

# VERDIEPING TRANSITIEPADEN

## Eindrapport 1: Analysekader (CONCEPT, Februari 2006)

### Opdracht van het Ministerie van EZ Nr 1-3664, d.d 26 juli 2005

#### Projectteam:

Erik Lysen (coördinatie)<sup>1</sup>  
Sander van Egmond (coördinatie)<sup>1</sup>

Marc Londo<sup>2</sup>  
Andre Wakker<sup>2</sup>

Kay Damen<sup>3</sup>  
André Faaij<sup>3</sup>  
Barbara Hermann<sup>3</sup>  
Martin Junginger<sup>3</sup>  
Martin Patel<sup>3</sup>

Rogier Coenraads<sup>4</sup>  
Ernst Worrell<sup>4</sup>

Esther Luiten<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Utrecht Centrum voor Energieonderzoek (UCE)

<sup>2</sup> Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)

<sup>3</sup> Universiteit Utrecht, sectie NW&S

<sup>4</sup> Ecofys

<sup>5</sup> Luiten



**Inhoudsopgave**

<b>Inleiding .....</b>	<b>4</b>
<b>Doel en opzet van het analysekader .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Technologische en maatschappelijke aspecten ....</b>	<b>9</b>
<b>2. Markt en beleid .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Effecten op de energiehuishouding .....</b>	<b>13</b>
<b>4. Technische invulling en kosten .....</b>	<b>17</b>
<b>Bijlage: Basisgegevens uit de referentieramingen ..</b>	<b>20</b>

## Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken werkt aan de transitie naar een duurzame energiehuishouding. Op basis van marktconsultaties zijn vijf thema's voor die transitie benoemd: efficiënt en groen gas, groene grondstoffen, ketenefficiency, alternatieve motorbrandstoffen, duurzame elektriciteit. Elke thema bestaat op zijn beurt uit een aantal 'transitiepaden'. Voor elk van de genoemde vijf thema's zijn publiek-private platforms geformeerd. Deze hebben onder meer tot taak om de aangegeven transitiepaden verder te ontwikkelen (te 'verdiepen') en eventueel nieuwe paden te formuleren. EZ wil de platforms bij deze taak laten ondersteunen door het onderhavige onderzoek naar de verdieping van een beperkt aantal transitiepaden.

In overleg met de Platformvoorzitters zijn door het Ministerie van EZ de volgende transitiepaden uitgekozen voor nadere verdieping:

**Thema 1: Nieuw Gas (voorheen: Efficiënt en Groen Gas)**

- 1.1 Energiebesparing Glastuinbouw
- 1.2 Aardgas lokale micro WKK
- 1.3 Waterstof stationair

**Thema 2: Ketenefficiency**

- 2.1 Papier industrie
- 2.2 Algen en Wieren

**Thema 3: Groene Grondstoffen\***

- 3.1 Bio-ethanol
- 3.2 Witte biotechnologie
- 3.3 Pyrolyse

**Thema 4: Alternatieve motorbrandstoffen**

- 4.1 CNG voor mobiliteit

*\* In de loop van het onderzoek is in overleg met de opdrachtgever afgesproken om de onderwerpen van thema 3, Groene Grondstoffen, na de eerste inventarisatie niet verder te verdiepen. De reden hiervoor is dat het Platform Groene Grondstoffen begin oktober 2005 heeft besloten tot geheel andere indeling van het thema, waarbij deze kleinere paden opgaan in een groter geïntegreerd pad. Hiervan zijn de contouren bekend, maar het pad dient nader te worden uitgewerkt. Het leek het team daarom niet zinvol aan deze drie oorspronkelijke kleine paden nog een verdere verdieping te geven.*

### **Werkproces**

Het onderzoek bestond uit vier onderdelen: (1) inventarisatie van het beschikbare materiaal, (2) verdieping van de paden, (3) opstellen van een analysemethode en (4) de eindrapportage.

Er zijn diverse gesprekken gevoerd met "stakeholders" van de verschillende paden en er heeft per pad een literatuurstudie plaatsgevonden.

De verdieping van de transitiepaden en de uitwerking van het analysekader zijn tot stand gekomen in een iteratief proces. Vandaar ook dat de structuur van de beschrijving van de paden niet overeenkomt met de uiteindelijke vorm van het analysekader. Indien de gesprekken met de stakeholders waren gedaan met de eindversie van het analysekader, in plaats van met een tussenversie, waren de gesprekken wellicht scherper gestructureerd geweest en nog nuttiger geweest voor de verdieping van de transitiepaden. Anderzijds is het een voordeel

gebleken voor de uitwerking van het analysekader: door eerste versies van het analysekader meteen toe te passen in de praktijk werd snel duidelijk wat wel en niet goed toepasbaar was. Hierdoor is de kwaliteit van het uiteindelijke kader waarschijnlijk beter dan het geval was geweest bij gescheiden ontwikkeling en toepassing.

### ***Team***

Het onderzoek werd uitgevoerd door een consortium bestaande uit medewerkers van ECN, Ecofys, sectie NW&S van de Universiteit Utrecht en mevr. Luiten, en stond onder leiding van het Utrecht Centrum voor Energieonderzoek (UCE).



## Doel en opzet van het analysekader

Het doel van het analysekader is om een beeld te creëren van de belangrijkste kenmerken van een transitiepad, zowel wat betreft de fysieke potentiële van een pad als de maatschappelijke ontwikkelingen waarin het pad past. Daarbij speelt het in kaart brengen van meerwaarden, knelpunten en of mogelijke verdere ontwikkelingen van transitiepaden een belangrijke rol. Idealiter is na het beantwoorden van de vragen duidelijk welke knelpunten zich binnen de ontwikkeling van het transitiepad kunnen voordoen, maar ook waar hiaten in de kennis over het beoogde transitiepad bestaan. Daarmee vormt het analysekader een basis voor verdere activiteiten rond het pad.

Het analysekader is ontworpen om een grote diversiteit van transitiepaden te beoordelen. De te beoordelen transitiepaden zullen qua karakter waarschijnlijk sterk van elkaar verschillen. Zo zijn er bijvoorbeeld inherente verschillen tussen paden die op energieaanbod en paden die op energievraag zijn gericht. Daarnaast zijn er transitiepaden, waarvan de implementatie waarschijnlijk binnen enkele jaren kan beginnen, terwijl er ook 'prille' transitiepaden zijn, waarvan de marktimplementatie waarschijnlijk nog decennia zal duren. Door het generieke karakter van het analysekader zullen sommige vragen voor 'prille' transitiepaden moeilijk te beantwoorden zijn.

Aangezien paden met relatief beperkte inspanning met het kader geanalyseerd moeten kunnen worden is het hiernavolgende analysekader een compromis tussen diepgang en uitvoerbaarheid. Het kader moet mogelijke lacunes in kennis over de potenties van een pad opsporen, om zo richting te geven aan de uitwerking van extra inspanningen van het pad.

Het analysekader bestaat uit vier delen:

1. technologische en maatschappelijke aspecten
2. markt en beleid
3. effecten op de energiehuishouding
4. technische invulling en kosten

Bij elk van deze delen wordt een aantal kwalitatieve en kwantitatieve deelvragen gesteld.

Het analysekader wordt gebruikt en ingevuld door partijen die bij het transitiepad betrokken zijn, bijvoorbeeld leden van de transitieplatforms.

Vervolgens zullen de aangeleverde gegevens gebruikt worden om het transitiepad op verschillende onderdelen met behulp van indicatoren te vertalen in een aantal kwantitatieve scores. Deze worden uiteindelijk in een scorekaart geaggregeerd. Bij elk onderdeel van het analysekader zal daarnaast ter onderbouwing ook een korte samenvatting gemaakt worden, met de kernpunten en eventuele hiaten van het onderdeel. Dit interpretatiekader is een los document van het analysekader. Het wordt aanbevolen om de interpretatie door een externe (eventueel internationale) deskundige te laten uitvoeren, die niet direct bij het transitiepad betrokken is, maar wel kennis van zaken heeft.

Een cruciaal onderdeel van alle vragen is de onderbouwing van de antwoorden, ondersteund door argumenten en referenties. De kwaliteit van de gebruikte informatie is van groot belang. Gezien het karakter van transitiepaden zal er altijd een kleinere of grotere mate van onzekerheid bij de antwoorden horen. Deze onzekerheid is niet op voorhand slecht, maar wordt in de resultaten wel duidelijk aangegeven, door middel van kleurcoderingen. Een van de doelen van deze exercitie is het in kaart brengen van kennishiaten; het niet of gedeeltelijk kunnen beantwoorden betekent dus niet direct een negatieve beoordeling van het pad op dit punt, maar geeft wel aan dat hier verdere kennisontwikkeling noodzakelijk is.

### **Werkwijze bij het invullen van het analysekader**

In eerste instantie zal literatuuronderzoek de benodigde basiskennis over een transitiepad opleveren. Voor de gedetailleerde beantwoording van de vragen is ook kennis nodig van stakeholders en deskundigen. Dit kunnen leden zijn van het transitieplatform, maar bij voorkeur ook andere deskundigen uit industrie en wetenschap.

Als referentiekader voor de kwantitatieve gegevens met betrekking tot energiepotentiëlen (in PJ) worden de getallen uit de referentieramingen<sup>1</sup> van ECN gehanteerd. De belangrijkste te gebruiken gegevens zijn hiervoor samengevat in de bijlage.

Het beantwoorden van de vragen zal gedeeltelijk iteratief verlopen: sommige resultaten van latere vragen zullen verdere inzichten voor het beantwoorden van eerdere vragen opleveren. De indeling en volgorde van het kader moeten dan ook niet worden gezien als 'de' volgorde om het kader door te werken.

---

<sup>1</sup> Referentieramingen energie en emissies 2005-2020. A.W.N. van Dril, H.E. Elzenga (coord.), 2005, te downloaden op: <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/c05018.pdf>



# 1. Technologische en maatschappelijke aspecten

## 1.1 Omschrijf de transitie

- Wat is de ambitie van het transitiepad?
- Wat is de vernieuwing?
- Op welk termijn kan dit transitiepad volledig gerealiseerd worden?
- Wat is het resultaat wanneer het pad volledig gerealiseerd is?
- Binnen welke algemene ontwikkelingen past deze transitie? Denk bij voorbeeld aan diverse scenario's, zoals geschetst door de referentieramingen of de IPCC.
- Hoe lang loopt dit transitiepad al, wat is er tot nu toe bereikt binnen dit transitiepad, en binnen welke ontwikkelingen past het?
- Welke andere complementaire of concurrerende transitiepaden zijn er?
- Hoe kunnen deze andere transitiepaden het geschetste resultaat van het voorgestelde transitiepad beïnvloeden?

## 1.2 Omschrijf de technologische veranderingen

- Welke (huidige) opties<sup>2</sup> vervangt het pad?
- Van welke opties maakt het transitiepad gebruik?
- In hoeverre is er al fysieke infrastructuur beschikbaar, die voor de ze optie gebruikt kan worden?
- Wat zijn eventueel noodzakelijke tussenstappen of –stadia om tot technische realisatie van het transitiepad te komen?
- Is het pad een goede tussenstap richting nog ingrijpendere vernieuwingen, of zorgt het juist voor “lock-in” effecten die andere vernieuwingen zullen belemmeren?
- Is er interactie tussen verschillende transitiepaden? Zo ja, hoe ziet deze interactie eruit, en is er sprake van versterking/ verzwakking?

Voorbeeld van een geschikte tussenstap: als de aanname over het eindbeeld is dat methaangas uit biomassa op termijn een belangrijke brandstof voor auto's gaat worden, is het een goede tussenstap om op korte termijn op (fossiel) aardgas te gaan rijden: de infrastructuur is dan al enigszins voorbereid op de overstap naar gasvormige brandstoffen.

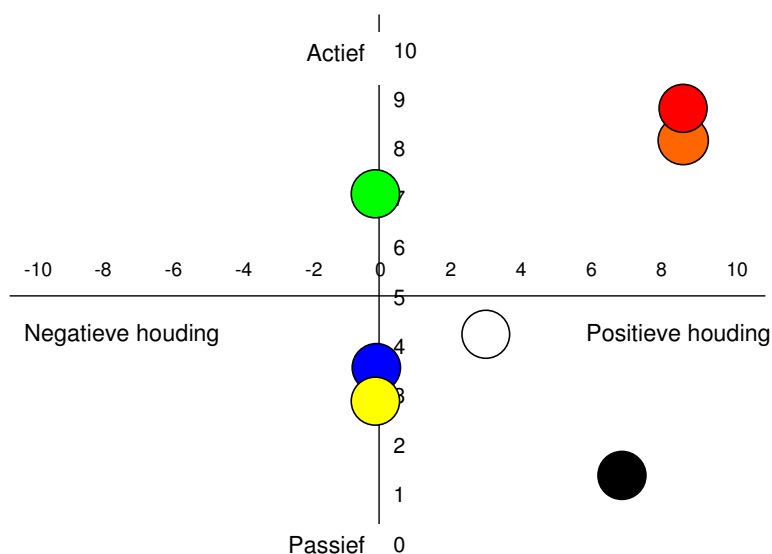
Hetzelfde voorbeeld zou echter ook lock-in effecten kunnen opleveren: wanneer de brandstofvoorziening compleet wordt toegespitst op methaan uit biomassa en later blijkt dat een andere, vloeibare brandstof op termijn beter presteert, kan het zijn dat de introductie van deze brandstof moeilijk verloopt omdat de infrastructuur er niet geschikt voor is.

---

<sup>2</sup> In dit analysekader wordt het woord “optie” als synoniem gehanteerd voor ‘technologie’.

### 1.3 Stakeholders

- Welke partijen zijn nodig voor het slagen van het transitiepad?
- Welke partijen daarvan zijn wel of juist niet betrokken bij het transitiepad, en zo ja, hoe?
- Geef het belang en positie van alle verschillende stakeholders weer in een krachtenveldanalyse:
  - Geef de diverse stakeholders een gewicht tussen 1 en 10 mee dat hun relatieve belang voor het slagen van het pad uitdrukt (dus niet hun belang *bij* het pad).
  - Geef in onderstaande figuur weer waar de verschillende partijen staan: of ze positief of negatief zijn, en actief of passief
  - beargumenteer de gewichten en posities in het schema.



*Voorbeeld van een mogelijke krachtenveldanalyse*

## 2. Markt en beleid

### 2.1 Marktpotentieel

- Bestaat er al een markt vraag? Zo nee, op welk termijn zal de markt vraag er zijn? Wie zijn de (toekomstige) klanten / consumenten?
- Wat zijn marktbarrières voor dit transitiepad? Denk bijvoorbeeld aan juridische barrières (b.v. emissie-eisen, beperkingen voor GMO's) of institutionele barrières (onbrekende of niet-geschikte vergunningsprocedures, standaardisatieproblemen).
- Bestaat er in Nederland of internationaal al een productie netwerk en afzetketen of moet er een hele nieuwe of andere keten ontwikkeld worden?
- Is er een afzetmarkt buiten Nederland voor de resultaten van het transitiepad?
- Is het huidige beleid belemmerend of stimulerend voor de marktintroductie van het transitiepad?

### 2.2 Risico's door afhankelijkheid van buitenlandse ontwikkelingen

- Hoe sterk wordt het succes van het transitiepad bepaald door buitenlandse marktontwikkelingen?

Dit hangt van twee factoren af:

1. Is er een puur Nederlandse markt denkbaar, of zal het transitiepad alleen in een internationale markt een succes worden?
2. Is Nederland in staat om het gehele transitiepad zelf te realiseren, of is Nederland ook afhankelijk van buitenlandse partijen (zie kader)? Zo ja, geef aan hoe die ontwikkelingen er voor staan.

De robuustheid van sommige paden wordt mede bepaald door de mate waarin het pad afhankelijk is van internationale marktontwikkelingen, en door de mate waarin die ontwikkelingen er florissant uitzien. Als voorbeeld: voor rijden op aardgas is Nederland afhankelijk van buitenlandse producenten die voertuigen leveren die rijden op gas. Nederland is dus sterk afhankelijk van gasinitiatieven van andere landen met grotere voertuigmarkten en van de daaraan gekoppelde bereidheid van producenten om gasvoertuigen te produceren.

## 2.3 Draagvlak voor de transitie in de samenleving

- Wat is de publieke perceptie van het pad in algemene zin? Is er weerstand te verwachten vanuit (sommige delen van) de maatschappij, en waarom?
- Zijn er mogelijke weerstanden op lokaal niveau (b.v. NIMBY) tegen het transitiepad te verwachten?
- Vereist het transitiepad een gedragsverandering van de burger?

Score de drie genoemde aspecten in onderstaand diagram. Geef ook de argumentaties achter de score.

Aspect		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1: Perceptie algemeen	Negatief												Positief
2: Perceptie lokaal	Negatief												Positief
3: Gedragsverandering	Veel (neg)												Weinig (pos)

## 2.4 Beleid en het transitiepad

Voor een overheid is het van belang te weten

- Huidig beleid en wetgeving (wel of niet belemmerend / stimulerend)?
- Wat zijn de belangrijkste beleidsmaatregelen die kunnen bijdragen aan het slagen van het transitiepad?
- In hoeverre is de realisatie van het pad afhankelijk van deze beleidsmaatregelen?

### 3. Effecten op de energiehouding

In onderdeel drie dienen de effecten op de energiehouding zo veel mogelijk te gekwantificeerd te worden, bijvoorbeeld door in te schatten, hoeveel energie er bespaard wordt (in % of PJ of kton CO<sub>2</sub>), en wat de bijdrage is van het transitiepad aan belangrijke energiebeleidrichtingen.

Deze schattingen zijn onzeker, vooral voor de lange termijn. Deze onzekerheid is niet op voorhand slecht, maar moet wel zichtbaar zijn. Het is dus ook belangrijk om de kwaliteit van de informatie en de onzekerheid in de gemaakte aannames goed aan te geven.

Voor de inschatting van de bijdrage van het transitiepad in de Nederlandse energiehouding, kan ondermeer gebruik worden gemaakt van informatie over het huidige energiegebruik van de sector(en) die aan het transitiepad deelnemen, wat de huidige en toekomstige referentiesituatie van deze sectoren is, en hoe het transitiepad deze zal veranderen. Hierbij spelen ook andere externe factoren, transitiepaden of innovatieve technieken die met het voorgestelde transitiepad concurreren een rol (zie ook vraag 1.1). Deze vraag is uitgesplitst in een *technisch* potentieel en een *marktpotentieel*.

#### 3.1 Huidig potentieel

In vraag 3.1 wordt gevraagd naar het *bruto* effect van het pad op de Nederlandse energiehouding.

- In welke sector (zoals gedefinieerd in de referentieramingen, zie Bijlage 1, tabel 1) speelt de transitie zich af?
- Wat is het totale huidige energiegebruik in de relevante sector(en) dat door het transitiepad beïnvloed wordt (zie ook bijlage 1 voor een overzicht van de huidige energiehouding)?
- Hoe groot is de invloed van het transitiepad op dit energiegebruik?
  - in energietermen (PJ, MWh)
  - in relatieve grootte ten opzichte van het totale energiegebruik in de relevante sector(en) (%)
  - in relatieve grootte ten opzichte van het Nederlandse energiegebruik (%)
- Zijn er ook niet-energetische bijdragen aan andere transitiepaden? Zo kan biomassa bijvoorbeeld eerst als hoogwaardig materiaal ingezet worden (bijvoorbeeld als bouw materiaal), en aan het einde van de keten alsnog voor energiedoeleinden gebruikt worden (b.v. bijstook in kolencentrales).

#### 3.2 Technisch potentieel 2020

- Geef een onderbouwde inschatting van het technisch potentieel in 2020 van het voorgestelde transitiepad (in PJ), wanneer het transitiepad volledig gebruikt wordt voor alle toepassingen waarvoor ze technisch geschikt is.
- Let op: dit is het potentieel voor het gehele transitiepad; dit is meer dan één techniek.
- Houd bij de inschatting van het potentieel rekening met fysieke beperkingen voor de realisatie van het transitiepad.

Gebruik voor een inschatting van het potentieel:

- De huidige en verwachte verbruikssaldi uit bijlage 1 van de referentieramingen. Gebruik voor 2020 de cijfers van het GE-scenario, zie bijlage 1. Als hulp zijn de verbruiksgegevens per sector opgenomen in bijlage 1 van dit document.

- Onderbouw de schatting met argumenten, geef aan op basis van welke aannamen tot het potentieel is gekomen.

### 3.3 Marktpotentieel 2020

- Geef een onderbouwde inschatting van het marktpotentieel in 2020 van het voorgestelde transitiepad (in PJ).

Bij inschatting van het marktpotentieel gaat het om een kwalitatieve inschatting van het potentieel van het pad (in PJ) in markten waar het kan concurreren met de huidige referentiesituaties en andere (concurrerende) opties. Denk bij de vertaling van technisch naar marktpotentieel ook aan het ontwikkelingspad, dat mogelijk beïnvloed wordt door de factoren besproken in deel 1 en 2:

- De aard van de techniek (modulair, dus geleidelijk in te voeren of grootschalig en dus veel investeringen in een keer)
- Huidig beleid en wetgeving
- Bestaat er al een marktvraag?
- Bestaat er al een productienetwerk en afzetketen of moet er een hele nieuwe of andere keten?
- Aansluiting/ inpassing in bestaande fysieke infrastructuur

### 3.4 Lange termijn technisch potentieel

Een transitiepad kan verregaande gevolgen hebben voor de Nederlandse energiehuishouding, die soms pas op lange termijn zichtbaar zijn, b.v. 2050. Voor 2050 zijn geen referentieramingen beschikbaar. Ook zijn schattingen over mogelijke bijdragen voor 2050 inherent onzekerder dan voor 2020. In deze vraag gaat het om de belangrijkste factoren te identificeren, die tussen 2020 en 2050 het potentieel voor deze transitie maatgevend kunnen beïnvloeden.

Denk hierbij aan aspecten als

- Technologieontwikkeling, b.v. commercialisering van complementaire of concurrerende opties, die nu nog in de R&D fase zitten, waardoor het transitiepad versterkt/verzwakt wordt
- Andere mogelijke exogene ontwikkelingen

Gebruik deze kwalitatieve inschatting van de ontwikkelingen tussen 2020 en 2050, om aan te geven of (en zo ja evt. hoeveel) de technische potentiëlen groter of kleiner worden.

### 3.5 Bijdrage aan de verduurzaming van de energiehuishouding

Analoog aan bovenstaande vragen zullen ook hier voor de meeste transitiepaden de aannames en berekeningen onzeker zijn. Het is daarom des te belangrijker om expliciet te maken op welke aannames en uitgangspunten de berekeningen gebaseerd zijn. Een algemene beschrijving is daarom essentieel, waar de hoofdbaten voor de verduurzaming van de energiehuishouding verwacht worden. De kwalitatieve onderbouwing van de argumenten is daarbij van belang.

Bij de bijdrage aan de verduurzaming van de energiehuishouding wordt gekeken naar drie aspecten:

- De netto vermeden primaire energie;
- De netto vermeden emissie van broeikasgassen
- De mogelijke andere (positieve of negatieve) milieueffecten van het pad;

Al deze effecten worden gebaseerd op het technisch potentieel voor 2020. Bovendien moeten de netto effecten niet alleen worden gebaseerd op een vergelijking met ontwikkelingen in de huidige

referentie, maar op met andere toekomstige opties voor verduurzaming in de betrokken sector(en).

### 3.5.1 Netto vermeden primaire energie

Bij de netto vermeden primaire energie gaat het om de netto verlaging van het energieverbruik ten opzichte van de referentie en andere ontwikkelingen.

Voorbeeld:

De technologie micro-WKK heeft in technische zin het potentieel om overal in de verwarming en elektriciteitsvoorziening van huishoudens te worden ingezet. Daarmee is het bruto potentieel ca 350 PJ.

Voor bepaling van het toekomstige *netto* potentieel aan vermeden primaire energie moet echter rekening gehouden worden met de energiebesparing die deze optie oplevert in vergelijking met bijvoorbeeld de HR-ketel of de elektrische warmtepomp in combinatie met geavanceerde centrale stroomopwekking.

### 3.5.2 Vermeden broeikasgasemissies

Voor de netto vermeden broeikasgasemissies dient niet alleen de vermeden emissie van CO<sub>2</sub> in rekening te worden gebracht, maar ook die van de belangrijkste andere broeikasgassen, zoals methaan, CFK's en anderen.

- Welke CO<sub>2</sub>-emissiereductie is te verwachten. Geef hiervoor een onderbouwing.
- Idem voor overige broeikasgassen.

Voor de omrekening van al deze emissies naar CO<sub>2</sub>-equivalenten, maak gebruik van de meegeleverde rekenhulp in Excel.

### 3.5.3 Mogelijke andere (positieve of negatieve) milieueffecten

Ook bij het bepalen van de andere positieve of negatieve milieueffecten is het van belang om de prestaties van het pad te vergelijken met die van de (toekomstige) referentie. Denk daarbij aan veranderingen op andere milieuthema's.

Belangrijke milieuthema's (bron: Milieubalans 2005)

Milieukwaliteit landelijk gebied:

- Ammoniak
- Meststoffen
- Waterkwaliteit
- Bodemkwaliteit
- Landgebruik
- Biodiversiteit

Luchtkwaliteit en stedelijke leefomgeving:

- Luchtkwaliteit
- NOx
- SO<sub>2</sub>
- Fijn stof
- Geluid
- Externe veiligheid
- Verspreiding giftige stoffen
- Afval

### **3.6 Effecten op de structuur van de Nederlandse energiehuishouding**

Het transitiepad kan invloed hebben op het risicoprofiel van de Nederlandse energiehuishouding door een vermindering van (geïmporteerde) energiedragers, spreiding van de brandstofmix van de energie-en elektriciteitsvoorziening, of een effect op de stabiliteit van de elektriciteitsvoorziening.

Beschrijf het effect van het transitiepad gelet op de volgende vijf criteria:

- Het effect op de vraag naar energiebronnen
- Het effect op het aandeel fossiele bronnen in de energiehuishouding
- Het effect op het aandeel import van bronnen in de energiehuishouding
- Het effect op het energie portfolio: de mate waarin het pad bijdraagt aan een verdere spreiding over de verschillende fossiele en hernieuwbare energiebronnen
- Het effect op de stabiliteit en belastbaarheid van het elektriciteitsnet



## 4. Technische invulling en kosten

Realisatie van de transitiepaden is afhankelijk van technologieontwikkeling. Een transitiepad kan bestaan uit een menu aan opties. Voor de verdieping van het transitiepad is het noodzakelijk om een beeld te geven van het menu aan technologische opties dat binnen het voorgestelde transitiepad een rol speelt. Voor transitiepaden kunnen R&D inspanningen op Nederlands, Europees en/of mondiaal niveau noodzakelijk zijn. Bovendien is het een belangrijke vraag of het transitiepad nieuwe “business opportunities” kan opleveren voor het Nederlandse bedrijfsleven. Via dit onderdeel dient men een beeld te krijgen van de ontwikkelingen op dit gebied.

### 4.1 Technologische opties voor het transitiepad

- Beschrijf de technologische opties die deel uit maken van het transitiepad.

### 4.2 R&D inspanningen

Voor de technologische opties (beschreven in 4.1) dient u een beeld te geven van de huidige onderzoeks- en ontwikkelingsinspanningen.

Beschrijf voor de belangrijkste technologische opties (zie 4.1):

- Wat zijn de R&D prioriteiten voor dit transitiepad in het algemeen?
- Wat zijn de lopende (R&D) projecten in Nederland?
- Wie zijn R&D partners in binnen- en buitenland?
- Is er samenwerking tussen het bedrijfsleven en universiteiten/kennisinstituten?

Op basis van de beschrijving, vul de onderstaande tabel in, welke R&D inspanningen nodig kunnen zijn over de volgende 10-15 jaar, en of deze R&D inspanningen naar verwachting in Nederland, de EU of mondiaal zullen plaatsvinden (NB: er hoeven bij deze vraag geen R&D budgetten genoemd worden, zie ook vraag 4.4)

	R&D prioriteit	Binnenland	EU	Mondiaal
Huidige R&D inspanningen (2005)				
Benodigde /verwachte R&D inspanningen:				
2010				
2015				
2020				

### 4.3. Kansen voor het Nederlandse onderzoeksveld en bedrijfsleven

Beschrijf voor dit transitiepad:

- De relevante bestaande kennisinfrastructuur voor het transitiepad, en in hoeverre deze in Nederland aanwezig is.

- Idem dito in hoeverre het bedrijfsleven, dat direct bij de ontwikkeling van het transitiepad betrokken is, (gedeeltelijk) in Nederland gevestigd is.
- Ook toeleveranciers kunnen indirect een belangrijke rol spelen bij het slagen of falen van een transitiepad. Geef daarom ook aan, in hoeverre toeleveranciers in Nederland vertegenwoordigd zijn.

Om dit te verkennen werken we tevens met de onderstaande tabel. Deze wordt ingevuld voor het pad als geheel of, wanneer het pad een aantal verschillende componenten of opties bevat, per optie.

1 Status van de techniek	2 Nationaal / mondiaal?	3 Nederlandse positie en kansen wat betreft		
		Kennisinstructuur	Bedrijfsleven	
			In het transitiepad zelf	Toeleveranciers
Concept				
R&D				
Pilot-fase				
Near-to-market				
Bestaand				

## 4.4 Kosten van het transitiepad

De kosten van een transitiepad zijn over het algemeen moeilijk in te schatten. In principe zijn er twee hoofdcomponenten te onderscheiden: de Research & Development (R&D) kosten, en de daarop volgende implementatiekosten. Probeer voor beiden op een semi-kwantitatieve manier een ordegrrootte aan te geven.

### 4.4.1 R&D kosten

- Schat de grootteorde waarin de R&D-kosten zullen liggen: in honderden miljoenen, miljarden of tientallen miljarden. Geef ook de argumentatie.
- Hoe moet het gefinancierd worden, c.q. wie moet het initiatief nemen tot financiering?
  - bedrijfsleven
  - overheid nationaal
  - EU
  - Welk deel moet uit Nederland komen?
  - Welk deel moet uit het buitenland komen?
- Over welk termijn is welke financiering nodig?

#### 4.4.2 Marktintroductie

- Wat is de benodigde investering voor:
  - Demonstratie
  - Marktintroductie
  - Implementatie en realisatie van het transitiepad
- Hoe moet het gefinancierd worden, c.q. wie moet het initiatief nemen tot financiering?
  - bedrijfsleven
  - overheid nationaal
  - EU
  - Welk deel moet uit Nederland komen?
  - Welk deel moet uit het buitenland komen?
- Over welk termijn is welke financiering nodig?

De meeste transitiepaden zullen op dit moment niet kunnen concurreren met de referentie. Voor een aantal opties zijn er echter wel studies uitgevoerd, die een inschatting geven of deze meerkosten significant kunnen dalen, of ze het niveau van de huidige optie kunnen bereiken (of zelfs lager kunnen worden), en wanneer en onder welke voorwaarden dit bereikt kan worden. Zo zijn er bij voorbeeld studies gedaan naar de kosten van elektriciteit uit zonnecellen of van windparken op zee. Deze studies geven aan dat deze opties in principe op termijn het kostenniveau van de huidige elektriciteitsmix kunnen halen, maar niet voor 2020.

Beschrijf de basis voor de aannames, en let hierbij ook op de kwaliteit van de gebruikte gegevens. Om grip te krijgen op de kosten dient u een kwalitatieve inschatting van de belangrijkste kostencomponenten te maken:

- Geef aan in hoeverre de implementatiekosten snel in de tijd zullen gaan dalen. Geef ook hier de argumentatie.
- Schat in of er structurele meerkosten te verwachten zijn, en in hoeverre die verdedigbaar zijn wegens positieve externe effecten.
- Hoeveel procent van het potentieel van het transitiepad is kosteneffectief, bijvoorbeeld een terugverdientijd korter dan 5 jaar?

##### **Handreikingen voor inschatting van de kosten:**

Implementatiekosten: de implementatiekosten zullen sneller dalen in de tijd naarmate:

- De technologie meer in serie te produceren is;
- Er meer aantallen worden gemaakt
- De markt groter is (NL → EU → wereld)
- Er potentieel is om ook na installatie te verbeteren (learning by using)
- Wordt van het transitiepad verwacht, dat de huidige meerkosten gereduceerd zullen worden tot onder het referentieniveau? Zo ja, wanneer wordt de break-even point behaald?
- Zijn er bij realisatie naar verwachting structurele meerkosten? Zo ja, hoe hoog zijn deze?

## **Bijlage: Basisgegevens uit de referentieramingen**

De nu volgende gegevens zijn te gebruiken als indicaties bij de berekeningen van het technisch potentieel en het marktpotentieel in 2020. Bij deze schattingen worden het GE-scenario uit de referentieramingen aangehouden, het scenario dat relatief het meest uitgaat van 'business as usual' in vergelijking met het alternatieve SE-scenario. Hierdoor bevat het GE scenario relatief weinig elementen van de diverse transitiepaden en kan het dus beter illustreren welke effecten een pad kan hebben.

Tabel 1: Verbruiksgegevens van diverse sectoren 2005.

GE 2005

	Huishoudens	Industrie	waarvan chemie	voeding en basis- genotm.	basis- metaal	papier en grafisch	overige metaal	bouw- materialen	overige industrie	Land en tuinbouw	Handel, diensten, overheid	Verkeer	Totaal eind- verbruik	Raffina- derijen	Elektr. productie	Aardgas en olie- winning	Totaal energie bedrijf	TOTAAL
Verbruikssaldo [PJ]	429	1234	775	103	141	44	66	32	25	156	302	515	2637	182	389	36	608	3244
kolen	0	114	2	2	93	0	0	2	0	0	0	0	114	0	274	0	274	389
olie	4	508	446	1	3	0	29	1	1	0	0	509	1021	133	32	0	166	1187
aardgas	328	352	178	74	14	28	20	24	11	135	179	0	994	48	406	29	483	1477
stoom uit kernenergie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	39	39
elektriciteit	91	120	29	18	30	9	15	5	11	10	108	6	335	1	-276	7	-268	67
warmte	7	140	120	8	1	7	1	0	3	11	10	0	167	1	-88	0	-87	81
overige energie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	6	0	0	0	0	6
Non-energetisch verbruik [PJ]	0	540	423	0	66	0	28	0	0	0	0	3	543					543
kolen	0	66	2	0	63	0	0	0	0	0	0	0	66					66
olie	0	380	327	0	3	0	28	0	0	0	0	3	383					383
aardgas	0	94	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94					94
Winning [PJ]	0	9	6	0	2	0	0	0	1	0	0	0	10	9	72	0	80	90
warmte	0	9	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	9	9	63	0	71	81
elektriciteit	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	9	0	9	10
Finaal elektriciteit [PJ]	91	144	41	24	31	14	15	5	11	18	114	6	374	11	18	7	36	410
Primair energieverbruik [PJ]	553	1339	772	125	187	54	86	39	39	166	447	538	3043				201	3244
CO <sub>2</sub> -emissie [Mton]																		
verbranding	18,7	26,7	10,5	4,3	6,3	1,6	1,2	1,6	0,7	7,6	10,1	36,4	99,4	12,1	54,8	1,6	68,5	168,0
energetisch proces	0,0	6,0	3,4	0,0	1,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	6,2	0,2	0,0	0,0	0,2	6,4
overig	0,0	1,2	0,1	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,3	0,0	0,4	0,4	0,8	2,1
totaal	18,7	33,9	14,0	4,4	8,4	1,6	1,4	1,6	0,7	7,6	10,2	36,7	107,0	12,3	55,2	2,0	69,5	176,5

Tabel 2: Verbruiksgegevens diverse sectoren 2020 (scenario GE)

GE 2020

	Huishoudens	Industrie	voeding waarvan chemie	en genotm.	basis- metaal	papier en grafisch	overige metaal	bouw- materialen	overige industrie	Land en tuinbouw	Handel, diensten, overheid	Verkeer	Totaal eind- verbruik	Raffina- derijen	Elektr. productie	Aardgas en olie- winning	Totaal energie bedrijf	TOTAAL
Verbruikssaldo [PJ]	462	1464	943	134	161	45	63	32	25	156	337	648	3067	234	518	49	800	3867
kolen	0	135	2	2	112	0	0	2	0	0	0	0	135	0	341	0	341	477
olie	4	669	588	12	3	0	28	1	1	0	0	641	1314	177	32	0	209	1524
aardgas	315	326	173	73	9	16	20	22	10	134	165	0	940	26	544	33	602	1542
stoom uit kernenergie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	39	39
elektriciteit	135	163	40	35	35	16	15	6	12	13	155	6	473	12	-396	16	-368	105
warmte	9	169	140	11	1	12	1	1	3	8	13	0	199	20	-44	0	-24	175
overige energie	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	5
Non-energetisch verbruik [PJ]	0	670	535	1	78	0	26	0	0	0	0	3	673					673
kolen	0	77	2	1	75	0	0	0	0	0	0	0	77					77
olie	0	480	421	0	3	0	26	0	0	0	0	3	483					483
aardgas	0	112	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112					112
Winning [PJ]	3	9	6	0	2	0	0	0	1	0	2	0	14	16	237	0	253	267
warmte	3	9	6	0	1	0	0	0	1	0	2	0	13	16	146	0	162	175
elektriciteit	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	91	0	91	92
Finaal elektriciteit [PJ]	135	176	48	38	36	17	15	6	12	27	159	6	504	15	28	20	63	567
Primair energieverbruik [PJ]	628	1598	945	173	211	59	81	39	39	170	524	675	3595				272	3867
CO <sub>2</sub> -emissie [Mton]																		
verbranding	17,9	28,9	11,3	5,1	7,7	0,9	1,2	1,5	0,6	7,5	9,3	45,6	109,2	15,0	69,3	1,8	86,1	195,3
energetisch proces	0,0	7,0	4,1	0,1	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	7,2	0,4	0,0	0,0	0,4	7,6
overig	0,0	1,4	0,2	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,6	0,0	0,5	0,3	0,8	2,4
totaal	17,9	37,4	15,6	5,2	10,1	0,9	1,3	1,5	0,6	7,5	9,4	45,8	118,0	15,4	69,8	2,1	87,3	205,3

Tabel 3: Specificatie van de elektriciteitsproductie, voor 2000, 2010 en 2020.

Elektriciteitsproductie [TWh]	2000	2010		2020	
		SE	GE	SE	GE
Kolen	23,1	26,6	26,5	18,4	35,9
Gascentrales	19,3	17,2	19,6	38,6	18,2
Kerncentrales	3,7	3,7	3,7	0,0	3,7
Duurzaam incl. biomassa meestook	2,5	10,8	12,1	22,3	36,8
WKK (gas)	37,2	46,8	50,7	50,1	57,4
Importsaldo	19,0	15,3	15,2	7,2	3,2
Overig	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6
<b>TOTAAL</b>	<b>106,2</b>	<b>122,0</b>	<b>129,4</b>	<b>138,2</b>	<b>156,9</b>