# Naar een raamwerk voor het meten van de impact van de Nederlandse economie op de planetaire grenzen

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Kiki Kersten (CBS)
Edwin Horlings (CBS)
Patrick Bogaart (CBS)
Natascha Spanbroek (RIVM)
Miranda Mesman (RIVM)
Leo Posthuma (RIVM)
Mirjam van Waaij (RIVM/Univ. Maastricht)

**15 mei 2025**

Te citeren als: Kersten, K., E. Horling, P. Bogaart, N. Spanbroek, M. Mesman, L. Postuma en M. van Waay (2025), *Naar een raamwerk voor het meten van de impact van de Nederlandse economie op de planetaire grenzen*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS); Bilthoven: Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (RIVM), 50pp.

# Managementsamenvatting

## Het belang van Planetaire Grenzen en het gebruik van een raamwerk

*Beleidsuitdagingen*

De druk van menselijke activiteiten op natuurlijke systemen is hoog, en dat heeft ecologische, sociale en economische gevolgen. Deze gevolgen zetten ook de veerkracht van onze planeet onder druk. Het concept van planetaire grenzen[1] biedt beleidsmakers en wetenschappers een kader om te begrijpen hoe de mensheid en hun activiteiten de veiligheid, gezondheid en veerkracht van het aardsysteem beïnvloeden. Door inzicht te krijgen in de samenhang tussen grenzen kunnen beleidsmaatregelen effectiever en toekomstbestendiger worden vormgegeven – inclusief het herkennen van ongewenste afruilen of juist kansrijke synergiën.

*Van wereld naar Nederland*

Ook Nederland staat voor de uitdaging om binnen deze grenzen te opereren, terwijl het tegelijk economische welvaart en volksgezondheid wil waarborgen (bijvoorbeeld de mogelijkheid voor groene groei). Dit vereist een balans tussen ecologische draagkracht en maatschappelijke behoeften, zowel op mondiaal, regionaal als lokaal niveau.

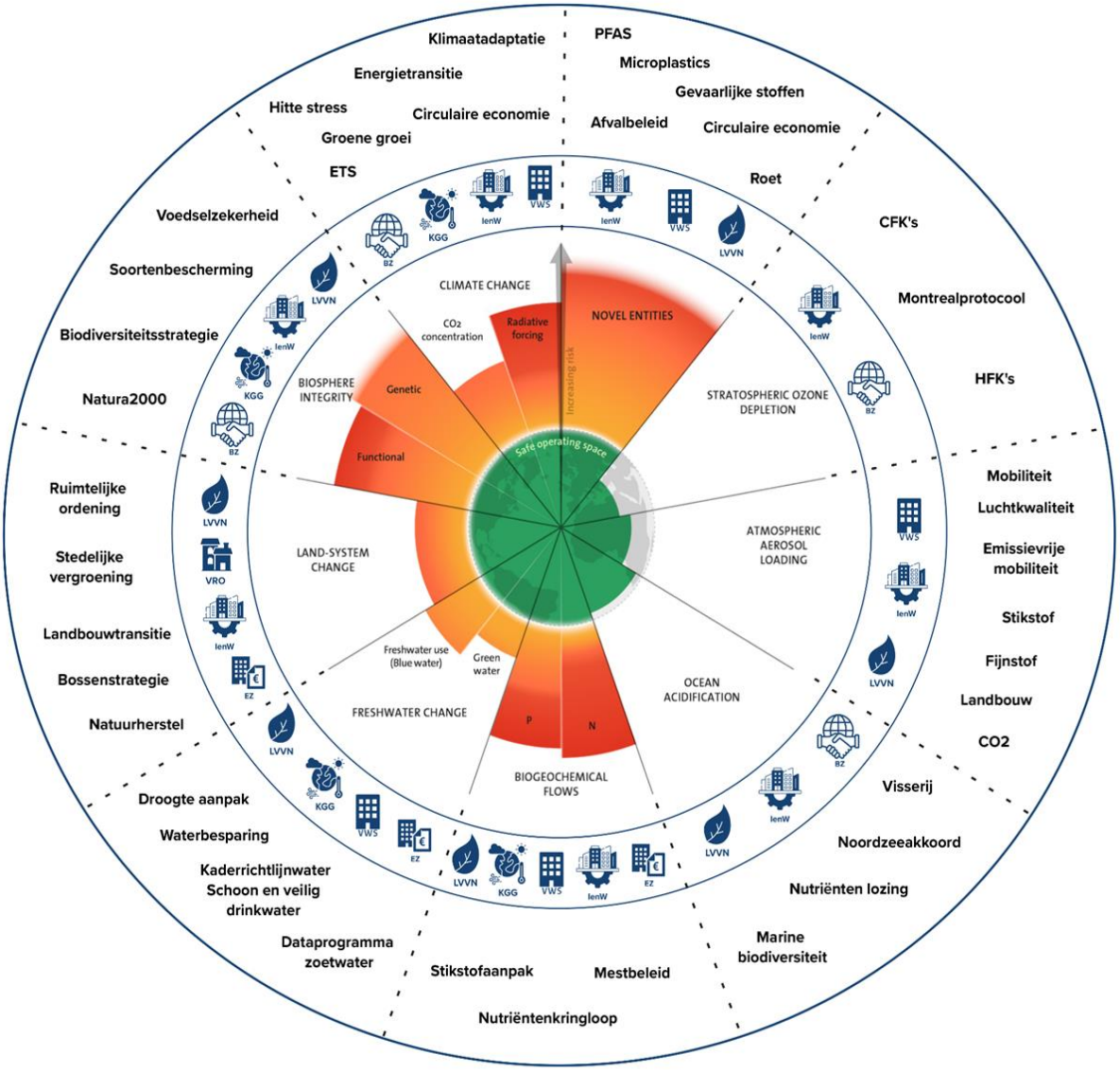
Het besef dat economische ontwikkeling niet ten koste mag gaan van de draagkracht van de aarde, wordt ook erkend in Nederlands beleid. Zo wordt in het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) expliciet benoemd dat duurzame groei alleen mogelijk is als de impact van Nederlandse productie en consumptie binnen ecologische grenzen blijft. Ook minister Hermans (Klimaat en groene groei) stelt:

> *"Met dit regeerprogramma blijven we onverminderd doorwerken aan de klimaatdoelen en de energietransitie. We werken naar een schone toekomst met groene economische groei en de klimaatdoelen binnen bereik."*

Om de mogelijkheden voor een schone toekomst te optimaliseren, met een mogelijkheid voor groene groei, is het nodig om de relatie tussen economische activiteiten en planetaire grenzen systematisch in kaart te brengen en te analyseren. Dit is niet alleen van belang voor de bescherming en het functioneren van onze ecosystemen, maar heeft ook directe voordelen voor de volksgezondheid en de bescherming van toekomstige generaties. De kwaliteit van de lucht die we inademen, het water dat we drinken, en de voedselzekerheid zijn direct verbonden met de gezondheid van onze natuurlijke systemen (zie Figuur 1).

De centrale vraag is hier hoe de Nederlandse economie en maatschappelijke ontwikkelingen druk uitoefenen op de planetaire grenzen en hoe dit te monitoren en hoe vervolgens de druk verminderd kan worden door effectief beleid.

[1] Planetaire grenzen zijn de ecologische limieten die de veerkracht van de aarde bepalen. De geven aan hoever menselijke activiteiten veilig kunnen plaatsvinden zonder ernstige schade aan de planeet. Dit concept, ontwikkeld door het Stockholm Resilience Centre, definieert negen grenzen, zoals voor klimaatverandering, biodiversiteit, en het gebruik van grondstoffen. Het overschrijden van deze grenzen kan onomkeerbare schade veroorzaken, die ook onze samenleving bedreigt.




**Figuur 1.** Planetaire grenzen en hun betekenis voor Nederland. Centraal in deze figuur staan de negen planetaire grenzen afgebeeld (naar Richardson et al. (2023)). Bij deze grenzen zijn met iconen voor elke grens de verschillende ministeries weergegeven die raakvlakken hebben met deze grenzen. In de buitenste cirkel worden beleidsonderwerpen benoemd bij de planetaire grenzen, als illustratie van momenteel actuele maatschappelijke opgaven.

*In de praktijk*

Hoewel planetaire grenzen regelmatig worden genoemd in beleid, ontbreekt het nog aan systematische methoden om bij beleidskeuzes rekening te kunnen houden met de kansen en belemmeringen die door de grenzen worden bepaald. Het CBS en het RIVM hebben daarom gezamenlijk een integraal raamwerk ontwikkeld dat niet alleen helpt om de oorzaken en gevolgen van milieudruk in kaart te brengen, maar ook oplossingen in beeld brengt die over de planetaire grenzen heen kijken.

Er is veel wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de planetaire grenzen en naar de vraag hoe de inspanning om binnen de grenzen te blijven rechtvaardig verdeeld kan worden. Navraag bij internationale statistische bureaus uit het netwerk van het CBS leert dat er nog niet wordt

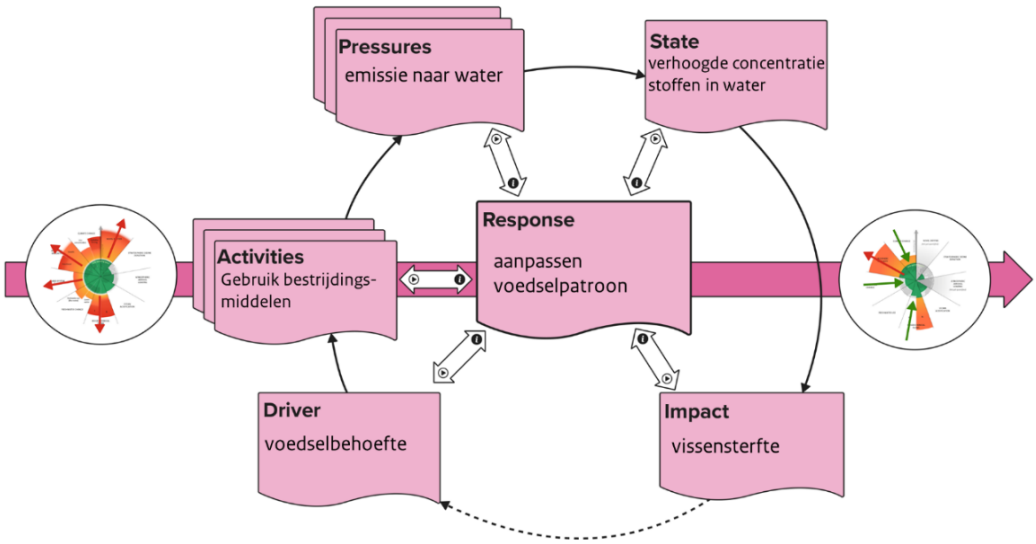
gewerkt aan methodieken om de nationale druk op de planetaire grenzen te meten. De wetenschappelijke literatuur toont wel enkele voorstellen. Dit document beschrijft dan ook de eerste ontwikkeling in de richting van systematische toepassing voor de optimalisatie van nationaal beleid.

*DAPSIR als ordenend principe*

Hier komt het DAPSIR-raamwerk (Drivers, Activities, Pressures, State, Impact, Response) in beeld. Dit raamwerk helpt om de totale keten van (indirecte) oorzaken van druk op de planetaire grenzen en de impact daarvan op de maatschappij in kaart te brengen.

Het toont niet alleen de bronnen van druk op natuurlijke systemen, maar ook hoe deze druk leidt tot veranderingen in de toestand van het milieu, en de impact op de maatschappij. Hiermee kan duidelijk worden welke maatregelen nodig zijn om negatieve effecten te beperken en indien nodig te herstellen en/of te voorkomen.

Het unieke van DAPSIR is dat het uitnodigt om beschikbare gegevens systematisch te ordenen langs de oorzaak-gevolgketen, zonder dat *per se* alle soorten informatie altijd nodig zijn, terwijl met elk deel van de keten al gewerkt kan worden. Dit maakt het mogelijk om met beschikbare gegevens de maatregelen af te leiden die een probleem kunnen helpen voorkómen of aanpakken (zie Figuur 2). Door het DAPSIR-raamwerk te koppelen aan planetaire grenzen kunnen we ook de bredere samenhang in beeld brengen. Dit maakt het mogelijk om te doorzien welk samenhangen er zijn (zie Figuur 1) en hoe het overschrijden van de ene grens dus invloed heeft op andere grenzen. Zo ontstaat een duidelijker beeld van mogelijke beleidskeuzes en de beste aanpak.




**Figuur 2.** Het DAPSIR-raamwerk laat zien dat beleid gaat over de R (in het midden), maar dat de beleidskeuzes die bedacht kunnen worden geïnformeerd worden door elk inzicht dat met DAPSI-kennis verkregen kan worden. In dit voorbeeld grijpt één mogelijk vorm van beleid R ("Aanpassen voedselpatroon") aan op de Driver (beïnvloeden voedselbehoeften en -voorkeuren), maar zijn er ook andere maatregelen die kunnen aangrijpen op andere plekken in het raamwerk (bijvoorbeeld het gebruik van bufferstroken rond landbouwpercelen grijpt aan op de P (Pressure) in dit raamwerk door verminderde emissies buiten de teelt van een voedselgewas). De analyse van een probleem kan starten bij elk van de afzonderlijke letters van het raamwerk. Aan het einde van de analyse is er een beeld van alle onderdelen van het DAPSIR-raamwerk die nodig zijn om een optimale beleidskeuze te maken.

Door het DAPSIR-raamwerk te koppelen aan planetaire grenzen ontstaat de benodigde structuur om zicht te krijgen op de complexiteit van de oorzaken van milieudruk. Hiermee wordt het mogelijk om geïntegreerde beleidsbeslissingen te onderbouwen, die niet alleen gericht zijn op het ene probleem dat zich aandient voor het ene ministerie, maar ook rekening houden met de bredere ecologische, economische en gezondheidsgerelateerde effecten en het behoud van een leefbare planeet voor toekomstige generaties. De systematische aanpak maakt het mogelijk nadelige (neven-)effecten van menselijke activiteiten te onderkennen en te voorkómen, en er optimaal op te reageren.

*Aan de slag?*

In dit document wordt de hierboven geschetste wens om het concept van planetaire grenzen pragmatisch en nuttig toepasbaar te maken verder uiteengezet. Dit levert een aanpak op, waarbij door middel van het DAPSIR-raamwerk niet alleen een beter zicht ontstaat op de context van druk op planetaire grenzen, maar ook op het volledige spectrum van mogelijke beleidsmaatregelen. Dit inzicht kan helpen bij de onderlinge vergelijking, en ex-ante evaluatie, van mogelijke maatregelen.

Het is belangrijk om te ervaren in hoeverre deze theoretische aanpak werkt door het in de praktijk toe te passen. Dit document sluit daarom af met een eerste vingeroefening met het in beeld brengen van de planetaire grenzen voor Nederland en een uitwerking van een stappenplan. Dit stappenplan biedt een integraal kader dat bestaat uit de volgende fasen die iteratief doorlopen kunnen worden:

1. **Verhelder het vraagstuk:** identificeer de belangrijkste oorzaken en de impact van de druk op de planetaire grenzen.
2. **Leg feitelijke verbanden**: koppel de relevante gegevens en indicatoren aan de planetaire grenzen, en analyseer de onderlinge relaties.
3. **Bepaal interdepartementale samenhang**: werk samen met verschillende departementen om te begrijpen welke beleidsterreinen invloed hebben op elkaar.
4. **Verken oplossingen**: zoek naar oplossingsrichtingen.
5. **Prioriteer**: evalueer de oplossingsrichtingen op basis van urgentie, optimalisatie en effectiviteit.
6. **Kies slim**: maak weloverwogen keuzes op basis van de impact van verschillende maatregelen en focus op de belangrijkste knelpunten en kansen.
7. **Monitor en evalueer**: stel indicatoren op om de voortgang van het beleid te bewaken, en bij te sturen indien nodig.

Aan de hand van de zeven stappen worden onderlinge relaties (synergie maar ook mogelijke afruil) en mogelijke beleidsopties in beeld gebracht. De verkregen inzichten kunnen structurerend en agenderend werken in politieke besluitvorming.

Dit document beoogt niet alleen een praktische aanpak te bieden, maar ook een verschuiving in denkwijze te stimuleren: van geïsoleerde milieuproblemen naar systeemdenken waarin planetaire grenzen en brede welvaart integraal worden beschouwd.

# Inhoudsopgave


**Managementsamenvatting** **3**

Het belang van Planetaire Grenzen en het gebruik van een raamwerk 3

**1 Inleiding** **9**

**2 Planetaire grenzen** **13**

**3 Grip op planetaire grenzen** **19**

3.1 Het DAPSIR-raamwerk als koppeling tussen menselijke activiteiten en planetaire grenzen 19

3.1.1 Gebruik van DAPSIR in beleidsanalyses 22

3.1.2 Aandachtspunten 22

3.2 Inzichten in beleidstoepassingen in Nederland: workshop en interviews 23

3.3 Internationale ontwikkelingen 24

**4 Concrete uitwerking van DAPSIR toegepast op Planetaire Grenzen** **27**

4.1 Stappenplan en voorbeeld voor gebruik DAPSIR-raamwerk 27

4.2 Een praktijkvoorbeeld: toxische stoffen in water (planetaire grens novel entities) 28

**5 Conclusies en aanbevelingen** **35**

5.1 Wat is er bereikt? 35

5.2 Hoe nu verder? 36

5.3 Wat zijn mogelijk volgende stappen? 37

5.4 Tot slot: Oproep tot actie 38

**6 Reflectie** **39**

6.1 Rechtvaardige verdeling van resterende ruimte 39

6.2 Rechtvaardige verdeling van natuurlijke hulpbronnen 40

6.3 Gevolgen voor de brede welvaart 40

**7 Referenties** **43**

**Bijlagen** **47**

A Mondiale en regionale controlevariabelen per planetaire grens 47

B Matrix als werkvorm om onderlinge relaties in beeld te krijgen 50

# 1 Inleiding

De mens zet met economische activiteiten[2] een grote en groeiende druk op de leefbaarheid van de planeet. Dat gebeurt bijvoorbeeld door broeikasgasemissies, stikstof- en fosforoverschotten, verandering in landgebruik en andere vormen van milieudruk. De leefbaarheid van de aarde voor mens en natuur hangt af van het goed functioneren van het aardsysteem. Wanneer door de druk op deze systemen kritieke drempelwaarden worden overschreven, kunnen onvoorspelbare en mogelijk onherstelbare veranderingen optreden, zoals droogte of tekorten aan drinkwater.

Beleidsmatig wordt milieudruk nog vaak benaderd als een verzameling van afzonderlijke problemen, zonder voldoende aandacht voor de onderlinge samenhang van oorzaken en effecten. Deze gefragmenteerde aanpak is historisch gegroeid, maar voldoet onvoldoende om complexe milieuvraagstukken op te lossen. Het gaat in de praktijk (nog te) weinig over de samenhang tussen de verschillen drukfactoren en er is onvoldoende zicht op de druk op het systeem van natuur en milieu (Mesman et al., 2022).

De wetenschap heeft tot op heden negen kritieke planetaire grenzen geïdentificeerd die bepalend zijn voor het functioneren van het aardsysteem (zie Figuur 1, zie Hoofdstuk 2; Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015; Richardson et al. 2023). Recente inzichten breiden dit model uit met sociale dimensies, wat heeft geleid tot het concept *Safe and Just Earth System Boundaries* (zie tekstbox): grenzen die zowel ecologisch veilig als sociaal rechtvaardig zijn.

De huidige wetenschappelijke analyses wijzen op urgente mondiale opgaven: zes van de negen planetaire grenzen zijn inmiddels overschreden. Het gaat om: klimaatverandering, achteruitgang van biodiversiteit (de 'integriteit van de biosfeer'), uitputting van land (landgebruik), overmatig gebruik van zoetwater (de grens voor zoetwatergebruik), overbelasting van de stikstof- en fosforkringloop ('biogeochemische stromen'), en vervuiling met moeilijk afbreekbare stoffen zoals PFAS en microplastics (de grens voor 'nieuwe entiteiten'). Het overschrijden van een planetaire grens leidt niet onmiddellijk tot systeeminstorting, maar vergroot de kans op onvoorziene, onomkeerbare en mogelijk ernstige effecten (voor een gedetailleerde uitleg, zie Rockström et al. 2009). De grenswaarden zijn gesteld op een 'veilige' afstand van het niveau waarop de milieudruk gevaarlijk wordt. Wanneer de grens wordt overschreden, nemen de risico's en onzekerheden toe en groeit de mogelijkheid dat onverwachte, onomkeerbare en mogelijk catastrofale effecten optreden. Daarbij komt dat bij het vaststellen van iedere grens is aangenomen dat geen van de andere planetaire grenzen is overschreden. Er zit dus ook een normatief aspect in de hoogte van de drempelwaarde van de planetaire grens: hoeveel risico en onzekerheid willen wij als maatschappij accepteren (mede in relatie tot onze gewenste welvaart voor nu en toekomstige generaties).

De planetaire grenzen zijn gebaseerd op een brede wetenschappelijke consensus. Het model van de planetaire grenzen is ontworpen en doorontwikkeld door grote teams van wetenschappers uit meerdere disciplines. Sinds de eerste publicatie in 2009 zijn vele duizenden studies gedaan. Daarin is de kennis over de negen grenzen en hun onderlinge samenhangen geleidelijk verbeterd

[2] De verzameling van werkzaamheden, gericht op de productie van goederen en diensten. Het gaat hierbij niet alleen om activiteiten van het bedrijfsleven, maar ook om activiteiten van niet op winst gerichte instellingen en de overheid. Economische activiteit | CBS

en is de definitie van sommige grenzen aangepast.[3] Er zijn geen nieuwe planetaire grenzen toegevoegd en of verwijderd.

Hoewel de planetaire grenzen internationaal steeds vaker als denkkader worden genoemd, ontbreekt het nog aan een systematische toepassing op nationaal niveau, zodanig dat de denkwijzen operationeel worden voor beleidskeuzes en -optimalisaties. Toch zijn deze grenzen juist ook van belang voor Nederland. Ons land kent, in vergelijking met andere EU-landen (EU27), een hoge milieudruk (CBS, 2024a). Op de Spillover Index[4] van de Verenigde Naties staat Nederland op plaats 162 van 166 landen, wat duidt op aanzienlijke negatieve effecten op andere landen, vooral via handel gerelateerde sociale- en milieueffecten (Sachs, Lafortune & Fuller, 2024; zie ook Fanning et al., 2022). De berekeningen van het Global Footprint Network 2024 (www.overshootday.org) laten zien dat als iedereen in de wereld zo zou consumeren als de gemiddelde Nederlander, de vraag van de mensheid naar ecologische hulpbronnen en diensten in een jaar al op 5 mei 2025 groter zou zijn dan wat de aarde in dat jaar kan regenereren.
Maatregelen en Meten

De druk op natuur en klimaat blijft hoog ondanks inzet op verduurzaming en milieumaatregelen. Als de huidige ontwikkelingen zo doorgaan, zullen de volgende generaties een lagere brede welvaart bereiken (CBS, 2024a).

Economische activiteiten veroorzaken uiteenlopende vormen van milieudruk, die bijdragen aan het overschrijden van meerdere planetaire grenzen. Dit resulteert in een complexe systeemopgave. Het gaat niet alleen om de afzonderlijke aspecten maar om de onderlinge samenhang en elkaar beïnvloedende effecten (die positief of negatief kunnen zijn). Een negatieve samenhang is bijvoorbeeld, de toename van $CO_2$ in de atmosfeer leidt tot oceaanverzuring; die

**Kader 1.** Naar Safe and Just earth System Boundaries.

**Naar *Safe and Just Earth System Boundaries***

De *Earth Commission* koppelt het concept planetaire grenzen nadrukkelijk aan veiligheid en rechtvaardigheid:

***The 'Safe and Just Earth System Boundaries' are becoming the scientific backbone of the next generation of sustainability targets and practices.***

In dit kader worden veiligheid en rechtvaardigheid beoordeeld op basis van het vermijden van aanzienlijke schade aan mensen over de hele wereld. Dit betekent een aanscherping van de planetaire grenzen, waardoor de beschikbare bestaansmiddelen voor de mensen op de aarde op een eerlijke wijze verdeeld worden, boven minimumgrenzen.

Noot: het DAPSIR-raamwerk dat in dit document gekoppeld wordt aan de planetaire grenzen kan door-ontwikkeld worden voor de *Safe and Just Earth System Boundaries.* Omdat het werk aan de koppeling tussen DAPSIR en de grenzen begon toen de aandacht vooral gericht was op de planetaire grenzen is de uitwerking daar vooralsnog toe beperkt – maar dat is dus geen inhoudelijk noodzakelijke beperking.

[3] Bijvoorbeeld, "chemical pollution" (Rockström et al. 2009) is veranderd in "novel entities" (Richardson et al. 2023) en in watergebruik wordt onderscheid gemaakt tussen "green" (neerslag, verdamping en bodemvocht) en "blue" (rivieren, meren, reservoirs en hernieuwbare grondwatervoorraden).

[4] Deze index meet in welke mate een land met zijn consumptie en productie negatieve sociale en milieueffecten veroorzaakt buiten de eigen landsgrenzen, bijvoorbeeld via handel en grondstoffengebruik.

bedreigt het voortbestaan van diersoorten die op calcium zijn gebaseerd; de achteruitgang van deze diersoorten verstoort voedselketens waardoor de gevolgen voor biodiversiteit verder worden versterkt. Bij een positieve samenhang kan beleid op het ene terrein positief uitwerken op (het) andere terrein(en), en het is dan ook uitdagend om die positieve samenhang te onderkennen en te gebruiken bij optimaal beleid. Zowel de negatieve als de positieve samenhang ontstaan vaak doordat de menselijke activiteiten die zorgen voor druk op de planetaire grenzen onderling gerelateerd zijn: meer mensen betekent bijvoorbeeld lokaal meer activiteiten, en meer lokale druk op meer dan één grens, waardoor – omgekeerd – één optimale maatregel meerdere problemen reduceert.

De grote uitdaging is dat kennisinstellingen en statistische bureaus nog geen geschikte meetinstrumenten hebben waarmee complexe systemen integraal en in al hun samenhang gemonitord kunnen worden. Hoewel planetaire grenzen als doelen zijn opgenomen in beleidsnotities voor 2050[5], is het lastig om bestaand beleid te evalueren en nieuwe beleidsmaatregelen te ontwikkelen. Dit komt doordat een vertaling van de planetaire grenzen voor Nederland nog ontbreekt en er ook nog geen systeemperspectief bestaat om complexe systemen te doorgronden.

*Onderzoek en methodiekontwikkeling*

Nationale statistische bureaus zoals het CBS staan voor de uitdaging om betrouwbare cijfers te leveren over de druk die economische activiteiten leggen op planetaire grenzen. Dit betreft zowel regionale als nationale cijfers, en de impact van deze activiteiten op de brede welvaart.[6] Het RIVM kan met monitoring en modellen de impact op milieu en gezondheid inschatten, waarbij huidige beleidsproblemen en voorgenomen beleid worden geëvalueerd. Gelet op de complexiteit is samenwerking vanuit verschillende kennisinstellingen op de verdere ontwikkeling van dit raamwerk/model wenselijk. Daardoor kan gegarandeerd worden dat monitoring van de situatie tot heden aansluit op de indicatoren van de beleidsvoorbereiding van morgen, en zelfs op de langere termijn van de milieu-, gezondheids- en natuurverkenningen.

Nederland heeft door zijn grote economie en internationale handel een aanzienlijke voetafdruk op het mondiale milieu (Lucas and Wilting, 2018). Er is een normatief afwegingskader nodig voor het bepalen van de exacte verantwoordelijkheid (WRR, 2023). Het is aan kennisinstellingen, zoals het CBS en RIVM, om goed onderbouwde informatie en een denkkader aan te bieden, waarmee de politiek keuzes kan maken over de vraag wat rechtvaardig is.

*DAPSIR als ordenend principe*

In dit proces komt het DAPSIR-raamwerk (Drivers, Activities, Pressures, State, Impact, Response) in beeld. Dit raamwerk is al lang in gebruik voor analyses van milieukwaliteit en beleidsondersteuning (zie hoofdstuk 3). Dit raamwerk biedt een systematische manier om de oorzaken van druk op de planetaire grenzen en de gevolgen daarvan voor de maatschappij in kaart te brengen.

DAPSIR maakt het mogelijk om de bronnen van druk op natuurlijke systemen te identificeren en te begrijpen hoe deze druk leidt tot veranderingen in de toestand van het milieu en de impact daarvan op de maatschappij. Het raamwerk helpt daarbij om relevante informatie systematisch

[5] Bijvoorbeeld het Nationaal Programma Circulaire Economie van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

[6] Aangevoerd door de Verenigde Naties wordt wereldwijd gewerkt aan een raamwerk voor "*inclusive and sustainable well-being within planetary boundaries*" (UN 2022).

te verzamelen en te structureren, zodat beleidsmakers beter inzicht krijgen in mogelijke handelingsperspectieven om negatieve effecten te beperken of te voorkomen.

Wat het DAPSIR-raamwerk onderscheidt, is dat het uitnodigt om beschikbare gegevens systematisch te ordenen volgens de oorzaak-gevolgketen, en daarbij de ‘zichtbare’ menselijke aspecten (D, A en P) koppelt aan de monitoring van de effecten op de status van- en de impacts in het milieu. Door het DAPSIR-raamwerk te koppelen aan planetaire grenzen kunnen we de bredere samenhang zichtbaar maken. Zo wordt duidelijk hoe het overschrijden van de ene grens invloed kan hebben op andere grenzen. Dit helpt bij het formuleren van effectievere beleidskeuzes en het bepalen van de meest geschikte aanpak.

Met dit document willen het CBS en RIVM de koppeling leggen tussen de planetaire grenzen en het DAPSIR-raamwerk, om van daaruit een eerste ontwerp te presenteren van een bruikbaar raamwerk om de druk van Nederland op planetaire grenzen integraal en systematisch te monitoren.

# 2 Planetaire grenzen

De leefbaarheid van de aarde voor de mens is afhankelijk van het goed functioneren van planetaire systemen: de *atmosfeer* die alle gassen in de dampkring bevat; de *hydrosfeer* waar alle water in zeeën, oceanen, rivieren, grondwater, sneeuw en ijs, bij hoort; de *lithosfeer* die bestaat uit de aardkorst en het bovenste gedeelte van de aardmantel; en de *biosfeer* die alle gebieden in de atmosfeer, hydrosfeer en lithosfeer omvat waar leven mogelijk is. In elk van deze systemen vinden voor de mens essentiële processen plaats, zoals de kringloop van water en de groei van vegetatie.

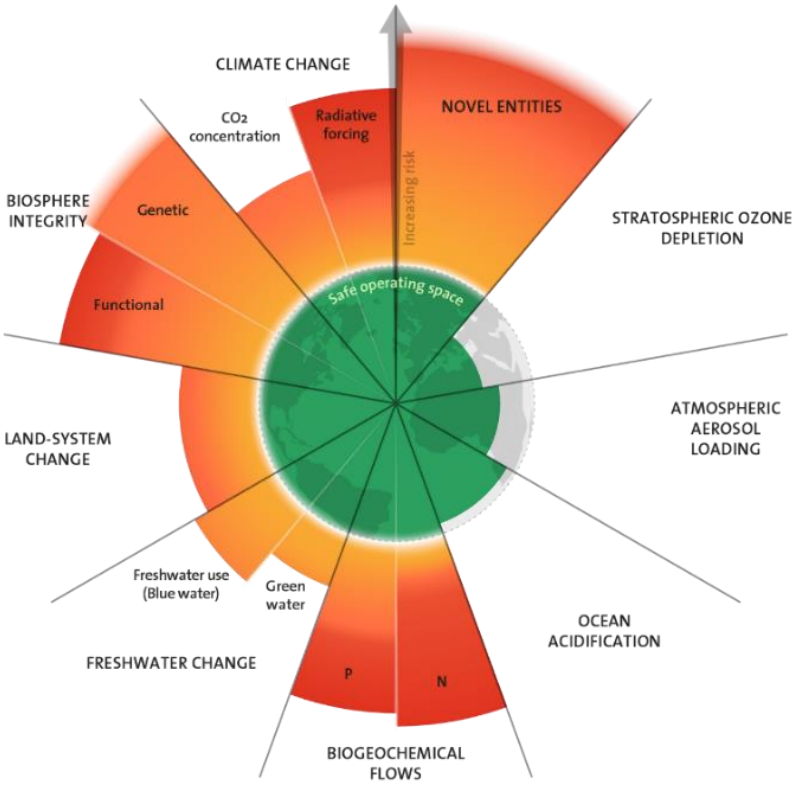
De mens zet met zijn activiteiten het functioneren van deze systemen onder druk. Dat gebeurt op allerlei manieren, bijvoorbeeld door broeikasgasemissies die voor klimaatverandering zorgen; milieuvervuiling (door bijvoorbeeld zeer zorgwekkende stoffen) en de verspreiding van nieuwe (chemische) entiteiten, zoals microplastics, nanomaterialen en genetisch gemodificeerde organismes (GMO's); stikstof- en fosforoverschotten; en de aantasting van ecosystemen en biodiversiteitsverlies door bijvoorbeeld veranderingen in landgebruik.

Het model van de planetaire grenzen is ontwikkeld om systematisch en integraal inzicht te krijgen in de druk van de mens op de leefbaarheid van de planeet. De aarde is een complex systeem. Deze grenzen geven de ecologische ruimte aan waarbinnen het functioneren van het aardsysteem voldoende stabiel blijft om brede welvaart op de lange termijn te ondersteunen. Wanneer de druk op een systeem te hoog wordt, kan het uit evenwicht raken. Voorbij een bepaald punt kunnen moeilijk voorspelbare en mogelijk onomkeerbare veranderingen optreden die de leefbaarheid van de planeet in gevaar kunnen brengen. Dit punt is de planetaire grens.

De wetenschap heeft negen van deze planetaire grenzen geïdentificeerd (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015; Richardson et al., 2023)[7]. Drie ervan, klimaatverandering, de aantasting van de ozonlaag, en oceaanverzuring, betreffen mondiale processen, die alleen op wereldschaal kunnen worden geanalyseerd. De andere zes grenzen hebben een meer lokale en regionale oorsprong en accumuleren naar een wereldwijd probleem. Dit zijn de integriteit van de biosfeer (aantasting van ecosystemen en biodiversiteitsverlies), nieuwe (chemische) entiteiten, zoetwaterconsumptie, veranderingen in landgebruik, veranderingen in de stikstof- en fosforkringloop, en aerosolen in de atmosfeer. Bij deze regionale grenzen is het van belang te begrijpen hoe lokale of nationale overschrijdingen kunnen bijdragen aan wereldwijde druk, en hoe de planetaire grens zich tot regionale drempelwaarden verhoudt. Voor landen zoals Nederland betekent dit dat de toepassing van het planetaire-grenzenkader een vertaling vergt naar de nationale context.

Zes van de negen planetaire grenzen zijn overschreden. Figuur 3 toont de meest recente stand van de negen planetaire grenzen.

[7] In dit paper hanteren we de planetaire grenzen zoals die zijn gedefinieerd in Steffen et al., 2015 en Richardson et al., 2023.




**Figuur 3.** De staat van de planetaire grenzen in 2023. Bron: Azote for Stockholm Resilience Centre, gebaseerd op Richardson et al. (2023) (https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html)

Wetenschappers hebben voor iedere planetaire grens een of twee variabelen geïdentificeerd (de 'control variables') waarmee de huidige druk op het systeem kan worden gemeten en waarvoor een kritieke waarde (de 'boundary') kan worden vastgesteld (Steffen et al., 2015; O'Neill et al., 2018; Persson et al., 2022). Voor klimaatverandering is bijvoorbeeld de concentratie van $CO_2$ in de atmosfeer een van de twee variabelen; de 'boundary' is gesteld op 350 ppm (parts per million), corresponderend met ongeveer 1 °C global warming.  In februari 2023 was de waarde 424 ppm (NASA, 2025), dus ruim boven deze grens. Daarnaast is voor veel grenzen nog een tweede grenswaarde vastgesteld, die een bovengrens aangeeft. Voor CO2 is deze vastgesteld op 450 ppm, corresponderend met 2°C opwarming.

Planetaire systemen zijn onderling nauw verweven. De atmosfeer, hydrosfeer, biosfeer en lithosfeer beïnvloeden elkaar via fysische, chemische en biogeochemische processen in gesloten kringlopen. Deze processen stoppen niet bij landsgrenzen. Emissies en verontreiniging verspreiden zich via lucht, water en voedselketens—van plant naar dier en uiteindelijk naar de mens. Op die manier kan lokale milieudruk zich opstapelen tot wereldwijde druk op planetaire grenzen. Kleine, afzonderlijke veranderingen lijken soms onschuldig, maar kunnen samen leiden tot grote systeemverstoringen. Een paar graden opwarming of minimale vervuiling van oppervlaktewater lijkt misschien verwaarloosbaar, maar binnen het concept van planetaire grenzen telt de samenhang. Niet alleen binnen afzonderlijke grenzen, maar ook tussen grenzen onderling én tussen lokaal en mondiaal niveau.

De voortdurende interacties, en onderlinge afhankelijkheden, tussen de planetaire grenzen kunnen leiden tot verstoringen van de balans. De verstoring via overschrijding van één grens beïnvloedt de stabiliteit van de processen die horen bij de andere grenzen, met potentieel

onomkeerbare veranderingen als gevolg (Steffen et al., 2018). Denk bijvoorbeeld aan een overmaat aan stikstof, die ecosystemen uit balans brengt, en daarmee ook hun rol in klimaatregulatie verstoort. In Figuur 4 wordt de wisselwerking tussen de planetaire grenzen zichtbaar gemaakt.




**Figuur 4.** De meest relevante bekende interacties tussen de verschillende planetaire grenzen. Knooppunten die dicht bij elkaar staan hebben een sterkere wisselwerking. Hoe dikker de pijl, hoe sterker de beïnvloeding (Naar Lade et al., 2020)

Het beoordelen van de status of overschrijding van planetaire grenzen gebeurt in de literatuur via controlevariabelen (Tabel 1 en Bijlage A bevat meer informatie over de kwantificatie van de variabelen). Deze variabelen meten de systeemdruk, maar maken nog geen directe koppeling met menselijke activiteiten. Daardoor is het lastig om precies aan te geven hoe individuele landen bijdragen aan overschrijding. Voor meer grip is het nodig om te begrijpen hoe planetaire grenzen samenhangen en welke processen aan die overschrijding ten grondslag liggen.

Bij zes van de negen planetaire grenzen gaat het om processen die op lokale schaal beginnen en accumuleren naar een wereldwijd probleem[8]. De stikstofcyclus is hier een goed voorbeeld van. Menselijke activiteiten, zoals landbouw en industrie, beïnvloeden deze cyclus op lokaal niveau. Door complexe samenhang binnen het systeem kan dit een nog grotere mondiale impact hebben.

Om beter te begrijpen hoe deze mondiale accumulatie werkt, is het belangrijk om te onderzoeken:

- Welke cycli en andere subsystemen het probleem beïnvloeden bij elke planetaire grens.
- Waar menselijke activiteiten op lokaal niveau druk uitoefenen binnen deze cycli.

Een conceptueel model helpt om deze ingewikkelde samenhangen te begrijpen. Het maakt inzichtelijk waar menselijke activiteiten lokaal druk uitoefenen en welke gegevens nodig zijn – zoals specifieke indicatoren – om de status van een grens te beoordelen. Dit biedt richting welke

[8] De zes grenzen die van lokaal naar mondiaal accumuleren zijn: integriteit van de biosfeer (aantasting van ecosystemen en biodiversiteitsverlies), nieuwe chemische entiteiten, zoetwaterconsumptie, veranderingen in landgebruik, stikstof- en fosforoverschotten, en aerosolen in de atmosfeer.

gegevens Nederland moet meten om het conceptuele raamwerk te vullen. Deze gegevens zijn cruciaal om genoeg informatie te verkrijgen voor het maken van doeltreffend beleid.

Deze onderlinge verbondenheid maakt duidelijk waarom een geïsoleerde aanpak risico's met zich meebrengt. Zonder dit brede perspectief blijft het zicht op mogelijke optimalisatie van beleid ('win-win'-opties) of op onverwachte negatieve neven-effecten van beleid (trade-off effecten, afwenteling) beperkt. Acties gericht op slechts één grens, zoals het verminderen van stikstofuitstoot, kunnen weliswaar goed uitwerken voor het ene doel waarvoor ze zijn ontworpen, maar we moeten ook rekening houden met de bredere impact en gevolgen. Hoe beïnvloeden bepaalde maatregelen bijvoorbeeld tegelijkertijd de waterkwaliteit, de landbouwopbrengsten, of de andere grenzen, zoals klimaatverandering (Lade et al., 2020).

Figuur 4 illustreert het bestaan- en de complexiteit van deze interacties. Veranderingen in één grens, zoals klimaatverandering, hebben invloed op meerdere andere grenzen, zoals oceaanverzuring en landgebruik. Deze wederzijdse effecten kunnen elkaar versterken: als één grens wordt overschreden, kan dit leiden tot het versneld overschrijden van andere. Naast versterkende effecten bestaan er ook dempende effecten. Klimaat en biodiversiteit staan hierbij centraal; deze systemen hebben de meeste interacties met andere systemen.

De feitelijke verwevenheid benadrukken de noodzaak van een **holistische aanpak**. Om de druk op planetaire grenzen te voorkómen en – waar nodig – te reduceren is het belangrijk en potentieel nuttig om deze complexe verbanden te monitoren en analyseren. Een raamwerk dat deze samenhang zichtbaar maakt, helpt beleidsmakers bij het nemen van afgewogen beslissingen die meerdere planetaire grenzen tegelijk kunnen bewaken.

**Tabel 1.** Mondiale en regionale controlevariabelen per planetaire grens

| **Planetaire grens** | **Op welke schaal werkt het?** | **Wat wordt gemeten om de grens te bepalen (controlevariabelen)** |
|---|---|---|
| Klimaatverandering | Mondiaal | Concentratie van CO2 in de atmosfeer. Door de mens veroorzaakte stralingsforcering (energie-onbalans) in de top van de atmosfeer |
| Biodiversiteit | Mondiaal | Snelheid van uitsterven van soorten (genetische diversiteit) |
| | Per type ecosysteem | Hoeveel van de natuurlijke biodiversiteit van een regio gemiddeld nog over is (functionele diversiteit) |
| | Per type ecosysteem | Energie (uitgedrukt als priaire productie) beschikbaar voor natuurlijke ecosystemen (functionele integriteit) |
| Aantasting van de ozonlaag | Mondiaal | Ozonconcentratie in de stratosfeer |
| Oceaanverzuring | Mondiaal | Gemiddelde mondiale concentratie van carbonaat-ionen (uitgedrukt als verzadiging met betrekking tot aragoniet) |
| Biogeochemische stromen: fosfor | Mondiaal | Fosforafvoer vanuit zoetwatersystemen naar de oceaan |
| | Regionaal | Fosforstroom van meststoffen naar erodeerbare bodems |
| Biogeochemische stromen: stikstof | Mondiaal en regionaal | Industriële en opzettelijke biologische vastlegging (fixatie) van stikstof |
| Verandering van het landsysteem | Mondiaal | Oppervlakte bebost land als percentage van de oorspronkelijke bosbedekking |
| | Per type ecosysteem | Oppervlakte bebost land als percentage van het potentiële bos |
| Zoetwatergebruik | Mondiaal | Maximale hoeveelheid zoetwatergebruik |
| | Mondiaal en regionaal | Door de mens veroorzaakte verstoring van water uit neerslag, verdamping en bodemvocht (‘groen water’) beschikbaar voor planten |
| | Mondiaal en regionaal | Door de mens veroorzaakte verstoring van waterstromen van rivieren, meren, reservoirs en hernieuwbaar grondwatervoorraden (‘blauw water’) |
| | Per bassin | Maximale onttrekking van zoetwater als percentage van het gemiddelde maandelijkse rivierdebiet |
| Atmosferische aerosolbelasting | Mondiaal | Hoeveelheid direct zonlicht die door deeltjes in de atmosfeer (zoals stof, rook en vervuiling) wordt verhinderd de grond te bereiken |
| | Regionaal | Seizoensgemiddelde boven een regio |
| Introductie van nieuwe entiteiten | Regionaal | Percentage synthetische chemicaliën dat zonder adequate veiligheidstests in het milieu terechtkomt |
| | Regionaal | Totale chemische input die kan worden geabsorbeerd zonder onaanvaardbare negatieve effecten, vooral met betrekking tot chemische stoffen die langzaam afbreken en zich in het milieu ophopen |

# 3 Grip op planetaire grenzen

Nederland behoort tot de meest intensief gebruikte landen ter wereld. Door de hoge bevolkingsdichtheid, intensieve landbouw en grote import van grondstoffen legt het land een relatief grote druk meerdere grenzen (OECD, 2023). Economische activiteiten zoals landbouw, transport en industriële productie leiden tot lokale milieudruk, zoals de emissie van verzurende en eutrofiërende stoffen, landgebruiksveranderingen en biodiversiteitsverlies. Deze lokale effecten tellen op tot effecten op het functioneren van het klimaatsysteem en de biosfeer op mondiale schaal.

Om deze complexe samenhang beter te begrijpen en te analyseren, maken we gebruik van het **DAPSIR-raamwerk** (Drivers, Activities, Pressures, State (change), Impact, Response). Dit raamwerk ondersteunt het in kaart brengen van complexe milieuvraagstukken en legt structurele verbanden bloot tussen oorzaak en gevolg. Het is niet alleen analytisch nuttig, maar ook een pragmatisch hulpmiddel bij het identificeren van effectieve interventies op nationaal niveau. In dit hoofdstuk worden het raamwerk en de toepassing ervan verder uitgelegd.

## 3.1 Het DAPSIR-raamwerk als koppeling tussen menselijke activiteiten en planetaire grenzen

Het **DAPSIR** (*drivers, activities, pressures, state, impact, response*) raamwerk biedt een praktische, gestructureerde manier om gegevens over milieudruk en achterliggende oorzaken te ordenen. Het is ontwikkeld om de complexe relaties tussen sociale, economische en ecologische aspecten te structureren, met als doel het ondersteunen van toekomstbestendig duurzaam milieubeheer en beleidsvorming (Kristensen, 2004). Het raamwerk komt voort uit de geïntegreerde milieueffectrapportage en is gebaseerd op inzichten uit de systeem-wetenschappen, en heeft een geschiedenis die teruggaat tot 1979[9] (ontwerp, door Statistics Canada) en het veelvuldig toepassen in Europees beleid (1995).

Het DAPSIR-raamwerk biedt daarmee een systematische benadering (en door Europese beleidsmakers gehanteerde werkwijze) om de informatie te organiseren en te begrijpen, ook al is de informatie per opgave sterk wisselend, bijvoorbeeld zowel kwantitatieve informatie over emissies, en kwalitatieve data over preferenties (Atkins et al. 2011; Elliott et al. 2017). DAPSIR is een uitbreiding op het oudere DPSIR-raamwerk (EC, 1999)[10]. Het grote verschil tussen beide raamwerken is dat in DAPSIR expliciet aandacht wordt gegeven aan het verschil tussen de economische activiteiten die direct verantwoordelijk zijn voor milieudruk, en de achterliggende sociaaleconomische drivers.

De betekenis van de zes onderdelen van het DAPSIR-raamwerk is als volgt:

- **Drivers** (de maatschappelijke drijfveren achter menselijke activiteiten). Dit zijn de primaire behoeften van de mens, variërend van voedsel en huisvesting tot gezondheid en ontspanning, maar ook bijvoorbeeld de bevolkingsomvang, en veranderingen daarin. Hiervan afgeleid zijn de behoeften van bedrijven, overheden en andere economische

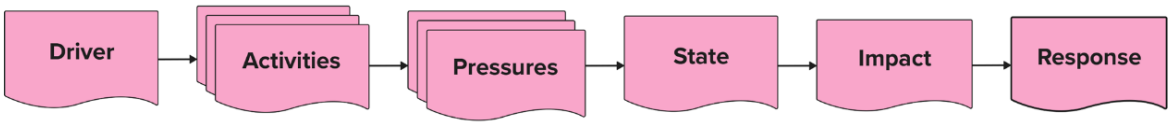
[9] Rapport, D. J. and Friend, A. M.: 1979, Towards a Comprehensive Framework for Environmental Statistics: A Stress-Response Approach, Statistics Canada. Occasional Papers, pp. 11-510

[10] Thomas, R. (1995). A general strategy for integrated environmental assessment the European Environment Agency. Bilthoven, the Netherlands, RIVM.

actoren aan energie, grondstoffen arbeidskrachten, enzovoorts.  Drivers bepalen de vraag naar sociaaleconomische activiteiten.

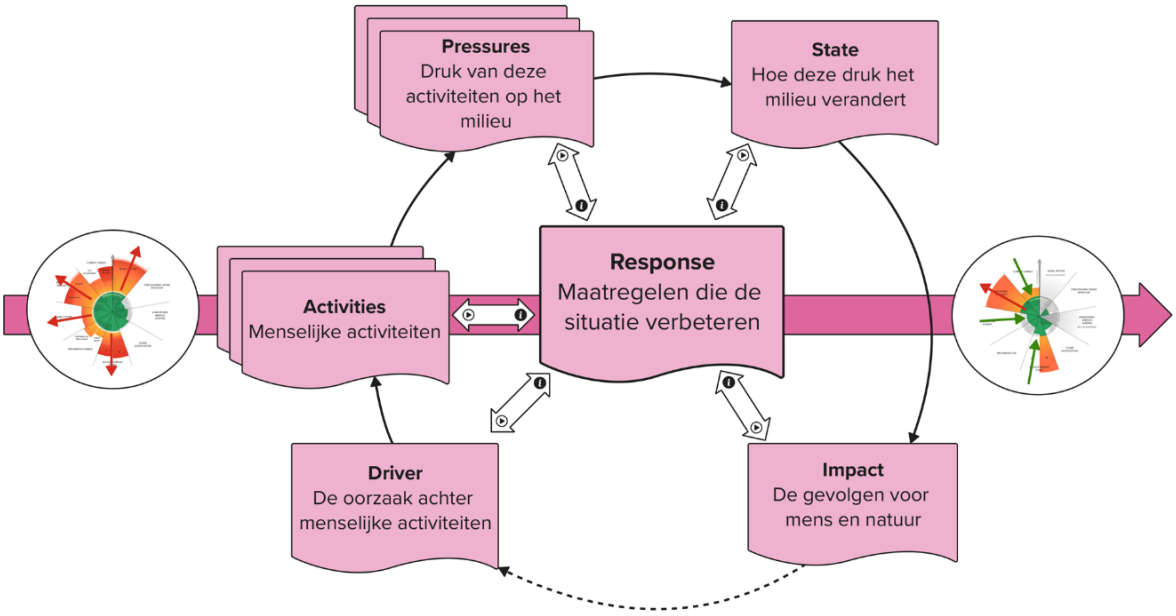
- **Activities** (de sociaaleconomische activiteiten zelf). Dit zijn de concrete handelingen waarmee aan behoefte wordt voldaan, zoals landbouw, industrie, transport en consumptie Het gaat ook om de keuzes die mensen hebben ten aanzien van hun behoeften, zoals de consumptie van vlees en zuivel tegenover een vegetarisch dieet, woon-werkverkeer met de auto of met het OV, of het investeren in zonnepanelen op eigen dak. Activities gaan gepaard met *Pressures*.
- **Pressures** (de druk die deze activiteiten op het milieu uitoefenen). Denk hierbij aan emissies naar lucht, water en bodem, landgebruik (druk op ruimte).
- **State (change)** (hoe deze druk de toestand van het milieu verandert). Het gaat hier om de toestand van ecologie, economie en samenleving, uitgedrukt in kwantiteit en kwaliteit, en de veranderingen hierin. Door de *Pressures* verandert de staat van systemen. Hier zitten de variabelen die druk zetten op de planetaire grenzen, zoals de controlevariabelen en componenten van de stikstofcyclus en andere cycli en systemen.
- **Impact** (de gevolgen voor natuur en mens). Dit zijn de effecten van veranderingen in de toestand van het milieu, zoals verlies van biodiversiteit, schade aan ecosystemen of afname van brede welvaart. Ook de interactie tussen verschillende planetaire grenzen valt hieronder, zoals hoe biodiversiteitsverlies klimaatverandering kan versterken. **Response** (de maatregelen die we kunnen nemen om de situatie te verbeteren). Dit zijn interventies die gericht zijn op het verminderen van druk of het herstellen van milieuschade. Deze kunnen gericht zijn op elke schakel in de keten: van gedragsverandering en technologische innovaties tot regelgeving of natuurbescherming.

Over de toepassing van DAPSIR op Planetaire Grenzen is in de wetenschappelijke literatuur inmiddels het een en ander geschreven, onder andere vanuit de context van regionale ‘barometers’ en de ex-post evaluatie van maatregelen (Cole et al., 2017); de link met Sustainable Development Goals, Circulaire Economie (Khajuria, 2020) en *Life Cycle Asessments* (Paulillo en Sanyé-Mengual, 2024).




**Figuur 5.** Schematische weergave van het DAPSIR-raamwerk als oorzaak-gevolg keten.

Het DAPSIR-raamwerk kan schematisch worden weergegeven in een lineaire vorm (Figuur 5), hiermee kunnen oorzaak-gevolg relaties zichtbaar worden gemaakt. Daarnaast gebruiken we ook een weergave van het DAPSIR-raamwerk als een cyclus (Figuur 6), waarbij “response” centraal staat. Deze cyclische weergave benadrukt wat het effect van beleid (Response) is (en andersom hoe de effectiviteit van maatregelen wordt bepaald vanuit de andere dimensies). Als laatste vorm – die in de praktijk onderkend kan worden – zijn er indirecte en afgeleide effecten mogelijk, zoals getoond in Figuur 7.




**Figuur 6.** Cyclische weergave van het DAPSIR-raamwerk.

Door Nederlandse sociaaleconomische activiteiten binnen het kader van DAPSIR te analyseren, ontstaat inzicht in de huidige milieuprestaties en de opties voor adaptieve en toekomstgerichte beleidsvorming. Vergeleken met andere systeemraamwerken is DAPSIR pragmatisch, beleidsgericht, en breed toepasbaar (Binder et al., 2013). Het raamwerk wordt dan ook toegepast door onder andere het European Environment Agency (EEA) en OSPAR. De combinatie van DAPSIR combinatie met het planetaire grenzen raamwerk biedt daardoor een kansrijke basis de (beleids)praktijk veelbelovend.

Het voordeel van het gebruik van het DAPSIR-raamwerk is dat daarmee grip wordt verkregen op zowel de oorzaken van overschrijdingen van de planetaire grenzen, en daarmee de politieke oordeelsvorming en het maatschappelijke debat informeert, en de relevante dilemma's zichtbaar maakt.

Een illustratief voorbeeld is de stikstofproblematiek. Nog afgezien van de mondiale grens voor stikstof en de effecten van stikstof op natuur en waterkwaliteit stuit Nederland op juridische grenzen die tot maatregelen dwingen. In het huidige politieke en maatschappelijke discours is bij dit probleem, en andere maatschappelijke opgaven, goed te zien dat zich vaak richten op één of enkele specifieke "letters" uit het DAPSIR-raamwerk (Tabel 2).

Een hypothetische verkenning laat dit zien: sommige actoren willen inzetten op het verkleinen van de milieudruk door stikstofemissie, door in te zetten op emissiearme stallen (P) of door het verkleinen van de veestapel (A). Anderen zetten in op natuurherstel (S), of zoeken juridische ruimte door het opzeggen van Europese verdragen (I).

Deze hypothetische voorbeelden maken duidelijk dat dat politici, beleidsmakers en stakeholders zich op verschillende aangrijppunten richten. Door het toepassen van het DAPSIR-raamwerk kunnen de verschillen tussen standpunten geduid worden, en kan voorkomen worden dat men langs elkaar heen praat. Ook biedt deze benadering de mogelijkheid om te analyseren welk type maatregel het meest kansrijk is om (ook op langere termijn) de druk op de planetaire grenzen te beperken.

**Tabel 2.** Hypothetische maatregelen per aangrijpingspunt in respons op stikstofbelasting van natuurgebieden.

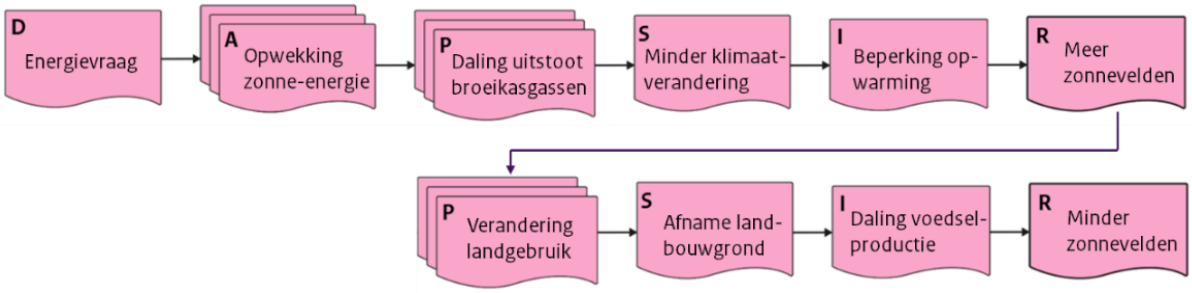
| Aangrijpingspunt | Response (Maatregel) *) |
|---|---|
| Drivers | Plantaardig dieet |
| Activities | Verkleining veestapel |
| Pressures | Emissiearme stallen |
| State (change) | Gebruik steenmeel (tegengaan verzuring) |
| Impact | Natuurherstel |

*) *Toelichting: Bovenstaande maatregelen zijn geen maatregelen die we adviseren. Het zijn slechts de ordening van hypothetische voorbeelden van de huidige praktijk a.d.h.v. DASPIR-raamwerk.*

### 3.1.1 Gebruik van DAPSIR in beleidsanalyses

Er zijn twee belangrijke motieven om (vanuit de maatschappelijke opgaven en de beleidsverantwoordelijkheden) over te gaan tot gebruik van het DAPSIR-raamwerk:

1. Beleid kan op meer aspecten positief uitwerken (“synergie”, “win-win”), en door het raamwerk systematisch te gebruiken is het mogelijk om nieuwe kansen op synergie te ontdekken, en bij de beleidskeuzes te betrekken, met het oogmerk van optimalisatie.
2. Beleidskeuzes kunnen onverwacht negatief uitwerken (“afwenteling”, “afruilen”), en door het raamwerk systematisch te gebruiken kunnen die opgespoord, en zo mogelijk voorkómen of tenietgedaan worden (zie Figuur 7).




**Figuur 7.** Een (versimpeld) voorbeeld van een afruil als gevolg van de interactie tussen zonnevelden en agrarisch grondgebruik.

### 3.1.2 Aandachtspunten

Bij het uitwerken van het DAPSIR-raamwerk voor planetaire grenzen zijn er verschillende aandachtspunten waar rekening mee gehouden moet worden. Deze kunnen spelen op diverse schaalniveaus en beïnvloeden de planetaire grenzen.

1) *Autonome trends*: Bevolkingsgroei, vergrijzing, verstedelijking, technologische ontwikkeling en economische groei zijn onder andere autonome ontwikkelingen die op de lange termijn invloed hebben op Drivers, Activities en Responses. Deze autonome trends hebben direct invloed op de mate van duurzaamheid, maar zijn niet eenvoudig – met één enkele beleidsmaatregel – van richting te veranderen.

2) *Historische gegroeide regionale en sectorale specialisatiepatronen*: Investeringen en andere economische keuzes in het verleden hebben geleid tot specialisatiepatronen die leiden tot heel specifieke vormen van milieudruk. Voorbeelden zijn de intensieve varkenshouderijen in het oosten van Noord-Brabant, de staalindustrie in IJmond, de

bollenteelt in Noord-Holland, en de haven van Rotterdam. De regio's en sectoren zijn via waardeketens[11] nauw verweven met de rest van de economie.

3) *Politieke en culture lock-in effecten*: Keuzes die in het verleden zijn genomen en die onderdeel zijn geworden van culturele waarden en normen of die in wet- en regelgeving en de governancestructuur zijn verankerd, hebben invloed op de keuzes van de toekomst. De Response uit het verleden beïnvloedt de Response van de toekomst.[12]

## 3.2 Inzichten in beleidstoepassingen in Nederland: workshop en interviews

De combinatie van het concept van planetaire grenzen met het DAPSIR-raamwerk ligt voor de hand, gezien de noodzaak om grenzen te respecteren en de praktische toepasbaarheid van DAPSIR in beleid. Maar levert deze combinatie ook daadwerkelijk een bruikbaar instrument op voor de Nederlandse beleidspraktijk? Om die vraag te beantwoorden werd een workshop georganiseerd met deelnemers van verschillende departementen en kennisinstellingen. De deelnemende departementen zijn uitgenodigd op basis van specifieke informatiebronnen, zoals het benoemen van planetaire grenzen in beleidsdocumenten van een departement, of betrokkenheid bij de interdepartementale werkgroep hieromtrent. In kader op de volgende pagina zijn de belangrijkste bevindingen van de workshop en daaropvolgende interviews samengevat.

[11] Een internationale waardeketen omvat alle activiteiten – in meer dan één land – die nodig zijn om een product of dienst vanuit de conceptfase via de verschillende productiefases bij eindverbruikers te bezorgen (CBS, 2025).

[12] Hieronder vallen ook historisch gegroeide patronen die verwachtingen creëren en gedrag sturen zoals: twee partners die een huishouden stichten door een huis te kopen om daarin kinderen op te voeden tot die op hun achttiende het huis uit gaan en zelf een huis kopen of huren, enzovoorts; of een boerenbedrijf dat wordt overgenomen door de kinderen, omdat het boerenbedrijf iets van de familie is; of vlees als de basis van een dieet; of de aanname dat de economie altijd moet groeien; enzovoorts.

**Kader 2. Workshop "Evaluatie Nut & Noodzaak" – 7 oktober 2024**

Tijdens de workshop werden de planetaire grenzen en het DAPSIR-raamwerk gepresenteerd. De nadruk bij de interactieve workshop lag op het samen verkennen en vormgeven van de toepasbaarheid binnen de departementen. Naar aanleiding van deze workshop zijn medewerkers van verschillende ministeries* geïnterviewd om verdiepende vragen te stellen over de bruikbaarheid van planetaire grenzen, en over de praktische toepassing van het DAPSIR-raamwerk. De antwoorden en inzichten die hieruit volgden zijn gebruikt om het raamwerk te verbeteren. Hieronder staan de meest relevante bevindingen samengevat.

Het kwam breed naar voren dat een dergelijk raamwerk waardevol is voor beleidsvorming. Hierbij kwam vooral naar voren dat de planetaire grenzen een duidelijk overzicht bieden van relevante milieu- en klimaateffecten die moeten worden overwogen bij het implementeren van beleid. Er werd teruggekoppeld dat het tevens de mogelijkheid biedt om breder te kijken dan afzonderlijke sectoren. Een belangrijke voorwaarde voor het aan de slag gaan met planetaire grenzen is dat het raamwerk verder wordt geconcretiseerd waarbij de suggestie werd gedaan om indicatoren te maken van de planetaire grenzen, waardoor het mee kan worden genomen in monitoringssystemen.

Meermaals werd benoemd dat het concept van planetaire grenzen leeft binnen de benaderde ministeries en dat planetaire grenzen vaak beschouwd worden als een fundament voor de strategische doelen. Daarnaast werden verschillende aanknopingspunten benoemd zoals het bestaande beleidskompas** dat op dit moment wordt gebruikt om de consequenties van beleid in kaart te brengen. Uit de interviews komen de volgende kansen en uitdagingen naar voren:

Kansen:

- Het planetaire grenzen concept biedt een volledig overzicht van hoeveel druk Nederlandse activiteiten uitoefenen op de planetaire grenzen. Door middel van een set indicatoren kan worden gemonitord of de verschillende domeinen binnen de planetaire grenzen komen of blijven. Hierbij is het van belang om goed af te stemmen met de reeds bestaande (inter)nationale raamwerken, zoals de Sustainable Development Goals (SDG's), brede welvaart, het beleidskompas etc.
- Het planetaire grenzen concept is in beginsel departement overstijgend en sector breed. Dit biedt mogelijkheden tot het inventariseren van kansen op synergie en risico's op afruilen.

Uitdagingen:

- Verdelingsvraagstukken vereisen normatieve beslissingen. Het zal per ministerie verschillen op welke grenzen de nadruk ligt. Dit vereist samenwerking en afstemming tussen departementen en met kennisinstellingen.
- Het concretiseren van het raamwerk met indicatoren is van belang voor de toepassing.
- Het is belangrijk om dit Europees af te stemmen en te regelen om een eerlijk speelveld te creëren/behouden.

* De ministeries van: Economische Zaken, Infrastructuur en Waterstaat, Klimaat en Groene Groei, Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, Volksgezondheid Welzijn en Sport en Buitenlandse Zaken.
** https://www.kcbr.nl/beleid-en-regelgeving-ontwikkelen/beleidskompas en

https://www.argumentenfabriek.nl/wp-content/uploads/2023/05/De-gevolgenscan.pdf

## 3.3 Internationale ontwikkelingen

Naast de toepassing van het concept planetaire grenzen op nationaal niveau is waardevol om te verkennen hoe dit raamwerk internationale geïnterpreteerd en mogelijk in de praktijk wordt toegepast. En meer specifiek, om te kijken of er instanties, sectoren of landen zijn die planetaire grenzen (ook) koppelen aan het DAPSIR-raamwerk en daarbij ook (daadwerkelijk) dat raamwerk

met statistische indicatoren-gegevens vullen, en er vervolgens beleidsmaatregelen (Responses) mee afleiden.

De verkenning laat zien dat planetaire grenzen en het DAPSIR-model vaak afzonderlijk worden genoemd in wetenschappelijke en beleidsdocumenten, maar de werkelijke combinatie en integratie van beide is niet gevonden. Hieronder volgt een gelimiteerd overzicht.

Op hoofdlijnen zijn de volgende toepassingen van de planetaire grenzen te onderscheiden:

**Nationale en internationale beleidstoepassingen voor concrete maatschappelijke opgaven:** Diverse landen en organisaties, waaronder de EU en VN, gebruiken het raamwerk van planetaire grenzen om maatschappelijke opgaven te duiden en maatregelen te formuleren. De Sustainable Development Goals (SDG's) zijn mede geïnspireerd op de noodzaak om binnen de planetaire grenzen te blijven. Zweden streeft er expliciet naar binnen ecologische grenzen te blijven met beleid gericht op klimaat, biodiversiteit en vervuiling. In Nederland past het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) het concept toe om de duurzaamheid van de Nederlandse economie te beoordelen, en om op basis daarvan beleidsaanbevelingen te doen.

Häyhä et al. (2016) geven een breder overzicht van landen en organisaties die het concept proberen te operationaliseren. Zij concluderen dat de toepassing nog divers is en dat een operationeel raamwerk nodig is voor effectiviteit. Het D(A)PSIR-raamwerk wordt daarbij gezien als een kansrijke methode om socio-ecologische inzichten te integreren en nationale 'fair shares' binnen planetaire grenzen te bepalen. De uitwerking is in die gevallen nog beperkt of weinig concreet.

**Toepassingen bij duurzame productie en consumptie:** De druk op planetaire grenzen heeft invloed op marktdynamiek en leveringszekerheid, wat organisaties stimuleert om productieketens te verduurzamen. Onder andere de Global Business Council for Sustainable Development benadrukt het belang van duurzaamheidsdoelen in bedrijfsvoering. Steeds meer bedrijven – waaronder Ikea, Unilever en Patagonia – formuleren strategieën gebaseerd op planetaire grenzen en rapporteren hierover via onder meer de CSRD-richtlijn.

**Toepassingen bij ruimtelijke ordening:** Ook bij ruimtelijke ordening wordt het concept van planetaire grenzen toegepast. Door steden en landschappen zo in te richten dat de ecologische voetafdruk van menselijke activiteiten wordt verkleind, wordt beoogd de druk op de grenzen te beperken.

**Toepassingen bij opleiding en bewustwording:** Veel (universitaire) instituten, en specifieke opleidingen, kennen een uitgebreid curriculum dat samengevat kan worden onder termen zoals Future Planet Studies. Ook een aantal non-governmental organisations (NGO's) maken gebruik van het raamwerk om het publiek bewuster te maken van de grenzen van het ecosysteem. Een bekend voorbeeld is Earth Overshoot Day, dat wereldwijd inzichtelijk maakt hoe snel we onze jaarlijkse ecologische draagkracht overschrijden.

**Toepassingen in de financiële sector:** Ook in de financiële sector groeit de aandacht voor planetaire grenzen. Banken en beleggers gebruiken het raamwerk om investeringsrisico's te beperken en lange termijnwaarde te waarborgen. Nederlandse banken erkennen steeds meer het belang van de planetaire grenzen en integreren deze in hun beleid en strategieën. Zo hanteren sommige Nederlandse banken het concept brede welvaart. Daarnaast moedigt de Nederlandse Vereniging van Banken (NVB) de

overheid aan om een visie te ontwikkelen op lange-termijn waarde creatie die ook richting klimaatneutraliteit beweegt.

Samenvattend blijkt er een breed scala aan activiteiten gerelateerd aan het concept planetaire grenzen, vaak ook met aandacht voor ‘safe and just'. Duidelijk is dat diverse bestaande bronnen van inzicht (zoals voetafdrukken en Life Cycle Analysis) en motieven voor beleid (zoals de SDG’s) nog beter gekoppeld kunnen worden aan het planetaire grenzen-raamwerk, en vooral dat er behoefte is aan operationele, gestandaardiseerde (statistische) raamwerken zoals beschreven in dit document.

# 4 Concrete uitwerking van DAPSIR toegepast op Planetaire Grenzen

Het DAPSIR-raamwerk, toegepast in samenhang met planetaire grenzen, biedt structuur om geïntegreerde beleidsbeslissingen te nemen. Enerzijds kan dit gebruikt worden om de planetaire grenzen voor Nederland te concretiseren, anderzijds om kwalitatief inzicht te verkrijgen onderlinge relaties en mogelijke beleidsopties. In dit hoofdstuk presenteren we een eerste uitwerking van die laatste toepassing. In bijlagen 2, 3 en 4 is aan de hand van twee planetaire grenzen (stikstof/fosfor en novel entities) een verkennende analyse uitgevoerd. Deze vingeroefening illustreren hoe het DAPSIR-raamwerk kan helpen om knelpunten te identificeren, welke facetten dan gemonitord kunnen worden en hoe beleid hierop kan inspelen.

## 4.1 Stappenplan en voorbeeld voor gebruik DAPSIR-raamwerk

Om de voorgestelede methodiek toepasbaar te maken vanuit beleidsperspectief, beschrijft dit hoofdstuk een aantal mogelijke stappen voor het effectief inzetten van het DAPSIR-raamwerk in relatie met de planetaire grenzen. Deze stappen zijn geïnspireerd op eerdere ervaringen kansen (synergie) en risico's (afruilen) en worden geïllustreerd aan de hand een praktijkvoorbeeld.

Dit stappenplan helpt om complexe problemen systematisch te analyseren en mogelijke handelingsopties, met oog voor synergie maar ook nadelen in beeld te brengen. De politiek gaat over de vraag over hoe groot het (ervaren) probleem moet zijn om (mogelijk ingrijpende) maatregelen te rechtvaardigen. De inzichten die met behulp van het DAPSIR-raamwerk verkregen worden kunnen hierin structurerend en agenderend werken.

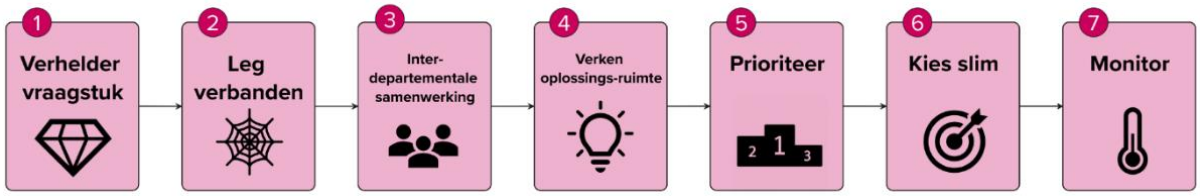
Het stappenplan is bedoeld als een eerste werkbare opzet, om mee aan de slag te gaan en verder te verfijnen op basis van praktijkervaringen. In deze publicatie is het proces lineair gepresenteerd (Figuur 8) maar zal in de praktijk doorgaans een iteratief karakter hebben (Figuur 9).

Het stappenplan bestaat uit zeven onderdelen, die hieronder kort worden toegelicht:

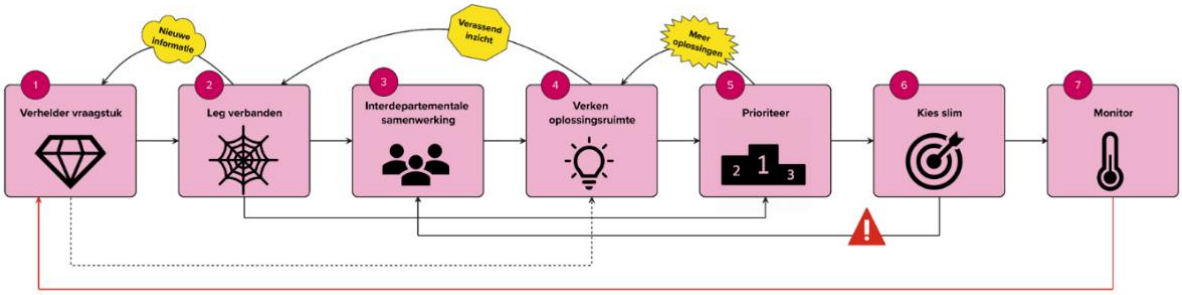
1. **Verhelder het vraagstuk** en breng complexiteit in kaart. Niet voor elk vraagstuk is een analyse aan de hand van het DAPSIR-raamwerk noodzakelijk. Deze aanpak is vooral waardevol bij vraagstukken met een of meer van de volgende kenmerken:
    - Er is geen helder causaal verband: meerdere oorzaken en actoren werken op elkaar in;
    - Er is geen eenduidig 'juist' of 'onjuist' beleid: Politieke keuzes en waarden spelen een rol;
    - Er is sprake van beperkte beheersbaarheid: het systeem kan niet volledig worden gecontroleerd, maar vraagt wel om gerichte keuzes;
    - Er is structurele systeemwijziging nodig; optimaliseren binnen het bestaande systeem werkt niet en is vaak onvoldoende;
    - Er is sprake van vaak dynamische, relatief open systemen; dat vraagt voortdurende alertheid op – en feedback van de praktijk.
2. **Leg feitelijke verbanden:** Koppel de planetaire grenzen systematisch aan het DAPSIR-raamwerk in een matrix. Daarmee wordt de volledige keten van oorzaak en gevolg inzichtelijk. De matrix kan als werkvorm helpen de belangrijkste verbanden te vinden. En kan worden vastgesteld of het gedefinieerde probleem inderdaad het kernprobleem is, voordat er naar oplossingen gezocht gaat worden.
3. **Bepaal interdepartementale/beleidssamenhang op zoek naar slimme arrangementen (samenwerken, tijd, etc.)** Maatschappelijke opgaven raken vaak aan beleidsterreinen

van meerdere departementen, afstemming en samenwerking is gewenst. Breng situaties van mogelijke synergiën (win-win) en afruilen (trade-offs) in beeld en stel het op te adresseren probleem vast.

4. **Verken de oplossingenruimte en zoom uit:** Onderzoek of het probleem bij de bron kan worden aangepakt, welke positieve doorwerkingen te verwachten zijn en welke strategieën op korte, middellange en lange termijn nodig zijn.
5. **Prioriteer "First things first":** Verken welke zaken er het meest toe doen (op basis van voorgaande stappen en beoordeling door experts over impact/ordegrootte).
6. **Kies slim:** Het DAPSIR-raamwerk c.q. de matrix uit stap 2 hoeft niet voor elk probleem, en altijd, volledig te worden ingevuld met indicatoren en gegevens. De beleidsmaatregel ("R" van Respons), met de effecten op het eigen beleidsterrein en elders, kan vaak al afgeleid worden met een onvolledige invulling van de DAPSIR-onderdelen.
7. **Monitor en evalueer:** Ontwikkel geschikte indicatoren om te meten of beleidsmaatregelen effectief zijn en of er nieuwe knelpunten ontstaan.




**Figuur 8.** Lineair stappenplan voor gebruik DAPSIR en planetaire grenzen.

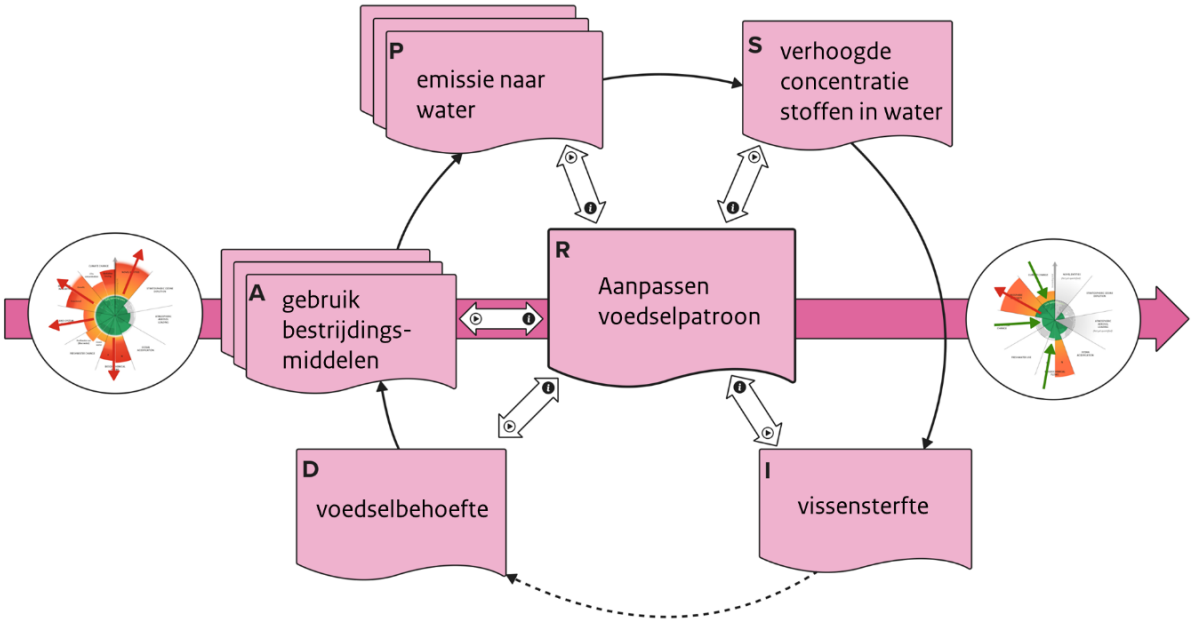



**Figuur 9.** Iteratief i.p.v. lineair stappenplan voor gebruik DAPSIR en planetaire grenzen.

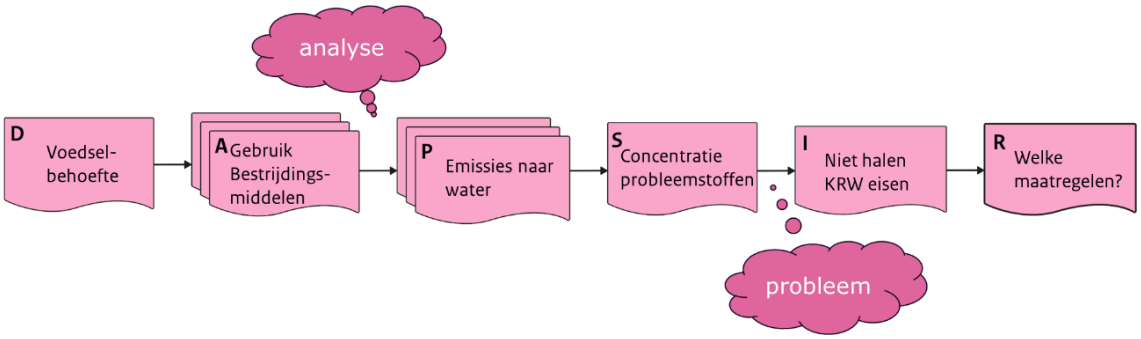
## 4.2 Een praktijkvoorbeeld: toxische stoffen in water (planetaire grens novel entities)

Wanneer een maatschappelijk probleem moet worden aangepakt, gaat het eigenlijk vooral om de "R" van het DAPSIR-raamwerk: welke maatregel(en), Response(s), worden geïdentificeerd om het probleem op te lossen? Die centrale rol van de "R" is weergegeven in onderstaande Figuur 10, met links het beleidsprobleem (in het voorbeeld: toxische stoffen in water) en rechts de situatie die door het nemen van effectieve maatregelen is opgelost. In dit voorbeeld leidt het aanpassen van het voedselpatroon - 100% consumptie van biologisch geteelde gewassen (R) - tot minder gebruik van bestrijdingsmiddelen (A). Dit leidt tot lagere emissie naar water (P) en uiteindelijk lagere concentraties in het (oppervlakte)water (S). Alle pijlen die naar de "R" leiden (ernaartoe, of ervan af) bestaan uit informatie over de D, A, P, S of I of uit een geplande (effectieve) ingreep, die aangrijpt op de D, de A de P, de S en/of de I. Figuur 10 laat zien dat een maatregel "R" al genomen zou kunnen worden als er voldoende informatie is voor één van de vier hoekpunten (hoewel meer informatie soms beter is). In Figuur 11 is ditzelfde voorbeeld in

een lineair raamwerk weergegeven. Dit illustreert hoe met het DAPSIR-raamwerk causale relaties kunnen worden geanalyseerd om het probleem te verhelderen.




**Figuur 10.** Visuele weergave van het DAPSIR-raamwerk aan de hand van het voorbeeld toxische stoffen in water. In dit voorbeeld is de gekozen maatregel het aanpassen van het voedselpatroon (100% consumptie van biologisch geteelde gewassen). In veel gevallen wordt vanuit beleidsoogpunt gestart met activiteiten om het raamwerk te analyseren. Dat kan uiteraard ook bij een van de andere onderdelen van DAPSIR.




**Figuur 11.** Lineaire weergave van het DAPSIR-raamwerk om vraagstuk te kunnen verhelderen.

Aan de hand van het voorbeeld van toxische stoffen in water worden de verschillende stappen geïllustreerd.

*Stap 1: Verhelder het vraagstuk*

Deze stap is essentieel voor het opbouwen van een gedeelde feitenbasis, waaruit de verdere analyse logisch kan volgen. Daarbij hoort:

- Een heldere beschrijving van het vraagstuk, wat is aanleiding (speelt het hier en nu, of ook elders en later), betrokken stakeholders, krachtenveld
- Zorg voor eenduidige definities en gebruik van termen. Bijvoorbeeld, als de driver ‘voedselbehoefte’ wordt genoemd, moet duidelijk zijn om wiens voedselbehoefte het gaat, waar en hoe deze wordt vastgesteld

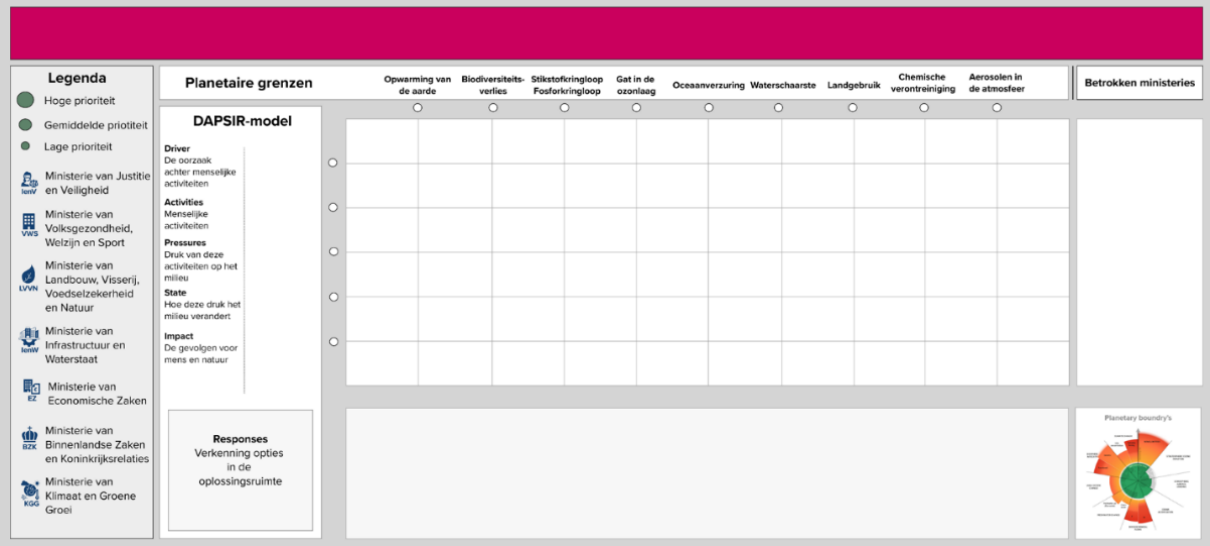
- Geef context: wat zijn de relevante trends, ontwikkelingen, waarom is het een probleem, het huidige beleid, doelen en bestaande wet- regelgeving?
- Duidt de relatie met planetaire grenzen
- Breng het vraagstuk in kaart met behulp van het DAPSIR-raamwerk

Het gaat hier om zo feitelijk mogelijke informatie. Aan het eind van deze stap is er consensus over de feitenbasis van het vraagstuk. Het is belangrijk dat goed te verantwoorden en te expliciteren omdat de rest van je analyse hieruit volgt. Voor het voorbeeld van toxische stoffen in water geldt het volgende (ter illustratie):

- De problematiek rond toxische stoffen in water wordt steeds urgenter, mede door de toename van chemische stoffen zoals pesticiden, medicijnresten, PFAS en industriële vervuiling in het oppervlakte- en grondwater. Dit heeft directe gevolgen voor de volksgezondheid, drinkwatervoorziening en ecosystemen.
- De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) stelt strikte normen voor de waterkwaliteit, de toxische stoffen beïnvloeden biodiversiteit, voedselproductie en heeft mogelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid.
- Relevantie voor planetaire grenzen: novel entities, zoetwatergebruik, biodiversiteitsverlies.

*Stap 2: Leg verbanden*

De Planetary Boundaries en het DAPSIR-raamwerk vormen samen een matrix, die in onderstaande figuur 11 is weergegeven.




**Figuur 12.** Een (bij aanvang lege) matrix als werkvorm om onderlinge relaties in beeld te krijgen. De figuur is in een beter leesbare versie opgenomen in bijlage 2 (en ook hypothetisch ingevuld voor het voorbeeld toxische stoffen in water/ gebruik bestrijdingsmiddelen).

Deze matrix is bedoeld als werkvorm om, bijvoorbeeld in een gezamenlijke werksessie, directe en indirecte verbanden in kaart te brengen. Daarbij kunnen ook de rollen en verantwoordelijkheden van betrokken partijen worden toegedeeld aan de relevante elementen van het DAPSIR-model. Zo valt het gebruik van bestrijdingsmiddelen (A) primair bij LVVN en verhoogde concentratie stoffen (S) primair bij IenW. De matrix geeft ook extra helderheid over wat het echte probleem is, dat opgelost dient te worden. Dat kan anders zijn dan wat oorspronkelijk gedacht werd.

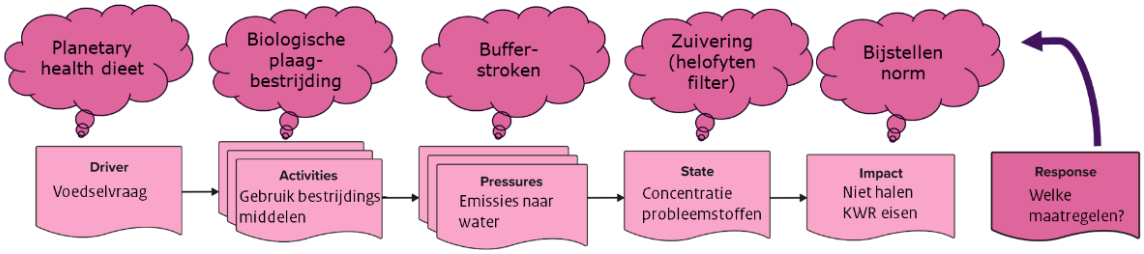
*Stap 3: Interdepartementale samenhang*

De gevonden verbanden bieden aanknopingspunten om te bepalen welke departementen betrokken zijn bij het vraagstuk. In de matrix van Figuur 12 kunnen aan de linkerkant betrokken departementen worden weergegeven. Door het opstellen van de matrix komt ook het krachtenveld in beeld.

*Stap 4: Verken de "oplossingsruimte en -richtingen"*

Na het vaststellen van het te analyseren probleem, inclusief het bijhorend krachtenveld en onderlinge verbanden (andere problemen of kansen), volgt de verkenning van meekoppelkansen en afruilen.

Denk na over mogelijke oplossingsrichtingen (response) en koppel deze aan bestaande beleidsdoelen per ministerie en bepaal waar in DAPSIR-raamwerk wordt aangegrepen (zie Figuur 13). Welke mogelijke "response" is er, of welke combinatie van "responses" zou optimaal zijn?




**Figuur 13.** Verkenning van oplossingen.

In het voorbeeld van toxische stoffen in water kan gekeken worden naar het gebruik van bestrijdingsmiddelen in relatie tot de voedselbehoefte. Een mogelijke maatregel kan aangrijpen op de "pressure" uit het DAPSIR-raamwerk, bijvoorbeeld door het gebruik van andere spuitkoppen zodat bestrijdingsmiddelen gerichter kunnen worden toegepast. Een andere maatregel kan zich richten op de economische activiteit zelf, bijvoorbeeld door te kiezen voor biologische landbouw en/of in de kassen voor biologische bestrijders ('beestjes').

De matrix kan aanvullend op de centrale werkwijze van de Rijksoverheid (het zogenoemde 'beleidskompas', zie Figuur 14) worden ingezet in het verkennen van mogelijke oplossingen.




**Figuur 14.** Het beleidskompas is de centrale werkwijze voor het maken van beleid bij de Rijksoverheid.

*Stap 5: Prioriteer: wat is belangrijk, wat minder belangrijk?*

Op basis van urgentie en effectiviteit wordt bepaald welke maatregelen prioriteit krijgen, zoals:

- Dominerende aspecten;

- Sommige bronnen van milieudruk verdienen prioriteit omdat ze een relatief grote impact hebben. Voor toxische stoffen in water zijn dat bijvoorbeeld PFAS en medicijnresten vanwege hun hardnekkigheid en ophoping in de voedselketen; Systeemoplossingen in plaats van kortetermijnoplossing;

Kies bij voorkeur een systemische oplossingen, de keuze voor biologische landbouw is een meer robuuste, lange termijn oplossing voor het gebruik van bestrijdingsmiddelen dan het gebruik van andere spuitkoppen. Vaak zijn dit oplossingen gericht op drivers en activiteiten in het DAPSIR-model. Bij chemische verontreiniging is onlangs de systeem-oplossing 'safe and sustainable by design' voorgesteld, als ultieme pro-actieve en breed toepasbare oplossing ('better safe than sorry'), in plaats van de reactieve milieumonitoring (en reactie als er al effecten zijn).

- Urgentie; vereist direct actie vanwege bijvoorbeeld impact op de volksgezondheid Soms is inzet vanuit (actuele) risico's noodzakelijk. Vaak zijn dit oplossingen die aangrijpen op state en impact. Denk bijvoorbeeld aan het voorkomen van verdere verspreiding.
- Perspectief; De beoordeling van wat urgent of effectief is, kan per beleidsveld verschillen. Transparante afwegingen zijn nodig om keuzes te kunnen onderbouwen en communiceren.

Synergie of afruil? Maatregelen die bijdragen aan meerdere doelen hebben vaak de voorkeur. Negatieve neveneffecten op andere beleidsterreinen moeten worden meegewogen of voorkomen.

*Stap 6: Kies slim*

Een volgende stap is om, op basis van de prioritering, een keuze (of volgorde) te maken in de mogelijke "response". Onderstaande vragen kunnen daarin ondersteunend zijn:

- Waar is aanvullend beleid nodig om eventuele schade te beperken?
- Welke middelen zijn beschikbaar?
- Wie kan waarop sturen?
- Wat zijn meekoppelkansen?

*Stap 7: Monitor: hoe voortgang bewaken (welke indicatoren)?*

Voor het volgen van de voortgang zijn passende indicatoren nodig die de milieutoestand, drukfactoren of beleidsreacties meten. Deze worden gekoppeld aan de belangrijkste knooppunten uit de eerder opgestelde matrix van planetaire grenzen en het DAPSIR-raamwerk.

Indicatoren moeten voldoen aan een aantal kwaliteitscriteria, zoals betrouwbaarheid, meetbaarheid, gevoeligheid, relaties en mate van impact op de sleuteleigenschappen van een systeem. Monitoring is daarnaast ook een continu proces waarbij ingebouwde terugkoppeling van belang is. Een tijdreeksanalyse helpt om trends te identificeren. Witte vlekken in de huidige datavoorziening komen hiermee in kaart. Zie Kader 3 op de volgende pagina. In een ideaal geval kunnen de indicatoren ook ingezet worden als manier om ambities te definiëren, zoals 'een emissiereductie van *x*% in jaar *y*".

Voorbeelden van indicatoren zijn bijdragen van rioolwaterzuivering aan watervervuiling, lozing van medicijnresten in het oppervlaktewater van rioolwaterzuiveringsinstallaties (CBS, 2024b), de waterrekeningen (CBS, 2024c), de afzet van bestrijdingsmiddelen en hun werkzame stof (CBS, 2024d) of het aandeel biologische landbouw (CBS, 2024e).

**Kader 3.** Statistisch raamwerk en indicatoren.

**Statistisch raamwerk en indicatoren**

Indicatoren zijn essentieel om de druk op het milieu te begrijpen. Ze helpen vaststellen:

1. Hoe groot de huidige druk is.
2. Hoe deze druk zich verhoudt tot andere landen en regio's.
3. Hoe de druk zich in de loop van de tijd heeft ontwikkeld.

Om de voortgang richting doelstellingen te volgen, moeten indicatoren **statistisch verantwoord** zijn. Dit betekent dat ze betrouwbaar, consistent over de tijd, tijdig en systematisch zijn. Daarnaast moeten ze voldoen aan internationale standaarden en vergelijkbaar zijn op internationaal en regionaal niveau.

Twee belangrijke aandachtspunten voor statistische informatie:

1. **Referentiewaarden** zijn noodzakelijk om met statistische indicatoren te kunnen bepalen of resultaat wordt geboekt en doelen worden bereikt. Wetenschappelijke referentiewaarden kunnen hierbij richting geven. Voorbeelden zijn:
    a. De controlevariabelen van de planetaire grenzen (Steffen et al., 2015)
    b. De kritische depositiewaarden voor stikstof (Wamelink et al., 2023). Sommige referentiewaarden worden in wetgeving verankerd (zoals in de Kaderrichtlijn Water of de afspraken over vermindering van broeikasgasemissies in de Klimaatwet). Waar geen referentiewaarden zijn vastgelegd, moet zorgvuldig worden gehandeld. Referentiewaarden stellen grenzen vast waar voorbij een situatie problematisch wordt en zijn dus per definitie politiek gevoelig.
2. **Statistische tijdreeksen** zijn nodig om de meest recente ontwikkeling in perspectief te plaatsen. De vraag is hoever terug in de tijd dergelijke tijdreeksen moeten gaan. Dit zal voor iedere planetaire grens anders zijn. Het hangt bijvoorbeeld af van de tijd dat pesticiden en microplastics in het milieu actief blijven en of in de totale broeikasgasemissies waarvoor een land verantwoordelijk is ook de internationale voetafdruk en de effecten van koloniale exploitatie worden meegenomen. Daarnaast legt de beschikbaarheid van data altijd een beperking op.

# 5 Conclusies en aanbevelingen

Het concept van planetaire grenzen biedt beleidsmakers en wetenschappers een kader om te begrijpen hoe menselijke activiteiten de veiligheid, gezondheid en veerkracht van de aarde beïnvloedt. Hoewel planetaire grenzen als doelen zijn opgenomen in beleidsnotities voor 2050, is het lastig om hierop bestaand beleid te evalueren en nieuwe beleidsmaatregelen te ontwikkelen zonder een vertaling van de planetaire grenzen voor Nederland.

Met dit project is een eerste stap gezet in het ontwikkelen van een gestructureerde methodiek om de druk van Nederlandse activiteiten op de planetaire grenzen systematisch in kaart te brengen.

## 5.1 Wat is er bereikt?

*Meer inzicht*

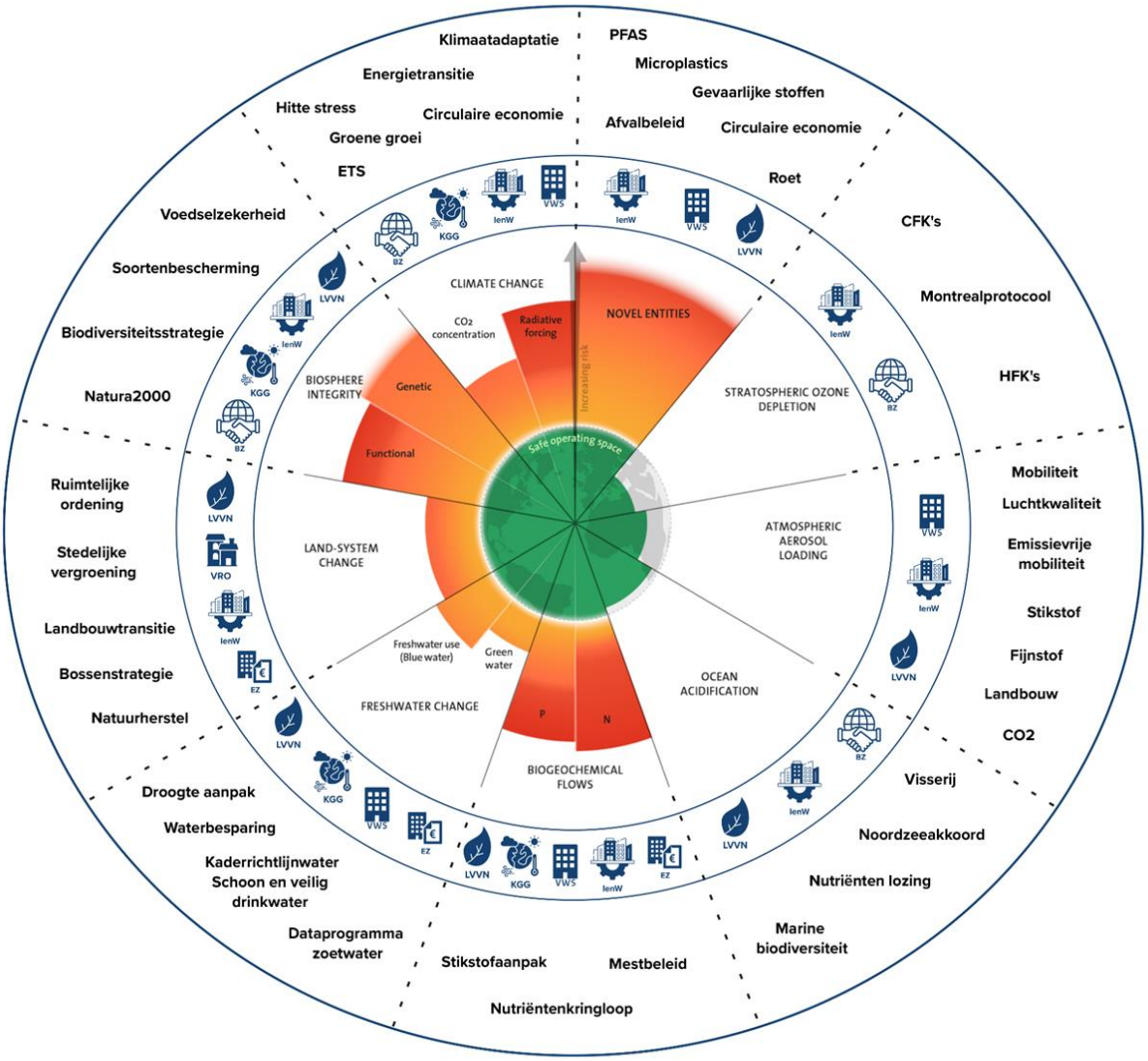
Het systeemperspectief op de planetaire grenzen is gecombineerd met DAPSIR. Het gebruik van DAPSIR in combinatie met planetaire grenzen helpt om de complexe interacties tussen menselijke activiteiten en milieudruk bloot te leggen. Deze systematiek maakt het mogelijk om niet alleen emissies en milieuschade te kwantificeren, maar ook de onderliggende drijfveren en economische activiteiten in beeld te brengen, inclusief het krachtenveld. Dit biedt gericht inzicht in waar effectief ingegrepen kan worden, van het aanpassen van onderliggende oorzaken en de directe bronnen tot mitigatie van impact en adaptatie.

*Grenzen in beeld*

Het DAPSIR-raamwerk laat zien welke informatie nodig is om de druk die vanuit Nederland op de planetaire grenzen wordt uitgeoefend te monitoren en (op hoofdlijnen) te beoordelen. Daarnaast laat het zien hoe deze gegevens verbonden zijn met menselijke activiteiten en economische processen. Dit inzicht bepaalt welke statistische indicatoren kunnen worden gemonitord om de planetaire grenzen van Nederland in beeld te brengen. In een eerste vingeroefening (zie bijlagen) is voor twee planetaire grenzen (stikstof/fosfor en nieuwe entiteiten) getracht dit uit te werken. Deze moeten zeker nog verder worden onderzocht. Het lijkt mogelijk om de mondiale planetaire grenzen te vertalen naar de Nederlandse situatie. Het CBS en RIVM beschikken over relevante data en modellen om verschillende activiteiten en milieudruk in kaart te brengen. Niet alle benodigde informatie is echter beschikbaar. Het is dan ook noodzakelijk om witte vlekken verder te onderzoeken en te doorgronden.

*Het goede — gezamenlijke — gesprek*

Er zijn concrete handvatten gegeven om het raamwerk te gebruiken. Dit document presenteert een gestructureerde aanpak (stappenplan met een matrix) om planetaire grenzen te integreren in beleidsvorming, alsmede in monitoringskeuzes. De voorgestelde aanpak nodigt uit om interdepartementaal, vanuit verschillende beleidsperspectieven, een integrale aanpak te bepalen, waarbij de onderlinge afhankelijkheden van milieufactoren en hun bredere impact op welvaart en welzijn centraal staan. In Figuur 15 is dit gevisualiseerd.




**Figuur 15.** Centraal in deze figuur staan de negen planetaire grenzen afgebeeld (naar Richardson et al. (2023). Bij deze grenzen zijn met iconen de verschillende ministeries weergegeven die raakvlakken hebben met deze grenzen. In de buitenste cirkel worden (ter illustratie) beleidsonderwerpen benoemd bij de planetaire grenzen.

## 5.2 Hoe nu verder?

*Focus op integratie*

Het planetaire grenzen concept gaat uit van het aardsysteem als een onderling samenhangend stelsel deelsystemen. Milieudruk en maatregelen gericht op één grens of deelsysteem, en afkomstig vanuit één specifiek beleidsterrein hebben invloed op de andere grenzen en deelsystemen, en de brede welvaart. Dit vereist een integrale aanpak die interdepartementaal en interdisciplinair is.

*Van mondiaal naar Nederland*

Naast nationale data en modellen is een bredere internationale dataset nodig die inzicht geeft in de milieu-impact van handel en consumptie. De internationale voetafdruk van Nederland –

bijvoorbeeld via geïmporteerde grondstoffen en producten – moet hierin expliciet worden meegenomen. Dit vraagt om samenwerking met internationale organisaties zoals de VN, de OESO, de EU en het Stockholm Resilience Centre om tot geharmoniseerde methodieken en standaarden te komen.

*Samenbrengen van inhoudelijke, normatieve en temporele dimensies*

In de verdere uitwerking is aandacht nodig voor de combinatie van verschillende dimensies: de planetaire grenzen, het DAPSIR-raamwerk, de koppeling met meer normatieve keuzes (wat is een rechtvaardige verdeling; moeten we bijvoorbeeld een reserve aanhouden voor onze kleinkinderen), met welke mate van onzekerheden we rekening moeten houden (voor de politieke oordeelsvorming is het ook belangrijk een beeld te hebben van hoe zeker het is dat bepaalde interacties/impacts zullen plaatsvinden) en het tijdsaspect. Maar ook hoe het DAPSIR-raamwerk zou moeten figureren in beleidsmatige/politieke discussies (hoe groot moet een (ervaren) probleem zijn om (mogelijk ingrijpende) maatregelen te rechtvaardigen). Zodat de trends in verleden, heden (beleidskeuzes) en verdere toekomst (denk-scenario's) kunnen worden bekeken en (maatschappelijk) afgewogen. Dit vraagt om samenwerking van verschillende kennisinstellingen. CBS en RIVM hebben met dit document een gezamenlijke start gemaakt en daarnaast eerste contacten gelegd om inzichten en ideeën te delen met het Rathenau Instituut en de Argumentenfabriek/PBL.

*(Gezamenlijk) keuzes maken*

Het integreren van planetaire grenzen in beleid en monitoring vraagt niet alleen om wetenschappelijke inzichten en data, maar ook om gezamenlijke besluitvorming rond fundamentele vragen. Daarbij spelen vragen over statistische datakwaliteit, historische toerekening en internationale harmonisatie een belangrijke rol. In dit proces is samenwerking tussen statistische instituten, beleidsmakers en kennisinstellingen cruciaal om tot gedeelde uitgangspunten en werkbare beleidsafwegingen te komen. Ook vanuit democratisch opzicht is het belangrijk dat de keuzes en de kennis waarop deze zijn gebaseerd goed uitlegbaar zijn naar bijvoorbeeld het bredere publiek.

## 5.3 Wat zijn mogelijk volgende stappen?

- Ontwikkel een systematische werkwijze die departementen in staat stelt samen te werken aan gedeelde opgaven en waarin kennisinstellingen en uitvoeringsorganisaties een duidelijke functie hebben. Concrete aangrijpingspunten hiervoor zijn aansluiten bij het beleidskompas en het in dit document voorgestelde stappenplan. Aan de hand van het werken aan specifieke casussen kan een eerste opzet van een dergelijk (interdepartementale) werkwijze worden ontwikkeld, en al doende lerend worden verbeterd (wanneer nodig).
- Ontwikkel een nationaal monitoringsraamwerk door systematisch, aan de hand van het DAPSIR-raamwerk, de negen planetaire grenzen voor Nederland in kaart te brengen, en gebruik dit in de praktijk aan de hand van concrete casus(sen). Het ideaal is een statistisch monitoringsraamwerk dat de druk op individuele grenzen in beeld brengt, de samenhang tussen grenzen duidelijk maakt en de effecten op de brede welvaart laat zien, ook bij beleidsvoorbereiding (tussen concrete keuzes) en bij lange-termijn scenario’s, en tenslotte ook geschikt is om ambities op te stellen. Een statistisch raamwerk impliceert dat meerjarig consistent wordt gemeten. Hierbij wordt aangesloten bij de monitoring van de SDG’s en brede welvaart. Vervolgstappen zijn om

een pilot te starten voor één of twee grenzen, bijvoorbeeld stikstof of novel entities, waarin indicatoren uit het DAPSIR-model worden toegepast op beschikbare data. Of per grens een “kernset” van indicatoren te ontwikkelen, inclusief een beoordeling van ‘datagaps’, beschikbaarheid en meetfrequentie.

Breng nadrukkelijk maatschappelijke en politieke keuzes die samenhangen met de druk op planetaire grenzen in beeld en organiseer gezamenlijke meningsvorming op basis van (statistische) feiten. Het doel hiervan is om een verbinding te maken tussen de wetenschappelijke bevindingen en degenen die hiervan gebruik kunnen maken om toekomstige maatschappelijke problemen die hieraan gelinkt zijn te bespreken en een (integrale) aanpak te bepalen, zoals politici, beleidsmakers en maatschappelijke organisaties.

- Ontwikkel en test instrumenten op basis van DAPSIR; zo kunnen systematische afwegingen gemaakt worden tussen economische activiteiten en milieudruk. Bijvoorbeeld door de matrix (Figuur 12 en Bijlage B) uit het voorgestelde stappenplan te testen aan de hand van een voorbeeld en verder uit te werken.
- Investeer in dataverzameling en monitoring op basis van het DAPSIR-raamwerk en in het raamwerk van de planetaire grenzen om witte vlekken in de databeschikbaarheid op te vullen en bestaande indicatoren te verbeteren. Toets de bruikbaarheid in een of twee beleidscasussen en gebruik de lessen om het raamwerk uit te breiden en te verfijnen;
- Stimuleer internationale samenwerking en afstemming. Dit kan langs verschillende lijnen (denk aan statistische datakwaliteit, historische toerekening en doen van onderzoek) een eerste stap is om bestaande initiatieven in beeld te brengen en op basis daarvan een vervolgaanpak te bepalen.

Er is veel wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de planetaire grenzen en naar de vraag hoe de inspanning om binnen de grenzen te komen en te blijven rechtvaardig verdeeld kan worden (O'Neill et al. 2018; Lucas et al. 2020; Häyhä et al. 2016). Navraag bij statistische bureaus uit het netwerk van het CBS leert dat er nog niet wordt gewerkt aan methodieken om de nationale druk op de planetaire grenzen te meten[13]. Dit document is de eerste ontwikkeling in die richting.

## 5.4 Tot slot: Oproep tot actie

Om binnen ecologisch veilige en sociaal rechtvaardige grenzen te blijven is het onvermijdelijk dat planetaire grenzen integraal onderdeel worden van beleid. Dit vraagt om een datagedreven en vooral een systematische aanpak waarin samenhang tussen milieuproblemen en aandacht voor de gevolgen voor brede welvaart centraal staan.

De uitdaging is om de planetaire grenzen daadwerkelijk als leidraad te gebruiken in beleid- en besluitvorming. Dit vereist een integraal beleid, waarin planetaire grenzen niet slechts als abstract concept worden gehanteerd, maar als concrete maatstaf voor duurzame ontwikkeling. Met de voorgestelde methode kan beleid integraal kijken naar de uitdagingen en daarmee afzonderlijke vraagstukken zoals klimaat, stikstofuitstoot, pesticiden gebruik en natuurontwikkeling verbinden om naar synergie te zoeken.

[13] De vraag is gesteld aan contacten bij de OECD, Statistics Canada, het Office for National Statistics van het Verenigd Koninkrijk, en de United Nations Statistical Division.

# 6 Reflectie

In dit hoofdstuk beschrijven we enkele reflecties (niet uitputtend) op de combinatie van planetaire grenzen met het DAPSIR-raamwerk en het afleiden van DAPSIR-indicatoren en beleidsmaatregelen.

Enerzijds biedt het gebruik van het DAPSIR-raamwerk meer inzicht in de ketens van oorzaken en gevolgen, en hoe beleidskeuzes kunnen bijdragen aan een duurzamer evenwicht binnen de planetaire grenzen. Anderzijds brengt deze aanpak ook nieuwe uitdagingen met zich mee: hoe bepalen we een rechtvaardige verdeling van de resterende milieuruimte tussen landen? Hoe groot zijn de gevolgen van de druk op planetaire grenzen voor brede welvaart, zowel nu als in de toekomst? En hoe vertalen we deze inzichten naar concrete beleidsacties die rekening houden met nationale en internationale samenhang?

In deze reflectie worden deze vragen verder verkend. Het doel is niet om volledige antwoorden te geven, maar om de richting te schetsen voor verdere uitwerking en samenwerking. Dit vraagt om een bredere interdisciplinaire benadering, waarin wetenschap, beleid en maatschappelijke stakeholders gezamenlijk keuzes maken over de manier waarop planetaire grenzen worden vertaald naar een werkbare methodiek voor Nederland.

## 6.1 Rechtvaardige verdeling van resterende ruimte

*Wat is een rechtvaardige verdeling onder landen ('safe and just') van resterende ruimte binnen planetaire grenzen en van inspanningsverplichting om binnen planetaire grenzen te komen?*

Beleid om binnen planetaire grenzen te blijven of terug te keren waar deze zijn overschreden, vraagt doorgaans om substantiële inspanningen: investeringen, gedragsaanpassingen, wijzigingen in productie- en consumptiepatronen, en vaak ook hogere kosten. Deze lasten zijn niet gelijk verdeeld. Zijn deze offers rechtvaardig verdeeld? Welk deel van de mondiaal resterende ruimte tot een bepaalde planetaire grens mag een land innemen? Welk deel is door een land in het verleden al ingenomen en welke impact heeft dit op andere landen gehad? Welke inspanningsverplichting heeft een land om onder een planetaire grens te komen wanneer die is overschreden?

In de literatuur zijn drie opties onderzocht. De kosten en baten van beleidsmaatregelen kunnen gelijk worden verdeeld (per hoofd van de bevolking). Er kan ook rekening worden gehouden met draagkracht (inkomens en vermogens) en met de historische bijdrage van een land (verantwoordelijkheid). Lucas et al. 2020 testen drie opties voor een rechtvaardige verdeling van de gebruiksruimte, namelijk op basis van de huidige milieudruk die landen veroorzaken, op basis van bevolkingsomvang en op basis van het vermogen van landen om maatregelen te financieren die de milieudruk verlagen. Ze laten zien dat deze opties anders uitwerken voor verschillende landen.

Er is niet een enkel principe dat universeel beter werkt. Een rechtvaardige verdeling is dan ook per definitie normatief en politiek. De Lancet Planetary Health Commission (Gupta et al. 2024) laat zien dat maatregelen om binnen de planetaire grenzen te blijven of te komen moeten worden bezien vanuit een perspectief van brede welvaart. Wanneer alleen vanuit de planetaire grenzen wordt geredeneerd en harde limieten worden gesteld om verdere afbraak van het milieu, het verdwijnen van biodiversiteit en klimaatverandering te voorkomen, dan worden daarmee ook de vrijheden van mensen ingeperkt. Beperkingen op het gebruik van land, water, en andere voorzieningen zouden vooral in landen met lage inkomens de brede welvaart verlagen. Dit betreft de mensen met de minste macht en de kleinste bijdrage aan de druk op de

leefbaarheid van de planeet. O'Neill et al. (2018) wilden weten of bij een gelijke verdeling van hulpmiddelen binnen planetaire grenzen kan worden voorzien in de basisbehoeften van de wereldbevolking. Daarom verdelen ze ruimte binnen planetaire grenzen tussen landen op basis van bevolkingsomvang.

Voor Nederland is dit vraagstuk verbonden met het stellen van concrete beleidsdoelstellingen en het meten van resultaten. De vraag wat rechtvaardig is, is een normatieve. Het is aan de politiek om hierover besluiten te nemen. Kennisinstellingen kunnen hierin ondersteunen door goed onderbouwde informatie en denkkaders aan te reiken. De beschikbaarheid van goede statistische informatie over de druk die door Nederlandse activiteiten wordt uitgeoefend op de planetaire grenzen helpt in de discussie over de doeltreffendheid van maatregelen, en een rechtvaardige verdeling van de maatschappelijke kosten. Gelijktijdig laat het DAPSIR-raamwerk, met name in de cyclische representatie, ook zien dat maatregelen (Response) in beeld kunnen worden gebracht zonder dat alle informatie is verkregen. Het raamwerk kan hiermee agenderen en structureren. Het is aan de politiek om te bepalen hoe groot het (ervaren) probleem moet zijn om (mogelijk ingrijpende) maatregelen te rechtvaardigen.

## 6.2 Rechtvaardige verdeling van natuurlijke hulpbronnen

Naast de verdeling van inspanningen om binnen planetaire grenzen te blijven en resterende ruimte te verdelen naar een eerlijke bijdrage, speelt ook de verdeling van het gebruik natuurlijke hulpbronnen een cruciale rol. Binnen Nederland betekent dit dat niet alleen naar nationale en internationale impact en inspanning gekeken wordt, maar ook naar een eerlijke verdeling van hoe natuurlijke hulpbronnen toegewezen worden aan landen en welke sectoren prioriteit moeten krijgen. Daarnaast is een minimale toegang, beschikbaarheid en allocatie van deze hulpbronnen van belang (Gupta et al., 2024).

De verdeling van ecologische ruimte is direct gekoppeld aan fundamentele mensenrechten. Zoals vastgelegd in Artikel 22 van de Universele Verklaring van de Rechten van de Mens, heeft ieder individu recht op maatschappelijke zekerheid en een basisniveau van welvaart. Dit vraagt om nationale inspanningen en internationale samenwerking om ervoor te zorgen dat economische, sociale en ecologische rechten op een eerlijke manier worden gerealiseerd.

Door planetaire grenzen te koppelen aan SDG's en brede welvaart ontstaat een breder perspectief waarin duurzaamheid niet alleen een ecologische noodzaak is, maar ook een sociaal en economisch vraagstuk. Dit betekent dat beleid niet alleen moet focussen op het verminderen van druk op het milieu, maar ook op het waarborgen van een eerlijke verdeling van kosten en baten, zowel nationaal als internationaal. Brede welvaart biedt bovendien de mogelijkheid om een wenkend perspectief te schetsen van een leven binnen de planetaire grenzen.

## 6.3 Gevolgen voor de brede welvaart

*Hoe groot zijn de gevolgen van druk op planetaire grenzen voor brede welvaart 'hier en nu' en 'later'?*

De planetaire grenzen zijn een maatstaf voor de leefbaarheid van de planeet voor de mens. Hoe goed het leven daadwerkelijk is, voor de huidige en voor toekomstige generaties, kan worden beschreven vanuit brede welvaart. In haar boek over de *Donut Economy* verbindt Kate Raworth (2017) een leven binnen de planetaire grenzen ('a safe space for humanity') met een leven zonder ontbering ('a just space'). De aspecten die ertoe doen, kunnen worden afgeleid uit het raamwerk van de Monitor Brede Welvaart en de SDG's. De causale relatie tussen afzonderlijke

grenzen (zoals klimaatverandering en ’nieuwe entiteiten’) en aspecten van brede welvaart (zoals honger, armoede, gezondheid) moet wetenschappelijk worden onderbouwd.

De wereldbevolking en economieën zullen de komende jaren blijven groeien en in het huidige denken kan duurzaamheid alleen met economische groei bereikt worden. De druk op planetaire grenzen zal nog lang blijven toenemen en een uitdaging worden voor volgende generaties. Dit verbindt de planetaire grenzen met de brede welvaart ‘later’.

Ook is duidelijk dat de transitie naar een duurzame wereld grote maatschappelijke veranderingen en offers met zich mee gaat brengen en dat de kosten en baten van die transitie – zowel binnen als tussen landen – niet gelijk verdeeld zullen worden. De verdeling binnen landen en de kwaliteit van leven van kwetsbare groepen betreft de brede welvaart ‘hier en nu’. De verdeling tussen landen en de voetafdruk van onze activiteiten in de wereld betreft de brede welvaart ‘elders’. De verbinding tussen planetaire grenzen en brede welvaart maakt niet alleen de gevolgen van de overschrijding van de grenzen zichtbaar, het biedt ook een manier om een positieve visie over het leven in een 'safe and just' wereld te ontwikkelen.

# 7 Referenties


Atkins, J. P., Burdon, D., Elliott, M., & Gregory, A. J. (2011). Management of the marine environment: integrating ecosystem services and societal benefits with the DPSIR framework in a systems approach. Marine pollution bulletin, 62(2), 215-226.

Binder, C. R., Hinkel, J., Bots, P. W., & Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. Ecology and society, 18(4).

CBS (2024a). Monitor Brede Welvaart en de Sustainable Development Goals. https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/monitor-brede-welvaart-en-de-sustainable-development-goals

CBS (2024b). Zuivering van stedelijk afvalwater; procesgegevens afvalwaterbehandeling | CBS https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/83399NED

CBS (2024c). Hoe gebruiken we ons water? | CBS https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-milieu-en-economie/hoe-gebruiken-we-ons-water-

CBS (2024d). StatLine - Gewasbeschermingsmiddelen; afzet werkzame stof, toepassingsgroepen https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83566NED/table?ts=1740661771484

CBS (2024e). Biologische landbouwareaal met bijna 9 procent toegenomen | CBS https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2024/03/biologische-landbouwareaal-met-bijna-9-procent-toegenomen

CBS (2025) https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/13/export-naar-duitsland-goed-voor-6-7-procent-van-het-bbp/waardeketen Geraadpleegd op 9 januari 2025

Cole, M. J., Bailey, R. M., & New, M. G. (2017). Spatial variability in sustainable development trajectories in South Africa: provincial level safe and just operating spaces. Sustainability Science, 12, 829-848.

Elliott, M., Burdon, D., Atkins, J. P., Borja, A., Cormier, R., De Jonge, V. N., & Turner, R. K. (2017). "And DPSIR begat DAPSI (W) R (M)!"-a unifying framework for marine environmental management. Marine Pollution Bulletin, 118(1-2), 27-40.

European Commission, Eurostat (1999). Towards environmental pressure indicators for the EU. First Report. Panorama of the European Union, Theme 8, Environment and energy. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Fanning, A. L., O'Neill, D. W., Hickel, J., & Roux, N. (2022). The social shortfall and ecological overshoot of nations. Nature Sustainability, 5(1), 26-36.

Gupta, J., Prodani, K., Bai, X., Gifford, L., Lenton, T. M., Otto, I., ... & Tàbara, J. D. (2024). Earth system boundaries and Earth system justice: Sharing the ecospace. Environmental Politics, 1-20.

Häyhä, T., Lucas, P. L., van Vuuren, D. P., Cornell, S. E., & Hoff, H. (2016). From Planetary Boundaries to national fair shares of the global safe operating space—How can the scales be bridged? *Global Environmental Change*, *40*, 60-72.

Kristensen, P. (2004). The DPSIR Framework, workshop on a comprehensive/ detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach. UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya

Khajuria, A. (2020). Integrated approach between DPSIR, planetary boundaries and sustainable development goals~ towards 3Rs and resource efficiency. World Environ, 10, 52-56.

Lade, S.J., Steffen, W., de Vries, W. et al. Human impacts on planetary boundaries amplified by Earth system interactions. Nat Sustain 3, 119–128 (2020). https://doi.org/10.1038/s41893-019-0454-4

Lucas, P. and Wilting, H. (2018), Using planetary boundaries to support national implementation of environment-related Sustainable Development Goals, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.

Lucas, P. and Wilting, H. C., Hof, A. F., & van Vuuren, D. P. (2020). Allocating planetary boundaries to large economies: Distributional consequences of alternative perspectives on distributive fairness. Global Environmental Change, 60, 102017.

Mesman, M., Spanbroek, N., Rijksen, E., Heideman H en Croese, K. (red.) (2022). Milieu: achterstand en acceleratie. Verkenning en analyse milieuopgaven voor het Nationaal Milieu Programma (NMP). RIVM, Bilthoven.

NASA Global Climate Change: Vital Signs of the Planet (https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/), geraadpleegd op 9-1-2025.

OECD (2023), Environmental Performance Review: Netherlands https://www.oecd.org/environment/country-reviews/environmental-performance-reviews-netherlands.htm

O'Neill, D. W., Fanning, A. L., Lamb, W. F., & Steinberger, J. K. (2018). A good life for all within planetary boundaries. Nature sustainability, 1(2), 88-95.

Paulillo, A., & Sanyé-Mengual, E. (2024). Approaches to incorporate planetary boundaries in life cycle assessment: a critical review. Resources, Environment and Sustainability, 100169.

Persson, L., et al. (2022). Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. Environmental science & technology, 56(3), 1510-1521.

Raworth, K. (2017). Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist. Chelsea Green Publishing.

Richardson, K., et al. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. Science advances, 9(37), eadh2458.

Rockström, J., et al. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and society, 14(2).

Sachs, J.D., Lafortune, G., Fuller, G. (2024). The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. doi:10.25546/108572

Steffen, W., et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1259855.

Steffen, W., et al. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(33), 8252-8259.

Stockholm Resilience Centre https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html geraadpleegd op 9 januari 2025

Wamelink, W., van Dobben, H., van der Zee, F., van Hinsberg, A., & Bobbink, R. (2023). Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden

van Natura 2000: Herziening 2023. (Rapport/Wageningen Environmental Research; No. 3272). Wageningen Environmental Research.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2023). Rechtvaardigheid in klimaatbeleid. Over de verdeling van klimaatkosten, WRR-Rapport 106, Den Haag: WRR.

Website: www.overshootday.org, geraadpleegd januari 2025

Website: https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2024/09/13/regeerprogramma-zet-in-op-een-groen-en-welvarend-nederland, geraadpleegd februari 2025

# Bijlagen

## A Mondiale en regionale controlevariabelen per planetaire grens

| Planetaire grens | Schaalniveau | Controle variabelen | Grenswaarden (boven- en ondermarges tussen haakjes) | Bron |
|---|---|---|---|---|
| Klimaatverandering (Climate change) | Mondiaal | Concentratie van CO2 in de atmosfeer | 350 ppm CO2 (350–450 ppm) | a) |
| | Mondiaal | Totale antropogene stralingsforcering (energie-imbalans) in de top van de atmosfeer | +1.0 W per vierkante meter (+1.0–1.5 W per vierkante meter) | a), d) |
| | Mondiaal | Mondiale klimaatgrens vastgesteld om regionale omslagpunten en aantasting van het bioom te voorkomen | Waarschijnlijkheid dat omslagpunten worden overschreden: laag, 0,5–1,0 °C; matig, >1,0 °C; hoog, >1,5 °C; zeer hoog, >2,0 °C | c) |
| Biodiversiteit (Change in biosphere integrity) | Mondiaal | Genetische diversiteit: snelheid van uitsterven van soorten | < 10 E/MSY (10–100 E/MSY), met een streefwaarde van ca. 1 E/MSY ("the background rate of extinction loss"), waarbij E/MSY = het aantal uitstervende soorten per miljoen soort-jaren | a) |
| | Per type ecosysteem b) | Functionele diversiteit: Biodiversity Intactness Index (BII) | Behoud van de BII op 90% (90–30%) of meer, afhankelijk van het type ecosysteem | a) |
| | Per type ecosysteem? | Functionele integriteit: energie beschikbaar voor ecosystemen (procenten HANPP)e) | Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) (in miljard ton C per jaar) <10% van het pre-industriële Holoceen, zodat >90% resteert voor het ondersteunen van de biosfeerfunctie | d) |
| Aantasting van de ozonlaag (Stratospheric ozone depletion) | Mondiaal | Stratosferische ozonconcentratie in Dobson Units | <5% vermindering ten opzichte van het pre-industriële niveau (276 ~ 290 Dobson Units, DU's)<br><br>(5%–10%), afhankelijk van de breedtegraad | a), d) |
| Oceaanverzuring (Ocean acidification) | Mondiaal | Concentratie van carbonaationen, gemiddelde mondiale verzadigingstoestand van de oppervlakte-oceaan met betrekking tot aragoniet (Ωarag) | ≥80% van de pre-industriële aragonietverzadigingstoestand van de gemiddelde oppervlakte-oceaan, rekening houdend met dag-en-nacht cycli en seizoensvariabiliteit (≥80% – ≥70%) | a) |
| Biogeochemische stromen van fosfor en stikstof (Biogeochemical flows: P and N cycles): fosfor | Mondiaal | Fosforafvoer vanuit zoetwatersystemen naar de oceaan | 11 Tg P per jaar (11–100 Tg P per jaar) | a) |

| Planetaire grens | Schaalniveau | Controle variabelen | Grenswaarden (boven- en ondermarges tussen haakjes) | Bron |
|---|---|---|---|---|
| | Regionaal | Fosforstroom van meststoffen naar erodeerbare bodems | 6,2 Tg per jaar gewonnen en aangebracht op erodeerbare (landbouw)bodems (6,2-11,2 Tg per jaar). Grens is een mondiaal gemiddelde, maar regionale verdeling is van cruciaal belang voor de impact. | a) |
| Biogeochemische stromen van fosfor en stikstof (Biogeochemical flows: P and N cycles): stikstof | Mondiaal en regionaal | Industriële en opzettelijke biologische fixatie van stikstof | 62 Tg N per jaar (62-82 Tg N per jaar). Grens is een mondiaal gemiddelde. Antropogene biologische N-fixatie in landbouwgebieden is zeer onzeker, maar wordt geschat op ~30 tot 70 Tg N per jaar. De grens fungeert als een mondiale 'klep' die de introductie van nieuwe reactieve stikstof in het aardsysteem beperkt, maar regionale distributie van stikstof uit kunstmest is van cruciaal belang voor de impact. | a), d) |
| Verandering van het landsysteem (Land-system change) | Mondiaal | Oppervlakte bebost land als percentage van de oorspronkelijke bosbedekking | 75% (75-54%) Waarden zijn een gewogen gemiddelde van de drie individuele bioomgrenzen en hun onzekerheidszones | a) |
| | Per type ecosysteem | Oppervlakte bebost land als percentage van het potentiële bos | Percentage resterend bebost land: tropische ecosystemen: 85% (85–60%), gematigde: 50% (50–30%), boreale: 85% (85–60%) | a) |
| Zoetwatergebruik (Freshwater use) | Mondiaal | Maximale hoeveelheid zoetwatergebruik | 4000 km3 per jaar (4000–6000 km3 per jaar) | a) |
| | | Door de mens veroorzaakte verstoring van water uit neerslag, verdamping en bodemvocht ('groen water') beschikbaar voor planten | Percentage landoppervlak met afwijkingen van pre-industriële variabiliteit: 11,1 procent | d) |
| | | Door de mens veroorzaakte verstoring van waterstromen van rivieren, meren, reservoirs en hernieuwbaar grondwatervoorraden ('blauw water') | Bovengrens (95e percentiel) van het mondiale landoppervlak met grotere afwijkingen dan tijdens het pre-industriële tijdperk. Blauw water: 10,2% | d) |
| | Per bassin | Maximale onttrekking van zoetwater als percentage van het gemiddelde maandelijkse rivierdebiet | Maanden met een laag debiet: 25% (25-55%); maanden met een middelmatige stroom: 30% (30-60%); maanden met hoge stromen: 55% (55-85%) | a) |

| Planetaire grens | Schaalniveau | Controle variabelen | Grenswaarden (boven- en ondermarges tussen haakjes) | Bron |
|---|---|---|---|---|
| Atmosferische aerosolbelasting (Atmospheric aerosol loading} | Mondiaal | Aerosol Optical Depth (AOD), een maatstaf voor de hoeveelheid direct zonlicht die door deeltjes in de atmosfeer (zoals stof, rook en vervuiling) wordt verhinderd de grond te bereiken. Verschil in AOD tussen halfronden | Gemiddeld jaarlijks verschil in AOD tussen halfronden: 0,1 | a), d) |
| | Regionaal | AOD heeft veel regionale variatie en daarom een seizoensgemiddelde boven een regio | Op basis van data over de Zuid-Aziatische moesson: antropogene totale (absorberende en verstrooiende) AOD over het Indiase subcontinent van 0,25 (0,25–0,50); absorberende (opwarmende) AOD minder dan 10% van de totale AOD | a) |
| Introductie van nieuwe entiteiten (Introduction of novel entities) | | Percentage synthetische chemicaliën dat zonder adequate veiligheidstests in het milieu terechtkomt | Nog onduidelijk, gesteld op 0 procent | d) |
| | | Totale chemische input die kan worden geabsorbeerd zonder onaanvaardbare negatieve effecten, vooral met betrekking tot chemische stoffen die langzaam afbreken en zich in het milieu ophopen, zoals persistent organic pollutants (POPs), persistent, bioaccumulative and toxic (PBT) chemicals, en plastics | Nog niet vastgesteld | e) |

# B Matrix als werkvorm om onderlinge relaties in beeld te krijgen

