



Discussienota

Naar een industrieel beleid voor het milieu

Technologie en innovatie als sleutel voor een duurzame welvaart

Peter Van Humbeek
November 2002

Beperkte verspreiding

2003



Discussienota

Naar een industrieel beleid voor het milieu

Technologie en innovatie als sleutel voor een duurzame welvaart

Peter Van Humbeeck¹
November 2002

Beperkte verspreiding

Het stenen tijdperk is niet opgehouden omdat de stenen op waren, maar omdat er aantrekkelijkere alternatieven waren².

Naar een industrieel beleid voor het milieu

Technologie en innovatie als sleutel voor een duurzame welvaart

Korte inhoud

Stimulering van technologische innovaties moet één van de speerpunten van het milieubeleid zijn. Enkel door een verstrekkende technologische – en daaraan gekoppeld een maatschappelijke – transformatie is de vereiste fundamentele vermindering van de milieudruk *samen met* de realisatie van ambitieuze sociaal-economische doelstellingen haalbaar. Dit vraagt een andere manier van aankijken tegen het te voeren milieubeleid. Het moet veel meer dan vandaag rekening houden met de kansen en belemmeringen in de milieuwetgeving om technologische innovaties aan te moedigen. Omgekeerd moet het innovatiebeleid veel meer worden gericht op het stimuleren van milieugerichte technologische en maatschappelijke ontwikkelingen. Wat we nodig hebben, is dus niet alleen een milieubeleid voor de “industrie” maar ook en vooral een “industrieel beleid” voor het milieu.

Deze discussienota wil pleitbezorger zijn van deze nieuwe dimensie voor het Vlaamse milieubeleid en innovatiebeleid. Daartoe wordt de noodzaak ervan gemotiveerd en worden de kenmerken en mogelijke instrumenten voor een “industrieel beleid voor het milieu” uiteengezet.

Woord vooraf

Op 12 april 2000 kondigde de SERV in zijn kerntakennota aan om elke twee jaar een rapport uit te brengen met de belangrijke sociaal-economische ontwikkelingen in Vlaanderen op middellange termijn. In deze rapportering worden de thema's die voor Vlaamse sociale partners binnen bepaalde periode wezenlijk zijn geanalyseerd. Overeenkomstig deze taakstelling wordt in januari 2003 voor de eerste keer een sociaal-economisch rapport uitgebracht: SERA 2003.

SERA 2003 bestaat uit twee delen. Een eerste deel rapporteert en bespreekt aan de hand van een reeks sociaal-economische indicatoren de sociaal-economische situatie en vooruitzichten in Vlaanderen. Een tweede deel analyseert enkele thema's binnen de kerntaken van de SERV. Voor SERA 2003 gaat het om vijf thema's:

1. economisch ruimtegebruik
2. mobiliteit
3. arbeidsmarkt (subthema's knelpuntberoepen en werkbaarheidsgraad)
4. milieu en technologische ontwikkeling
5. product- en diensteninnovatie

Voorliggende tekst werd opgesteld in voorbereiding van het deel 'milieu en technologische ontwikkeling' van SERA 2003.

Voor meer informatie over SERA 2003 kan u terecht bij

Michel Dethée
Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen
Wetstraat 34-36
1040 BRUSSEL
mdethee@serv.be

Reacties op deze discussienota kunnen worden overgemaakt aan:

Peter Van Humbeeck
Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen
Wetstraat 34-36
1040 BRUSSEL
pvhumbeeck@serv.be

Inhoudstafel

1. Inleiding	8
2. Waarom een huwelijk? Motieven voor een innovatiegericht milieubeleid	10
2.1 Waarom is technologische innovatie belangrijk voor het milieu?	10
2.1.1 Technologie: terecht verdacht?	10
2.1.2 Economische groei, milieu en technologie	11
2.1.3 Argumenten voor een innovatiegericht milieubeleid	15
2.2 Welke soort innovaties zijn belangrijk?	17
2.2.1 Enkele begrippen en definities	17
2.2.2 De dominantie van incrementele technologische innovaties	20
2.2.3 Het belang van radicale technologische innovaties	22
2.2.4 Implicaties voor de reikwijdte van technologische innovaties	25
2.3 Besluit.....	26
3. Situatie van de partijen: innovatie en milieubeleid, milieu en innovatiebeleid	28
3.1 Welke impact heeft het milieubeleid op de technologische innovatie?	28
3.1.1 Technologie in het milieuanalysekader	28
3.1.2 Impact van milieubeleidsinstrumenten op technologische innovatie	35
3.2 Welke impact heeft het innovatiebeleid op de milieugerichte technologische ontwikkeling?	44
3.2.1 Milieu in het innovatieanalysekader.....	45
3.2.2 Impact van innovatiebeleidsinstrumenten op de milieugerichte technologische ontwikkeling	49
3.3 Besluit.....	55
4. Op weg naar een duurzame relatie: ideeën voor de stimulering van milieugerichte technologische innovaties	57
4.1 Bouwstenen voor een strategie	58
4.1.1 Stimulering van milieugerichte technologische innovatie en diffusie	58
4.1.2 Realisatie van systeeminnovaties	60
4.1.3 Implementatie en organisatie van het beleid	62
4.2 Instrumenten voor een milieugerichte technologische ontwikkeling	65
4.2.1 Wat kan het milieubeleid doen?	67
4.2.2 Wat kan het innovatiebeleid doen?	69
4.2.3 Transitiemanagement.....	74
4.3 Besluit.....	78
5. Epiloog	80
6. Referenties	81
7. Noten	91

1. INLEIDING

Nicholas Ashford, een wat oudere Amerikaanse econoom en één van de vele deelnemers aan het eerste wereldcongres van milieu-economen, zweette ervan. Hij had net een vurig pleidooi gehouden voor een innovatiegericht milieubeleid. Zijn boodschap: de meeste milieu-economen redeneren vandaag te veel vanuit een statische technologische omgeving. Zij houden zich bezig met discussies en analyses over de omvang van de kosten en baten van milieumaatregelen, en over optimale milieudoelstellingen en beleidsinstrumenten. In de plaats daarvan zou de klemtoon moeten liggen op de vraag hoe we – via technologische innovaties - de kosten naar beneden krijgen en hoe we dus verdergaande, ambitieuze milieudoelstellingen beter binnen bereik kunnen brengen. Nog opvallender dan de inhoud van zijn boodschap, was de totale apathie bij de aanwezige economengemeenschap. Niet één vraag of opmerking volgde. In plaats van een repliek ging men verder met de orde van de dag, d.w.z. met meestal zeer technisch-academische presentaties en discussies onder gelijkgezinden over economische theorieën en modellen met soms vergezochte of zelfs wereldvreemde hypothesen. De boodschap paste gewoon niet in het denkschema van de meeste milieu-economen.

De situatie is niet veel verschillend in andere wetenschappelijke disciplines die zich bezig houden met de analyse van milieubeleid. Beleidswetenschappers, sociologen, juristen,... hebben doorgaans even weinig belangstelling voor de rol van technologische innovatie. In deze context hoeft het niet te verbazen dat er ook in het milieubeleid zelf weinig belangstelling is voor de manier waarop bijvoorbeeld de huidige milieuwetgeving de technologische innovatie stimuleert of belemmert. Het belang van technologische innovatie wordt doorgaans wel erkend, maar blijft zowel in beleidsplannen als in de praktijk van het milieubeleid een perifere aangelegenheid. Dit is in het recente ontwerp Vlaams milieubeleidsplan 2003-2007 niet anders. Men blijft bij de beproefde recepten en instrumenten, met weinig aandacht voor technologie en innovatie. Wanneer sprake is van integratie met andere beleidsdomeinen, wordt prioritair gekozen voor samenwerking met economie, energie, landbouw, mobiliteit, ruimtelijke ordening en gezondheidszorg, *niet* met het wetenschaps- en innovatiebeleid³.

Omgekeerd geldt in het innovatiebeleid een zelfde fenomeen. Het innovatiebeleid is er tot dusver vooral op gericht om bij te dragen tot het concurrentievermogen en de economische groei. Het wil daarbij neutraal zijn ten opzichte van de richting van de technologische ontwikkeling. Bij overheidssteun voor innovatie worden projecten dan ook in hoofdzaak beoordeeld op hun technische en economische kenmerken. Hun bijdrage aan de vermindering van de milieuverontreiniging of aan de besparing van energie en grondstoffen is dikwijls weinig meer dan een bonus in de eindafweging.

De conclusie is dan ook dat milieugerichte technologische innovatie een relatief verwaarloosd gebied is in de wetenschap en in het beleid.

Deze verwaarlozing is enigszins verrassend. De meeste milieu-economen zijn het immers wellicht eens met de stelling dat "het effect van het overheidsbeleid op het proces van technologische verandering, op lange termijn wellicht tot de meest betekenisvolle determinanten voor het succes of falen van milieubescherming behoort" ⁴. Meer algemeen is bij vele wetenschappers en beleidsmakers stilaan het besef gegroeid dat een verhoging van de welvaart en een gelijktijdige daling van de milieubelasting slechts mogelijk is als de milieu-intensiteit van de productie en consumptie sterk

wordt verlaagd. Daartoe wordt aangenomen dat de *eco-efficiëntie* de komende 50 jaar met ongeveer een factor 10 moet worden verhoogd. Dit betekent dat we 10 maal zuiniger moeten omgaan met onze grondstoffen en energie in de komende 50 jaar. Zo'n aanzienlijke verhoging van de eco-efficiëntie kan niet louter tot stand worden gebracht door stapsgewijze aanpassingen aan de bestaande technologie. Er zijn verstrekkende innovaties en veel radicalere milieuverbeteringen nodig. De stappen moeten sprongen worden.

Er is dan ook sprake van een zekere *paradox*: iedereen erkent het grote belang van technologische innovaties voor het bereiken van betekenisvolle milieuresultaten, maar weinigen handelen ernaar. Het milieubeleid en het innovatiebeleid blijven twee aparte werelden, met elk hun eigen denkkaders, concepten en instrumenten. Wil men een goed evenwicht realiseren tussen welvaartsgroei en de beperkte draagkracht van het milieu, dan is een veel grotere samenwerking en afstemming tussen beide beleidsdomeinen nodig. De ervaring van de voorbije 20 jaar leert echter dat er tussen beide partijen geen sprake is van liefde op het eerste gezicht; veeleer van een vreedzame co-existentie zonder veel interactie⁵. Men kan ze vergelijken met twee aantrekkelijke, ongebonden mensen die veel gemeen hebben, maar mekaar niet goed kennen. Een huwelijk zal daardoor niet vanzelf tot stand komen. Er is nood aan een bemiddelaar, een huwelijksconsulent, die de beide partners wijst op hun gemeenschappelijke kenmerken en belangen, en hen dichter bij mekaar brengt. Deze discussienota moet worden gezien als een aanzet daartoe.

De structuur van deze discussienota is als volgt. Eerst zullen we aangeven waarom een huwelijk tussen het milieubeleid en het innovatiebeleid wenselijk is. We beschrijven m.a.w. de motieven voor een innovatiegericht milieubeleid. Daarna analyseren we de huidige situatie van de partijen. We zullen nagaan in hoeverre het stimuleren van milieugerichte technologische innovaties vandaag reeds een onderdeel is van het milieubeleid en het innovatiebeleid. Tot slot geven we aan hoe de beide partijen dichter bij mekaar kunnen worden gebracht. We formuleren enkele ideeën en instrumenten om milieugerichte technologische innovaties te bevorderen.

2. WAAROM EEN HUWELIJK? MOTIEVEN VOOR EEN INNOVATIEGERICHT MILIEUBELEID

2.1 *Waarom is technologische innovatie belangrijk voor het milieu?*

2.1.1 Technologie: terecht verdacht?

In 1972 organiseerden de Verenigde Naties in Stockholm de eerste wereldmilieuconferentie. Er werd een verklaring aangenomen die milieuvuiling als probleem erkent. Maar het bouwen van meetnetten en de ontwikkeling en toepassing van nieuwe technologie zou het probleem wel oplossen. Het zelfregulerende mechanisme van de economie zou uitputting van grondstoffen vermijden: naarmate een grondstof schaarser wordt, stijgt de prijs ervan, vermindert het verbruik en zal de zoektocht naar alternatieven leiden tot nieuwe ontdekkingen (technologieën) die de schaarste weer opheffen. De combinatie van economie en technologie zou de oplossing bieden.

Naast de officiële conferentie vonden er diverse schaduwconferenties plaats⁶. Daar was de toonzetting een stuk somberder, mede door de analyse van de 'Club van Rome' die eerder dat jaar was verschenen. In hun rapport lieten Forrester en Meadows aan de hand van een wereldmodel zien dat belangrijke grondstoffen voor het einde van de eeuw dreigden op te geraken, en dat de vervuiling van water, bodem en lucht het natuurlijk reinigingsvermogen zou overtreffen.

Eén van de deelnemers aan deze schaduwconferenties was de Amerikaanse ecoloog Barry Commoner. Hij stelde de milieubelasting voor als het product van drie factoren: de bevolkingsomvang, de welvaart en de milieubelasting per eenheid welvaart (Figuur 1)⁷. Deze laatste factor werd door Commoner ook omschreven als technologie. De technologie werd beschouwd als een deel van het probleem, met voorbeelden zoals de vervanging van paard door tractor, van natuurrubber door synthetisch rubber, van statiegeldverpakkingen door wegwerpverpakkingen, enz. Op zijn best kon technologische vernieuwing worden ingezet om emissies te verminderen of te voorkomen, maar échte oplossingen konden alleen komen van de tweede factor, het beperken van de productie of de economische groei⁸.

Figuur 1: Formule van Commoner (Commoner, 1971)

$M = B * W/B * M/W$ <p>met</p> <p>M: de milieubelasting B: de bevolkingsomvang W/B: de productie per hoofd van de bevolking (welvaart) M/W: de milieubelasting op per product (technologie).</p>
--

Het denken is intussen geëvolueerd, maar de zopas geschetste analyse staat in grote lijnen nog steeds overeind. Vandaag wordt erkend dat technologie een bijdrage levert en kan leveren aan het oplossen van milieuproblemen, maar heel veel wordt er niet van verwacht. De Vlaamse milieubelasting stelt in haar ontwerp milieubeleidsplan 2003-2007 bijvoorbeeld: "Door de inspanningen vooral te richten op verbeterde technische prestaties is de groei van de milieuproblematiek weliswaar afgeremd, maar de totale druk blijft zeer hoog en neemt nog toe in

enkele cruciale domeinen zoals de uitstoot van broeikasgassen. Ook wentelen louter technische oplossingen het probleem soms af van het ene compartiment op het andere, of verleggen ze het naar het buitenland of naar de toekomst. De gewonnen ademruimte is van korte duur als nieuwe groei in omzet deze ruimte opvult. Technische verbetering kent ook grenzen: het rendement van energiegebruik kan niet boven 100% uitstijgen, de vernietiging van dier- en plantensoorten kan niet teruggedraaid worden". Echte oplossingen worden enkel verwacht van fundamentele veranderingen in het productie- en consumptiesysteem.

Wij delen het technologisch optimisme ('engineering our way out') evenmin, maar vinden dat de potentiële bijdrage van technologie in de bovenstaande visie zwaar onderschat wordt. Wat onvoldoende wordt ingezien, is dat technologie niet alleen op zich kan bijdragen aan de oplossing van milieuproblemen, maar vaak tegelijk ook voorwaarde is voor en katalysator van maatschappelijke veranderingen. Nieuwe technologie schept immers nieuwe mogelijkheden en nodigt dus uit tot ander gedrag. Technologie kan dan ook een hefboom zijn voor een maatschappelijk veranderingsproces in de richting van een meer duurzame samenleving.

Deze boodschap willen we hierna wat meer onderbouwen. We staan eerst even stil bij de verschillende visies over de relatie tussen economische groei en milieubehoud en bij de wijze waarop technologie in elk van deze visies een vooraanstaande rol speelt. Daarna overlopen we de argumenten voor een innovatiegericht milieubeleid.

2.1.2 Economische groei, milieu en technologie

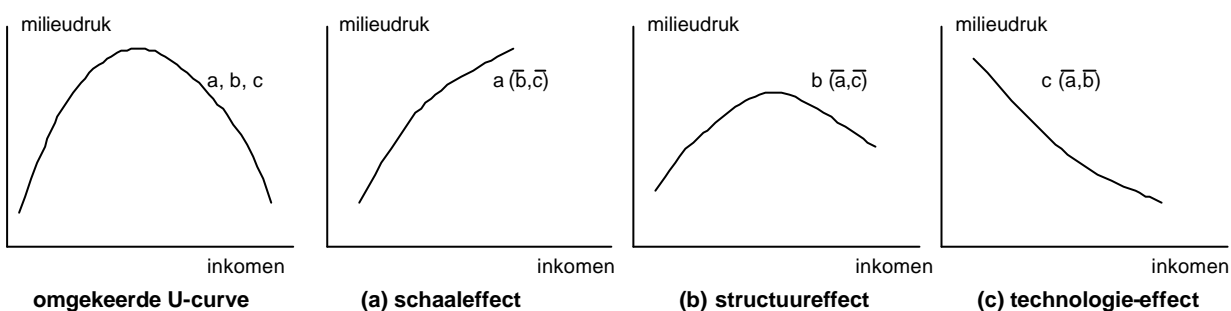
Economische groei is één van de centrale doelstellingen van het overheidsbeleid, ook in Vlaanderen. Het verzekeren van de economische groeikracht wordt beschouwd als een noodzakelijke voorwaarde voor een kwaliteitsvolle samenleving in het algemeen, en voor duurzame werkgelegenheid en sociale cohesie in het bijzonder. De Europese Top van Lissabon in maart 2000 stelde een economische groei van 3% in Europa als een realistisch cijfer voorop. Bevordering van de *technologische vooruitgang* en vernieuwing van de productiemiddelen van de EU zijn daartoe belangrijke instrumenten van de strategie van Lissabon⁹. Dit is geen toeval. In de klassieke economische groeitheorieën¹⁰ is technologische verandering¹¹ een determinerende factor voor het ontstaan van economische groei, hetgeen bevestigd wordt door econometrische analyses¹². Nieuwe evolutionaire groeitheorieën beklemtonen het belang van technologische innovatie nog meer. Zij beschouwen de idee van kennisaccumulatie en kennisverspreiding door 'learning by doing' en 'learning by investing' als motor van economische groei¹³. Het is mee op basis van deze inzichten dat de EU zichzelf in Lissabon tot doel heeft gesteld "de meest concurrerende en dynamische kenniseconomie van de wereld te worden", en dat momenteel in het economisch beleid van veel landen de klemtoon ligt op het uitbouwen van een kennismaatschappij, met acties om zowel technologische innovatie als kennisdiffusie en -toepassing aan te moedigen¹⁴.

De omgekeerde U-curve: economische groei is de oplossing voor milieuproblemen

Het eerder vermelde technologisch optimisme en de zopas beschreven visie op technologische innovatie als motor van economische groei, hebben sommige economen ertoe verleid te stellen dat economische groei zelf 'groen' is. Economische groei zou een voldoende voorwaarde zijn voor milieubehoud. Deze idee is vooral door de literatuur over de 'Environmental Kuznetscurve' gepropageerd. Op basis van de vaststelling dat in een groeiende economie veel schadelijke

emissies, voorbij een zeker inkomensniveau, minder dan proportioneel lijken toe te nemen, en er soms zelfs sprake is van een afname van de vervuiling (de omgekeerde U-curve)¹⁵, gaan deze economen ervan uit dat een voortgaande economische groei vanzelf wel tot een oplossing van de milieuproblemen zal leiden. Dit is het gevolg van het samenspel van drie effecten: schaal, structuur en technologie (Figuur 2). Men gaat ervan uit dat de milieubelasting toeneemt met de omvang van de productie en consumptie, m.a.w. met de schaal van de economie (schaafeffect). De richting van het structureffect hangt af van de omvang van het nationaal inkomen. Bij lage inkomensniveaus is de dominante wijziging in de productiestructuur van landbouw naar industrie, met stijgende milieudruk. Bij verdere economische groei is er een overgang van een industriële economie naar een diensteneconomie en verder naar een kennis- en informatie-economie, met een (relatieve) vermindering van de aantasting van het milieu¹⁶. Het technologie-effect tot slot leidt tot een toenemende daling van de milieubelasting bij stijgende inkomens. Het aanbod aan milieu-efficiënte technieken verhoogt immers door (zowel autonome als aan groei gerelateerde) innovatie en kennisaccumulatie; de vraag ernaar door veranderingen in de preferentiestructuur in de richting van meer milieuvriendelijke producten en van een beter milieu en meer natuur. Het is dus vooral door de *technologie* dat economische groei tot milieubehoud zou leiden.

Figuur 2: De omgekeerde U-curve (Panayotou, 2000).



De 'Porter-hypothese': milieubeleid bevordert de economische groei

Een andere visie op de band tussen economische groei en milieu stelt dat wél een milieubeleid nodig is om milieuproblemen op te lossen, én dat milieubeleid de economische groei kan bevorderen. Deze idee is vooral door Michael Porter onder de aandacht van een breder publiek gebracht, en resulteerde in wat men sindsdien de 'Porter hypothese' noemt¹⁷. De rol van *technologische innovatie* staat daarin centraal. Porter stelt dat goed ontworpen milieuregulering de aandacht van bedrijven kan vestigen op nog ongebruikte opportuniteiten voor productiviteitsverhoging, en hen kan stimuleren deze aan te wenden. Dit leidt tot proces- en productaanpassingen met soms aanzienlijke kostenbesparingen, vooral door een efficiënter gebruik van energie en grondstoffen, die de kosten van het naleven van regelgeving overtreffen ('innovation offsets'). Dit bevordert op zijn beurt de concurrentiepositie van bedrijven en - via kennisdiffusie en leereffecten - de economische groei. Deze hypothese heeft mee de opvatting ondersteund dat economische groei en milieubehoud heel goed kunnen samengaan: technologische vooruitgang kan de eco-efficiëntie verhogen, en deze verbetering van de milieuprestaties van producten en diensten maakt het mogelijk om economische groei te verzoenen met ambitieuze milieudoelstellingen en dus een ontkoppeling van milieudruk en economische groei te realiseren¹⁸.

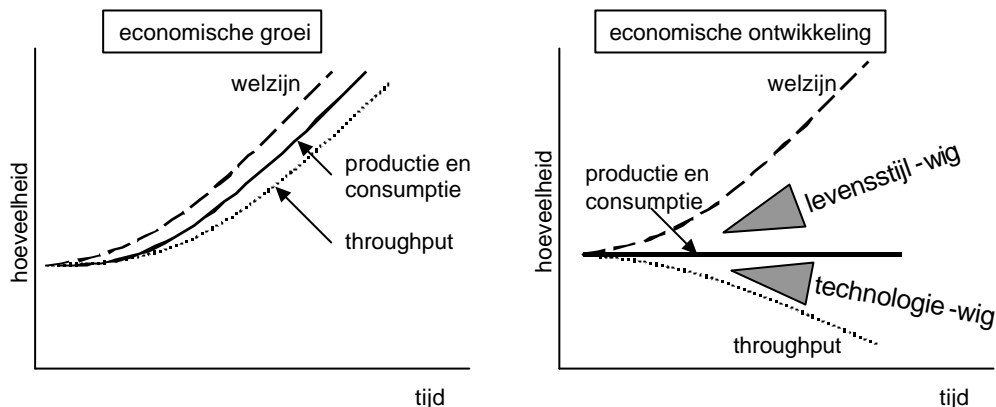
De neo-klassieke visie: milieubeleid vertraagt de economische groei

Neo-klassieke economen zijn het hier niet helemaal mee eens. Zij stellen dat men niet aan een afruil tussen milieu en economie onderuit kan¹⁹. De conventionele economische theorie stelt inderdaad dat milieumaatregelen een bijkomende inzet van productiefactoren vergen. Bij gelijkblijvende productie zal de aanwending van grondstoffen, kapitaal en arbeid toenemen omdat in feite een extra output wordt geproduceerd, namelijk milieukwaliteit. Deze middelen zijn niet langer beschikbaar voor andere doeleinden. Hierdoor is sprake van een verdringing van productie-investeringen door (niet-productieve) milieu-investeringen en van een stijging van de productiekosten²⁰. Wanneer deze kosten worden doorgerekend in hogere prijzen zal de vraag en het beschikbaar inkomen verminderen en dus ook de productie. In een open economie verslechtert de competitiviteit van de binnenlandse industrie, daalt de export en stijgt de import. Dit alles vertraagt de economische groei. Het komt er volgens neoklassieke economen dan ook op aan een milieubeleid te voeren dat de kosten verbonden aan het realiseren van de milieudoelstellingen minimaliseert. Zij zijn daarom voorstander van economische milieubeleidsinstrumenten zoals heffingen en emissiehandel, omdat deze zorgen voor een kosteneffectieve verdeling van de benodigde milieu-inspanningen tussen bedrijven en sectoren (statische efficiëntie), en omdat zij een permanente stimulans inhouden voor de verdere vermindering van de milieudruk (*technologische innovatie* en dynamische efficiëntie).

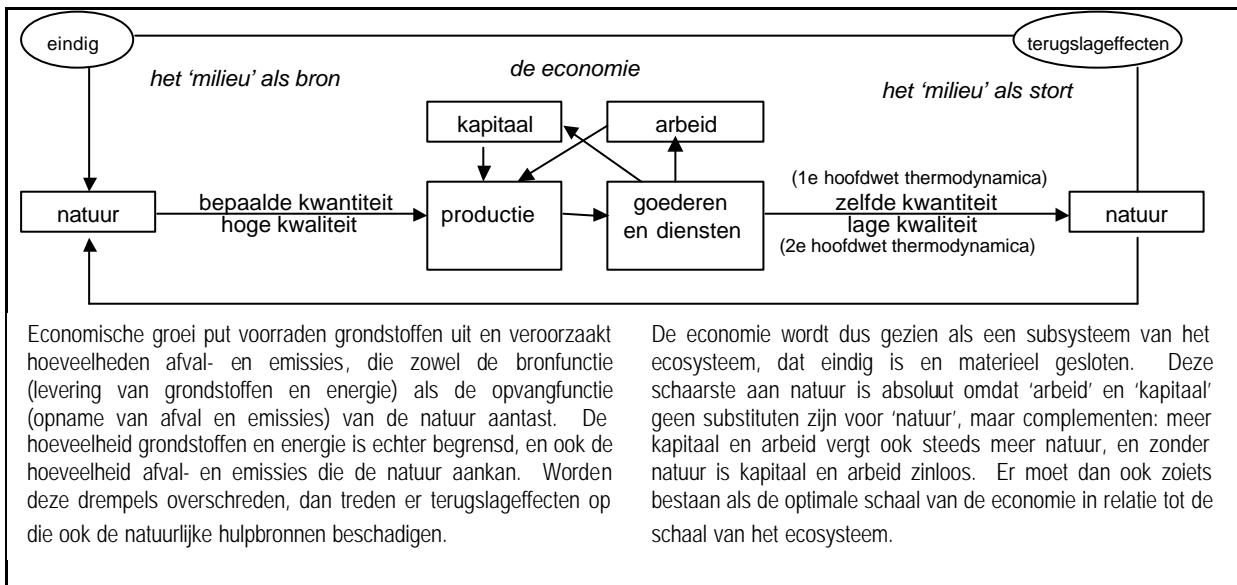
Ecologische economen: grenzen aan de economische groei

Een laatste visie op de band tussen economische groei en milieu gaat nog een stap verder. Om het leefmilieu te beschermen, en uiteindelijk ook de economie tegen zichzelf, mag economische groei geen na te streven doel zijn. Aanhangers van deze 'ecological economics' visie²¹ wijzen op de mogelijkheid van oneconomische groei, d.w.z. productiegroei die ons door uitputting van grondstoffen en aantasting van het milieu niet rijker maar armer maakt, waardoor maatschappelijke problemen niet gemakkelijker maar juist moeilijker op te lossen zijn. Zij stellen dat de welvaart op twee manieren kan worden verhoogd: door meer materialen en energie te gebruiken (verhogen van de 'throughput') of door meer welvaart te halen uit elke eenheid materialen en energie die in het economisch systeem passeert (efficiency). Het eerste noemen zij 'groei', het tweede 'ontwikkeling' (Figuur 3). Er zijn volgens hen duidelijk grenzen aan de groei, niet aan de ontwikkeling. Immers, wat men gemeenzaam productie noemt is in feite transformatie: transformatie van primaire materialen en natuurlijke hulpbronnen in finale goederen en diensten. Deze transformatie is eenrichtingsverkeer: producten worden niet geconsumeerd in fysische zin, maar leveren specifieke diensten aan consumenten waarna zij worden verwijderd als afval en emissies²². Deze laatste kunnen bovendien nooit volwaardig de plaats innemen van primaire materialen en natuurlijke hulpbronnen²³. Ook vervanging van minder 'natuur' door meer 'kapitaal' en 'arbeid' is geen oplossing omdat 'natuur' geen loutere productiefactor is naast 'arbeid' en 'kapitaal'²⁴, maar de basis zelf vormt van het economisch systeem (Figuur 4). We zijn het dan ook aan toekomstige generaties verplicht om voldoende kwaliteitsvolle 'natuur' achter te laten, veeleer dan kennis en technologie²⁵. Uitgaande van een begrenzing van de hoeveelheid 'natuur' die door elke generatie mag worden gebruikt (de 'milieugebruiksruimte')²⁶, leggen zij de klemtoon op geboortebeperving, herverdeling van welvaart én *technologie*. Zij menen immers dat het doel van de economie moet wijzigen van het verhogen van de hoeveelheid productie ('throughput') naar het verhogen van de productiviteit van het natuurgebruik ('efficiency').

Figuur 3: economische groei vs. economische ontwikkeling (op basis van Robinson and Tinker, 1996)



Figuur 4: 'Ecological economics' voorstelling van de economie



Het is niet onze bedoeling om hier het debat te voeren over milieu en economische groei²⁷. Wel hebben we willen aangeven dat in elke benadering *technologische innovatie* naar voor wordt geschoven als cruciaal voor het realiseren van milieuresultaten. Uit de bespreking zijn bovendien enkele inhoudelijke argumenten voor een innovatiegericht milieubeleid naar voor gekomen (Tabel 1). We willen ze nu wat meer in detail overlopen.

Tabel 1: Argumenten voor een innovatiegericht milieubeleid

Verhoging van de milieu-effectiviteit	Een innovatiegericht milieubeleid is nodig om de ontwikkeling en introductie van een nieuwe generatie technieken te stimuleren, waarmee verregaande milieuverbeteringen bereikbaar worden.
Ontkoppeling van economische groei en milieudruk	Een innovatiegericht milieubeleid is nodig om tegelijk ambitieuze sociaal-economische en milieudoelstellingen te realiseren, en dus een substantiële verhoging van de eco-efficiëntie.
Kosteneffectiviteit van het milieubeleid	Een innovatiegericht milieubeleid is nodig om de kosten van milieumaatregelen te verlagen, waardoor meer milieuresultaten kunnen worden gehaald voor hetzelfde geld.
Benutting van win-win opportuniteiten	Een innovatiegericht milieubeleid is nodig om de aandacht te vestigen op nog ongebruikte win-win opportuniteiten om de productiekosten te verlagen en tegelijk minder te vervuilen.
Markt- en sociaal-economische voordelen	Een innovatiegericht milieubeleid is nodig om te genieten van de beloftevolle markt- en sociaal-economische voordelen gekoppeld aan de snel groeiende milieutechnologiesector.

2.1.3 Argumenten voor een innovatiegericht milieubeleid

Verhoging van de milieu-effectiviteit

De bereidheid om meer aandacht te schenken aan milieu is de laatste twee decennia zowel nationaal als internationaal aanzienlijk toegenomen. Veel bedrijven hebben maatregelen genomen om de milieueffecten van hun bedrijfsactiviteiten te verminderen. Ook consumenten hebben hun steentje bijgedragen aan de verbetering van het milieu, bijvoorbeeld door het gescheiden inzamelen van hun huishoudelijk afval en milieubewuster inkoopgedrag. Al deze initiatieven van producenten en consumenten hebben geleid tot een aanzienlijke verlaging van de milieubelasting. Maar de bereikte milieuverbetering is nog lang niet voldoende. Voor de meest zichtbare milieuproblemen komt de oplossing dichterbij, maar de problemen zijn aan het verschuiven van korte termijn, lokale milieuschade naar lange termijn, chronische, wereldwijde en mogelijk onomkeerbare milieuproblemen (bv. klimaatverandering, biodiversiteitsverlies, aantasting fertiliteit en immuunsystemen, ...). Bovendien streven steeds meer mensen in andere werelddelen een 'Westers' welvaartspeil na, waardoor de druk op het milieu mondiaal sterk zal toenemen. Analyses geven ook aan dat autonome factoren zoals de technologische ontwikkeling, het Europees beleid, veranderingen in de sectorstructuur enz. een belangrijke rol hebben gespeeld bij de milieuresultaten. De invloed ervan kan soms groter zijn dan die van het gevoerde milieubeleid²⁸. Deze vaststellingen suggereren dat de technologische basis waarop onze maatschappij zich baseert niet langer geschikt is, en dat de technieken van vandaag niet zullen volstaan om aan de bedreigingen het hoofd te bieden. Om de milieu-effectiviteit van het beleid te vergroten, is dus een innovatiegericht milieubeleid nodig waarmee de ontwikkeling en introductie van een nieuwe generatie technieken wordt gestimuleerd.

Ontkoppeling van economische groei en milieudruk

Een oplossing voor milieuproblemen kan in principe ook worden gevonden in een vermindering van de welvaart. Maar economische groei blijft een belangrijk politiek en maatschappelijk doel om gemakkelijker aan maatschappelijke vragen en uitdagingen zoals de noden van een vergrijzende bevolking, gezondheidszorg, onderwijs, enz. tegemoet te komen. Bovendien zijn mensen vooralsnog nauwelijks bereid in te leveren op materiële verworvenheden. Het verzoenen van sociaal-economische en milieudoelstellingen wordt benadrukt binnen het concept duurzame ontwikkeling. Het vergt een *ontkoppeling* van de economische groei en de milieudruk, via een beleid gericht op het verhogen van de *eco-efficiëntie*. Dit streven vormt de kern van veel recente beleidsverklaringen, ook in Vlaanderen²⁹. De twee concrete aangrijpingspunten daarvoor zijn de vermindering van de materiaal- en energie-intensiteit aan de inputkant van de economie (dematerialisatie) en de

vermindering van de milieu-impact van het energie- en grondstofgebruik aan de outputkant³⁰. Op deze manier beschouwd, vormt een innovatiegericht milieubeleid een onmisbare schakel om tegelijk ambitieuze sociaal-economische en milieudoelstellingen te realiseren.

Kosteneffectiviteit van het milieubeleid

De hoogte en timing van milieudoelstellingen en milieunormen worden vaak mee bepaald door de haalbaarheid en kostprijs van de milieumaatregelen om deze doelstellingen en normen te realiseren. Technologische innovaties maken het echter mogelijk de kosten van milieumaatregelen te verlagen. Hierdoor kan meer milieuresultaat worden gehaald met hetzelfde geld of zijn de huidige milieunormen bereikbaar tegen een lagere kostprijs, waardoor middelen beschikbaar komen voor andere maatschappelijke doelen. Naast het direct effect op de kostprijs van het milieubeleid, hebben technologische innovaties vaak ook belangrijke dynamische effecten: naarmate de verspreiding en het gebruik van een nieuwe technologie toeneemt, daalt de kostprijs van de technologie en verbeteren de milieuprestaties. Dit is het gevolg van schaalvoordelen in de productie, maar vooral van leereffecten. Een innovatiegericht milieubeleid kan dus niet alleen de kosten van het milieubeleid verlagen. Het heeft ook een belangrijke 'optiewaarde': door nu te investeren in onderzoek, ontwikkeling en diffusie verlagen de kosten van toekomstige milieumaatregelen en zijn ambitieuze doelstellingen sneller haalbaar³¹.

Benutten van win-win opportuniteiten

Er bestaan goede mogelijkheden om via technologische innovaties zowel betere milieuprestaties als meer winstgevendheid te realiseren³². Via maatregelen gericht op bijvoorbeeld besparing van materiaal- en energiegebruik, betere aanwending van nevenproducten, minder opslag- en behandelingskosten, productinnovaties die leiden tot een hogere kwaliteit en betere performantie, verhoogde veiligheid, lagere gebruikskosten, een hogere herverkoopwaarde, lagere afvalkosten, enz. blijkt het mogelijk om de productiekosten te verlagen én tegelijk minder te vervuilen. Er zijn echter veel situaties waarin win-win opportuniteiten bestaan, maar niet worden genomen. Verklaringen daarvoor zijn o.a. onvoldoende managementaandacht³³ en concurrentie met andere technologieën en investeringen die meer binnen de basiscompetentie van het bedrijf liggen, meer rendabel zijn of minder riskant. Realisatie van win-win opportuniteiten zal dus niet automatisch gebeuren, terwijl dit maatschappelijk en macro-economisch wel wenselijk is. Het is in deze context dat Michael Porter en, lang voor hem, vele anderen³⁴ een innovatiegericht milieubeleid met 'goed ontworpen' milieuregelgeving³⁵ hebben bepleit dat de aandacht van bedrijven vestigt op nog ongebruikte win-win opportuniteiten en hen stimuleert deze aan te wenden.

Markt- en sociaal-economische voordelen

Tot slot kan een innovatieve milieutechnologiesector een goed substraat voor economische groei vormen, indien kan worden geprofiteerd van de mogelijkheden die de binnenlandse vraag naar milieutechnologie en vooral de snelgroeiende exportmarkten bieden. Milieu wordt ook meer en meer een verkoopsargument voor producten. Het belang en de omvang van de milieumarkt mogen we dan ook niet onderschatten³⁶. Het gaat immers om talrijke activiteiten op het vlak van beheer van verontreiniging, geïntegreerde technologieën en producten, en beheer van hulpbronnen (bv. duurzame energie en waterreserves). Bovendien is het een zeer dynamische markt met belangrijke groeisegmenten en goede exportmogelijkheden³⁷. In talrijke prognoses wordt deze sector als een van de snelst groeiende bedrijfstakken aangemerkt³⁸. Om van deze potentiële marktvoordelen te genieten, is echter een ondersteunend en stimulerend overheidsbeleid wenselijk. De concurrentie op

de internationale milieumarkt is immers scherp en overheden uit verschillende landen hebben specifieke beleidsstrategieën uitgebouwd om hun eigen milieu-industrie te promoten. De praktijk wijst tevens uit dat landen die onvoldoende de technologische innovatie in de sector steunen snel terrein verliezen naarmate nieuwe markten zich ontwikkelen, en in plaats van exporteur van milieutechnologie importeur worden³⁹. De milieusector zelf beschouwt, ook in Vlaanderen⁴⁰, de huidige belemmeringen voor technologische innovaties als een belangrijke rem op de verdere groei. Een innovatiegericht milieubeleid is dus tot slot ook wenselijk om de beloftevolle markt en sociaal-economische voordelen gekoppeld aan de snel groeiende milieu-industrie te benutten⁴¹.

2.2 Welke soort innovaties zijn belangrijk?

Hiervoor hebben we de argumenten voor een innovatiegericht milieubeleid belicht. Tot dusver hebben we echter niet aangegeven wat we precies met 'technologie' en 'innovatie' bedoelen en welke soort innovaties belangrijk zijn. Daarop gaan we nu dieper in.

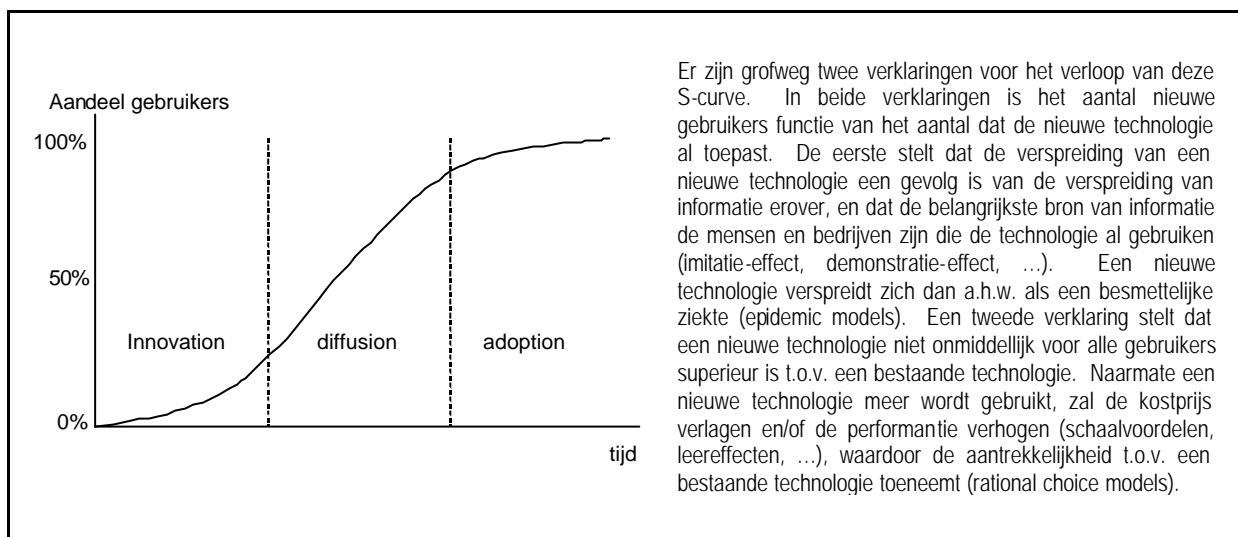
2.2.1 Enkele begrippen en definities

In de context van het technologie- en innovatiebeleid worden verschillende concepten en begrippen gebruikt die we hier kort toelichten⁴². Ten eerste is er het onderscheid tussen technieken en technologieën. Een *'techniek'* wordt doorgaans gelijkgesteld met een productiewijze, en heeft betrekking op zowel technische als organisatorische hulpmiddelen. *'Technologie'* duidt op het geheel aan kennis inzake technieken, en wordt doorgaans ook gebruikt om zowel deze kennis als de weerslag van deze kennis in technieken te vatten.

Een ander onderscheid is dat tussen een uitvinding (invention) en een innovatie (innovation). Een *uitvinding* is een idee voor een nieuw product, proces of systeem, en leidt niet noodzakelijk tot een technologische innovatie. Van een *innovatie* is pas sprake als er een concrete commerciële toepassing is van de uitvinding. Een bedrijf kan echter ook innoveren zonder ooit een uitvinding te doen, wanneer het bestaande ideeën toepast. Innovaties kunnen we indelen in vijf categorieën: een nieuw of vernieuwd product, een nieuwe productiemethode, de substitutie van materialen in een voor de rest ongewijzigd product, de reorganisatie van de productie, en een verbetering van de instrumenten of methodes om aan innovatie te doen⁴³. Uitvindingen en innovaties gebeuren in hoofdzaak via een proces dat "onderzoek en ontwikkeling" (O&O) wordt genoemd.

Uitvindingen en innovaties vormen samen de eerste fase van technologische verandering (Figuur 5). Het tweede stadium noemt men *diffusie* (diffusion) of de verspreiding van technologische kennis en innovaties. Dit leidt vervolgens tot de derde fase, de daadwerkelijke *aanwending* en invoering ervan in de economie (adoption). Hoewel het onderscheid tussen deze drie fasen conceptueel nuttig is, zijn zij in de praktijk onderling sterk verweven en vaak moeilijk te scheiden. Wij gebruiken de term innovatie voor het onderzoek naar en de ontwikkeling van nieuwe technologieën en de term diffusie voor de verdere verspreiding en aanwending van deze technologieën. Een innovatie slaat dan op een technologie die nieuw is voor de economie, terwijl diffusie betrekking heeft op de verspreiding van deze technologie (die al bestaat en dus enkel nieuw is voor de betrokken bedrijven).

Figuur 5: De drie fasen van technologische verandering (Kemp, 1997)



Nog een ander onderscheid is gebaseerd op de mate waarin innovaties afwijken van reeds bestaande technologieën. Technologische innovaties die een technologie gebaseerd op een bestaand technisch principe veranderen en verbeteren, en dus leiden tot relatief geringe veranderingen in de producten en productie- en consumptieprocessen, noemt men *'incrementele innovaties'*. Zij kunnen gebaseerd zijn op belangrijke onderzoek- en ontwikkelingsinspanningen, maar komen even vaak voort uit ervaringen tijdens het productieproces of uit initiatieven en suggesties van gebruikers. Daar tegenover staan *'radicale innovaties'*. Deze hebben te maken met een geheel nieuwe technologie en zijn het resultaat van bewuste onderzoek- en ontwikkelingsinspanningen. Zij zijn typisch ongelijk verdeeld over sectoren en in de tijd. Na verloop van tijd hebben zij vaak ingrijpende gevolgen omdat zij tot structurele veranderingen in de economie kunnen leiden.

Wanneer innovaties inderdaad leiden tot brede, structurele veranderingen, die verschillende sectoren beïnvloeden en waardoor er geheel nieuwe sectoren ontstaan, spreekt men van een nieuw *technologisch systeem*. Dit gaat vaak samen met organisatorische en beheersmatige veranderingen. Wanneer een technologische innovatie zulke verregaande effecten heeft dat bijna elke bedrijfstak er direct of indirect mee te maken krijgt en de hele samenleving wordt beïnvloed, spreekt men van een nieuw *technologisch regime of paradigma*. Een technologisch regime of paradigma wordt gedefinieerd als een bepaald patroon waarbinnen nieuwe technologieën worden ontwikkeld⁴⁴. Het is bepalend voor de manier waarop naar technisch-economische problemen wordt gekeken en naar oplossingen wordt gezocht, en kanaliseert innovatieactiviteiten dus in een welbepaalde richting. Technologische verandering binnen een bepaald regime of paradigma kan worden gezien als een cumulatief verbeteringsproces, en kan ertoe leiden dat bedrijven en volledige bedrijfstakken 'gevangen' zitten (lock-in) in een bepaalde technologische benadering. De term *technologisch traject* wordt gebruikt om deze technologische vooruitgang binnen een bestaand regime of paradigma aan te geven. Een *nieuw* technologisch regime of paradigma betreft dan een radicale verandering van de tot dan overheersende technologische benadering en praktijk, en impliceert vaak ook een combinatie van product-, proces-, organisatorische en beheersmatige innovaties (zie

voorbeeld in Kader 1). In een aantal gevallen maken zij een 'quantumsprong' in de algemene productiviteit van de economie mogelijk.

Wanneer veranderingen in de technologie gepaard gaan met onderling samenhangende veranderingen op meerdere terreinen, zoals structuur, instituties en cultuur, is sprake van een *transitie*. Een transitie is een geleidelijke, structurele verandering van de maatschappij (Kader 2). Het gaat om een proces dat zich afspeelt op lange termijn, in de orde van minstens een generatie (ca. 30 jaar)⁴⁵.

Kader 1: Voorbeeld: De expansie van de spoorwegen in de Verenigde Staten in de 19^e eeuw (Ausubel, 1989)

Vandaag associëren we spoorwegen met ijzer, staal, diesel en elektriciteit, maar in hun beginjaren waren zij voor het overgrote deel op hout gebaseerd. De brandstof voor de locomotieven was hout, wagons waren van hout, alsook dwarsliggers, en soms zelfs wissels en sporen. In 1905 stelde de toenmalige Amerikaanse president T. Roosevelt in een toespraak "*unless the vast forests of the United States can be made ready to meet the vast demands which this [economic] growth will inevitably bring, commercial disaster, that means disaster to the whole country, is inevitable. The railroads must have ties ... If the present rate of forest destruction is allowed to continue, with nothing to offset it, a timber famine in the future is inevitable*". Soortgelijke geluiden waren te horen in Argentinië, Indië, het Midden-Oosten en delen van Europa, waar de spoorweginfrastructuur werd uitgebreid ten koste van lokale bossen. O.m. in de Verenigde Staten werden maatregelen genomen om de ontbossing tegen te gaan. Zo werden er bossen aangelegd, werd aan spoormaatschappijen gevraagd bomen aan te planten langsheen spoorwegbeddingen, en werd een overheidsdienst ('Forest Service') opgericht, belast met het beheer van de resterende bossen. Een houttekort werd ook vermeden door technologische ontwikkelingen binnen het bestaande technologisch regime en traject (vnl. houtverduurzaming), waardoor de levensduur van dwarsliggers verdrievoudigde, en later, vooral in Europa, de vervanging van houten door betonnen dwarsliggers. De voorspelde houtcrisis is echter vooral vermeden doordat zich een nieuw technologisch systeem en regime ontwikkelde, met name de auto met verbrandingsmotor. De snelle doorbraak van deze technologie was mee te wijten aan het reeds voorhanden wegnetwerk, oorspronkelijk aangelegd voor paarden, karren en koetsen, en aan de superieure prestaties van de auto t.o.v. het paard.

Kader 2: Voorbeelden van transitie (Van Kasteren, 2001)

De evolutie in onze gebouwenverwarming is een voorbeeld van een transitie. Tot halverwege de jaren '60 beschikten de meeste huizen in Vlaanderen over een opslagplaats voor steenkool. In oktober/november werden kolen ingeslagen, die gedurende de winter werden opgestookt. Huishoudens beschikten slechts over een kolenkachel die was opgesteld in de woonkamer, waar het gezinsleven zich afspeelde, eerst rond de tafel, later steeds meer rond de zwart/wit televisie. Nadien veranderde dat snel, maar de kiemen ervoor werden al gelegd in de jaren '30 met de opkomst van een grootschaliger productie en distributie van gas. De kolenkachel werd vervangen door een kaskachel en later door centrale verwarming, waarbij alle kamers van het huis werden verwarmd. Het gevolg was dat het gezinsleven zich over het hele huis verspreidde, een tendens die nog eens werd versterkt door de kabel met meerdere aansluitingen per woning. Zo beredeneerd, droeg de energiebevoorrading –volgens sommigen– bij aan de individualisering van de samenleving. Andere voorbeelden van transitie zijn de overgang van zeilvaart naar stoomschepen, de overgang van weckpot naar diepvries, de groei van de automaatschappij, de aanleg van drinkwater- en rioleringsnet, de opkomst van de informatie en communicatietechnologie, de vergroening van de chemie door de biotechnologie, de opkomst van stromingsbronnen voor de energievoorziening, enz.

Maatschappelijke transitie kennen drie fasen - initiatie, versnelling en stabilisatie – die samen het typische verloop van een S-curve hebben. In de initiatiefase komt het veranderingsproces op gang. De energievoorziening via fossiele brandstoffen bijvoorbeeld wordt instabiel omdat het omwille van de milieu-impact niet meer voldoet aan de maatschappelijke behoeften, er zich technologische alternatieven aandienen (hernieuwbare energiebronnen), en de voorspelde groei fysieke grenzen overstijgt (uitputting). De versnellingsfase kenmerkt zich door selectie, waardoor een of meer opties kunnen uitgroeien tot volwaardige alternatieve systemen. Deze veranderingen, die het gevolg zijn van interactie tussen technologische vernieuwingen en veranderingen in gedrag en instituties, verlopen veelal ongestuurd; de uitkomst laat zich niet voorspellen. Hooguit achteraf valt te constateren hoe het proces verlopen is en welke technologie en actoren er een doorslaggevende rol in hebben gespeeld. Zo is het nog niet duidelijk of en welke alternatieven in de toekomst in welke verhouding naast elkaar zullen bestaan (wind, zon, biomassa, schoon fossiel, nucleair, ...). Er zijn echter reeds gespecialiseerde bedrijven en adviseurs en er is een groeiende groep klanten die 'groene stroom' wil. Ook instituties passen zich aan (bv. belastingvoordelen, systeem van groene stroomcertificaten, ...). In de stabilisatiefase neemt de snelheid van verandering af en er wordt een nieuw dynamisch evenwicht bereikt. De systemen voor productie, consumptie en dienstverlening hebben zich aangepast, evenals de maatschappelijke structuren en instituties en het normen en waardenpatroon.

Tot slot gaan we nog even in op het begrip 'milieutechnologie'. Tot voor kort werd deze term vooral gebruikt voor zgn. end-of-pipe technieken, d.w.z. vaak duidelijk zichtbare technieken die 'achteraan' het productieproces worden toegevoegd om de emissies ervan op te vangen, te concentreren of te verdunnen zodat zij minder schadelijk zijn (bv. schoorstenen, luchtfilters, waterzuiveringsinstallaties, ...). Ook vandaag blijft dit type milieutechnologie belangrijk. Het gaat immers om technieken die hun effectiviteit hebben bewezen en op relatief korte tijd inzetbaar zijn zonder ingrijpende aanpassingen in productieprocessen en producten. Zij laten bedrijven toe verder te opereren binnen het bestaand technologisch systeem en zijn bijzonder aantrekkelijk voor bedrijven en sectoren die 'vast' geraakt zijn (lock in) in bepaalde technologieën. End-of-pipe technieken zorgen aan de andere kant voor een verplaatsing van problemen⁴⁶ en leiden uiteindelijk altijd tot extra kosten voor bedrijven en andere doelgroepen. Schone (beter: schonere⁴⁷) productietechnieken zijn een alternatief. Het betreft preventieve, procesgeïntegreerde veranderingen in de productietechnologie die de hoeveelheid en schadelijkheid van emissies tijdens de productie verminderen. Daarnaast kunnen ook andere vormen van milieutechnologieën worden onderscheiden (Tabel 2). Wij zullen de term 'milieutechnologie' niet veel gebruiken, maar eerder spreken van technologie in zijn algemeenheid. Elke technologie kan immers een 'milieutechnologie' worden als deze wordt toegepast met het doel om het milieu te verbeteren⁴⁸.

Tabel 2: Milieutechnologieën: indeling in categorieën (Skea, 1995).

Categorie	Definitie
End-of-pipe technieken	Technieken die de directe emissies van milieuschadelijke stoffen beletten door ze aan het eind van het productieproces op te vangen (klassieke luchtzuivering, waterzuiveringsinstallaties, geluidsisolatie, ...).
Afvalbeheer	Behandeling, verwerking en verwijdering van afval, zowel intern door de afvalproducent als extern door afvalbedrijven (worden ook vaak tot de end-of-pipe technieken gerekend).
Schone technologie	Procesgeïntegreerde veranderingen in de productietechnologie, die de hoeveelheid en schadelijkheid van emissies tijdens de productie verminderen.
Recyclage	Afvalvermindering door het hergebruik van materialen die gerecupereerd worden uit afvalstromen.
Schone producten	Producten die aanleiding geven tot een lage milieu-impact gedurende de ganse levenscyclus van ontwerp, productie, gebruik en verwijdering.
Opkuistechnologie	Technologieën die de effecten van afval- en emissies in het milieu verminderen nadat de schadelijke stoffen reeds in het milieu zijn terecht gekomen (bv. bodemsanering).
Meet- en monitoringtechnieken	Technieken voor het nemen en analyseren van monsters, de analyse van gegevens enz.

2.2.2 De dominantie van incrementele technologische innovaties

Technologische innovaties volgen meestal een bepaald traject binnen een technologisch regime of paradigma. Het gaat om incrementele verbeteringen aan bestaande technologieën. De verklaring daarvoor is dat onderzoekers doorgaans hun aandacht richten op de oplossing van specifieke problemen die de toepassing van bestaande technologieën opleveren. Zij speuren de 'technologische horizon' af op zoek naar mogelijkheden om de prestaties van bestaande producten en processen te verbeteren. Dit zoeken is vertekend wegens de specialistische oriëntatie van organisaties en onderzoekers. Zij zijn bovendien begrensd in hun waarnemingsvermogen en hun kenvermogen. Zij zoeken meestal oplossingen die rond de thans bestaande technologieën en werkwijze kunnen worden gevonden (padafhankelijkheid)⁴⁹. Zolang deze incrementele innovaties voldoening geven zal 'studiewerk' weinig effect hebben op organisaties. Men zal zich dus eerder concentreren op korte termijn problemen en radicaal nieuwe alternatieven niet gemakkelijk beschouwen⁵⁰.

De dominantie van incrementele innovaties heeft niet alleen te maken met *psychologische* factoren, maar ook met *technisch-economische*. Zo heeft de heersende technologie al geprofiteerd van verschillende verbeteringen op het vlak van kosten en prestatiekenmerken, door geaccumuleerde kennis en investeringen⁵¹, door een beter begrip van de verwachtingen van gebruikers en door geleidelijke aanpassing van de sociaal-economische omgeving aan een bepaald type technologie in termen van infrastructuur, beschikbare deskundigheid, sociale normen, regelgeving en levensstijl. Daarnaast zijn er voor de bestaande technologieën reeds kosten gedaan (sunk costs). Radicale innovaties impliceren vaak nieuwe producten, materialen en productieprocessen, nieuwe werkprocedures, nieuwe kennis en vaardigheden van werknemers, nieuwe leveranciers, enz. In dergelijke omstandigheden kan de introductie van radicale innovaties 'verwoestend' zijn, omdat zij gepaard gaan met de vervanging of zelfs vernietiging van grote delen van het bestaande productiesysteem.

Institutionele en culturele factoren versterken gewoonlijk deze technisch-economische belemmeringen nog. Het betreft o.a. gewoontevorming, levensstijlen, consumentenvoorkeuren, onderwijs- en opleidingsbeleid, aanbod van infrastructuren, regelgeving enz. die de weerstand tegen verandering vergroten en waardoor gevestigde belangen lange tijd de bovenhand halen. Er zijn dus heel wat factoren die de ontwikkeling en invoering van radicale innovaties belemmeren en ervoor zorgen dat de technologische ontwikkeling vaak binnen het bestaande technologisch regime blijft (Kader 3).

Kader 3: Voorbeelden van de dominantie van incrementele innovaties (Kemp, 1997; Nijkamp, 1998)

De hedendaagse *dominantie van de verbrandingsmotor in motorvoertuigen* is te wijten aan cumulatieve verbeteringen die in de loop der jaren zijn aangebracht, zoals verbeteringen in het ontwerp van de motoren (wat heeft geleid tot belangrijke verbeteringen in snelheid, brandstofverbruik, betrouwbaarheid, bereik, ...), kostendalingen door de grootschalige productie en 'learning by doing', vooruitgang in materiaaltechnologie, enz. Technische verbeteringen gingen gepaard met organisatorische en institutionele veranderingen: organisatorische aanpassingen die een efficiëntere productie mogelijk maakten, lage brandstofprijzen door schaalvoordelen en technologische vooruitgang bij de petroleumproductie; het hele netwerk dat werd opgebouwd rond de verbrandingsmotor (tankstations, wegen, pechdiensten, garages, mechaniciens, ...) enz. Het gevolg hiervan is dat onze maatschappij a.h.w. gevangen zit in dit technologisch regime. Alternatieven zoals elektrische voertuigen of brandstofcellen hebben slechts kans indien vanuit een bepaalde marktniche (bv. personenvervoer in steden) ervaring kan worden opgedaan, een infrastructuur kan worden uitgebouwd (bv. oplaadpunten voor de batterijen) en aan oplossing van problemen kan worden gewerkt (bv. vermogen batterijen, prijs-kwaliteit, ...), waardoor de technologie zich verder kan ontwikkelen en ook nieuwe toepassingen ontstaan (bv. betere batterijen voor de opslag van zonne-energie). In dezelfde zin hebben mensen en ontwerpers een vrij vast beeld van hoe een auto er moet uitzien en welke materialen moeten worden gebruikt. Ook deze materialen hebben geprofiteerd van cumulatieve technologische verbeteringen en kostendalingen. Omschakeling naar andere materialen (bv. van metaal naar kunststoffen) is hierdoor moeilijk, en vergt bovendien andere kennis bij ontwerpers en herstellende, andere leveranciers, enz. waardoor radicale veranderingen weinig kans maken.

Een ander voorbeeld is de HST vs. de zgn. magneettrein. Deze 'Maglev'-trein (magnetic levitation) is een vervoermiddel dat door middel van magnetische krachten boven de baan zweeft en daardoor vrijwel geen rolweerstand ondervindt. Deze trein kan een hogere snelheid (500 km/u) bereiken dan de HST, zonder dat het energieverbruik sterk toeneemt. Het nadeel is echter dat een geheel nieuwe infrastructuur noodzakelijk is. De HST bouwt voort op het bestaande technologische traject van het spoorvervoer waardoor de HST makkelijker inpasbaar is in de huidige infrastructuur. De Maglev daarentegen gaat uit van een compleet nieuwe technologie, waardoor een heel nieuwe infrastructuur nodig is, wat gepaard gaat met hoge omschakelingskosten.

Niettemin vinden op sommige momenten toch radicale innovaties plaats, en zien we dat een bepaald technologisch paradigma terrein verliest en geleidelijk vervangen wordt door een nieuw. Kemp (1997) ziet drie groepen factoren die de introductie van een nieuw technologisch paradigma kunnen veroorzaken: nieuwe wetenschappelijke inzichten, dringende technologische behoeften, en sommige ondernemingsactiviteiten samen met institutionele steun. Deze elementen zijn echter niet voldoende. Bovendien is het op het moment dat één of meer van deze factoren zich manifesteren, vaak helemaal niet duidelijk welke richting de technologische ontwikkeling zal uitgaan omdat er steeds verschillende technische mogelijkheden zijn die uitgewerkt en gesteund worden door andere partijen, met verschillende kosten, prestaties, mogelijkheden en onzekerheden⁵². In die zin is het ook goed mogelijk dat in een samenleving uiteindelijk een minder goede technologie de bovenhand haalt op een technisch superieure technologie, in het bijzonder wanneer samen met de groei van het aantal gebruikers de aantrekkelijkheid toeneemt (zgn. netwerkexternaliteiten)⁵³. De keuze voor het inslaan van een bepaald technologisch traject hangt daarom ook samen met het groeiend belang en geloof in de voortzetting ervan. De reden dat een radicale innovatie uiteindelijk een gevestigde en goed ontwikkelde technologie vervangt, hangt volgens Kemp (2000) samen met de aanwezigheid van marktniches in een vroeg stadium, met kennis en technieken die al beschikbaar zijn, en met verwachtingen en veranderingen in de technologie en in de sociaal-economische context. Vooral het belang van een marktniche wordt door Kemp benadrukt. Het betreft de aanwezigheid van een gespecialiseerde, beschermde markt waarin de technologie zich verder kan ontwikkelen en van waaruit nieuwe toepassingen ontstaan (zie Kader 3 supra⁵⁴). In die zin is de term 'radicaal' wellicht wat misleidend, omdat op het moment dat in het verleden een radicale innovatie is ontstaan, men zich meestal niet bewust was van het feit dat het (nadien) tot een radicale innovatie zou uitgroeien. In elk oud paradigma liggen reeds de wortels van een nieuw.

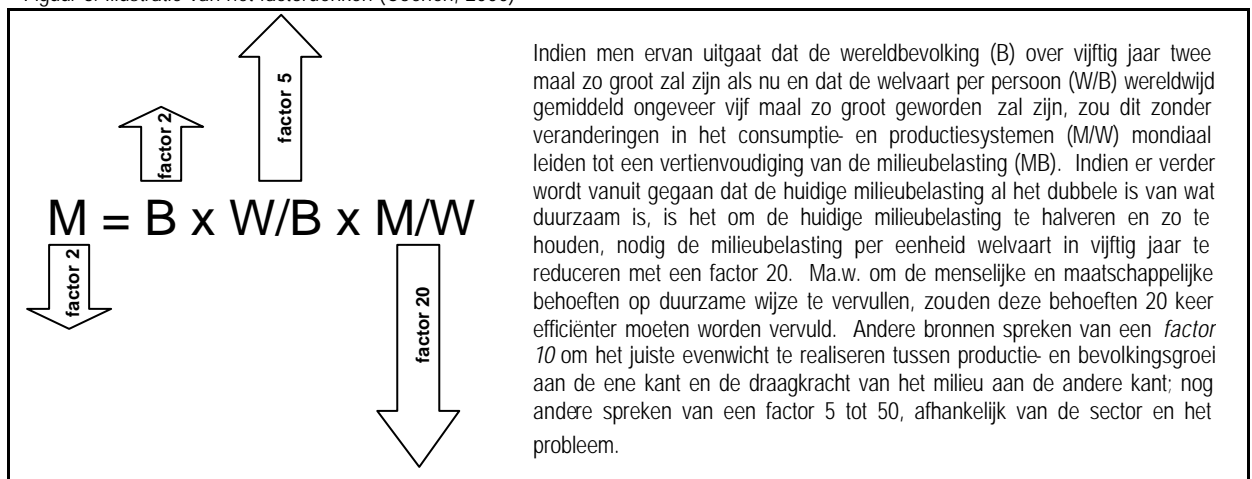
2.2.3 Het belang van radicale technologische innovaties

Radicale innovaties zijn ondanks hun 'creatieve destructie' belangrijk, zowel voor de economische ontwikkeling als voor het milieu en in het bijzonder voor de verzoening van beide.

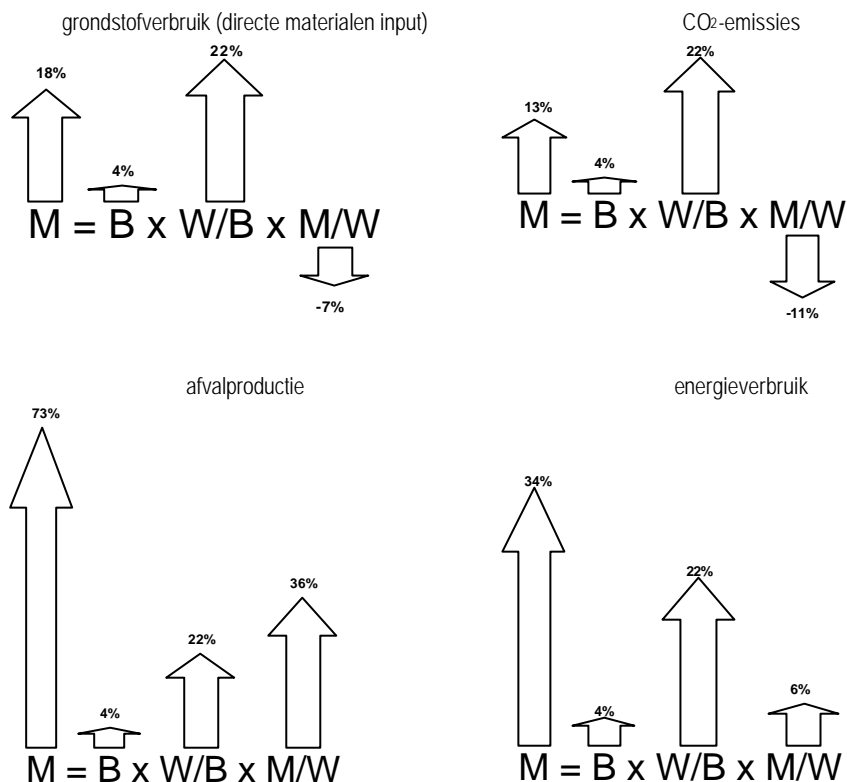
Vanuit *sociaal-economisch perspectief* wordt het belang van radicale innovaties vaak onderstreept. Al in de jaren '20 van de vorige eeuw constateerde de Russische econoom en statisticus Kondratieff dat zich naast de conjunctuercycli met een lengte van een jaar of tien ook nog een lange golf voordeed met een cyclustijd van 50 jaar. De Brit Freeman⁵⁵ koppelde de Kondratieff-golven op basis van de ideeën van Schumpeter⁵⁶ aan technologische doorbraken, een set van radicale innovaties die geclusterd is in de tijd⁵⁷. Concreet leidt een bundel radicale innovaties tot een volgehouden verhoging van de economische groei, van zodra zij worden opgepikt en opgevolgd door incrementele innovaties. Ook de nieuwe groeitheorieën beklemtonen dat het proces van economische groei samenhangt met structurele veranderingen in de economie: het zijn *radicale innovaties* die nieuwe mogelijkheden openen voor lange termijn veranderingen in de groeivoet van de economie⁵⁸. Radicale innovaties zullen vaak leiden tot nieuwe industrieën en activiteiten en bestaande bedrijven drastisch verjongen, terwijl incrementele innovaties nadien de drijvende kracht zijn achter de groei van deze nieuwe sectoren. Verschillen in technologische competentie tussen landen, zowel op het vlak van het voortbrengen van 'echte' technologische innovaties als van het snel oppakken en verspreiden ervan (diffusie), worden volgens de nieuwe groeitheorieën dan ook meer en meer belangrijk in het verklaren van groeiverschillen tussen landen⁵⁹.

Vanuit *milieuperspectief* zijn radicale innovaties eveneens cruciaal. Duurzame ontwikkeling is immers meer dan het scheiden van afval en af en toe de fiets nemen in plaats van de auto. Hoe nodig ook, de milieuwinst die daardoor wordt geboekt is beperkt, voor zover deze al niet wordt ingehaald door volumegroei. Om echt resultaten te boeken zijn meer fundamentele vernieuwingen nodig, d.w.z. *radicale innovaties op systeemniveau*. Dit kan worden geïllustreerd met de reeds gebruikte formule van Commoner (Figuur 6). Anders dan in 1971 ligt de nadruk nu echter op technologie als middel om de efficiëntie in onze omgang met sleutelvoorraden te verhogen en daarmee de milieubelasting te verminderen, terwijl de groei van de wereldbevolking en van de welvaart min of meer als gegeven wordt geaccepteerd. De vergelijking van Commoner vormt tevens de basis voor het factordenken. Concreet kan hier worden verwezen naar de 'Factor 4'-metafoor⁶⁰. Factor 4 staat dan voor een verdubbeling van de welvaart binnen één generatie bij een gelijktijdige halvering van de milieubelasting. Op de langere termijn wordt gesproken van Factor 10, Factor 20 of nog meer. Het precieze getal is hier niet belangrijk. Waar het om gaat is dat dergelijke eco-efficiëntieverhoging enorm is en tegen het huidige tempo niet zal worden bereikt. Figuur 7 illustreert dit voor de Vlaamse situatie. De gerealiseerde verbetering van de eco-efficiëntie de voorbije tien jaar op een aantal terreinen zoals CO₂-emissies en grondstoffenverbruik, is onvoldoende gebleken om de toename van de milieudruk als gevolg van de stijgende bevolking en welvaart op te vangen, terwijl de lange termijn doelstellingen reducties vergen van – bijvoorbeeld voor CO₂-emissies – 70%. Op andere terreinen zoals afvalproductie en energieverbruik is in Vlaanderen zelfs nog geen ontkoppeling van milieudruk en economische groei bereikt. In andere industrielanden is de situatie vergelijkbaar. Meer algemeen blijkt uit scenario studies dat de verwachte groei van de wereldbevolking en de toename van de gemiddelde materiële welvaart per individu met een grotere milieubelasting zal gepaard gaan⁶¹. Zelfs een optimistische hypothese voor verdere efficiëntieverbetering de eerstkomende decennia zal niet leiden tot een absolute daling van de milieuaantasting⁶². Een eco-efficiëntieverhoging met een factor 10 of 20 kan immers niet louter tot stand gebracht worden door stapsgewijze aanpassingen van de bestaande wijzen van denken en handelen. Er zijn verstrekkende innovaties en veel radicalere milieuverbeteringen nodig dan tot nog toe doorgevoerd (Figuur 8). De stappen moeten sprongen worden. Dit vereist een *Industriële transformatie*⁶³, een omvormingsproces vergelijkbaar met de Industriële Revolutie.

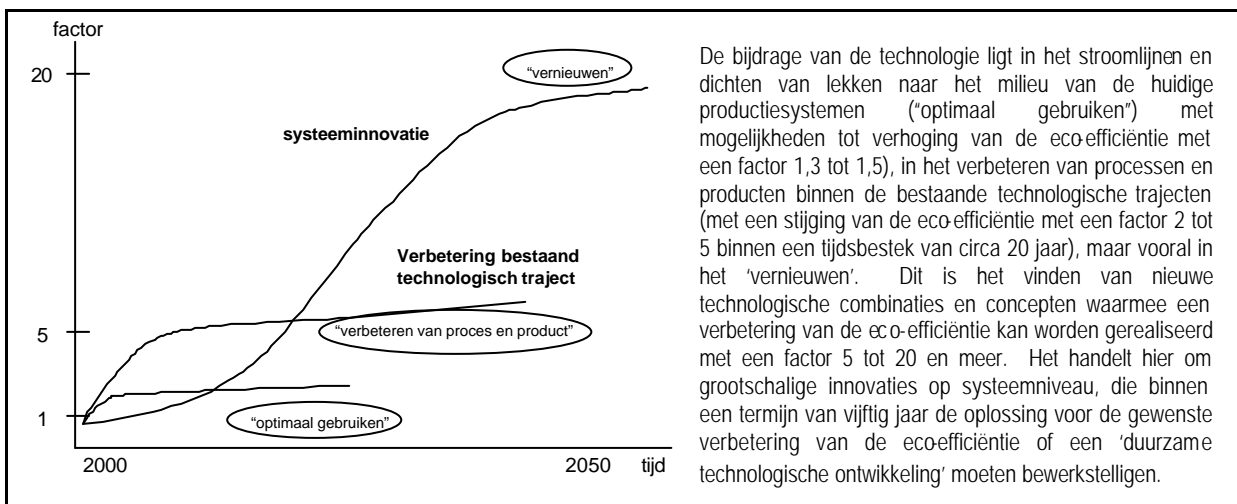
Figuur 6: Illustratie van het factordenken (Coenen, 2000)



Figuur 7: Ontwikkeling van de eco-efficiëntie in Vlaanderen tussen 1990 en 2001 voor enkele geselecteerde indicatoren (op basis van MIRA T-2002).



Figuur 8: Bijdrage van de technologie aan het verhogen van de eco-efficiëntie (Janssen, 1994).



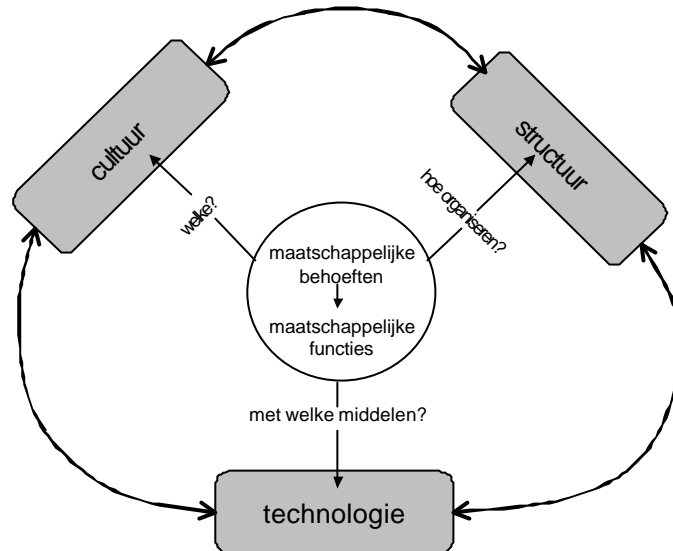
2.2.4 Implicaties voor de reikwijdte van technologische innovaties

Het tot stand brengen van eco-efficiëntieverhogingen in de orde van grootte van een factor 10 of meer vormt een enorme uitdaging die radicale technologische innovaties op systeemniveau vereist. De industriële sector kan daarin een belangrijke bijdrage leveren, maar is zeker niet de enige. De vereiste veranderingsprocessen zijn immers dusdanig ingrijpend en complex van aard, dat deze de reikwijdte en competentie van een individuele onderneming ver te boven gaan⁶⁴. Daarom zullen deze veranderingsprocessen alleen op gang komen met actieve steun van alle partijen die de gevolgen ervan zullen ondervinden. Het is dus niet mogelijk om de verantwoordelijkheid voor het realiseren van factor 10-veranderingen geheel bij het bedrijfsleven te leggen. Het vergt een collectieve aanpak, waarbij diverse partijen samenwerken.

Bovendien is technologieontwikkeling alleen niet voldoende. Dergelijke houding zou getuigen van een achterhaalde, technocratische kijk op de maatschappij. Naast nieuwe technologie zijn er ook institutionele, ruimtelijke en structurele veranderingen nodig. Enerzijds worden die veranderingen geïnspireerd door de beschikbaarheid van nieuwe technieken. Als we kijken naar de grote maatschappelijke transitie van het verleden, zijn die voor een groot deel in gang gezet door de ontwikkeling van nieuwe technologie⁶⁵. Het zijn vaak technologische innovaties die maatschappelijke trendbreuken inleiden en uiteindelijk uitmonden in maatschappelijke transitie. Anderzijds zijn ook sociale en economische prikkels nodig om die veranderingen te bewerkstelligen. Het gecombineerd inzetten van technologische en maatschappelijke initiatieven is dus nodig. In dat opzicht is niet alleen een industriële, maar *ook een maatschappelijke transformatie* vereist.

Deze samenhang tussen technologie en maatschappij kunnen we uitbeelden als een driehoek met als elementen cultuur, structuur en technologie (Figuur 9). De snelheid van een maatschappelijke transformatie wordt dan bepaald door het samenspel van veranderingen van deze drie factoren. Technologische veranderingen kunnen relatief snel gaan, maar de *technologie* komt er alleen snel genoeg als er ook adequate prikkels zijn. De *structuur* (spelregels en rollen van overheid en marktpartijen) zal daartoe moeten worden aangepast. Dit vereist wijzigingen in het overheidsbeleid en de wet- en regelgeving en veranderingen in de besluitvorming, de strategieën en het beleid in bedrijven en andere actoren, enz.. De mate waarin deze veranderingen plaatsvinden, is uiteindelijk afhankelijk van '*cultuur*', d.w.z. van menselijke aspecten en sociale behoeften (motivatie, waarden en normen, preferenties en gedrag). Culturele factoren bepalen immers aan welke producten en diensten de samenleving behoefte heeft en welke technologische oplossingen de consument daarvoor accepteert.

Figuur 9: Wisselwerking tussen cultuur, structuur en technologie (Janssen, 1994)



2.3 Besluit

Technologische innovatie is zeker niet de enige manier om milieuproblemen aan te pakken, noch is technologie altijd voldoende. Het is echter wel duidelijk dat technologische innovatie essentieel is als men economie en milieu wil verzoenen, welke mening men er ook op na houdt over de rekbaarheid van de ecologische grenzen aan de economische groei. Een innovatiegericht milieubeleid is nodig voor het verhogen van de milieu-effectiviteit, het realiseren van een ont koppeling van economische groei en milieudruk, het verbeteren van de kosteneffectiviteit van het milieubeleid, het benutten van win-win mogelijkheden en het realiseren van markt- en sociaal-economische voordelen.

Maar stapsgewijze verbeteringen van de bestaande technologieën zullen niet volstaan om een goed evenwicht te realiseren tussen productie- en bevolkingsgroei aan de ene kant en de draagkracht van het milieu aan de andere kant. Daartoe zijn meer verstrekkende technologische innovaties nodig dan tot nog toe doorgevoerd. De opgave bestaat er dan ook in om 'radicale' technologische veranderingen te ontwerpen en te ontwikkelen. Deze vereisen innovaties op systeemniveau, wat vaak de grenzen van individuele bedrijven en organisaties overstijgt. Technologie staat bovendien niet op zich, maar is ingebed in een maatschappelijk structuur en cultuur. Om echt resultaten te boeken zijn dus bredere vernieuwingen nodig: *transities* die zich niet beperken tot de ontwikkeling van nieuwe technologie maar die samengaan met bredere maatschappelijke veranderingen. Naast 'technologie' is dus 'politiek' vereist.

Omgekeerd worden ingrijpende maatschappelijke veranderingen gemakkelijker en sneller realiseerbaar als zij worden ondersteund door nieuwe technologische ontwikkelingen die de beschikbare gedragsopties verruimen. Technologie kan dus een hefboom zijn voor een maatschappelijk veranderingsproces in de richting van een meer duurzame samenleving. Naast 'politiek' is dus ook 'technologie' vereist.

Gedragsverandering (via 'politiek') en radicale innovaties (via 'technologie') beïnvloeden en ondersteunen mekaar dus wederzijds. Zij zijn als de benen van een schaar die slechts door samenwerking onze hedendaagse samenleving kunnen verknippen en omvormen tot een duurzame maatschappij⁶⁶. Bevordering van een milieugerichte technologische innovatie moet dan ook een centraal onderdeel van het milieubeleid en innovatiebeleid zijn.

Hiervan vertrekkende, staan we in de beide volgende delen van deze discussienota stil bij de vraag of dit inderdaad het geval is: moedigt het huidige milieu- en innovatiebeleid radicale technologische innovaties aan? En wat kan er anders en beter?

3. SITUATIE VAN DE PARTIJEN: INNOVATIE EN MILIEUBELEID, MILIEU EN INNOVATIEBELEID

In het vorige deel hebben we geconcludeerd dat de bevordering van een milieugerichte technologische innovatie een centraal onderdeel moet zijn van zowel het milieubeleid als het innovatiebeleid. In dit deel gaan we na in hoeverre dit vandaag het geval is. Eerst bespreken we de situatie in het milieubeleid, daarna in het innovatiebeleid.

3.1 Welke impact heeft het milieubeleid op de technologische innovatie?

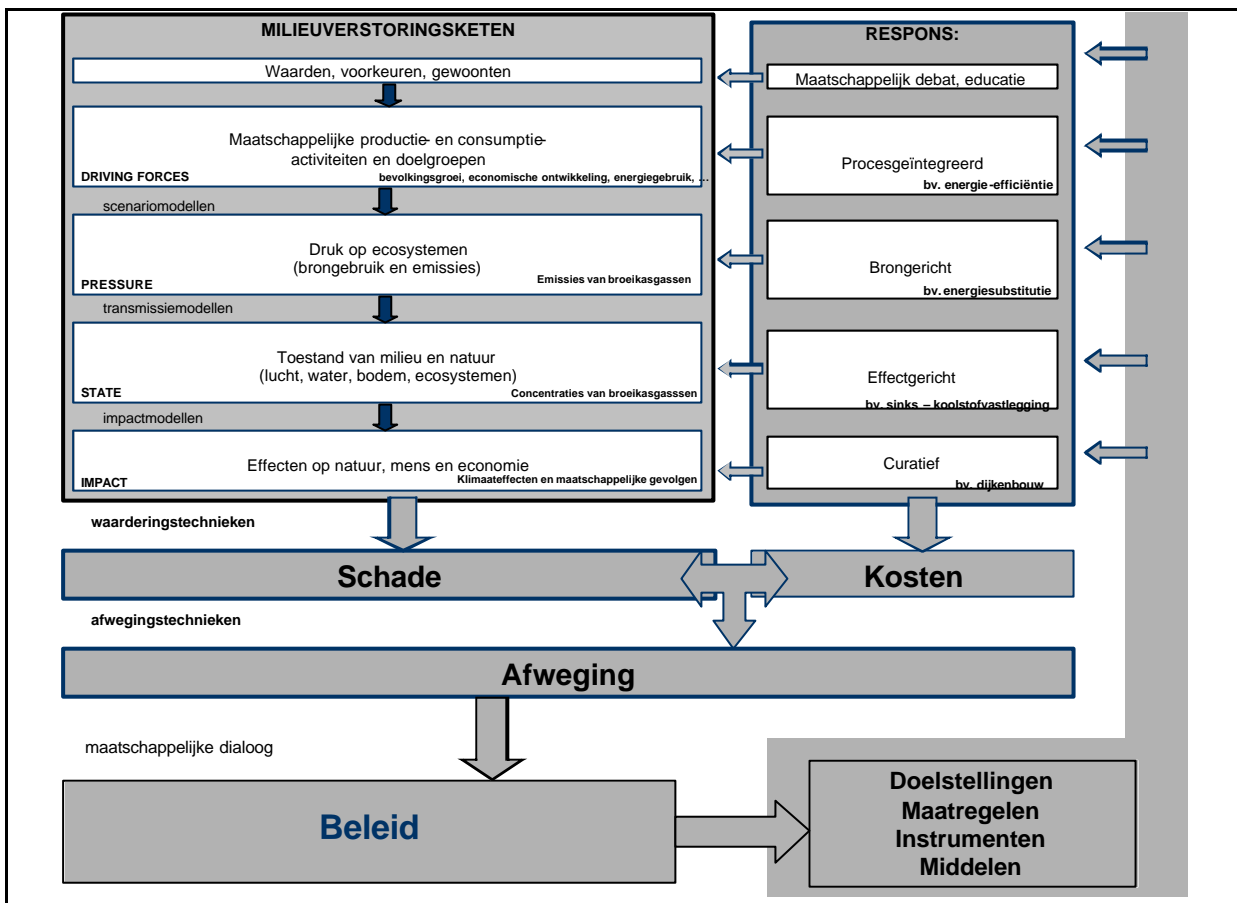
De impact van het milieubeleid op de technologische innovatie benaderen we vanuit twee invalshoeken. Een eerste betreft de vraag of het milieubeleid vandaag – in de manier waarop het wordt gevoerd, in de manier van probleemformulering, enz. - de stimulering van een milieugerichte technologische innovatie tot *doel* heeft. Een tweede invalshoek betreft, onafhankelijk van het antwoord op de eerste vraag, het *effect* van het milieubeleid op de technologische innovatie.

3.1.1 Technologie in het milieuanalysekader

Milieuproblemen zijn in de loop der jaren op verschillende manieren ingedeeld en beschreven. De wijze waarop dit gebeurt is belangrijk, want het bepaalt in grote mate de manier waarop de overheid de milieuproblemen aanpakt en haar taken structureert. De bekendste indeling was deze volgens de bedreigde *milieucompartimenten*: lucht, water, bodem, natuur, ... Een groot deel van de Vlaamse milieuwetgeving en van de milieuadministratie is nog steeds volgens deze sectorale indeling opgebouwd. Later – vanaf de tweede helft van de jaren '80 - kwam de indeling in *thema's* (verzuring, veresting, verdroging, uitputting, ...) en sinds begin jaren '90 gebeurt de analyse van milieuproblemen aan de hand van de *milieuverstoringsketen*. Deze wordt in Figuur 10 weergegeven via het traditionele *DPSIR⁶⁷-model*. Dit model gaat uit van oorzaak-gevolg relaties zodat informatie en kennis over milieuproblemen in een logische samenhang kunnen worden bestudeerd, en vervolgens, na afweging en formulering van beleid, de meest aangewezen beleidsmaatregelen voor de verschillende schakels van de verstoringsketen kunnen worden ingezet.

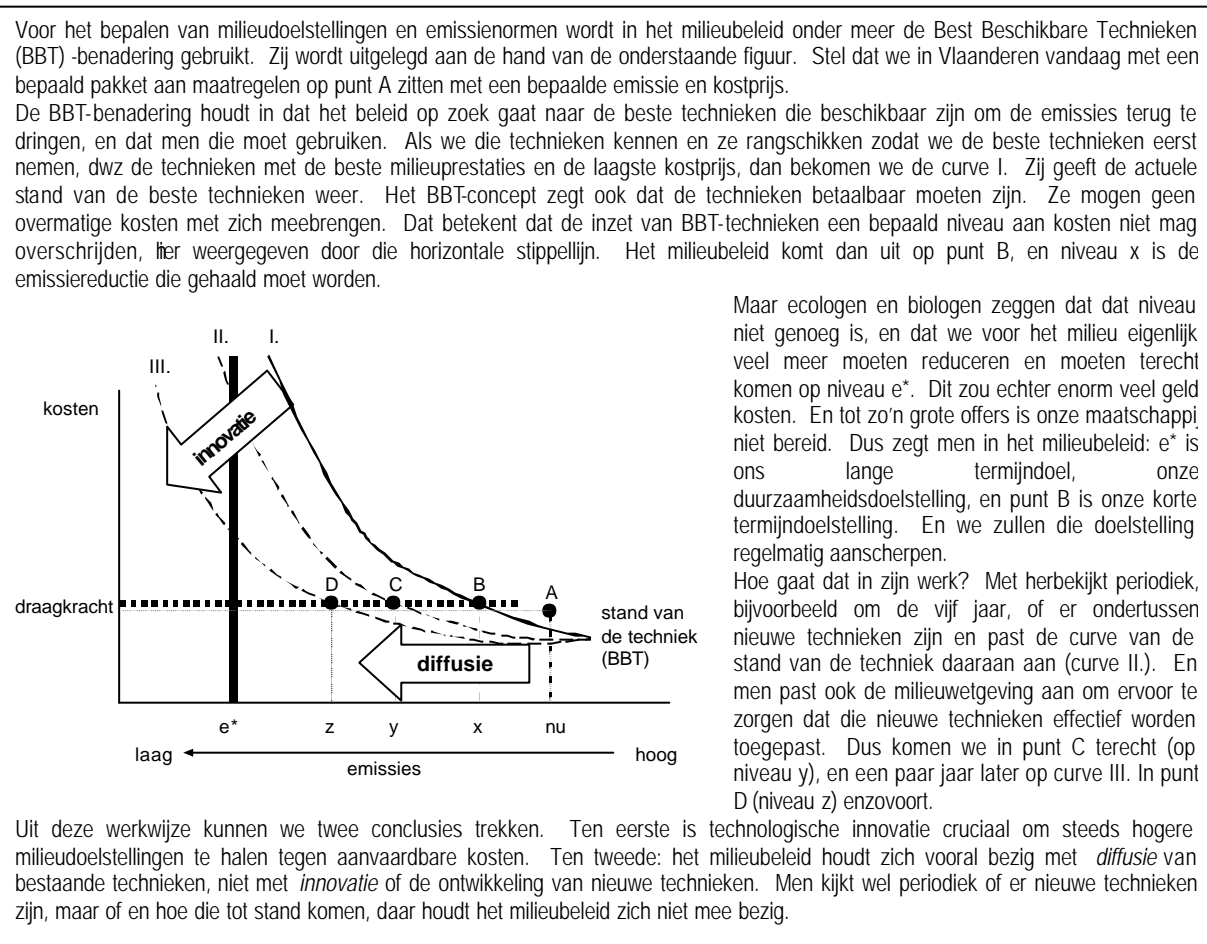
De evolutie in de manier waarop milieuproblemen worden ingedeeld en beschreven, heeft de ontwikkeling van de milieubeleidsvoering mee beïnvloed. Sterk geschematiseerd kunnen we de gang van zaken tot minstens midden jaren '90 als volgt schetsen. Wetenschappers constateren dat een bepaalde stof een milieuprobleem veroorzaakt⁶⁸. Schattingen over de ernst en omvang van schade en effecten leiden tot een bepaalde milieukwaliteitsnorm voor die stof, die vaak ook voor een deel bepaald wordt door de stand van de techniek van het moment⁶⁹. Via in de tijd verschuivende milieukwaliteitsnormen en emissiedoelstellingen wordt vervolgens geprobeerd om de schade en effecten te verminderen. Dit gebeurt traditioneel via het opleggen van normen en voorschriften aan emissiebronnen en het nemen van technische maatregelen gericht op de effecten van de milieuverstoring. Ook het opleggen van emissienormen en technische maatregelen gebeurt mee op basis van de stand van de techniek⁷⁰ (Figuur 11).

Figuur 10: Het uitgebreide DPSIR-model als analysekader voor het milieubeleid (Bollen, 2002).



Tot op zekere hoogte is dit nog steeds de manier waarop vandaag veel milieuwetgeving tot stand komt. Deze aanpak heeft in het verleden positieve milieuresultaten opgeleverd, maar veel andere problemen werden er niet door opgelost. Intussen is het inzicht gegroeid dat andere benaderingen de traditionele wijze van milieubeleidsvoering moeten aanvullen en op onderdelen vervangen (Tabel 3).

Figuur 11: Technologie in het milieu-analysekader: illustratie op basis van de BBT-benadering



Tabel 3: Belangrijkste ontwikkelingen in 10 jaar milieuwetgeving en -beleid (mee op basis van Leroy, 2002).

Ontwikkeling	Aanleiding of probleem	Oplappingsrichting of tendens
Vereenvoudiging van de regelgeving	Snelle, sectorale ontwikkeling van de milieuwetgeving, met als gevolg enerzijds zeer veel milieuwetgeving en belangrijke administratieve lasten en anderzijds een slechte wetgevingskwaliteit door onnodige verschillen tussen sectorale wetten (bv. procedures), afstemmingsproblemen (afwenteling) en hoge graad van detaillering.	Interne integratie, vereenvoudiging en codificatie van het milieubeleid en het milieurecht, evaluatiecommissies, reguleringsmanagement.
Verbreiding van het instrumentarium	Hoge kosten en lage effectiviteit van traditionele fysieke regulering ('command and control'); hoge kosten voor de overheid door grote kennisbehoefte en uitvoerings- en handhavingslast; lage effectiviteit door gebrek aan voldoende internalisering in de prijzen en verinnerlijking in gedrag.	Inzet van andere soorten milieubeleidsinstrumenten zoals economische en sociaal-communicatieve instrumenten (heffingen, emissiehandel, sensibilisering, convenanten, eco-labels, ...).

Gedeelde verantwoordelijkheid	Beperkte kennis van de overheid en beperkte acceptatie- en implementatiegraad van het milieubeleid bij de doelgroepen.	Een meer terughoudende overheid, die zich terugplooit op haar kerntaken ("sturen op afstand") en samenwerking met de doelgroepen van het beleid opzoekt (minder hiërarchisch, meer "horizontaal bestuur").
Integratie milieu in de maatschappelijke verhoudingen	Beperkte "maakbaarheid" van de samenleving door de overheid, die slechts één van de actoren is die mee het gedrag van bedrijven en gezinnen bepalen, en veranderende verhoudingen tussen staat, markt en "civil society".	Milieubeleid minder als een zaak tussen overheid en gereuleerde, en meer geïntegreerd in de normale sociale en economische relaties tussen personen, instanties en ondernemingen (o.a. "corporate social responsibility").
Externe horizontale integratie	Sterke verwevenheid van milieuproblemen met andere maatschappelijke activiteiten, waardoor effectiviteit van het milieubeleid beperkt is, in het bijzonder als andere beleidssectoren tegenstrijdige signalen geven.	Integratie van milieu in andere beleidsdomeinen of materies (de horizontale vorm) zoals landbouw, industrie, economie, verkeer enz.
Externe verticale integratie	Internationalisering ten gunste van supranationale instanties van het schaalniveau waarop grensoverschrijdende milieuproblemen worden aangepakt, en subsidiarisering ten gunste van lokale overheden door een implementatiedeficit.	Integratie van milieu in alle hiërarchische niveaus (de verticale vorm), met als gevuld 'multi level governance'.

We hebben aan deze kijk van het milieubeleid op milieuproblemen wat aandacht willen geven, omdat het ook de bril is waarmee naar oplossingen wordt gezocht. Deze bril is zeer structurerend voor de aard van het milieubeleid, voor het beleidsgericht milieuonderzoek en voor de prioriteiten die daarin worden gelegd.

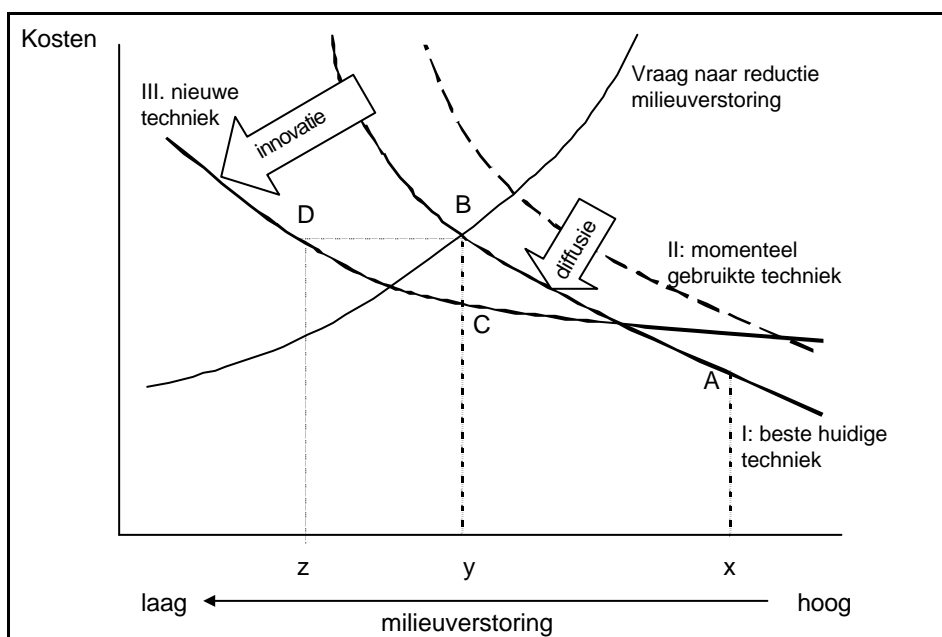
Immers, wat kunnen we uit het voorgaande afleiden voor de manier waarop het milieubeleid tegen technologische innovatie aankijkt? Het is duidelijk dat de aandacht voor de rol van technologische innovatie zeer beperkt is in het beschreven analysekader⁷¹. De klemtoon ligt op gedragsverandering via internalisering van milieukosten in de prijzen en verinnerlijking van milieuoverwegingen in het gedrag. Technologische innovatie is een 'black box', iets dat buiten het milieubeleid al dan niet tot stand komt. Er gebeuren in het milieubeleid dan ook weinig inspanningen om milieugerichte technologische innovaties te stimuleren. De beperkte aandacht in het milieubeleid voor technologie is bovendien *reductionistisch*. Het gaat vooral om het verspreiden van bestaande, best beschikbare technieken; m.a.w. om diffusie, niet om innovatie. Het gevolg is een vanuit technologisch oogpunt vrij *statische* manier van milieubeleidsvoering. Uitgaande van de bestaande (en hooguit in de zeer nabije toekomst te verwachten) technieken, is het milieubeleid vooral gericht op het vastleggen, verdelen en handhaven van de grenzen die vanuit milieu worden opgelegd aan maatschappelijke activiteiten. De hoofdvraag in het milieubeleid van vandaag is hoe we deze grenzen bepalen en best vertalen in beleidsinstrumenten en maatregelen.

O.a. Ashford (1994) stelt dat aan deze hoofdvraag veel tijd en energie wordt besteed, maar dat vanuit het perspectief van een dynamische technologische omgeving een andere soort vraagstelling zich opdringt, namelijk: hoe kunnen we best radicale innovaties realiseren in de huidige milieubelastende productie- en consumptieprocessen? Bovendien riskeert de stiefmoederlijke behandeling van technologische innovatie te leiden tot verkeerde afwegingen en foute beslissingen omtrent de keuze van doelstellingen, tijdspaden, instrumenten enz. We gaan hierna wat dieper in op deze beide kritieken.

De vraagstelling in het milieubeleid

Ten eerste, wat de vraagstelling in het milieubeleid betreft, wordt de traditionele visie⁷² getoond in Figuur 12. Zij geeft voor een hypothetische situatie de vraag (baten) en kosten weer van emissiebestrijding. Het evenwichtspunt waarop het milieubeleid zich richt ligt in het snijpunt van beide curven (punt B, y) waar de kosten van emissiereductie gelijk zijn aan de baten ervan⁷³. De kostencurve (lijn I) bevat alle momenteel beste bestrijdingstechnieken. Hierbij gaat men uit van economisch rationele agenten en een perfect geïnformeerde markt, waardoor deze kostencurve een soort theoretische efficiëntiegrens aangeeft. Maar in de praktijk worden deze technieken niet noodzakelijk allemaal volledig toegepast. Dit heeft voor gevolg dat in realiteit de kosten voor emissiereducties hoger liggen dan verondersteld (lijn II). Het komt er beleidsmatig dan ook op aan om de werkelijke bestrijdingskostencurve te laten verschuiven in de richting van de efficiëntiegrens. Dit betekent dat aan *diffusie* van bestaande technieken een groter belang moet worden gehecht dan traditioneel gebeurt. Maar de kern van het betoog ligt elders, nl. bij *innovatie*. Innovaties kunnen de bestrijdingskosten van bestaande technieken verder verlagen of leiden tot geheel nieuwe technologieën die een drastische verlaging van de kosten meebrengen (lijn III). Hierdoor zijn hogere emissiereducties haalbaar tegen dezelfde kosten (z; punt D) of kunnen de kosten verlagen om eenzelfde emissiereductie als voorheen te realiseren (y; punt C)⁷⁴. Dit benadrukt het grote belang van technologische innovaties voor de haalbaarheid van verregeande emissiereducties. Daarom stellen Ashford en andere zich de vraag of de klemtoon in het milieubeleid niet dient te verschuiven van het zo goed mogelijk bepalen van doelstellingen (y; punt B) en het inzetten van milieubeleidsinstrumenten om deze doelstellingen binnen een vooropgestelde tijdshorizon te halen (van x naar y), naar het stimuleren van fundamentele technologische innovaties⁷⁵.

Figuur 12: Belang van innovatie en diffusie voor het milieubeleid (op basis van Ashford, 2000)



De economische beleidsmodellen in het milieubeleid

Ten tweede, wat het risico op verkeerde afwegingen en foute beslissingen betreft, stellen Grubb e.a. (2002) dat de meeste berekeningen en modellen waarop beleidsmakers zich baseren technologische innovatie stiefmoederlijk behandelen. Technisch-economische modellen⁷⁶ optimaliseren de keuze tussen verschillende technieken, maar eens de data zijn gegeven is er geen verandering van de technologieën, d.w.z. er is geen modellering van een proces van technologische ontwikkeling, enkel van toepassing van reeds bestaande technieken. Bij het vaststellen van toekomstige kosten wordt dus veelal uitgegaan van constante eenheidskosten van maatregelen in de tijd. Macro-economische modellen veronderstellen doorgaans wel een autonome verbetering van de milieu- en/of energie-efficiëntie, maar deze is exogeen. Dit wil zeggen dat technologische verandering wordt voorgesteld via een afzonderlijke parameter die weergeeft hoe de kosten van verschillende soorten technieken verminderen in de tijd⁷⁷.

Deze wijze van modelleren geeft echter geen goede benadering van de totstandkoming en de effecten van technologische innovatie in de realiteit⁷⁸. De praktijk leert dat, eens men investeert in een nieuwe technologie, er een dynamisch innovatieproces volgt dat vaak de kosten verlaagt en nieuwe technologische mogelijkheden opent. Introductie van deze 'geïnduceerde' technologische verandering in modellen⁷⁹ kan de uitkomsten en beleidsaanbevelingen ingrijpend wijzigen (Tabel 4).

Modellen met geïnduceerde technologische verandering suggereren bijvoorbeeld dat economische verrassingen niet uitgesloten zijn, omdat door leereffecten de kosten van maatregelen op lange termijn wel eens significant lager kunnen zijn dan gewoonlijk wordt aangenomen. *Leercurves* tonen aan, o.a. voor substitutie van fossiele door hernieuwbare energiebronnen (Figuur 13), dat de kosten van maatregelen sterk kunnen dalen in de tijd, bij een toename van de productie. Hierdoor is de kans reëel dat de kosten van milieumaatregelen door de traditioneel gehanteerde economische beleidsmodellen overschat worden, en dat de bestaande rangschikkingen van milieumaatregelen op basis van hun kosteneffectiviteit verschuift wanneer men rekening houdt met de verschillen waarmee de kosten van de onderscheiden maatregelen afnemen in de tijd⁸⁰.

Een ander voorbeeld is dat modellen met exogene technologische efficiëntieverbetering typisch resulteren in de aanbeveling om te wachten met investeren tot een nieuwe technologie voldoende verbeterd en goedkoop is om concurrentieel te zijn, terwijl berekeningen op basis van geïnduceerde technologische ontwikkeling de waarde van vroegtijdige investeringen beklemtonen omdat het juist deze investeringen zelf zijn die aanleiding geven tot technologische verbeteringen en kostenverlagingen, al wordt dit niet door alle modellen met geïnduceerde technologische verandering bevestigd.

Nog een voorbeeld betreft het 'leakage'-probleem waarop o.a. in de context van het klimaatbeleid wordt gewezen, en dat verwijst naar het feit dat door eenzijdige maatregelen in de industrielanden de emissies mondiaal niet verminderen maar gewoon verschuiven naar regio's of landen die geen maatregelen nemen. Berekeningen op basis van geïnduceerde technologische ontwikkeling daarentegen beklemtonen dat er ook technologische spillovers zijn, die de klassieke componenten van leakage kunnen compenseren, omdat technologische innovaties in industrielanden via diffusie ook in de ontwikkelingslanden terecht komen.

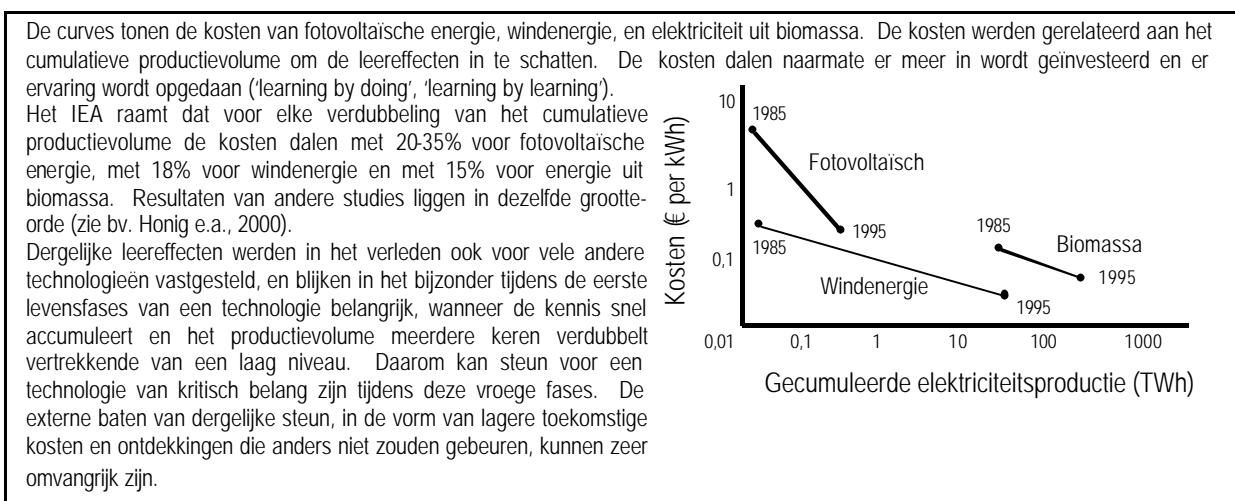
Introductie van 'geïnduceerde' technologische verandering in modellen vergroot daarnaast de onzekerheden over mogelijke toekomstscenario's. Omdat de technologische ontwikkeling verschillende kanten kan uitgaan, wordt het moeilijk of onmogelijk om een economisch 'optimaal' beleid te bepalen. Er zijn immers vele 'laagste kosten' uitkomsten mogelijk⁸¹.

Grubb e.a. (2002) stellen dat gezien het voorgaande het stimuleren van technologische innovatie een essentieel onderdeel van het milieubeleid moet zijn. Het belang daarvan ligt in het creëren van opties die er anders niet of pas veel later zouden komen, en in het verlagen van de kosten van het beleid. Zij menen dat het milieubeleid minder gefocust moet zijn op einddoelen en meer op de keuze van het pad daarheen, wetende dat het eindpunt van het beleid nooit duidelijk kan worden berekend en vastgesteld⁸². Larosse (1997) spreekt meer algemeen van een paradigmawisseling in de economische wetenschap door de endogenisering van kennis en technologie, die nog maar pas bezig is⁸³. Hij stelt net als Grubb e.a. (2002) dat de traditionele beleidsvoorschriften die afgeleid worden uit klassieke modellen aan een herdenking toe zijn.

Tabel 4: Verschillen tussen economische modellen met autonome en geïnduceerde technologische verandering (Grubb e.a., 2002).

	<i>Autonome technologische verandering</i>	<i>Geïnduceerde technologische verandering</i>
Verklaring voor technologische verandering	Technologische verandering hangt vooral af van een autonome trend en van overheidsonderzoek en –ontwikkeling.	Technologische verandering hangt vooral af van private investeringen (onderzoek en ontwikkeling, en 'learning by doing') als gevolg van reacties op marktprikkels
<i>Gevolgen voor modellering</i>		
Modelterm	Exogeen	Endogeen
Typische hoofdparameter van technologische verandering	AEEI (autonome energie efficiëntie verbetering) / geschatte kosten	Leercurve / ontwikkelingsratio
Wiskundige implicaties	Meestal lineair	Niet-lineair, complex
Implicaties voor optimalisering	Eenduidig optimum, berekenbaar met standaardtechnieken	Mogelijk meervoudige evenwichten, wellicht slechts berekenbaar met complexe technieken
<i>Economische en beleidsimplicaties</i>		
Gevolgen voor lange-termijn en omvangrijke milieuproblemen (bv. klimaatverandering)	Vermindering van emissies of concentraties wellicht zeer duur	Vermindering van emissies of concentraties kan vrij goedkoop zijn
Beleidsinstrumenten en kostenverdeling	Beste instrument is milieuheffing of emissiehandel + overheidsonderzoek en –ontwikkeling	Beste instrument bestaat wellicht uit combinatie van instrumenten, gericht op het heroriënteren van de private technologische innovatie.
Timing van het beleid	Uitstellen van emissiebeperkingen om te profiteren van dalende kosten in de toekomst	Versnellen van emissiebeperkingen om dalende kosten in de toekomst uit te lokken
'First mover' gedrag	Brengt kosten met zich mee zonder veel baten	Brengt kosten met zich mee met mogelijk grote baten
Spillover/leakage effecten	Leakage belangrijk	Technologische spillovers kunnen leakage-effect overtreffen

Figuur 13: Leercurves: het voorbeeld van hernieuwbare energietechnologieën (op basis van IEA, 2000).



Conclusie

Uit het voorgaande besluiten we dat het milieubeleid technologische innovatie niet bewust nastreeft. Het valt meestal buiten het gezichtsveld van het traditionele analysekader dat voor milieubeleid wordt gebruikt. Het zou echter kunnen dat het milieubeleid onbewust technologische innovatie wél stimuleert. Dit bekijken we in de volgende paragraaf.

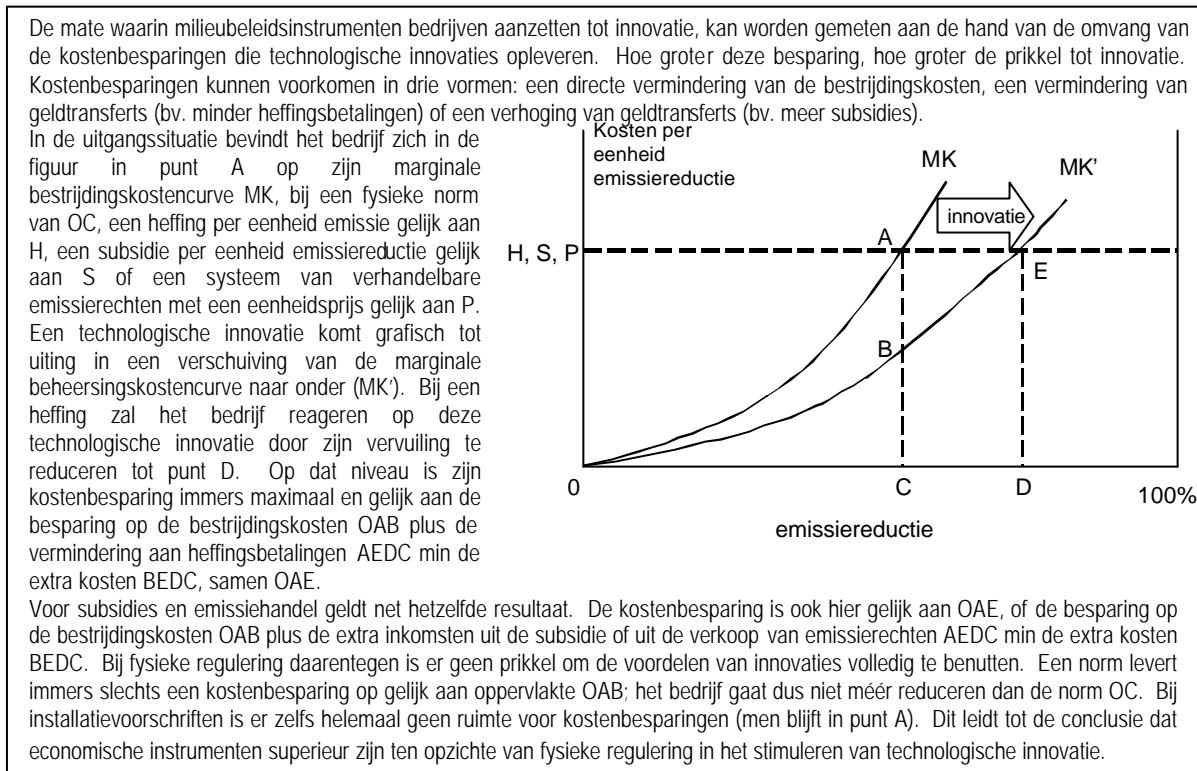
3.1.2 Impact van milieubeleidsinstrumenten op technologische innovatie

De literatuur over de impact van milieubeleidsinstrumenten op de technologische innovatie kan worden ingedeeld in theoretische en empirische analyses. We bespreken de uitkomsten van beide soorten onderzoek.

Resultaten van theoretische analyses

Theoretische analyses evalueren de innovatie-effecten van milieubeleidsinstrumenten aan de hand van het criterium 'dynamische efficiëntie': in hoeverre zet een instrument aan tot O&O, en tot een snelle aanwending van de resultaten daarvan. Volgens deze theoretische analyses stimuleren economische instrumenten, zoals heffingen per eenheid emissie, subsidies per eenheid emissiereductie en verhandelbare emissierechten, technologische innovatie méér dan fysieke regulering, zoals normen en verplichtingen. De reden is dat economische instrumenten bedrijven ertoe aanzetten om steeds bijkomende emissiereducties te realiseren. Hierdoor zijn extra kostenbesparingen mogelijk, door verlaagde heffingsbetalingen, extra subsidiegelden of verkoop van emissierechten. Economische instrumenten vormen dus een permanente stimulans om zowel nieuwe en betere technieken te ontwikkelen (innovatie) als het vervuilingsniveau terug te dringen van zodra nieuwe en betere technieken beschikbaar zijn (dynamisch efficiënt). Zij geven bovendien meer flexibiliteit dan sommige vormen van fysieke regulering bij de keuze van technologieën ('hoe' flexibiliteit) (Figuur 14) en van het tijdstip waarop innovaties worden doorgevoerd ('wanneer' flexibiliteit).

Figuur 14: Economische instrumenten: qua innovatie superieur t.o.v. fysieke regulering (naar Dowing en White, 1986)



Verfijningen van deze uitkomst leiden tot het resultaat dat emissieheffingen qua innovatie superieur zijn t.o.v. de andere instrumenten⁸⁴. Verhandelbare emissierechten vertalen technologische innovaties eveneens in een financieel voordeel door verkoop van overtollig geworden emissierechten, maar indien de innovatie niet beperkt is tot één bedrijf en dus de bestrijdingskosten voor de hele industrie verlagen, daalt ook de marktprijs voor emissierechten waardoor de stimulans voor innovatie lager ligt dan bij een heffing⁸⁵. Ook bij een subsidie per eenheid emissiereductie is de stimulans lager dan bij een heffing, omdat de reductiekosten niet worden gedragen door de vervuilers zelf. Hierdoor is er bijvoorbeeld geen volwaardige substitutie door meer milieuvriendelijke producten⁸⁶. Een analoge redenering geldt voor andere instrumenten (zie Tabel 5). Investeringssubsidies hebben volgens de theorie het nadeel, behalve bij een 100% subsidiëring van de extra kosten, dat ze enkel de winstgevendheid verhogen zonder de investeringsbeslissing zelf te beïnvloeden: men zal slechts van de subsidie gebruik maken nadat op grond van andere overwegingen reeds tot de investering was besloten (zgn. meeneemeffect).

Tabel 5: Directe en indirecte impact van milieubeleidsinstrumenten op emissies

	Directe emissiereductie (zuiveringstechnologie)	Input substitutie ⁸⁷ (energie en materialen)	Output substitutie (eindproducten)
Emissieheffing	Volledig	Volledig	Volledig
Verhandelbare emissierechten	Volledig	Volledig	Volledig
Subsidie per eenheid emissiereductie	Volledig	Volledig	Geen
Investeringssubsidie	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk
Emissienorm (outputnorm)	Volledig	Volledig	Gedeeltelijk
Technologie norm (inputnorm)	Volledig	Geen	Gedeeltelijk
Productheffing	Geen	Gedeeltelijk	Volledig
Energiebelasting	Gedeeltelijk	Geen	Gedeeltelijk

De hypothesen en theoretische modellen waarop deze bevindingen berusten, zijn evenwel voorwerp van kritiek geweest. We overlopen kort de belangrijkste tekortkomingen en de bijkomende inzichten die deze kritiek heeft opgeleverd⁸⁸.

Een eerste element is dat meestal wordt verondersteld dat het vervuulende bedrijf zelf innoveert. Er wordt geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat innovaties door technologieleveranciers gebeuren, noch met de mogelijkheid om de ontwikkelde technologie te verkopen aan andere bedrijven⁸⁹. Deze mogelijkheden kunnen mee de relatieve voorkeur voor onderzoek naar en verspreiding van end-of-pipetechnieken verklaren: zij zijn immers sneller op ruime schaal commercialiseerbaar.

Een tweede element is dat de keuze van instrumenten niet alleen een invloed heeft op de omvang van de innovatie, maar ook op de aard ervan. In die zin belemmeren bepaalde instrumenten zelfs de technologische innovatie. Het bekendste voorbeeld zijn installatie- en middelvoorschriften waarbij een specifieke technologie wordt verplicht: zij bevorderen de diffusie van bestaande *end-of-pipetechnieken*. Ook normen gebaseerd op de best beschikbare technieken zijn vaak gericht op beschikbare, relatief goed gekende technieken en zouden op die manier de keuze van end-of-pipetechnieken bevoordelen⁹⁰. Een ander voorbeeld zijn investeringssubsidies. Ook daarvan wordt vaak gesteld dat zij een nefaste invloed hebben op innovatie omdat zij enerzijds zgn. end-of-pipe technieken bevoordelen - procesgeïntegreerde technologieën komen doorgaans minder voor subsidiëring in aanmerking omdat ze vaak minder goed herkenbaar zijn – en anderzijds vooral kapitaalintensieve methodes en investeringen met een lange levensduur bevoordelen.

Een derde element is dat weinig rekening wordt gehouden met de manier waarop de instrumenten concreet worden ingezet. Nochtans bepalen de modaliteiten de prestaties in de praktijk. Verschillende auteurs zijn zelfs van mening dat de prestatie van een beleidsinstrument meer afhangt van de modaliteiten dan van de technische kenmerken van een instrument⁹¹. Belangrijker dan een voorkeur voor één of ander instrument, is dan ervoor te zorgen dat welk instrument ook wordt gekozen, de modaliteiten de volledige set van karakteristieken omvatten die innovatie stimuleren. Deze karakteristieken zijn⁹²: strengheid⁹³, flexibiliteit, adequaat tijdsplan voor implementatie en zekerheid/voorspelbaarheid⁹⁴. Ook een open beleidsstijl, die doelgroepen meer betreft bij de formulering van het milieubeleid en een netwerk creëert tussen overheid en doelgroepen, is van belang⁹⁵.

Een vierde element is de dynamische interactie tussen milieubeleid en innovatie. De beslissing om te innoveren hangt mee af van de kenmerken van het milieubeleid, maar het milieubeleid hangt omgekeerd vaak af van de technologie die op een bepaald moment beschikbaar is. De implicatie hiervan is dat bedrijven bepaalde beloftevolle innovaties niet uitvoeren of uitstellen wanneer zij verwachten dat hierdoor de regelgeving zal verstrengen⁹⁶.

Een vijfde element betreft de hypothese van een rationele, winstmaximaliserende onderneming. Deze beantwoordt niet aan de realiteit. Bedrijven hanteren vaak eenvoudige beslissingsregels (bv. over hoeveel O&O men doet), veeleer dan zij een denkbeeldige winstfunctie optimaliseren⁹⁷. Deze begrensde rationaliteit die zich uit in vaste routines en vormt één van de verklaringen waarom bedrijven sommige milieu-investeringen niet uitvoeren, hoewel zij kostenbesparend en rendabel zijn⁹⁸. In deze context kunnen milieusubsidies bijvoorbeeld de aandacht vestigen op deze opportuniteiten, waardoor het meeneemeffect soms wordt gecompenseerd⁹⁹.

Tot slot, en meer algemeen, beïnvloeden ook door andere factoren dan het milieubeleid en de marktprijzen investeringsbeslissingen. Andere factoren zijn de marktvaart (marktomvang, consumentenbehoeften, ...), de technologische context (bv. beschikbare kennis, bescherming van uitvindingen door het patentrecht ed.), de marktstructuur (bv. graad van concurrentie, van samenwerking met leveranciers, ...), en interne bedrijfsfactoren (bv. houding t.o.v. milieu, nemen van risico's, ...) ¹⁰⁰. Innovatie is dus een veel complexer proces dan de meeste theoretische modellen veronderstellen. In die zin waarschuwen Jaffe e.a. (2002) ervoor dat heffingen of andere beleidsmaatregelen gericht op het verhogen van de economische stimulans om te investeren in O&O of in de aanwending van nieuwe technologie niet effectief is als er ook andere (meer) belangrijke belemmeringen zijn zoals gebrek aan informatie, hoge onzekerheid, beperkte toegang tot de kapitaalmarkt, principal-agent problemen¹⁰¹, enz.

Deze kritiek leidt tot de conclusie dat de invloed van milieubeleidsinstrumenten op technologische innovatie complexer is dan uit de meeste theoretische analyses blijkt. Deze invloed hangt immers niet alleen af van de intrinsieke kenmerken van de instrumenten maar ook – en wellicht meer – van de kenmerken van de concrete situatie (context, beleidsstijl, modaliteiten, andere marktvalingen, ...). Tabel 6 vat deze conclusie samen.

Tabel 6: Determinanten van de invloed van milieubeleidsinstrumenten op de technologische innovatie (Heaton, 1999).

<i>Situatiekenmerken</i>	+	<i>Milieubeleidsinstrumenten</i>	®	<i>effect op technologie</i>								
<ul style="list-style-type: none"> • Milieuprobleem • Technologische context • Sectorstructuur • Bedrijfskarakteristieken • Markt- en sociale factoren, prijzen 		<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Soort</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Modaliteiten</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Fysieke regulering/normen • Economische instrumenten • Sociale instrumenten </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Termijnen • Strengheid • Flexibiliteit • Kosten • Zekerheid / voorspelbaarheid </td> </tr> </tbody> </table>	<i>Soort</i>	<i>Modaliteiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fysieke regulering/normen • Economische instrumenten • Sociale instrumenten 	<ul style="list-style-type: none"> • Termijnen • Strengheid • Flexibiliteit • Kosten • Zekerheid / voorspelbaarheid 		<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Graad</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Bron</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Geen effect • Diffusie van technieken • Incrementele innovatie • Radicale innovatie • Continue innovatie </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Gereguleerde sector/bedrijf • Nieuwe toetreders • Milieu-industrie • Andere </td> </tr> </tbody> </table>	<i>Graad</i>	<i>Bron</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Geen effect • Diffusie van technieken • Incrementele innovatie • Radicale innovatie • Continue innovatie 	<ul style="list-style-type: none"> • Gereguleerde sector/bedrijf • Nieuwe toetreders • Milieu-industrie • Andere
<i>Soort</i>	<i>Modaliteiten</i>											
<ul style="list-style-type: none"> • Fysieke regulering/normen • Economische instrumenten • Sociale instrumenten 	<ul style="list-style-type: none"> • Termijnen • Strengheid • Flexibiliteit • Kosten • Zekerheid / voorspelbaarheid 											
<i>Graad</i>	<i>Bron</i>											
<ul style="list-style-type: none"> • Geen effect • Diffusie van technieken • Incrementele innovatie • Radicale innovatie • Continue innovatie 	<ul style="list-style-type: none"> • Gereguleerde sector/bedrijf • Nieuwe toetreders • Milieu-industrie • Andere 											

Resultaten van empirische analyses: welke invloed in de praktijk?

Er bestaat niet zo veel empirisch onderzoek naar de innovatie-effecten van milieubeleidsinstrumenten¹⁰². De meeste studies hebben betrekking op de Verenigde Staten, Nederland en Duitsland. Zij leren dat de effecten van milieubeleidsinstrumenten op technologische innovatie gaan van diffusie van bestaande technologieën en incrementele veranderingen in processen en producten tot productsubstitutie en nieuwe productieprocessen. Opvallend is tevens dat de ontwikkeling van nieuwe technologieën vaak begint lang voor de reglementering daadwerkelijk van kracht werd. Ook blijkt de milieureglementering zelf meestal af te hangen van de beschikbaarheid van haalbare technologische oplossingen. Verder worden nieuwe technologieën dikwijls ontwikkeld buiten de gereguleerde industrie, door technologieleveranciers en potentiële

toetreders, waarbij de meest radicale oplossingen vaak komen van bedrijven zonder gevestigde belangen in de huidige technologische status quo. De milieu-industrie blijkt minder dynamisch op het vlak van technologische innovatie.

Het opvallendste resultaat is echter dat milieubeleidsinstrumenten over het algemeen *niet succesvol* zijn geweest in het stimuleren van technologische innovatie. In de meeste gevallen is sprake van *diffusie* van reeds bestaande technieken, soms van *incrementele innovatie*. Soms belemmeren milieubeleidsinstrumenten zelfs innovatie. Radicale innovaties zijn zeldzaam en kwamen enkel voor wanneer een product op een bepaald moment werd verboden. Dit laatste hangt samen met een andere vaststelling uit empirisch onderzoek dat de strengheid van de regelgeving een belangrijke determinant is van de mate waarin milieubeleidsinstrumenten technologische innovatie stimuleren. Het gaat daarbij niet alleen om het ambitieniveau van de regelgeving, maar ook om de geloofwaardigheid dat het beleid werkelijk uitgevoerd en gehandhaafd wordt zoals gepland. Voor significante innovaties blijkt dit echter niet voldoende. Andere voorwaarden spelen een belangrijke rol, waaronder voldoende flexibiliteit en tijd om innovatieve strategieën uit te werken. In die zin zou er volgens verschillende onderzoekers zelfs een afruil bestaan tussen het bereiken van resultaten op korte termijn en meer radicale innovaties op langere termijn¹⁰³.

Fysieke regulering

Wat de verschillende soorten beleidsinstrumenten betreft, wordt de slechte reputatie van fysieke regulering bevestigd door het empirisch onderzoek (Tabel 7).

Installatienormen of middelvoorschriften vormen duidelijk een belemmering voor de technologische innovatie en kunnen leiden tot hoge kosten, maar komen in de praktijk weinig voor.

Emissienormen of doelvoorschriften worden wel veel gebruikt, en bieden in principe meer kansen voor stimulering van innovatie. In de praktijk zijn zij echter vaak impliciet of expliciet gebaseerd op een reeds bestaande technologie, meestal een goed gekende en zichtbare end-of-pipetechniek. Hierdoor vormen zij geen stimulans voor innovatie. Zij leiden enkel tot diffusie naar achterblijvers van technologie die wordt gebruikt door koplopers. Bovendien zijn de termijnen om te voldoen aan nieuwe normen vaak kort, waardoor bedrijven kiezen voor snelle, weinig innovatieve oplossingen die eenvoudig implementeerbaar zijn zonder belangrijke wijzigingen in het productieproces. Hierdoor is ook het aanbod van de milieu-industrie overwegend gebaseerd op end-of-pipetechnieken, die breed en snel toepasbaar zijn¹⁰⁴. De hypothese dat emissienormen gebaseerd op 'best beschikbare technieken' wél leiden tot belangrijke innovaties omdat overheden dynamisch reageren op nieuwe technologische ontwikkelingen door de emissienormen aan te passen aan de stand van de techniek, wordt niet bevestigd in de praktijk. Dit proces gaat overigens zeer traag en de uitkomst van de uiteindelijke beleidsafweging die aan het opleggen van nieuwe normen voorafgaat, blijft onzeker. Verder worden er vaak verschillende emissienormen gehanteerd voor nieuwe en bestaande installaties, waarbij nieuwe strengere normen enkel gelden voor nieuwe installaties. Uit onderzoek blijkt dat deze praktijk de levensduur van oude, vervuilende installaties verlengt, en dus innovatie belemmert¹⁰⁵.

Een alternatief zijn zgn. *'technology forcing standards'* of normen die scherp worden gesteld met de bedoeling om technologische innovatie uit te lokken. De ervaring in de Verenigde Staten met dit type normen leert echter dat dit in de praktijk niet altijd goed werkt. Er bestaat immers een risico op zeer hoge kosten als blijkt dat de technologische ontwikkeling achterblijft op de verlangde evolutie, tenzij de overheid bereid is om de normen toch te versoepelen. Indien men dit laatste vooraf weet of verwacht, verlaagt echter de stimulans voor innovatie.

Een ander alternatief waarmee wél enige beloftevolle resultaten zijn geboekt in de Verenigde Staten, zijn zgn. *'innovation waivers'*. Het gaat om een soort uitstel of verlenging van de termijn waarbinnen een bedrijf (of sector) moet voldoen aan een nieuwe emissiegrenswaarde, zodat het de tijd krijgt om aan innovatieve oplossingen te werken. De toekenning van een 'innovation waiver' is gekoppeld aan een reeks voorwaarden en rapportageverplichtingen die de overheid de garantie moeten bieden dat wel degelijk vooruitgang wordt geboekt. Toch zijn ook zij in het verleden geen onverdeeld succes geweest¹⁰⁶. Er werd namelijk vrij weinig gebruik van gemaakt als gevolg van de aard van de voorwaarden en de bestuurlijke organisatie van het systeem¹⁰⁷.

Productnormen blijken voornamelijk te leiden tot aanpassingen van bestaande technieken en producten (bv. nieuwe materialen) en eveneens gebaseerd te zijn op alternatieven die reeds beschikbaar zijn. Ook hier gaat het om incrementele innovatie en diffusie. Enkel bij een verbod op de productie of het gebruik van een bepaald product werden radicale innovaties vastgesteld, maar ook hier zijn er meestal eerst alternatieven ontwikkeld voorafgaand aan het beleid (diffusie).

Milieuvergunningen tot slot worden doorgaans door bedrijven zelf gezien als een belemmering voor technologische innovaties, omwille van vertragingen door proceduretermijnen, administratieve lasten, risico-aversie bij vergunningverleners en handhavers en onzekerheid over de uitkomst van de procedure¹⁰⁸. Aan de andere kant bieden zij de mogelijkheid aan overheden en derden om informatie te verkrijgen over gebruikte en geplande technieken en de selectie mee te beïnvloeden. De meeste analisten zijn het er echter over eens dat in de praktijk vergunningen de technologische innovatie niet bevorderen en eerder belemmeren¹⁰⁹.

Tabel 7: Invloed van milieubeleidsinstrumenten op de technologische innovatie in de praktijk (Heaton, 1999).

	Effect op technologie				Effect op type bedrijven		
	Radicale innovatie	Incrementele innovatie	Continue innovatie	Technologie diffusie	Gereguleerde sector	Nieuwe toetreders	Milieu-industrie
Productnormen	X	XX	X	XXX	XX	XX	XXX
Productverboden	XXX	X	XX	XXX	XXX	XXX	X
Doelvoorschriften	X	XXX	XX	XX	XX	XXX	XX
Middelvoorschriften	X	XX	X	XXX	XX	X	XXX
Vergunningen	X	XX	X	XX	X	X	X
Emissieheffingen	X	XXX	XX	XXX	XXX	X	X
Producenten-verantwoordelijkheid	XXX	XX	XX	X	XXX	XXX	X
Informatieverplichtingen	X	XXX	XXX	XX	XXX	X	XX
Convenanten	X	XX	XX	XXX	XX	X	X

X = laag; XX = gemiddeld, XXX= hoog

Economische instrumenten

Wat economische instrumenten betreft, worden *prestatiesubsidies* (subsidies per eenheid emissiereductie) in de praktijk nauwelijks toegepast, waardoor de effecten ervan ook niet empirisch werden onderzocht.

Investeringsubsidies daarentegen zijn steeds een belangrijk instrument in het milieubeleid geweest om diffusie van technieken aan te moedigen (Tabel 8). De effecten ervan zijn ook vrij uitvoerig onderzocht. Talrijke studies kwamen tot dezelfde conclusie, namelijk dat deze subsidies slechts een geringe invloed hadden op de technologische innovatie en diffusie. In veel gevallen kwamen ze neer op een 'windfall profit' voor de betrokken bedrijven of gezinnen, d.w.z. een verhoging van de winstgevendheid resp. het beschikbaar inkomen, zonder wezenlijke impact op de investeringsbeslissing zelf¹⁰. Bovendien bestaat het gevaar dat investeringen tijdelijk worden uitgesteld totdat subsidies daadwerkelijk verkregen kunnen worden (zgn. aankondigingseffect). De innovatie-effecten van subsidies zijn dus op het eerste gezicht niet zo bemoedigend. Deze conclusie moet evenwel worden genuanceerd. Uit onderzoek blijkt immers dat belemmeringen voor innovaties ook te maken hebben met vaste routines, tekort aan kennis en informatie en onvoldoende liquiditeit voor de financiering van een hoog initieel investeringsbedrag. Dit laatste (zgn. adoptiekosten) blijkt bij beslissingen soms belangrijker dan de terugverdientijd¹¹. In deze context blijken subsidies wél interessant, omdat zij het initiële investeringsbedrag verkleinen en de aandacht vestigen op eerder onbekende of ongebruikte opportuniteiten (zgn. attentie-effect).

Het gewicht dat gezinnen en bedrijven in de praktijk hechten aan de adoptiekosten verklaart tevens waarom in de praktijk subsidies soms betere resultaten opleveren dan *heffingen*. Zo werd in de Verenigde Staten bijvoorbeeld vastgesteld dat voor isolatiemaatregelen een daling van het initiële investeringsbedrag drie keer effectiever was dan een overeenkomstige stijging van de energieprijzen, hoewel zij in een standaard financiële analyse eenzelfde effectiviteit opleveren¹². Het (schaarse) andere empirisch onderzoek bevestigt de theoretische superioriteit van heffingen (en verhandelbare emissierechten) op het vlak van stimulering van technologische innovatie evenmin. De reden is dat milieuheffingen er in de praktijk door allerlei overwegingen vaak helemaal anders uitzien als door de theorie voorgeschreven: de tarieven zijn te laag om ongewenste sociale en economische effecten te vermijden, de evolutie en modaliteiten zijn onvoorspelbaar door de koppeling met financieringsdoelstellingen, enz¹³. Mede als gevolg hiervan zien bedrijven milieuheffingen vaak louter als een bijkomende belasting, en is de stimulans voor innovatie te zwak en te indirect. De ervaring in de Verenigde Staten met verhandelbare emissierechten heeft uitgewezen dat zij niet hebben geleid tot fundamentele technologische innovaties, wel tot incrementele aanpassingen van het productieproces. Zij hebben er echter ook toe geleid dat de naleving van de milieureglementering niet langer enkel of vooral werd toevertrouwd aan ingenieurs en chemici. Ook financiële afdelingen in bedrijven zijn zich er meer mee bezig gaan houden¹⁴.

Tabel 8: Steunregelingen voor milieu-investeringen door Vlaamse bedrijven (GOM, 2002)

Investeringssteun	Toepassingsgebied
Ecologiesteun in het kader van de Vlaamse Expansiesteun	Investeringen in grondstoffenbesparing, energiebesparing en vermindering van milieubelastende effecten ter aanpassing aan strengere Europese normen of om beter te presteren dan Europese normen
Verhoogde investeringsaftrek (federaal)	Energiebesparing en milieuvriendelijke investeringen voor onderzoek en ontwikkeling en investeringen inzake herbruikbare verpakkingen
Fotovoltaïsche zonne-energie	Steun voor elektriciteit uit zonne-energie
REG-premies van energie-intercommunales	Premies voor allerlei energiebesparende investeringen
Europese programma's	Europese Investeringsbank (EIB), Europees Investeringsfonds groei en milieu, ...
...	

Andere instrumenten

De ervaring met een aantal nieuwere instrumenten is nog beperkt, maar voorlopige analyses wijzen toch reeds een richting aan.

Demonstratieprojecten en *informatiecampagnes* (zie voorbeelden Tabel 9) kunnen informatie- en kennislacunes over nieuwe technieken opvullen, maar leiden enkel tot *diffusie* van beschikbare technieken. *Milieuzorgsystemen* en *milieuaudits* zijn nuttig omdat niet alleen de hoeveelheid informatie belangrijk is, maar ook de mate waarin bedrijven in staat zijn deze informatie te duiden en te verwerken. Deze instrumenten hebben vaak een gunstige invloed op het besluitvormingsproces binnen bedrijven¹¹⁵. Zij hebben bovendien, samen met rapporteringsverplichtingen¹¹⁶, het voordeel dat zij in tegenstelling tot veel regulering de milieu-impact van bedrijven integraal bekijken, hetgeen een integrale aanpak en meer fundamentele innovaties bevordert.

Convenanten bezitten doorgaans belangrijke kenmerken die de technologische innovatie kunnen stimuleren. Zij doen beroep op de eigen verantwoordelijkheid van bedrijven, stimuleren een proactieve houding, bieden veel vrijheid en flexibiliteit en geven meer zekerheid over het toekomstige beleid. Het effect op technologische innovatie blijkt in de praktijk echter beperkt. Wanneer innovatieve oplossingen werden bereikt, had dit doorgaans meer te maken met autonome technologische ontwikkelingen of marktomstandigheden dan met extra inspanningen door de convenanten. De afgesproken emissiereducties waren meestal haalbaar met de bestaande technologie. Dit illustreert het nadeel van convenanten: zij blijken voor het stimuleren van technologische innovaties vaak onvoldoende ambitieus omdat ze afgestemd zijn op wat (de industrie zegt dat) technologisch haalbaar is voor de meerderheid van de sector. De stimulans voor technologische innovatie wordt tevens beperkt door de soms beperkte looptijd¹¹⁷. Tot slot hebben convenanten het nadeel dat ze door technologieleveranciers worden beschouwd als 'zachte instrumenten', waardoor zij de door convenanten eventueel uitgelokte vraag naar nieuwe technieken te onzeker of instabiel vinden om hun aanbod daarop af te stemmen.

Andere, vrij nieuw instrumenten, zijn vormen van *producentenverantwoordelijkheid* zoals aanvaardings- en terugnameplichten (bv. elektronische toestellen, autowrakken, ...). De nog beperkte ervaring daarmee wijst uit dat zij in principe een krachtig instrument kunnen zijn voor innovaties op het vlak van productontwerp. Hun belangrijkste kenmerk is immers dat het de blik van ontwerpers verruimt zodat ze beter rekening houden met de afvalfase en met de recyclage- en hergebruiksmogelijkheden van producten en materialen. Het effect ervan is incrementele productinnovatie, die op zich echter wel ingrijpend kan zijn¹¹⁸.

Nog een vrij nieuw instrument dat vooral in de Verenigde Staten en Canada opgang maakt, zijn '*environmental technology verification/certification*' programma's¹¹⁹. Zij beogen de onafhankelijke beoordeling en eventueel certificatie van nieuwe technologieën. Belangrijke effecten zijn een kleiner risico dat een nieuwe technologie niet werkt zoals beloofd of dat de overheid en de vergunningverleners de nieuwe technologie niet aanvaarden, een betere en snellere informatieverspreiding over nieuwe technologieën, en meer samenwerking tussen overheden, bedrijven en onderzoeksinstituten. Uit de eerste evaluaties blijken echter ook enkele tekortkomingen. De programma's resulteren mede door de aard van de gehanteerde criteria vooralsnog enkel in een betere diffusie van incrementele verbeteringen van reeds bestaande technieken, niet in radicale innovaties. Daarnaast blijkt vooral de milieutechnologiesector gebruik te maken van de programma's, voor de verificatie van nieuwe end-of-pipetechnieken. Preventiemaatregelen en technologieën ontwikkeld door bedrijven die deze ook zelf toepassen, zijn ondervertegenwoordigd¹²⁰. Niettemin zijn de ervaringen tot dusver vrij positief.

Tot slot blijken overheidsaankopen (*public procurement*), eventueel gekoppeld aan een systeem van *eco-labelling*¹²¹, in een aantal gevallen eveneens succesvol¹²². Overheidsaankopen kunnen enerzijds door hun omvang belangrijk zijn voor het creëren van een ruime en stabiele afzetmarkt voor nieuwe milieuvriendelijke technieken, en anderzijds als referentie dienen naar andere gebruikers toe voor het demonstreren van het gebruik en de toepassingsmogelijkheden ervan. Dit is vooral tijdens de eerste levensfasen van een nieuwe techniek van groot belang. Wel moet hier worden gewezen op het gevaar van 'picking winners' door de overheid¹²³. Bovendien blijken milieuvriendelijke overheidsaankopen in de praktijk bemoeilijkt te worden door o.a. administratieve procedures die verplichten om de oplossing met de laagste kosten te kiezen, door overheidsstructuren die gezamenlijke aankopen beletten en door budgettaire en boekhoudkundige beperkingen waardoor korte termijn investeringskosten primeren boven kostenbesparingen op langere termijn¹²⁴.

Tabel 9: Voorbeelden van diffusieprogramma's voor milieutechnologie (o.a. OECD, 1997 en Westermeyer, 1999)

Type	Doel	Vlaams voorbeeld	Andere voorbeelden
Informatie-programma's	Verspreiden van informatie over de beste milieutechnieken, processen en managementpraktijken	STIP (OVAM); BBT-kenniscentrum (VITO)	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental technology best practice programme (UK) • Clean Technology Centre (Ierland)
Demonstratie-programma's	Illustreren van de voordelen van nieuwe milieutechnieken of toetsing van hun technische haalbaarheid en prestaties	In beperkte mate: het vroegere VLIM, VLIET, en VLIET bis Prodem (VITO) REG-demonstratie	<ul style="list-style-type: none"> • LIFE III (EU) • Environmental technology verification programme (Canada) • Clean and Efficient Technology prize (Frankrijk)
Benchmarking	Helpen van ondernemingen om hun milieuprestaties te vergelijken met de prestaties van andere bedrijven in dezelfde sector	Convenant energie-efficiëntie	<ul style="list-style-type: none"> • Energy consumption guides (UK)
Technische assistentie	Bijstaan van ondernemingen in het identificeren van hun technologische behoeften, het zoeken naar oplossingen en het toepassen van nieuwe milieutechnieken	Prodem (VITO) Milieucellen GOM's Steun voor extern bedrijfsadvies aan KMO's	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental Audit Grant Scheme (Ierland) • Design for the Environment (US) • Environmental and Consulting programme (Duitsland)
Management assistentie	Verbeteren van de beheers- en organisatorische vaardigheden voor het ontdekken en toepassen van nieuwe milieutechnieken	Presti (OVAM)	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental technology advancement Centres (Canada) • Enterprise Environment Plan (Frankrijk)
Opleiding van werknemers	Verhogen van de deskundigheid bij werknemers om nieuwe milieutechnieken toe te passen en steun voor het inhuren van externe expertise		<ul style="list-style-type: none"> • IMPRES (Nederland) • SME Programme (Denemarken)

Besluit

We kunnen over de impact van het milieubeleid op de technologische ontwikkeling het volgende concluderen¹²⁵:

- Het milieubeleid is in de eerste plaats gericht op het bereiken van een betere milieukwaliteit, via het formuleren van milieukwaliteitsdoelstellingen en emissiereductiedoelstellingen en het inzetten van milieubeleidsinstrumenten. De invloed op de technologische innovatie is eerder incidenteel of onbedoeld.
- Het is niet mogelijk om een algemeen geldende rangorde van de 'beste milieubeleidsinstrumenten voor innovatie' op te stellen¹²⁶. Economische instrumenten,

waaronder heffingen en emissiehandel, hebben in theorie de beste kaarten om de technologische ontwikkeling te stimuleren. De manier waarop zij in de praktijk worden ingezet vermindert evenwel hun dynamische efficiëntie. Bovendien blijken innovatiebeslissingen veel complexer te zijn dan de eenvoudige stimulus-respons die veel theoretische instrumentenanalyses veronderstellen.

- Het effect van milieubeleidsinstrumenten op de technologische ontwikkeling is in de praktijk beperkt. Het gaat voornamelijk om diffusie van bestaande technologieën, niet om innovaties. Wel hebben de nieuwere milieubeleidsinstrumenten (milieuzorgsystemen, aanvaardingsplicht) geleid tot incrementele proces- en productveranderingen. De meeste grote ondernemingen hebben, deels in reactie op regelgeving, programma's rond afval- en emissiepreventie en vele KMO's boeken hierin vooruitgang, vaak met hulp van door de overheid gesubsidieerde externe technische ondersteuning¹²⁷.
- Het milieubeleid belemmert soms de technologische innovatie. Dit heeft niet zozeer te maken met de intrinsieke kenmerken van milieubeleidsinstrumenten maar met de concrete modaliteiten van het beleid, waaronder de focus op realisaties op korte termijn, de afstemming van de normering op best beschikbare technieken, de compartimentering van het beleid, enz. Dit heeft mee geleid tot een overwicht aan end-of-pipetechnieken, ook in het aanbod van de milieu-industrie (Tabel 10).

Tabel 10: Milieutechnologieën van Belgische bedrijven in 1997-1998, opgesplitst naar aard van de investering (Patris e.a., 2001)

Informatiebron	Publicitaire bronnen		Bedrijfsmilieurapporten	
	aanbod	investeringen	aanbod	investeringen
Preventief	9,6%	8,2%	2,0%	5,8%
End-of-pipe	49,3%	52,3%	49,0%	49,0%
Sanering	5,3%	2,1%	1,3%	4,0%
Monitoring	19,6%	4,8%	0,0%	5,8%
Substitutie	3,3%	6,6%	19,6%	9,2%
Grondstofbesparing	12,9%	26,0%	28,1%	26,2%
	100%	100%	100%	100%

Het milieubeleid is dus weinig gericht op het stimuleren van technologische innovaties, en zeker niet van de vereiste systeeminnovaties. Het effect is eerder incidenteel of onbedoeld, en beperkt tot diffusie van reeds beschikbare technologie. Om milieugerichte technologische innovaties te stimuleren is dus meer nodig. De voor de hand liggende vraag is of dit misschien door het innovatiebeleid gebeurt: is er een 'stiltzweigende' taakverdeling dat het innovatiebeleid het onderzoek en de ontwikkeling van nieuwe milieuvriendelijke technologieën stimuleert en het milieubeleid vervolgens de diffusie ervan? Dit bekijken we in hierna.

3.2 Welke impact heeft het innovatiebeleid op de milieugerichte technologische ontwikkeling?

De impact van het innovatiebeleid op een milieugerichte technologische innovatie willen we eveneens benaderen vanuit twee invalshoeken. Een eerste betreft de vraag of het innovatiebeleid vandaag, in de manier waarop het wordt gevoerd, in de manier van probleemformulering, enz., de stimulering van een milieugerichte technologische innovatie tot *doel* heeft. Een tweede invalshoek

betreft – onafhankelijk van het antwoord op de eerste vraag - het *effect* van het innovatiebeleid op een milieugerichte technologische ontwikkeling.

3.2.1 Milieu in het innovatieanalysekader

Het technologie- en innovatiebeleid is van oudsher een onderdeel van het economisch en industrieel beleid. Innovatie is immers essentieel voor het concurrentievermogen van ondernemingen. Overheden wensen hen daarin te ondersteunen door een klimaat te scheppen dat gunstig is voor de oprichting en ontwikkeling van innoverende bedrijven¹²⁸. Nieuwe inzichten over het belang van technologische innovaties voor de economische groei, de welvaart en het welzijn, hebben ervoor gezorgd dat een beleid ter bevordering van innovatie één van de hoofdbestanddelen is geworden van het economisch beleid¹²⁹.

Innovatiebeleid

Hoewel stimulering van technologische innovatie een sleutelement is in een modern overheidsbeleid, ligt de motivering van overheidsingrijpen in de technologische ontwikkeling niet noodzakelijk voor de hand. Doorgaans wordt immers gesteld dat het in eerste instantie aan de ondernemingen, en niet aan de overheid, is om de uitdaging van innovatie aan te nemen, blijf te geven van creativiteit en daarvan gebruik te maken om nieuwe markten te veroveren.

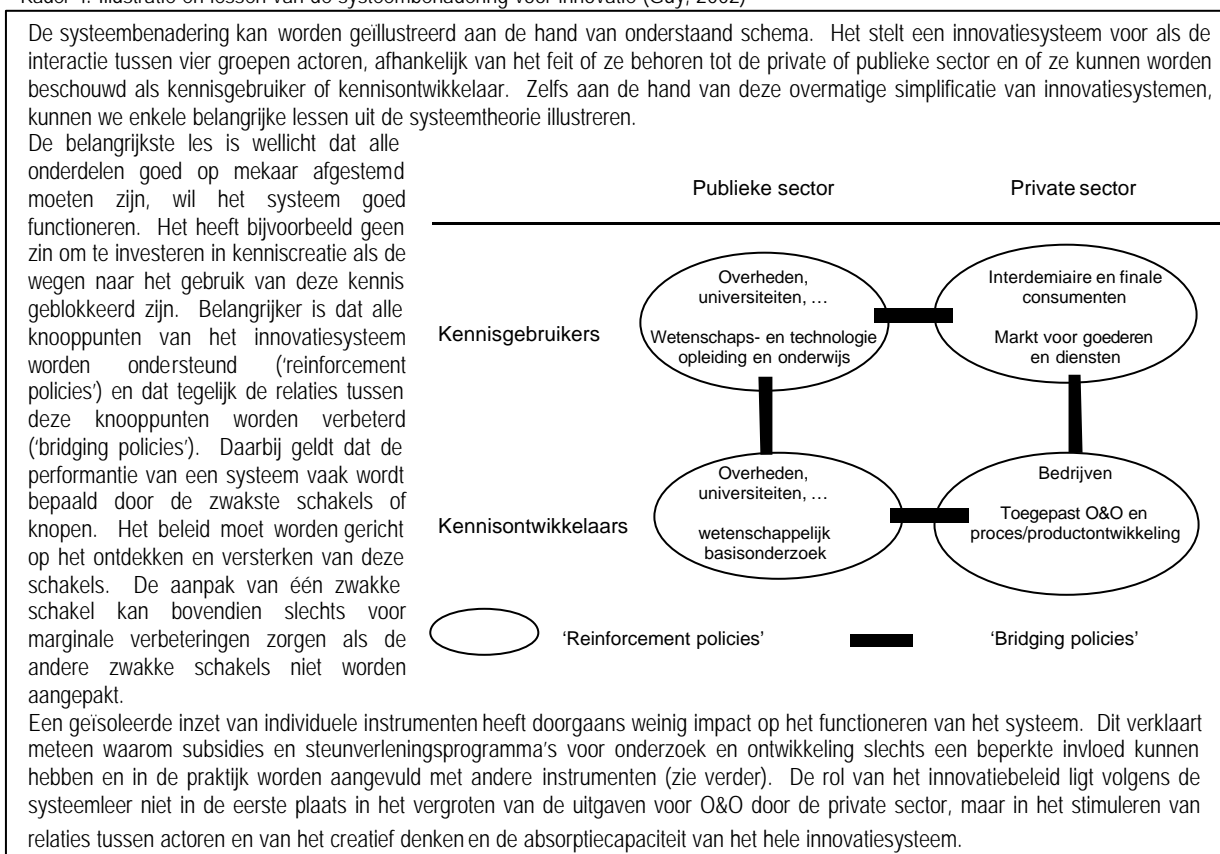
Innovatiebeleid is historisch vooral gemotiveerd vanuit de doelstelling om veranderingen in de omvang en snelheid van innovaties aan te moedigen *voor zover er sprake is van externaliteiten*¹³⁰. Een woordje uitleg hierover. *Negatieve* externaliteiten of externe effecten zijn goed gekend in het milieubeleid. Zij duiden op het feit dat er effecten van economische activiteiten zijn, i.c. milieuvervuiling, die schade en dus maatschappelijke kosten veroorzaken die niet worden betaald door de voortbrenger van de economische goederen. De baten (van de productie) zijn intern, de kosten (van vervuiling) deels extern aan het bedrijf. Doordat het gaat om publieke goederen en afwezigheid van eigendomsrechten komen sommige kosten dus niet in de prijzen van goederen en diensten op de markt tot uiting. Hierdoor zijn prijzen te laag en wordt er te veel milieu 'gebruikt'. Het is dan de taak van de overheid om dit via milieubeleid te corrigeren door 'internalisering van externe effecten'¹³¹. Er bestaan echter ook *positieve* externe effecten. Een voorbeeld daarvan is technologische innovatie¹³². Innovaties verminderen de kosten, verhogen de productiviteit of creëren mogelijkheden die voorheen niet bestonden. Zo zorgen ze voor opportuniteiten en bronnen van productiviteit ten voordele van toekomstige generaties en hebben ze een groot maatschappelijk nut. Maar doordat kennis kenmerken heeft van een publiek goed (spillovers en slechte toeëigenbaarheid) komen de baten van innovaties niet volledig tot uiting in de prijzen van goederen en diensten op de markt: de kosten (van innovatie) zijn intern, de baten (door spillovers) deels extern voor het bedrijf. Hierdoor wordt er minder in onderzoek en innovatie geïnvesteerd dan maatschappelijk wenselijk (*marktfalen*). De rol van de overheid in het innovatiebeleid ligt dan in het realiseren van deze maatschappelijk wenselijke externaliteiten. Dit gebeurt klassiek via subsidies voor private O&O-investeringen en via publieke O&O-inspanningen.

Naast positieve externaliteiten hebben investeringen in O&O echter ook een aantal kenmerken die hen onderscheiden van traditionele productie-investeringen. Zo zijn de inkomsten van alle investeringen in zekere zin onzeker, maar bij O&O is de onzekerheid vaak zeer groot. Het gaat om uitkomsten met een potentieel hoge waarde maar met een lage waarschijnlijkheid, waardoor het vinden van voldoende financiële middelen voor O&O, vooral voor kleine bedrijven, dikwijls problematisch is. Ook dit argument is een belangrijk motief voor overheidsingrijpen geweest.

Innovatiesystemen

Nieuwe inzichten in innovatiesystemen (innovation systems) hebben evenwel het analysekader voor het innovatiebeleid verruimd¹³³. Het succes van het innovatieproces wordt namelijk niet alleen bepaald door de O&O-inspanningen en niet alleen door technologie, maar ook door een aantal andere immateriële investeringen (in opleiding, in management en marketing, ...). Het succes is ook niet alleen afhankelijk van de inspanningen van individuele actoren, maar van hun onderlinge interactie¹³⁴. In de systeembenadering (Kader 4) wordt innovatie dus veeleer gezien als het gevolg van complexe interacties tussen talrijke individuen, organisaties en omgevingsfactoren dan als een lineair traject van nieuwe kennis naar een nieuw proces of product. Tegelijk verruimt de systeemleer het niveau van analyses van het individuele bedrijf naar het geheel van actoren en hun interacties. De klemtoon in het innovatiebeleid ligt daarom nu op het versterken van deze interacties en het scheppen van de randvoorwaarden waarbinnen zij kunnen groeien. Innovatiebeleid is dan niet langer een onderdeel van het industrieel beleid, maar een *nieuw horizontaal beleidsdomein* dat traditionele gebieden zoals economisch, industrieel en onderzoeksbeleid met elkaar verbindt.

Kader 4: Illustratie en lessen van de systeembenadering voor innovatie (Guy, 2002)



Deels door de beperkte resultaten van de traditionele, enge beleidsaanpak gebaseerd op publieke O&O en subsidies voor private O&O, deels door nieuwe wetenschappelijke inzichten, hebben dus andere factoren en aangrijpingspunten voor het beleid meer aandacht gekregen. Het innovatiebeleid wordt daardoor vandaag niet alleen gemotiveerd vanuit 'marktfalen' maar ook vanuit 'systeemfalen'.

Dit systeemfalen heeft te maken met tekortkomingen in de 'technologische infrastructuur', met belemmeringen in de transitie naar nieuwe technologische regimes, met 'lock in' fenomenen in bestaande technologische regimes en met institutioneel falen (onaangepaste regelgeving, normen, beleidscultuur, enz.).

Neutraliteit

Deze nieuwe focus op innovatiesystemen heeft in de eerste plaats te maken met nieuwe inzichten in het proces van technologische verandering, niet direct met een wijziging van het *doel* van het innovatiebeleid. In dat verband blijft *neutraliteit* vaak een belangrijk uitgangspunt. Daarmee wordt bedoeld dat het innovatiebeleid traditioneel gericht is op het verhogen van de hoeveelheid inputs in het proces van technologische verandering (O&O-middelen, deskundig personeel, technische informatie, ...), *zonder* dat het innovatiebeleid richting geeft aan de technologische ontwikkelingen. Dit moet volgens de overheersende ideologie worden overgelaten aan de markt, waar nodig gecorrigeerd voor negatieve externe effecten. Toegepast op milieu, is de overheersende visie in het innovatiebeleid m.a.w. dat het milieubeleid de negatieve externaliteiten (milieuvervuiling, uitputting van voorraden, ...) adequaat moet internaliseren via regulering en economische instrumenten. Op die manier kunnen de markt en de marktprijzen zorgen voor een efficiënte allocatie van middelen, ook voor O&O. Bijgevolg bestaat er geen behoefte om er via het innovatiebeleid voor te zorgen dat de technologische ontwikkeling in milieuvriendelijke richting evolueert. Neutraliteit is dus vaak bewust nagestreefd en wordt ook wel gemotiveerd als de noodzaak om wetenschap en wetenschapsbeleid te vrijwaren van politisering¹³⁵.

Nochtans bestaan er goede redenen om in het innovatiebeleid expliciete aandacht te schenken aan milieu. Ten eerste zijn er serieuze twijfels bij de mogelijkheid en haalbaarheid van een volledige internalisering van externe effecten in de marktprijzen. CO₂ bijvoorbeeld werd 30 jaar geleden niet beschouwd als een milieu-externaliteit, en de ervaring met discussies over CO₂-heffingen leert dat een volledige internalisering van de milieukosten van CO₂-emissies onwaarschijnlijk is of alleszins zeer traag evolueert. Hierdoor vormen de marktprijzen geen juiste weergave van de reële waarde van milieu en natuurlijke hulpbronnen, en geven zij niet de juiste signalen aan investeerders. Het voordeel van milieuvriendelijke technieken, wordt namelijk niet financieel of binnen het bedrijf gehonoreerd en blijft dus in de publieke in plaats van de private sfeer. Het gevolg is dat zowel bedrijven als particulieren systematisch te weinig in innovatieve milieugerichte technologieën investeren. In dergelijke situatie is er door '*institutioneel falen*' blijvend sprake van marktfaalen en is er vanzelfsprekend wél een belangrijke rol voor het innovatiebeleid om dit te remediëren.

Ten tweede hebben milieu-innovaties nog andere specifieke kenmerken, waardoor zij zich onderscheiden van de meeste andere types innovaties. Deze verklaren waarom minder milieugericht O&O gebeurt dan O&O naar andere technologieën¹³⁶. De milieusector verschilt namelijk van andere domeinen in de mate waarin het overheidsbeleid de markt creëert door regelgeving en andere milieubeleidsinstrumenten. Deze signalen zijn echter vaak zwak en labiel (Tabel 11), waardoor de onzekerheid voor milieu-investeringen groter is dan bij andere investeringen. Bovendien is veel milieuregelgeving zelf niet bevorderlijk voor innovatie. Verder komen milieu-innovaties vaak voort uit O&O in verschillende wetenschappelijke en technische disciplines in zowel de private als publieke sector. De complexe aard van milieu-innovaties vergt vaak interdisciplinaire en sectoroverschrijdende samenwerking in gebieden die ver af kunnen liggen van de basiscompetenties van het bedrijf dat naar oplossingen zoekt. Door deze complexiteit gecombineerd met een onzekere

vraag (regelgevinggestuurd), zijn de risico's vaak hoger dan bij andere technologieën. Dit leidt tot het gebruik door bedrijven van hogere discontovoeten en langere terugverdientijden voor milieu- en energiebesparende technologieën dan voor andere investeringen¹³⁷. Milieugerichte innovaties worden bijgevolg belemmerd door factoren die niet noodzakelijk of in even sterke mate voorkomen in andere sectoren. Verschillende auteurs stellen daarom dat innovatiebeleid minder nodig is voor normale innovaties dan voor milieu-innovaties¹³⁸.

Tabel 11: Factoren die de innovatie en diffusie van schonere technologie belemmeren (Kemp e.a., 1994)

Aard van de technologie Belemmeringen	Substitutie en besparing van materialen, grondstoffen en energie	Emissiereductie	Recyclage	Milieuvriendelijke producten
<i>Innovatie</i>				
Gebrek aan technologische opportuniteiten	X	X	X	X/O
Beperkte of onzekere marktvraag	XX	XX	X	X/O
Slechte toeëigenbaarheid van voordelen van innovaties	0	X/O	X/O	XX/O
<i>Diffusie</i>				
Ongunstige prijs en/of kwaliteit van nieuwe technieken	XX	XX/X	X/O	X
Beperkte kennis en informatie	X/O	X	X	XX
Hoge risico's en implementatiekosten (bv. nieuwe taken))	X	XX/X	X	X/O

XX = ernstig probleem; X = probleem; (X)X/O soms een (ernstig) probleem

Conclusie

Uit het voorgaande kunnen we besluiten dat de technologiebeleidsgemeenschap het milieu grotendeels heeft genegeerd. Net zoals in het analysekader voor milieubeleid technologische ontwikkeling buiten het gezichtsveld valt, valt in het innovatiebeleid de milieudimensie buiten het gezichtsveld. Het zou echter kunnen dat het innovatiebeleid onbewust wél een milieuvriendelijke technologische ontwikkeling stimuleert. Dit bekijken we in de volgende paragraaf.

Vooraf merken we wel op dat er recent in het innovatiebeleid, zowel internationaal als in Vlaanderen, toenemende aandacht is voor de stimulering van milieu-innovaties. Zo stelde het Vlaamse regeerakkoord uit 1999 dat bij de verdere uitwerking van het innovatiebeleid 'duurzame ontwikkeling' een centraal gegeven moet vormen. Daartoe zou meer ondersteuning en een groter budget gaan naar projecten voor duurzame productontwikkeling die energie- en grondstoffenbesparing centraal stellen en die de marktintroductie van energie uit hernieuwbare bronnen aanmoedigen¹³⁹. Intussen werd hieraan uitvoering gegeven, o.a. via een specifieke steunmaatregel voor projecten gericht op een duurzame technologische ontwikkeling (DTO)¹⁴⁰ (Kader 5).

Kader 5: Het nieuwe Vlaamse DTO-programma: IWT-steun voor duurzame technologische ontwikkeling (IWT, 2002a)

Het IWT heeft de O&O-projecten van bedrijven sedert 1997 systematisch beoordeeld op hun milieu-impact, maar zonder selectiegevolgen¹⁴¹. Sinds juni 2002 bestaat echter een specifieke steunmaatregel voor projecten gericht op een duurzame technologische ontwikkeling (DTO). De bedoeling daarvan is om een groter aandeel in de steunverlening te realiseren voor dergelijke projecten. DTO-projecten zijn projecten die zich geheel of gedeeltelijk richten op milieuverbeteringen, energiebesparingen en de ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen¹⁴². Bovendien moet het ambitieniveau van de projecten voldoende hoog zijn¹⁴³. Dergelijke projecten kunnen zowel genieten van een DTO-subsidietoeslag van 10 % als van een prioriteitenstelling t.a.v. het beschikbaar budget. Deze voordelen komen bovenop de overige steunmaatregelen voor onderzoek en technologische innovatie beheerd door het IWT-Vlaanderen, waardoor in totaal tussen 35% en 75% subsidie op de projectkosten kan toegekend worden, al naargelang de aard van het onderzoek. Er zijn daarnaast nog extra-steunmodaliteiten voor DTO-studies en - in het KMO-Programma – voor LCA-studies. De DTO-regeling is ook geldig voor andere door het IWT beheerde steunprogramma's, zij het enkel onder de vorm van een prioriteitsstelling (geen subsidietoeslag). Het gaat om het generisch basisonderzoek met valorisatieperspectief op langere termijn, de projecten van technologie-overdracht bij de Vlaamse hogescholen (HOBU-fonds) en de projecten die uitgaan van Vlaamse Innovatie Samenwerkingsverbanden (VIS).

3.2.2 Impact van innovatiebeleidsinstrumenten op de milieugerichte technologische ontwikkeling

Het innovatiebeleid is lange tijd vrijwel uitsluitend gericht geweest op het corrigeren van de onderinvestering door private bedrijven in technologische innovaties, via hetzij O&O door de overheid zelf in eigen onderzoekslabo's en publieke ondernemingen of door uitbesteding (contractonderzoek), hetzij via financiële ondersteuning van private O&O-activiteiten door fiscale tegemoetkomingen of subsidies. Eerst staan we even stil bij de impact van deze innovatiebeleidsinstrumenten op de technologische ontwikkeling in het algemeen. Daarna gaan we in op hun impact op de milieugerichte technologische ontwikkeling in het bijzonder.

Effectiviteit van innovatiebeleidsinstrumenten

Het innovatiebeleid was vroeger grotendeels gestoeld op pragmatische inzichten en op "mimetisme" met buitenlandse voorbeelden en acties. De kern lag in het verhogen van de inputs (mensen en middelen), hetgeen o.m. tot uiting komt in het gebruik van beleidsindicatoren zoals het aandeel overheidsuitgaven voor O&O in het BNP. Met de jaren is echter de interesse gegroeid in de effectiviteit van O&O-uitgaven door de overheid. Het betreft de vraag of de steunverlening door de overheid van private O&O-projecten aanleiding heeft gegeven tot een verhoging van de zelf gefinancierde O&O-bestedingen door de ondernemingen, dan wel of de publieke financiering geheel of gedeeltelijk in de plaats is gekomen van private financiering voor projecten die de betrokken bedrijven hoe dan ook zouden hebben uitgevoerd.

Er bestaat intussen internationaal een uitgebreide theoretische en empirische literatuur over dit 'additionaliteit versus substitutie' debat¹⁴⁴. Deze heeft echter geen eenduidige conclusies opgeleverd. De verscheidenheid in econometrische specificaties, in de aard van de onderzochte subsidies (bv. directe financiering vs. fiscale voordelen), in de bestudeerde periode en regio, en in de aard van de gebruikte gegevens (macro, meso, mirco) vormen een verklaring voor de diversiteit in resultaten. Toch zijn er indicaties dat globaal gesproken de balans lijkt over te hellen in de richting van 'additionaliteit'. Guellec e.a. (2000) berekenden dat voor de OESO-landen elke euro die door de overheid wordt gestoken in O&O-tegemoetkomingen voor private bedrijven gemiddeld resulteerde in O&O-uitgaven van 1,7€. Meeusen e.a. (2000) kwamen voor Vlaanderen tot het besluit dat indien op bedrijfsniveau de IWT-steun met 1% toeneemt, de onderneming daar vanuit andere middelen gemiddeld een verhoging van 0,15 tot 0,55% bovenop legt, met de grootste additionaliteit bij de

middelgrote en kleine bedrijven. Verder blijkt uit de praktijk dat O&O-subsidies vaak niet zozeer een invloed hebben op zgn. stop-go beslissingen rond projecten, maar leiden tot veranderingen in de voorgenomen manier waarop een project wordt uitgevoerd, d.w.z. ruimer, anders of sneller dan gepland (zgn. scale-, scope- en acceleration additionaliteit). Aan de andere kant wordt in enquêtes de sterke groei van de uitgaven van bedrijven voor O&O¹⁴⁵ zelden in verband gebracht met directe steun door de overheid.

Tabel 12: Een taxonomie van innovatie-instrumenten (Guy, 2002)

	<i>Publieke sector</i>		<i>Private sector</i>
Kennis-gebruikers	<ul style="list-style-type: none"> • Steun voor wetenschaps- en technologie opleidingsinstituten • Steun voor overheids- 'kenniswerkers' 	<ul style="list-style-type: none"> • Publiek organen die technische informatie verspreiden • Publiek organen die informatie over patenten en vergunningen verspreiden • Publiek organen die consultancy advies verstrekken • Publiek-private samenwerkingsverbanden door nabijheid op wetenschapsparken 	<ul style="list-style-type: none"> • Betere toegang tot risicokapitaal voor kennisintensieve sectoren • Voordelige belastingregimes voor kennisintensieve sectoren
	<ul style="list-style-type: none"> • Steun voor ICT netwerk infrastructuur 	<ul style="list-style-type: none"> • Overheidsaankopen 	<ul style="list-style-type: none"> • Subsidies voor technologiediffusie en –toepassing • Steun aan intermediairen in de private sector • Bewustmakingscampagnes • Steun voor demonstratieprojecten
Kennis-ontwikkelaars	<ul style="list-style-type: none"> • Steun voor onderzoeksinfrastructuur in universiteiten • Steun voor overheidslabo's • Steun voor wetenschappelijk basisonderzoek • Steun voor samenwerkingsverbanden tussen universiteiten • Steun voor wetenschaps- en onderzoeksnetwerken 	<ul style="list-style-type: none"> • Steun voor samenwerkingsverbanden tussen universiteiten en industrie • O&O diensten geleverd door overheidslabo's aan de industrie • O&O diensten geleverd door universiteiten aan de industrie • Programma's voor het vinden van O&O partners • Uitwisselingsprogramma's voor O&O personeel tussen universiteiten en industrie 	<ul style="list-style-type: none"> • Subsidies voor marktgericht O&O • Steun voor productontwikkeling • Fiscale voordelen voor O&O • Steun voor samenwerkingsverbanden tussen bedrijven

In wit: 'reinforcement policies'; in grijs: bridging policies'

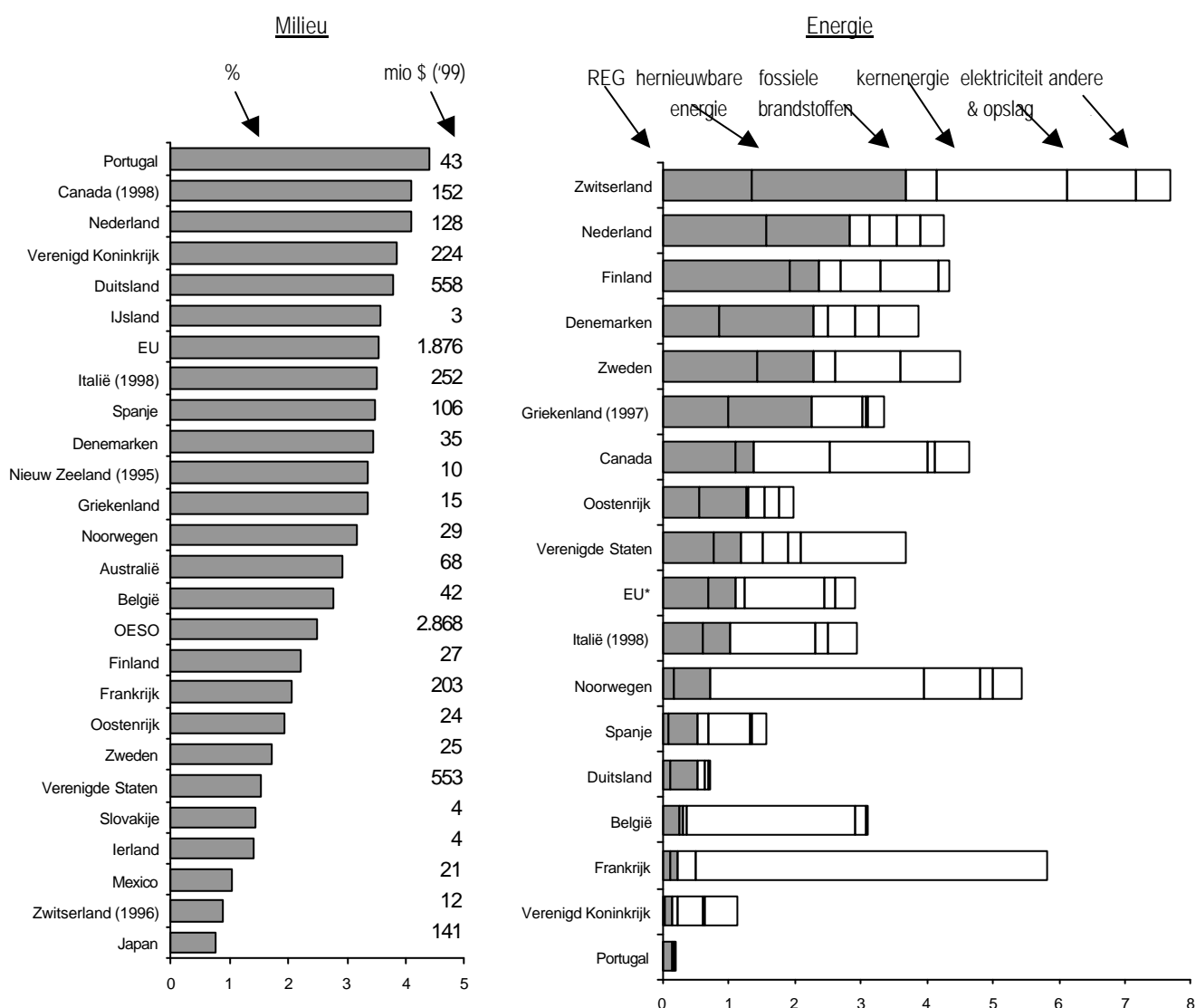
Tabel 13 Innovatiebeleidstendensen in de EU-lidstaten (Europese Commissie, 2000a)

<p><i>De lidstaten hebben al geruime tijd initiatieven genomen om:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• onderzoek te stimuleren dat door ondernemingen wordt verricht,• innovatiefinanciering te verbeteren,• integratie van technologie en innovatiebeheer door KMO's te bevorderen. <p><i>Recentelijk zijn daar nieuwe prioriteiten aan toegevoegd, zoals:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• versterking van de samenwerking tussen onderzoekinstellingen, universiteiten en ondernemingen,• bevordering van "clustering" en andere vormen van samenwerking tussen ondernemingen en andere organisaties die bij het innovatieproces betrokken zijn,• stimulering van de oprichting van technologiegerichte ondernemingen. <p><i>Er is steeds meer belangstelling voor drie andere thema's:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• vereenvoudiging van de administratieve procedures voor innoverende ondernemingen,• via belastingheffing en andere indirecte methoden innovatie en onderzoek aanmoedigen,• een strategische visie van innovatie en onderzoek ontwikkelen en het grote publiek daarop attenderen. <p><i>Ten slotte kunnen diverse algemene tendensen worden waargenomen:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• systematische aanpak van het innovatiebeleid,• versterking van de complementariteit van nationale en regionale beleidsmaatregelen,• nieuwe vormen van partnerschap tussen de overheids- en de particuliere sector,• nieuwe taken voor het overheidsbeleid als promotor van innovatie,• aanpak van de mondialisering.

Effectiviteit van innovatiebeleidsinstrumenten voor het milieu

In welke mate gelden de voorgaande conclusies ook voor milieu-innovaties? Milieu- en energieinnovaties werden meestal gepromoot via specifieke programma's¹⁴⁶. Een algemene vaststelling daarbij is dat deze programma's vaak niet of slecht geïntegreerd waren met het reguliere innovatiebeleid¹⁴⁷. De beschikbare internationale gegevens geven aan dat de hoeveelheid overheidsmiddelen bestemd voor O&O op milieuvlak beperkt is, hoewel het aandeel ervan binnen het totale O&O-budget toeneemt. In de EU-landen gaat het gemiddeld om ongeveer 3,5% van het totale O&O-budget, en een jaarlijkse groei van 2,3% tussen 1991 en 1999. België zit met een aandeel van 2,8% onder en Vlaanderen met 4,0% boven het EU-gemiddelde¹⁴⁸ (Figuur 15). De groei ligt in België met 2,4% iets boven het Europese gemiddelde. Hierbij gelden wel twee opmerkingen. Ten eerste kan het O&O in andere beleidsdomeinen een belangrijke milieucomponent hebben. Dit is vooral voor energie het geval¹⁴⁹. In sommige landen heeft meer dan de helft van de publieke O&O-middelen in de energiesector te maken met rationeel energiegebruik (REG) en hernieuwbare energiebronnen. Het EU-gemiddelde ligt iets onder 50%, maar zowel in de EU als mondiaal gaat nog steeds het meeste O&O-geld naar nucleaire energie¹⁵⁰. België zit met een O&O-aandeel voor REG en hernieuwbare energiebronnen in het totaal O&O budget voor energie van 10% opnieuw (ver) onder dit Europese gemiddelde, Vlaanderen zit er met 63% opnieuw iets boven¹⁵¹. Bovendien daalde in België de hoeveelheid publieke middelen voor O&O gericht op REG en hernieuwbare energiebronnen tussen 1991 en 1999 in reële termen met 32% (of jaarlijks gemiddeld -5%), terwijl het gemiddelde voor de EU lag op -29% (of jaarlijks -4%)¹⁵². Ten tweede kan in andere beleidsdomeinen O&O dat zich niet onmiddellijk richt op milieu, toch belangrijke milieu-spillovers hebben (bv. biochemie, nanochemie, en ICT). Hierover zijn evenwel weinig of geen cijfers bekend.

Figuur 15: Aandeel (in%) van milieu en energie-O&O in het totale O&O budget van overheden (1999, OECD 2001c, 2002a)



Voor Vlaanderen heeft de Vlaamse administratie in 2000 het milieugerichte O&O in kaart gebracht over alle departementen en Vlaamse instellingen heen (Tabel 14). Hieruit blijkt dat de bovenvermelde cijfers moeten worden genuanceerd. Het grootste gedeelte van het O&O-overheidsbudget voor milieu in brede zin gaat naar monitoring, gegevensverzameling, beleidsgericht en ecologisch onderzoek enz. Relatief weinig middelen zijn bestemd voor technologische innovatie. Dit is trouwens ook in andere landen het geval¹⁵³. We schatten dat van alle Vlaamse overheidsmiddelen voor milieugericht wetenschaps- en technologiebeleid minder dan 25% bestemd is voor echt technologisch O&O¹⁵⁴. Dit technologisch O&O gebeurt in hoofdzaak door of via de VITO (66%) en het IWT (20%) en in mindere mate door of via AMINAL (en milieu-VOI's) en IMEC. Ook het

IWT heeft recent een analyse gemaakt van de steun die zij heeft toegekend aan energie- en milieugerelateerde bedrijfsprojecten in de periode 1992-1999¹⁵⁵. Dit gebeurde via twee tijdelijke impulsprogramma's (VLIM voor milieuprojecten en VLIET voor energieprojecten, goed voor resp. 11% en 46% van de toegekende steun) en via de reguliere O&O-projecten (43%). Uit de analyse blijkt dat de milieu- en energieprojecten goed waren voor 7,5% van de totale projectgebonden steun¹⁵⁶ door het IWT tussen 1992 en 1999. Een latere analyse van alle bedrijfsprojecten die tussen 1997 en 2000 positief werden geëvalueerd door het IWT voor hun bijdrage tot duurzame ontwikkeling, wees uit dat 16% een significante bijdrage opleverde op het vlak van energie- en grondstoffenbesparing, beperking van afval en emissies, en hernieuwbare energie¹⁵⁷. Binnen deze 16% ging het in de meerderheid van deze projecten om preventieve technologieën (milieugevaar en vervuiling reduceren) of besparingstechnologieën (vermindering van gebruik van niet hernieuwbare hulpbronnen), met de nadruk op product- en procesinnovaties (zie Tabel 15). Slechts een kleine minderheid beoogde de optimalisatie van bestaande producten en processen of systeeminnovaties. De belangrijkste verwachte reducties in milieu-impact bij valorisatie van de projecten situeerde zich op het vlak van de uitstoot van milieubelastende stoffen. In 29% van de gevallen werden deze projecten uitgedacht om te voldoen aan verplichte (toekomstige) milieunormen. Uit een IWT -enquête bleek verder dat milieu en energie in 1997 elk een aandeel van 0,1% innamen in de totale O&O-uitgaven en van 0,2% resp. 0,1% in het O&O personeel van de O&O-actieve Vlaamse bedrijven¹⁵⁸. De SERV-STV technologiediffusie-enquête gaf aan dat in 1998 7,9% van alle ondernemingen (met meer dan 10 werknemers) productinnovaties met nieuwe of sterk verbeterde milieueigenschappen aanboden, het merendeel zelf ontwikkeld¹⁵⁹.

Tabel 14: Belangrijkste instrumenten en financieringskanalen van het Vlaams wetenschaps-, technologie en innovatiebeleid voor milieu (Vervliet, 2000 met eigen actualisering)

VITO	De Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek is een onderzoeksinstituut op het vlak van energie, milieu, grondstoffen en geavanceerde materialen.	VITO voert marktgericht technologisch onderzoek uit, ontwikkelt innovatieve producten en processen en biedt ondernemingen en overheidsorganisaties oplossingen en adviezen aan. VITO beschikt over verschillende expertisecentra, o.a. inzake milieutechnologie, energietechnologie, integrale milieustudies, materiaaltechnologie en processtechnologie.
IMEC	Het Interuniversitair Micro-Elektronica Centrum is actief inzake onderzoeks- en dienstverlening op vlak van micro-elektronica.	IMEC beoogt 5 à 10 jaar voorop te lopen op de noden van de industrie. Tot de onderzoeksactiviteiten van het IMEC behoren o.a. zonnecellen.
IWT	Het instituut voor de aanmoediging van innovatie door wetenschap en technologie in Vlaanderen is een intermediair organisme dat alle O&O-ondersteuning die beschikbaar is voor Vlaamse ondernemingen centraliseert en de financiële middelen verdeelt	Belangrijke instrumenten en programma's waarbinnen milieu aan bod kan komen zijn (1) het O&O-besluit: regelt de financiële steun aan projecten voor ontwikkeling van wetenschappelijk-technologische kennis, die tot stand komen op initiatief van de bedrijven. Het besluit vormt ook de wettelijke basis voor een specifiek KMO-programma en het nieuwe DTO-programma. (2) Het VIS-besluit: regelt de financiële steun aan projecten voor één of meerdere van de verschillende types van activiteiten inzake technologische innovatie, die uitgaan van samenwerkingsverbanden tussen bedrijven, instellingen en/of organisaties. (3) Het GBOU-programma (Generisch Basisonderzoek aan de Universiteiten): wil een brugfunctie realiseren tussen de academische onderzoeksweld en economisch/maatschappelijke actoren. (4) Het HOBU-fonds: geeft steun aan Vlaamse hogescholen voor technologische onderzoeksprojecten waarvan de resultaten duidelijk economisch en/of maatschappelijk valoriseerbaar zijn.
FWO	Het Fonds voor Wetenschappelijk onderzoek Vlaanderen is een intermediair organisme dat de middelen voor fundamenteel wetenschappelijk onderzoek verdeelt onder de universiteiten en onderzoeksinstellingen.	Het FWO beschikt niet over kredietlijnen gericht op bepaalde wetenschapsdisciplines. Het aandeel van milieuonderzoek binnen het FWO is beperkt (minder dan 5%)

IWB	Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer	Het IBW verricht wetenschappelijke studies en onderzoek in verband met de bossen, het wildbeheer en de zoetwatervisserij;
IN	Instituut voor Natuurbehoud	Het IN verricht wetenschappelijke studies en onderzoek in verband met het natuurbehoud.
LIN, EWBL, WVC	Deze sectorale departementen met kredieten voor milieuonderzoek zijn, net zoals de andere departementen, bevoegd voor de wetenschapspolitieke initiatieven die hun beleid ondersteunen	De belangrijke uitgaven voor milieuonderzoek gebeuren via AMIN AL (incl. MINA-fonds), OVAM en VMM (onderdelen van LIN), en in bijkomende orde door EWBL (milieu en energie) en WVC (milieu en gezondheid)
Steunpunten	Het vroegere Programma Beleidsgericht Onderzoek (PBO) werd omgevormd om een meer structurele financiering van beleidsrelevant onderzoek mogelijk te maken. Dit gebeurde via de oprichting van 12 steunpunten.	Een steunpunt is een entiteit binnen een Vlaamse universiteit, of een consortium van meerdere entiteiten uit verschillende Vlaamse universiteiten. Er bestaat o.a. een steunpunt voor O&O statistieken; ondernemerschap, ondernemingen en innovatie; duurzame landbouw; en milieubeleidswetenschappen.

Tabel 15: Kenmerken van de door het IWT ondersteunde bedrijfsprojecten met significante milieuverbetering (16% van de totale portfolio aan bedrijfsprojecten met positieve bijdrage tot duurzame ontwikkeling) (IWT, 2002b).

Milieufinaliteit	Ja	Nee	doorbraakarakter	%	Milieu-impact	Significant (+30%)	Beperkt (+10-30%)
Preventieve technologie	74%	26%	Optimalisatie	19%	Grondstoffenbesparing	19%	26%
Besparings-technologie	70%	30%	Productinnovatie	48%	Energiebesparing	4%	41%
Milieu- en procesmonitoring	15%	85%	Procesinnovatie	52%	Reductie uitstoot	37%	33%
End-of-pipe technologie	7%	93%	Systeeminnovatie	11%	Reductie afval & hinder	0%	30%
Sanerings-technologie	0%	100%	Totaal	100%	Hernieuwbare hulpbronnen	4%	4%
					Recyclage of hergebruik	11%	0%
					Verhoging levensduur	7%	4%

De schaars beschikbare gegevens (inputindicatoren) geven dus aan dat er wel degelijk sprake is van stimulering van milieugerichte innovaties via het traditionele innovatiebeleid, maar deze is vrij klein. Over de output- of outcome-additionaliteit van innovatiebeleidsinstrumenten (zijn er daardoor méér milieutechnieken, is het milieu daardoor verbeterd?, ...) is nog veel minder bekend. Het beperkte internationale onderzoek daarnaar suggereert dat O&O-subsidies slechts een geringe milieu-additionaliteit hebben gehad. Men doet in de eerste plaats onderzoek naar milieu- en energietechnologieën omdat men gelooft in de marktkansen ervan, niet omdat er subsidies te verkrijgen zijn. De innovatie-instrumenten hebben m.a.w. weinig of geen nieuwe onderzoeksprojecten gegenereerd¹⁶⁰. Soms hebben programma's met hoge subsidiepercentages wél geresulteerd in projecten die anders niet uitgevoerd zouden zijn, maar achteraf is gebleken dat het vaak ging om derderangsprojecten die niet nadien niet commercieel leefbaar bleken te zijn en dus ook weinig of geen toepassing in de praktijk hebben gekend¹⁶¹. Er is dus sprake van een zekere paradox: projecten met een potentieel grote additionaliteit zijn echter risicovoller en dus vaak minder succesvol in de praktijk. Ook de Nederlandse DTO- (1993-1997)¹⁶² en EET-projecten (1995-2001)¹⁶³ blijken hierop spaak te zijn gelopen. Zij waren gericht op factor 20 verbeteringen van de milieuefficiëntie resp. op doorbraakinnovaties tegen een tijdshorizon van 5 tot 20 jaar en kenden een zeer hoge additionaliteit, maar de resultaten ervan hebben nauwelijks geleid tot reële toepassingen of eigen O&O door de industrie in opvolging van de programma's¹⁶⁴. Hier past evenwel de aanvulling dat deze programma's wel succesvol zijn geweest in het creëren van innovatieve ideeën, van een draagvlak voor milieu- en systeeminnovaties en van nieuwe netwerken en samenwerkingsverbanden. In dit licht stelt Kemp (1997) dat de enkele succesvolle voorbeelden wellicht niet zozeer te wijten te

zijn aan de O&O-subsidies op zich, maar aan specifieke modaliteiten ervan (bv. subsidievoorwaarde van samenwerking tussen partijen die anders niet zouden samenwerken). Tot slot vermelden we dat naast steunprogramma's ook overheidsparticipaties in bedrijven actief in de milieusector worden gebruikt. Deze zijn vooral gericht op de ondersteuning van ondernemingen met innovatieve projecten, die in een strategische fase van hun ontwikkeling zijn of die een marktlemte invullen. In Vlaanderen is deze vorm van verstrekking van risicokapitaal gebeurd via de Vlaamse Milieuholding (VMH)¹⁶⁵. Een recente evaluatie heeft evenwel uitgewezen dat in geen enkel van de 14 'dossiers risicokapitaal' de VMH een wezenlijke positieve bijdrage heeft gehad tot de ontwikkeling van deze bedrijven. De helft van de gefinancierde projecten werd stopgezet of verkeert in financiële problemen. De andere helft had de VMH-participatie vanuit financieel oogpunt niet echt nodig om gunstig te evolueren. De onderneming had de middelen ook op de 'normale' kredietmarkt kunnen bekomen¹⁶⁶.

Besluit

Samengevat kunnen we over de impact van het innovatiebeleid op de milieugerichte technologische ontwikkeling het volgende concluderen:

- Het innovatiebeleid is lange tijd vrijwel uitsluitend gericht geweest op het corrigeren van de onderinvestering door private bedrijven in technologische innovaties, te wijten aan enerzijds de lage toeëigenbaarheid van de vruchten ervan en anderzijds aan de hoge risicograad van innoverende initiatieven (en dus aan de te hoge kapitaalkost als gevolg van de aanrekening van hoge risicopremies door de kapitaalverstrekkers).
- Ook in de nieuwe focus op innovatiesystemen blijft neutraliteit vaak een belangrijk uitgangspunt: het innovatiebeleid is gericht op het verhogen van de hoeveelheid inputs in het proces van technologische verandering, *zonder* dat het richting geeft aan die technologische ontwikkelingen.
- De beschikbare gegevens zijn schaars en onvolledig, maar suggereren dat de hoeveelheid overheidsmiddelen bestemd voor onderzoek op milieuvlak beperkt is. Bovendien gaat het grootste gedeelte van het onderzoeksbudget voor milieu naar monitoring, gegevensverzameling, ecologisch onderzoek e.d. Relatief weinig middelen zijn bestemd voor technologische innovaties door bedrijven.
- De impact van het innovatiebeleid op de milieugerichte technologische ontwikkeling is onduidelijk maar wellicht beperkt geweest. Het weinige evaluatieonderzoek naar O&O-programma's voor milieu- en energietechnologieën suggereert dat zij slechts een geringe additionaliteit hebben gehad, of dat de ondersteunde projecten nadien weinig of geen toepassing in de praktijk hebben gekend. De programma's blijken wel succesvol te zijn geweest in o.a. het creëren van innovatieve ideeën en van nieuwe netwerken en samenwerkingsverbanden.

3.3 Besluit

De vraag of het huidige milieu- en innovatiebeleid radicale technologische innovaties in milieuvriendelijke richting aanmoedigt, kan niet bevestigend worden beantwoord.

Het milieubeleid is weinig gericht op het stimuleren van technologische innovaties. Het is overwegend probleemgeoriënteerd: het milieubeleid houdt zich vooral bezig met de vermindering van de milieueffecten (output) van het economisch proces via het vastleggen, verdelen en handhaven van de grenzen die vanuit milieu worden opgelegd aan maatschappelijke activiteiten, zonder veel

aandacht voor de achterliggende mechanismen (inputs). Hierdoor valt technologische innovatie grotendeels buiten het gezichtsveld van het milieubeleid. Het effect van vele milieubeleidsinstrumenten op de technologische ontwikkeling is eerder incidenteel of onbedoeld, en beperkt tot diffusie van reeds beschikbare technologie.

Omgekeerd is het innovatiebeleid in hoofdzaak gericht op het verhogen van de input (mensen en middelen) in het innovatiegebeuren met het oog op het verhogen van de hoeveelheid O&O, zonder veel aandacht voor de richting en de output ervan. Hierdoor valt in het innovatiebeleid de milieudimensie dikwijls buiten het gezichtsveld. Bovendien zijn de overheidsmiddelen bestemd voor (de stimulering van) technologisch milieu-O&O vrij klein, en is de impact ervan op de milieugerichte technologische ontwikkeling waarschijnlijk beperkt geweest.

Pas recent is er in beide beleidsdomeinen groeiende aandacht voor het stimuleren van een milieugerichte technologische ontwikkeling. Het is duidelijk dat de inzet van een aantal nieuwe, beloftevolle milieubeleidsinstrumenten kan leiden tot meer diffusie van bestaande technieken en tot belangrijke technologische innovaties in preventie en beheer van milieuverontreiniging. Ook aan de kant van het innovatiebeleid kan de vernieuwde belangstelling in reguliere O&O-programma's voor de milieuprestaties van technieken een belangrijke bijdrage leveren.

Maar gezien de schaal en ernst van de huidige milieuproblemen, zijn de historische tijdsschalen niet meer beschikbaar¹⁶⁷. Het milieugerichte innovatieproces moet worden versneld. In deze context zijn zowel het milieubeleid als het innovatiebeleid nog te weinig effectief geweest, zeker inzake de vereiste systeeminnovaties. Om milieugerichte technologische innovaties te stimuleren is dus meer nodig. De voor de hand liggende vraag is dan welke maatregelen en instrumenten daarvoor kunnen worden ingezet. Dit behandelen we in het volgende deel van deze nota.

4. OP WEG NAAR EEN DUURZAME RELATIE: IDEEËN VOOR DE STIMULERING VAN MILIEUGERICHTE TECHNOLOGISCHE INNOVATIES

In de voorgaande delen is gebleken dat het milieubeleid noch het innovatiebeleid er tot dusver in slagen om voldoende milieugerichte technologische innovaties tot stand te brengen. Minder duidelijk is wat er moet veranderen. De wetenschappelijke literatuur hierover is nog heel beperkt, en niet in staat om eenduidige beleidsconclusies te formuleren. We weten dus niet welke de beste aanpak is en welke instrumenten het meest aangewezen zijn in welke omstandigheden. Er is dan ook grote nood aan meer onderzoek, evaluaties, experimenten, benchmarking, debat e.d. om het beleid vorm te geven. Dit belet niet dat nu reeds een visie moet worden ontwikkeld en concrete maatregelen kunnen worden genomen, op basis van wat we wél al weten.

Het is vanuit deze invalshoek dat hierna enkele ideeën worden geformuleerd. De analyse is niet af, maar te beschouwen als een eerste aanzet. We gaan eerst in op mogelijke elementen van een strategie ter bevordering van milieugerichte technologische innovaties. We hebben ze gegroepeerd rond drie uitgangspunten die logisch voortvloeien uit de voorgaande delen (Tabel 16):

- Stimulering van milieugerichte technologische innovatie en diffusie is nodig, want kan belangrijke win-win situaties creëren voor economie en milieu;
- Realisatie van systeeminnovaties is nodig, want voor de realisatie van ambitieuze milieudoelstellingen tegen de achtergrond van een groeiende economie en welvaart zijn incrementele innovaties niet voldoende;
- Een actieve overheid die samenwerkt met andere actoren is nodig, want enerzijds zullen voldoende milieugerichte technologische innovaties niet op de gewenste termijn tot stand komen zonder een actief overheidsbeleid, en anderzijds zal het de overheid evenmin alléén lukken om de noodzakelijk innovaties te realiseren.

Vervolgens bespreken we mogelijke instrumenten.

Tabel 16: Bouwstenen en instrumenten voor een beleid ter bevordering van een milieugerichte technologische ontwikkeling

Uitgangspunten	Stimulering van milieugerichte technologische innovatie&diffusie is nodig	Realisatie van systeeminnovaties is nodig	Actieve overheid die samenwerkt met actoren is nodig
Bouwstenen	<ul style="list-style-type: none"> • Inzet van traditionele innovatie-instrumenten • Bevorderen van leereffecten • Maatregelen in het innovatiesysteem • Benutten synergie innovatie- en milieumaatregelen 	<ul style="list-style-type: none"> • Lange termijnperspectief • Blijvende aandacht voor de korte termijn • Naast technologie ook structuur en cultuur • Transitie management 	<ul style="list-style-type: none"> • Integratie in het reguliere milieu- en innovatiebeleid • Zelfmanagement door de overheid • Interactieve en stapsgewijze beleidsontwikkeling • Internationale inbedding
Instrumenten	internalisering externe kosten - 'technology forcing standards' - 'innovation waivers' - 'environmental technology verification/certification' - informatie- en diffusieprogramma's - strategisch milieumanagement - O&O-indicatoren - scenario's - 'technology forecasting' - 'technology roadmaps' - strategisch niche management - innovatiecoalities - participatieve beleidsontwikkeling- transitiedoelen - 'backcasting' - ...		

4.1 *Bouwstenen voor een strategie*

4.1.1 **Stimulering van milieugerichte technologische innovatie en diffusie**

Vandaag komen nieuwe milieugerichte technologische innovaties onvoldoende tot stand en worden bestaande technologieën te weinig toegepast. Dit kan worden verholpen door de inzet van traditionele instrumenten van het innovatie- en diffusiebeleid (1), het bevorderen van leereffecten (2), het nemen van maatregelen op niveau van innovatiesystemen (3) en het benutten van de synergie tussen maatregelen in het innovatiebeleid en het milieubeleid (4).

(1) Inzet van traditionele instrumenten van het innovatie- en diffusiebeleid.

Stimulering van milieugerichte technologische innovatie en diffusie kan gebeuren via traditionele instrumenten van het innovatiebeleid zoals financiële ondersteuning van private O&O-activiteiten door fiscale tegemoetkomingen of subsidies, O&O-inspanningen door de overheid zelf, demonstratieprogramma's, enz. Door dergelijke 'technology push' maatregelen verhoogt de kennis, verruimt het aanbod en verlagen de kosten van nieuwe technologieën.

(2) Bevorderen van leereffecten.

In aanvulling hierop is ook aandacht wenselijk voor het bevorderen van leereffecten. Dit betekent dat het effectieve gebruik wordt aangemoedigd van beloftevolle technologieën die nog niet competitief zijn op de markt. Hierdoor kan immers ervaring worden opgedaan en kunnen als gevolg van dit leerproces de kosten in de tijd sterker dalen dan normaal het geval zou zijn.

(3) Ook maatregelen op niveau van het innovatiesysteem.

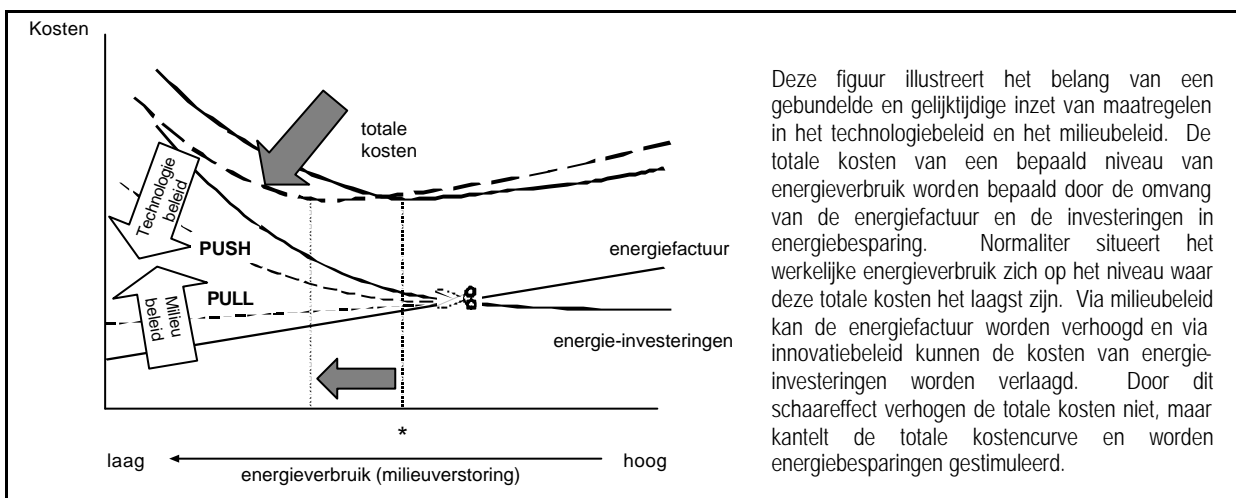
Een geïsoleerde inzet van deze instrumenten is echter onvoldoende. Zij moeten worden aangevuld met maatregelen op niveau van het innovatiesysteem. Er moet dus aandacht zijn voor investeringen in opleiding, voor het bevorderen van netwerken en interacties tussen de diverse actoren van het innovatiesysteem, enz. Het beleid moet bovendien een samenhangend geheel vormen voor het volledige traject van kennisontwikkeling tot toepassing. Belangrijk is dat alle knooppunten van dat innovatiesysteem worden ondersteund ('reinforcement policies') en dat tegelijk de relaties tussen deze knooppunten worden verbeterd ('bridging policies'). Daarbij dient prioriteit te worden gegeven aan het detecteren en vervolgens versterken van de zwakste schakels. Hierdoor groeit het belang van evaluatie en monitoring van het beleid. Er zijn dan ook inspanningen nodig gericht op het versterken van de meetbaarheid van de efficiëntie van het beleid, het periodiek evalueren daarvan en het zo nodig tussentijds aanpassen van het beleid.

(4) Benutten synergie tussen innovatie- en milieumaatregelen.

Technologische verbeteringen zullen echter, zonder maatregelen aan de vraagzijde, onvoldoende of onvoldoende snel tot ontwikkeling komen. Door 'market pull' maatregelen langs de kant van het milieubeleid vergroot de kans dat milieugerichte innovaties ook economisch rendabel zijn en verhoogt de marktvrage naar milieuvriendelijke technologieën. Omgekeerd zijn maatregelen aan de vraagzijde alleen eveneens onvoldoende. Er zijn immers ook andere belemmeringen voor milieugerichte technologische innovaties dan een te beperkte marktvrage. Een krachtige stimulering van milieugerichte technologische innovaties vergt dus een *gebundelde en gelijktijdige inzet van maatregelen in het technologiebeleid én het milieubeleid* (Figuur 16). Zowel bij de beleidsontwikkeling als bij de opzet van concrete projecten moet deze *synergie* worden nagestreefd

(zie voorbeelden in Kader 6) Om innovaties door te voeren, dient een onderneming immers de prikkel, mogelijkheid en kennis te hebben om te veranderen. Dit betekent dat het beleid in principe steeds op deze drie determinanten dient in te werken: het vergroten van de vraag (de prikkel), van het aanbod (de mogelijkheid) en de informatie over vraag en aanbod (kennis) ¹⁶⁸.

Figuur 16: De synergie tussen maatregelen in het milieu- en technologiebeleid (naar Verbruggen, 2000).



Kader 6: Voorbeelden van gecombineerde inzet van 'technology push' en 'market pull' maatregelen bij concrete projecten

In de jaren '80 werd in Californië in de VS een beleid ter bevordering van windenergie ontwikkeld (Norberg-Bohm, 2000a). Aan de aanbodzijde werden twee programma's opgezet voor de stimulering van O&O. Het eerste was gericht op O&O naar grote windturbines; het tweede op de verbetering van specifieke onderdelen in kleinere windturbines. Aan de vraagzijde werden tegelijk belastingvoordelen gegeven bij gebruik van windenergie en elektriciteitsmaatschappijen verplicht om elektriciteit opgewekt via kleine windturbines af te nemen tegen vermeden kosten. De staat Californië sloot tevens lange termijn aankoopcontracten af en verstreekte subsidies voor onderzoek naar de beste locaties voor windturbines. Als gevolg van deze synergie tussen maatregelen aan de vraag- en aanbodzijde kende de ontwikkeling van windenergie er een sterke groei. Later werden de 'market pull' maatregelen echter afgebouwd, waardoor de markt voor windenergie opdroogde. De meeste Amerikaanse fabrikanten overleefden deze terugval van de vraag niet.

Andere, meer succesvolle voorbeelden van gecombineerde inzet van technology push en market pull maatregelen zijn het gasturbine stimuleringsprogramma en het "energy star office products" project in de VS (Norberg-Bohm, 2000b). Steeds werden O&O-programma's ingezet tegelijk met vraaggerichte maatregelen, i.c. strengere emissienormen voor NOx en SOx bij de elektriciteitsopwekking, resp. energielabelling en verzekerde aankoop door de overheid van energiezuinige kantoorapparatuur. Ook het "super-efficient refrigerator initiative" in de VS is het vermelden waard (IEA, 2002). Hier wordt de steun voor het ontwikkelen van koelkasten die 30% minder energie verbruiken dan de wettelijke normen niet rechtstreeks uitbetaald aan de producenten, maar onrechtstreeks via steun voor de consument bij aankoop van een dergelijke koelkast. Daardoor hangt de omvang van de steun af van de inspanningen van de producenten om de nieuwe energiezuinige koelkasten bij de consument ingang te laten vinden.

Andere goede voorbeelden van een gecombineerde inzet van technology push en market pull maatregelen bestaan o.a. in Zweden en Denemarken (IEA, 2002). Een Vlaams tegenvoorbeeld vormt wellicht de bodemsaneringstechnologie. Het bodemsaneringsdecreet uit 1995 heeft een krachtige vraag gecreëerd naar performante bodemsaneringstechnieken, maar hierop werd onvoldoende ingespeeld langs de kant van het technologiebeleid om de reeds aanwezige O&O-expertise optimaal te benutten en een eigen Vlaamse know how op te bouwen.

4.1.2 Realisatie van systeeminnovaties

Diffusie van bestaande technologieën en incrementele technologische innovaties zijn noodzakelijk maar onvoldoende. Een beleid gericht op milieugerichte technologische ontwikkelingen moet ook een centrale plaats geven aan het bevorderen van innovaties op systeemniveau (energiesystemen, transportsystemen, ...). Dit vergt een lange termijnperspectief (1), met blijvende aandacht voor de korte termijn (2), maatregelen inzake 'structuur' en 'cultuur' naast 'technologie' (3) en transitie management (4).

(1) Lange termijnperspectief.

Het milieubeleid moet nog nadrukkelijker dan vandaag een lange termijnperspectief hanteren. Ook in het innovatiebeleid is dit nodig. Zowel marktpartijen als het huidige instrumentarium zijn immers vooral gericht op het korte en middellange termijn onderzoek. Onder druk van de liberalisering, o.a. in de energiesector, blijkt bovendien dat de tijdshorizon van marktpartijen eerder korter dan langer wordt. Door de toegenomen concurrentie ontstaat de neiging te bezuinigen op O&O-kosten en dan vooral op het meer lange termijn gerichte onderzoek¹⁶⁹. Hierdoor stijgt het belang van ondersteuning van het lange termijn O&O.

(2) Ook aandacht voor de korte termijn.

Een lange termijnperspectief betekent echter niet dat de rol van de overheid moet worden beperkt tot lange termijn O&O. Er is blijvende aandacht nodig voor de korte termijn. Want door het beter gebruiken van de huidige productiesystemen en het verbeteren van processen en producten binnen de bestaande technologische trajecten, is nog veel milieuverbetering te halen. Bovendien is een evenwicht tussen 'oude' en 'nieuwe' ideeën wenselijk om voldoende technologische opties open te houden, en om korte en lange termijn belangen met elkaar te kunnen verzoenen (Kader 7). Een beleid dat te sterk gericht is op technologische innovaties op langere termijn riskeert de voeling te verliezen met de noden van vandaag. Een beleid dat te sterk gericht is op incrementele innovaties riskeert de voeling te verliezen met de noden op langere termijn, en dus O&O te stimuleren op technologietrajecten zonder toekomst¹⁷⁰.

Kader 7: Voorbeeld schoon fossiel

Het Nederlandse nationaal milieubeleidsplan (NMP4) stelt dat de transitie naar een duurzame energiehuishouding langs drie sporen kan worden gerealiseerd. Zij vormen ook de drie deelgebieden voor het Nederlandse O&O-beleid op energievlak: hernieuwbare energiebronnen, energie-efficiëntie en "schoon fossiel". "Schoon fossiel" betreft geavanceerde energietechnologie waardoor het gebruik van fossiele brandstoffen niet of bijna niet leidt tot (CO₂-)emissies. Er zijn hierbinnen drie trajecten: sterk geconcentreerde CO₂-stromen in de industrie (kunstmest en olieraffinage); afvang en opslag van CO₂ bij elektriciteitscentrales die fossiele brandstoffen gebruiken; en de productie van waterstof uit aardgas met CO₂-opslag. Concrete voorbeelden zijn de zero emission power plant, het bijmengen van waterstof in aardgas en brandstofcellen. Het derde spoor (schoon fossiel) is niet gericht op systeeminnovaties, maar op incrementele innovaties binnen het bestaande technologisch regime van energieopwekking uit fossiele brandstoffen. De reden dat deze optie een plaats krijgt op de Nederlandse O&O-agenda is drievoudig. Ten eerste zijn fossiele energiedragers, vanwege de aanzienlijke voorraden, wellicht nog tot ver in deze eeuw van groot belang voor de energievoorziening. Ten tweede wordt het potentieel van 'schoon fossiel' voor CO₂-reductie in 2030 even groot ingeschat als dat van maatregelen inzake hernieuwbare energiebronnen of van energie-efficiëntie (ongeveer 50-60 Mton). Tot slot wil men die opties open houden en vermijden dat men kiest voor het (achteraf gezien) 'verkeerde' technologisch traject. Op dit moment is het immers onduidelijk welke energietechnologieën in de toekomst in welke verhouding naast mekaar zullen bestaan.

(3) *Naast technologie ook structuur en cultuur.* Technologische veranderingen zijn noodzakelijk maar niet voldoende voor systeeminnovaties. 'Technologische kennis' is een basiscomponent van de kennisgedreven economie, maar ook marktkennis (creatie en diffusie van nieuwe vormen van behoeften), en managementkennis (creatie en diffusie van nieuwe bedrijfsmodellen) maken daar deel van uit. Een 'systeeminnovatie' omvat dan meer dan technologische innovaties op systeemniveau. Het gaat om onderling met elkaar verweven ontwikkelingen in technologie (productiepatronen), behoeften (consumptiepatronen) en maatschappelijke organisatie (bedrijfsorganisatie, rol van de overheid, ...). M.a.w. veranderingen in *zowel technologie als cultuur en structuur*, die op elkaar inwerken en elkaar versterken.

(4) *Transitiemanagement.*

Veranderingen in technologie, structuur en cultuur kunnen op verschillende manieren vorm krijgen. In een aantal gevallen zal dat moeten gebeuren door een maatschappelijk transformatieproces van lange duur (meer dan een generatie). Transitiemanagement is een bewuste poging om deze structurele lange termijn veranderingen stapsgewijs tot stand te brengen. De klemtoon ligt daarbij op het bevorderen en beïnvloeden van maatschappelijke interacties. Er wordt dus niet getracht om veranderingen te forceren, maar om de aanwezige kansen en dynamiek voor verandering in de samenleving aan te wenden en te oriënteren in de richting van lange termijn transitiedoelen¹⁷¹. De aangrijpingspunten voor het beleid zijn dan de verschillende belangen van actoren, hun kennis, agenda's, verwachtingen, relaties en afhankelijkheden. Dit betekent dat transitiebeleid drie essentiële kenmerken heeft: het is gericht op fundamentele vernieuwing op technologisch en institutioneel vlak, hanteert een langetermijnhorizon en kiest voor samenwerking¹⁷². In wezen gaat het om een andere aanpak van overheidsbeleid, die op een heel aantal punten breekt met de traditionele wijze waarop het milieubeleid vandaag wordt gevoerd (Tabel 17). Het kan worden getypeerd een nieuw, dynamisch industriebeleid voor het milieu (Kader 8) dat bestaat en groeit naast het 'lopende' milieubeleid en daar nieuwe dimensies en een nieuwe beleidscultuur aan toevoegt.

Kader 8: Transitiemanagement: een nieuw industriebeleid voor het milieu¹⁷³

Transitiemanagement kan worden getypeerd als een dynamisch industriebeleid voor het milieu. Daarbij is het van belang om de negatieve connotatie verbonden aan het concept industriebeleid te verlaten. De opkomst van allerlei nieuwe, ondernemingsoverschrijdende structuren (bv. netwerken) heeft het beleid georiënteerd naar de stimulering van collectieve acties. Innovatie is immers minder en minder het werk van individuele ondernemingen. Gelijktijdig wordt het innovatiebeleid ook meer en meer een structuurbeleid in termen van een volutaristische verandering in de sectorsamenstelling van de economie (bv. in de richting van een informatiemaatschappij). Met de agenda van duurzame ontwikkeling wordt deze structuurpolitieke dimensie van het innovatiebeleid nog nadrukkelijker in de beleidsdiscussie gebracht. Het innovatiebeleid kan immers niet rond zekere 'keuzes' voor 'toekomstgerichte sectoren' heen. De stimulering van 'generieke' sectoren zoals ICT en biotechnologie is reeds zo algemeen verbreid dat zij al niet meer als 'marktverstoring' of als 'structuurbeleid' wordt gezien, maar als een legitieme daad van een pro-actief beleid. Een ander voorbeeld is de steun aan meer specifieke clusters van regionale specialisatie, die per definitie niet vallen onder internationale beleidsimmitatie. Hier groeit voorzichtig een clusterbeleid volgens een rationale van 'backing winners' die sectorneutraal beoogt te zijn. Voor duurzame ontwikkeling en ontkoppeling van groei en milieudruk, is een economische structuur die bepaalde industriële specialisaties afbouwt die door het regionale ecosysteem moeilijk te dragen zijn, een noodzaak. Het innovatiebeleid en het milieubeleid kunnen hier een win-win situatie creëren doordat de economische vernieuwingsdynamiek wordt gestuurd door milieunoden en de milieuzorg wordt ingevuld door systeeminnovatie.

Tabel 17: Traditioneel milieubeleid en transitie management vergeleken

Traditioneel milieubeleid	Transitiemanagement
Korte termijnhorizon: milieudoelstellingen komen tot stand via het doortrekken en periodiek verscherpen van het bestaande beleid in de toekomst	Gericht op lange termijndenken (25 jaar en meer) en formulering van transitiedoelen, als afwegingskader voor korte termijn doelstellingen
Inkapseling: vooropgestelde randvoorwaarden (bv. kosteneffectiviteit) bepalen de beleidsruimte en leiden enkel tot incrementele verbeteringen.	Gericht op fundamentele vernieuwing (systeeminnovaties) op technologisch en institutioneel vlak
Uitvoeringsoriëntatie: periodiek worden doelstellingen geformuleerd en vervolgens maatregelen ingezet om deze doelstellingen te realiseren. Er is weinig reflectie op resultaten, en weinig feedback naar oorspronkelijke doeleinden	Gericht op het opdoen van ervaring en leereffecten, o.a. door het stimuleren van innovatieve initiatieven, experimenten en interacties (learning by doing en learning by learning)
Trajectoriëntatie: beleidsdossiers en middelen zijn gericht op technologieën die op korte termijn bijdragen tot de realisatie van vooropgestelde doelen, waardoor technologische vooruitgang enkel plaatsvindt binnen bestaande technologisch trajecten (bv. grootschalige afvalwaterzuivering) en lock-in situaties ontstaan	Gericht op het openhouden van een variatie aan technologische opties voor de toekomst door kennis en technologische vernieuwing te stimuleren
Productoriëntatie: het beleid moeten leiden tot en wordt afgerekend op de realisatie van vooropgestelde milieudoelstellingen	Gericht op interacties tussen actoren en op verbreden van het maatschappelijk draagvlak. De overheid heeft met transities zelf geen einddoel, wel een procesdoel (procesoriëntatie)
Probleemoriëntatie: reactief gericht op knelpunten en veroorzakers van milieuproblemen (peloton en achterblijvers)	Gericht op oplossingen (peloton en koplopers, niches en 'exoten')
Verkokering: beleid komt tot fragmentair tot stand, zonder veel samenwerking tussen beleidsdomeinen	Gericht op denken in termen van meerdere domeinen en verschillende actoren op diverse niveaus
Risicomijdend: risico's en onzekerheden worden verdoezeld door wetenschappelijke schijnobjectiviteit	Gericht op leren omgaan met risico's en onzekerheden, o.m. door te werken met scenario's
Hiërarchisch-autoritair: de overheid bepaalt het beleid, stelt de doelen en grenzen, legt verplichtingen op en sanctioneert	Gericht op uitwerking van het beleid in samenspraak met stakeholders ('coproductie van beleid', overheid als 'change agent')
Niet visionair: maakt gebruik van toekomstverkenningen (forecasting), die bestaande dominante trends doortrekken en zich richten op wat in de toekomst waarschijnlijk is, maar niet vaak leiden tot trendbreukoplossingen.	Gericht op het ontwikkelen van creatieve toekomstbeelden en het identificeren van mogelijkheden voor radicale verandering, vanuit de vraag hoe een bepaalde toekomst bereikt kan worden (backcasting).

4.1.3 Implementatie en organisatie van het beleid

Voor de goede implementatie en organisatie van voorgaande punten is het van belang dat het stimuleren van milieugerichte technologische ontwikkelingen volwaardig wordt geïntegreerd in het reguliere milieu- en innovatiebeleid (1), de overheid een actieve rol speelt als 'change agent' (2), de uitwerking van het beleid op interactieve en stapsgewijze manier gebeurt (3) en gekozen wordt voor een goede internationale inbedding ervan (4).

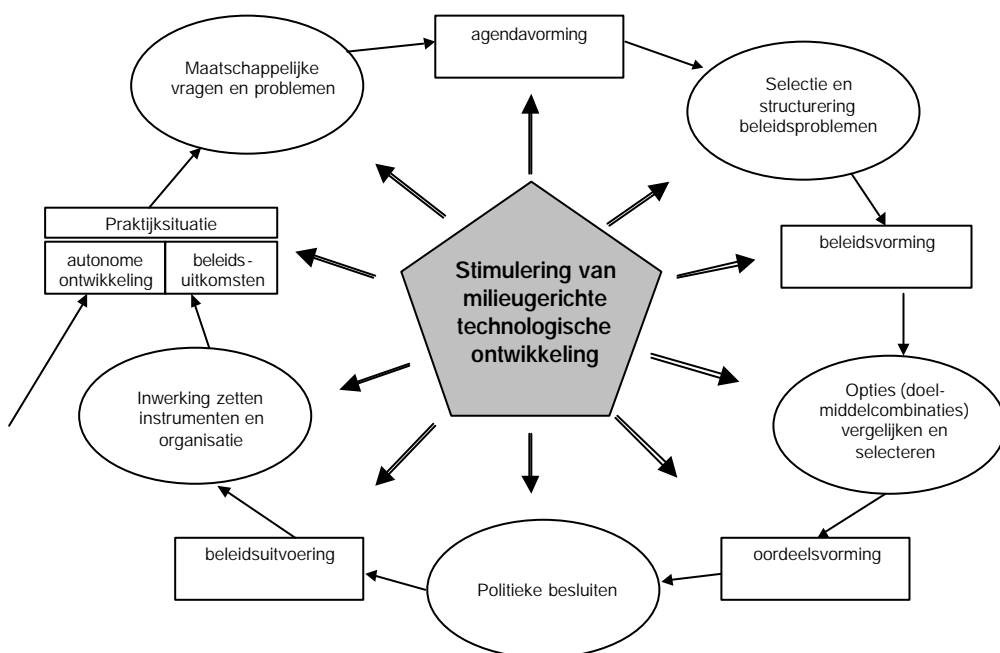
(1) Integratie in het reguliere milieu- en innovatiebeleid als nieuwe dimensie.

Meer aandacht voor de bijdrage van de technologie vormt geen substituuat voor het hedendaagse milieubeleid. Het gaat om *een nieuwe dimensie*. Het is niet ofof maar en-en. Een innovatiegericht milieubeleid vraagt dus niet dat het milieubeleid minder streng wordt of milieudoelstellingen worden afgezwakt. Het vereist wél dat veel bewuster wordt omgegaan met de mogelijkheden en belemmeringen in het milieubeleid voor de bevordering van technologische innovaties. Eenzelfde redenering geldt voor het innovatiebeleid. Meer aandacht voor de rol van het innovatiebeleid bij het realiseren van milieudoelstellingen vormt een aanvulling op het hedendaagse innovatiebeleid, geen alternatief⁷⁴. Een milieugericht innovatiebeleid vraagt dus niet dat het innovatiebeleid volledig op

milieudoelstellingen zou worden geheroriënteerd. Het vereist wél dat bij de uittekening van het innovatiebeleid bewuster wordt omgegaan met de bijdrage van de technologie aan milieuontwikkelingen, en in het bijzonder met de mogelijkheden van het innovatiebeleid om milieu-innovaties te bevorderen.

Deze nieuwe dimensie moet worden *geïntegreerd* in het reguliere milieu- en innovatiebeleid. Het wordt beter niet afgezonderd in afzonderlijke steunprogramma's voor milieutechnologieën of aparte cellen of commissies¹⁷⁵. Immers, iedere technologie die minder materialen en energie gebruikt en minder emissies veroorzaakt is de facto een milieutechnologie. Het zijn dan ook de randvoorwaarden van het reguliere innovatie- en milieubeleid die innovaties in milieuvriendelijke richting moeten belonen en ondersteunen. Ook ter vergroting van de efficiëntie vindt best aansluiting plaats bij het bestaande milieu- en innovatiebeleid. Dit betekent dat de aandacht voor milieu-innovaties moet doorwerken in alle onderdelen van de beleidsketen (Figuur 17). Het gaat dus om een nieuwe dimensie, die echter niet louter bovenop wat reeds bestaat komt maar tegelijk ook aanpassingen aan bestaande regelgeving, procedures en werkwijzen veronderstelt.

Figuur 17: Integratie van aandacht voor milieugerichte technologische innovaties in de beleidsketen van het milieu- en innovatiebeleid.



(2) Zelfmanagement door de overheid.

Het is in eerste instantie aan de ondernemingen om technologische innovaties te ontwikkelen en daarvan gebruik te maken om nieuwe markten te veroveren. Maar voldoende milieugerichte technologische innovaties zullen zonder een actief overheidsbeleid niet op de gewenste termijn tot stand komen. De rol en verantwoordelijkheid van de overheid is dan ook bijzonder groot. Zij moet 1° de verdere ontwikkeling van kennis en technologie en de implementatie daarvan ondersteunen, 2° heldere doel- en taakstellingen te formuleren en stabiele randvoorwaarden creëren die duidelijkheid bieden, en 3° via handhaving en wet- en regelgeving of andere instrumenten de realisatie van deze doelstellingen en randvoorwaarden verzekeren. In aanvulling op deze traditionele taken, komt er een

vierde taak bij, nl. die van 'change agent'¹⁷⁶ of sponsor en promotor van systeeminnovaties. Hierbij is er een combinatie nodig van 'leiderschap' en 'procesbegeleiding' bij het opstellen en uitvoeren van een 'transitieagenda' door de betrokken actoren zelf. Het zal individuele actoren, en ook de overheid, immers niet lukken om dergelijke innovaties alleen te realiseren. De overheid dient de verschillende actoren bij elkaar te brengen om kennis uit te wisselen en samen te zoeken naar nieuwe, creatieve oplossingen. Dit vereist financiële ondersteuning uit publieke en private bronnen, maar ook continuïteit en eenduidigheid in het overheidsbeleid zijn noodzakelijk. Het vergt tevens een goede beleidsafstemming tussen zowel beleidsdomeinen als verschillende overheidslagen, en een hoge prioriteit voor lange termijn doelen. Vanwege de lange duur van transitieprocessen is het daarbij extra van belang dat de overheid een breed maatschappelijk draagvlak genereert. De effectiviteit van een transitiebeleid gericht op systeeminnovaties staat of valt immers met de inzet en gedrevenheid van alle betrokkenen: overheid, bedrijfsleven, kennisinstututen en een scala van maatschappelijke groeperingen. *Transitiemanagement* door de overheid moet dan ook voor een groot deel *zelfmanagement* zijn¹⁷⁷.

(3) Interactieve en stapsgewijze uitwerking van het beleid.

Zeker voor een omvattende en complexe uitdaging als het versnellen van milieugerichte technologische innovaties, is een *interactieve beleidsontwikkeling* meer wenselijk dan de traditionele blauwdrukachtige, 'top-down' vorm van beleidsbepaling. Er zijn immers nog vrij veel onzekerheden en onbekendheden, er is de wisselwerking tussen technologie, structuur en cultuur, enz. Bij een interactieve beleidsontwikkeling komt (nieuw) beleid tot stand in overleg en samenwerking met de betrokkenen. Het beleid wordt niet voor langere tijd vastgelegd, maar vormt een fase in een voortdurend interactie- en leerproces. In deze context kan tevens worden gewaarschuwd voor al te ambitieuze ingrepen of wijzigingen in de bestaande taakverdeling en organisatie, waardoor dit proces niet goed op gang komt of stilvalt. Naast een interactieve is dus ook een stapsgewijze uitwerking van het beleid wenselijk. Dergelijke aanpak begint met relatief beperkte wijzigingen aan bestaande structuren, taken en opdrachten. Van daaruit kan ervaring worden opgedaan, groeit het beleid geleidelijk en worden meer fundamentele ingrepen mogelijk.

(4) Internationale inbedding

Er vindt geleidelijk een verschuiving plaats van nationaal naar Europees of zelfs mondiaal onderzoek, ook bij milieu- en energietechnologie¹⁷⁸ (Kader 9). Door deze internationalisering leidt de ambitie om alles zelf te willen doen tot een inefficiënte inzet van middelen. Een realistische strategie vraagt keuzes, die wellicht leiden tot inzet van lange termijn O&O op een beperkt aantal milieu- en energietechnieken¹⁷⁹. Vlaanderen is immers een bescheiden speler en kan bij O&O niet alles zelf doen. Een criterium daarbij kan zijn dat het lange termijn O&O dat Vlaanderen stimuleert, een kwalitatief hoog niveau moet hebben in internationaal verband. Als dat niet het geval is, is het voor het bereiken van de milieu- en energiedoelen waarschijnlijk efficiënter om de kennis uit het buitenland te importeren. Ook de toepasbaarheid door Vlaamse bedrijven kan een criterium zijn. Concreet kan worden gedacht aan een tweesporenbeleid voor de stimulering van het Vlaamse milieu- en energie O&O. Enerzijds kunnen, aansluitend op de reeds aanwezige kennisinfrastructuur in Vlaanderen en de daaruit voortvloeiende internationale kennispositie, speerpunten worden geselecteerd waarop het milieu- en energiegerichte O&O-beleid zich concentreert. Daarbij wordt best een structurele samenwerking tussen Vlaanderen en internationale partijen gerealiseerd. Anderzijds moet de Vlaamse kennisinfrastructuur, naast topposities op een aantal speerpunten, voldoende vermogen hebben om kennis die Vlaanderen niet zelf in huis heeft elders af te tappen en

nieuwe ontwikkelingen snel te kunnen oppakken (importeren van kennis uit het buitenland). Voor internationale samenwerking ligt het initiatief eveneens primair bij bedrijven en kennisinstellingen, maar de overheid dient hierbij faciliterend en zo nodig stimulerend op te treden. Dit kan via het ondersteunen van netwerkvorming, het bevorderen van het inzicht in wat het buitenland Vlaanderen kan bieden, het actief begeleiden van onderzoeksvoorstellen die kaderen in Europese O&O programma's, enz.

Kader 9: Internationalisering van O&O-activiteiten: de Europese onderzoeksruimte en het 6^e EU-kaderprogramma

Niet alleen voor milieu- en energie, maar ook meer algemeen is sprake van internationalisering op onderzoeksgebied. Zo lanceerde de Europese Commissie de idee van een Europese onderzoeksruimte (European Research Area of ERA). De Commissie probeert met dit voorstel te bereiken dat de EU op onderzoeksgebied meer als eenheid optreedt. Onderdelen daarvan zijn het bevorderen van netwerken tussen nationale programma's, projecten die sterk gericht zijn op flexibele 'networks of excellence' en ondersteuning van instellingen met transnationaal belang. De ideeën over de ERA gaven tevens richting aan het Europese onderzoekskaderprogramma 2003-2006 (6^e kaderprogramma). Daarin worden instrumenten vooropgesteld om de integratie van het onderzoek van verschillende landen binnen de EU te bewerkstelligen. Concreet kent het programma drie hoofdlijnen: (1) bundelen en integreren van het onderzoek; (2) structureren van de Europese onderzoeksruimte; (3) versterken van de grondslagen van de Europese onderzoeksruimte. De eerste hoofdlijn heeft prioriteit en krijgt de meeste middelen. Deze hoofdlijn is onderverdeeld in acht thema's. Het relevante thema voor milieuonderzoek is "duurzame ontwikkeling, veranderingen in het aardsysteem en ecosystemen". Dit thema is weer onderverdeeld in drie onderdelen: duurzame energiesystemen, duurzame transportsystemen en veranderingen in het aardsysteem en ecosystemen. Dit laatste gaat vooral over beleidsgericht onderzoek (modellering, monitoring ed.). De Europese Commissie gebruikt vijf instrumenten om het budget te verdelen. *Integrated Projects* (IP's of geïntegreerde projecten) hebben tot doel versplintering van Europees onderzoek, technologieontwikkeling en/of demonstratie tegen te gaan en kwalitatief goede samenwerkingsverbanden op te zetten. In het kernteam van een IP moeten tenminste drie deelnemers uit drie verschillende landen deelnemen. De looptijd van een IP ligt tussen de drie en vijf jaar. *Networks of Excellence* (NoE of topnetwerken) zijn gericht op het creëren van blijvende samenwerkingsverbanden. Een NoE bestaat uit tenminste drie partners uit drie verschillende landen met een gemeenschappelijk activiteitenprogramma. Bij een NoE worden de netwerkkosten voor 100% vergoed. Het gaat hier dus niet om onderzoekskosten. *Specific Targeted Research Projects* (STRP of specifiek gerichte projecten) zijn gericht op ondersteuning van onderzoek. De projecten zijn kleiner dan projecten binnen IP's. STRP's hebben een looptijd van twee tot drie jaar en zullen in de praktijk veelal aansluiten op projecten uit het 5^e kaderprogramma of onderwerpen behandelen die niet groot genoeg zijn voor een IP. *Co-ordination Actions* (CA's of gezamenlijk geïmplementeerde programma's) beogen gecoördineerde initiatieven van verschillende onderzoeks- en innovatieactoren te stimuleren. Het gaat om activiteiten als de organisatie van lezingen en van conferenties, vergaderingen, de uitvoering van studies, personeelsuitwisselingen, de uitwisseling en verspreiding van goede praktijken en bijvoorbeeld het opzetten van informatiesystemen en deskundigengroepen. *Specific Support Actions* (SSA of specifieke ondersteunende activiteiten) tot slot kunnen worden gebruikt voor het voorbereiden van toekomstige activiteiten van het EU-beleid inzake onderzoek en technologische ontwikkeling. Het gaat hier met name om lezingen, studiebijeenkomsten, studies en analyses, werkgroepen etc. Ook kunnen SSA's worden uitgevoerd met het oog op het stimuleren van de deelneming van KMO's, kleine onderzoeksteams, nieuwe ontwikkelde en afgelegen onderzoekcentra etc. De Commissie heeft de (milieuonderzoek)onderwerpen verdeeld over de verschillende instrumenten. Dat betekent dat een indiener afhankelijk van zijn onderwerp een bepaald instrument moet gebruiken.

4.2 Instrumenten voor een milieugerichte technologische ontwikkeling

Na deze bouwstenen voor een strategie ter bevordering van een milieugerichte technologische ontwikkeling, willen we een stap verder gaan en enkele concrete instrumenten bespreken die mogelijk kunnen worden ingezet. Een goed vertrekpunt daarvoor, is een analyse van de belemmeringen die verklaren waarom er minder milieugericht O&O gebeurt dan O&O naar andere technologieën, en waarom milieu- en energietechnologieën, zelfs wanneer ze rendabel zijn, niet altijd worden geïmplementeerd. We hebben deze laatste samengevat in Tabel 18. Zij werden ingedeeld in vier hoofdgroepen: kennisbarrières, financieel-economische barrières, fysiek-technische barrières en beleidsmatige barrières. Dit overzicht geeft in feite reeds een eerste agenda voor het beleid. Zo kunnen bijvoorbeeld *financieel-economische belemmeringen* worden verminderd door o.a. het milieu-

en energiegebruik beter te internaliseren in de prijzen, door het energiediensten en alternatieve financiering (bv. derde partij financiering) te stimuleren, enz. *Informatie- en kennisbarrières* kunnen worden aangepakt door informatie- en demonstratieprojecten, enz.

Een gedetailleerde bespreking van al deze barrières en de daaraan gekoppelde instrumenten zou ons echter te ver leiden. We willen eerder op een algemeen niveau aangeven wat het huidige milieubeleid resp. innovatiebeleid kunnen doen om een milieugerichte technologische ontwikkeling te bevorderen. Daarnaast behandelen we mogelijke instrumenten van transitiebeleid.

Tabel 18: Enkele belemmeringen voor de inzet van milieu- en energiebesparende technologieën (o.a. IPPC, 2001 en IEA, 2002)

informatie- en kennisbarrières	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informatie over de beschikbare technologieën en hun prestaties is niet altijd even goed bekend. ▪ Het energiegebruik is verspreid over talrijke toepassingen op verschillende plaatsen en tijdstippen, waardoor het vaak niet duidelijk is waar en hoe energie kan worden bespaard. ▪ Signalen over de behoeften en interesse van de markt in nieuwe technologieën bereikt de ontwikkelaars en verspreiders ervan niet of onvoldoende.
financiële en economische barrières	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Het aandeel van milieu- en energie-uitgaven in de totale kosten van vele bedrijven en gezinnen is vrij laag, waardoor er weinig interesse bestaat voor vermindering van deze kosten en men geen geld wil uitgeven aan extern advies of dienstverlening. ▪ Nieuwe technologieën kosten vaak meer dan bestaande technologieën, ook omdat die in het verleden al hebben geprofiteerd van schaalvoordelen en leereffecten. ▪ Reële en gepercipieerde risico's van nieuwe technologieën zijn groter dan voor bestaande. Dit geldt niet alleen t.a.v. de economische en milieuprestaties. Nieuwe technologieën vergen soms ook nieuwe werkprocedures, nieuwe kennis en vaardigheden, nieuwe leveranciers, enz. ▪ Soms worden belangrijke beslissingen worden niet genomen door de eindgebruiker, maar door architecten, fabrikanten van apparatuur, aankoopdepartementen in bedrijven en instellingen, eigenaars van huurwoningen, ... die achteraf niet zelf de milieu- en energiekosten moeten betalen. ▪ Er kunnen moeilijkheden bestaan bij het aantrekken van kapitaal, zowel door bedrijven als gezinnen. ▪ De relevante kapitaalkost voor bedrijven of gezinnen is vaak niet de terugverdientijd van een bepaald project op zich, maar de opportuniteitskosten om de middelen in dat project te investeren en niet in een ander. ▪ Grote bedrijven hanteren vaak een systeem kapitaalrantsoenering. In plaats van alle projecten toe te laten die een bepaald rendement halen, stellen hoofdzetels een limiet op de beschikbare investeringsfondsen. ▪ Voor gezinnen en sommige bedrijven is het initiële investeringsbedrag belangrijker dan het rendement of de terugverdientijd van een investering. ▪ Gevestigde belangen gerelateerd aan conventionele technologieën kunnen hun macht aanwenden om de introductie van nieuwe technologieën te verhinderen. ▪ Een nieuwe technologie past soms niet in het heersende verwachtingspatroon en de nu bestaande voorkeuren van gebruikers en consumenten.
fysieke en technologische barrières	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sommige nieuwe technologieën vergen investeringen in nieuwe infrastructuur (bv. 'tankstations' voor voertuigen op alternatieve brandstoffen), hetgeen de reikwijdte van een individuele onderneming overstijgt (netwerkexternaliteiten). Dit leidt tot een 'kip of ei' probleem: gebruikers zijn niet geïnteresseerd zolang geen uitgebouwde infrastructuur bestaat, en er wordt niet geïnvesteerd in een nieuwe infrastructuur zolang er geen voldoende vraag is. ▪ De introductie van nieuwe technologieën kan worden belemmerd door weerstand tegen ongewenste neveneffecten (bv. geluids- en visuele hinder van windmolens). ▪ De lange levensduur van vele kapitaalgoederen beperkt het tempo waartegen nieuwe technologieën een plaats kunnen veroveren.
beleidsmatige barrières	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Overheidsregels (bv. middelvoorschriften) en tijdrovende procedures voor bv. evaluatie, certificatie en vergunningen kunnen invoering van nieuwe technologieën belemmeren of vertragen. ▪ Het overheidsbeleid kan inconsistent, onvoorspelbaar of ongelooftwaardig zijn. Zo leidt onzekerheid over de toekomstige energieprijzen en milieueffingen betekent ook onzekerheid over de toekomstige kostenbesparingen die mogelijk zijn. Idem bij gebreken in de handhaving enz.

4.2.1 Wat kan het milieubeleid doen?

Het milieubeleid kan veel meer het belang van technologische innovaties erkennen en daarnaar handelen. Dit impliceert deels een voortzetting en versterking van het huidige beleid op onderdelen, en deels een bijsturing van dat beleid. Concreet kunnen volgende maatregelen worden vermeld.

(1) Internalisering van externe milieukosten.

Afwegingen van actoren over investeren, produceren en consumeren kunnen in een groeiende economie wellicht enkel leiden tot een absolute ont koppeling van de milieudruk als er een generiek overheidsbeleid wordt gevoerd, gericht op internalisering van externe milieukosten¹⁸⁰. Ook de evaluatie van programma's in andere landen gericht op de stimulering van duurzame technologische ontwikkelingen (DTO) wijst dit uit: zonder voldoende internalisering is de stimulans om te investeren in O&O te laag en zijn de resultaten van O&O-inspanningen vaak onvoldoende rendabel¹⁸¹. Belangrijke instrumenten om de milieukosten in de prijzen te verwerken zijn heffingen, emissiehandel en afschaffing van milieuschadelijke directe en indirecte subsidies.

Het internaliseren van milieukosten in de prijzen is echter geen eenvoudige zaak, zeker in het geval van internationaal onvoldoende gecoördineerd beleid. Het kan leiden tot een andere verdeling van lasten over verschillende categorieën burgers en invloed hebben op de internationale concurrentieverhoudingen. Als gevolg daarvan worden bijvoorbeeld heffingen soms te laag vastgesteld, of worden hoge vrijstellingen geïntroduceerd zodat de milieukosten toch niet volledig zichtbaar worden in de prijzen. Bovendien leiden de genoemde instrumenten niet automatisch tot innovatie. Voor elk instrument geldt immers dat de vormgeving cruciaal is voor de effectiviteit ervan. Economische instrumenten zijn trouwens niet voor alle milieuproblemen de beste beleidskeuze. Dat is sterk afhankelijk van de aard van de vervuiling, het soort vervuilingbron, de prijselasticiteit en de institutionele context. Tot slot zijn heffingen en andere instrumenten gericht op internalisering niet helemaal effectief als er ook andere, meer belangrijke belemmeringen zijn zoals gebrek aan informatie, hoge onzekerheid, beperkte toegang tot de kapitaalmarkt, enz. Het milieubeleid moet dan ook blijvend streven naar internalisering, maar initiatieven terzake moeten worden aangevuld met andere maatregelen.

(2) Een voor innovatie gunstig regelgevend en beleidskader

Naast een generieke maatregel zoals internalisering, kan het milieubeleid bijdragen tot milieugerichte technologische ontwikkelingen door het regelgevend en beleidskader beter af te stemmen op de karakteristieken die bepalend zijn voor het stimuleren van innovaties: strengheid, flexibiliteit, adequaat tijdspad voor implementatie en zekerheid/voorspelbaarheid, samen met een open beleidsstijl. Het stimuleren van milieugerichte innovaties vergt dan ook meer stabiliteit, continuïteit en eenduidigheid in het milieubeleid. Dit veronderstelt duidelijke en ambitieuze maar tegelijk ook haalbare en geloofwaardige lange termijn doelen, een consistente beleidsvisie en een onderbouwde en doordachte uitwerking van het beleid zelf. Vandaag zijn deze voorwaarden in Vlaanderen onvoldoende vervuld¹⁸². Bovendien zijn zowel het analysekader en -instrumentarium (milieuprobleemketen, gehanteerde economische en beleidsmodellen, ...) als de overheidsorganisatie en de huidige milieuwetgeving onvoldoende gericht op stimulering van milieugerichte technologische ontwikkelingen. Sommige onderdelen lijken zelfs innovaties te belemmeren.

Het is dan ook aangewezen om ten eerste bij de totstandkoming van nieuwe maatregelen (waaronder vergunningvoorschriften, algemene gebods- en verbodsbepalingen en convenanten),

steeds nadrukkelijk aandacht te besteden aan mogelijkheden tot bevordering van technologische innovaties of tot wegnemen van belemmeringen. Ten tweede is het zinvol om de bestaande regelgeving regelmatig te laten doorlichten en waar nodig aan te passen (bv. screening van middelvoorschriften in Vlaem en andere milieuregelgeving)¹⁸³. In beide gevallen in het noodzakelijk dat men zich beter bewust is dat er een wezenlijk verschil bestaat tussen stimulering van technologische innovatie en stimulering van diffusie van reeds bestaande technologieën¹⁸⁴.

(3) Aanvulling en verbreding van het milieu-instrumentarium

Verder suggereren we dat goede voorbeelden uit het buitenland die in Vlaanderen nog niet bestaan of onvoldoende zijn uitgewerkt, worden bekeken. Een heel aantal zijn reeds de revue gepasseerd. Concrete voorbeelden op niveau van *instrumenten* zijn 'technology forcing standards', 'innovation waivers', sommige subsidiesystemen, 'environmental technology verification/certification', specifieke informatie- en diffusieprogramma's, verbreding van instrumenten voor bedrijfsmilieuzorg naar stimulering van strategisch milieumanagement enz. Voorbeelden op een meer *algemeen niveau* zijn het gebruik van O&O-indicatoren bij de opvolging van het milieubeleid; van scenario's bij de voorbereiding ervan (met het oog op het bevorderen van strategisch denken, de verkenning van technologische paden en vorken, de bevordering van het debat tussen actoren en het zoeken naar oplossingen voor conflicten en verschillende meningen¹⁸⁵), enz.

(4) Milieubeleid als pleitbezorger voor integratie in andere beleidsdomeinen

Tot slot is het van belang dat het milieubeleid zich opstelt als pleitbezorger voor de integratie in andere beleidsdomeinen van de hier ontwikkelde ideeën rond milieugerichte innovaties. Een groot deel daarvan moet immers niet alleen in het milieubeleid maar ook elders concreet vorm krijgen¹⁸⁶. Hierbij moet in de eerste plaats worden gedacht aan het energiebeleid, het mobiliteitsbeleid en het huisvestingsbeleid. Zeker op deze terreinen is gezien hun huidige milieu-impact en de aanwezige belemmeringen voor de noodzakelijke systeeminnovaties (lock-in effecten), een actieve houding vanuit het milieubeleid van groot belang. Het gaat in vele gevallen immers om infrastructuur met een lange levensduur¹⁸⁷. Hierdoor is het tempo waartegen nieuwe technologieën een plaats kunnen veroveren beperkt en blijft de negatieve milieu-impact jarenlang aanwezig. Het is dan ook van enorm belang om het moment waarop deze kapitaalgoederen worden vervangen maximaal te benutten en op dat ogenblik de eco-efficiëntie wezenlijk te verhogen (bv. informatieprogramma's, product-, emissie en prestatienormen, bouwvoorschriften, ...). Daarnaast kan voortijdige vervanging of verbetering van slecht presterende kapitaalgoederen worden gestimuleerd (bv. renovatie, na-isolatie)¹⁸⁸.

Andere voorbeelden van noodzakelijke integratie in andere beleidsdomeinen, zijn het stimuleren in het economisch beleid van maatschappelijk verantwoord ondernemen (en daarbij aansluitend bevordering van opname van initiatieven voor milieugerichte technologische ontwikkeling in gedragscodes en van publieke rapportering over de uitvoering van deze gedragscodes), en het realiseren van een hogere prioriteit voor milieu in de beleidsdomeinen export, buitenlandse handel en buitenlandse betrekkingen en bij overheidsaankopen.

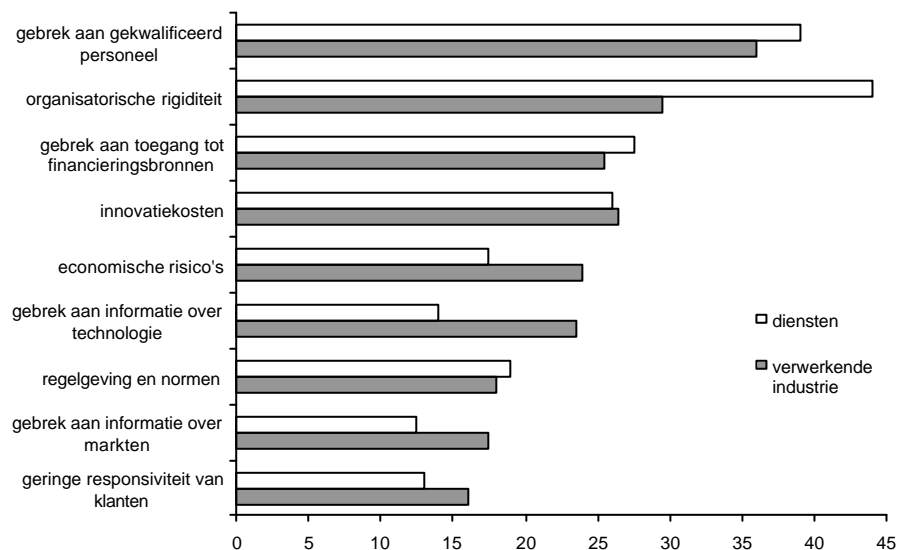
4.2.2 Wat kan het innovatiebeleid doen?

Het innovatiebeleid kan eveneens veel meer het belang van milieugerichte technologische innovaties erkennen en ernaar handelen. Dit impliceert ook hier deels een voortzetting en versterking van het huidige beleid op onderdelen, en deels een bijsturing van dat beleid. Concreet kunnen volgende maatregelen worden vermeld.

(1) Voortzetting en versterking van het algemene innovatiebeleid

Veel barrières voor milieu-innovaties komen ook bij andere nieuwe technologieën voor. In de ontwikkelingsfase zijn onder meer het ontbreken van financiering, risicoaversie en onzekerheid, onvoldoende informatie en het ontbreken van de nodige expertise en gekwalificeerd personeel factoren die de ontwikkeling van nieuwe technologie beperken (Figuur 18). In dit opzicht zijn de lessen en instrumenten van het algemene technologiebeleid volledig van toepassing op het gebied van milieu- en energietechnologie¹⁸⁹. Dit betekent dat ook voor milieu-innovaties de voortzetting en versterking van het algemene innovatiebeleid essentieel is. Ter illustratie kunnen we verwijzen naar de doelstellingen die terzake in Europees verband zijn gesteld (Tabel 19).

Figuur 18: Factoren die innoverende projecten ernstig vertragen (% van de respondenten, Europese Commissie, 2000b)



Tabel 19: Doelstellingen en prioritaire acties voor het innovatiebeleid volgens de Europese Commissie (Europese Commissie, 2000a)

Doelstelling	Acties van de Lidstaten	Acties van de Europese Commissie
samenhang van het innovatiebeleid	<ul style="list-style-type: none"> - Rekening houden met de "beste werkwijzen" en de aanbevelingen die daaruit voortvloeien aanpassen aan de eigen, specifieke omgeving; - Ervoor zorgen dat coördinatiemechanismen worden ingesteld tussen nationale en regionale niveaus en tussen de verschillende ministeries die met voor innovatie relevante aangelegenheden zijn belast, teneinde een coherente aanpak van het innovatiebeleid te waarborgen - Periodieke vaststellen van doelstellingen, controle, evaluatie en peer review van programma's ter bevordering van innovatie, en van de organen die deze uitvoeren 	<ul style="list-style-type: none"> - Totstandbrenging van een kader voor dialoog, coördinatie en benchmarking van het innovatiebeleid en de innovatieprestaties van de lidstaten - Opstelling van het Europees innovatiescorebord als component van de analyse- en benchmarkingactiviteiten van het ondernemingsbeleid.
een voor innovatie gunstig regelgevingskader	<ul style="list-style-type: none"> - De regels voor de verspreiding van de resultaten van door de overheid gefinancierd onderzoek (licentieverlening, toegang tot voorkennis enz.) aanpassen om de exploitatie en overdracht van resultaten en vandaar ook innovatie te bevorderen - Fiscale maatregelen nemen om particuliere investeringen in onderzoek en innovatie en de aanwerving van onderzoekers door de particuliere sector te bevorderen 	<ul style="list-style-type: none"> - Goede werkwijzen identificeren en de toepassing ervan bevorderen en, in voorkomend geval, voorschriften formuleren om de bestaande regelgeving aan te passen en innovatievriendelijker te maken - Bijdragen tot een geregelde rapportering over de vooruitgang bij de verbetering van het wettelijk en regelgevingskader en over de resterende hinderpalen op zowel Europees als nationaal niveau teneinde de innovatie te bevorderen
de oprichting en groei van innoverende ondernemingen aanmoedigen	<ul style="list-style-type: none"> - Zich blijven inzetten om een wettelijk, fiscaal en financieel klimaat te scheppen dat de oprichting en ontwikkeling van startende ondernemingen bevordert - Op regionaal niveau de oprichting of versterking bevorderen van passende ondersteunende diensten en structuren zoals starterscentra enz. - Programma's voor onderwijs en opleiding in ondernemerschap en innovatiebeheer aan hogeronderwijsinstellingen en instituten voor bedrijfskunde opstellen, voorzover deze nog niet bestaan, en goede werkwijzen op dit gebied verspreiden 	<ul style="list-style-type: none"> - De vorming van netwerken aanmoedigen, opstellen van een Europese elektronische gids van innoverende starters - De ondersteunende diensten met een Europese dimensie versterken; bijdragen aan de ontwikkeling van methoden om de immateriele activa van ondernemingen te evalueren. - De toegang van starters tot openbare aanbestedingen, tot communautaire programma's (en de resultaten ervan) en tot het "Innovatie 2000-initiatief" van de Europese Investeringsbank (EIB) vergemakkelijken
verbetering van de sleutelinterfaces in het innovatiesysteem	<ul style="list-style-type: none"> - Regionale initiatieven en regionale actoren stimuleren en coördineren om geïntegreerde onderzoeks- en innovatieprogramma's op regionaal niveau op te stellen en uit te voeren - De uitvoering van programma's voor levenslang leren vergemakkelijken om de algemene assimilatie van nieuwe technologieën te verbeteren en het gebrek aan vaardigheden te verhelpen - De universiteiten stimuleren om bijzondere aandacht te besteden aan de bevordering van de verspreiding van kennis en technologieën - Grote openbare onderzoekfaciliteiten ertoe aanmoedigen hun activiteiten op het gebied van technologieoverdracht en partnerschappen met ondernemingen te benchmarken 	<ul style="list-style-type: none"> - Europese universiteiten en openbare onderzoekscentra bijstaan bij het opzetten van een netwerk/vereniging om de verspreiding van kennis en de beste werkwijzen inzake technologieoverdracht promoten - Maatregelen om de verspreiding van "goede werkwijzen" en de transnationale samenwerking m.b.t. onderzoeks- en innovatiebeleid tussen regio's te bevorderen - Initiatieven op EU-niveau, zoals netwerkvorming en proefprojecten, steunen om transnationale technologiepartnerschappen en ook de verspreiding van niettechnologische innovatie met name ten behoeve van KMO's te bevorderen
een samenleving die openstaat voor innovatie	<ul style="list-style-type: none"> - Uitvoerige debatten over innovatie aanmoedigen waarbij belanghebbenden zoals wetenschappers, bedrijfsleven, consumenten en overheid worden betrokken - De openbare vraag naar innovatie stimuleren door middel van een dynamisch aankoopbeleid bij de overheid 	<ul style="list-style-type: none"> - Verband leggen tussen de maatregelen van de lidstaten om de informatievoorziening van het publiek te verbeteren, het publieke debat te stimuleren en rekening te houden met de opinie van het publiek.

(2) *Inzet van aanvullende maatregelen voor de stimulering van milieu-innovaties*

Milieu-innovaties hebben, zoals eerder aangegeven, echter ook specifieke kenmerken waardoor zij zich onderscheiden van andere types innovaties en waardoor minder milieugericht O&O gebeurt dan O&O naar andere technologieën. Daarbij komt nog dat marktpartijen en ook het huidige instrumentarium vooral gericht zijn op het korte en middellange termijn onderzoek. Het milieubeleid vergt evenwel transitie, en dus lange termijn onderzoek met de bijhorende termijnen, onzekerheden en ambities. In dit licht zijn de reguliere innovatie-instrumenten ontoereikend. *Aanvullende maatregelen* voor de stimulering van milieu-innovaties lijken dan ook gerechtvaardigd.

Daarbij moet niet zozeer worden gedacht aan nieuwe, afzonderlijke impulsprogramma's voor milieutechnologieën, maar aan de *integratie* van milieu in bestaande programma's (zoals momenteel in Vlaanderen gebeurt). Dat geldt o.a. voor instrumenten gericht op scholing en starters, maar ook voor financiële regelingen. In aanvulling hierop zijn specifieke maatregelen aangewezen, gericht op de verdere ontwikkeling van de "milieukennisinfrastructuur", en met name, zoals reeds vermeld, op de aanpak van zwakke schakels in het milieu-innovatieproces. Verder onderzoek en overleg zijn nodig om deze vast te stellen. Aandachtspunten zijn alvast de bevordering van samenwerkingsverbanden tussen actoren en met internationale partners, de creatie van experimenten en netwerken voor lering en interactie, trajectbegeleiding van ideevorming naar O&O en het op de markt brengen¹⁹⁰, financiering voor risicovolle projecten, bevordering van publiek-private samenwerking, kennisimport, kennisverspreiding naar bedrijven en communicatie naar de samenleving, demonstratie van technologie, monitoring van het beleid, stimulering van lange termijnonderzoek en 'beleidsleren'.

Inhoudelijk moeten wellicht *prioriteiten* worden gelegd in het publiek gefinancierde langetermijnonderzoek voor milieu en energie. Het is echter niet de bedoeling dat de overheid keuzes voor specifieke technologieën maakt. Daarvoor is de kennis te beperkt en dus het risico op verkeerde keuzes te groot. Het is bovendien van belang om voldoende opties voor de toekomst open te houden. Een selectie van prioriteiten lijkt daarmee in tegenspraak, maar aan de andere kant zijn de middelen beperkt, waardoor niet alle opties even sterk kunnen worden ondersteund. Ook door de internationalisering van het onderzoek is een selectie van onderzoeksprioriteiten wenselijk. Het is daarbij van belang dat de keuze voldoende richtinggevend is, en tegelijk ook voldoende algemeen en flexibel zodat indien nodig kan worden bijgestuurd. De invulling van de lange termijn onderzoeksagenda moet op onderbouwde wijze en in nauw overleg met de relevante actoren plaatsvinden (Kader 10).

Kader 10: Prioriteiten in de Nederlandse Energie Onderzoek Strategie (MEZ, 2002)

De Nederlandse Energie Onderzoek Strategie (EOS) stelt dat de voorbijgaande inzet van het publiek gefinancierde energie-O&O leidt tot versnippering. Het is beter om een beperkt aantal zaken goed, dan veel zaken half. Daarom moet het lange termijn publieke energie-O&O zich concentreren op een beperkt aantal onderwerpen. Voor de selectie van prioriteiten geldt als belangrijkste criterium de bijdrage aan de transitie naar een duurzame energievoorziening met een gewaarborgde voorzieningszekerheid. Bijkomend criterium is een mogelijke Nederlandse toppositie in internationaal verband op het desbetreffende energiegebied. Dat leidt tot de indeling naar thema's, weergegeven in de onderstaande tabel. Het energieonderzoek moet zich volgens de EOS voornamelijk richten op de *speerpunten*. Om versnippering van het onderzoek te voorkomen, is het wenselijk niet meer dan bijvoorbeeld vijf speerpunten te kiezen. *Kennisimportthema's* zijn uit energieoogpunt van belang, maar door een zwakke kennispositie ligt het accent op het handhaven van kennis en het actief volgen en importeren van kennis in het buitenland (demonstratie, minder O&O). *Kennisexportthema's* zijn onderwerpen met een goede kennispositie, maar minder van belang uit specifiek energieoogpunt. Algemene technologieestimulering kan hier in de plaats komen van de af te bouwen ondersteuning via specifiek energie-O&O. Bij *niet-relevante thema's* geldt noch het argument van kennispositie, noch van het lange termijn energiebeleid. Hier wordt volledig geleund op kennis uit het buitenland en is afbouw van ondersteuning via specifieke energieonderzoeksmiddelen gewenst.

Het gaat evenwel niet om een statische indeling. Ontwikkelingen op energiegebied of de kennispositie kunnen ertoe leiden dat onderwerpen een andere prioriteit krijgen. Het concrete selectieproces voor de lange termijn onderzoeksagenda zal in nauw overleg met

betrokkenen plaatsvinden. De voorlopige selectie van prioriteiten door de overheid (zie tabel) vormt een startpunt voor discussies met deze betrokkenen, waarna een keuze wordt gemaakt. De eindverantwoordelijkheid voor de keuze ligt bij de overheid. In de EOS wordt ook opgemerkt dat de keuze van speerpunten niet betekent dat de overige onderwerpen geen aandacht vragen. Bij kennisimport wordt immers kennis uit het buitenland gehaald. Maar dan moet Nederland wel daarover kunnen meepraten. Bovendien is flexibiliteit nodig: als nieuwe speerpunten opkomen, moet het mogelijk zijn daar snel op in te spelen. Dat vereist een basisinspanning. Onderdeel daarvan is beleidsondersteunende O&O, vooral gericht op transitievraagstukken, en fundamenteel onderzoek.

	Wel een bijdrage aan een duurzame energiehuishouding	Geen bijdrage aan een duurzame energiehuishouding
Nederland heeft internationale toppositie	speerpunten <ul style="list-style-type: none"> • toekomstige gasinzet, • windoffshore en biomassa, • elektriciteits- en gasinfrastructuur, • energiegebruik in energie-intensieve sectoren • energiegebruik in de gebouwde omgeving 	kennisexportthema's
Nederland heeft geen internationale toppositie	kennisimportthema's <ul style="list-style-type: none"> • Schoon fossiel • Zon-pv 	niet relevante thema's inzet van kolen

(3) Aanvulling en verbreding van het instrumentarium

Instrumenten of benaderingen die ook voor milieutechnologie opgang maken zijn o.a. meer vraaggestuurd en TA-onderzoek, 'technology forecasting' en 'technology roadmaps'.

Veel stimuleringsprogramma's op het gebied van technologische ontwikkeling leggen tot op heden de nadruk op ontwikkeling en overdracht van technologische kennis. Om meer aansluiten bij de wensen en behoeften van de gebruikers ervan, ontstaat meer aandacht voor programma's die worden opgezet met een *vraaggerichte invalshoek* als uitgangspunt. Dit betekent dat meer actoren worden toegelaten in het proces van onderzoek en kennisontwikkeling en zoeken naar participatieve onderzoeksvormen. In dit licht vermelden we ook *technologisch aspectenonderzoek* (TA) en het Vlaams Instituut (viWTA) dat terzake recent werd opgericht. Het heeft als taak de verschillende aspecten en gevolgen van de wetenschappelijke en technologische ontwikkeling voor de samenleving te bestuderen, en het maatschappelijke debat daarover in Vlaanderen te bevorderen.

'*Technology forecasting*' of technologieverkenning wordt, ook voor milieu¹⁹¹, meer en meer gebruikt als een hulpmiddel om nieuwe toekomstige technologieën en ontwikkelingen op te sporen en het beleid van zowel bedrijven als overheden daarop af te stemmen (Kader 11). Technologieverkenningen zijn systematische pogingen om te kijken naar de ontwikkeling op langere termijn van wetenschap, technologie, economie en maatschappij, met als doel het identificeren van opkomende nieuwe technologieën. Het zijn geen voorspellingen, maar gefundeerde veronderstellingen die bedrijven en overheid houvast bieden over de richtingen die de ontwikkelingen kunnen uitgaan. Zij stimuleren daardoor ook het strategisch denken. Technologieverkenningen hebben overigens niet alleen een informatieve waarde, maar blijken ook belangrijk te zijn om netwerken en interacties tussen onderzoekers en andere actoren te bevorderen.

Mede op basis van technologieverkenningen wordt in andere landen ook gewerkt aan zgn. '*technology roadmaps*'. Zij geven een samenhangende visie op de ontwikkeling van een bepaald gebied voor de komende 25 jaar en beschrijven de kansen en bedreigingen van technologieën. Verder geven de roadmaps een vertaling van deze ontwikkelingen naar technologische doelen en schetsen ze de weg die leidt tot het bereiken van deze doelen. Ook hier gaat het niet om een keuze door de overheid voor specifieke technologieën, maar om het aangeven van de verwachtingen t.a.v. toekomstige technologische ontwikkelingen.

Kader 11: Technologieverkenning: een voorbeeld uit Vlaanderen (Agoria Vlaanderen, 2002)

In opdracht van Agoria Vlaanderen voerde Incentim – de onderzoeksafdeling van de KULeuven die zich bezig houdt met innovatiemanagement – een technologieverkenning uit voor de volgende 10 à 15 jaar op de domeinen materialen, databeheer, software, mecha(tron)ica, energie en industrie algemeen. Daarbij werd beroep gedaan op recente 'technology forecasting' studies in buurlanden en op de expertise en de toekomstvisies van domeinexperts uit het bedrijfsleven en uit kenniscentra in eigen land. De technologieverkenning wil nieuwe ontwikkelingen en trends identificeren. Voor energie bijvoorbeeld verwacht men zowel voor hernieuwbare energiebronnen als voor traditionele energiebronnen belangrijke technologieverbeteringen (o.a. waterstof in brandstofcellen, fotovoltaïsche zonnecellen, nieuwe en lichtere materialen voor windenergie en getijdenenergie enerzijds, en kernenergie, efficiëntere elektriciteitsnetten, efficiënte en schone kolen-, olie- en gasverbranding, verfijnde technieken (microgasturbines) en nieuwe voorraden voor gas (methaanhydraten onder de oceaanbodem) anderzijds). Enkele belangwekkende ontwikkelingen, technologieën en toepassingen voor milieu en energie die werden geïnventariseerd zijn o.a.

- | | | |
|-----------------|---|---|
| Tegen 2000-2005 | • | Hybride materialen, die polymeren en metalen combineren, breken door. |
| Tegen 2005-2010 | • | Productie in gesloten kringloop beheerst de industriële wereld |
| | • | Introductie van nieuwe materialen gebaseerd op nanotechnologie. |
| | • | Alle (productie)bedrijven hebben in situ installaties voor afvalverwerking. |
| | • | Biologisch afbreekbaar verpakkingsmateriaal raakt wijd verspreid. |
| | • | De uitbouw van controle- en sturingslagen en de inzet van enorme transistoren ('power electronics') maken het elektriciteitsnet almaar intelligenter en daardoor betrouwbaarder en efficiënter. |
| | • | Lineaire motoren vervangen meer dan 50% van de pneumatische en hydraulische systemen in lineair bewegende machines. |
| | • | Courant gebruik van goedkope lithium-polymeer-batterijen in consumenten- en voertuigtoepassingen. |
| | • | LED's vervangen gloeilampen in steeds meer toepassingen, zoals verkeerslichten. |
| Tegen 2010-2015 | • | Geautomatiseerde voertuiggeleiding wordt courant in personenwagenverkeer. |
| | • | Biomaterialen leveren 20% van de chemische grondstoffen en 10% van de kunststoffen op wereldschaal |
| | • | Supergeleidende keramische kabels vervangen koper voor elektriciteitstransmissie. |
| | • | 25% marktaandeel voor biologisch afbreekbare kunststoffen |
| | • | In 25% van de auto's en in de meeste draagbare toestellen zitten brandstofcellen. |
| | • | Windturbines zijn goed voor 15% van de wereldwijde elektriciteitsproductie. |
| Tegen 2015-2020 | • | Nanotechnologie doet zijn intrede in batterijen en batterijladers. |
| | • | De meeste verbrandingsmotoren slaan energie op bij het remmen op de motor. |

(4) Innovatiebeleid als pleitbezorger voor integratie in andere beleidsdomeinen

Net zoals het milieubeleid heeft ook het innovatiebeleid vandaag reeds een horizontale beleidsambitie om via samenwerking met andere beleidsdomeinen haar eigen doelstellingen te realiseren. Het is van belang dat het innovatiebeleid zich ook als pleitbezorger opstelt voor de integratie in andere beleidsdomeinen van de hier ontwikkelde ideeën rond milieugerichte innovaties. Belangrijke beleidsdomeinen in dit verband zijn o.a., naast diegene reeds vermeld bij milieu, onderwijs en arbeidsmarkt.

Daarbij dient te worden samengewerkt met het milieubeleid zodat een *gecoördineerd beleid* kan ontstaan naar de andere beleidsdomeinen toe. Stimulering van milieugerichte technologische innovaties vergt uiteindelijk immers een 'horizontaal beleid' tussen meerdere overheidsdepartementen. De uitdaging bestaat er dus in een geïntegreerde strategie naar de andere beleidsdomeinen toe te ontwikkelen. Coördinatiestructuren tussen beide administraties (milieu en innovatie) zijn daartoe noodzakelijk, maar kunnen slechts goed werken als er overeenstemming bestaat over¹⁹²:

- het opzetten van de beleidsontwikkeling als een leerproces, waarbij experimenten worden gebruikt om nieuw ontwikkelde instrumenten of combinaties van instrumenten te testen op hun effectiviteit als 'change agent';

- het investeren in 'strategische intelligentie' om dit leren te kunnen begeleiden en te verankeren in al zijn fasen (prospectie, beleidsontwikkeling, monitoring, evaluatie);
- het hanteren van 'sociaal procesmanagement' bij dat leren, en dus voor sterke interactie met de actoren die gezamenlijk de uiteindelijke kenmerken van een 'systeem' bepalen.

4.2.3 Transitie management

Het denken in transitie is vernieuwend en ambitieus. Met het aansturen van een transitie gericht op een algemeen doel als duurzaamheid op een bepaald terrein, is in Vlaanderen en ook elders nog geen echte ervaring opgedaan. Bovendien is transitie management geen vast recept. De aanpak staat niet op voorhand vast. Al lerende moeten we ontdekken hoe transitie management vorm kan krijgen: welke rollen heeft de overheid¹⁹³; hoe activeer je het oplossend vermogen in de samenleving; hoe richt je de aanwezige infrastructuur in de samenleving op transitie? ... De concrete acties dienen het resultaat te zijn van leerprocessen, interacties en onderhandelingen tussen maatschappelijke actoren, met ruimte voor flexibiliteit¹⁹⁴. De lange termijnresultaten van transitie management kunnen dus niet van tevoren 'berekend' worden. Wel blijkt op basis van Nederlands en internationaal onderzoek¹⁹⁵ dat o.a. volgende factoren belangrijk zijn:

- Denken in termen van transitie, d.w.z. van samenhang tussen op elkaar inwerkende technologische, institutionele, ruimtelijke en structurele veranderingen (Tabel 20), en dus ook: bevordering van samenwerking tussen beleidsdomeinen;
- Creëren van ruimte voor experimenten met nieuwe technologie en voor het gebruik van nieuwe technologieën in niches ('strategisch niche management', Kader 12);
- Organiseren van netwerken voor lering en interactie (discussiefora, samenwerkingsverbanden, innovatiecoalities, ...) tussen overheid, bedrijfsleven, kennisinstellingen, maatschappelijke organisaties, intermediairs en consumenten/burgers;
- Zoeken van brede maatschappelijke steun voor systeeminnovaties (participatieve beleidsontwikkeling, rol van onderwijs, opdoen van concrete ervaring en successen, ...).

Tabel 20: Denken in samenhangende transitie: voorbeeld transport (Nijkamp e.a., 1998)

Transitie	omschrijving	Aspecten van direct belang voor de transitie (voorbeelden)	Aspecten van indirect belang voor de transitie (voorbeelden)
Technologische verandering	aanpassingen in producten en productie-processen	Voertuigtechnologie Infrastructuurtechnologie Alternatieve brandstoffen	Technologische ontwikkelingen in andere domeinen: dematerialisatie van producten, telecommunicatie, telematica, ...
Institutionele verandering	wijzigingen in het overheidsbeleid, wet- en regelgeving en veranderingen in de besluitvorming in bedrijven	Mobiliteitsbeleid Logistiek beheer in ondernemingen	Beleid en regelgeving op overige domeinen, bv. wetgeving inzake verpakkingafval, recyclage, ...
Ruimtelijke verandering	veranderingen in de locatie en schaal van productie en consumptie	Ruimtelijke planning Locatiebeleid van ondernemingen	Informatisering Globalisering Wijzigingen in handelspatronen en ruimtelijke economische structuur
Structurele verandering	veranderingen in de sectorstructuur en verschuiving in consumptiepatronen	Keuze van vervoersmodi	Levensstijl en houding t.o.v. transportmodi Relatief belang van transportintensieve sectoren

Radicale innovaties worden belemmerd door factoren zoals schaalvoordelen in het bestaande technologisch regime, institutionele en culturele drempels, beperkte informatie, enz. Hierdoor is sprake van padafhankelijkheid in de technologische vooruitgang en lock-in in bestaande technologische regimes. In deze context zijn zgn. niches belangrijk voor transitie. Een niche is een experimenteerterruimte waarin een nieuwe technologie gedeeltelijk en tijdelijk is afgeschermd van de normale selectiedruk van de markt. Hierdoor wordt het leerproces rond een nieuwe technologie vergemakkelijkt, alsook de maatschappelijke inbedding ervan (verspreiding van kennis, aanvaarding door gebruikers, bijeenbrengen van kapitaal, ...). Het daadwerkelijke gebruik van een nieuwe technologie in de praktijk is immers een belangrijke voorwaarde om vooruitgang te boeken, d.w.z. om ervaring op te doen en te leren uit tekortkomingen en uit suggesties van gebruikers. Vanuit een niche kan de technologie zich dus verder ontwikkelen en kunnen nieuwe toepassingen ontstaan. Niches zijn m.a.w. een groeibed voor technieken en een stapsteen zijn voor radicale innovaties en systeemveranderingen. Dit geldt in het bijzonder voor zgn. 'pathway technologies'. Dit zijn technologieën die compatibel zijn met zowel het bestaande als nieuwe technologisch regime en een cascade van innovaties mogelijk maken. Energieopslag is daarvan een voorbeeld. De opslag van energie is belangrijk voor het gebruik van hernieuwbare energiebronnen zoals wind- en zonne-energie waarvan het aanbod fluctueert, maar is ook belangrijk voor het bestaande gecentraliseerde energiesysteem om pieken in de vraag op te vangen. *Strategisch niche management* is dan het gepland creëren en onderhouden (en later het gepland afbouwen) van niches voor nieuwe technische ontwikkelingen, en het linken van experimenten zodat er kan op worden verder gebouwd.

Tevens is consensus gegroeid over een mogelijke werkwijze, die bestaat uit volgende stappen:

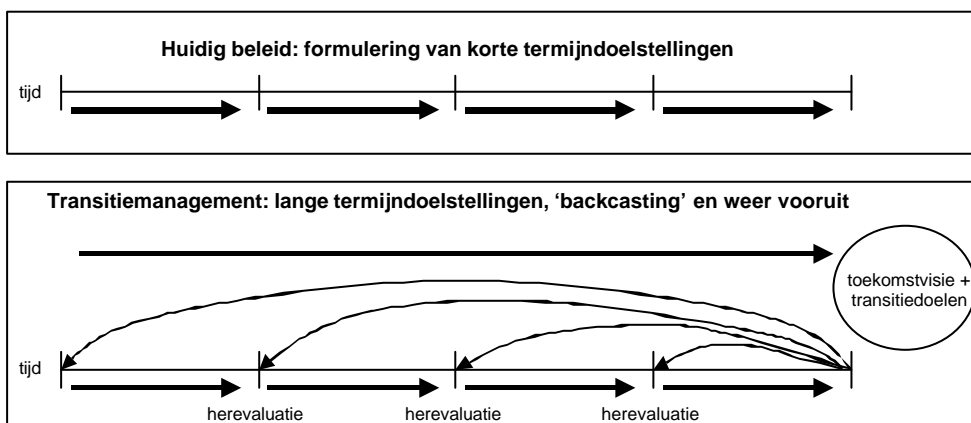
1. *Probleemoriëntatie en inventarisatie van actoren.* Eerst wordt het concrete milieuprobleem verkend, en wordt gekeken in welke richting oplossingen kunnen worden gezocht. Tegelijk brengt men in kaart wie betrokken moet worden bij de probleemformulering en bij de volgende stappen in het proces. In ieder geval gaat het om sleutelfiguren en opinieleiders uit de vierhoek overheid, kennisinstellingen, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties. Ook hun belangen, behoeften, visies, mogelijke inbreng en 'hindermacht' worden bekeken.
2. *Ontwikkeling van toekomstbeelden en transitiedoelen.* Vervolgens wordt een streefbeeld ontwikkeld voor de toekomst op voldoende lange termijn (25 jaar of meer), waaraan transitiedoelen worden gekoppeld. Het gaat daarbij niet om kwantitatieve doelstellingen zoals we die vandaag kennen (bv. bepaald percentage emissiereductie), maar om kwalitatieve totaalbeelden voor een bepaald terrein die fungeren als oriëntatiepunt voor het beleid op kortere termijn. Belangrijk daarbij is dat in deze fase niet vanuit de techniek een bepaalde oplossingsrichting wordt voorgeschreven. Men denkt eerder in termen van *functievervulling*, waardoor men zekerder is dat het beleid op essentiële, blijvende zaken is gericht: mensen hebben geen behoefte aan kilowatturen stroom maar aan licht, geen behoefte aan gas maar aan warmte, enz. Men vraagt zich dus eerst af welke menselijke en maatschappelijke behoeften er zijn, en of dit blijvende behoeften zijn. Pas nadien is het de vraag welke technologieën kunnen of zouden moeten worden gebruikt bij het vervullen van die behoeften¹⁹⁶. Denken in termen van functievervulling laat ook toe dat mensen loskomen van het heden (bv. van de fysieke beperkingen van de huidige infrastructuur) en van korte termijn belangen, en stimuleert de verbeeldingskracht en creativiteit¹⁹⁷.
3. *Bepalen van interimdoelstellingen.* Voor de realisatie van de ontwikkelde toekomstbeelden zullen trendbreuken en interventies nodig zijn. Door interimdoelstellingen te bepalen, kan een brug worden gelegd tussen het lange termijn streefbeeld en korte termijn acties. Interimdoelstellingen zijn doelstellingen voor de kortere termijn (bv. 5 jaar). Zij kunnen kwantitatief worden geformuleerd zoals de huidige milieudoelstellingen, maar er zijn twee belangrijke verschillen. Ten eerste worden bij transitie management de interimdoelstellingen afgeleid van de lange termijn transitiedoelen, via een proces dat 'backcasting' noemt¹⁹⁸. Zij komen niet tot stand via het doortrekken en periodiek verscherpen van het bestaande beleid in de toekomst¹⁹⁹, maar via het 'terugredeneren' vanuit het toekomstbeeld²⁰⁰ (Figuur 19). Ten tweede worden interimdoelstellingen ook geformuleerd onder de

vorm van procesdoelstellingen (kwaliteit van het transitieproces, gedrag en perspectieven van de verschillende actoren, ...) en leerdoelstellingen (wat werd er geleerd uit experimenten; welke opties werden open gehouden? ...).

4. *selectie van projecten.* Vervolgens worden projecten afbakenend op het gebied van duurzame technologische ontwikkeling, samen met de beoogde resultaten. De vorm kan per project verschillen. Het kan gaan om onderzoeksprojecten, communicatie- en demonstratieprojecten, invoeringsprojecten enz. Projecten met bijhorende beleidsmaatregelen worden niet alleen gekozen en beoordeeld op grond van hun bijdrage tot de transitiedoelen, maar ook op basis van hun bijdrage tot het transitieproces. Daarbij zijn de mogelijkheid van leereffecten, het openhouden van verschillende technologische opties en institutionele verandering belangrijke criteria.

5. *Periodieke evaluatie, gericht op bijleren.* Tot slot maakt transitie management gebruik gemaakt van periodieke evaluatierondes, die de realisaties in termen van milieuresultaten, dynamiek van het transitieproces en toegevoegde ervaring en kennis bekijken. De evaluaties zijn geen moment waarop het beleid wordt 'afgerekend' (of beleidsmakers worden 'afgemaakt'), maar zijn in de eerste plaats gericht op bijleren: waarom precies werden interimdoelstellingen al dan niet gerealiseerd; hoe beoordelen de actoren het proces; op welke momenten en op welke manier werd het meest geleerd; en wat betekent dit alles voor het toekomstige beleid; moeten er andere actoren worden betrokken; moeten andere vormen van participatie worden uitprobeernd; moeten de transitiedoelen worden herbekeken ... ? Na elke evaluatieronde worden zo nodig de ingezette maatregelen en doelen bijgesteld.

Figuur 19: Bepaling van doelstellingen: huidig milieubeleid en transitiebeleid vergeleken (Kemp, 2002)



Vooraf in Nederland is intussen enige ervaring opgedaan met deze werkwijze²⁰¹ (Kader 13, Kader 14). Daaruit blijkt dat in principe vooraf geen uitgebreid onderzoek nodig is om transitiebeleid in gang te zetten. Het is een kwestie van 'gewoon doen'. Toch kan men bij de toepassing van deze aanpak in Vlaanderen baat hebben bij een meer uitvoerige bestudering van de Nederlandse ervaringen (die overigens geen onverdeeld succes blijken te zijn²⁰²) en bij de inzichten die op basis van onderzoek verkregen kunnen worden²⁰³.

Kader 13: Het Nederlandse DTO-programma

De in de hoofdtekst beschreven aanpak is in Nederland gevolgd door het interdepartementaal onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling dat liep van 1993 tot 1997. Het doel van het DTO-programma was om trekkers van technologieontwikkeling (bij technologische instituten, bedrijven en universiteiten) ervan te overtuigen dat het wenselijk is om duurzame ontwikkeling als leidraad te nemen bij (technologisch) onderzoek en ontwikkeling. Een ander doel was beleidsmakers te overtuigen van de noodzaak van de ontwikkeling van duurzame technologie en hen te laten zien hoe dergelijke ontwikkeling daadwerkelijk ter hand kan worden genomen en welke (beleids)voorwaarden daarvoor nodig zijn. Er werden 14 experimentele projecten uitgevoerd, zgn. illustratieprocessen, waarin is nagegaan of en hoe innovatieprocessen kunnen worden ingeleid en onderhouden die leiden tot de systeemvernieuwingen die voor een duurzame ontwikkeling nodig zijn. Deze illustratieprocessen vonden plaats op het gebied van de menselijke behoeften voeden, verplaatsen, huisvesten, water en chemie. Het ging concreet om duurzaam multifunctioneel landgebruik (Voeden), High-tech agroproductie (Voeden), Integrale gewasbenutting (Voeden, daarna Chemie), Nieuwe eiwit-voedingsmiddelen (Voeden), Ondergrondse buisleiding transport (Verplaatsen), Geautomatiseerde vraag-aanbod afhandeling (Verplaatsen), Elektrische hybride aandrijving (Verplaatsen), Waterstofcellen in mobiele toepassing (Verplaatsen), Mainport Rotterdam (Verplaatsen), Duurzame wijkvernieuwing in Rotterdam (Huisvesten), Duurzaam kantoorgebouw (Huisvesten), Duurzame chemische ontwikkeling (Chemie), Geïntegreerde waterketen in landelijk gebied (Water) en Duurzaam wassen (Water). Het DTO-programma werd opgevolgd door het DTO-KOV-programma vervolprogramma Kennis-Overdracht en Verankering, met als doel het bruikbaar maken en overdragen van de opgedane kennis en ervaring van de DTO aanpak via het reguliere onderwijs en via projecten in de praktijk. In uitvoering van het nieuwe milieubeleidsplan (NMP4) zal transitiebeleid concreet worden uitgewerkt voor de thema's biodiversiteit, klimaatverandering en natuurlijke hulpbronnen.

Kader 14: Een voorbeeld van de transitie-aanpak samengevat: duurzame vervoerssystemen in het Nederlandse DTO-programma (Coenen, 2000)

Toekomstbeeld: De behoefte van de mensen aan bewegingsvrijheid blijft gelijk aan die van nu. Vervoersvraag en -aanbod zullen echter op elkaar afgestemd zijn door een integratie van vervoer en ICT. Bovendien is de verplaatsingsbehoefte gelijkmatiger verdeeld. Openbaar vervoer en privévervoer groeien naar elkaar toe. De milieuvoordelen van openbaar vervoer worden gecombineerd met de grotere bewegingsvrijheid van een eigen auto in een soort hybride vervoersvorm. Het goederenvervoer zal veel efficiënter plaatsvinden ook dankzij de integratie van vervoer en ICT en het gebruik van ondergrondse buisleidingen transport. Om dit toekomstbeeld waar te maken heeft men een aantal bouwstenen gesignaleerd, die nader werden uitgewerkt in vier illustratieprocessen:

- *Ondergrondse buisleiding transport:* Binnen dit illustratieproces draaide het in feite om het ruimere logistiek principe van bundeling van goederendistributie. Dit principe werd uitgewerkt voor een denkbeeldige middelgrote stad voor stedelijke distributie. Het toekomstige vervoerssysteem werd opgebouwd uit een drietal elementen: een logistiek stadspark (een stedelijk distributiecentrum aan de rand van de stad waar goederen voor de stad centraal ontvangen, gebundeld en klaargemaakt voor vervoer de stad in) een stelsel van ondergrondse buisleidingen (voor vervoer van goederen in automatisch geleide ladingdragers) en wijkdistributiewinkels (laad – en lospunten op verschillende plaatsen in de stad). Uit het onderzoek bleek dat het energiegebruik, de schadelijke emissies en de verkeersonveiligheid drastisch afnemen en er verschillende logistieke voordelen zijn (bundeling van vrachten, opheffen van leegvervoer omdat retourverpakkingen, afval ed. ook door de vervoerssystemen worden verzekerd, ...). Verder bleek dat er technologisch weinig belemmeringen bestonden. Op korte termijn zou het mogelijk zijn de stadsparken en wijkdistributiewinkels op te zetten. Introductie van een buizenstelsel vergt meer tijd om de benodigde infrastructuur aan te leggen en te beheren. In de eindrapportage zijn de hoofdlijnen van een mogelijk ontwikkelingsplan geschetst en toegelicht en worden acties voor de korte termijn geïdentificeerd. Het illustratieproces wordt verder uitgewerkt teneinde de concepten toe te passen binnen concrete steden als Leiden, Utrecht, Arnhem en Nijmegen.
- *Geautomatiseerde vraag-aanbod afhandeling:* In dit illustratieproces is een ontwikkelingstraject geschetst voor een geautomatiseerde informatieuitwisseling tussen aanbieders en vragers van vervoer en toegepast voor (individueel) openbaar vervoer. Daarbij worden drie soorten informatie door het informatiesysteem verwerkt en op elkaar afgestemd: informatie over het aanbod (voertuigen en infrastructuur), informatie over de vraag (wie, wanneer, waarheen en hoe) en informatie over de omstandigheden en omgeving (stremmingen, weeromstandigheden). De reiziger kan via het systeem op ieder moment zijn behoefte aan verplaatsing duidelijk maken, waarna het systeem een of meerdere vervoersmogelijkheden aangeeft die specifiek inspelen op de wensen van de consument. De technologie voor een dergelijk vervoersvraagstelsel is reeds beschikbaar, maar dient nog verder uitgewerkt en geïntegreerd te worden. Om alle benodigde technologieën uit te ontwikkelen en te integreren in een complete dynamische en operationele systeem zou 10 tot 30 dertig jaar nodig zijn. Er werd geen vervolproject aan het illustratieproject gekoppeld.
- *Elektrische hybride aandrijving:* Onder elektrisch hybride aandrijving verstaat men een aandrijfsysteem voor een voertuig waarbij het gebruik van een elektromotor en gasturbine worden gecombineerd. Elektrisch hybride aandrijving biedt een aantal voordelen boven conventionele aandrijving via een verbrandingsmotor (lagere emissies en brandstofverbruik). In het illustratieproces is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd voor het openbaar stadsvervoer. De belangrijkste conclusies was dat op dit moment gasturbines te groot en te duur zijn voor toepassing in wegvoertuigen. Verwacht wordt wel dat ontwikkelingen binnen de transportindustrie zullen leiden tot betere gasturbines en betere productiemethoden waardoor de kostprijs aanzienlijk zal dalen. In de eindrapportage zijn

aanbevelingen gedaan op technisch en economisch gebied, die nodig worden geacht om hybride aandrijving met gasturbines verder te ontwikkelen. Het illustratieproces heeft mee geleid tot het 'Fileas project' in Eindhoven dat zich bezig houdt met het ontwerp voor bussen met elektrische hybride aandrijving.

- *Waterstof voor mobiele toepassingen.* Waterstof in vloeibare vorm is een schone en stille brandstof met een hoge energieinhoud, die kan worden benut in een brandstofcel. Daar wordt waterstof met zuurstof verbonden tot gewoon water en komt energie vrij in de vorm van elektriciteit. In het illustratieproces is een voorontwerp gemaakt voor de toepassing van een brandstofcel in een boot, maar bleek dat dit op korte termijn niet haalbaar is vanwege de kosten en afmetingen van de huidige generatie brandstofcellen. Wel heeft men met dit illustratieproces nuttige ervaring opgedaan met de toepassing van brandstofcellen werkend op waterstof. Er werd geen vervolproject aan het illustratieproject gekoppeld.

4.3 *Besluit*

De ervaring met en wetenschappelijke literatuur over stimulering van milieugerichte technologische innovaties en in het bijzonder van systeeminnovaties is nog heel beperkt. Ook de Vlaamse beperkingen en marges zijn nog onvoldoende uitgeklaard. Er is dan ook grote nood aan meer onderzoek, experimenten, benchmarking en debat. Met de formulering van enkele mogelijke bouwstenen en instrumenten voor een beleid ter bevordering van milieugerichte technologische innovaties hebben we een eerste aanzet willen geven. De ontwikkelde ideeën zijn dan ook niet bedoeld als eindpunt, maar als vertrekpunt voor verder overleg en discussie.

De kern is dat het milieubeleid een 'innovatietoets' zou moeten ondergaan, en omgekeerd het innovatiebeleid een 'milieutoets', maar ook dat het milieubeleid actief moet bijdragen tot innovatiedoelstellingen, en omgekeerd. Uit de analyse blijkt immers dat het milieu- en innovatiebeleid veel gemeen hebben en elkaars doelstellingen kunnen versterken. Een huwelijk zal echter nog niet onmiddellijk kunnen plaatsvinden. Daarvoor is de huissstijl van beide partijen vandaag nog te verschillend.

Eerst zullen het milieubeleid en het innovatiebeleid elk voor zich maatregelen moeten nemen. Dit vereist dat het milieu- en innovatiebeleid expliciet (in plaats van impliciet) begaan zijn met het bevorderen van milieugerichte technologische innovaties, en daartoe hun huishouding aanpassen.

Ten tweede kunnen beide partijen dichter bij mekaar worden gebracht via gezamenlijke maatregelen en projecten die uitgaan van de synergie tussen milieu- en innovatiemaatregelen. Dit betekent een gerichte combinatie van initiatieven over beide beleidsdomeinen heen voor het vergroten van de vraag (de prikkel), het aanbod (de mogelijkheid) en de informatie over vraag en aanbod (de kennis) om te innoveren.

Ten derde kan worden samengewerkt rond transitie management voor de lange termijn. De ervaring daarmee is nog heel beperkt, maar in principe is geen uitgebreid onderzoek nodig om transitiebeleid in gang te zetten. Het is een kwestie van gewoon doen en leren.

Tot slot stimulering van milieugerichte technologische innovaties vergt uiteindelijk vooral een 'horizontaal beleid' tussen meerdere overheidsdepartementen. Zowel het milieubeleid als het innovatiebeleid hebben op zichzelf al een horizontale beleidsambitie. Zij hebben met vele andere departementen te maken als kritische succesfactoren voor hun eigen strategische doelstellingen. De uitdaging bestaat er bijgevolg in om voor milieu-innovaties een geïntegreerde strategie naar de

andere beleidsdomeinen toe te ontwikkelen. De daartoe noodzakelijke coördinatiestructuren tussen het milieubeleid en het innovatiebeleid kunnen slechts goed werken als bij beide partijen overeenstemming bestaat over het opzetten van de beleidsontwikkeling als een leerproces, het investeren in mensen en middelen om dit leren te begeleiden en te verankeren en het organiseren van een sterke interactie met de actoren die gezamenlijk de voorwaarden voor radicale milieugerichte technologische innovaties moeten vervullen.

5. EPILOOG

Deze discussienota is geen eindpunt, maar een vertrekpunt voor verder overleg en debat. Op basis van schriftelijke opmerkingen en van gesprekken die de SERV hierover zal organiseren, willen we de ideeën in deze nota aanpassen en vervolledigen. Maar vooral willen we weten of ze gedragen worden. Dat is niet evident. Het vergt immers de bereidheid van bedrijven en hun organisaties om een dynamische, pro-actieve houding aan te nemen en niet-duurzame productie- en dienstensectoren om te vormen, van werknemers en hun organisaties om structurele verschuivingen in de samenstelling van de economie te aanvaarden en goed te begeleiden, van milieuverenigingen om de technologische ontwikkeling meer te zien als een oplossing voor milieuproblemen in plaats van als een deel van het probleem, van overheden om bestaande gebruiken en regels te herbekijken en verticale bevoegdheden te doorbreken, en van de politiek om incrementele milieuresultaten op korte termijn te ruilen voor radicale milieuverbeteringen op iets langere termijn. Het is dan ook de vraag of in Vlaanderen een voldoende kritische massa, een 'winnende coalitie' kan worden gevonden om de ideeën in deze nota ingang te doen vinden. Alle opmerkingen zijn dus welkom.

6. REFERENTIES

- Aarts, W. (1998). Een handreiking voor Duurzame Technologische Ontwikkeling, werkdocument DTO-KOV003, Leiden.
- Aarts, W. (1997). Voorbeelden van duurzame technologische ontwikkeling beschreven. Beschrijvingen van zoekprocessen uit het interdepartementaal onderzoekprogramma DTO 1993 – 1997. Delft.
- Agoria Vlaanderen (2002). Technologie overmorgen. Een verkenning van de mogelijke technologische doorbraken binnen vijf, tien en vijftien jaar. Agoria/INCENTIM Internationaal onderzoekscentrum voor ondernemerschap
- Anderson, D., C. Clark, e.a. (2002). Innovation and the Environment: Challenges & Policy Options for the UK. Final report from workshops sponsored by the Economic & Social Science Research Council's Global Environmental Change Programme. Imperial College Centre for Energy Policy and Technology & the Fabian Society. Cheltenham, U.K.
- Anderson, Dennis (2000). Technical Progress and Climate Change: The Case for a Technology Policy. Imperial College of Science, Technology and Medicine Working Paper. London.
- Anderson, K. (2001). Reconciling the electricity industry with sustainable development: backcasting – a strategic alternative. In: Futures. nr. 33. pp. 607-623.
- Arnold, Erik and Ptries Boekholt (2002). Measuring 'relative effectiveness': can we compare innovation policy instruments? In Ptries Boekholt (ed.) Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme. IWT, Brussel.
- Arrow, Kenneth (1962), "The Economic Implications of Learning by Doing", Review of Economic Studies 29, pp. 155-173.
- Ashford, N. (1994). An Innovation-Based Strategy for the Environment. In: Finkel, A. and D. Golding (Eds.) Worst things first? The debate over risk-based national environmental priorities. Washington, D.C., Resources for the Future.
- Ashford, N. (2000). An Innovation-Based Strategy for a Sustainable Environment. in J. Hemmelskamp e.a. (ed.). Innovation-oriented environmental regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis. ZEW Economic Studies, No. 10, Mannheim.
- Ashford, N., C Ayers and R. Stone (1985). "Using Regulation to Change the Market for Innovation". Harvard Env. Law Rev., 1985, pp. 419-66
- Ausubel, J.H. (1989). Regularities in Technological Development. An Environmental View. In Ausubel, J.H., en H.E. Sladovich (ed), Technology and environment, Washington, National Academy Press.
- Ayres, R.U. (1989). Industrial Metabolism. In Ausubel, J.H., en H.E. Sladovich (ed), Technology and environment, Washington, National Academy Press.
- Ayres, R.U. (2000). On Green Technology: A framework for Evaluation. in J. Hemmelskamp e.a. (ed.). Innovation-oriented environmental regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis. ZEW Economic Studies, No. 10, Mannheim.
- Barré, Remi (2002). Foresight and their themes: analysis, typology and perspectives. In "The role of foresight in the selection of research policy priorities". Seville 13-14 may 2002.
- Barro, R. and X. Sala I Martin (1995), Economic Growth, McGraw Hill, New York.
- Baumol, W.J. (1995), 'Environmental industries with substantial startup costs as contributors to trade competitiveness', Annual Review of Energy and the Environment, vol.20, p.71-81.
- Birol, F. and J. Keppler (2000), "Technology, Prices and Energy Efficiency", STI Review, No. 25,

- Boekholt, Patries (2002). Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Towards Policy Integration. In Patries Boekholt (ed.) Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme. IWT, Brussel.
- Bollen, Annemie en Peter Van Humbeeck (2002). Klimaatverandering en klimaatbeleid: een leidraad. Academia Press, Gent.
- Boulding, Kenneth (1966). General systems theory: the skeleton of science. General systems. Yearbook of the Society for the Advancement of General Systems Theory.
- Bourdeaud'hui, Ria (1998). Product- en diensteninnovativiteit van Vlaamse ondernemingen. Enquêteresultaten 1997. VTO-studies nr. 16, Brussel.
- Burtraw, Dallas (2000). Innovation under the Tradeable Sulphur Dioxide Emission Permits Programme in the US Electricity Sector, in OECD. Innovation and the Environment, OECD, Paris.
- Carraro, Carlo (2000). Environmental Technological Innovation and Diffusion: Model Analysis. in J. Hemmelskamp e.a. (ed.). Innovation-oriented environmental regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis. ZEW Economic Studies, No. 10, Mannheim.
- CBS (2002). Kennis en economie 2001 Onderzoek en innovatie in Nederland. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Cervantes Mario (1998). Public/private partnerships in science and technology: an overview. STI Review, No. 23.
- Clarysse, Bart, e.a. (2000). De relatie tussen subsidies, regelgeving en innovatie herbekeken : een analyse van Vlaamse innovatieve ondernemingen in technologie gerelateerde sectoren. Universiteit Gent.
- Clayton, Anthony, Graham Spinardi and Robin Williams (1999). Policies for Cleaner Technology. A New Agenda for Government and Industry. Earthscan, London.
- Coenen, Lars (2000). DTO Illustratieprocessen, wordt vervolgd...? Onderzoek naar vervoltrajecten op de Illustratieprocessen van het interdepartementaal onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (1993-1997). DTO-KOV, Delft.
- Commoner, B. (1971). The Closing Circle. Knopf, New York, NY.
- Costanza, R., C. Perrings and C.J. Cleveland ed. (1997). The development of ecological economics. Cheltenham/Brookfield, Edgard Elgar.
- CPB (2000). Naar een efficiënter milieubeleid: een maatschappelijk-economische analyse van vier hardnekkige milieuproblemen. Centraal Planbureau, Den Haag.
- Cramer, J. (1998). Eco-efficiëntieverhoging met een factor 4 bezien van de industriële praktijk. 'Factor 4', meer doen met minder. Essays en verslag van de conferentie. Rijswijk, RMNO, nummer 134.
- Cramer, J., J. Schot, F. van den Akker, and G. Maas Geesteranus (1990). "Stimulating Cleaner Technologies through Economic Instruments; Possibilities and Constraints", UNEP Industry and Environment Review, 13(2), 46-53.
- Cyert, R. en March, J. (1963). A Behavioral Theory of the Firm, Prentice Hall, London.
- Daly, H.E. (1968). On Economics as a Life Science. In Journal of Political Economy. No 76, p. 392-406.
- Daly, H.E. (1991). Steady-State Economics, San Francisco, Freeman & Co.; 2 nd . eds, Washington, D.C., Island Press.
- Daly, H.E. (1999). Ecological Economics and the ecology of economics. Essays in criticism. Edward Elgar, Cheltenham, UK.

- David, P., B. Hall and A. Toole (2000). Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. *Research Policy* 29:497-529
- de Beer, J. e.a. (2000). Effectiviteit van energiesubsidies. Onderzoek naar de effectiviteit van enkele subsidies en fiscale regelingen in de periode 1988-1999. Ecofys, Utrecht.
- De Groot, Henri, Peter Mulder and Daan van Soest (2001). Subsidizing the Adoption of Energy-Saving Technologies Analyzing the Impact of Uncertainty, Learning and Maturation. Research Memorandum 0201 OCFEB.
- De Jong, M. and K. van de Ven (1985). "Milieu-innovaties in kleine ondernemingen", publicatierreeks Milieubeheer 21, VROM.
- Dearing, Andrew (2000a). Sustainable Innovation: Drivers and Barriers. In OECD. Innovation and the environment. OECD, Paris.
- Dearing, Andrew (2000b). Technology co-operation for sustainable development. *STI Review*, No. 25.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy* 6, pp. 147-162.
- Dosi, G. (1984). *Technical Change and Industrial Transformation*. Macmillan, London.
- Downing, P.B. en White, L.J. (1986), "Innovation in pollution control", *Journal of Environmental Economics and Management* 13, pp. 18-29.
- Durlauf, S. and D. Quah (1998), "The New Empirics of Economic Growth", Working Paper 6422, National Bureau of Economic Research, Washington, DC.
- Ecotec (2002). Analysis of the EU Eco-Industries, their Employment and Export Potential. A Final Report to DG. Ecotec Environment Research & Consulting Limited
- Ehrlich, P en A. Ehrlich (1972). *Population, environment, resources*. Freeman, San Fransico, CA.
- Environmental Law Institute (1999). White Paper: innovation, cost and environmental regulation: perspectives on business, policy and legal factors affecting the cost of compliance. Proceedings of the Conference on Cost, Innovation and Environmental Regulation: A Research and Policy Update. Environmental Law Institute, Washington, D.C.
- Eppel, S. (2000). Government purchasing of climate-friendly technologies. *STI Review*, No. 25.
- Europese Commissie (2000a). Innovatie in een kenniseconomie. COM (2000) 567, CEC, Brussel.
- Europese Commissie (2000b). Statistics on Innovation in Europe. CEC, Brussel.
- Europese Commissie (2002a). Milieutechnologie voor duurzame ontwikkeling. CEC, Brussel.
- Europese Commissie (2002b). De strategie van Lissabon - de veranderingen verwerkelijken. COM (2002) 14. CEC, Brussel.
- Faucheux Sylvie (2000). Environmental Policy and Technological Change : Towards deliberative governance. in J. Hemmelskamp e.a. (ed.). *Innovation-oriented environmental regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis*. ZEW Economic Studies, No. 10, Mannheim.
- Feess, Eberhard en Gerd Muehlheusser (2002). Strategic Environmental Policy, Clean Technologies and the Learning Curve. *Environmental and Resource Economics*, 23 (2): 149-166.
- Fenerol, Claudia (2000). Industrial Reporting on Environmental Pollutants. *STI Review*, No. 25.
- Fischer, C., I.W.H. Parry, and W.A. Pizer (1998), "Instrument Choice for Environmental Protection When Technological Innovation is Endogenous", *Resources for the Future Discussion Paper 99-04*, Washington, D.C.
- Freeman, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, Pinter Publishers, London.
- Freeman, C. and L. Soete (1997), *The Economics of Industrial Innovation*. 3rd Edition, Pinter, London and Washington.

- Fukasaku, Yukiko (1998). Public/private partnerships for developing environmental technologies. STI Review, No. 23.
- Fukasaku, Yukiko (2000a). Stimulating Environmental Innovation. STI Review, No. 25.
- Fukasaku, Yukiko (2000b). Innovation for Environmental Sustainability: A Background. In OECD. Innovation and the environment. OECD, Paris.
- Gabel, H. en Sinclair-Desgaigné, B. (1995). "Corporate responses to environmental concerns", in H. Folmer, H. Gabel and H. Opschoor (eds.), Principles of Environmental and Resource Economics, Edward Elgar, Aldershot, pp. 389-412.
- Geels, F. (1999). "Sociotechnical Scenarios as a Tool for Reflexive Technology Policies", paper presented at the 4S Conference, 28-31 October, San Diego.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). The Entropy Law and the Economic Process, Cambridge, Harvard University Press.
- Georghiou, Luke (2002). Impact and additionality of innovation policy. In Patries Boekholt (Ed.) Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme. IWT, Brussel.
- GOM (2002). Steunmaatregelen voor milieu-investeringen en energiebesparende investeringen. Gewestelijke Ontwikkelingsmaatschappij Vlaanderen.
- Gray, W.B. and R.J. Shadbegian (1998), "Environmental Regulation, Investment Timing, and Technology Choice", Journal of Industrial Economics 46:235-256.
- Grossman, G., and Kreuger, A. (1993). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement, The U.S. Mexico Free Trade Agreement
- Grubb, Michael, Jonathan Koehler, Dennis Anderson (2002). Technical Change and Energy/Environmental Modelling. In OECD. Technology Policy and the Environment.
- Guellec Dominique and Bruno Van Pottelsberghe (2000). The Impact Of Public R&D Expenditure On Business R&D. STI working papers 2000/4
- Guy, Ken (2002). Innovation and environmental policies for sustainable development. In Patries Boekholt (Ed.) Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme, IWT, Brussel.
- Guy, Ken, John Clark and James Stroyan (1998). Characterising participation in European advanced technology programmes. STI Review, No. 23.
- Harbaugh, William, Arik Levinson, David Wilson (2000). Reexamining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve. National Bureau of Economic Research. Working Paper 7711.
- Hartje, V. en R. Lurie (1985), Research and development incentives for Pollution Control Technologies. International Institute for Environment and Society, Wissenschaftszentrum Berlin.
- Hassett, K.A. and G.E. Metcalf (1995), "Energy Tax Credits and Residential Conservation Investment: Evidence from Panel Data", Journal of Public Economics 57:201-217.
- Heaton, G. (1999). Environmental Policies: technology effects. In OECD. Technology and the environment: Towards policy integration. OECD, Paris.
- Heaton, G. (2000). Verifying new environmental technologies. STI Review, No. 25.
- Heaton, G. (2002). Policies for innovation and the environment: towards an arranged marriage. in Patries Boekholt (Ed.) Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme. IWT, Brussel.
- Holm, Jesper, Ole Erik Hansen, Bent Søndergård (2002). Green innovation. In Patries Boekholt (Ed.) Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme. IWT, Brussel.

- Honig E., A. Hanemaaijer A., R. Engelen, A. Dekkers, A. Thomas (2000). Techno 2000: Modelling van de daling van Milieukosten van technologieën in de tijd. RIVM, Rijswijk.
- IEA (2000). Experience Curves for Energy Technology Policy. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2001a). Energy Policies in IEA Countries. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2001b). Energy Policies in IEA countries. Review Belgium. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2002). Energy technology and climate change: A Call to Action. International Energy Agency. Paris.
- IPCC (2001) Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- IWT (2002a). Handleiding bij het aanvragen van specifieke steunmaatregelen voor projecten gericht op een bijdrage tot duurzame technologischeontwikkeling (DTO). IWT, Brussel.
- IWT (2002b). Voorstel van steunregeling voor projecten gericht op een bijdrage tot duurzame technologische ontwikkeling (DTO). Bijlage 2: Kwantitatieve analyse van de IWT -portfolio m.b.t. DTO. IWT, Brussel.
- Jaffe, A.B and R.N. Stavins (1995). "Dynamic incentives of environmental regulations: The effects of alternative policy instruments on technology diffusion", *Journal of Environmental Economics and Management* 29, pp. 43-63.
- Jaffe, A.B. and R.N. Stavins (1990). Evaluating the relative effectiveness of economic incentives and direct regulation for environmental protection: impacts on the diffusion of technology. WRI/OECD, Annapolis, Maryland/Paris.
- Jaffe, A.B. and R.N. Stavins (1994). The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology. *Resource and Energy Economics* 16: 91-122.
- Jaffe, Adam B., Richard G. Newell and Robert N. Stavins (2002). Environmental Policy and Technological Change. *Nota Di Lavoro*, FEEM, Venice
- Jänicke, M, J. Blazejczak, D. Edler, and J. Hemmelskamp (2000), Environmental Policy and Innovation: An International Comparison of Policy Frameworks and Innovation Effects. In J. Hemmelskamp e.a. (ed.). *Innovation-oriented environmental regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis*. ZEW Economic Studies, No. 10, Mannheim.
- Jansen, J.L.A. (1994). The environment: towards a sustainable future. Kluwer academic publishers, Dordrecht.
- Janssens, W., S. Suetens en W. Meeusen (2000). Econometrische Evaluatie aan de hand van Micro-economische Gegevens van de Gerichtheid en de Doelmatigheid van Subsidies aan Bedrijven in het kader van het Technologiebeleid van de Vlaamse Regering, eindrapport in het kader van het gelijknamige PBO/97 project, UA, Antwerpen.
- Juma, C. and M. Sagoff (1992). Policies for Technology. In *An Agenda of science for environment and development into the 21st century*. International Council of Scientific Unions.
- Kemp René, Peter Mulder en Carl Reschke (1999a). Evolutionary Theorising on Technological Change and Sustainable Development. OCFEB Research Memorandum 9912, 'Environmental Policy, Economic Reform and Endogenous Technology', Working Paper Series 2.
- Kemp, R. (1997). Environmental Policy and Technical Change. A comparison of the technological impact of policy instruments. Cheltenham UK: Edward Elgar.
- Kemp, R., X. Olshoorn, F. Oosterhuis en H. Verbruggen (1994). Policy Instruments to Stimulate Cleaner Technologies. In J.B. Opschoor and R.K. Turner (Eds). *Economic Incentives and environmental policies: principles and practice*. Kluwer Academic Publishers.
- Kemp, René (1999b). Governance of technical change — the example of environmental policy An internal discussion note for PRET project. MERIT, Maastricht.

- Kemp, René (2000a). Technology and Environmental Policy – Innovation effects of past policies and suggestions for improvement. In OECD. *Innovation and the Environment*, OECD, Paris.
- Kemp, René (2002). An integrated policy for innovation for the environment. In Patries Boekholt (Ed.) *Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme*, IWT, Brussel.
- Kemp, René, Keith Smith and Gerhard Becher (2000b). How should we study the relationship between environmental regulation and innovation? in J. Hemmelskamp e.a. (ed.). *Innovation-oriented environmental regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis*. ZEW Economic Studies, No. 10, Mannheim.
- Klemmer, P. (1999). *Innovation Effects of Environmental Policy Instruments*. Analytica, Berlin.
- Kneese, A. and C. Schultze (1975). *Pollution, Prices, and Public Policy*. Brookings Institution, Washington, D.C.
- Langeweg, F., Hilderink en R. Maas (2000). *Urbanisation, Industrialisation and Sustainable Development*. Global Dynamics and Sustainable Development Programme. *Globo Report Series no. 27*. Bilhoven, RIVM.
- Larosse, Jan (1997). *Het Vlaams innovatie Systeem. Een nieuw statistisch kader voor het innovatie- en technologiebeleid*. IWT observatorium, Brussel.
- Leroy, Pieter, Ilse Loots e.a. (2002). *Meerjarenplan van het Steunpunt Milieubeleidswetenschappen*. Universiteit Antwerpen, Wilrijk.
- Lindblom, C. (1959). "The science of 'Muddling Through'" *Public Administration Review* XIX: 79–89.
- Löschel, Andreas (2002). Technological change in economic models of environmental policy: a survey. *Ecological Economics*, vol. 43, p 105-126.
- Manne, Alan S. and Richard G. Richels. *The Impact of Learning-By-Doing on the Timing and Costs of CO₂ Abatement* Working Paper 02-8. AEI-Brookings joint center for regulatory studies, Washington D.C.
- Meeusen, Wim en Wim Janssens (2000). 'Additionaliteit'- versus 'substitutie'-effecten van overheidssteun aan O&O in bedrijven in Vlaanderen: een econometrische analyse aangevuld met de resultaten van een kwalitatieve bevraging. IWT -bservatorium, Brussel.
- Meynaerts, Erika, Peter Vercaemst, Sara Ochelen (2002). *Achtergronddocument Milieukostenmodel*. Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, Mol.
- MEZ (2002). *EOS energie onderzoek strategie*. Minister van Economische Zaken. Den Haag.
- Ministerie van de Vlaamse gemeenschap (1999). *Vlaams indicatorenboek wetenschap, innovatie, technologie*. Brussel.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2002). *Ontwerp Milieubeleidsplan 2003-2007*. GMO, Brussel.
- MIRA-T 2002. *Milieu- en Natuurrapport Vlaanderen*. Thema's. Mechelen, Vlaamse Milieumaatschappij / Antwerpen, Garant.
- Montero, P. (2002). "Permits, Standards, and Innovation". *Journal of Environmental Economics and Management* 44, pp. 23-44.
- Nelson, R. and S. Winter (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nentjes, Andries (1988). *An Economic Model of Innovation in Pollution Control Technology*. AAERE, New York.
- Nijkamp, P. en D. van Veen-Groot (1998). *Factor 4 in verkeer, vervoer en infrastructuur*. In 'Factor 4', meer doen met minder. Essays en verslag van de conferentie. Rijswijk, RMNO, nummer 134.

- Norberg-Bohm, Vicki (1999). 'Stimulating 'Green' Technological Innovation: An Analysis of Alternative Policy Mechanisms', *Policy Sciences* 32: 13-38.
- Norberg-Bohm, Vicki (2000a) Beyond the double dividend: public and private roles in the supply of and demand for environmental enhancing technologies. In OECD. *Innovation and the environment*. OECD, Paris.
- Norberg-Bohm, Vicky (2000b). Technology Commercialization and environmental regulation: lessons from the US Energy Sector. in J. Hemmelskamp e.a. (ed.). *Innovation-oriented environmental regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis*. ZEW Economic Studies, No. 10, Mannheim.
- Oates, W.E., K. Palmer, and P.R. Portney (1993), "Environmental Regulation and International Competitiveness: Thinking About the Porter Hypothesis", *Resources for the Future Discussion Paper 94-02*. Resources for the Future, Washington, D.C.
- OECD (1997a). *National Innovation Systems*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (1997b). *Regulatory Reform and Innovation*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (1997c). *Diffusing technology to industry: government policies and programmes*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (1998). *Eco-Efficiency*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (1999a). *Efficiency and effectiveness of economic instruments*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (1999b). *Technology Foresight And Sustainable Development: Proceedings Of The Budapest Workshop 11 December 1998*.
- OECD (2000a). *Innovation and the Environment*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (2000b). *Technological Change, Public Policy and the Environment*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (2000c). *Technological Innovation and Sustainable Development*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (2001a). *Policies to enhance Sustainable Development: harnessing science and technology*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (2001b). *The Firm, The Environment, and Public Policy*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (2001c). *Science, Technology and Industry Scoreboard 2001 - Towards a knowledge-based economy*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (2002a). *Science, Technology and Industry Outlook*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (2002b). *Sustainable Development. Critical issues*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- OECD (2002c). *Technology Policy and the Environment*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
- Oldenburg, K. (1999). *Technology Foresight for the environment*. In OECD. *Technology and the environment: Towards policy integration*. OECD, Paris.
- Olsthoorn, X., F. Oosterhuis and H. Verbruggen (1992), "Inhoudelijke evaluatie van de stimuleringsregeling milieutechnologie", *IvM report R-92/01*, IvM, Amsterdam.

- Palmer, K., W.E. Oates and P.R. Portney (1995), "Tightening Environmental Standards: The Benefit Cost or the No-Cost Paradigm?" *Journal of Economic Perspectives* 9:119-132.
- Panayotou, T. (2000). *Economic Growth and the Environment*. Harvard University Center for International Development, CID Working Paper No. 56.
- Papathanasiou, Demetrios and Dennis Anderson (2000). *Uncertainties In Responding To Climate Change: on the economic value of technology policies for reducing costs and creating options*. Imperial College Centre for Energy Policy and Technology, London.
- Parry, I. (1996). "The Choice Between Emissions Taxes and Tradable Permits When Technological Progress is Endogenous," Discussion Paper 96-31, Resources for the Future, Washington, D.C.
- Parry, I. (1998). "Pollution Regulation and the Efficiency Gains from Technological Innovation", *Journal of Regulatory Economics* 14:229-254.
- Parry, Ian, William Pizer en Carolyn Fisher (2000). "How Important is Technological Innovation in Protecting the Environment?", RFF Discussion Paper 00-15, Resources for the Future, Washington, D.C.
- Parry, Ian, William Pizer en Carolyn Fisher (2002). "How Large are the Welfare Gains from Technological Innovation Induced by Environmental Policies?", RFF Discussion Paper 02-57, Resources for the Future, Washington, D.C.
- Patris, Cécilie, Gérard Valenduc, Françoise Warrant (2001). *L'innovation technologique au service du développement durable*. Fondation travail-université, Namur.
- Pearce, David (2002). *Technology, Environment and Sustainable Development: What Role For Technology Policy?* In OECD. *Technology Policy and the Environment*.
- Porter M. and C. Van der Linde (1995a). "Green and Competitive. Ending the Stalemate", *Harvard Business Review*, Sept.-Oct. (1995), pp 120-134
- Porter, M. (1991). *America's Green Strategy*, *Scientific American*, vol. 265, p. 168
- Porter, M. and C. van der Linde (1995b). "Toward a New Conception of the Environment Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 9(3).
- Raskin, Paul e.a. (2002). *Great Transition: The Promise and Lure of the Times Ahead*. Stockholm Environment Institute, Boston.
- Requate, Till and Wolfram Unold (1998). *On the incentives to adopt advanced abatement technology – will the true ranking please stand up?* University of Heidelberg, Discussion Paper nr. 251.
- Robinson, J. and J. Tinker (1996). *Reconciling Ecological, Economic and Social Imperatives: Towards an Analytical Framework*. Vancouver: Sustainable Development Research Institute (UBC).
- Rothwell, Roy (1992). *Industrial Innovation and Government Environmental Regulation: some lessons from the past*. *Technovation*, 12(7), p. 447-458.
- Rotmans, J., R. Kemp, M. van Asselt, F. Geels, G. Verbong en K. Molendijk (2000). *Transities en transitie management. De casus van een emissiearme energievoorziening*. ICIS. Maastricht.
- Schein, E. (1980). *Organizational psychology*. Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- Schumpeter, J. (1934), *The Theory of Economic Development* (1934). Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Schumpeter, J. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper, New York.
- Selden, T.M., and Song, D. (1994). *Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?* *Journal of Environmental Economics and Management* 27, 147-162.
- SER (2001). *Advies over het vierde Nationaal Milieubeleidsplan*. Soical-Economische Raad, 's Gravenhage.

- SERV (1992) Het economisch instrumentarium inzake milieubeleid. Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen, Brussel.
- SERV (1996). Het inschatten van kosten en sociaal-economische gevolgen van milieu-maatregelen in theorie en praktijk – Technische bijlage bij de SERV-aanbeveling over de inschatting van de kosten en sociaal-economische effecten van het Vlaams milieubeleid. Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen, Brussel.
- SERV (1997) Studierapport milieubeleidsovereenkomsten. Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen, Brussel.
- SERV (1999). Sociaal-economische analyse van de Vlaamse milieu-industrie. Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen, Brussel.
- SERV (2000). Kernvragen Milieukwaliteitsnormen. Aanzet voor een duidelijker beleidskader. Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen, Brussel.
- SERV (2002). Advies over het ontwerp milieubeleidsplan 2003-2007. SERV. Brussel.
- SERV (2003). Sociaal-Economisch Rapport 2003. Academia Press, Gent (te verschijnen).
- Simon, H. (1947). *Administrative Behavior: A Study of Decision-making Processes in Administrative Organization*. Macmillan Company, New York.
- Skea, J. (1995). Environmental Technology. in H. Folmer, H. Gabel and H. Opschoor (eds.), *Principles of Environmental and Resource Economics*, Edward Elgar, Aldershot, pp. 389-412.
- Smith K. (1996). *Systems Approaches to Innovation: Some Policy Issues*, STEP-Group, Oslo, Norway.
- Solow, R.M. (1970). *Growth theory: an exposition*. Oxford University Press, Oxford.
- Stevens, Candice (2000). OECD Programme on Technology and Sustainable Development. in J. Hemmelskamp e.a. (ed.). *Innovation-oriented environmental regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis*. ZEW Economic Studies, No. 10, Mannheim.
- Strasser, K. (1999). Does Environmental Regulation Discourage Technological Innovation? *Proceedings of the Conference on Cost, Innovation and Environmental Regulation: A Research and Policy Update*. Environmental Law Institute, Washington, D.C.
- Tweede Kamer (2001). *Nationaal Milieubeleidsplan 4*. Den Haag.
- Ulph, D. (1998): "Environmental policy and technological innovation", in C. Carraro en D. Siniscalco (eds.), *New Directions in the Economic Theory of the Environment*, Cambridge University Press, Cambridge.
- US EPA (2002). *Innovating for Better Environmental Results: A Draft Strategy*. EPA, Washington D.C.
- Van As, Corine en René Wismeijer ((2002). Stimulation of sustainable technology development in the Netherlands: the EET programme. In Patries Boekholt (Ed.) *Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme*. IWT, Brussel.
- Van Humbeeck, Peter (2000). Theoretisch kader voor de wisselwerking tussen milieu en economie. In Van Humbeeck, peter (Red). *MIRA-S 2000 Gevolgen voor de economie: Wetenschappelijke achtergronddocumenten*. Vlaamse Milieumaatschappij, Mechelen.
- Van Kasteren, J. (2001). *Transities in de praktijk. Ervaren met duurzame technologische ontwikkeling, kennisoverdracht en verankering*. DTO-KOV, Delft.
- Van Langenhove, Luk (2002). Science and Technology Foresight in Europe: a prospective view. In "The role of foresight in the selection of research policy priorities". Seville 13-14 may 2002.
- Van Speybroeck, Patrick (2001). *Vlaamse Milieuholding, beschrijving en evaluatie van de werking*. Vlaamse regering, Brussel.

- Vellinga, P., e.a. (1997). Industriële transformatie: naar een onderzoeksagenda voor the International Human Dimensions Programme on Global Change: een inventarisatie in Nederland, RMNO en IVM/SENSE.
- Verbruggen, Aviel (2000). Milieu en Energie: Duurzaam Verband. Symposium Duurzaam Afvalbeleid, Gent (IFEST) 24 oktober 2000. Antwerpen, Technologisch Instituut.
- Verbruggen, Harmen., Arjan Gielen en Hugo Brouwer (2002). Kosteneffectiviteit van energiesubsidies. ESB 15-3, p. 211-214.
- Verspagen Bart (2001). Economic Growth And Technological Change: An Evolutionary Interpretation. STI Working Papers 2001/1
- Vervliet, Greta (2000, 2001, 2002). Speurgids Wetenschap, Technologie en Innovatie. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wetenschap en Innovatie. Brussel.
- Veugelaers, Reinhilde (2000). Inhoudelijke analyse van de O&O-enquête 1998 (Vlaanderen). IWT, Brussel.
- Von Weiszäcker, E., Lovins, A. and Lovins, L. (1997). The factor four - Doubling Wealth, Halving Resource Use. Earthscan, London.
- VROM (2000). 'Transities naar Duurzaamheid: Milieubeleid als Transitie management' (Transitions to sustainability: Environmental policy as transition management), Vision document for Knowledge and Technology workgroup, draft 10 April 2000.
- Wallace, David (1995). Environmental Policy and Industrial Innovation. Strategies in Europe, the US and Japan. Earthscan; London.
- WBCSD (1993). Getting Eco-efficient; Report of the First Antwerp Eco-Efficiency Workshop, Geneva, Business Council for Sustainable Development..
- WBCSD (1995). Achieving EcoEfficiency in Business, Report of the World Business Council for Sustainable Development, Second Eco-Efficiency Workshop, 14-15 March, WBCSD, Geneva.
- Wereldbank (1992). The development and the environment. World development report (1992). Oxford University Press, Oxford.
- Westermeyer, W. (1999). Government programmes for diffusing environmental technologies. In OECD. Technology and the environment: Towards policy integration. OECD, Paris.
- Weterings, R. en H. Opschoor (1992). De milieugebruiksruimte als uitdaging voor technologie-ontwikkeling. RMNO, Rijswijk.
- Williams, H. (2000). Linking the research base and the market through technology foresight. In OECD. Innovation and the environment. OECD, Paris.
- Winter, S.G., Y.M. Kaniovski and G. Dosi (2000). "Modeling Industrial Dynamics with Innovative Entrants", Structural Change and Economic Dynamics 11:255-293.
- Withagen, C. (1999). De Porter hypothese: een verkenning van de literatuur. In De Porter hypothese belicht. Rijswijk, RMNO.
- Zeeuwts, Paul (2002). Flanders' new scheme of innovation subsidies for sustainable development. In Pabies Boekholt (Ed.) Innovation policy and sustainable development: can public innovation incentives make a difference? Contributions to a Six Countries Programme. IWT, Brussel.

7. NOTEN

¹ Peter Van Humbeeck is werkzaam bij de Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen (SERV). Deze tekst werd geschreven in voorbereiding van het Sociaal-Economisch Rapport 2003 van de SERV. Een ingekorte versie verschijnt in SERV (2003). De auteur dankt de leden van de Commissie Milieu en Economie van de SERV en hun organisaties alsook Annemie Bollen (SERV), Ria Van Peer (SERV), Wim Knaepen (SERV), Ria Bourdeaud'hui (SERV-STV innovatie en arbeid), Esther Deman (SERV), Jan Larosse (IWT), Kathleen Goris (IWT) en Bernard De Potter (IWT) voor hun commentaren en suggesties op onderdelen van een eerdere versie van deze nota. Vanzelfsprekend zijn zij noch de SERV verantwoordelijk voor de standpunten in deze discussienota of voor eventuele resterende gebreken.

² H. Wijffels, geciteerd in Van Kasteren (2001).

³ Ook in de teksten die werden opgesteld in het kader van het project Beter Bestuurlijk beleid ter reorganisatie van het Vlaamse overheidsapparaat, is dit het geval. Aan elk beleidsdomein werd gevraagd om de behoefte aan beleidsafstemming met andere beleidsdomeinen aan te geven. Het beleidsdomein leefmilieu vermeldt volksgezondheid, ruimtelijke ordening, landbouw, mobiliteit en infrastructuur, economie en energie, stedelijk beleid, geïntegreerd waterbeleid en duurzame ontwikkeling. Het beleidsveld wetenschap en technologische innovatie wordt niet genoemd.

⁴ "The effect of public policies on the process of technological change may, in the long run, be among the most significant determinants of success and failure in environmental protection" (Jaffe en Stavins, 1990). Vergelijk met wat Allen Kneese en Charles Schultze reeds 25 jaar geleden schreven: "Over the long run, perhaps the most important single criterion on which to judge environmental policies is the extent to which they spur new technology toward the efficient conservation of environmental quality" (Kneese en Schultze, 1975).

⁵ Beeldspraak ontleend aan Heaton (2002).

⁶ Van Kasteren (2001).

⁷ Paul en Anne Ehrlich presenteerden rond die tijd een soortgelijke analyse, maar legden in hun werk vooral de nadruk op de bevolkingsgroei als oorzaak van de groeiende milieu-aantasting. Zij stelden de impact van de menselijke bevolking op het natuurlijk milieu (I: Impact) voor als het product van de omvang van de bevolking (P: Population) de consumptie per hoofd (A: Affluence) en met de milieuschade veroorzaakt door de technologie per eenheid consumptie (T: Technology): $I = PAT$. Zie bv. Ehrlich en Ehrlich (1972).

⁸ In dit verband lijkt de discussie wat op het debat tussen de fysiocraten en de mercantilisten in het begin van de negentiende eeuw. De fysiocraten zagen, in navolging van Malthus, de grenzen van de bevolkingsgroei in zicht komen. Er zou binnen enkele tientallen jaren niet voldoende landbouwgrond meer zijn om iedereen te voeden. De mercantilisten wuifden die bezwaren weg en legden de nadruk op inventiviteit en ondernemingslust die nieuwe landbouwgronden tot ontwikkeling zou brengen en de opbrengsten op bestaande landbouwgronden zou verhogen.

⁹ Europese Commissie (2002b).

¹⁰ Vanaf Solow (1970).

¹¹ Meer correct: totale factorproductiviteit. Totale factorproductiviteit (TFP) wordt traditioneel gelijkgesteld met een exogene technologische verandering (T) die de productiviteit van de productiefactoren arbeid (L), natuur (R) en kapitaal (K) verhoogt en leidt tot een stijging van de economische productie (Y) of $Y(t) = T(t) * f(K(t), L(t), R(t))$. In feite wordt TFP beter omschreven als een 'weet niet' factor, omdat in essentie alle mogelijke factoren die de economische groei determineren zijn opgenomen in T, zodat het definiëren van technologische verandering als alles wat de TFP verhoogt wat misleidend is.

¹² Zie bv. Barro and Sala I Martin (1995). Ook wanneer de totale factorproductiviteit verder wordt uiteengesplitst in mogelijke verklarende factoren, zoals onderwijs, volksgezondheid, openheid van de economie, politieke stabiliteit, enz. blijft technologische innovatie en in het bijzonder de graad van onderzoek en ontwikkeling een zeer belangrijke determinant. Voor een overzicht, zie Durlauf and Quah (1998).

¹³ Ook op microniveau blijkt er een duidelijk positief verband te bestaan tussen de innovatieve kenmerken van bedrijven enerzijds en bedrijfsprestaties (bruto toegevoegde waarde, groeipercentages van omzet en werkgelegenheid) anderzijds. Zie bv. CBS (2002).

¹⁴ Ook vroeger was er in het beleid belangstelling voor het verband tussen technologische vooruitgang en een aantal nieuwe sectoren. Voor Vlaanderen kan worden verwezen naar de DIRV-actie in de jaren '80 van de vorige eeuw. Wel verschillen de nu ingezette instrumenten van deze uit de jaren '80.

¹⁵ Zie bv. Wereldbank (1992), Panayotou (1993), Grossman (1993), Selden (1994), ... Opgemerkt wordt dat sommige andere studies dergelijk statistisch verband betwijfelen (bv. Harbaugh, Levinson en Wilson, 2000).

¹⁶ Deze diensten zullen overigens zeker niet allemaal milieuvriendelijk zijn (bv. vliegvakanties). Belangrijk in het consumentengedrag is bovendien het zgn. rebound-effect: producten worden weliswaar milieuvriendelijker (bv. auto's, spaarlampen, ...) maar tegelijkertijd valt dit milieuvoordeel weer weg door een gebruikintensivering of een kwaliteitsverhoging (grotere auto's met nieuwe (energieverslindende) accessoires, tuinverlichting, ...). Tot slot geldt ook voor consumenten veelal dat een stijging van de consumptieve bestedingen aan diensten nauwelijks in de plaats komt van de uitgaven voor materialen. De toename van de consumptie van diensten komt grotendeels bovenop de consumptie van goederen.

¹⁷ Porter (1991, 1995a en 1995b). Een goed overzicht van deze literatuur is Withagen (1999).

¹⁸ Vooral de publicatie van 'Factor 4' door Von Weizsäcker, Lovins & Lovins (1997) heeft het streven naar vermindering van het milieubeslag een sympathieker gezicht gegeven. Niet langer hoeft het streven naar een beter milieu vertaald te worden in termen van 'consuminderen', vaak geassocieerd met versobering van leefstijl, vermindering van functionaliteit, comfort en gebruikersgemak, of ten minste met stijgende kosten. Het aantrekkelijke van het motto 'Factor 4' is dat het de negatieve lading die 'het milieu' bij grote groepen van producenten en consumenten heeft gekregen, vervangt door een positieve doelstelling: het streven naar meer welvaart en welzijn - Doppelter Wohlstand - op milieu-verantwoorde wijze - Halbierter Naturverbrauch -. De voorbeelden in 'Factor 4' illustreren dat welvaartsgroei niet gepaard hoeft te gaan met een evenredig groeiende milieubelasting. Een 'economische' ontwikkeling, waarin de groei van resp. economie en milieubeslag ontkoppeld zijn, lijkt bereikbaar.

¹⁹ "there is no free lunch". Het betreft hier ook een meer ideologisch debat: neoklassieke economen behandelen bedrijven en consumenten als economisch rationeel en winstmaximaliserend. Als actoren zich inderdaad zo gedragen, zouden er weinig ongebruikte mogelijkheden zijn om de winst te verhogen en zou dus ook de kostenbesparing die mogelijk zijn als gevolg van milieuregelgeving zeer beperkt zijn. Aanhangers van de Porter hypothese daarentegen gaan uit van 'bounded rationality' en 'satisficing behavior' (Simon, 1947). Zij stellen dat zowel op het vlak van de waarneming als op het vlak van het kenvermogen de rationaliteit van de mens beperkt is. Men zoekt bovendien niet naar het optimale maar naar een voldoening gevend alternatief functie van het aspiratieniveau. De meningen verschillen dus afhankelijk van de gedragstheorie van ondernemingen die wordt aangehangen (maximeren winst, routinematig gedrag, imitatiegedrag, X-inefficiency, enz.).

²⁰ Hier ligt ook een tweede kritiek van neoklassieke economen op de Porter-hypothese: hoewel het zo kan zijn dat er significante ongebruikte opportuniteiten zijn voor kostenbesparingen en productverbeteringen, en milieubeleid de aanleiding kan zijn om deze opportuniteiten aan te spreken, is het goed mogelijk dat het milieubeleid de aandacht afleidt van nog grotere opportuniteiten voor kostenbesparingen en productverbeteringen op andere vlakken dan het milieu-, energie- en grondstofgebruik (Oates e.a. 1993, Palmer e.a. 1995, ...).

²¹ Georgescu-Roegen (1971), Daly (1968, 1991, 1999), ... Voor een overzicht zie Costanza (1997).

²² Terzake is de 1^e hoofdwet van de thermodynamica van belang. Zij stelt dat in een afgesloten systeem de totale hoeveelheid massa of energie steeds constant blijft (wet van behoud van massa/energie). Dit betekent concreet dat wat in het economisch systeem wordt gebracht, niet verdwijnt maar er uiteindelijk ook in één of andere vorm terug uit komt. De economie wordt in die zin wel eens vergeleken met een levend wezen (metabolisme) dat voedingsstoffen gebruikt en afvalstoffen afscheidt om in leven te kunnen blijven.

²³ Dit volgt uit de 2^e hoofdwet van de thermodynamica. Zij stelt dat bij gebruik van energie of massa steeds een kwaliteitsdaling optreedt (wet van de entropiestijging). Dit betekent concreet dat 100% recycleren fysisch onmogelijk is.

²⁴ Hier ligt wellicht het grootste verschilpunt met andere economen. Neoklassieke economen beschouwen de economie als een systeem dat de drie productiefactoren arbeid, kapitaal, natuur aanwendt om goederen en diensten te produceren. Zij gaan uit van de onderlinge substitueerbaarheid van alle productiefactoren (arbeid, kapitaal, natuur). Als natuur (bv. een uitputbare grondstof) schaars wordt, stijgt de prijs ervan, vermindert het verbruik en zal de zoektocht naar alternatieven leiden tot nieuwe ontdekkingen (technologieën) die de schaarste weer opheffen. De economie bevat dus een ingebouwd mechanisme om deze schaarste op te heffen (relatieve schaarste). Ecologische economen daarentegen stellen dat de voorraad "natuur" eindig is (absolute schaarste), en dat natuur géén substituuut maar een complement is van arbeid en kapitaal.

²⁵ Om brood te maken is meel, een oven en een bakker nodig, maar ovens en bakkers kunnen nooit meel vervangen, hoeveel ovens en bakkers men ook beschikbaar stelt. Bovendien moet de bakker ook eten en vraagt de oven energie. In dezelfde zin: wat zijn we met houtzagerijen zonder hout, met een vissersvloot zonder vissen, met olieraffinaderijen zonder olie, ...

²⁶ De voorraad natuurlijk kapitaal moet immers constant worden gehouden. Vuistregels die hiervoor worden vooropgesteld zijn dat voor hernieuwbare hulpbronnen, het tempo van ontginning en gebruik niet hoger mag liggen dan de regeneratie en de hoeveelheid afval en missies de assimilatiecapaciteit niet mogen overtreffen. Voor niet-hernieuwbare bronnen moet de ontginning gebeuren tegen een tempo gelijk aan dat waartegen hernieuwbare substituten worden gecreëerd.

²⁷ De standpunten liggen overigens steeds dicht bij mekaar (bv. in OECD, 2001a). Voor een verdere bespreking verwijzen we naar Van Humbeeck (2000).

²⁸ bv. CPB (2000).

²⁹ Bijvoorbeeld de OESO (OECD, 1998), de EU (Europese Commissie, 2002a en 2002b), de VS (US EPA, 2002) en verschillende andere landen. Voor Vlaanderen, zie o.a. de platformtekst van de SERV voor de Vlaamse conferentie, en de 21 doelstellingen van het zgn. Pact van Vilvoorde.

³⁰ Dit leert een uitwerking van de reeds vermelde formule van Commoner: $M = B * W/B * EG/W * M/EG$, met M: de milieubelasting B: de bevolkingsomvang W: de productie (welvaart) EG: het energie- en grondstofgebruik. Indien B en W/B als gegeven worden beschouwd, moet M dalen door EG/W en M/EG te laten dalen.

³¹ Anderson e.a. (2002).

³² Over de omvang van deze win-win opportuniteiten bestaat echter geen eensgezindheid. Analyses geven aan dat de resultaten van onderzoek daarnaar afhangen van de onderzochte sector en de gebruikte methodologie. Zie bv. Jaffe e.a. (2002).

³³ Vaak gaat het om relatief geringe kosten, waardoor men niet altijd de moeite doet om de kostenbesparingen te benutten. Zie meer algemeen de concepten 'bounded rationality' en 'satisficing behaviour' uit de managementliteratuur die verder worden besproken.

³⁴ Zie bv. Ashford en Heaton (1983), Ashford e.a. (1985), Rothwell (1992), Wallace (1995), ...

³⁵ Niet elke soort regelgeving is geschikt om de 'Porter hypothese' (milieubeleid kan leiden tot meer innovatie en zo tot kostenbesparingen en een betere competitiviteit) te realiseren. Porter zelf spreekt van 'properly designed environmental regulation' en 'regulation of the right kind'. We zullen verder concreet aangeven wat hij daarmee bedoelt.

³⁶ De mondiale markt voor deze milieutechnologieën is goed voor een waarde tussen 500 en 600 miljard €. In 1999 bedroeg de totale omzet van de eco-industriesector in de EU 183 miljard € (of 2,3 % van het BBP van de EU) en bood deze sector rechtstreeks werkgelegenheid aan ongeveer 1,6 miljoen personen (1 % van het totale aantal banen). Voor Vlaanderen gaat het naar schatting om minstens 4,5 miljard € en meer dan 25.000 werknemers. Zie SERV (1999) en Ecotec (2002).

³⁷ De omzet in de EU steeg in reële termen jaarlijks met gemiddeld 5 % (tegenover ongeveer 2,5 % voor het BBP) en de werkgelegenheid groeide nog sneller (6 à 7 % per jaar). In de kandidaat-lidstaten en in de landen in ontwikkeling lagen de groeicijfers nog hoger (10% en meer). In Vlaanderen groeide de markt met gemiddeld 14% tussen 1993 en 1997. Zie SERV (1999) en Ecotec (2002).

³⁸ EC (2002a).

³⁹ Dit heeft zich bv. voorgedaan in het Verenigd Koninkrijk, dat veel marktaandeel heeft verloren in de productie van windturbines.

⁴⁰ SERV (1999).

⁴¹ Anderson e.a. (2002), Europese Commissie (2002a), Feess (2002), ...

⁴² Bronnen: zie Kemp (1997).

⁴³ Vergelijk met de soorten innovatie die Schumpeter (1942) onderscheidde: een nieuw product, nieuwe productiemethode, nieuwe markt, aanwending van nieuwe en goedkopere grondstoffen, en ingrijpen in de bedrijfstakstructuur (creëren of elimineren van een monopolie).

⁴⁴ De term technologisch paradigma werd ontwikkeld door Dosi (1982) en is geïnspireerd op Kuhns concept van wetenschappelijke paradigma's. Net zoals het wetenschappelijk onderzoek gericht is op het beantwoorden en verder uitdiepen van specifieke vragen (en andere vragen niet worden behandeld) op basis van een visie of wereldbeeld dat bepaalt welke problemen relevant zijn, wordt de technologische ontwikkeling 'gestuurd' door een model en een oplossingspatroon dat gebaseerd is op bepaalde technologische problemen, principes en materialen. Soms gebruikt men de term 'regime' voor technologische trajecten die specifiek zijn voor één technologie, terwijl de term 'paradigma' wordt gebruikt voor trajecten die gemeenschappelijk zijn aan een brede waaier technologieën.

⁴⁵ In Raskin (2002) wordt het transitiedenken toegepast op de ganse menselijke geschiedenis en wordt gesteld dat we na het stenen tijdperk dat +/- 100.000 jaar duurde, de vroege beschaving (+/- 10.000 jaar), het moderne tijdperk (1000 jaar) nu de transitie meemaken naar een zgn. planetaire fase (100 jaar) gekenmerkt door 'global governance', maar dat we tegelijk voor cruciale keuzes staan hoe we deze invullen.

⁴⁶ Bijvoorbeeld via gaswassing van lucht naar water, via afvalwaterzuivering van water naar bodem, ...

⁴⁷ Ook schone milieutechnologieën hebben immers negatieve milieueffecten.

⁴⁸ Fukasaku (2000a).

⁴⁹ Cyert en March (1963) en Lindblom (1959). Beslissingen worden genomen "at the margin of the status quo".

⁵⁰ De ideeën van Herbert Simon en James March liggen aan dit inzicht ten grondslag. Zij stellen dat er steeds keuze is tussen voortdoen wat men reeds doet of iets nieuws gaan doen, maar dat continuïteit (programmed change) zal overheersen op verandering (innovation) omdat omdat het zoekproces niet vanzelf op gang komt en beperkt is, en omdat er voor het lopende alternatief reeds kosten zijn gedaan (sunk costs), die overigens niet enkel in geld maar ook in psychische en sociale termen moeten worden begrepen.

⁵¹ Padafhankelijkheid wordt dus deels verklaard door de 'stijgende meeropbrengsten' in de technologische evolutie, waarbij een originele voorsprong snel uitgroeit tot een kloof waarbij andere technologisch competitieve oplossingen geen kans meer maken.

⁵² Een actueel voorbeeld hiervan zijn de ontwikkelingen op het vlak van brandstofcellen voor voertuigen. Waterstof kan door brandstofcelvoertuigen rechtstreeks worden getankt, of worden aangemaakt door een reformer aan boord van het voertuig uit methanol, benzine, CHF of natriumboorhydride. Verschillende autoconstructeurs en landen ondersteunen momenteel verschillende technologieën.

⁵³ Een bekend voorbeeld is het VHS video systeem dat het heeft gehaald van het technisch superieure Betamax systeem.

⁵⁴ Voorbeelden uit het verleden zijn de stoomketel met als oorspronkelijke niche drainage in de mijnbouw in de diepe ondergrond; stoomboten met als oorspronkelijke niche de toepassing van stoom voor de aandrijving van hulpmotoren in zeilschepen in geval van ongunstige wind en getijden, enz.

⁵⁵ Freeman (1982).

⁵⁶ Volgens Schumpeter (1934) zijn in een economie in evenwicht de winsten nul. Een ondernemer kan in de lange periode dan ook slechts winst maken door de productiefunctie te verplaatsen, m.a.w. door te innoveren, en hiermee brengt hij economische ontwikkeling. Schumpeter zag economische vooruitgang als een proces van creatieve destructie, gedreven door innovatie en door de prikkel om een monopoliesituatie te creëren waarin een competitief voordeel geldt en men beschermd is van concurrenten.

⁵⁷ Volgens Ayres (2000) kan de voorbije economische ontwikkeling in belangrijke mate in verband worden gebracht met technologische 'sprongen' in de toename van de energie-efficiëntie van de energieconversie.

⁵⁸ Freeman en Soete (1997) geven talrijke voorbeelden van de relatie tussen radicale innovaties en economische groei.

⁵⁹ Verspagen (2001) suggereert dat nog maar een beperkt aantal landen echte innovators zijn, terwijl andere meer bezig zijn met het bijbenen van deze innovators via technologiediffusie. Ook de onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten in deze laatste landen worden meer en meer gericht op het bijbenen van de koplopers. Het binnenhalen van buitenlandse technologie wordt dus een meer actief proces in de meeste landen, terwijl het verleggen van de technologische grenzen het terrein blijft van een handvol hoogontwikkelde landen.

⁶⁰ Von Weiszäcker e.a. (1997).

⁶¹ Langeweg (2000). Zo zal bijvoorbeeld het mondiale gebruik van metalen een factor drie tot vijf toenemen door de enorme behoefte aan ijzer en staal in de ontwikkelingslanden.

⁶² Zo'n perspectief ontstaat pas in de tweede helft van deze eeuw bij een (veronderstelde) krimp van de wereldbevolking. Op kleinere schaal wordt de winst die wordt geboekt door incrementele innovaties teniet gedaan door volumegroei: bv. de winst geboekt door het verminderen van de hoeveelheid en schadelijkheid van uitlaatgassen van automotoren wordt voor een groot deel teniet gedaan door een groei van het aantal afgelegde kilometers en de populariteit van grote en zware auto's.

⁶³ Vellinga e.a. (1997).

⁶⁴ Dearing (2000a) geeft als voorbeeld de noodzakelijke veranderingen van grotere onderling verweven infrastructuren met ongewenste impacts (auto, brandstoffen, stad, wegen, ...). Deze soort veranderingen vereisen een systeemaanpak die de traditionele grenzen van bedrijven én van de politiek overstijgen.

⁶⁵ Een illustratief voorbeeld voor de wisselwerking tussen technologie en maatschappelijke veranderingen (met aanpassing van instituties, normen en waardenpatronen) is de seksuele revolutie, mogelijk gemaakt door de ontdekking van de anticonceptiepil begin jaren '60 van de vorige eeuw. Van Kasteren (2001) geeft daarnaast ook het voorbeeld van de agrarische samenleving die ontstond toen mensen een deel van de zaden in de grond stopte in plaats van ze op te eten. De industriële samenleving heeft zijn ontstaan te danken aan

technologie die fossiele energie omzette in kracht die de menselijke spierkracht te boven ging en de informatiesamenleving dankt zijn ontwikkeling aan de informatie en communicatietechnologie.

⁶⁶ Beeldspraak ontleend aan Verbruggen (2000).

⁶⁷ driving forces – pressure – state – impact – response.

⁶⁸ Minstens even vaak was beleid en nieuwe wetgeving een reactie op een of ander concreet incident of op verplichtingen van internationale of Europeesrechtelijke aard.

⁶⁹ Milieukwaliteitsnormen bepalen de maximaal toelaatbare hoeveelheden verontreinigingsfactoren in de atmosfeer, het water of de bodem. Zij kunnen in Vlaanderen worden geformuleerd onder de vorm van grenswaarden en richtwaarden. Ook in Vlaanderen worden ze (in principe) mee bepaald door de stand van de techniek (cf. memorie van toelichting bij het betreffende decreet): grenswaarden houden rekening met de economische implicaties; richtwaarden hangen mee af van de technische en economische mogelijkheden en van de maatschappelijke aanvaardbaarheid ervan. Zie SERV (2000)

⁷⁰ Cf. het Beste Beschikbare Technieken (BBT)-concept dat zowel in de Europese als de Vlaamse regelgeving m.b.t. hinderlijke inrichtingen en milieuvergunningen een belangrijke plaats inneemt.

⁷¹ Het meerjarenprogramma van het interdisciplinaire Steunpunt Milieubeleidswetenschappen dat onlangs in Vlaanderen werd opgericht, vormt daarvan een illustratie (Leroy e.a., 2002). Technologie wordt weliswaar in de inleiding vermeld, maar geen enkele van de onderzoekclusters of projecten heeft beleidsgericht onderzoek inzake stimulering van technologische innovatie als voorwerp.

⁷² We hebben gekozen voor de traditionele kosten-batenbenadering om de boodschap van de 'verkeerde' vraagstelling in het milieubeleid te illustreren. Er worden in het milieubeleid evenwel ook andere werkwijzen gebruikt om doelstellingen vast te stellen en instrumenten te kiezen, zoals bijvoorbeeld best beschikbare technieken, gekoppeld aan de draagkracht van bedrijven (zie Figuur 11). Voor een grafische illustratie van deze BBT-werkwijze en van andere gangbare benaderingen verwijzen we naar Bollen en Van Humbeeck (2002). De analyse en boodschap die we hier geven aan de hand van de kosten-batenbenadering zijn gemakkelijk vertaalbaar naar deze andere methoden.

⁷³ Merk op dat deze voorstelling verschilt van de traditionele voorstelling met marginale in plaats van totale kostencurves. Strikt genomen ligt het economisch optimale emissiereductieniveau in een bepaalde periode bij een vermindering van de emissies tot het punt waar de marginale bestrijdingskosten gelijk zijn aan de marginale schadekosten. Voor de verdeling van de inspanningen tussen doelgroepen geldt als regel voor een economisch optimale verdeling dat de marginale bestrijdingskosten voor elke sector dezelfde moeten zijn. Het gebruik van totale kostencurves gebeurt hier voornamelijk om didactische redenen, omdat zij beter toelaten een aantal zaken te illustreren. Volgens Ashford leunt het criterium dat in deze figuur wordt gebruikt, nl. dat de baten van het beleid minstens gelijk moeten zijn aan de kosten, overigens beter aan bij de in de praktijk gebruikte politieke beslissingsregels.

⁷⁴ Het 'optimale' niveau ligt tussen C en D, op het snijpunt tussen de nieuwe kostencurve en de vraagcurve voor emissiereductie.

⁷⁵ In een discussienota van april 2000 zijn Parry, Pizer en Fisher (2000) kritisch over deze stelling. Zij stellen integendeel dat het belang van technologische innovatie niet mag worden overschat, omdat – in een traditionele kosten-baten benadering van het milieubeleid - de mogelijke welvaartswinst door in te zetten op innovatie in de meeste gevallen relatief klein zal zijn ten opzichte van de welvaartswinst van een economisch optimaal milieubeleid (marginale kosten gelijk aan marginale baten) zonder rekening te houden met geïnduceerde innovatie (zie verder). In een latere discussienota Parry, Pizer en Fisher (2002) nuanceren zij hun eerdere conclusies evenwel sterk, en geven zij vele argumenten waarom stimulering van technologische innovatie weldegelijk van groot belang kan zijn. Zij hebben natuurlijk wel gelijk wanneer zij stellen dat in sommige gevallen niet kan worden gewacht op de baten van technologische innovatie, en meteen strikte maatregelen moeten gelden. Dat is ook onze stelling verder in dit discussierapport, wanneer we stimulering van technologische innovatie beschouwen als een extra dimensie voor het milieubeleid, en niet als tabula rasa in het huidige milieubeleid.

⁷⁶ Bijvoorbeeld RAINS, MARKAL, ... Zie voor een beschrijving en beoordeling van dergelijke modellen Meynaerts (2002) en SERV (1996).

⁷⁷ Gewoonlijk wordt ook een "backstop technologie" in het model ingebracht. Dit betekent dat er een technologie wordt verondersteld die vandaag nog niet commercieel leefbaar is omdat de productiekosten gevoelig hoger zijn dan voor bestaande technologieën, maar die bij sterk stijgende (milieu- en) energieprijzen wel rendabel wordt. Een typisch voorbeeld hiervan zijn fotovoltaïsche cellen of brandstofcellen. Deze hypothese heeft voor gevolg dat de mate waarin de (milieu- en) energieprijzen kunnen stijgen wordt begrensd.

⁷⁸ Andere problemen met deze manier van modelleren zijn dat over een relatief lange tijdsspanne, zelfs kleine wijzigingen in de gekozen autonome efficiëntieverbetering de resultaten ingrijpend kan veranderen, en dat de efficiëntieverbetering in realiteit verschilt per regio of sector.

⁷⁹ Dit gebeurt grosso modo op twee manieren: via het modelleren van de technologiekosten als een functie van de cumulatieve investeringen, of via het rechtstreeks modelleren van investeringen in kennis en innovatie. De eerste manier levert doorgaans hogere kostenverschillen op met traditionele modellen dan de tweede manier (Grubb e.a., 2002). Zie tevens Löschel (2002).

⁸⁰ Honig e.a. (2000) hebben in een pilootstudie een (ruwe) inschatting gemaakt van de totale milieukosten per doelgroep in Nederland, met en zonder de impact van leereffecten op de ontwikkeling van de kosten van milieumaatregelen in de tijd. Uit hun analyse blijkt dat de totale milieukosten in 2020 met leereffecten 12% lager zouden zijn dan de kosten zonder leereffecten. De kostenverschillen met en zonder leereffecten verschillen per doelgroep, en kunnen oplopen tot bijna 50%. Gezien de beperkte dataset, zijn deze uitkomsten evenwel met de nodige voorzichtigheid te interpreteren.

⁸¹ In dit verband kan ter illustratie worden vermeld dat er volgens Grubb e.a. (2002) twee grote sporen zijn voor innovatie in het mondiale energiesysteem: het ene gebaseerd op fossiele brandstoffen en het andere op hernieuwbare energiebronnen. De kosten van beide opties zijn volgens Grubb e.a. (2002) niet te onderscheiden van mekaar binnen de aanwezige waaier aan onderzekerheden.

⁸² Wellicht vergt dit wat meer uitleg. Klassieke economische analyses van milieubeleid gaan uit van de veronderstelling dat de marginale kosten- en batencurves goed gekend zijn en goed gedefinieerd kunnen worden en dat dus ook het 'eindpunt' van het beleid duidelijk kan worden berekend en vastgesteld (snijpunt van de marginale kosten en batencurve). In de praktijk geldt echter vaak dat geen van beide

goed gekend zijn. Hierdoor is ook het eindpunt van het beleid zeer onzeker. Dit ondermijnt echter niet het inzicht van economische analyses dat milieuvervuiling een externe kost veroorzaakt en dat deze bron van marktvaling moet worden gecorrigeerd via economische instrumenten of regulering.

⁸³ Productie van kennis gaat namelijk gepaard met 'stijgende meeropbrengsten', d.w.z. een cumulatieve groei van de kennis omdat de output ook weer een (vaak kosteloze) input is voor een volgende fase van kenniscreatie. Dit druist in tegen het principe van dalende meeropbrengsten (of stijgende marginale kosten) waarop de traditionele economische theorie met zijn zoektocht naar een uniek en optimaal evenwichtspunt is gebaseerd. Larosse (1997)

⁸⁴ Parry (1996), Requate (1998), Jaffe e.a. (2002), ...

⁸⁵ Bovendien kan de verkoop van emissierechten zorgen voor een verlaging van prijs van emissierechten en dus van de kosten van concurrenten, waardoor de kostenvoordelen als gevolg van O&O deels teniet worden gedaan. Zie bv. Montero (2002).

⁸⁶ Een subsidie op de aanschaf van recyclagepapier bijvoorbeeld zal wel de vraag naar innovaties op het vlak van recyclagepapier aanwakken, maar geen prijs signaal geven naar (innovaties op het vlak van) een verminderd papiergebruik

⁸⁷ Toelichting van de gebruikte begrippen, toegepast op het voorbeeld van broeikasgasemissies: bij een technologienorm of een energiebelasting bijvoorbeeld is er geen *inputs substitutie*. Zij zetten niet aan tot verlaging van de koolstofintensiteit van de gebruikte brandstoffen of grondstoffen (inputs), zoals bijvoorbeeld de omschakeling van steenkool of aardolie naar aardgas, waardoor één van de opties om broeikasgasemissies te verminderen niet wordt gestimuleerd. Bij normen en energiebelastingen is bovendien de *outputs substitutie* slechts gedeeltelijk: doordat de restemissies niet of slechts indirect worden belast, is ook de relatieve prijsstijging van de goederen en diensten die veel broeikasgasemissies veroorzaken minder groot dan bij emissieheffingen, waardoor de stimulans voor consumenten om minder van deze producten aan te kopen lager ligt.

⁸⁸ In hoofdzaak gebaseerd op Kemp (1997).

⁸⁹ Zie bv. Fisher, Parry and Pizer (1998).

⁹⁰ Hartje en Lurie (1985), Kemp (2000).

⁹¹ Majone (1976), geciteerd in Kemp (1997) schreef hierover: "The actual outcomes of environmental policies are affected more by the institutional arrangements emerging from the political process than by the technical characteristics of the instruments employed; to use a statistical image, the 'within group' effects (the differential results obtained when the same tool operates under different institutional circumstances) dominate the 'between group' effects (the results of different tools used under approximately equal conditions). In other words, the significant choice is not among abstractly considered policy instruments but among institutionally determined ways of operating them". Zie tevens Norberg-Bohm (2000a).

⁹² Deze factoren komen telkens opnieuw terug naar voor in verschillende studies, zie o.a. Ashford (1993); Ashford (2000), Jaffe e.a. (1995), Kemp (1997), Norberg-Bohm (1999 en 2000b), Klemmer e.a. (1999), Clayton (1999),...

⁹³ Fisher e.a. (1998) en Ulph (1998) hebben evenwel aangetoond dat het effect van een versterking van de regelgeving of verhoging van een heffing op de innovatie-inspanningen (O&O) niet eenduidig is omdat er twee elkaar tegenwerkende effecten zijn: enerzijds het directe effect van de gestegen kosten, waardoor de stimulans om te investeren in O&O vergroot, anderzijds het indirecte effect van de gedaalde output, hetgeen de stimulans om te investeren in O&O verkleint.

⁹⁴ Vergelijk met wat Michael Porter (1995a) verstaat onder goede regelgeving: Turning environmental concern into competitive advantage demands that we establish the right kind of regulations. (...) To induce cost-saving and quality-improving innovation, environmental regulation should satisfy the following criteria: 1) it should stress pollution prevention rather than merely abatement or cleanup; 2) it should not constrain ... technology; 3) it should be sensitive to the costs involved; 4) it should use market incentives.

⁹⁵ Jänicke (2000).

⁹⁶ Bv. Nentjes (1988).

⁹⁷ Simon (1947), Nelson en Winter (1982), Winter (2000).

⁹⁸ Op andere belangrijke verklaringen wordt verder ingegaan.

⁹⁹ Verbruggen, H. e.a. (2002).

¹⁰⁰ Jänicke (2000).

¹⁰¹ Een bekend voorbeeld hiervan is de eigenaar/huurder relatie bij woningen, waarbij de huurder betaalt voor het gebruik nutsvoorzieningen (gas, water, elektriciteit, ...) maar de hoofdverantwoordelijkheid om de woning te isoleren, te investeren in water- en energiebesparende apparatuur enz. bij de eigenaar ligt. Hierdoor hebben beiden weinig stimuli om deze investeringen te doen. Soortgelijke situaties doen zich ook binnen bedrijven voor tussen afdelingen. Ook in Vlaanderen werd vastgesteld dat bedrijven het omgaan met milieuregelgeving als complex ervaren, en het daarom toegekend wordt aan een gespecialiseerde interne verantwoordelijke of aan een externe dienstverlener (zie bv. Clarysse, 2000). Hierdoor is er vaak sprake van een scheiding tussen afdelingen bevoegd voor milieu en voor O&O en innovatie.

¹⁰² Voor een overzicht en bespreking van deze literatuur, zie bv. Kemp (1997), Heaton (1999), Kemp (2000a) en Jaffe e.a. (2002).

¹⁰³ Zie Jaffe e.a. (2002).

¹⁰⁴ Zie bv. Strasser (1999).

¹⁰⁵ Zie voor referenties en een bespreking van dit onderzoek Jaffe e.a. (2002).

¹⁰⁶ Strasser (1999) geeft het voorbeeld van 'Monsanto v. EPA'. "EPA's new regulations required removal of 95% of the benzene from emissions of a number of sources, including Monsanto's monochlorobenzene manufacturing plant. The established and familiar technology for doing this, carbon adsorption, had an unattractive side effect: it generated a hazardous waste requiring treatment and storage. Monsanto chose to try an alternative technology, water scrubbing, because it allowed recovery and reuse of the benzene and did not generate the hazardous waste. The choice made sense; tests of water scrubbing achieved 99% reduction. However, when the system was

installed, it achieved only 80% reduction and Monsanto had to install a supplementary adsorption system to get up to 95%. In this case, EPA sought to impose penalties for the additional time it took Monsanto to install the supplemental adsorption system, reasoning that if Monsanto had simply used the familiar adsorption technology, the job would have been completed by then. (The EPA had initially granted an eleven month waiver to allow installation of the water scrubbing system, but denied a further waiver to install the supplemental adsorption system.) The EPA's penalty effort in this case would surely discourage future efforts to try new technologies, even those that offer potential environmental benefits. The sad part is that the EPA's thinking here is far from aberrant and is, indeed, consistent with regulatory values that emphasize pollution control, with familiar technology. This story does have a somewhat happier ending. Monsanto sued, and the Seventh Circuit Court of Appeals ultimately held that the agency's action was arbitrary and capricious and could not be sustained. The court lectured the EPA to avoid the short-sighted and bad environmental policy of insisting on a quick fix regardless of its net adverse environmental impact. This lecture offers worthy advice, but it is discouraging that the Court of Appeals had to lecture the EPA on environmental policy."

¹⁰⁷ Genoemd worden: onduidelijke criteria, korte en inflexibele termijnen en vooral het feit dat het onderzoek en de de toekenning van het uitstel werd toevertrouwd aan de afdeling binnen de milieuadministratie bevoegd voor handhaving. Dit was een afdeling die sceptisch stond t.o.v. het systeem en waar vrij weinig technologische deskundigheid aanwezig was. Ashford e.a. (1985).

¹⁰⁸ Voor Vlaanderen, zie bv. Clarysse e.a. (2000).

¹⁰⁹ Strasser (1999) vat dit samen als volgt: "Familiar technology supplies the reassurance of adequate performance, certainty of results, and low risk to participants (...). This shows through most clearly in the permitting process. Permit writers must decide if an applicant's proposed technology will comply with regulatory standards, and familiar technology is easiest to evaluate. Further, permit writers who stay with familiar technology do not run the risk of writing problem permits that may have adverse career consequences. Because permits are easier to get with known technology, the industry counterpart to the permit writer is most likely to propose it; after all, she has just a great a professional and personal need for reliable performance, with no surprises and violations. Recent survey evidence confirms that technology vendors and users see the permitting process as a major impediment to use of new technology."

¹¹⁰ Een recente Nederlandse analyse van de effectiviteit van zes soorten energiesubsidies concludeerde dat het aandeel investeerders die de investering ook zonder subsidie op hetzelfde moment hadden gedaan, uiteen loopt van verwaarloosbaar klein tot bijna 70% van de aanvragers van een subsidie. Verschillen werden onder meer veroorzaakt door de techniek die wordt gesubsidieerd. Zie de Beer ea (2002).

¹¹¹ Hiervoor bestaan twee redenen. Ten eerste geven mensen en bedrijven omwille van psychologische factoren een groter gewicht aan het initiële investeringsbedrag dan aan de totale kosten over de levensduur van de investering. Ten tweede bestaat er steeds onzekerheid over de toekomstige kostenbesparingen, zeker wanneer deze mee afhangen van overheidsbeslissingen over bv. milieueffingen, waardoor men eveneens een groter gewicht geeft aan het vaststaande initiële investeringsbedrag dan aan de onzekere toekomstige kosten en kostenbesparing.

¹¹² Jaffe en Stavins (1995), Hassett en Metcalf (1995).

¹¹³ Fukasaku (2000a), OECD (1999a), ...

¹¹⁴ Burtraw (2000).

¹¹⁵ OECD (2001b).

¹¹⁶ Voor een overzicht en bespreking van soortgelijke rapporteringsverplichtingen en -programma's, zie Fenerol (2000).

¹¹⁷ bv. in Vlaanderen voor milieubeleidsvereenkomsten wettelijk vastgesteld op maximum 5 jaar.

¹¹⁸ Een voorbeeld hiervan is het effect dat de terugnameplicht o.a. in de Verenigde Staten heeft gehad op de evolutie van het verkopen van producten naar het verkopen van diensten: Interface Carpet bijvoorbeeld verkoopt geen tapijten; zij worden geleased waarna het bedrijf de volledig recycleerbare tapijten terugneemt en verwerkt. Een analoog voorbeeld is de strategie van Xerox om bij het ontwerp van kopieerapparaten zoveel mogelijk recycleerbare materialen en componenten te gebruiken, en om een infrastructuur en een systeem (eveneens via leasing) op te zetten om arraparten terug te nemen. De innovaties blijven wel incrementeel, in de zin dat ze binnen het heersende technologisch traject te situeren zijn.

¹¹⁹ Heaton (2000), Strasser (1999).

¹²⁰ Dit is voor een deel ook te wijten aan het feit dat bedrijven deze technologie in de eerste plaats voor zichzelf willen houden, teneinde deze te kunnen uitspelen in de concurrentie met andere bedrijven.

¹²¹ OECD (2000b).

¹²² Hier kunnen we het voorbeeld van het Energy Star Office programma in de Verenigde Staten vermelden. Dit programma heeft, geleid tot een belangrijke verhoging van de vraag naar energiezuinige kantoorapparatuur (computers, printers, ...) en hierdoor ook tot een ruimer aanbod en kostendalingen. Het programma leidde niet alleen tot een transfer van bestaande technologie naar nieuwe toepassingen (bv. de 'slaapstand' van laptops naar PC's), maar ook tot technologische innovaties doordat het programma gepaard ging met de creatie van een label voor energiezuinige apparatuur, gekoppeld aan een norm die geregeld scherper werd gesteld. Norberg-Bohm (2000b).

¹²³ Dit wil zeggen dat de overheid de 'verkeerde' keuze maakt en daardoor gevangen geraakt in een minder gunstig technologisch traject.

¹²⁴ Eppel (2000).

¹²⁵ De OESO heeft, na zeer veel onderzoek, de impact van milieureglementering op innovatie als volgt samengevat: "Past experience shows that, while driving research, most environmental regulations have resulted in incremental technological improvements rather than true innovation. For the most part, regulatory regimes have been directed towards the adoption of "best available technology", an approach which encourages the adoption of existing technology and "end-of-pipe" pollution control devices. In addition, the tendency to apply stricter standards to new sources (i.e. new plants or equipment) creates an incentive to prolong and modify old technology. Ironically, innovative responses to regulation have been most in evidence when products have been banned; environmentally-superior substitutes emerged to replace PCBs, phosphate detergents, asbestos and CFCs. In the environmental area, technology-driving approaches are needed, which

would include continual updating of standards, surveillance of old technologies, quality or ambient standards rather than design standards, emphasis on preventive rather than control techniques, similar standards for new and existing sources of pollution, waivers or fast-tracks for innovative facilities and products, and greater use of economic instruments and voluntary agreements or "technology compacts" with firms". OECD (1997b).

¹²⁶ Fisher e.a. (1998), Jaffe e.a. (2002).

¹²⁷ Cf. voor Vlaanderen o.a. het Presti-Programma.

¹²⁸ Zie Europese Commissie (2002b).

¹²⁹ Ook het Europese beleid heeft dit mee beïnvloed. Het mededingingsbeleid bv. heeft overheidssubsidiering van investeringen in de economische sectoren mee afgebouwd, maar voor bepaalde domeinen uitzonderingen voorzien, in casu het innovatiebeleid.

¹³⁰ Een externaliteit ontstaat wanneer een actie van één of meerdere producenten of consumenten een positief of negatief effect heeft op de productie- of nutsfunctie van één of meerdere producenten of consumenten, zonder dat naar het effect is gevraagd en zonder dat een financiële uitkering in één of andere richting plaatsheeft.

¹³¹ Een voorbeeld van een negatief externe effect is de geluidsoverlast die het starten en landen van vliegtuigen met zich meebrengt voor omwonenden. Die omwonenden claimen een eigendomsrecht op het economisch goed 'stille'; een recht dat door het vliegverkeer wordt aangetast. In de prijs van een vliegticket is de kostenpost van die aantasting niet opgenomen. De prijs van een ticket vertegenwoordigt niet alle maatschappelijk kosten en het gevolg van die 'valse' prijs is een te hoge consumptie van het betreffende goed: we vliegen te veel. De markt, of ruimer de maatschappij, schiet tekort. Waar er sprake is van dergelijk 'marktfalen', is er een aanleiding voor de overheid om dat falen te corrigeren, door de markt op weg te helpen of met een andere vorm van beleid de marktimperfectie weg te nemen. Als dat lukt, is het externe effect geïnternaliseerd en vertellen prijzen de 'waarheid'.

¹³² Zie de terzake klassieke werken van Arrow (1962) en Baumol (1995).

¹³³ In tal van wetenschappen ontstond vooral na 1950 in toenemende mate interesse voor de systeemleer. De systeembenadering als denkwijze benadrukt de samenhang tussen delen in een omvattend geheel; dit is een interrelatiegedachte en een totaliteitsgedachte. Zie Boulding (1966). Zie voor de toepassing op innovatiebeleid bv. Smith (1996) en OECD (1997a).

¹³⁴ Larosse (1997).

¹³⁵ Heaton (2002).

¹³⁶ Heaton (1999), Kemp (2002).

¹³⁷ Jaffe e.a. (2002). Dit is geen vorm van marktfaling, maar de manifestatie van de vermelde kenmerken die voor grotere onzekerheid en risico's zorgen.

¹³⁸ Pearce (2002) stelt hierover het volgende: "This is perhaps the true role for technology policy. First, environmental policy and technology policy have to be seen as closely complementary: a dominant justification for technology policy is the environmental gains it will bring and thus the gain in human well-being. The justification for technology policy would be less the conventional productivity effects than the maximising of human well-being. In turn, the justification of environmental policy is the same achievement of non-market well-being, but also the longer-run indirect effects of environmental improvement on health and intelligence, and hence productivity generally. Second, technology policy has to overcome the problems of "atomised" decision making. Cost reductions are essential if renewable technology is to compete, but cost reductions require concerted action. The decentralised market is unlikely to provide that. Zie in dezelfde zin Kemp (2000).

¹³⁹ Deze intentie werd nadien hernomen in de beleidsnota wetenschaps- en technologiebeleid 1999-2004 en in de navolgende beleidsbrieven van de bevoegde minister. De Vlaamse Regering besliste bovendien op 16 maart 2001 dat duurzame ontwikkeling de leidraad wordt in het toekomstproject Kleurrijk Vlaanderen en dat milieu- en natuurdoelstellingen op een proactieve wijze geïntegreerd moeten worden in alle beleidsdomeinen. In het Pact van Vilvoorde onderschreven de Vlaamse regering en de sociale partners een beleid dat uitgaat van duurzame ontwikkeling.

¹⁴⁰ Naast de nieuwe DTO-regeling van het IWT is er in het kader van de SBIC-regeling een speciaal compartiment investering in duurzame ondernemingen inde maak. Deze 'Small Business Investment Company'-regeling is vanuit de VS overgewaaid en heeft tot doel het risicokapitaal aan te moedigen. De Vlaamse regeling krijgt de roepnaam "Arkimedes", waarbij ARK staat voor "Activering Risicokapitaal Vlaanderen". Een investeringsvennootschap of een durfkapitaalfonds die durfkapitaal ter beschikking stelt van een startend of doorgroeiend bedrijf in Vlaanderen, kan, naast het bedrag dat ze uit eigen middelen inbrengt, tegen gunstige voorwaarden eenzelfde som lenen bij de overheid (het op te richten KMO-Financieringsagentschap). Het geld van het KMO-Financieringsagentschap zelf is niet afkomstig van de overheid maar van de particulieren die aandelen kopen bij het KMO-financieringsagentschap.

¹⁴¹ Een project kreeg een pluspunt indien de bijdrage tot duurzame ontwikkeling bij valorisatie op het vlak van milieu, arbeidsomstandigheden, veiligheid, gezondheid of overige doelstellingen van Agenda 21 de hoofddoelstelling uitmaakt van het IWT-project. Bij aantoonbare en vermijdbare negatieve effecten op het vlak van duurzame ontwikkeling kreeg het project een minpunt. Naast het feit dat aan de indieners geen duidelijke argumentatie terzake werd gevraagd, bleek de beoordeling niet op een eenduidige wijze te gebeuren door de wetenschappelijk adviseurs.

¹⁴² Meer bepaald moet het project gericht zijn op één of meerdere van de volgende zeven doelstellingen, naast eventueel andere innovatiedoelstellingen: grondstoffenbesparing, energiebesparing, vermindering van emissies van milieubelastende stoffen (o.m. door vermijden of reduceren van gebruik giftige stoffen), afval en andere milieuhinder verminderen (restcategorie van milieubelastende effecten, bv. geluid, geur, licht, elektromagnetische straling), gebruik van hernieuwbare hulpbronnen (grondstoffen en energiebronnen) vermeerderen ter vervanging van niet-hernieuwbare, hergebruik van grondstoffen stimuleren door de recycleerbaarheid en/of hergebruik van materialen en producten te verhogen (sluiten van de stofkringloop in de keten van grondstof via productieproces tot product naar afval), verlenging van de levensduur van producten en processen (hogere kwaliteit met het oog op een langere benutting).

¹⁴³ Met name kan een project gekwalificeerd worden als een project met bijdrage tot DTO wanneer de globale ecobalans bij valorisatie, in relatie met de genoemde innovatiedoelstellingen en ten opzichte van de te substitueren activiteiten en technologieën, een verbetering beoogt in een orde van grootte van 30 %, of indien een verbetering van de milieuperformantie van Best Beschikbare Technologie kan worden aangetoond. Bij twijfel hierover moet de bijdrage tot DTO nog verder geobjectiveerd worden d.m.v. een kwantitatieve onderbouwing van de vermeden milieuschade (uitgedrukt in monetaire termen op basis van de eco-indicatormethode) afgewogen t.o.v. de toegekende steun. Indien een ratio van minimum 4 kan aangetoond worden voor de verhouding vermeden milieukosten/steun, is dit voor het IWT voldoende zijn om specifieke stimulerende modaliteiten toe te kennen. Projecten die bij valorisatie (ernstige) potentiële problemen stellen t.o.v. de vigerende of toekomstige milieuwetgeving worden van alle innovatiesteun uitgesloten.

¹⁴⁴ Zie bv. David e.a. (2000), Meeusen e.a. (2000).

¹⁴⁵ In de OESO-landen bedroeg de reële groei van de uitgaven voor O&O 35% tussen 1993 en 1998 (Fukasaku, 2000a).

¹⁴⁶ Zie terzake ook de vele Europese programma's voor O&O naar milieu- en energietechnologieën.

¹⁴⁷ Boekholt (2002). Vlaanderen lijkt hierop met het nieuwe DTO-programma de uitzondering op de regel te zijn. Eerder dan de duurzame technologische ontwikkeling op te sluiten in afgezonderde actieprogramma's werd ervoor geopteerd om deze projecten te integreren in het volledige arsenaal van steun aan technologische innovatie. Om die reden zijn impulsprogramma's voor de regering niet langer een prioritaire ondersteuningsvorm. Voor een evaluatie van het Vlaamse DTO-programma is het echter nog te vroeg.

¹⁴⁸ OECD (2001c) en Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (1999).

¹⁴⁹ In de OESO-landen wordt 2% van het totale O&O-budget besteed aan milieu. Het aandeel stijgt tot 5% indien ook het milieugerichte onderzoek in de beleidssectoren energie en landbouw wordt meegerekend. In het 6^e O&O kaderprogramma van de EU dat in 2003 start, is 4% van het totale budget bestemd voor milieuonderzoek. Indien daar ook het energie- en transportonderzoek (excl. nucleair) wordt bijgeteld, stijgt het percentage tot 13%.

¹⁵⁰ Ayres (1989) bekritiseert deze situatie. Hij stelt dat er zeer veel geld werd besteed aan O&O in nucleaire energie, zonder dat dit tot veel reële kostenbesparingen heeft geleid. Hetzelfde geldt voor onderzoek naar kolentechnologie. Aan de andere kant hebben alternatieven met een hoog potentieel milieurendement en het grootste potentieel voor snel dalende kosten (wind en fotovoltaïsche energie), zowel publiek als privaat weinig geld voor O&O gekregen.

¹⁵¹ IEA (2001a) en IEA (2001b).

¹⁵² IEA (2001b).

¹⁵³ Fukasaku (1998)

¹⁵⁴ Op basis van het horizontaal begrotingsprogramma wetenschapsbeleid en de detailanalyse uitgevoerd voor milieu in de speurgids 2000. Deze laatste kredieten omvatten wetenschaps- en technologie-uitgaven inzake milieu van AMINAL, VMM, OVAM, VLM, Aquafin, IN, IWB, TWOL, PBO, IMEC, VITO, FWO en IWT.

¹⁵⁵ Vervliet (2000).

¹⁵⁶ Alle projecttypen excl. specialisatiebeurzen.

¹⁵⁷ De eerste analyse gebeurde op basis van technologiecodes voor alle projecten van het IWT (uitgezonderd specialisatiebeurzen) en omvatte enkel de pure milieu- en energietechnologie. De geciteerde cijfers voor de tweede latere analyse, over een ander tijdsperiode, slaan enkel op de projecten ingediend door bedrijven, KMO's en grote bedrijven, en gaan over alle soorten technologieën (dus niet enkel milieu- en energietechnologie).

¹⁵⁸ Veugelers (2000). Dit betekent niet dat het aandeel van milieutechnologische projecten van die orde is omdat ook bedrijven met andere kerndomeinen ook milieutechnologische projecten uitvoeren. Zo staan ondernemingen die 'materiaaltechnologie' als kerndomein opgeven, goed voor 7,3% van het totale budget, dicht bij eco-efficiënt O&O.

¹⁵⁹ Bourdeaud'hui (1998). Voor nieuwe of sterk verbeterde materiaaleigenschappen is dit 10,7% van de totale populatie, ook voor het merendeel zelf ontwikkeld.

¹⁶⁰ De Jong e.a. (1985), Olsthoorn e.a. (1992), Kemp (1997).

¹⁶¹ Cramer e.a. (1990).

¹⁶² Aarts (1997, 1998)

¹⁶³ Van As e.a. (2002).

¹⁶⁴ Kemp (2002). In het DTO-programma waren meer algemeen culturele en structurele factoren niet op een systematische manier geïntegreerd in de aanpak.

¹⁶⁵ Naast deze rechtstreekse minderheidsparticipaties in bedrijven gebeurt de verstrekking van risicokapitaal tevens onder de vorm van investeringsfondsen. Verder heeft de VMH ook een holdingfunctie. Dit laatste betreft participaties in ondernemingen die een belangrijke bijdrage leveren tot de bouw- en/of exploitatie van milieu-infrastructuur (Aquafin, Indaver, ...), en zijn dus minder gericht op ondersteuning van nieuwe technologieën. De rol van de VMH is evenwel grondig herbekeken door de Vlaamse regering.

¹⁶⁶ Van Speybroeck (2001).

¹⁶⁷ In het verleden is er inderdaad vaak veel tijd verlopen vooraleer er daadwerkelijk een oplossing werd gegeven aan milieuproblemen. Dit heeft verschillende oorzaken. Ten eerste deels is het milieubeleid zelf vaak gradueel en geleidelijk, en wordt het beperkt door de op dat moment beschikbare technologieën. Ten tweede hebben de technologieën zelf tijd nodig om tot ontwikkeling te komen. Ten derde is, zelfs wanneer nieuwe technieken snel ontwikkeld worden, en behalve wanneer het gaat om technieken die goedkoop zijn en gemakkelijk in te voeren, het tempo waartegen technologieën worden vernieuwd begrensd door de economische levensduur van de bestaande en meer vervuilende kapitaalvoorraad. Ten vierde kan de zgn. technologische infrastructuur, zoals het transportsysteem en de brandstofvoorraad, de reikwijdte en het potentieel aan individuele technologische opties voor decennia lang vastleggen.

¹⁶⁸ Kemp e.a. (2000b), Ashford (2000).

¹⁶⁹ MEZ (2002). De Nederlandse Energieraad stelt in dit verband dat de overheid moet zorgen voor een klimaat waarin het voor de lange termijn vereiste onderzoek naar o.a. de energie-infrastructuur van de grond komt, en dat de toezichthouder (bij ons de CREG en VREG) in het tarievenbeleid voldoende ruimte moet scheppen voor netbeheerders en systeemoperators om het noodzakelijke onderzoek te kunnen verrichten.

¹⁷⁰ Overigens kunnen incrementele innovaties ook belangrijke stapstenen zijn voor systeeminnovaties.

¹⁷¹ Strikt genomen kunnen transities niet worden "gemanaged". Pas achteraf valt vast te stellen hoe veranderingsprocessen zijn verlopen en welke de resultaten daarvan zijn geweest. Transities zijn immers de resultante van een groot aantal technologische en maatschappelijke ontwikkelingen. Het is een illusie dat we al die factoren in de hand kunnen houden en al de beslissingen van talrijke individuen en organisaties kunnen sturen. Transitie management is dus geen nieuw gecentraliseerd planningsinstrument voor de creatie van een duurzaam technologisch en maatschappelijk systeem. Het is geen terugkeer naar 'maakbaarheid van de samenleving' of 'de toekomst als blauwdruk', maar is evenmin 'laissez faire'.

¹⁷² SER (2001).

¹⁷³ Persoonlijke mededeling Jan Larosse (IWT).

¹⁷⁴ Naast milieugerichte technologische innovaties zijn immers nog tal van andere innovaties van belang voor de realisatie van maatschappelijke doelen en voor het concurrentievermogen van industrieën en landen, ook op langere termijn.

¹⁷⁵ In het verleden werden milieu- en energieinnovaties vaak gepromoot via specifieke programma's, die dikwijls niet of slecht geïntegreerd waren met het reguliere innovatiebeleid. In het milieubeleid leiden nieuwe aandachtspunten vaak eveneens tot de creatie van aparte commissies, cellen of instrumenten die zich vervolgens met de uitwerking van oplossingen moeten bezighouden. De ervaring met deze aanpak is niet steeds positief. Er is sprake van een versnipperd en onsamenhangend beleid dat niet effectief is. Er zijn immers slechts wijzigingen in de marge mogelijk, zonder veel invloed op de 'mainstream' praktijk in het milieu- en innovatiebeleid. Dit kan gemakkelijk leiden tot tegenstrijdige signalen.

¹⁷⁶ Naar Schein (1980).

¹⁷⁷ SER (2001)

¹⁷⁸ Dit blijkt o.a. uit instrumenten zoals Joint Implementation (JI) en Clean Development Mechanism (CDM), waarbij eigen milieu- en energiedoelstellingen via projecten in het buitenland invulling krijgen (al hebben deze veelal betrekking op diffusie van bestaande technologie en minder op onderzoek en innovaties). Een ander voorbeeld is dat door de liberalisering van de energiemarkten en de komst van multinationale 'energie-reuzen' vaak het nationale energie-O&O verkleint, en een verschuiving plaatsvindt van nationaal naar Europees of mondiaal georiënteerd onderzoek.

¹⁷⁹ MEZ (2002).

¹⁸⁰ Birol e.a. (2000).

¹⁸¹ IEA (2002), Kemp (2002), ...

¹⁸² Een illustratie daarvan is het recente ontwerp uitvoeringsbesluit van de Vlaamse regering tot wijziging van de milieuvorwaarden waaraan hinderlijke inrichtingen moeten voldoen (Vlarem) en het recente ontwerp programmadecreet waarin de reglementering inzake groene stroomcertificaten werd aangepast. In beide gevallen gaat het om een versoepeling van de wetgeving nadat was gebleken dat de geldende reglementering niet haalbaar was of problemen opleverde.

¹⁸³ Meer algemeen is het noodzakelijk dat het milieubeleid meer georiënteerd wordt op het vinden en ondersteunen van oplossingen en niet alleen op het in kaart brengen en reguleren van problemen. In dit verband wordt door meerdere auteurs (o.a. Heaton, Strasser, ...) gesteld dat het milieubeleid en de wijze waarop de milieuadministratie is georganiseerd nog te veel georiënteerd is op de afzonderlijke milieucompartimenten (water, bodem, lucht, afval, ...). Zij pleiten voor 'multimedia' benadering en voor een andere structurering van de overheidsadministratie die meer uitgaat van doelgroepen en industrietakken. Ook beleidsindicatoren zoals in MIRA zijn vooral gericht op het opvolgen van problemen, niet van oplossingen.

¹⁸⁴ Ashford (2000).

¹⁸⁵ Geels (1999). De scenario's hier bedoel betreffen vooral socio-technische scenario's die de kloof dichten tussen technologieverkenningen op sectoraal vlak enerzijds en macro-economische scenario's anderzijds.

¹⁸⁶ EC (2002a).

¹⁸⁷ Illustratief in dit verband is de lange gemiddelde levensduur van kapitaalgoederen: elektrische toepassingen (5-20j), huishoudelijke verwarming en koeling (10-20j), auto's, vrachtwagens, bussen (10-25j), commerciële verwarming en koeling (10-30j), industriële productiefaciliteiten (10-40j), elektriciteitscentrales en -transmissie (30-50j), transport, ruimtelijke infrastructuur, residentiële en commerciële gebouwen (40-200j), enz. Dearing (2000a) en IEA (2002).

¹⁸⁸ IEA (2002).

¹⁸⁹ Europese Commissie (2002a).

¹⁹⁰ In navolging van de Nederlandse SER kan worden gedacht aan "Deltaplannen", of een gerichte en gecoördineerde ontwikkeling, implementatie en verspreiding van technologie op een paar hoofdknelpunten van beleid: een koolstofarme energiehuishouding, een duurzaam verkeer en vervoerssysteem en een duurzame landbouw. Er kan echter ook aan concretere onderwerpen worden gedacht zoals de stimulering van energie-, water- en materie cascades op lokaal niveau, bv. op bedrijventerreinen.

¹⁹¹ Belangrijke verkenningen rond milieu- en energietechnologieën zijn reeds gebeurd in Japan, Duitsland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk, de Verenigde Staten, Australië en Nederland. Ook in Vlaanderen werd recent een technologieverkenning uitgevoerd, o.a. voor nieuwe materialen en energie. Zie o.a. Oldenburg (1999), OECD (1999b), Williams (2000), EC (2002a), ... Zie over technologieverkenningen in het algemeen bijvoorbeeld Van Langenhove (2002), Barré (2002), ...

¹⁹² Persoonlijke mededeling Jan Larosse (IWT).

¹⁹³ Volgens de transitietheorie (bv. Rotmans e.a., 2000) verschillen de rollen en acties van partijen, en ook van de overheid, naargelang de fase waarin de transitie zich bevindt. Zo zal de primaire taak van de overheid in de beginfase van het transitieproces vooral bestaan uit het begeleiden van maatschappelijke processen en het creëren van passende instituties om de samenwerking tussen verschillende actoren (waaronder de overheid zelf) te bevorderen. In de beginfase fungeert de overheid ook als aanjager van technologische ontwikkelingen, bijvoorbeeld via gerichte investeringen, ondersteuning van experimenten en het aangaan van tijdelijke publiek-private allianties. In het Nederlandse NMP4 worden de verantwoordelijkheden van de overheid in het transitieproces samengevat in vijf punten: een consistente set van operationele doelstellingen die de investeringsfase ondersteunen, adequate instituties en instrumenten die de transitie ondersteunen en bewerkstelligen, andere randvoorwaarden die in de investeringsfase in acht moeten worden genomen (bv. geen afwenteling op andere milieuthema's), een goedgevulde portfolio van (technologische)oplossingen, en een voldoende sense of urgency bij betrokkenen om de investeringsfase in te gaan.

¹⁹⁴ Door het Nederlandse Ministerie van Economische Zaken wordt hiervoor het volgende beeld gebruikt: "We organiseren een reis. Het reisdoel is aantrekkelijk maar vaag: 'het zuiden'. Voor die reis zoeken we reisgenoten. Waar we in het zuiden heengaan is nu nog niet helemaal duidelijk en ook niet zo belangrijk: de een wil naar Rome, de ander naar Porto of direct door naar Afrika. Ieder kiest een eigen vervoermiddel, want we weten nog niet welk vervoer het meest geschikt is: trein, vliegtuig, auto, fiets, lopen. We kunnen nog niet zeggen hoe lang de reis gaat duren en waar die gaat eindigen. Na verloop van tijd stoppen we in een internetcafé om met onze reispartners te bezien of ze op de goede weg zijn en of er al wat meer duidelijkheid is over het geschikte vervoermiddel. En door een kaartje naar huis te sturen bewegen we misschien de achterblijvers om ook op reis te gaan ... We = de overheid; het zuiden = een duurzame energiehuishouding in brede zin; reisgenoten = markt- en andere partijen die initiatieven willen nemen; de een wil naar Rome, etc. = elke partner kan eigen doeleinden hebben; ieder kiest een vervoermiddel = opties open houden, geen (techniek-)keuze vooraf; zien of we op de goede weg zijn = al doende leren en periodiek het doel bijstellen; een kaartje naar huis sturen = successen en ervaringen communiceren.

¹⁹⁵ Het internationale onderzoek naar transitieprocessen wordt gecoördineerd via het mondiale onderzoeksprogramma International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP). Zie tevens Kemp (1999a en 1999b), VROM (2000) en SER (2001).

¹⁹⁶ De reductie van milieubelasting is op uiteenlopende wijzen te bereiken. Alle reductie kan worden bereikt aan de productiekant door bijvoorbeeld auto's te maken die 20 keer zo zuinig zijn. Behalve dat die 20-voudige reductie misschien niet haalbaar is en dat 20 keer zo zuinige auto's niet de andere problemen oplossen die verbonden zijn aan grootschalige automobiliteit (o.a. files, ruimtebeslag/natuurverlies door auto's en wegen), is een aanpak van alleen de productiekant niet fundamenteel en vernieuwend genoeg. Een fundamenteelere oplossing is mogelijk als de behoefte waar het om gaat nader wordt geanalyseerd. Als men wil dat de behoefte van mensen om zich te verplaatsen van A naar B twintig keer zo efficiënt wordt vervuld kan men zich afvragen waarom mensen zich willen verplaatsen. Als dat is om iemand te ontmoeten, om boodschappen te halen of een kind naar school te brengen, zijn daarvoor op langere termijn ten dele andere oplossingen te bedenken. Deze alternatieven vereisen dat deze behoeften op een andere manier worden vervuld.

¹⁹⁷ Duurzame toekomstbeelden kunnen met de volgende werkvormen worden gemaakt: creativiteitssessies, interviews, essays, deskstudies, prijsvragen, buurtsessies of andere participatieve methoden, zoekconferenties, scenarioworkshops, beleidssimulaties, enz. Zij kunnen resulteren in een toekomstbeeld via essays en andere teksten, maar o.a. ook via tekeningen of schetsen, landkaarten, strips, enz.

¹⁹⁸ Officieel wordt eerst een duurzame toekomstoriëntatie gemaakt en dan pas teruggedeneerd, maar in de praktijk wordt bij het maken van een duurzaam toekomstbeeld ook al vooruit- en teruggedeneerd en is backcasting ook een kwestie van afwisselend vooruitblikken en terugredeneren. In Nederland is aan backcasting gedaan door o.a. onderzoek uit te (laten) voeren, essays te laten schrijven, en workshops te organiseren.

¹⁹⁹ Voorbeeld: Welke reductie van broeikasgasemissies is haalbaar in Vlaanderen en in Europa in het jaar 2050 met het huidige beleid (BAU) en met een verscherping van dat beleid?

²⁰⁰ Voorbeeld: Stel dat in Vlaanderen en in Europa in het jaar 2050 een reductie van broeikasgasemissies van 80% is gerealiseerd ten opzichte van het emissieniveau van 1990, welke maatregelen zijn er dan genomen om dit te bereiken? Dit hoeven niet alleen technologische innovaties te zijn. Het kunnen ook culturele of structurele aspecten betreffen.

²⁰¹ Ook in o.a. Duitsland, Zweden, Noorwegen, Denemarken, Zwitserland, de Verenigde Staten en Australië is veel belangstelling voor deze aanpak.

²⁰² In veel gevallen werd een technologische route onderzocht en is men aangelopen tegen culturele en structurele barrières om met technologie de milieubelasting met factor 20 te reduceren. Er waren dus maatschappelijke belemmeringen voor de ontwikkeling of invoering van technologie. Marktpartijen blijken bereid zijn tot het maken van afspraken over concrete deeltrajecten mits de trajecten een looptijd hebben van niet meer dan tien jaar; het financiële risico op redelijke termijn opweegt tegen te behalen financiële voordeel; de overheid zich actief toont in het wegnemen van (institutionele en andere) en de belemmeringen die het experimenteren met transitietrajecten in de weg staan; en de overheid zich een betrouwbare partner toont, met één mond spreekt en bestaande afspraken nakomt en levend houdt, en o.m. de zekerheid biedt dat fiscale en andere financiële regels waarmee gerekend wordt voor langere tijd in stand blijven.

²⁰³ Bijvoorbeeld van organisatie-sociologisch onderzoek naar de drijvende krachten binnen bedrijven om een proces op gang te brengen in de richting van aanzienlijke eco-efficiëntie verhogingen; bedrijfseconomisch onderzoek naar de condities waaronder verdergaande eco-efficiëntie verhogingen en competitieve voordelen samengaan; bestuurskundig onderzoek naar de wijze waarop externe stakeholders (inclusief overheden) zo effectief en efficiënt mogelijk kunnen bijdragen aan de stimulering van verdergaande eco-efficiëntie verhogingen; technologisch onderzoek naar de concretisering van duurzaamheidsstrategieën op een beperkt aantal, zorgvuldig gekozen speerpunten; demonstratieprojecten die eco-efficiëntieverbetering met een 'factor 4' en hoger beogen, ...