
Notitie	datum	13 maart 2014
	onderwerp	Milieu als groene motor van de economie
	aan	Het ministerie van Infrastructuur en Milieu
	van	<i>Viktória Kocsis, Bert Tieben; SEO Economisch Onderzoek; Frank den Butter; Vrije Universiteit Amsterdam</i>
	nummer	2015-07

Inleiding

Deze notitie onderzoekt de vraagstelling voor een mogelijk onderzoeksprogramma ‘modellering groene economie’. De achtergrond van dit programma is de behoefte van beleidsmakers bij het ministerie van I&M en collega-ministeries om de kennisontwikkeling rondom het thema groene groei om te zetten in meer concrete handvatten voor beleid.

Deze notitie gaat nader in op de lessen uit de wetenschappelijke literatuur over de rol van natuur en milieu in groene groei en hoe die zijn aangepakt door de economische theorie en modelbouw. Daarbij wordt ook aandacht besteed aan de methoden om groene groei te meten, en om zodoende een oordeel te kunnen geven over de mate waarin groene groei plaatsvindt. Dit kan helpen om de focus en de meest relevante vragen van een mogelijk onderzoeksprogramma over groene groei te krijgen. Twee onderwerpen zijn van belang:

- Milieu in groeitheorie: Wat zegt de economische wetenschap over de inzet van natuurlijk kapitaal en milieu als productiefactor? Wat zijn de lessen van de groeitheorie over de *trade-off* tussen economische groei en de druk op milieu en natuurlijke hulpbronnen?
- Het meten van groene groei: Wat zijn de plussen en minnen van bestaande indicatoren? Welke indicatoren ondervangen de nadelen van bestaande indicatoren? Is het mogelijk om een indicator te ontwikkelen die ontkoppeling in één cijfer vangt?

De analyse van natuurlijk kapitaal in relatie tot economische groei is gebaseerd op de bestaande groeimodellen en metingen. In het volgende hoofdstuk geeft de notitie aan hoe de economische groeitheorie de rol van milieu en milieukapitaal modelleert. Al decennia lang is milieu gezien als een productiefactor die bijdraagt aan de productie. De effecten van elke productiefactor – dus ook van milieukapitaal – op economische groei worden beschreven met de begrippen productiviteit en efficiëntie.

Het waarborgen van de milieukwaliteit is een publiek belang. Benutting van het milieu in de productie brengt veelal externe effecten met zich mee die het beleid dient te internaliseren. Daarnaast maakt milieu onderdeel uit van de sociale welvaartsfunctie waarop beleidsmakers kunnen sturen. Uiteraard maken ook andere publieke belangen onderdeel uit van de sociale welvaartsfunctie. Er is sprake van een wisselwerking tussen de belangen waarop de overheid zich wil richten. Door milieu te expliciteren in de sociale welvaartsfunctie wordt de wisselwerking transparant en kan het begrip groene groei beter vanuit de politieke preferenties ten aanzien van de verschillende welvaartsaspecten gedefinieerd worden.

In het tweede hoofdstuk worden de mogelijkheden weergegeven over de meting van milieu. Internationale organisaties, bijvoorbeeld de *Green Growth Knowledge Platform* (GGKP; een samenwerkingsorganisatie tussen OESO, UNEP, *World Bank* en GGGI), geeft een richtsnoer voor indicatoren om milieukapitaal en -kwaliteit te meten. Er zijn echter problemen met het moneteriseren van sommige delen van milieu. Sommige componenten, zoals verhandelbare natuurlijke hulpbronnen of CO₂-uitstoot, zijn al langere tijd meegenomen in zulke berekeningen. Maar sommige delen van milieu, zoals luchtvervuiling door andere broeikasgassen (NO_x of SO₂), zijn externe effecten zonder prijskaartjes. Een ander probleem met de berekening is dat sommige componenten van natuurlijk kapitaal, bijvoorbeeld de positie van watervoorraden in de landbouw, al onderdeel zijn van andere vormen van kapitaal. Met een nieuwe indicator tellen deze componenten twee keer mee.

Het tweede hoofdstuk laat de voor- en nadelen zien van indicatoren die de welvaarts waarde van het milieu in samenhang met economische groei beschrijven. De vraag daarbij is in welke mate een ontkoppeling tussen milieudruk en groei mogelijk en wenselijk is in de beleidsambitie om groene groei te bewerkstelligen.

Beide hoofdstukken bevatten ook relevante vragen voor vervolgonderzoek.

Milieu als productiefactor voor groene groei

De groeitheorie biedt een integrale aanpak voor de analyse van groene groei. De groeitheorie modelleert milieu als een productiefactor met het potentieel om de productie van goederen en diensten in de economie te verhogen. Daarmee staat milieu theoretisch gezien op gelijke voet met arbeid en kapitaal als productiefactoren. Belangrijk verschil is echter dat de kwaliteit en kwantiteit van milieukapitaal sneller begrensd is dan de andere productiefactoren. De voorraad milieu raakt uitgeput als gevolg van productie. Groene groei is alleen mogelijk met flankerende investeringen om deze uitputting te beperken.

Dit hoofdstuk bespreekt eerst de economische principes van de groeitheorie. Vervolgens worden de begrippen productiviteit, efficiëntie en welvaart toegelicht. Het begrip welvaart vormt de kern van de definitie van groene groei. Tenslotte bespreekt dit hoofdstuk de relatie tussen investeringen in milieu en technologische ontwikkeling en groene groei.

Milieu als input in de productiefunctie

De relatie tussen economische groei en duurzaamheid staat al lang op de agenda (voor een literatuuroverzicht zie Hallegatte et al. 2012, Den Butter & Hofkes 2001, Smulders & Withagen 2012). De groeitheorie verklaart de relatie tussen de groei van de productie van producten en diensten in de economie (output) en de inzet van productiefactoren zoals arbeid en kapitaal die nodig is om deze groei te realiseren (input).

Grof gezegd kent de modellering van de relatie tussen input en output in de groeitheorie twee varianten. De eerdere, klassieke *exogene* groeitheorie ziet arbeid en kapitaal als de centrale productiefactoren. Volgens deze modellen neemt arbeid alleen toe door exogene veranderingen,

zoals populatiegroei of verbeteringen in het participatiegedrag. Deze exogene factoren – zaken die strikt genomen buiten het productieproces staan – zijn met andere woorden de ultieme bron van de productiegroei.

De *endogene* groeitheorie voegt hieraan toe dat ook het proces van groei zelf krachten oproept die groei stimuleren. Dit maakt de toename van de productie endogeen. Als een van de vaders van de endogene groeitheorie wees Paul Romer op de positieve externe effecten van technologische ontwikkeling. Technologie is een soort blauwdruk voor productie – de wijze waarop arbeid en kapitaal samenwerken in het productieproces – die tegen zeer lage kosten gereproduceerd kan worden waardoor de toegevoegde waarde van technologie zich als een olievlek over de economie verspreidt. Een investering in technologie kent zo als endogeen effect toenemende meeropbrengsten. Technologie verwijst naar zowel *general purpose* technologieën (i.e. technologie die effecten heeft op de hele economie, zoals hernieuwbare elektriciteitsopwekkingstechnologieën) als naar de institutionele achtergrond of de organisatiecultuur.

Een variant op de endogene groeitheorie die in het vervolg van deze notitie aan de orde komt is de modellering van de *economische groei met endogene technologie* (Den Butter en Wollmer, 1993). Hierbij is de technologische ontwikkeling in de hiervoor bedoelde brede zin niet, zoals in de klassieke groeitheorie een exogeen gegeven – “*mana from heaven*”-, maar een gevolg van investeringen in technologische ontwikkeling die de efficiëntie van de inzet van productiefactoren doen toenemen. De kwaliteit van de leefomgeving is in deze endogene groeimodellen alleen een extern effect dat de productie niet direct beïnvloedt.

De volgende formule beschrijft de relatie tussen de productiefactoren, technologie en productie:

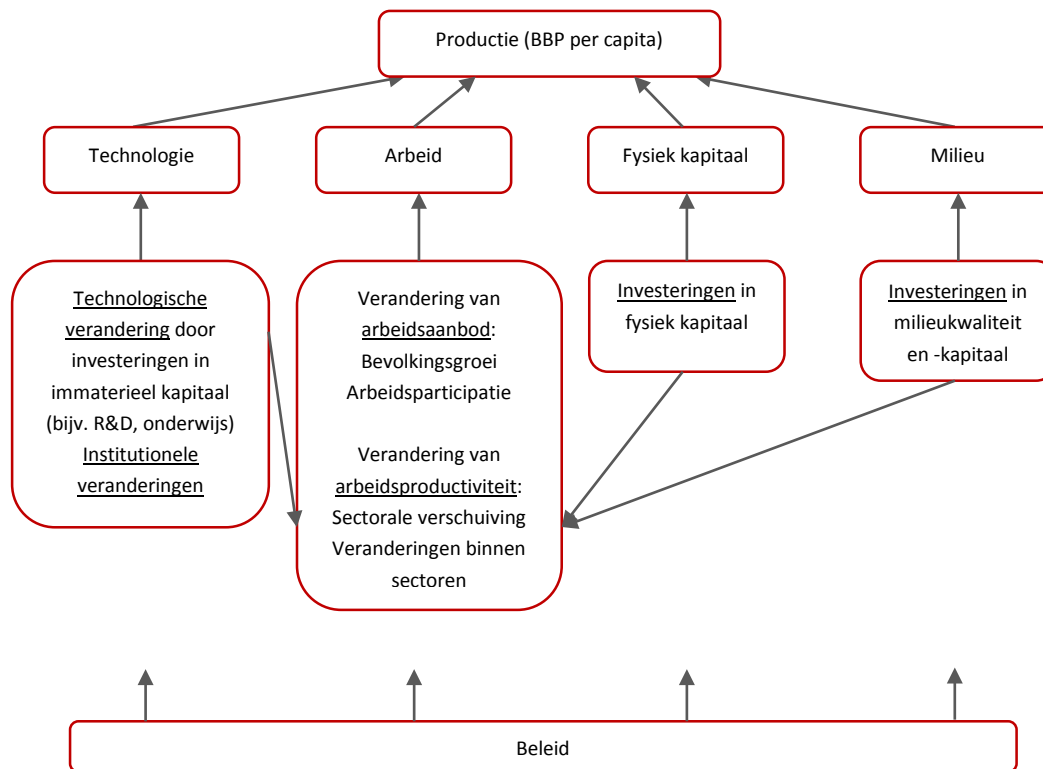
$$Y = af(bK, cL).$$

In de formule is Y de totale productie in de economie die afhankelijk is van a , de technologie in het productieproces, K , fysiek kapitaal en L , arbeid. Deze productiefunctie beschrijft hoe meer arbeid, fysiek kapitaal en beter technologieën tot meer productie leiden:

$$\frac{\partial Y}{\partial a} > 0, \frac{\partial Y}{\partial K} > 0, \frac{\partial Y}{\partial L} > 0.$$

Coëfficiënten b en c meten de *efficiëntie* van fysiek kapitaal en arbeid (efficiëntie wordt later uitgebreid toegelicht). Een grotere coëfficiënt betekent dat per eenheid input een grotere hoeveelheid output wordt geproduceerd. Ofwel: hoe efficiënter kapitaal en arbeid zijn, hoe meer de economie produceert met een gegeven voorraad productiefactoren.

Figuur 1 De opbouw van productie en de drijvers achter groei



Bron: SEO Economisch Onderzoek; gebaseerd op Den Butter & Hofkes (2001), Van Ark et al. (2004).

Met de opkomst van milieueconomie in de jaren 70 heeft de endogene groeitheorie milieu als input opgenomen in de productiefunctie (Figuur 1). Milieu verwijst in deze aanpak zowel naar milieukwaliteit (bijvoorbeeld waterkwaliteit, die cruciaal is voor de gezondheid van de grond) als milieukapitaal (natuurlijke hulpbronnen zoals de voorraden olie en gas). De productiefunctie in de bovenstaande standaard groeimodellen wordt dus uitgebreid met milieu (E) als productiefactor:

$$Y = af(bK, cL, dE)$$

waar d de efficiëntie van milieukapitaal is. Betere milieukwaliteit (bijv. betere waterkwaliteit) of extractief gebruik van milieudiensten (bijv. van fossiele brandstoffen) creëren extra productie:

$$\frac{\partial Y}{\partial E} > 0.$$

Naast deze directe link tussen milieu en productie draagt de kwaliteit van het milieu indirect bij aan de productie. Een voorbeeld is de invloed van een goed leefmilieu op de productiviteit van werknemers (i.e. niet-extractief gebruik; Den Butter en Hofkes, 1995).

Een vervolgvraag is hoe economische groei en de effecten van milieu op de productie te meten zijn.

Productiviteit en efficiëntie

Er zijn twee belangrijke maatstaven om economische groei te meten (Fried et al. 2008):

1. productiviteit;
2. efficiëntie.

Productiviteit kan worden gemeten als de totale productie (Y) gedeeld door het inputverbruik (K , L , E), dus de productie per eenheid productiefactor. In dit verband ligt het voor de hand economische groei af te meten aan de toename van de totale productie, waarbij Y het reële (voor inflatie gecorrigeerde) productieniveau voorstelt. Voor een gegeven inzet van de inputs betekent productiviteitsverbetering dus economische groei. De productiviteitsverbetering betekent:

- dezelfde productie met minder inputverbruik;
- meer productie met hetzelfde inputverbruik.

Beide vormen van productiviteitsgroei kunnen geschat worden door twee methoden: productiviteit per productiefactor en multifactorproductiviteit. Ten eerste meten economen de *productiviteit per productiefactor* als Y/K , Y/L , Y/E . Voor groene groei is vooral de milieuproductiviteit, Y/E van groot belang. Productiviteit kan veranderen door toename van het inputverbruik *zonder* investeringen in technologische verandering of *met* investeringen in technologie.

Zonder investeringen in technologie kan het verbruik van één factor verschillende effecten hebben op de productiviteit van andere productiefactoren afhankelijk van de substitutie tussen productiefactoren.¹ Als de productiefactoren sterke substituten zijn, compenseert bij gelijkblijvende productie de toename van het verbruik van één factor de afname van het verbruik van andere factoren. Bijvoorbeeld, door de extractie van milieu kan worden bespaard op de inzet van kapitaal en arbeid om hetzelfde productieniveau te realiseren. Dit betekent per definitie een stijging van de productiviteit van arbeid en fysiek kapitaal, zonder dat de efficiëntie van het gebruik van het milieu is toegenomen.

$$E \uparrow \rightarrow \frac{\bar{Y}}{K} \text{ en } \frac{\bar{Y}}{L} \uparrow \text{ voor een gegeven productieniveau } \bar{Y}$$

Als de productiefactoren elkaar aanvullen of zwakke substituten zijn, heeft de economie meer van alle productiefactoren nodig om tot meer productie te komen. Toename van het milieu ‘verbruik’ is in dit geval een noodzakelijke voorwaarde voor productiegroei. Bij afname van de extractie van milieu daalt de productie ook en neemt de productiviteit van arbeid en fysiek kapitaal per definitie af.

¹ De mate van substitutie kan worden bepaald via de substitutie-elasticiteit. Deze elasticiteit is gedefinieerd als de relatieve verandering in de kapitaalintensiteit als gevolg van een zeer kleine relatieve wijziging in de verhouding tussen de reële loonvoet w en de winstvoet r bij een gelijkblijvende omvang van de productie. Empirische bewijs ontbreekt over substitutie-elasticiteit tussen kapitaal, arbeid en milieu.

$$E \downarrow \rightarrow Y \downarrow \rightarrow \frac{Y}{\bar{L}} \text{ en } \frac{Y}{\bar{K}} \downarrow \text{ voor gegeven } \bar{L} \text{ en } \bar{K}$$

Investerings in technologische ontwikkeling (bijv. in hernieuwbare energiebronnen) verbeteren de productiviteit van alle productiefactoren. Technologische ontwikkelingen beïnvloeden de productie op een directe manier: met gelijke inzet van de productiefactoren kan de productie Y stijgen. Daarmee groeit de productiviteit van alle productiefactoren (Y/K , Y/L en Y/E).² De tweede rij in Tabel 1 laat dit mechanisme zien. Dit voorbeeld toont hoe een grotere efficiëntie van de inzet van het milieu, dankzij wat genoemd wordt milieubesparende technologische vooruitgang, niet alleen tot een hogere milieuproductiviteit maar ook tot een hogere kapitaalproductiviteit en arbeidsproductiviteit leidt. Aan de andere kant kan de productie ook toenemen wanneer dankzij arbeidsbesparende technologische vooruitgang (\uparrow) de inzet van arbeid efficiënter wordt. In dat geval is er wel sprake van een hogere milieuproductiviteit maar niet van een hogere milieuefficiëntie.

Tabel 1 Door investeringen in milieu en technologie neemt productiviteit toe

	Productie Y	Efficiëntie (E) d	(K,L) b,c	Productiviteit (E) Y/E	(K,L) $Y/K, Y/L$
Investerings in milieu (E)	\uparrow	\uparrow	0	\uparrow	\uparrow
Investerings in technologie (a)	\uparrow	0	0	\uparrow	\uparrow

Bron: SEO Economisch Onderzoek

De relatie tussen (milieu) productiviteit en (milieu) efficiëntie wordt ingewikkelder wanneer veranderingen in prijsverhoudingen tot substitutie bij de inzet van productiefactoren leiden. Zo kan een (extra) beprijzing van het milieu, bijvoorbeeld via regulerende heffingen om externe effecten te internaliseren, tot gevolg hebben dat in de productie minder milieu wordt gebruikt en, zeg, meer arbeid. In dat geval neemt de milieuproductiviteit toe en vermindert de arbeidsproductiviteit, terwijl de milieuefficiëntie en arbeidsefficiëntie onveranderd zijn gebleven. In tweede instantie kan deze hogere prijs van het milieu er in resulteren dat investeringen in technologische vooruitgang meer op verbetering van de milieutechnologie en minder op verbetering van de arbeidsbesparende technologie zijn gericht. Daarbij neemt in vergelijking met een situatie zonder beprijzing de milieuefficiëntie toe en daalt de arbeidsefficiëntie. Het hangt dan van de substitutie-elasticiteiten en van de uit de productiefunctie afgeleide vraagvergelijkingen naar arbeid, kapitaal en milieu af of een dergelijke verhoging van de milieuefficiëntie nog steeds tot een hogere milieuproductiviteit en een lagere arbeidsproductiviteit leidt.

Ook kan beprijzing van het milieu ervoor zorgen dat technologieën die milieugebruik vermijden, zoals windenergie, zonnepanelen of geothermische energie, voldoende rendabel worden en milieugebruik vervangen. In dat geval daalt de inzet van milieu bij gelijkblijvende milieuefficiëntie, en neemt de inzet van kapitaal om investeringen in de nieuwe technologieën te bekostigen toe. In deze situatie is dus sprake van toenemende milieuproductiviteit bij gelijkblijvende milieuefficiëntie, en neemt de kapitaalproductiviteit af. Overigens zonder dat hier een directe relatie met het kapitaalrendement valt te leggen. Deze verschillende casussen laten zien dat het bij de inzet en

² We zien hier af van de vraag of technologische ontwikkeling kapitaalverbruikend, arbeidsverbruikend of neutraal is. Bij neutrale technologische vooruitgang blijft de kapitaalintensiteit van de productie constant.

interpretatie van het beleid om een groene groei te bewerkstelligen essentieel is milieuproductiviteit en milieuefficiëntie van elkaar te onderscheiden.

Een andere maatstaf van productiviteit is de zogenaamde *multifactorproductiviteit* (mfp). Mfp toont de toegevoegde waarde aan per gecombineerde eenheid kapitaal, arbeid en milieu. Een belangrijke bron van toename van mfp is wanneer de *a* (technologie) in de productiefunctie toeneemt. Het gaat dan om een zogeheten niet-geïncorporeerde technologische vooruitgang. Dat is een technologische vooruitgang die niet aan een van de productiefactoren is toe te schrijven. Te denken valt aan technische verbeteringen in het productieproces die het resultaat zijn van investeringen in onderzoek en ontwikkeling (O&O), maar ook aan organisatorische verbeteringen in het productieproces, bijvoorbeeld via innovatieve toepassingen van nieuwe diensten (zie b.v. Adviesraad voor Wetenschap en Technologiebeleid, 2012).

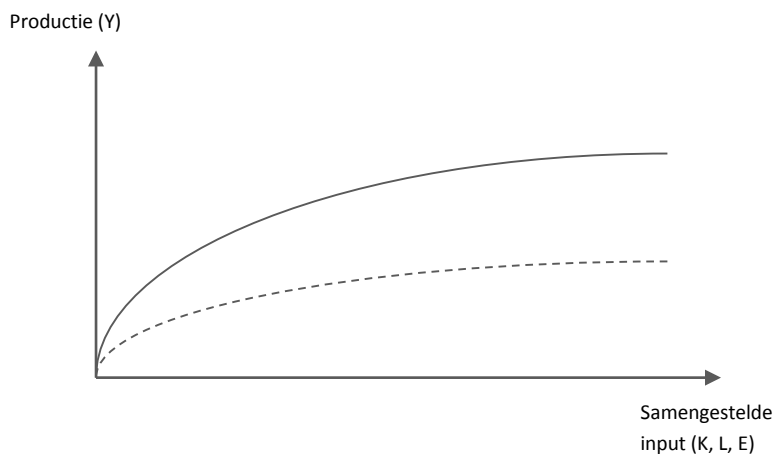
In empirische studies van economische groei wordt mfp veelal als maat gezien van het aan technische vooruitgang toe te schrijven deel van economische groei. Mfp wordt daarbij gemeten als het verschil tussen de feitelijke productie en de inzet van de productiefactoren, gecorrigeerd voor hun elasticiteitswaarden in de productiefunctie (zie b.v. O'Mahony en Timmer, 2009). Bij een beschouwing over de relatie tussen mfp en groene groei is dan wel nodig dat bij de berekening van mfp op goede wijze rekening wordt gehouden met de inzet van het milieu in de productie. Wanneer alleen de inzetten van arbeid en kapitaal, en eventueel van intermediaire goederen, deel uitmaken van de gebruikte productiefunctie en wanneer de milieuefficiëntie, dankzij gericht beleid toeneemt, komt dat niet in de berekende mfp tot uitdrukking.

Als de beschikbare productiefactoren optimaal (i.e. zonder verspilling) zijn verbruikt, kan de economie een maximaal productieniveau bereiken. Deze uitkomsten zijn *efficiënt*. Productie die alle factoren optimaal gebruikt, bepaalt de *production frontier* van de economie. De *production frontier* kan geïllustreerd worden door een curve die alle efficiënte input-output combinaties verbindt (zie Figuur 2). Langs de *production frontier* is sprake van productieve efficiëntie. In tegenstelling tot de *production frontier* laat de curve met de streepjeslijn in Figuur 2 input-output combinaties zien waar de productiefactoren op een inefficiënte manier zijn verbruikt.³

[PM voorbeeld visserij]

³ Productie met hetzelfde inputverbruik boven de huidige *production frontier* is alleen bereikbaar door nieuwe investeringen in technologie *a*.

Figuur 2 Production frontier: maximale productie van de beschikbare input



Bron: SEO Economisch Onderzoek, gebaseerd op Hallegatte et al. (2012)

Als de productie afwijkt van de *production frontier* bestaat er ruimte voor efficiëntieverbetering. In de formule van productie geven b , c en d de mate van efficiëntie aan van respectievelijk fysiek kapitaal, arbeid en milieu. Investerings in een productiefactor verbeteren de efficiëntie van deze factor. Bijvoorbeeld, de efficiëntie van milieu neemt toe door investeringen in milieukwaliteit en -kapitaal (bijv. in waterkwaliteit). Deze investeringen hebben geen effect op de efficiëntie van de andere productiefactoren maar wel op hun productiviteit. Door investeringen in milieukwaliteit en -kapitaal groeit de productie, Y en daardoor de productiviteit van arbeid, Y/L en fysiek kapitaal, Y/K . In de eerste rij van Tabel 1 worden deze effecten samengevat.

Milieu in de welvaartfunctie

In een brede welvaartsanalyse zijn verschillende factoren bepalend voor de maatschappelijke welvaart. Naast de materiële welvaart, met de omvang van de productie (Y) als indicator zijn dat bijvoorbeeld de mate van inkomensgelijkheid, de inflatie en andere mogelijke welvaartsindicatoren zoals deze zijn opgenomen in de *Human Development Index* van de Verenigde Naties. Vanuit het perspectief van groene groei is het relevant het milieu – de “milieukwaliteit” als onderdeel van de totale welvaart op te nemen. Welvaart is dan de optelling van de waarde van zowel goederen en diensten als het milieu voor producenten en consumenten. Dit betreft zowel geprijsde als niet-geprijsde goederen en diensten. Bijvoorbeeld, consumenten waarderen schonere lucht en water waarmee de kwaliteit van de leefomgeving mede het beleven van welvaart bepaalt, maar telers kunnen ook profiteren van betere waterkwaliteit of energie opgewekt door niet-uitputbare natuurlijke hulpbronnen, zoals zon of wind.

In formule kan de maatschappelijke welvaart (W) met productie en milieu als elementen als volgt weergegeven worden:

$$W = w(Y, E)$$

Hierbij geeft de specificatie van de welvaartsfunctie (W) aan welke afruil er tussen productie (materiële welvaart) en milieu bestaat. Deze afruil is een kwestie van maatschappelijke voorkeuren en wordt daarmee door de politiek bepaald. Voor de economische analyse is de afruil een gegeven, zij het dat vanuit paternalistische overwegingen wel bepleit wordt om de maatschappelijke voorkeuren op dit gebied te beïnvloeden. De doelstelling van economisch beleid is daarbij om het potentieel voor welvaarts groei, gegeven de voorkeuren, maximaal te benutten. Figuur 2 laat zien dat maximale welvaart vraagt dat productie plaatsvindt op de *frontier*, met andere woorden als de productie efficiënt is. Maximale welvaart is echter niet altijd mogelijk en dat duidt op een efficiëntieverlies. Bij een minder efficiënte productie stijgen de prijzen en wordt minder geïnvesteerd in de economie.

In de praktijk zijn er meerdere factoren die efficiëntie belemmeren:

- verschillende typen marktfalen, zoals milieu-externaliteiten, kennis-spillovers of schaal-effecten;
- exogene factoren, zoals de economische crisis;
- beperkt-rationaal gedrag van consumenten.

Als markten taken niet efficiënt werken is er sprake van *marktfalen* (voor een uitgebreide lijst van milieugerelateerde typen marktfalen zie Kocsis et al. 2013). Het kan gebeuren dat de productie van goederen en diensten gevolgen heeft buiten de desbetreffende markt (bijvoorbeeld op andere markten of op het milieu) en dat marktspelers die gevolgen niet meenemen in de kosten en baten bij het nemen van beslissingen. Deze effecten worden *externe effecten* of externaliteiten genoemd. Externe effecten hebben geen markt en dus ook geen prijs.

Externe effecten kunnen negatief of positief zijn. Externaliteiten zijn negatief als de maatschappelijke kosten van een activiteit hoger zijn dan de particuliere kosten van dezelfde activiteit. *Milieu-externaliteiten*, zoals de vervuiling van de lucht door broeikasgassen, zijn een typisch voorbeeld hiervan. Milieuschade vermindert derhalve de welvaart van consumenten.

Externe effecten zijn positief als de sociale baten van een activiteit hoger zijn dan de particuliere baten en de markt deze baten niet kan internaliseren. Een voorbeeld hiervan is *kennis-spillovers* in het innovatieproces. Als kennis-spillovers niet geïnternaliseerd zijn, vindt er minder innovatie plaats dan sociaal wenselijk is. Kennis-spillovers leiden tot externaliteiten als bedrijven niet alle vruchten van hun investeringen in kennis en innovatie kunnen plukken omdat andere bedrijven die kennis gebruiken zonder daarvoor het volle pond te betalen. De stimuli om te innoveren nemen dus af. Hierdoor ontstaat een lager dan sociaal optimaal innovatieniveau en vermindert de welvaart.

Schaalvergroting verwijst naar de afname van de kosten per eenheid naarmate de capaciteit of de productie van een bedrijf toeneemt. In deze markten zijn investeringen vaak kapitaalintensief met een grote vast component, die niet gevoelig is voor de omvang van de productie. Schaalvergroting biedt grote bedrijven dan kostenvoordelen waardoor de markt gedomineerd zal worden door een beperkt aantal bedrijven. Maatschappelijk gezien is dit ook de wenselijke situatie. Maar als schaalvergroting leidt tot marktmacht, kunnen bedrijven een hogere prijs berekenen dan het efficiënte niveau of minder investeren dan maatschappelijk gezien wenselijk is. Alleen producenten benutten van zo'n marktuitkomst en hun winst komt niet ten goede aan de consument.

Door de *economische crisis* verdienen bedrijven onvoldoende om nieuwe investeringen te financieren, bijvoorbeeld in milieukwaliteit. Daarnaast is het risico van zulke investeringen te hoog want de verwachte baten zijn onvoorspelbaar. Dit investeringsklimaat belemmert de inzet van nieuwe technologieën, zoals de productie en verbruik van energie-efficiënte producten of hernieuwbare energiebronnen (Van der Ploeg & Withagen 2013).

Consumenten hebben nogal eens de neiging het risico en de gevolgen van hun gedrag te onder- of overschatten of geïnformeerde keuzes te maken. In dit geval maken consumenten *beperkt-rationele keuzes*. Door dit gedrag, dat bijvoorbeeld is ingegeven door te hoge kosten van informatie, of door een tijdsvoorkeur die vanuit paternalistische overwegingen onverantwoord lijkt, zullen ze bijvoorbeeld minder investeren in energiebesparing dan voor de totale welvaart optimaal is.

Deze factoren leiden tot een minder efficiënte uitkomst voor de economie. Daardoor is er ruimte voor beleid die de efficiëntie van de economie beoogt te verbeteren. Beleid dient te gebaseerd zijn op welvaartsanalyse die rekening houdt met marktfalen, exogene factoren en beperkte rationaliteit van consumenten (zogenaamde *Ramsey*-uitkomst). Voor de berekening van de *Ramsey*-uitkomst zijn echter in monetaire termen uitgedrukte waarden – ook voor externaliteiten – nodig. Dit maakt de welvaartsanalyse minder eenvoudig waardoor het lastig is de ‘cirkel van goede intenties’ te doorbreken met economische argumenten (zie paragraaf ‘Het monetariseren van externaliteiten en goederen’).⁴

Wat is groene groei?

Niet alleen de huidige welvaart maar ook intergenerationele overdrachten en dus de toekomstige welvaart maken deel uit van de overwegingen voor beleid (WRR, 1999; Den Butter 2011). In dat geval zijn niet alleen de voorkeuren van de huidige generatie ten aanzien van de afruil tussen materiële welvaart en milieu van belang, maar komen ook de preferenties van toekomstige generaties in beeld. Daarnaast is het van groot belang om te weten hoe de substitutie tussen de verschillende productiefactoren eruit ziet (zie paragraaf ‘Productiviteit en efficiëntie’).

De maatschappelijke voorkeur voor milieu en de precieze vorm van substitutie tussen productiefactoren zijn echter onbekend. Dit geldt in nog sterkere mate voor de preferenties van de huidige versus de toekomstige generaties. Deze vormen van onzekerheid beïnvloeden de afweging van productie en milieu in de welvaartfunctie. Om de analyse hanteerbaar te houden schetst Den Butter (2011), in navolging van het WRR-rapport “Generatiebewust Beleid” (WRR, 1999), twee mogelijkheden.

De eerste mogelijkheid is dat het beleid de mogelijkheid openlaat van een collectieve afweging tussen milieu en productie. Zo kan intering op milieukapitaal worden toegestaan wanneer daar bijvoorbeeld een investering in andere vormen van kapitaal (i.e. in onderwijs of gezondheidszorg) tegenoverstaat die een even grote welvaartswaarde voor de volgende generaties vertegenwoordigt. Zulke investeringen worden uitgevoerd ten koste van de mogelijke investeringen in milieu. Het zijn met andere woorden (investeringen in) andere productiefactoren die substituten zijn van

⁴ De cirkel van goede intenties verwijst naar de probleemstelling voor de calculus van het publiek belang zoals verwoordt door Teulings, Bovenberg en van Dalen (2006).

(investerings in) milieu. Dit komt overeen met hetgeen in de milieueconomie als de *zwakke vorm van duurzaamheid*. In dit geval bestaat er de mogelijkheid van substitutie tussen productie en milieu in de welvaartfunctie.

Deze definitie van vergroening komt overeen met de definitie van middellangetermijngroei of relatieve ontkoppeling in andere bronnen van de ‘groene groei’ literatuur (Smulders en Withagen 2012 en UNEP 2011): *Middellangetermijngroei betekent de groei van inkomens en productie met matig negatieve effecten op het milieu.*

In de tweede mogelijkheid mag de milieukwaliteit niet verder afnemen en is dus aan een bepaald voorgeschreven niveau gebonden. Beneden dat niveau is geen substitutie van meer productie voor minder milieu toegestaan. Dat betekent dat de huidige generatie verantwoordelijk is voor de bescherming en het overdragen van milieukwaliteit en -kapitaal voor toekomstige generaties. Dit sluit aan op het perspectief van de *sterke vorm van duurzaamheid*. Hogere productieniveaus moeten samengaan met betere milieukwaliteit en meer milieukapitaal. In dit scenario vullen verschillende productiefactoren elkaar aan. Milieu krijgt een oneindig gewicht in de welvaartfunctie en wordt als een randvoorwaarde gebruikt in beslissingen.

Deze definitie komt overeen met de definitie van langetermijngroei of absolute ontkoppeling: *Langetermijngroei betekent de groei van inkomens en productie zonder grootschalige en vooral onomkeerbare verslechtering van het milieu.*

Problemen/vragen:

- Analyse van sterke duurzaamheid in groeimodellen ontbreekt, zij het dat bij de in het navolgende te bespreken berekeningen van het duurzaam nationaal inkomen (of groen nationaal inkomen) volgens Huetting door het het Instituut van Milieuvraagstukken (IvM) deze gedachte modelmatig is onderzocht. Meer in algemene zin kunnen de uitkosten van dergelijke modelexercities nuttig zijn in de beleidsdiscussie over groene groei.

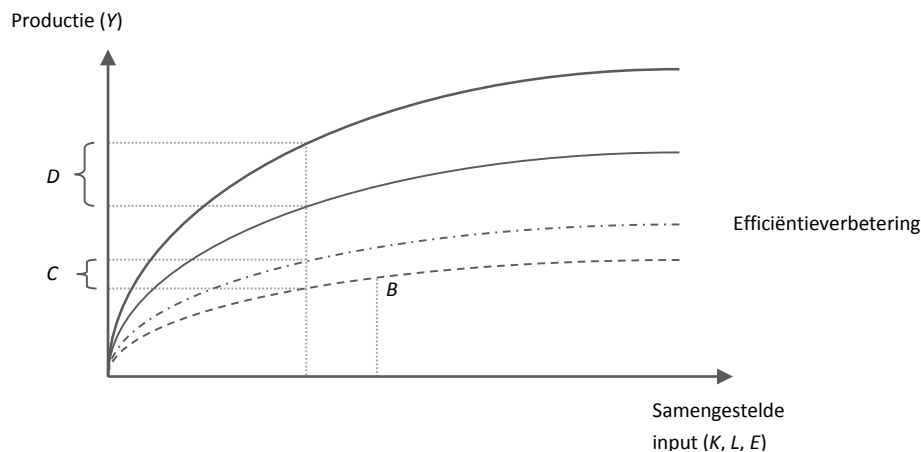
Twee mogelijkheden voor groene groei

Intensiever gebruik van minstens één productiefactor creëert extra productie, maar dit betekent niet automatisch welvaarts-groei. Daar zijn twee redenen voor. Ten eerste kan meer inputverbruik leiden tot de uitputting van productiefactoren, vooral van milieu. Daarnaast produceert meer en meer inputgebruik minder en minder toegevoegde output, er is sprake van afnemende meeropbrengsten. Figuur 3 laat dit mechanisme zien.

Op de horizontale as van Figuur 3 staat de samengesteld input (fysiek kapitaal, arbeid en milieu) en op de verticale as staat de productie. De onderste streepjeslijn is de productiefunctie die het uitgangspunt is voor de vergelijking. Stel dat er niet wordt geïnvesteerd in efficiëntie. Productie groeit in dit geval langs de curve met een hogere inzet van de productiefactoren, maar de marginale productie wordt met elke stap kleiner door de afnemende meeropbrengsten. Met andere woorden: de productiviteit van de productiefactoren neem af met toename van het productieniveau, bijvoorbeeld van *A* naar *B*. Het punt is dat in *B* ook het efficiëntieverlies toeneemt, omdat het

verschil met de *production frontier* in *B* is toegenomen. In vergelijking met punt *A* kent punt *B* dus productiviteit- én efficiëntieverlies (zie de eerste rij in Tabel 2).

Figuur 3 Mogelijkheden voor groei



- A Uitgangspunt voor vergelijking
- B Productiegroei door hoger verbruik van minstens één input
- C Efficiëntieverbetering en productiviteitsgroei door verschuiving naar *production frontier*
- D Groei van maximale productie door verschuiving van *production frontier*

Bron: SEO Economisch Onderzoek, gebaseerd op Hallegatte et al. (2012)

Tabel 2 Alleen investeringen in milieu en technologie leiden tot productiviteitsgroei en efficiëntieverbetering

	Productie	Productiviteit	Efficiëntie per productiefactor
Toename productie zonder investeringen in efficiëntie ($A \rightarrow B$)	↑	↓ of 0	0
Efficiëntere productie door investeringen in milieukapitaal en -kwaliteit (C)	↑	↑	↑
Verschoven van <i>production frontier</i> door investeringen in technologie (D)	↑↑	↑↑	0

Bron: SEO Economisch Onderzoek gebaseerd op Hallegatte et al. (2012); ↑: stijging; ↓: daling; 0: geen effect.

In dit kader zijn er twee mogelijkheden om productiviteit- en efficiëntieverbetering en dus groene groei te bereiken:

- efficiëntieverbetering en productiviteitsgroei door investeringen in milieukapitaal en -kwaliteit. Daardoor schuift de productie dicht naar *production frontier* toe (efficiëntere uitkomsten);
- groei van maximale productie door investeringen in technologie. Daardoor verschuift de *production frontier* (efficiëntere productiefunctie).

Groene groei door investeringen in productiefactoren

Bedrijven kunnen hun productie verbeteren door investeringen in efficiënter verbruik en samenstelling van inputs. Zulke investeringen zijn bijvoorbeeld de opleiding van werknemers (investeringen in menselijk kapitaal) of investeringen in milieu, zoals in waterkwaliteit of energie-efficiëntie (zie Box 1). Daardoor verbetert de efficiëntie van de investeringsgerelateerde

productiefactor, met name b , c of d . Vervolgens kan de economie een hoger productieniveau realiseren met hetzelfde inputverbruik en stijgt ook de productiviteit (zie de tweede rij in Tabel 2).

Box 1 Hogere energie-efficiëntie om negatieve milieu-effecten te verminderen

Energie-efficiëntie is gedefinieerd als de toegevoegde waarde van een energiedienst- of product per eenheid van energie-input. Een voorbeeld is de hoeveelheid elektriciteit gebruikt om de temperatuur van voedsel te koelen. Het product is hier de dienst koeling waarin de koelkast voorziet en de input is het verbruik aan elektriciteit. Energie-efficiëntie betekent echter niet dat de productie in de economie ook efficiënt is in economische termen (Gillingham et al. 2009).

Energieproductie en dus de energiemarkt kan afwijken van efficiënte uitkomsten door marktfalen. Bijvoorbeeld, de productie van energie uit fossielgebaseerde bronnen veroorzaakt milieuschade, vooral door de uitstoot van broeikasgassen, zoals CO₂. Investerings in energie-efficiëntie beogen deze milieuschade te verminderen en de efficiëntie van het milieu 'verbruik' te verhogen. Denk hierbij aan elektrische apparaten of verwarmingsapparatuur met een betere energie-efficiëntie zoals een HR-ketel.

De elektriciteitssector is een van de grootste afnemers van energie. De energie-efficiëntie is gemiddeld genomen het laagst voor de bestaande kerncentrales en het hoogst voor de nieuwe gascentrales. In ieder geval zijn nieuwe centrales meer energie-efficiënt dan oude instellingen in Noordwest Europa. Oude kolencentrales in Nederland zijn echter meer energie-efficiënt dan vergelijkbare centrales in omliggende Noordwest-Europese landen. Het beeld is omgedraaid voor gascentrales: in Nederland wordt daar elektriciteit minder efficiënt opgewekt dan in andere landen.

Tabel 3 Nieuwe gascentrales hebben de hoogste energie-efficiëntie in Noordwest Europa

	Nederland	België	Frankrijk	Duitsland	Verenigd Koninkrijk	Noorwegen
Nucleair	34	32	32	32	32	-
Kolen oud	40	33	35	36	36	-
Kolen nieuw	n.a.	44	44	44	44	44
Gas oud	45	49	37	49	52	43
Gas nieuw	56	57	57	57	57	-
Biomassa	28	39	22	35	34	-
Olie	-	42	38	42	37	-

Bron: Seebregts et al. (2010), EC (2010); Gewogen gemiddelde energie-efficiëntie van elektriciteitscentrales in Nederland en andere landen in Noordwest Europa, 2010 (in%); Energie-efficiëntie is de toegevoegde waarde van elektriciteitsopwekking per eenheid van energie-input.

Via de aanschaf van apparaten met een hogere energie-efficiëntie besparen consumenten op energiekosten. Dit vormt een economisch prikkel voor efficiëntieverbetering van het energieverbruik. Maar productie door apparaten met hogere energie-efficiëntie betekent niet per se dat tijdens de productie minder energie wordt gebruikt. Het energieverbruik van afnemers hangt ook af van energieprijzen: hoe lager de energieprijs wordt, hoe meer energie afnemers gebruiken (rebound effect).

Daarnaast maken consumenten niet altijd geïnformeerde en rationele keuzes waardoor potentiële efficiëntieverbeteringen niet worden benut. Dergelijk marktfalen vormt een aanknopingspunt voor beleid met als doel om bijvoorbeeld de energie-efficiëntie te stimuleren.

Voor groene groei zijn investeringen in milieukapitaal en -kwaliteit van groot belang. Zulke investeringen verhogen de efficiëntie van het milieu 'verbruik' als input in het productieproces. De efficiëntieverbetering zorgt er tevens voor dat de totale productie in de economie groeit. Dit mechanisme ziet er als volgt uit (zie Figuur 3). Door investeringen in efficiëntieverbetering schuift de productiecurve dichter naar de *production frontier* toe (zie semi-streepjeslijn). In dit geval bereikt hetzelfde inputverbruik als bij punt A een hoger productieniveau (zie verschil C).

Efficiëntieverbeteringen door investeringen in andere productiefactoren (arbeid, kapitaal) leiden er niet toe dat milieukapitaal en -kwaliteit beschermd wordt. De economie bespaart nu wellicht op de schaarse of kwetsbare groene productiefactoren, maar extra inzet van andere productiefactoren is hiervoor een noodzakelijke voorwaarde. Voor echte vergroening van de economie zijn investeringen in milieu nodig.

Technologieën die milieukapitaal efficiënter kunnen maken, zijn beschikbaar maar de inzet van deze technologieën is nog onvoldoende. De redenen ervoor zijn vooral marktfalen en het niet op milieuefficiëntie gerichte gedrag van consumenten. Bijvoorbeeld, niet-geïnternaliseerde kennis-spillovers, asymmetrische informatie tussen consumenten en producenten, hoge overstapkosten en irrationale consumentenkeuzes zijn zulke belemmerende factoren (voor een uitgebreide analyse zie Kocsis et al. 2013). Milieubeleid kan de inzet van deze technologieën stimuleren.

Investeringen in milieukwaliteit en -kapitaal alleen zijn onvoldoende om de totale vergroening van de economie te waarborgen: de economie is *locked-in* in grijze technologieën (Acemoglu et al. 2012) en verdere groei van grijze sectoren leidt tot de uitputting van natuurlijk kapitaal (Lopez 2011). Via investeringen in milieu is alleen zwakke duurzaamheid bereikbaar.

Problemen/vragen:

- Er zijn weinig groeimodellen die de effecten van beleid voor groene groei op de arbeidsmarkt en fysiek kapitaal analyseren (het ENV-Linkages-model van OESO is bijvoorbeeld een uitzondering). Zulke analyses zouden relevant kunnen zijn om de samenwerking tussen verschillende beleidsinstrumenten te analyseren. Bijvoorbeeld, wat de interactie is tussen inkomstenbelastingen en milieubeleid (milieubelasting): is het idee van *double dividend* (minder vervuiling en meer banen) bereikbaar?

Groene groei door investeringen in technologische verandering

Sterke duurzaamheid is alleen bereikbaar door investeringen in nieuwe technologieën, voornamelijk groene technologieën. De inzet van groene technologieën beïnvloedt de productiviteit van meerdere productiefactoren (zie derde rij in Tabel 2). Denk bijvoorbeeld aan het effect van een goed leefmilieu op de productiviteit van werknemers, energiebesparing of het gebruik van hernieuwbare energiebronnen (zie Box 2).

Box 2 **Elektriciteitsopwekking door hernieuwbare energiebronnen**

Elektriciteitsopwekking door hernieuwbare energiebronnen, zoals zon, wind, water (hydrodynamisch of golfslag) of biomassa, is een typisch voorbeeld van nieuwe general purpose technologieën. Hernieuwbare energiebronnen kunnen grijze – fossielgebaseerde – technologieën vervangen. Maar het tempo van zo'n technologische verandering hangt af van de kosten. Twee mechanismen bepalen deze kosten: *learning by research* en *learning by doing* (Popp 2012).

Voorals OESO-landen investeren in *learning by research* van groene technologieën (Dechezlepretre et al. 2011, UNEP 2010). De zes grootste R&D-landen – namelijk de VS, Japan, Duitsland, Zuid-Korea, het VK en Frankrijk – bezitten ongeveer 80 procent van de gerelateerde octrooien. Andere niet-OESO-landen dragen ook substantieel bij tot de ontwikkeling van sommige technologieën (bijv. India tot zon-PV, Brazilië en Mexico tot hydro-elektrische opwekking). In 2005 was Nederland de 12e grootste innovator van groene technologieën ter wereld (Dechezlepretre et al. 2011). Data van CBS ondersteunt de groei van Nederlandse innovatie op dit vlak. Het aantal Nederlandse octrooiaanvragen naar EPO (European Patent Office) is met 3 procent toegenomen van 2001-2003 tot 2004-2006 (CBS 2011b). Daarbinnen steeg het aantal aanvragen voor groene innovaties van 4 tot 4,2 procent in dezelfde periode. Binnen de totale R&D-uitgaven werd ongeveer maar 0,03 procent, 16 miljoen euro besteed in de duurzame energiemarkt in 2008 (CBS 2011a).

Groene technologieën zijn op dit moment beschikbaar maar veel te duur en worden niet substantieel goedkoper voor 2020 (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**4, Aalbers et al. 2011). Dit vertraagt het proces van *learning by doing* voor groene technologieën. Voor een substantiële daling van de kosten is *critical mass* nodig. Rijke landen kunnen deze critical mass makkelijker bereiken dan ontwikkelingslanden. Innovatie- en milieubeleid is een belangrijke drijver om lagere kosten van duurzame technologieën te realiseren.

Tabel 4 **De verwachte kosten van de duurste energiebronnen dalen het meest**

	Kosten in 2010 (£/MWh)	Kosten in 2030 (£/MWh)
Gas	39	38
Hydro-elektrisch	42	42
Windturbine aan kust	75	68
Biomassa	127	118
Zonnepanelen	202	111
Golfslag	208	130

Bron: ARUP (2011); Verwachte kosten van duurzame energiebronnen in het VK in 2010 en 2030

De inzet van hernieuwbare energiebronnen verandert de productiviteit van elke sector via twee kanalen. Ten eerste is een aanpassing van de sectorstructuur van de economie te verwachten: sommige sectoren zullen winnen en sommigen verliezen door technologische veranderingen. Relatief vervuilende of energie-intensieve sectoren, zoals chemie of metaalindustrie, dragen een substantieel deel van de kosten van zo'n verandering; minder energie-intensieve sectoren, zoals bouw of engineering ontvangen waarschijnlijk een relatief groter deel van de baten (Aalbers et al. 2011). Ten tweede zijn veranderingen binnen sectoren te verwachten, bijvoorbeeld door investeringen in gerelateerd fysiek kapitaal, zoals intelligente netten of duurzame energieproductie, vervolginnovaties of opleiding van werknemers.

Formeel betekenen zulke investeringen een verbetering van productiefactor a en de verschuiving van de *production frontier* (van de dunne lijn naar de dikke lijn). De economie kan een hogere *maximale* productie realiseren met het gebruik van dezelfde input (verschil D in Figuur 3).

Voor de welvaartseffecten moet rekening worden gehouden met transitiekosten. Kort gezegd gaat de kost voor de baat uit. De inzet van een nieuwe *general purpose* technologie verlaagt in eerste instantie de productiviteit. Bijvoorbeeld, eerst moet de technologie op basis van fossiele brandstoffen verouderen en dan kan de nieuwe technologie ingezet en geleerd worden door de verschillende sectoren van de economie (zie voorbeeld in Box 2). Daardoor leidt technologische verandering tot lagere groei op middenlange termijn en tot hogere groei op de lange termijn.

Evenzo als technologieën die milieukapitaal efficiënter kunnen maken, zijn nieuwe *general purpose* technologieën wel beschikbaar maar niet betaalbaar. De eerder genoemde padafhankelijkheid, niet-geïnternaliseerde kennis-spillovers of hoge overstapkosten belemmeren de kostendaling en de inzet van deze technologieën (Kocsis et al. 2013).

Goed ontworpen innovatiebeleid (bijv. portfolioaanpak; geen *picking the winner*; internationale samenwerking) is nodig om de ontwikkeling en de toepassing van groene technologieën op een effectieve manier te stimuleren (Aalbers et al. 2012, Popp 2012, Zachmann 2012, Johnstone & Hascic 2012). Daarnaast is milieubeleid nodig – bijvoorbeeld in de vorm van regulering en normstelling – om de vraag naar groene technologieën te stimuleren (Popp 2012).

Problemen/vragen:

- Hoe kan beleid *learning by research* en *learning by doing* stimuleren voor groene technologieën zonder markten?
- Wat is de rol van adaptieve (lokale) innovaties voor groene groei en hoe kan beleid dit stimuleren?
- Wat is de rol van internationale samenwerking voor groene innovaties? Wat zijn de effecten van internationale verschillen voor nationaal groene groei?
- Wat zijn de bronnen van financiering van ‘groen’ innovatiebeleid?
- Hoe kan een beroep op intrinsieke motivatie van betrokken producenten en consumenten bijdragen aan een groene groei?

Het meten van groene groei met één indicator

Naast de huidige welvaart is de overdracht van welvaart tussen generaties van groot belang (Den Butter 2011). Daarom vormt milieu een cruciaal onderdeel van welvaart. De berekening van de waarde van milieu is echter niet makkelijk. Bijvoorbeeld, milieuschade, zoals luchtvervuiling door SO₂ en NO_x, heeft geen markt dus ook geen prijs. Wat wel beschikbaar is, zijn indicatoren voor de verschillende componenten van milieukwaliteit en -kapitaal. Internationale organisaties geven richtlijnen over wat deze indicatoren zijn en hoe ze eruit moeten zien. Er zijn verschillende pogingen geweest om de koppeling tussen milieu en groei te vangen in één indicator.

De huidige maatstaf voor nationaal kapitaalgoederenvoorraad is het nationaal inkomen per hoofd (i.e. bbp). Deze maatstaf houdt echter niet veelomvattend rekening met milieu. Daarom bespreekt de eerste paragraaf van dit hoofdstuk de bestaande indicatoren voor milieu en de alternatieve metingmethoden voor nationaal kapitaalgoederenvoorraad. Sommige componenten van milieu hebben echter geen markt en prijs. Daardoor is het niet eenvoudig om deze componenten te kwantificeren. De tweede paragraaf bespreekt de knelpunten op dit vlak en mogelijke oplossingen.

Milieu in een meerdere en in één indicator

In feite gaat het bij de vraag om een goede indicator voor groene groei te vinden om een gestaffeld waarderingprobleem. In de eerste plaats omvat het milieu vele onderdelen die in evenzovele indicatoren kunnen worden gewaardeerd. De afweging van de voorkeur voor deze verschillende

onderdelen van het milieu, en dus de weging van deze indicatoren wanneer ze tot een overkoepelende indicator voor de milieukwaliteit worden samengevoegd, is een kwestie van maatschappelijke preferenties. De cruciale vraag bij de constructie van een dergelijke milieu-indicator is dus hoe de maatschappelijke preferenties in gewichten moeten worden vertaald. Meestal wordt hiervoor een pragmatische oplossing gekozen. Zo krijgen de verschillende indicatoren in de HDI van de Verenigde Naties allemaal hetzelfde gewicht waarbij de verschillen in voorkeuren dus verdwijnen achter de normalisering van de indicatoren voordat ze bij elkaar worden opgeteld.

Het tweede waarderingsprobleem komt duidelijk naar voren bij de beschouwing van de maatschappelijke welvaartsfunctie:

$$W = w(Y, E).$$

De functie W beschrijft de afruilwaarde tussen productie als representant van materiële welvaart en de milieukwaliteit. Zoals gezegd is het gewicht dat deze beide onderdelen in de welvaartsfunctie een kwestie van een politieke afweging. Het betekent dat wanneer er wordt gepoogd groene groei in één indicator samen te vatten – een duurzaam of groen nationaal inkomen⁵ – de politieke afweging impliciet plaatsvindt. Dit geldt als een belangrijk bezwaar tegen de berekening van een voor milieubederf gecorrigeerd nationaal inkomen. Publicatie van een samengestelde milieu-indicator, of van een heel “dashboard” aan milieu-indicatoren, laat de mogelijkheid open van een expliciete politieke afweging tussen milieukwaliteit en economische groei aan de hand van maatschappelijke voorkeuren. Daarbij kan de economische groei op de gebruikelijke manier volgens de systematiek van de nationale rekeningen worden berekend.

Organisaties die groene groei analyseren, gebruiken dan ook een aantal indicatoren om milieu te meten. The *Green Growth Knowledge Platform* (een samenwerkingsplatform tussen OESO, UNEP, World Bank en GGGI; GGKP) heeft recentelijk een studie gepubliceerd die een richtsnoer geeft voor zulke milieu-indicatoren (zie Box 3; GGKP 2013). Ook het CBS zet met zijn studie *Green growth in the Netherlands* (CBS 2011b) de eerste stappen op dit terrein. Op dit moment is er echter geen overeenstemming over hoe een analytisch kader voor dit doel eruit moet zien. Smits en Hoekstra (2011) geven een overzicht tot 2011 op dit gebied.

Verder concludeert GGKP dat het niet mogelijk is om alle dimensies van groene groei in één indicator te meten. Met zo'n indicator verliest de analyse informatie over de deelgebieden. Is het mogelijk dus om de ontkoppeling tussen milieu en productie in één indicator te vangen? Aan het eind van de jaren 90 zijn enkele studies gepubliceerd die zo'n indicator voor het VK (Hope et al. 1992) en Nederland (Den Butter & Van der Eyden 1998) probeerden samen te stellen (voor een samenvatting zie Den Butter 2011). De basis van de één indicator-benadering is de combinatie van verschillende deelindicatoren die vergelijkbaar zijn met de indicatorlijst van GGKP. Als een

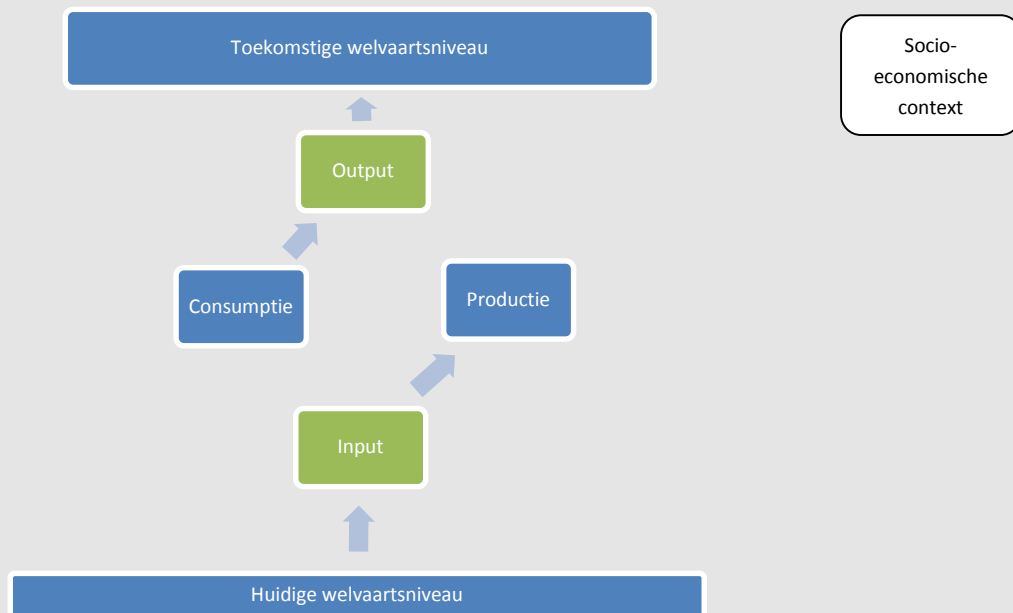
⁵ Het begrip “duurzaamheid” heeft zich de afgelopen periode verbreedt tot allerlei aspecten van het maatschappelijk leven waarbij “houdbaarheid” (sustainability) centraal staat. De WRR (2002), hiertoe gevraagd door de regering, heeft bepleit om het begrip duurzaamheid te beperken tot de milieuproblematiek: ecologische duurzaamheid. Aangezien dit pleidooi in de maatschappelijke discussie weinig weerklank heeft gevonden, is het nu beter om bij de economische afweging tussen groei en milieu om over groene groei in plaats van over duurzame groei te spreken.

volgende stap dient uit deze indicatoren een overkoepelend cijfer (of index) samengesteld te worden. Hier gaat het dus om de vraag wat de juiste gewichten zijn voor de indicatoren. In het Engelse en Nederlandse voorbeeld gebruikten onderzoekers de gewichten uit de enquête-uitkomsten van de *European Omnibus Survey* (EOS). Deze enquête is uitgevoerd onder tienduizend volwassenen in 12 EU-lidstaten. In de enquête moesten mensen beoordelen hoe relevant ze 14 milieuproblemen vinden. De relatieve voorkeuren van mensen bieden een gewicht voor elke indicatoren groep aan. Via de gewichten voor de individuele indicatoren is één index opgesteld.

Een probleem met deze index was dat de EOS niet alle bovenstaande componenten van milieu bevatte. Daarnaast hebben sommige componenten van natuurlijk kapitaal een tijdelijk karakter of reflecteren de huidige politieke keuzes. Voor een index die de overdracht tussen generaties dient te meten zijn zulke tijdelijke keuzes belemmerend. Uiteindelijk reflecteert de index voorkeuren, dus waarde in reële en niet in monetaire termen.

Box 3 Het model van Green Growth Knowledge Platform

In een recent rapport presenteert de Green Growth Knowledge Platform (GGKP; <http://www.greengrowthknowledge.org>) een raamwerk voor indicatoren. Het model van GGKP komt overeen met groeimodellen die milieu (of natuurlijk kapitaal) als productiefactor benaderen. De volgende figuur laat dit model zien.



Bron: GGKP (2013); met zwart kader: indicatorcategorieën

In zijn nieuwe aanpak noemt GGKP vijf categorieën waarmee ont koppeling tussen natuurlijk kapitaal en groene groei gemeten kan worden:

- natuurlijk kapitaal (milieukwaliteit en -kapitaal);
- productiviteit;
- welvaartsbeleving;
- beleid en economische kansen;
- socio-economische context.

Onder natuurlijk kapitaal valt bijvoorbeeld de houtvoorraad, vis, aardgasreserves, onttrekking van grond voor bouw en bedreiging van biodiversiteit. Of zijn beleid en economische kansen gemeten met groene patenten, het aandeel van groene belastingen, de energieprijzen, CO₂-handel, milieu-investeringen of het aantal groene banen. Een volledige lijst van indicatoren is te vinden in de bijlage van GGKP (2013).

Omdat de berekening van het nationaal product – en het nationaal inkomen – alleen rekening houdt met de economische waarde van geproduceerde goederen en diensten, en de milieukwaliteit niet veelomvattend in het bbp is meegenomen, wordt hiertegen vanuit het perspectief van de milieueconomie bezwaar tegen gemaakt (Van den Bergh & Kallis 2012). De berekening van een alomvattend duurzaam of groen inkomen, is, zoals gezegd bezwaarlijk omdat hierin een impliciete weging wordt gemaakt tussen materiële welvaart en welvaartswaarde van het milieu.

In Nederland bepleit een pionier op het gebied van milieu- en welvaartseconomie, Hueting, om zo'n duurzaam of groen nationaal inkomen te berekenen en te publiceren naast het niet voor

milieubederf gecorrigeerde nationaal inkomen (zie de Boer et al., 2013 voor een recente samenvatting). De “oplossing” van Hueting om de impliciete waardering van het milieu te vermijden is dat hij uitgaat van de verschillende functies die de onderdelen van het milieu in het tot stand komen van het nationaal inkomen vervullen. Dit zijn de zogeheten milieufuncties. De (cruciale en bekritiseerde) veronderstelling daarbij is dat de minimumwaarden van de milieufuncties natuurwetenschappelijk en dus objectief, zonder een beroep op voorkeuren, zijn vast te stellen. Deze minimumwaarden vormen als het ware de randvoorwaarden waarbinnen de productie zich dient af te spelen. Anders gezegd, wanneer de milieukwaliteit in al deze verschillende aspecten beneden het minimum daalt is de productie niet langer duurzaam.

Vanuit dat principe is door het Instituut van Milieuvraagstukken (IvM) van de VU het duurzame nationaal inkomen volgens Hueting berekend (Verbruggen 2000, Verbruggen et al. 2001).⁶ Hiertoe is gebruik gemaakt van een toegepast algemeen evenwichtsmodel dat gekalibreerd is op basis van de indertijd geldende economische situatie in ons land. Vervolgens is het model doorgerekend met de natuurwetenschappelijke randvoorwaarden aan het milieugebruik die een minder uitbundige productie opleverde dan de onvoorwaardelijke modelberekening. Zo'n modelmatige berekening van het duurzaam of groen nationaal inkomen berust op een groot aantal heroïsche veronderstellingen. Zo moet er worden verondersteld dat het buitenland zich op dezelfde wijze gedraagt als ons eigen land. Daarnaast blijft in de berekening de dynamiek van de technologische ontwikkeling buiten beeld: het gaat om de vergelijking van twee modeluitkomsten onder dezelfde technologische randvoorwaarden. Kortom, er zitten zoveel oordeelmatige haken en ogen aan de berekening van een groen nationaal inkomen, dat het onjuist zou zijn wanneer een statistische bureau (in casu het CBS) een dergelijk cijfer zou publiceren.

Het monetariseren van milieukapitaal en -kwaliteit

Het bbp is een stroomgrootheid. Bij de kwaliteit van het milieu gaat het bij de meeste aspecten (niet alle: geluidshinder is een voorbeeld) om voorraadgrootheden. Om vanuit dat perspectief het nationale vermogen als een vorm van kapitaalvoorraad te monetariseren zijn schaduwrijzen nodig voor zowel milieukapitaal en -kwaliteit. Maar het vinden van zulke prijzen is niet altijd eenvoudig. Waar dit wel mogelijk voor is, zijn commerciële hulpbronnen. Sommige natuurlijke hulpbronnen, zoals olie of metalen hebben wel markt dus prijzen (Hallegatte et al. 2012). Andere componenten van milieu, zoals milieukwaliteit en niet-commerciële hulpbronnen, hebben echter geen markt. De enige uitzondering is wellicht de CO₂-uitstoot waarvoor de emissiehandelssysteem bestaat. Een ander probleem met deze berekening is dat sommige componenten van natuurlijk kapitaal, zoals bijvoorbeeld water in landbouw, al berekend zijn in andere vormen van kapitaal. Met een nieuwe indicator worden deze componenten twee keer berekend. Dit veroorzaakt dubbel telling.

Uiteindelijk staat er een probleem met het disconteren van de toekomstige waarde van en investeringen in natuurlijk kapitaal. Via een discontovoet worden een geldbedrag in de toekomst vergelijkbaar gemaakt met een geldbedrag op dit moment.⁷ Vooral het vinden van de juiste

⁶ Een vergelijkbare maatstaf is de Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW).

⁷ De achtergrond van de discontovoet is de tijdsvoorkeur van mensen. Bij de keuze van consumptie van goederen met een gelijke monetaire waarde (zeg € 100) nu of over acht jaar, kiezen de meeste mensen er niet voor om hun consumptie uit te stellen tot 2021. Of ze moeten voor dit uitstel gecompenseerd worden via een opslag, de rente- of discontovoet.

discontovoet is niet eenvoudig (zie bijvoorbeeld Aalbers 2009). Het risico verbonden aan (financieel) vermogen wijkt af van het risico dat klimaatverandering met zich mee brengt, waardoor de risicopremies voor financiële of klimaatschade van elkaar verschillen. Dit betekent een andere discontovoet voor welvaart en milieukapitaal.

Om de economische waarde van milieu te bepalen blijken er twee methoden geschikt voor. Beide methoden gaan uit het kwantificeren van voorkeuren met betrekking tot milieu. De eerste methode gebruikt de gebleken voorkeuren (*revealed preferences*) van consumenten. Dit model kijkt naar wat men daadwerkelijk voor bepaalde vormen van milieugebruik over heeft gehad. In dit geval is de economische waarde gebaseerd op marktgedrag en dus prijzen. Een voorbeeld is het prijsverschil tussen vergelijkbare huizen met een verschillende afstand tot een natuurgebied of die wel of niet geïsoleerd zijn.

De tweede methode gaat uit de verklaarde voorkeuren (*stated preferences*) van consumenten. In deze methode worden mensen direct gevraagd naar hun voorkeuren – zoals bij EOS – maar deze keer moeten ze hun voorkeuren in een monetaire waarde uitdrukken. Bijvoorbeeld ze moeten verklaren hoeveel ze zouden willen betalen voor hogere milieukwaliteit of om een slechtere milieukwaliteit te voorkomen. Het probleem met deze methode is dat het antwoord niet steunt op marktgedrag en er dus strikt genomen geen sprake is van een prijs voor de ruil van goederen of diensten.

In het blad *Nature* is ooit een manmoedige poging ondernomen om de waarde van de diensten van ecosystemen en milieukapitaal in de wereld te schatten.⁸ De uitkomst is een jaarlijkse waarde van tussen de 16 en 54 biljoen (10^{12}) US dollar, met een gemiddelde van 33 biljoen US dollar. Dit valt te vergelijken met het bruto nationaal product in de wereld dat ten tijde van de studie 18 biljoen US dollar bedroeg. Deze waardering van het milieukapitaal dient uitsluitend als een zeer globale indicatie te worden gezien. Op de berekening in *Nature* is veel commentaar gekomen, al was het alleen al vanwege het feit dat naarmate de voorraad milieukapitaal afneemt en dus het milieu meer een schaars goed wordt, de *marktprijs* van het milieu zal stijgen. In het extreme geval dat er geen milieu meer over is, is de waarde ervan oneindig. Het neemt niet weg dat dit soort berekeningen laten zien hoe belangrijk goed rentmeesterschap voor de intergenerationele overdrachten van milieukapitaal is.

Uiteindelijk proberen maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA's) de milieueffecten van verschillende projecten te kwantificeren (Koopmans 2011, Daniëls e.a. 2012). Het voordeel van dergelijke kosten-baten analyses is dat hiermee zicht wordt geboden op de welvaartswinsten en verliezen die verschillende belanghebbenden ondervinden bij maatregelen om milieubederf tegen te gaan en om groene groei te bevorderen. De MKBA legt de verdelingsproblematiek van het milieubeleid bloot.

⁸ R. Costanza en 12 medeauteurs, 'The value of the world's ecosystem services and natural capital', in: *Nature*, 387, Mei 1997, 253-260.

Literatuur

- Aalbers, R. (2009). Discounting investments in mitigation and adaptation. A dynamic stochastic general equilibrium approach of climate change. CPB Discussion Paper 126, Den Haag.
- Aalbers, R., J. Bollen, K. Folmer & P. Arts (2011). Analyse Routekaart 2050. CPB Notitie, 6 november 2011, Den Haag.
- Aalbers, R., V. Shestalova & V. Kocsis (2012). Innovation policy for directing technical change in the power sector. CPB Discussion Paper 223, Den Haag.
- Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn, & D. Hemous (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102(1), 131-166.
- Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologiebeleid (2012), Diensten Waarderen, Advies 79, December 2012.
- Ark, van B., E. Frankema & H. Duteweerd (2004). Productivity and Employment Growth: An Empirical Review of Long and Medium Run Evidence. Research Memorandum GD-71, Groningen Growth and Development Centre.
- ARUP (2011). Review of the generation costs and deployment potential of renewable electricity technologies in the UK. REP001, London.
- Bergh, van den J. & Kallis, G. (2012). Growth, A-Growth or Degrowth to Stay within Planetary Boundaries? *Journal of Economic Issues*, XLVI (4), 909-919.
- Boer, B. de, R.A. Bosch & R. Hueting (2013), De monetaire meetbaarheid van duurzame ontwikkeling, Verkennende notitie van de directie Biobased Economy van het Ministerie van Economische Zaken over de toepassing van milieu Duurzaam Nationaal Inkomen naast Nationaal inkomen als indicator van groene groei, mei 2013
- Butter, den F. (2011). Een generatiebewuste borging van milieukapitaal. In J.J. van Dijk (Ed.), *Een schrijnend Gebrek; een Begin van een Christelijk Sociale Visie op Rentmeesterschap*, 79-97. Uitgeverij Kok, Utrecht.
- Butter, den F. & Eyden, J. van der (1998). A pilot index for environmental policy in The Netherlands. *Energy Policy*, 26(2), 95-101.
- Butter, F.A.G. den, & M.W. Hofkes (1995), Sustainable development with extractive and non-extractive use of the environment in production, *Environmental and Resource Economics*, 6, blz. 341-358.
- Butter, den F. & Hofkes, M. (2001). Endogenous technology and environmental quality in economic models. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 1, 32-44.

- Butter, F.A.G. den, & F.J, Wollmer (1993), Endogene groei en technologie, *Tijdschrift voor Politieke Economie*, 16, nr.2, 56-71.
- CBS (2011a). Economische radar duurzame energiesector. , CBS-rapport, projectnummer KNR-209378, Voorburg, Heerlen.
- CBS (2011b). Green growth in the Netherlands. CBS-rapport
- Daniëls, B., B. Tieben, J. Weda, M. Hekkenberg, K. Smekens en P. Vethman (2012), *Kosten en baten van CO2-emissiereductiemaatregelen*, SEO-rapport 2012-32, Amsterdam: ECN en SEO.
- Dechezlepretre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, & Y. Meniere (2011). Invention and Transfer of Climate Change-Mitigation Technologies: A Global Analysis. *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(1), pp. 109-130.
- EC (2010). EU Energy Trends to 2030 – Update 2009. European Commission, Publications Office of the European Union, Brussels.
- Fried, H., Lovell, K. & Schmidt, S. (2008). Efficiency and Productivity. In Fried, H., Lovell, K. & Schmidt, S. (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford University Press, New York.
- Gillingham, K., Newell, R. & Palmer, K. (2009). Energy efficiency economics and policy. *Annual Review of Resource Economics*, 1, 597-619; NBER Working Paper 15031, Cambridge, MA.
- Green Growth Knowledge Platform (2013). Moving towards a Common Approach on Green Growth Indicators. A Green Growth Knowledge Platform Scoping Paper, april 2013.
- Hallegette, S., Heal, G, Fay, M. & Treguer, D. (2012). From growth to green growth – a framework. NBER Working Paper 17841.
- Hope, C., Parker, J. & Peake, S. (1992). A pilot environmental index for the UK in the 1980s. *Energy Policy*, 20, 335-343.
- Johnstone, N. & Hascic, I. (2012). Environmental policy design for technological innovation and economic growth. Presentatie GGKP Congres, 12-13 januari 2012, Mexico.
- Kocsis, V., Koutstaal, P. Tieben, B., Hout, M. van & Hof, B. (2013). Energiebeleid na 2020. Niet-klimaatgerelateerde economische argumenten voor het energiebeleid. SEO-rapport, 2013-19, Amsterdam: SEO.
- Koopmans, C. (2011). Van zacht naar hard: milieueffecten in kosten-batenanalyses. *TPE Digitaal*, 5(1), 15/26.

- Lopez, R. (2010). Sustainable development: on the coexistence of resource-dependent and resource-impacting industries. *Environment and Development Economics*, 15(6), 687-705.
- O'Mahony, Mary and Marcel P. Timmer (2009), Output, input and productivity measures at the industry level: the EU KLEMS database, *Economic Journal*, 119(538), pp. F374-F403.
- Ploeg, van der E. & Withagen, C. (2013). Green Growth, Green Paradox and the global economic crisis. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 6, 116-119.
- Popp, D. (2012). The Role of Technological Change in Green Growth. World Bank Policy Research Working Paper, WPS 6239.
- Seebregts, A., Groenenberg, H., Boot, P., & Snoep, H. (2010). Policy Instruments for Advancing CCS in Dutch Power Generation. ECN Rapport, ECN-E-10-032.
- Smits, J.P. & R. Hoekstra (2011), Measuring sustainable development and societal progress: overview and conceptual approach, CBS Working paper 2011-14-KOO, September 2011.
- Smulders, S. & C. Withagen (2012). Green Growth. Lessons from Growth Theory. World Bank Policy Research Working Paper, WPS6230, Washington.
- UNEP (2011). Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel.
- Verbruggen, H. (2000). Final report on calculations of a sustainable national income. Instituut voor Milieuvraagstukken, Rapport O-00/10.
- Verbruggen, H., Dellink, R., Gerlagh, R., Hofkes, M & Jansen, H. (2001). Alternative calculations of a sustainable national income for the Netherlands according to Hueting. In Van Ierland, E., Van der Straaten, J & Vollebergh, H. (Eds.) *Economic Growth and Valuation of the Environment. A Debate*. Cheltenham.
- WRR (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid) (1999). Generatiebewust beleid. *Rapporten aan de Regering*, nr. 55, (Den Haag, 1999).
- WRR (Wetenschappelijke Raad voor het Regewringsbeleid) (2002) Duurzame ontwikkeling; Bestuurlijke voorwaarden voor een mobiliserend beleid *Rapporten aan de Regering*, nr. 62, (Den Haag, 2002).
- Zachmann, G. (2012). Green growth and green innovation. In Kolev, A., Riess, A-D., Zachmann, G. & Calthrop, E. (Eds.) *Investment and growth in the time of climate change*. EIB & Bruegel, Chapter 4, 159-225.