Brak- of zoutwater kan bijvoorbeeld onze huidige systemen beschadigen. In de toekomst is cascaderen de norm. Hierdoor hoeft geen hoogwaardig drinkwater meer gebruikt te worden voor laagwaardige doeleinden zoals koelsystemen. Ook woningen kunnen gekoppeld worden aan een circulair watersysteem, mits er in huis alleen biologisch afbreekbare middelen worden gebruikt. Regenwater, douchewater en afwaswater verdwijnen niet meer in het riool, maar kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor de verwarming, de koelkast of het toilet. Nul-op-de-meter geldt in de toekomst niet alleen voor energie en warmte, maar mogelijk ook voor water.

### **Profit**

Een andere doelstelling is om natuurlijke zuiveringslandschappen robuuster te maken met ondersteunende technologie. Zuiveringssystemen moeten betrouwbaar zijn zodat bedrijven en particulieren op productie/gebruiks zekerheid kunnen rekenen. Deze ondersteunende technologie vormt de belangrijkste economische drijver van de ontwikkeling van natuurlijke waterzuivering. De zuiveringslandschappen als geheel vervullen echter een veel breder maatschappelijk doel. Natuurlijke zuiveringslandschappen zijn zichtbaar en toegankelijk, zodat mensen bewuster worden over wat er allemaal komt kijken bij waterzuiveringsprocessen.

## 5.4.3 Drijfveren

Wereldwijd is er een enorme behoefte aan schoon en veilig drinkwater en door klimaatverandering wordt deze behoefte naar verwachting alleen maar groter. Nederland staat als land bekend om zijn kennis en toepassing van watertechniek en neemt een vooraanstaande rol in bij het ontwikkelen van potentiële oplossingen voor de grote uitdagingen die ons te wachten staan met betrekking tot schoon en veilig drinkwater. Er wordt daarom bijzonder aandachtig gekeken naar innovatieve ideeën die onder andere op de WUR worden ontwikkeld. Tegelijkertijd beseffen mensen in Nederland zelf vaak niet wat een enorm privilege het is om altijd toegang te hebben tot schoon en veilig drinkwater. Deze vanzelfsprekendheid zorgt ervoor dat in Nederland ook lange tijd vrijblijvend gebruik is gemaakt van schoon drinkwater, zonder dat er al te streng is gecontroleerd op de kwaliteit van het water na gebruik. Onlangs werd duidelijk wat voor effect dat heeft: slechts 17 procent van het water in Nederland is ecologisch gezien goed; voor 83 procent van de wateren zijn dringende maatregelen nodig (Didde, 2022). Hieronder wordt kort beschreven hoe het kan dat de

---

<sup>5</sup> Het toepassen van verschillende waterkwaliteiten voor verschillende doeleinden.

---

waterkwaliteit in Nederland zo slecht scoort, ondanks onze uitstekende reputatie op het gebied van watertechniek. Daarna worden weer enkele barrières genoemd die een onwenselijk regime in stand houden, en mogelijke kansen om het regime met meer natuurlijke afvalwaterzuivering te doorbreken. Als laatste bliken we terug op enkele gamechangers en eyeopeners van afgelopen jaren.

### **Waterkwaliteit in Nederland: een uitstelregime**

Er komen steeds meer chemische middelen in ons grondwater en ons drinkwater terecht en dat vormt een enorme bedreiging voor de volksgezondheid en ecologische systemen. Dat komt omdat stoffen zoals fosfor, methaan en PFAS ons drinkwater infiltreren, maar ook omdat medicijnresten ervoor kunnen zorgen dat mensen steeds resistenter worden voor levensreddende middelen zoals antibiotica. Deze oplopende verontreiniging heeft meerdere oorzaken. Ten eerste kent Nederland een hoge concentratie aan landbouw, industrie en mensen op een relatief klein landoppervlak. De ruimte in Nederland wordt vaak intensief gebruikt en recentelijk waren daar ook geen of nauwelijks restricties aan verbonden. Ten tweede ligt Nederland in de uitmonding van de Rijn. Veel stoffen die in andere landen worden geloosd in de Rijn spoelen door naar Nederland. Op Europese schaal zijn – om grootschalige milieuschade te voorkomen – richtlijnen opgesteld, de zogenaamde Kaderrichtlijn Water (KRW), maar niet iedereen houdt zich netjes aan deze richtlijnen. Tot twee keer toe, in 2009 en 2015, heeft Nederland bijvoorbeeld uitstel gevraagd om aan deze richtlijnen te voldoen. Monitoring en handhaving van de richtlijnen komen maar met moeite op gang. Eigenlijk moeten de richtlijnen in 2027 allemaal zijn gehaald, maar tot nu toe scoort Nederland op de Europese ranglijst van waterkwaliteit het slechtst.<sup>6</sup>

### **Barrières**

Zolang er geen wetgeving is die het gebruik van chemische middelen verbiedt, is de verwachting dat bedrijven die deze middelen gebruiken niet van hun bedrijfssystemen zullen afstappen. Dergelijke wetgeving wordt al jaren behendig uitgesteld. Het BREF-advies (Best Beschikbare Techniek, vastgesteld en voorgeschreven door de Europese Unie) voor zuiveringstechnieken is al tientallen jaren nagenoeg ongewijzigd. Dit betekent dat bedrijven gebruik kunnen blijven maken van een bepaalde mate van chemische systemen, terwijl biobased alternatieven al op de markt zijn. Meestal wordt bezwaar gemaakt dat alternatieven te duur zijn en dat de garantie op hun functionaliteit nog onvoldoende is bewezen. Kennis over alternatieven zoals biobased waterzuiveringstechnieken is bij overheden bovendien vaak zeer matig. Ook is er weinig maatschappelijke waardering en bewustzijn voor schoon water. Burgers ervaren schoon drinkwater als vanzelfsprekend.

De herwaardering van afvalstoffen tot reststromen is een langzaam en beleidsmatig proces. Tegelijkertijd verandert de samenstelling van afvalstoffen in hoog tempo. Het is moeilijk te voorspellen welke stoffen er in de toekomst uit water gescheiden kunnen worden, maar de verwachting is wel dat als afvalstoffen kunnen worden geherwaardeerd tot reststromen, bedrijven zich meer gaan inzetten om afvalstoffen effectiever te gaan scheiden.

Natuurlijke zuiveringssystemen zoals een helofytenfilter zijn momenteel kwetsbaar. Temperatuurverschillen kunnen de werking beïnvloeden. Dit maakt dat natuurlijke waterzuivering nu nog als onbetrouwbaar alternatief wordt beschouwd. Mogelijk kunnen problemen met continuïteit en consistentie in de toekomst met techniek worden verholpen. Grootschalige natuurlijke zuiveringssystemen zijn op dit moment echter nog in een conceptuele fase. Het opzetten van proefinstallaties is bovendien erg duur en behoeft veel ruimte.

### **Kansen**

De grootste kansen voor circulaire, natuurlijke waterzuivering liggen op dit moment in (nieuwe) samenwerkingen met de industrie. In het bijzonder omdat de industrie 's Nederlands grootste waterverbruiker is. Met het veranderende klimaat heeft de industrie een groot belang om zuiniger en efficiënter te worden. Ook worden de importkosten van zeldzame materialen, die mogelijk ook uit afvalwater gewonnen kunnen worden, steeds duurder. Een van die materialen is lithium. Bij het purificeren van zeewater kan lithium worden gescheiden. Dit kan vervolgens worden toegepast in onder andere batterijen, accu's en andere vormen van energieopslag.

---

<sup>6</sup> [Waterkwaliteit KRW, 2022 | Compendium voor de Leefomgeving \(clo.nl\)](#).

---

Voor de landbouw wordt onderzocht of afvalwater uit de industrie geschikt gemaakt kan worden voor landbouwirrigatie in droge periodes (Veraart et al., 2022). Daarvoor wordt in eerste instantie gekeken naar nabijgelegen landbouwpercelen. In Nederland worden steeds meer initiatieven ondernomen waarbij proefopzettingen worden ontwikkeld die industrieel restwater koppelen aan irrigatiesystemen.<sup>7</sup> Dergelijke kleinschalige conceptdemonstraties zijn belangrijke schakels naar grotere industriële toepassingen.

### **Eye openers & gamechangers**

In 2017 werd een groep TNO-onderzoekers overgeplaatst naar Wageningen Food & Biobased Research. Enkele chemisch technologen vinden een samenwerkingsverband met een business developer met ervaring in biobased chemicaliën. Samen zetten ze een programma op voor een circulaire, biobased wateromloop.

De business developer doet op eigen initiatief onderzoek naar het waterverbruik in Nederland. Het onderzoek toont aan dat maar een klein deel van het zoetwaterverbruik in Nederland wordt gebruikt in de landbouw. Het grootste aandeel wordt gebruikt in de industrie. Dit vergroot de scope van onderzoek en potentiële businesspartners. Traditioneel deed de WUR alleen onderzoek naar waterverbruik van landbouwsectoren en de voedselketen. Het nieuwe programma analyseert het waterverbruik in Nederland in zijn geheel om potentiële koppelmogelijkheden voor circulair gebruik te identificeren.

De energiecrisis is tot op de dag van vandaag een actueel thema dat in hoog tempo nieuwe technologische innovatie uitlokt, ook in relatie tot waterzuivering. Op Texel wordt momenteel een waterstofinstallatie ontworpen waarbij veel restwarmte vrijkomt. Deze restwarmte is vervolgens gekoppeld aan een installatie die zeewater purificeert. Het gepurificeerde zeewater kan vervolgens weer gebruikt worden voor de waterstofinstallatie. Het project op Texel is een van de eerste voorbeelden waarbij is gedacht vanuit een circulaire benutting van reststromen.

In het programma TKI Deltatechnologie<sup>8</sup> wordt geld vrijgemaakt voor onderzoek naar natuurlijke zuiveringslandschappen. Het doel is om diverse Nederlandse waterlandschappen om te vormen tot zuiverende, klimaatrobuuste ecosystemen waar biodiversiteit kan herstellen en mensen kunnen recreëren. Het programma loopt van 2022 tot 2024.

#### **5.4.4 Interventies**

Grootschalige natuurlijke waterzuivering gekoppeld aan de industrie is op de WUR een relatief nieuw thema. Voorheen heeft de focus op de WUR met name gelegen op efficiënt watergebruik in de landbouw. Met de komst van een onderzoeksteam van TNO is de scope van onderzoek plots een stuk breder geworden. Dat creëert enerzijds kansen, zoals het circulair inzetten van industrieel afvalwater voor landbouwirrigatie, maar maakt ook duidelijk hoe groot de barrières zijn. Zonder de invoering en handhaving van harde richtlijnen met betrekking tot het lozen van afvalwater is het aanleggen van natuurlijke zuiveringslandschappen een kwestie van dweilen met de kraan open. Bovendien is het aannemelijk dat bedrijven niet zullen investeren in natuurlijke alternatieven zolang de werking en de robuustheid van dergelijke systemen niet gegarandeerd kunnen worden. Het is daarom van belang om conceptuele, op de natuur geïnspireerde technieken zo snel mogelijk te testen. Een andere prikkel om natuurlijke waterzuivering te kunnen bespoedigen, is om het natuurlijk filteren van stoffen uit afvalwater ook financieel aantrekkelijk te maken, bijvoorbeeld door reststromen te verwaarden en hergebruik van stoffen te stimuleren. Als laatste is het op metaniveau van belang dat wereldwijde moerasgebieden beter worden beschermd. Naast de natuurlijke ecosystemendiensten die deze gebieden leveren (Mitsch et al., 2015), laat het onderzoek op de WUR zien dat moerassystemen ook een belangrijke inspiratiebron voor de ontwikkeling van duurzame technologie vormen.

Beknopte opsomming van interventies:

1. Bescherming van moerasgebieden en mangrove. Deze ecosystemen zijn een belangrijke inspiratiebron voor de ontwikkeling van NbS.
2. Een volledig verbod op het lozen van chemische middelen. Waterkwaliteitsproblemen moeten worden aangepakt bij de oorsprong.
3. Afvalwaterstromen uit industrie kunnen circulair worden ingezet.

---

<sup>7</sup> Projecten zoals [EffluentFit4Food](#) onderzoeken of afvalwater uit de industrie geschikt gemaakt kan worden voor landbouwtoepassingen.

<sup>8</sup> <https://tkideltatechnologie.nl/>

- 
4. Er kunnen meer voorbereidingen getroffen worden die de juridische/wetmatige toelating van biobased alternatieven en het benutten van reststromen kunnen bespoedigen.
  5. Momenteel wordt gewerkt aan de uitwerking van conceptuele vormen van natuurlijke waterzuivering (Appelman et al., 2022). De volgende stap is om te demonstreren dat de concepten betrouwbaar kunnen functioneren.

## 5.5 Regenwateropvang

### 5.5.1 Systeemverhoudingen

#### **Principes uit het ecologische systeem**

Het concept regenwateropvang is op zich niet nieuw of rigoureuus. De schaal waarop het momenteel als concept op de WUR wordt onderzocht, maakt het echter toch een relevant onderdeel van een mogelijke transitie. Oorzaak van de toename in interesse in het opvangen van regenwater is klimaatverandering. Door klimaatverandering worden weersomstandigheden in veel landen extremer. Periodes van droogte en hevige buien zullen steeds vaker voorkomen. Het ecologische systeem wordt daardoor steeds minder consistent. Dat heeft grote gevolgen voor de natuur en onze voedselsystemen. Natuur en voedselsystemen kunnen bijvoorbeeld vaker uitdrogen of wegspoelen. En in periodes van droogte moet de natuur vaak concurreren met onze eigen, menselijke behoefte aan water. Voor het veiligstellen van ons voedsel en de natuur in de toekomst is het belangrijk dat we verstandig leren omgaan met en anticiperen op veranderingen in het ecologische systeem zoals klimaatverandering.

#### *Landschappelijke stelling*

- Door klimaatverandering worden weersomstandigheden extremer. Dit vormt een bedreiging voor de natuur en de voedselsystemen.

#### **Dynamiëken in het sociaaleconomische systeem**

Anticiperen op klimaatverandering vraagt om strategische gedragsverandering. Voldoende water is in de toekomst in veel landen steeds minder vanzelfsprekend en dat vraagt om meer strategisch zoetwaterverbruik en zoetwaterwinning. Het opvangen en opslaan van regenwater is een mogelijke strategische maatregel die veerkracht kan geven in periodes van droogte. Een voorraad regenwater kan bijvoorbeeld voorkomen dat een oogst mislukt.

Regenwater is op dit moment in veel landen nog een on(der)benutte bron. Dat komt omdat het in veel landen nu nog niet nodig is om regenwater op te vangen voor later gebruik. In Nederland vertrouwen we bijvoorbeeld op ons grondwater en in veel zuidelijke landen maken mensen gebruik van water uit rivieren. Voor veel mensen voelt het daarom nu nog als een onnodige investering om maatregelen te nemen waarmee regenwater kan worden opgevangen en opgeslagen. Toch lijkt het beredeneerd vanuit klimaatvoorspellingen wel verstandig. Het opvangen van regenwater is bovendien gratis (na de aanleg van een opvangsysteem). Andere waterbronnen zijn vaak in eigendom waardoor mensen voor het gebruik ervan moeten betalen.

Zoals opgemerkt, is het opvangen en opslaan van water geen nieuw idee. Veel culturen in droge gebieden hebben eigen systemen ontwikkeld waarbij regenwater wordt opgevangen en opgeslagen. De uitdaging is om meer mensen te overtuigen om dergelijke systemen over te nemen, nog voordat het een uiterste noodzaak is. Andere bronnen zijn dan minder belast. Voor het opschalen van systemen kan vaak worden gekeken naar lokale gemeenschappen, waar het opvangen en opslaan van regenwater al cultureel is ingebed.

#### *Economische stelling:*

- Door het opvangen en opslaan van regenwater is er meer water beschikbaar voor de landbouw in periodes van droogte.
- Met het opvangen en opslaan van regenwater zijn mensen minder afhankelijk van andere waterbronnen die in eigendom zijn.

#### *Sociaal-culturele stelling:*

- Voor het opschalen van regenwater opvang en opslagsystemen in een specifiek land of regio kan inspiratie worden gehaald uit nabijgelegen gemeenschappen waar dergelijke systemen al cultureel zijn ingebed.

---

## Ontwikkelingen in het technische systeem

Onderzoek naar regenwateropvang op de WUR richt zich niet zozeer op innovatie, maar op het opschalen van de toepassing ervan. Het opvangen en opslaan van regenwater voor eigen gebruik is namelijk vrij simpel en daardoor voor veel mensen potentieel toegankelijk. Meestal hoeven er alleen een tank en enkele buizen die regenwater kunnen geleiden, geplaatst te worden om in de persoonlijke consumptie- en irrigatiebehoeften van huishoudens te kunnen voorzien. Hoe de groter de waterbehoefte is, bijvoorbeeld als het om bedrijven gaat, des te ingewikkelder wordt het om regenwater op te vangen. Dit komt omdat het vraagt om meer opvangruimte, infrastructuur en kapitaal. Regenwater is een intrinsiek gegeven, maar het opvangen ervan maakt het een hybride NbS.

### Technische stelling

- Regenwateropvangsystemen kunnen op diverse doch relatief eenvoudige wijze worden toegepast.

## 5.5.2 Doelstellingen

De algemene doelstelling van het opvangen en opslaan van regenwater is om beter bestand te kunnen zijn tegen de effecten van klimaatverandering. Het opvangen en opslaan van regenwater kan dan ook worden beschouwd als een klimaatadaptieve maatregel. Maar ook op het gebied van biodiversiteit kan er winst gehaald worden uit het opvangen en opslaan van regenwater. Natuurlijke bronnen die overbelast raken door menselijk gebruik kunnen een ecologisch systeem ontwrichten. Het opvangen en opslaan van regenwater kan daarom ook beschouwd worden als een daad van solidariteit naar de natuur.

### Planet

Door het opvangen en opslaan van regenwater is de beschikbaarheid van zoetwater beter verzekerd in tijden van droogte. Regenwater kan worden gebruikt als drinkwater en als irrigatie. Andere schaarse waterbronnen, zoals grondwater of rivieren, hoeven daardoor minder door mensen te worden benut. Doel is om uiteindelijk hierdoor ook de natuur minder kwetsbaar te maken.

### People

De implementatie van systemen die regenwater kunnen opvangen en opslaan, is belangrijk voor gebieden die op korte en lange termijn meer te maken gaan krijgen met extremer weer, in het bijzonder met droogte. Het doel is om gemeenschappen in deze gebieden nu in te lichten over klimaatverandering zodat zij kunnen anticiperen op de gevolgen. Momenteel wordt dat vaak gedaan door ngo's. Een andere doelstelling is om deze informatie beter te institutionaliseren om er zeker van te zijn dat mensen voldoende en op tijd worden ingelicht.

### Profit

Het toepassen van laagdrempelige techniek waarbij regenwater kan worden opgevangen en opgeslagen, kan vrij gemakkelijk op goedkope wijze voor iedereen mogelijk worden gemaakt. Dit machtigt mensen om zelfvoorzienend te zijn en niet afhankelijk van waterbronnen die door institutionele of commerciële partijen worden beheerd. Economisch gewin kan met name worden behaald op het gebied van voedselproductie. Doordat kleinschalige boeren een watervoorraad hebben aangelegd, kunnen zij hun gewassen blijven irrigeren in tijden van droogte.

## 5.5.3 Drijfveren

De voornaamste drijfveer van regenwateropvang is klimaatverandering. Samenlevingen zijn afhankelijk van water en door klimaatverandering kunnen natuurlijke bronnen zoals rivieren en grondwater op lange termijn veranderen of in het ergste geval zelfs opdrogen. Dit is een ernstige bedreiging voor de toch al soms onzekere toegang tot schoon en veilig water. Het is daarom enorm belangrijk dat we zuinig leren omgaan met de watervoorraden die we hebben en waar het kan, nieuwe voorraden gaan aanleggen. Daarvoor zijn grote veranderingen nodig die mondiale samenwerking vereisen, zodat watervoorraden eerlijk kunnen worden verdeeld: zowel tussen mensen onderling als tussen mensen en de natuur. In dit deelhoofdstuk gaan we niet al te diep in op het urgente belang van deze samenwerking, daarvoor kan het *UN World Water Development Report 2023* beter geraadpleegd worden. Wel willen we laten zien dat het opvangen van regenwater een klein onderdeel van deze grote watertransitie kan zijn, welke barrières momenteel

---

voorkomen dat meer mensen regenwater opvangen en welke kansen er zijn voor het opschalen van regenwateropvang. Als laatste benoemen we welke sleutelmomenten al hebben plaatsgevonden.

### **Een regime van overmatig waterverbruik**

De beschikbaarheid, kwantiteit en kwaliteit van water voor menselijke basisbehoeften worden door klimaatverandering ernstig bedreigd, maar de risico's en oorzaken zijn wereldwijd niet evenredig verdeeld. Een overzicht van de wereldwijde waterfootprint laat zien dat de footprint van landen in Europa, het Midden-Oosten en Amerika vaak voorbij hun landsgrenzen reikt (Hoekstra & Mekonnen, 2012). Dat heeft te maken met het feit dat deze landen producten exporteren en importeren die elders een beroep doen op de watervoorraad. Vaak gaat het om voedselproducten, ongeveer 70 procent van het wereldwijde zoetwaterverbruik is gerelateerd aan landbouw. Enkele populaire, water-intensieve producten zijn vlees, amandelen, linzen en avocado's (Mekonnen & Gerbens Leenes, 2020; Sommaruga & Eldridge, 2021). Om watertekorten door klimaatverandering te voorkomen of te beperken, is een combinatie nodig van duurzame waterwinning en duurzaam waterverbruik. Dat betekent dat met name de voedselproductie en consumptiebehoeften in specifieke landen anders moeten worden ingericht. Dat vraagt om internationale afstemming.

*"Water is our common future and we need to act together to share it equitably and manage it sustainably. As the world convenes for the first major United Nations conference on water in the last half century, we have a responsibility to plot a collective course ensuring water and sanitation for all." - Audrey Azoulay, UNESCO Director-General.*

### **Barrières**

De grootste barrière is een gebrek aan bewustzijn over de noodzaak van maatregelen zoals regenwateropvang. Veel ernstige gevolgen van klimaatverandering liggen nog in het verschiet en veel boeren kijken vaak niet verder dan het volgende seizoen. Bovendien is – of voelt – het gebruik van water in veel landen en gebieden (nog) gratis. Dit beperkt de motivatie om zelfvoorzienend te worden. De verwachting is echter dat het gebruik van en de toegang tot water steeds duurder wordt. Daarnaast speelt voor sommige (agrarische) ondernemers ook een tijddimensie. Op korte termijn behalen ze misschien meer winst doordat ze niet investeren in een regenwateropvangsysteem. Het is een uitdaging om de langetermijnvoordelen zwaarder te laten wegen dan de kortetermijnvoordelen.

### **Kansen**

Het opvangen van water is een laagdrempelige maatregel. De toepassing ervan kan relatief gemakkelijke en goedkoop door individuen worden gerealiseerd. Naarmate het gebruik van regenwater toeneemt, worden technologische systemen echter vaak ingewikkelder.

Het opvangen van water komt niet alleen ten goede aan mensen, maar ook aan de natuur. De druk op andere waterbronnen wordt minder. Het opschalen van regenwateropvang kan daardoor gemakkelijk gecombineerd worden met diverse klimaat- en biodiversiteitsstrategieën.

### **Eyeopeners & Gamechanger**

Het concept van regenwateropvang is geen nieuw idee en op zich ook niet een heel technisch concept. Het is de grootschalige implementatie ervan wat de uitdaging vormt. Wageningse onderzoekers proberen momenteel in de Oost-Afrikaanse regio Bono East landbouwondernemers aan de hand van klimaatvoorspellingen en voedselsysteemanalyses te overtuigen om te investeren in regenwateropvangsystemen (Linderhof et al., 2022). Stakeholderparticipatie is een essentieel onderdeel van deze strategie. Alleen als lokale bewoners betrokken worden bij de ontwikkeling van plannen kan eigenaarschap over de implementatie van systemen worden gecreëerd. Stakeholderparticipatie brengt ook nieuwe kennis naar boven. Lokale gemeenschappen (waar dan ook) kunnen soms veel meer inzicht geven in de beschikbaarheid of het gebrek van waterbronnen dan bijvoorbeeld op land- en bodemkaarten vermeld staat. Ook hebben stakeholders waardevolle kennis en ervaring wat betreft mogelijke kansen en/of belemmeringen. Een voedselsysteemanalyse maakt de afhankelijkheid van zoetwaterbronnen duidelijk en invoelbaar. Dit verhoogt de motivatie om mee te doen en te investeren in regenwateropvangsystemen.

---

Reisbeperkingen vanwege corona hebben het stakeholderparticipatieproces in Bono East beperkt. Dit heeft een negatief effect gehad op de impact van het project.

Het opvangen van regenwater verlaagt de concurrentie tussen mensen en overige levende wezens voor water. Het opvangen van water kan daardoor een onderdeel zijn van meerdere biodiversiteitsstrategieën. In Bono East kon het opvangen van water bijvoorbeeld worden geïntegreerd in de lokale herbebossingsstrategie (Van Oosten et al., 2022).

#### 5.5.4 Interventies

De effecten van klimaatverandering worden steeds tastbaarder. Toch kunnen we pas spreken van een beginnende instabiliteit in een routine die met name welvarende landen in stand houdt als het aankomt op overmatig waterverbruik. Zonder een grootschalige en gezamenlijk aanpak is het zeer aannemelijk dat klimaatverandering meerdere, wereldwijde crisissen zal veroorzaken.<sup>9</sup> Maatregelen zoals regenwateropvang zijn een onderdeel van een transitie naar een meer klimaatbewuste en klimaatadaptieve manier van leven, maar de grootste stappen kunnen vooral gemaakt worden met gedragsverandering op het gebied van productie en consumptiepatronen. Een manier om een dergelijke verandering in gang te zetten, is een participatieve aanpak. Hiermee kan eigenaarschap over diverse maatregelen, waaronder regenwateropvang, worden vergroot. Mensen voelen zich bijvoorbeeld meer betrokken en gemotiveerd en zien de relevantie van hun gedragsverandering. Ook is de kans groter dat er aansluiting kan worden gevonden bij lokale behoeften en gebruiken. Op het gebied van grootschalige regenwateropvang is nog weinig bekend. Hier kan nog verder onderzoek naar worden gedaan.

Beknopte opsomming van interventies:

1. Vergroot het bewustzijn en urgentiegevoel over klimaatverandering om strategische gedragsverandering in gang te zetten. Het gebruik van klimaatvoorspellingen en een voedselsysteemanalyse kan hierbij helpen.
2. Participatieve trajecten vergroten het eigenaarschap over de implementatie van regenwateropvang.
3. Sluit aan bij lokale behoeften en gebruiken.
4. Experimenteer met de grootschalige aanleg van regenwateropvangsystemen. Door de werking ervan te demonstreren, kunnen andere ook worden overtuigd.

---

<sup>9</sup> Afhankelijk van de context en definitie van een crisis is dit in sommige landen al het geval.



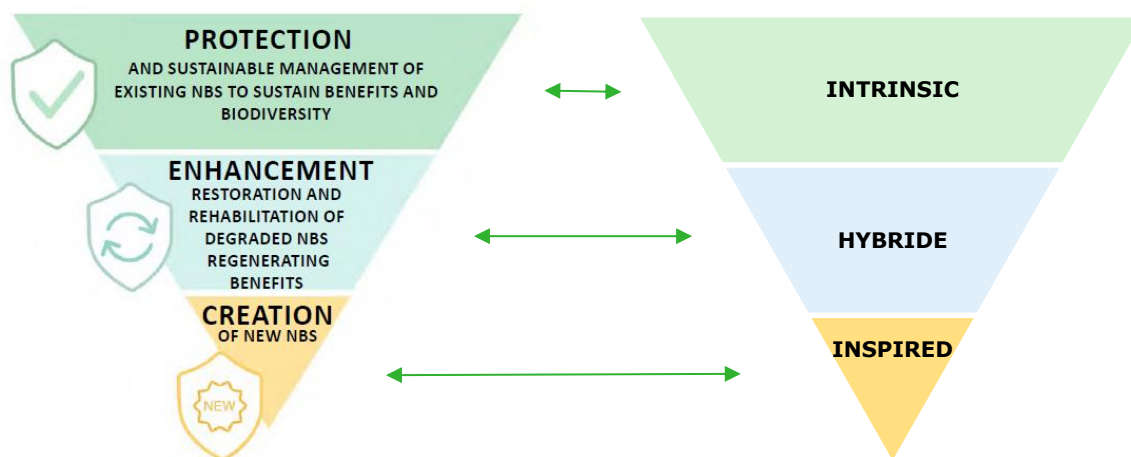
## 6 Reflectie: methodes en principes voor succesvolle implementatie van NbS

In dit hoofdstuk wordt gereflecteerd op wat er opvalt in de casussen op basis van het theoretisch en analytisch kader die voor dit onderzoek zijn gebruikt. Daarna noemen we een aantal principes die op grond van het analyseren van de resultaten behulpzaam kunnen zijn om mee te nemen in de verdere ontwikkeling van NbS.

### 6.1 Methodische reflectie

#### Intrinsieke, hybride en geïnspireerde NbS

Het onderscheiden van intrinsieke, hybride en geïnspireerde NbS, zoals in dit rapport is gedaan in de omschrijving van technische ontwikkelingen, is behulpzaam om specifieke NbS te kunnen karakteriseren, en mogelijk ook een belangrijke indicator voor een strategische implementatie van NbS. Intrinsieke NbS bestaan uit of zijn onderdeel van natuurlijk ecosystemen. Bij alle casussen is het ter sprake gekomen dat het van essentieel belang is om deze ecosystemen in stand te houden om ook in de toekomst te kunnen profiteren van ecologische principes die zorgen voor schone lucht, schoon drinkwater, leven onderwater en op land, en veerkracht ten aanzien van klimaatverandering. Het beschermen van ecosystemen is voor het ontwikkelen van NbS daarom prioriteit nummer één. Zonder het beschermen van onze ecosystemen valt er immers steeds minder te verbeteren en verliezen we onze inspiratie voor nieuwe NbS. Hybride NbS verhogen de weerbaarheid van gecultiveerde ecosystemen. In de casussen kunnen voedselsystemen door middel van het inbrengen van meer diversiteit en het selecteren van gewassen op bepaalde wenselijke, natuurlijke eigenschappen weerbaarder en meer zelfregulerend worden. Hierdoor kan de afhankelijkheid van externe middelen zoals kunstmest of gewasbescherming worden gereduceerd. Gecultiveerde ecosystemen hoeven echter niet altijd voedselsystemen te zijn; dezelfde principes kunnen worden toegepast op aangelegde natuurgebieden of groenblauwe infrastructuur zoals dijken en waterwegen. Dat maakt hybride NbS vooral voor gebieden of landen die sterk door mensen ontwikkeld zijn – zoals Nederland – zeer interessant. Inspired NbS zijn geavanceerde systemen die de continuïteit van intrinsieke en hybride NbS ondersteunen. Inspired NbS zijn mogelijk het innovatiefst, of in elk geval het meest technisch van aard. Inspired NbS staan daarom in de praktijk misschien het verst van de natuur vandaan. Hun werking is echter pas optimaal in combinatie met parallelle aandacht voor hybride en intrinsieke NbS.



**Figuur 14** Strategie voor succesvolle implementatie van NbS.

---

## Een kleinschalige verandering of een transitie

Alle NbS-casussen zijn onderdeel van een zoektocht naar een meer klimaatneutrale, circulaire en vooral natuurinclusieve samenleving. Het is echter lastig vast te stellen wat de verhouding van de rol van verschillende NbS is ten opzichte van een algeheel transitieproces richting deze doelstelling. Op grond van de transitie modellen van Geels (2005) en Timmermans et al. (2013) kan het volgende worden vastgesteld:

### *Hardnekkige regimes vragen om meer dan alleen NbS*

Door het uiteenzetten van de oorzaken die ten grondslag liggen van de noodzaak voor NbS, wordt het duidelijk dat NbS alleen geen zaligmakende oplossing zijn voor de oplopende druk voor verandering. Onder andere klimaatverandering, ziekteresistentie en biodiversiteitsverlies (druk vanuit het sociaal technisch landschap) vragen om rigoureuze veranderingen die verdergaan dan het alleen bedenken van 'technische' oplossingen. Het vraagt ook om een verandering van gedrag en van waardering van onze omgeving. Dit begint met het afstappen van het idealiseren van overmatige en eentonige productie en consumptie, met name in welvarende landen. Grootschalige en doorslaggevendende toepassing van onder meer kruidenrijk grasland, gewasdiversiteit, natuurlijk plaagbestrijding en regenwateropvang worden onder andere tegengehouden door de veronderstelling dat het ten koste gaat van productiehoeveelheden en daardoor ook het verdienvermogen van boeren. Deze veronderstelling stuit echter op een doodlopend pad: wordt overmatige en eentonige productie niet terug geschaald, dan nemen de consequenties van de in deze paragraaf genoemde drukfactoren toe. Dat maakt het produceren van voedsel op lange termijn steeds lastiger, totdat een crisis uitbreekt.

### *Crisis: nodige of onnodige accelerator*

In diverse casussen zijn voorbeelden van crisissen genoemd die de ontwikkeling van bepaalde NbS hebben geholpen. De meest in het oog springende crisissen zijn de Nederlandse energiecrisis (een gamechanger voor natuurlijke afvalwaterzuivering), de covidpandemie (een gamechanger voor gewasdiversiteit), de droogte in 2018 en de stikstofcrisis (een gamechanger voor kruidenrijk grasland en gewasdiversiteit).<sup>10</sup> Het ontstaan van deze crisissen heeft positief bijgedragen aan het bewustzijn van problemen en risico's van onder meer het gebruik van fossiele brandstoffen, monoculturen en een gebrek aan genetische diversiteit. Toch kunnen we nog niet spreken van een echte 'doorbraak' van NbS. Er heerst nog steeds het idee dat veel van deze crisissen met nauw afgestemde innovatie en techniek kunnen worden opgelost. Het model van Timmermans et al. (2013) beschouwt dit als een teken van beginnende instabiliteit: een voorloper van een nog veel grotere crisis. Problemen zoals klimaatverandering, waterkwaliteit en biodiversiteitsverlies vormen een gevaarlijke en oplopende dreiging die samenlevingen mogelijk nog veel meer kunnen ontwrichten. Om deze nog sluimerende crisissen het hoofd te kunnen bieden, is een veel grotere en rigoureuze set aan veranderingen nodig waar technische innovatie slechts een onderdeel van is. Deze veranderingen hebben, zoals ook in de vorige paragraaf is benoemd, betrekking op gedragsverandering en (her)waardering van de natuur en onze leefomgeving, inclusief de immateriële diensten die de natuur levert die voor ons van levensbelang zijn.

### *Een transitie kan ook een stapje terug doen betekenen*

In het geval van gewasdiversiteit, kruidenrijk grasland en regenwateropvang wordt onderzoek gedaan naar de (her)waardering van respectievelijk 'oude' gewoontes en soorten. In de projecten gewasdiversiteit en kruidenrijk grasland wordt bijvoorbeeld specifiek gekeken naar 'vooroorlogse' gebruiken of 'inheemse' rassen. Deze zijn door vergaande industrialisatie gedeeltelijk verloren gegaan. Mogelijke herwaardering van deze gebruiken en soorten wordt beschouwd als een essentieel onderdeel van een beoogde, meer natuurinclusieve transitie in de landbouw. In het project Regenwateroogsten wordt ingehaakt op lokale en traditionele gebruiken die zelfs meerdere eeuwen teruggaan. Een herwaardering voor oude soorten en gewoontes betekent echter niet een volledige terugschakeling van systemen. Moderne technieken zoals robotisering en digitalisering kunnen er bijvoorbeeld voor zorgen dat productieopbrengsten niet minder hoeven te worden door de integratie van meer inheemse soorten. Aansluitend op de vorige paragraaf is het van belang dat deze 'herwaardering' niet nauw afgestemd is. Met drie kruiden in het zaaisel wordt bijvoorbeeld nog geen transitie bereikt.

---

<sup>10</sup> Droogte kan ook worden gezien als een globale gamechanger voor regenwateropvang, al wordt er meer gesproken over klimaatverandering.

---

### **Een balans tussen interacterende systemen**

Wat het uiteenzetten van diverse NbS in het Vlindermodel laat zien, is dat de potentie van NbS gelaagd en integraal is. NbS kunnen zich manifesteren in het ecologische, het sociaaleconomische en het technische systeem en de manier waarop NbS invloed uitoefenen in een bepaald systeem is van invloed op de andere systemen. Dat maakt het implementeren van NbS complex, maar vergroot tegelijkertijd ook de bijdragen van NbS aan een circulaire, klimaatneutrale en natuurinclusieve samenleving. Het formuleren van veelzijdige doelstellingen helpt om te kunnen sturen op de wenselijke invloed van NbS op alle systemen. Vervolgens kan worden beredeneerd welke elementen op dit moment een barrière vormen om doelstellingen te kunnen bereiken en waar mogelijke kansen liggen. Voor het vaststellen van interventies kan gebruik worden gemaakt van het strategisch model in Figuur 14.

## **6.2 Principiële reflectie**

### **De ecologische, sociaal-culturele en sociaaleconomische omstandigheden zijn richtinggevend en bepalend voor succes**

Dit principe geldt voor de impact die NbS kunnen hebben. Ten eerste kan het ecologische uitgangspunt waarop NbS worden toegepast, verschillen. Water, bodem, klimaat, atmosfeer en biodiversiteit vormen een belangrijke basis die bepalend is voor de juiste strategie en de te verwachten impact van NbS op het ecologische systeem. Ten tweede kan per maatschappelijke context de noodzaak voor transitie anders worden ervaren. Deze noodzaak is afhankelijk van meerdere factoren, zoals sociaaleconomische omstandigheden, cultuur en historie. In landen zonder sociaaleconomisch vangnet kan de mechanisatie van arbeid er bijvoorbeeld toe leiden dat mensen die fysieke arbeidsfuncties bekleeden, niet meer in hun levensonderhoud kunnen voorzien. Ook kunnen mensen per land, regio of gemeenschap heel anders tegen natuur aankijken en de waarde van natuur anders ervaren. In landen waar nog veel inheemse rassen bestaan, is bijvoorbeeld mogelijk nog kennis die in Nederland misschien verloren is gegaan (o.a. over synergieën en geneeskrachtige werkingen). In Nederland begeven met name intrinsieke NbS zich vaak in taboesferen. Het is daarom goed om alert te zijn op de 'koploperspositie' die Nederland ambieert in te nemen in transities richting NbS.

### **Optimalisatie is niet hetzelfde als transitie**

Zoals in de modellen van Geels (2005) en Bos et al. (2021) wordt weergegeven, bestaan transitieprocessen uit een samenloop van veranderingen in meerdere systemen. Het deconstrueren van een bepaald concept om het vervolgens in diverse systemen uiteen te zetten, maakt het inzichtelijk welke veranderingen een concept kan faciliteren en hoe deze veranderingen met elkaar samenhangen. De potentie van een concept kan vervolgens worden gekoppeld aan diverse doelstellingen. Bij het ontwikkelen van NbS als belangrijke component in transities richting circulaire en klimaatneutrale voedselsystemen, kunnen NbS op hun waarde worden geschat op grond van hun potentie ten aanzien van het behalen van meerdere doelen. Dient een concept maar één doel of één systeem, dan bestaat de kans dat er sprake is van optimalisatie in plaats van een transitie. Optimalisatie kan ook wel gezien worden als een kleinschalige verandering waarmee men probeert in het complexe systeem aanpassingen te zoeken die passen bij de oude routine, zoals door Timmermans et al. (2013) wordt omschreven. Als de focus van een bepaalde NbS bijvoorbeeld alleen op ontwikkelingen in het technische systeem ligt, bestaat het risico dat het aanpakken van een bepaalde oorzaak wordt uitgesteld. De ontwikkeling van (natuurlijke) waterzuiveringstechnieken helpt bijvoorbeeld om chemische substanties beter te kunnen scheiden, maar dit moet geen reden zijn om het gebruik van chemische middelen alsnog te reduceren en te verbieden. Hetzelfde geldt voor kruidenrijk grasland, gewasdiversiteit en natuurlijk plaagbestrijding: soortgericht onderzoek is belangrijk, maar het mag niet afleiden van de noodzaak voor grootschalig landschapsherstel.

### **Diversiteit maakt veerkrachtig**

Voor alle NbS geldt dat diversiteit bijdraagt aan de veerkracht van systemen. Of het nou gaat om het aanbrengen van (bio)diversiteit in het ecologische systeem (kruidenrijk grasland, gewasdiversiteit, natuurlijk plaagbestrijding) of een diversiteit aan technische ontwikkelingen (natuurlijke waterzuivering; regenwateropvang) of diversiteit in economische of culturele dynamieken (implementatie en impact van NbS verschillen per context), al deze vormen van diversiteit dragen bij aan de veerkracht van voedselsystemen en samenlevingen ten aanzien van uitdagingen zoals klimaatverandering en biodiversiteitsverlies.

---

### **Praktijkonderwijs en praktijkopzet**

Praktijkonderwijs en praktijkopzetten worden door alle projectleiders aangehaald als belangrijke en vooral tastbare schakels naar een rigoureuze omslag. Het enthousiasmeren van mensen die de omslag maken in plaats van alleen de omslag bedenken, zou meer prioriteit kunnen krijgen. Gewasdiversiteit en kruidenrijk grasland worden in toenemende mate behandeld in diverse hbo- en mbo-opleidingen en -trajecten, maar het wordt nog niet erkend als conventionele leerstof. Natuurlijke afvalwaterzuivering en plaagbestrijding werken toe naar een eerste praktijkopzet om dit concept te testen. Regenwateroogsten geniet wel brede erkenning, maar worstelt meer met praktische beperkingen zoals reisbeperkingen/slecht internet in Ghana. De doorslag naar grootschalige uitvoering van de concepten in praktijkonderwijs en praktijkopzet beschouwen wij daarom als een belangrijk sleutelmoment waar momenteel naar toegewerkt kan worden.

---

# 7 Conclusies

In dit hoofdstuk zullen op basis van de resultaten en de reflecties de vier onderzoeksvragen kort en bondig worden beantwoord.

## 1. *Wat zijn de potentiële transitiebijdragen van specifieke NbS?*

### **Het Vlindermodel is een nuttig instrument voor het onderzoeken van de potentie van NbS.**

Het uiteenzetten van NbS in ecologische principes, sociaaleconomische dynamieken en technologische ontwikkelingen maakt inzichtelijk welke bijdragen NbS in potentie kunnen leveren in diverse systemen. Deze bijdragen kunnen worden geformuleerd in stellingen die kunnen worden verbonden met diverse doelstellingen voor *planet*, *people* en *profit*. Deze doelstellingen representeren een potentiële bijdrage van specifieke NbS in transities richting circulaire en klimaatneutrale voedselsystemen. De werkelijke bijdrage kan alleen achteraf worden vastgesteld.

## 2. *Wat zijn belangrijke sleutelmomenten in het ontwikkelingsproces van specifieke NbS?*

### **Droogte, fossiele brandstofprijzen, covid, de stikstofcrisis, wetvoornemens en uitwisselingen met het buitenland zijn belangrijke sleutelmomenten geweest.**

De droge zomer in 2018 heeft het besef en urgentiegevoel van klimaatverandering in Nederland vergroot. Klimaatmitigatie en klimaatadaptatie worden steeds belangrijker en natuurlijke 'oplossingen' staan steeds meer op de voorgrond. Bovendien worden fossiele brandstoffen steeds duurder, wat de economische belangstelling voor biobased alternatieven vergroot. Covid heeft zowel negatieve als positieve effecten gehad. Reisrestricties hebben de implementatie van NbS in het buitenland belemmerd. Anderzijds zijn meer mensen bekend geraakt met abstracte begrippen als gen-diversiteit. De stikstofcrisis had een vergelijkbaar positief effect voor het begrip biodiversiteit. Wetvoornemens en overheidsvisies geven een impuls doordat zij een concrete grens geven aan het gebruik van fossiele of chemische stoffen. Als laatste zijn buitenlandse uitwisselingen belangrijk eyeopeners die het perspectief en het scala aan NbS kunnen verbreden.

## 3. *Wat zijn barrières en kansen voor het opschalen van specifieke NbS?*

### **Kansen en barrières**

Er zijn voor elke NbS kansen en barrières genoemd voor het opschalen van initiatieven. Een kans die door meerdere experts is genoemd, is het groeiende maatschappelijke draagvlak voor klimaat- en biodiversiteitsmaatregelen. Beleidsmaatregelen zoals een verbod op chemische middelen en gewasbescherming kunnen daardoor brede maatschappelijke steun verwachten, mits er alternatieven worden geboden. NbS vervullen mogelijk een belangrijk deel van de behoeften aan alternatieven.

Ten tweede zijn de meeste NbS relatief makkelijk te implementeren en werken ze in relatief korte tijd zelfregulerend. Hierdoor kan na een investering vrij snel ook op kosten bespaard worden (bijvoorbeeld door besparingen op gewasbescherming, kunstmest, betaalde waterbronnen). Natuurlijke waterzuivering vraagt momenteel om de hoogste investering, maar geniet tegelijkertijd ook van interesse van het bedrijfsleven. Europese richtlijnen vragen het bedrijfsleven om af te stappen van chemische waterbehandeling. Het economische belang bij de ontwikkeling van natuurlijke waterzuivering is daardoor aanzienlijk.

Pilots, proeflocaties, demonstratie-installaties e.d. zijn een belangrijk overtuigingsmiddel voor de werking van NbS. Zonder deze experimentele initiatieven kunnen de concepten niet bewezen worden en blijven de verwachte voordelen (o.a. op het gebied van klimaat en biodiversiteit) slechts aannemelijk. Daarnaast is er ook behoefte om vanuit het onderwijs NbS te integreren in het gangbare lesmateriaal. Zodoende kunnen natuurlijke alternatieven gemakkelijker uit de taboesfeer treden.

---

De grootste barrière die door iedereen is genoemd, is een gebrek aan urgentiegevoel. Al is het maatschappelijk draagvlak groot, echte beweging richting het gebruik van meer NbS blijft nog beperkt. Enerzijds komt dit door een gebrek aan bewijs van de werking van NbS. Met name in relatie tot de te kunnen verwachten voedselopbrengsten en continuïteit van bepaalde NbS is er sprake van wantrouwen en een afwachtende houding. Anderzijds voelen met name boeren zich ook beperkt in hun financiële middelen. Het aanbrenge van meer (gewas)diversiteit vraagt van sommige boeren een flinke omslag waar investeringen voor moeten worden gemaakt (bijvoorbeeld in nieuwe technologie). Weinig boeren durven zulke investeringen te maken.

Een andere belangrijke barrière is een gebrek aan kennis over (bio)diversiteit en synergieën. De opbouw van kennis over gewassoorten is lange tijd productie-gedreven en soortgericht geweest. Andere gewaskwaliteiten en landschappelijke synergieën zijn daardoor onderbelicht. Tegelijkertijd is de soortenrijkdom van veel gewassen, planten en dieren wereldwijd afgenomen. Het beschermen van soortenrijke gebieden staat daarom aan de basis van de toekomstige ontwikkelen van meer NbS.

4. *Welke methodes en principes kunnen worden toegepast om een succesvolle implementatie van NbS in voedselsystemen te ondersteunen?*

#### **Methodes en principes voor succesvolle implementatie**

NbS kunnen worden gekarakteriseerd als intrinsiek, hybride of geïnspireerd. Deze karakterisering valt samen met de strategische organisatie van interventies ontwikkeld door The World Bank (2021). In Tabel 2 worden de verschillende, door experts aangegeven interventies voor NbS richting circulaire, klimaatneutrale voedselsystemen weergegeven op volgorde van strategische hiërarchie. Niet alle interventies zijn vernieuwend te noemen. Sommige componenten voor een transitie kunnen juist worden beschouwd als een terugschakeling naar elementen uit het verleden (bijvoorbeeld de herwaardering en implementatie van diversiteit in agrarische landschappen). Het uitwerken van concepten op proeflocaties en het integreren van NbS in gangbaar lesmateriaal kan per direct worden uitgevoerd.

Principieel moet bij de implementatie van NbS rekening gehouden worden met verschillende contextuele omstandigheden. De implementatiemogelijkheden kunnen verschillen op grond van ecologische, economische en sociaal-culturele omstandigheden. Idealiter kan de implementatie van NbS worden aangepast aan de lokale context (zowel in de overdracht van het concept als in de uitvoering). Ook kan worden gestuurd op een integrale benadering. Dit betekent dat NbS een bijdrage kunnen leveren aan meerdere doestellingen (zoals Sustainable Development Goals). Een andere belangrijke randvoorwaarde is dat NbS altijd een bepaalde mate van diversiteit stimuleren. Diversiteit kan betrekking hebben op ecologische diversiteit (biodiversiteit), sociaaleconomische diversiteit (meerder vormen van implementatie), en technische diversiteit (meerder innovatie/ontwikkel richtingen).

**Tabel 2** overzicht van strategische interventies.

Strategisch niveau	Interventie	Nbs
Bescherming	Bescherming van natuurlijke graslandschappen.	Kruidenrijk grasland
	Bescherming natuurlijk en semi-natuurlijk polyculturen in diverse klimatologische gebieden.	Gewasdiversiteit
	Minder vlees en zuivel consumptie.	Gewasdiversiteit
	Herwaardering en bescherming van soortenrijkdom; inheemse grondsoorten in het bijzonder.	Natuurlijke plaagbestrijding
	Aan banden leggen van de productie en export van chemische gewasbescherming die buiten Europa ecologische schade veroorzaakt.	Natuurlijke plaagbestrijding
	Bescherming van moerasgebieden en mangrove.	Natuurlijke afvalwaterzuivering
	Een volledig verbod op het lozen van chemische middelen.	Natuurlijke afvalwaterzuivering
	Betere verdeling van extractie uit diverse waterbronnen.	Regenwateropvang
Verbetering	Herwaardering en uitbreiding van CGO-onderzoek naar meervoudige voordelen van kruiden en grassoorten.	Kruidenrijk grasland
	Verdeling van kruidensoorten ten behoeve van de onderhoudsefficiëntie.	Kruidenrijk grasland
	Langdurig onderzoek naar klimaatadaptieve en klimaatmitigerende eigenschappen van kruidenrijk grasland en gewasdiversiteit.	Kruidenrijk grasland en gewasdiversiteit
	Gewasdiversiteit stimuleren in plaats van tegenwerken met subsidiegelden (aanvragen zijn vaak te complex voor complexe teeltsystemen).	Gewasdiversiteit
	Opbouw van kennis over gewascombinaties en landschapskwaliteiten aan de hand van proefpercelen.	Gewasdiversiteit en natuurlijke plaagbestrijding
	Opbouw kennis over de natuurlijke afweer van gewassoorten.	Natuurlijke plaagbestrijding
	Afvalwaterstromen uit industrie kunnen circulair worden ingezet (verbeterde connectiviteit).	Natuurlijke afvalwaterzuivering
	Er kunnen meer voorbereidingen getroffen worden die de juridische/wetmatige toelating van biobased alternatieven en het benutten van reststromen kunnen bespoedigen.	Natuurlijke afvalwaterzuivering
	Participatieve trajecten vergroten het eigenaarschap over de implementatie van regenwateropvang.	Regenwateropvang
	Sluit aan bij lokale behoeften en gebruiken.	Alle
Creatie	Fijnmazige technologische innovatie kan gewasdiversiteit ondersteunen en minder arbeidsintensief maken.	Gewasdiversiteit
	Techniek ter ondersteuning van de consistentie van natuurlijke afvalwaterzuivering.	Natuurlijke afvalwaterzuivering
	Grootschalige proefopstellingen voor praktijkonderzoek.	Alle

---

# Literatuur

- Appelman, W.A.J, Creusen, R.J.M, Steemers-Rijkse, I, Veraart, J.A, Voskamp, I.M, Wetser, K, Duku, C, Nuesink, J.G, van der Weide, R.Y, and Elissen, H.J.H. 2021. Wastewaterconnectors: A Nature Based Solutions (Nbs) Toolkit. Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/561746>.
- van Asseldonk, M., Stokkers, R., Jager, J., & van der Meer, R. (2020). *Economische effecten van droogte in 2018 en 2019: een regionale analyse akkerbouw en melkveehouderij* (No. 2021-014). Wageningen Economic Research.
- Baker Smith, K., Miklos-Attila, S.B. (2016). What is landgrabbing? A critical review of existing definitions. *Eco Ruralis*.
- Balakrishnan Nair, M.N. & Groot, M.J. 2022a. Ethno Veterinary Science and Practices for Reducing Antimicrobials and other Veterinary Drugs in Livestock Health Care.
- Balakrishnan Nair, M.N. & Groot, M.J. 2022b. Medicinal plants for Home herbal gardens, Institutional gardens and animal health.
- Bos, H., W. de Haas, R. Jongschaap, G, Woltjer, E. de Wit, G. Piet, M. de Vries, E. Mollenhorst, M. van de Schans, H. van der Kolk, H. van Meijl, R. Bugter, (2021). An integrated conceptual framework for the assessment of transitions towards a circular climate-neutral society. Wageningen University & Research.
- Broek, R. van den, Pullemans, M, and Sukkel, W. 2011. "Weerbare Landbouwsystemen Voor De Akkerbouw: Teelt Op Stroken Kan Biodiversiteit Binnen Een Perceel Verhogen." *Ekoland: Vakblad Voor Biologische Landbouwmethoden, Verwerking, Afzet En Natuurvoeding* (5): 22 - 23. <https://edepot.wur.nl/172444>.
- Bruijnes, Jeroen, Jeroen Bruijnes, Rik Waenink, Baudewijn Odé, Rik Waenink, and Baudewijn Odé. 2022. Richtlijnen Voor Risicobeperking Invasieve Exoten in Agroforestry: Advies Voor Het Hanteren Van Een Negatieflijst Bij Aanplant Van Agroforestry. Rapport / Wageningen Environmental Research, 3193. Wageningen: Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/567954>.
- Caarls, L., Mousa, R. Strijker, M., Van 't Westende, W. and Vosman, B., 2022. Natural pest management – genetic variation in volatile production in cabbage; Breeding for enhanced natural attraction. Wageningen Research, Report WPR-2021-11. 15 pp. 1-15; 2 fig.; 1 tab.; 8 ref.
- Calliari, Elisa, et al. "Building climate resilience through nature-based solutions in Europe: A review of enabling knowledge, finance and governance frameworks." *Climate Risk Management* (2022): 100450.
- CBD. 2021. First Draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework. Secretariat of the United Nations Convention on Biological Diversity, Montreal.
- CBS. 17 maart 2023. Landbouw, gewassen, dieren, grondgebruik en arbeid op nationaal niveau. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/81302NED>. Geraadpleegd op: 20 juni 2023.
- Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C., Maginnis, S., Maynard, S., Nelson, C.R., Renaud, F.G., 2019. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy* 98, 20–29.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., and S. Maginnis, 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN: Gland, Switzerland, 97.
- COM (2022) 305: Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on the sustainable use of plant protection products and amending Regulation (EU) 2021/2115.
- Didde, R. (2022). Een dikke onvoldoende voor waterkwaliteit. Verschenen in *Wageningen World* (3). Longread: [Een dikke onvoldoende voor waterkwaliteit - WUR](#).
- Elzen, B., Van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Anchoring of innovations: Assessing Dutch efforts to harvest energy from glasshouses. *Environmental innovation and societal transitions*, 5, 1-18.
- Erisman, J. W., van Eekeren, N., Van Doorn, A., Geertsema, W., & Polman, N. (2017). *Maatregelen natuurinclusieve landbouw* (No. 2821). Wageningen Environmental Research.
- Erisman, J.W., Marselis, S., Oerlemans, N., Biesmeijers, K., Harte, M., Huynink, M., Ambrosius, F., van Doorn, A., Jansen, L., Koppenjam, J. (2021). Sturen op prestaties om biodiversiteit te verbeteren. *Samen voor biodiversiteit*. Stichting Deltaplan Biodiversiteitsherstel.



- 
- European Commission, 2016. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European. Retrieved 27th November, 2022 from: [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions_en).
- Grashof-Bokdam, C.J.; Ozinga, W.A. 2022. Ecoprofielen – naar een effectieve inzet van natuurlijke vijanden op kool: Notitie werkzaamheden 2021 – sluipwespen.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research policy*, 31(8-9), 1257-1274.
- Gonçalves, C. D. B. Q., Schlindwein, M. M., & Martinelli, G. D. C. (2021). Agroforestry systems: a systematic review focusing on traditional indigenous practices, food and nutrition security, economic viability, and the role of women. *Sustainability*, 13(20), 11397.
- Groot Annemarie, Veraart Jeroen, Sterk Mrjolein (2020). Nature-based Solutions for Climate Resilient and Circular Food Systems: a narrative. Wageningen University and Research. At: <https://edepot.wur.nl/540463>.
- Groot, M.J., 2022a. Literature Review Exploring the Options of Herbs in Grasslands in the Netherlands: Effects on Resilience and Robustness of Cattle and the Ability to Cope with Heat Stress. Rapport / Wageningen Food Safety Research, Wsfr 2022.017. Wageningen: Wageningen Food Safety Research. <https://doi.org/10.18174/572187>.
- Groot, M.J. 2022b. Toxic plants in grasslands in the Netherlands. Wageningen, Wageningen Food & Safety Research. WSFR report 2022.020. 24 pp. <https://doi.org/10.18174/576217>
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 109(9), 3232-3237.
- IPBES (2022). Thematic Assessment Report on the Sustainable Use of Wild Species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Fromentin, J. M., Emery, M. R., Donaldson, J., Danner, M. C., Hallosserie, A., and Kieling, D. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6448567>.
- IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- IUCN's position paper on the UNFCCC COP 15 (IUCN, 2009).
- Linderhof, Vincent, Vincent Linderhof, Walter Rossi Cervi, Cora van Oosten, Confidence Duku, Emese Witte, Merci Derkyi, et al. 2022. Rainwater Harvesting for Irrigation for Climate-Resilient and Circular Food Systems: The Case of Ghana's Bono East Region. Report / Wageningen Centre for Development Innovation, Wcdi-22-204. Wageningen: Wageningen Centre for Development Innovation. <https://doi.org/10.18174/567865>.
- Miller, R. P., & Nair, R. (2006). Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today. *Agroforestry systems*, 66(2), 151.
- Mitsch, W. J., Bernal, B., & Hernandez, M. E. (2015). Ecosystem services of wetlands. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(1), 1-4.
- Oosten, Cora van, Cora van Oosten, Merci Derkyi, Mary Antwi, Valerie Fumey Nassah, Seth Kankam Nuamah, Vassileva Ralitsa, et al. 2022. Restoring Forested Landscapes for Climate Resilient and Circular Food Systems: The Case of Ghana's Bono East Region. Report / Wageningen Centre for Development Innovation, Wcdi-22-203. Wageningen: Wageningen Centre for Development Innovation. <https://doi.org/10.18174/567870>.
- Petermann, J.S., Buzhdygan, O.Y.(2021). Grassland Biodiversity. *Current Biology*, 31(19): 195-201.
- Pesticide Atlas. 2022. Published by Heinrich-Böll-Stiftung European Union, Friends of the Earth Europe, Pesticide Action Network Europe & BUND. ISBN/DOI: 978-9-46400747-3.
- Randers, J.; Rockström, J.; Stoknes, P.E.; Golüke, E.; Collste, D.; Cornell, S. Transformation is Feasible; How to Achieve the Sustainable Development Goals within Planetary Boundaries; A report to the Club of Rome, for its 50years anniversary; Stockholm Resilience Centre: Stockholm, Sweden, 17 October 2018.
- Raworth, K. (2017). *Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist*. Chelsea Green Publishing.

- 
- Riemens, M., de Kogel, W. J., de Haan, J., Lotz, B., Sukkel, W., van Doorn, A., & Scholten, O. (2019). *Gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen gebaseerd op agro-ecologie en zonder schadelijke emissies naar grond- en oppervlaktewater*. (Rapport / Stichting Wageningen Research (WR), Business unit Open Teelten; No. WPR-814). Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten. <https://doi.org/10.18174/508373>.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).
- van Rooij, Sabine, Sterk, Marjolein, de Haas, Wim, de Rooij, Bertram, van Linge, Jan Maurits, Timmermans, Wim, and Roosenschoon, Onno. 2022. *Met Circulaire Landbouw Naar Circulaire Landschappen: Naar Een Rijkere Legenda Voor Het Nederlandse Landschap*. Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/572548>.
- Sparks, T. C., Wessels, F. J., Lorsbach, B. A., Nugent, B. M., & Watson, G. B. (2019). The new age of insecticide discovery-the crop protection industry and the impact of natural products. *Pesticide biochemistry and Physiology*, 161, 12-22.
- Sommaruga, R., & Eldridge, H. M. (2021). Avocado production: Water footprint and socio-economic implications. *EuroChoices*, 20(2), 48-53.
- Timmermans, W., Hakvoort, L., & Hupkes, M. (2013). *Complexiteit en gebiedsontwikkeling*. Hogeschool van Hall Larenstein.
- Toekomstvisie gewasbescherming 2030, naar weerbare planten en teeltsystemen. 16 april 2019. Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit.
- Uitvoeringsprogramma toekomstvisie gewasbescherming 2030. 28 september 2020. Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit.
- United Nations. 2023. *World Water Development Report*.
- Veraart, J, Appelman, W, Duku, C, Nuesink, J.G, Steensma-Rijkse, I, and Creusen, R.J.M. 2020. *Nature Based Solutions for Waste Water Re-Use in Circular and Climate Resilient Food Systems*. <https://edepot.wur.nl/540464>.
- Verstand, D., 2022. *Herbal-rich grassland as Nature-based Solution for climate resilient and circular food systems*.
- Westerink, J., De Boer, T. A., Pleijte, M., & Schrijver, R. A. M. (2019). Kan een goede boer natuurinclusief zijn?: De rol van culturele normen in een beweging richting natuurinclusieve landbouw (No. 161). *Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu*.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447-492.
- Wilting, H. C., Schipper, A. M., Bakkenes, M., Meijer, J. R., & Huijbregts, M. A. (2017). Quantifying biodiversity losses due to human consumption: a global-scale footprint analysis. *Environmental science & technology*, 51(6), 3298-3306.
- The World Bank report, *Biodiversity, Climate Change and Adaptation: Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio* (World Bank, 2008).
- World Bank. 2021. *A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience*. World Bank, Washington, DC. World Bank.

---

# Bijlage 1 Interview Guide

Voor het uitvoeren van semigestructureerd interviews is erop gelet of de gesprekken raakten aan drie vooraf vastgestelde onderwerpen. Deze onderwerpen, inclusief voorbeelden van vragen die rondom het onderwerp zijn gesteld<sup>11</sup>, worden hieronder weergegeven.

## 1. Nature-based solutions

*Voorbeeldvragen:*

- Vertel eens over jullie project.
- Wat maakt 'X' een Nature based Solution?
- Welke natuurlijk voordelen heeft X?
- Welke Nature based Solution-karakterisering past het best bij 'X'?

## 2. Transitie

*Voorbeeldvragen:*

- Welke visie hebben jullie voor 'X'? (Doelstellingen)
- Wat moet er allemaal veranderen om deze visie te bereiken?
- Wat is er al veranderd?

## 3. Drijfveren

*Voorbeeldvragen*

- Wat heeft het onderzoek van 'X' tot stand gebracht/hoe heeft het geholpen? (Sleutelmomenten)
- Wat kan de ontwikkeling van 'X' nog verder helpen? (Kansen)
- Wat kan de ontwikkeling van 'X' mogelijk verhinderen? (Barrière)

---

<sup>11</sup> Vragen kunnen tijdens het interview afwijkend zijn geformuleerd, maar op dezelfde inhoud sturen.

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 3278  
ISSN 1566-7197



---

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, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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 Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Rapport 3278  
ISSN 1566-7197

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, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

