



# Scenario-analyse Trendverkenning Energie 2009

## Inhoud

Introductie	p 3
1. Shell Energy Scenarios to 2050 (Shell)	p 4
2. World Energy Outlook 2008 (IEA)	p 6
3. Energy (R)evolution. A sustainable global energy outlook (Greenpeace en EREC)	p 7
4. Stern Review on the economics of climate change (N.Stern)	p 8
5. Rand E-Vision 2000: Key issues that will shape our energy future (Rand)	p 9
6. Scenarios for industrial transformation: perspectives on the CondEcol Case studies (P. Hofman)	p 11
7. Energierapport 2008 (Ministeries EZ, BuZa en Vrom, 2008)	p 12
8. Brandstofmix in Beweging (Energieraad, 2008)	p 13
9. Nieuwe Nuts (Innovatienetwerk)	p 14
10. Uncertainty and the Tyndall decarbonisation scenarios (Tyndall Centre)	p 15
11. Using scenarios to explore alternative energy pathways in California (Ghanadan & Kooney)	p 17
12. Naar een duurzaam Flevoland (ECN)	p 19
13. Variabelen uit de scenario's	p 21



## Introductie

Deze scenarioanalyse is uitgevoerd door het Trendbureau Overijssel als onderdeel van de Trendverkenning Energie in 2009. In dit document vindt u korte samenvattingen van enkele regionale, nationale en internationale scenario's over energie. De scenario's zijn geselecteerd op hun relevantie voor de trendverkenning. Behalve een korte samenvatting zijn ook de internetlinks naar de volledige publicaties in dit document te vinden. Dit document is een concept in die zin dat er gedurende de voortgang van de trendverkenning Energie scenario's aan toegevoegd kunnen worden.

## 1. Shell Energy Scenarios to 2050 (Shell, 2008)

De scenario's die Shell publiceert over de mondiale energiesector zijn niet alleen al jaren toonaangevend voor de energiesector maar worden ook gezien als voorbeeld voor het toepassen van de scenariomethode. Toch is het belangrijk in gedachten te houden dat de afzender van de scenario's een commerciële marktpartij is en niet een objectief wetenschappelijk team.

Shell signaleert drie wereldwijde trends die bepalend zijn voor de ontwikkelingen in de energiesector op mondiaal niveau:

1. Er is wereldwijd een toenemende vraag naar energie, doordat ontwikkelende landen in een fase terecht komen waarin zij meer energie nodig hebben. Het is zeer onwaarschijnlijk volgens Shell dat alternatieve energiebronnen aan de vraag kunnen voldoen. Het remmen van de economische ontwikkelingen in de ontwikkelende landen is zowel ethisch als politiek gezien geen optie.
2. Hoewel de vraag naar energie wereldwijd toeneemt, zal het aanbod van energie achterblijven. Vanaf 2015 zal de toegankelijke voorraad olie en gas niet meer aan de energievraag kunnen voldoen. Hoewel er al wel sprake is van oplossingen, bijvoorbeeld in de vorm van 'biofuels' is er nog geen 'zilveren kogel' die de spanningen tussen vraag en aanbod geheel oplost.
3. Daar komt nog bij dat de druk op het milieu en klimaat als maar toeneemt. Zelfs al zou er voldoende gas en olie economisch winbaar zijn, door het toenemende energieverbruik zou de CO<sub>2</sub>-uitstoot na 2015 dusdanig hoog zijn dat het welzijn van mensen wordt bedreigd. Zelfs als we anders met fossiele brandstoffen omgaan en de CO<sub>2</sub>-uitstoot beheerst wordt, balanceren we op een gevaarlijke rand.

Shell heeft, met bovengenoemde ontwikkelingen in gedachten, twee scenario's ontwikkeld voor de mondiale energiesector in 2050: Scramble en Blueprints.

### **Scramble:**



bron: Shell, 2008

Nationale overheden zijn gericht op 'nationale energie veiligheid' en beslissingen worden genomen met in gedachten de noodzaak om energievoorziening voor zichzelf veilig te stellen. De focus ligt op de aanbodkant: onder andere op bilaterale overeenkomsten en initiatieven voor lokale voorzieningen. De landen die de traditionele energiebronnen in handen hebben worden steeds invloedrijker.

Hoewel er genoeg aandacht is voor klimaatverandering blijven concrete maatregelen en acties uit waardoor de spanning tussen energievraag en -aanbod en de druk op met milieu groter worden. Pas als meer en meer natuurrampen zich voordoen wordt overgegaan tot politieke acties.

Energieprijzen zijn onstabiel en hoog, waardoor economische groei op den duur (als na 2025 de kolen opraken) geremd wordt. De kolenindustrie is in 2050 2,5 keer zo groot als in 2000. Dit levert grote protesten op van de milieubeweging. Kernenergie kan de toenemende vraag niet bijhouden, omdat het veel te moeilijk is om de productie en infrastructuur wereldwijd uit te rollen.

Na kool begint ook de biomassa op te komen: vooral in de ontwikkelde landen is er een grote lobby hiervoor vanuit de agrosector. De eerste generatie biobrandstoffen concurreren met voedselprijzen en dit leidt ertoe dat, door een verandering in bodemgebruik, grote hoeveelheden CO<sub>2</sub>, die tot dan opgeslagen zijn in de bodem, vrijkomen.

Vanaf 2020 ontstaat de tweede generatie biobrandstoffen. Zowel de duurzaamheidslobby, als de OECD landen (die deze brandstoffen ook in hun klimaat kunnen oogsten) staan achter deze brandstoffen. Vanaf 2010 zijn verschillende innovatieve oliewinprojecten gestart, maar door protest van de milieu- en waterlobby bleken deze projecten te impopulair.

Uiteindelijk is het of 'not-done' of misschien niet haalbaar om veranderingen alleen aan de aanbodkant te sturen en gaan overheden toch nadenken over hoe ze het energieverbruik kunnen verminderen. Dit leidt tot wet- en regelgeving die niet altijd even efficiënt is, voornamelijk omdat ze veel te laat wordt geïmplementeerd. De maatregelen leiden wel tot minder mobiliteit en hogere prijzen, waardoor in 2020 de economie in het slop raakt.

De discussie over CO<sub>2</sub>-uitstoot draait op den duur alleen nog om het verschil tussen arme en rijke landen. De milieulobby raakt uitgeput en niemand wil als eerste handelen, tot het te laat is en maatregelen alsnog versneld ingevoerd moeten worden. Pas in 2030 is de economische groei weer hersteld, doordat overheden eindelijk de juiste besparingsmaatregelen doorvoeren en doordat lokale initiatieven op grotere schaal energie kunnen leveren. Vooral de 'new energy sector' doet het goed. Met de groei van de economie gaat de energieconsumptie weer omhoog waardoor de hoeveelheid CO<sub>2</sub> nog meer toeneemt.

Uiteindelijk wordt er ook op internationaal niveau gezocht naar energieveiligheid en milieumaatregelen (wat eigenlijk al in 2015 had moeten gebeuren). Economische activiteiten en innovaties worden gericht op het beperken van klimaatverandering. De maatregelen zijn nu duurder dan als ze in 2015 waren toegepast.

### **Blueprints:**



*bron: Shell, 2008*

Het scenario Blueprints draait om nieuwe dynamiek en nieuwe coalities. Er is niet zozeer sprake van één universele motivatie maar een verzameling van zorgen om het energieaanbod, bezorgdheid over klimaatverandering en milieu en het perspectief van nieuwe innovatieve en ondernemende mogelijkheden. Initiatieven ontstaan op lokaal niveau, zowel in de ontwikkelende als in de welvarende landen, bijvoorbeeld doordat bedrijven, steden of regio's samenwerken. Sommige initiatieven ontstaan vanuit een ideaal, anderen vanuit een noodzaak (bijvoorbeeld door verslechterde lucht- en waterkwaliteit). Hoewel er misbruik wordt gemaakt van stimulerende maatregelen zijn er meer succesverhalen. De mondiale economie blijft stabiel en we groeien toe naar een minder energie-intensieve samenleving. Door politieke verbintenissen worden nationale overheden gedwongen zich aan te sluiten en kansen te benutten.

Ook het bedrijfsleven en multinationals lobbyt voor eenduidige (internationale) regelgeving.

Als die regelgeving er eenmaal is komen marktgestuurde efficiëntiemaatregelen snel op. CO<sub>2</sub> management verspreidt zich, bijvoorbeeld in de vorm van prijzen voor en handel in CO<sub>2</sub>. Welvarende landen investeren veel in milieuvriendelijke landen in eigen land en in ontwikkelingslanden. In ontwikkelingslanden profiteert men van innovatieve technieken op het gebied van wind- en zonne-energie. Er wordt steeds meer energie gewonnen uit hernieuwbare grondstoffen en er ontstaan handelsmarkten die investeringen in nieuwe vormen van energiewinning faciliteren.

De nadruk ligt niet op primaire energie maar op elektriciteit, bijvoorbeeld voor auto's en er is een snelle opkomst van elektrische auto's voor de grote markt. Rusland en de landen in het Midden-Oosten lopen voorop met innovaties omdat ze hun olie bewaren voor de economisch rendabele export. Mede vanwege grote budgetten beschikbaar voor 'research en development' worden innovaties snel concurrerend en zijn ze makkelijk uit te rollen.

Om lokale initiatieven en samenwerking over landsgrenzen heen mogelijk te maken, moeten overheden meet verantwoordelijkheden nemen en transparanter zijn.

Het volledige document is te vinden op <http://www.shell.com/scenarios>

## 2. World Energy Outlook 2008 (International Energy Agency, 2008)

De International Energy Agency (IEA) is een internationaal adviesorgaan waarvan achtentwintig landen lid zijn. Jaarlijks publiceert de IEA het World Energy Outlook rapport met analyses en voorspellingen over de wereldwijde energieaanbod en -vraag op de middellange (2010-2015) en lange (2015-2030) termijn. In het rapport World Energy Outlook 2008 doet de IEA de volgende uitspraken in haar 'Reference Scenario', dat voorspellingen doet met als uitgangspunt dat ontwikkelingen zich voortzetten zoals ze de afgelopen jaren hebben gedaan (Business As Usual):

- de vraag naar energie groeit wereldwijd met 1,6 % per jaar
- in 2030 zal 80% van de energie gewonnen worden uit fossiele brandstoffen
- opkomende economieën als India en China zorgen voor de meeste toename
- landen in het Midden-Oosten hebben een sterke positie vanwege hun olievoorraden
- het aandeel kernenergie zal afnemen van zes naar vijf procent in 2030
- door de economische crisis zullen investeringen en projecten (tijdelijk) stop gezet worden en innovatie wordt vertraagd
- het merendeel van de huidige infrastructuur voor gas, olie, kolen en elektriciteit zal in 2030 vervangen moeten worden
- als olieprijs stijgen zullen nieuwe voorraden makkelijker kunnen worden aangeboord, vooral in de OPEC landen.
- hetzelfde geldt voor gasprijzen en gasvoorraden; gas zal rond 2030 voornamelijk gewonnen worden in het Midden-Oosten, Rusland en Afrika
- hoewel er nog voldoende olievoorraden zijn om tot 2030 aan de energievraag te voldoen is de vraag of ze snel genoeg economische rendabel zijn en of ze daadwerkelijk op tijd aangeboord kunnen worden
- barrières voor 'upstream investments' houden op mondiaal niveau het olie-aanbod laag
- nationale bedrijven spelen een grote rol in structurele veranderingen en de vraag is of zij de noodzakelijke investeringen kunnen maken
- dit duidt erop dat een samenwerking (en gezamenlijke investeringen) tussen nationale en multinationale bedrijven nodig zijn om de investeringen te kunnen doen om aan de energievraag tegemoet te komen
- de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer zal in 2030 verdubbeld zijn ten opzichte van nu, wat leidt tot een gemiddelde temperatuurstijging van zes graden Celsius.

De boodschap die het IEA afgeeft door dit BAU-scenario is vooral de nadruk op de noodzaak tot verandering. Het complete rapport is te downloaden of te bestellen via: <http://www.worldenergyoutlook.org/>

### 3. Energy (R)evolution. A sustainable global energy outlook (Greenpeace & European Renewable Energy Council, 2008)

Greenpeace en het European Renewable Energy Council (EREC) noemen in hun publicatie verschillende redenen waarom we ons moeten concentreren op lange termijn oplossingen in de energiesector: De belangrijkste reden is de groeiende onzekerheid over het importeren van olie in termen van kwaliteit en prijzen. Maar ook de dreiging van de klimaatverandering en de gevaren van het broeikaseffect zijn de laatste jaren een belangrijk onderwerp geworden. Klimaatverandering, voor een groot deel veroorzaakt door menselijke activiteiten, zal grote consequenties hebben als er geen actie ondernomen wordt.

In het Energy (R)evolution rapport wordt gepleit voor een energierevolutie en de route naar een samenleving gebaseerd op duurzame energie weergegeven. De kern van de revolutie ligt in de verandering van de manier waarop energie wordt geproduceerd, gedistribueerd en geconsumeerd. EREC en Greenpeace noemen twee doelen: de CO<sub>2</sub> uitstoot verminderen en tot een betaalbare energievoorziening komen gebaseerd op een stabiele wereldwijde economische ontwikkeling. Steeds belangrijker wordt energie verkregen uit natuurlijke bronnen (bijvoorbeeld uit zon, wind en regen). Het aandeel van deze bronnen aan onze energiesector zou minstens verdubbeld moeten worden. Maar de toekomst van deze energieopwekking hangt in grote mate van politieke keuzes door overheden en de internationale gemeenschap.

Het energie revolutie scenario beschrijft een weg van ontwikkeling van de huidige situatie naar een duurzame energievoorraad door een aantal maatregelen. Zo zal volgens het revolutie scenario de vraag naar energie minimaal toenemen waardoor het verminderde verbruik van fossiele brandstoffen en het uitsluiten van kernenergie gecompenseerd worden. En in de verwarmingssector zullen fossiele brandstoffen steeds vaker vervangen worden door meer efficiënte moderne technologieën, in het bijzonder door geothermische energie en zonne-energie. Het aandeel van deze nieuwe energie in de verwarmingssector zal in 2050 tot 70% toegenomen zijn, is de voorspelling in het rapport.

Om gevaarlijke klimaatsveranderingen te vermijden en de energie revolutie werkelijkheid te laten worden zijn er volgens Greenpeace en EREC een aantal maatregelen die genomen moeten worden.

1. De subsidies voor fossiele brandstof en kernenergie uifaseren
2. Internaliseer externe (sociale en milieu) kosten van energieproductie
3. Het vastleggen van bezuinigingsregels voor energieverbruikende apparaten, gebouwen en voertuigen
4. Het bepalen van bindende maatregelen voor de inzet van duurzame energie
5. Wijzig de elektriciteitsmarkt door het geven van de garantie van geprioriteerde toegang tot het grid voor duurzame krachtgenerators
6. Zorgen voor een vastgesteld profijt voor de investeerders
7. Meer aandacht voor labels om meer milieu product informatie te geven
8. Het verhogen van onderzoeks- en ontwikkelingsbudgetten voor duurzame energie en energie efficiëntie

Het Energy Revolution scenario kan vooral gezien worden als een aanbeveling van EREC en Greenpeace hoe een duurzame energiesector gerealiseerd kan worden en schets de factoren die hiervoor beslissend zijn op macro-niveau. Het rapport is te vinden via de link:

<http://www.greenpeace.nl/reports/energie-r-evolution-a-sustai>

#### 4. Stern Review on the economics of climate change (Nicholas Stern, 2006)

Dit rapport is in 2006 geschreven onder leiding van Lord Nicholas Stern op verzoek van de Britse regering en beschrijft de economische effecten van mondiale klimaatverandering. De belangrijkste conclusie is dat een huidige investering van één procent van het mondiale BNP (bruto nationaal product) een groot aandeel van de negatieve effecten van klimaatverandering kan voorkomen. Als we daar niet in slagen zullen de kosten van klimaatverandering oplopen tot 20 % van het wereldwijd BNP.

De investeringen die moeten worden gedaan en de maatregelen die zouden moeten worden genomen volgens Stern zijn:

1. het verminderen van de vraag naar goederen en diensten die 'CO<sub>2</sub>uitstoot-intensief' zijn
2. het bevorderen van energie-efficiënte
3. het stoppen activiteiten zoals ontbossing, zie opname van CO<sub>2</sub> tegen gaan
4. overstappen naar 'lower-carbon' technologies voor elektriciteit, warmte en transport

Volgens Stern is het aan nationale en internationale overheidsorganen om deze veranderingen tot stand te brengen.

De Stern Review is niet zozeer een scenario als meer een argument voor het vernieuwen van de energiesector. De gekozen invalshoek, van het berekenen van effecten van klimaatverandering als argument voor investeringen in duurzame oplossingen, is erg interessant en bijzonder om het daadwerkelijk in cijfers is uitgedrukt.

Het volledige rapport is te vinden via [http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview\\_index.htm](http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm)



## 5. Rand E-Vision 2000: Key issues that will shape our energy future (Rand, 2001)

Dit document is een samenvatting van een conferentie die heeft plaatsgevonden in 2000 in de VS. Tijdens de conferentie E-Vision 2000 hebben expert van verschillende disciplines zich aan de hand van scenarioanalyse zich gebogen over de vraag welke thema's bepalend zijn voor de toekomst van de Amerikaanse energiesector. Doel van de conferentie was om beleidsmakers handvaten te geven om met onzekerheden om te gaan. Als resultaat zijn vier thema's benoemd die bepalend zijn om energietoekomst in de VS vorm te geven.

- **Research & Development:**  
R&D is een manier om met de technologische onzekerheden die voorkomen in de energiesector om te gaan. De uitdaging is om in te zetten op een diversiteit aan onderwerpen en technologieën, om flexibel te kunnen handelen in meerdere scenario's.
- **Decarbonisering en aardgas:**  
In veel scenario's wordt gesuggereerd dat voor het nastreven van decarbonisering aardgas een 'transition fuel' is, ofwel in fuel cells of in advanced combinedcycle turbines. De uitdaging voor dit onderwerp is het ontwikkelen van natural gas supplies en pijpleidingen, infrastructuur en opslag het gebruik van aardgas te faciliteren.
- **De invloed van IT op energieverbruik:**  
Door ontwikkelingen op het gebied van informatietechnologie verandert ons energieverbruik; we krijgen bijvoorbeeld steeds meer computers op de werkvloer. Het heeft prioriteit inzicht te krijgen in de effecten van technologische ontwikkelingen op ons energieverbruik.
- **Het faciliteren van nieuwe technologieën en systemen:**  
Technologieën als fuel cells en distributed generation leiden tot fundamentele veranderingen in energiesystemen en –productie. Het faciliteren van deze ontwikkelingen is noodzakelijk om optimaal van de vooruitgang te profiteren.

Het bijzonder van het E-Vision 2000 project is dat Rand een uitgebreide voorstudie heeft gedaan naar bestaande energiescenario's en deze overzichtelijk heeft weergegeven in haar scenarioanalyse. Rand is wat dat betreft een voorbeeld van het wetenschappelijk aanpakken van het bouwen van scenario's.

Het volledige rapport E-Vision 2000 is te vinden op de website:  
[http://www.rand.org/pubs/conf\\_proceedings/CF170.1-1/](http://www.rand.org/pubs/conf_proceedings/CF170.1-1/)

## 6. Scenarios for industrial transformation: perspectives on the CondEcol Case studies (P. Hofman, 2006)

Professor P. Hofman heeft sociotechnische scenario's ontwikkeld voor industriële transformaties en in dit artikel zijn theorie onderbouwd aan de hand van een casestudy in Zweden. Hofman stelt dat industriële veranderprocessen alleen plaatsvinden als er sprake is van interactie op vier verschillende niveaus:

### 1. Landscape factors en sociale structuren

Met landscape factors doelt Hofman op het institutionele kader van scenario's, die een grote invloed hebben op posities en strategieën van actoren, in dit geval in de energiewereld. Voorbeelden van landscape factors en sociale structuren die invloed hebben op ontwikkelingen in de energiesector zijn:

- Het Kyotoverdrag: regelgeving omtrent vervuilende technologieën;
- Mondiale klimaatverandering: invloed van publieke en politieke opinie en besluitvorming;
- De Europese Unie: het streven naar een level playing field, energieonzekerheid en onafhankelijk van niet-EU landen
- Netwerk- en informatiesamenleving: ontwikkeling van digitale transitie en communicatie digitaal
- Opkomende economieën in Azië: hun effect op internationale handel en politiek
- Prijzen van fossiele brandstoffen
- Veiligheid: de dreiging van terrorisme en de toenemende focus op de veiligheid van technische systemen

### 2. Regime developments

Met regime development worden ontwikkelingen bedoeld op het gebied van wet- en regelgeving die invloed hebben op energiesystemen. Denk daarbij aan:

- Verbod op bepaalde systemen, bijvoorbeeld voor airconditioning in auto's
- Hybride auto's en fuel cell, zijn technologieën waar steeds meer autoproducenten in investeren
- Lokale beleidsmaatregelen, bijvoorbeeld het invoeren van autovrije zones of nieuwe betaalsystemen voor autogebruik
- Heterogeniteit aanbodkant: door nieuwe marktstructuren in de energiesector zijn er meer verschillende actoren

### 3. Niche emergence

De verscheidenheid aan alternatieve technologieën en organisatievormen hebben een sterke relatie met de landscape factoren en regime developments. Marktwerking, lokale initiatieven en de hiervoor genoemde factoren zullen bepalend zijn voor het succes van technologieën als:

- Fuel cell development
- Biomassa
- Micro turbines
- Hybride micro turbine en fuel cells
- Tidal/wave technologies
- Biomass conversion technologies
- PV technologies
- Windturbines

Hofman benadrukt dat er nooit sprake is van een doorslaggevende factor of een lineair verband. Als meerdere veranderingen samenkomen ontstaat een 'window of opportunity' en een mogelijk omslagpunt voor industriële transformatie. De methodologie van Hofman is erg verfrissend omdat hij als enige van de door ons gelezen auteurs een indeling maakt op een dergelijk hoog analytisch niveau. Hoewel het een intrigerende methodiek is, is het moeilijk toepasbaar op concrete regionale vraagstukken en meer toepasbaar op nieuw te ontwikkelen technieken dan op regionale vraagstukken. (is dit zo?)

Het complete rapport van P. Hofman is te vinden op: <http://www.utwente.nl/cstm/staff/cv/hofman.doc/>

## 7. Energierapport 2008: (Min. EZ, BuZa en VROM 2008)

Dit rapport is een publicatie van de Ministeries van Economische Zaken, Buitenlandse Zaken en VROM en geeft de energievisie weer van het kabinet. In dit rapport worden drie scenario's beschreven voor de toekomstige elektriciteitsvoorziening in Nederland:

### *Uit: Energierapport 2008*

De eerste denkrichting is die van **Nederland als Powerhouse van Europa**. Vanwege de ligging van Nederland aan de kust kunnen kolen makkelijk worden aangevoerd en is voldoende koelwater beschikbaar. Er komen veel kolencentrales in Nederland bij. De gasinfrastructuur wordt daarnaast uitgebouwd tot een gasrotone, met een aantal grote gascentrales. Door te kiezen voor kolenvergassing wordt de flexibiliteit van het systeem vergroot. Nederland levert basislastvermogen aan de ons omringende landen, die zelf in hun piekvermogen moeten voorzien. De zeehavens investeren in overslagcapaciteit van kolen, en TenneT investeert met buitenlandse partners in uitbreiding van de netcapaciteit, om de stroom naar het achterland te vervoeren. De industrie, en met name de energie-intensieve industrie wordt hiermee op haar wenken bediend. Het is mogelijk dit beeld te 'vergroenen'. Nederland speelt dan een voorbeeldrol met het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> en bijstook van biomassa en gaat hard door met het ontwikkelen van zijn windparken op land en op zee.

Het tweede beeld is dat van **Nederland als de energieflexwerker van Europa**. Meer grootschalige wind- en zonne-energie leidt tot een grotere behoefte aan snelstartend reservevermogen: centrales die snel hoger of lager kunnen worden geschakeld. Nederland levert deze flex-energie – die een hogere waarde heeft dan basislast-energie – dankzij het aardgas. Landen om ons heen verzorgen met hun kolen- en kerncentrales de basislast voor de Noordwest-Europese markt. Nederland ontwikkelt zich zo tot flexibele buffer tussen de 'must run' basislast en de sterk variabele duurzame energievormen. Zo kan Nederland zijn eigen (en in de toekomst: het ingekochte) aardgas tegen de beste Europese prijs in de vorm van elektriciteit verhandelen en wordt de elektriciteitsvoorziening het verlengstuk van de Gasrotone. Ook aan dit beeld kan weer een vergroeningsperspectief worden gekoppeld: de restwarmte uit de piekcentrales wordt benut voor bijvoorbeeld nieuwe visserij-industrie (warmwater viskweek) en biobrandstof-industrie (oliewinning uit gekweekte algen). Hierbij past een beeld van de Noordzee als energiebron, met onder meer het grootste windpark ter wereld.

Het derde toekomstbeeld is meer lokaal gericht en betreft **Nederland als Smart Energy City**. De vraag naar minder energieafhankelijkheid leidt in dit beeld tot 'eigen' lokaal geproduceerde en vaak kleinschalig opgewekte elektriciteit (met onder meer zon-PV, micro-WKK, mestvergisting en zonneboilers). Door de elektriciteitsnetwerken 'smart' te maken produceren de vroegere energieconsumenten energie (ze worden 'prosumers'). Met de micro-WKK en de slimme meters als vertrekpunt groeit de decentrale energieopwekking (waar we nu al wereldwijd in voorop lopen). Ieder huishouden en bedrijf heeft zijn eigen opwekkingseenheid, met een 'smart' netwerk om het overschot aan stroom te verhandelen. Het Nederlandse bedrijfsleven specialiseert zich in toenemende mate in slimme ontwerpen met hoge toegevoegde waarde (creatieve industrie, handel, dienstverlening) en een sterk ecologisch profiel (*cradle to cradle*). Ook hier is weer een transitiepad naar meer duurzaamheid uit te zetten, met bijvoorbeeld het aankoppelen van zonneboilers en decentrale energieopslag in auto-accu's of warmtepompen.

Voor het complete rapport:

<http://www.energieraad.nl/Include/ElectosFileStreaming.asp?FileId=334>

## 8. Brandstofmix in beweging (Energieraad, 2008)

De Energieraad adviseert de Nederlandse regering en het parlement over het te voeren energiebeleid. In het rapport Brandstofmix in Beweging doet de Energieraad een aanbeveling om te komen tot de ideale brandstofmix die schoon, betrouwbaar en betaalbaar is.

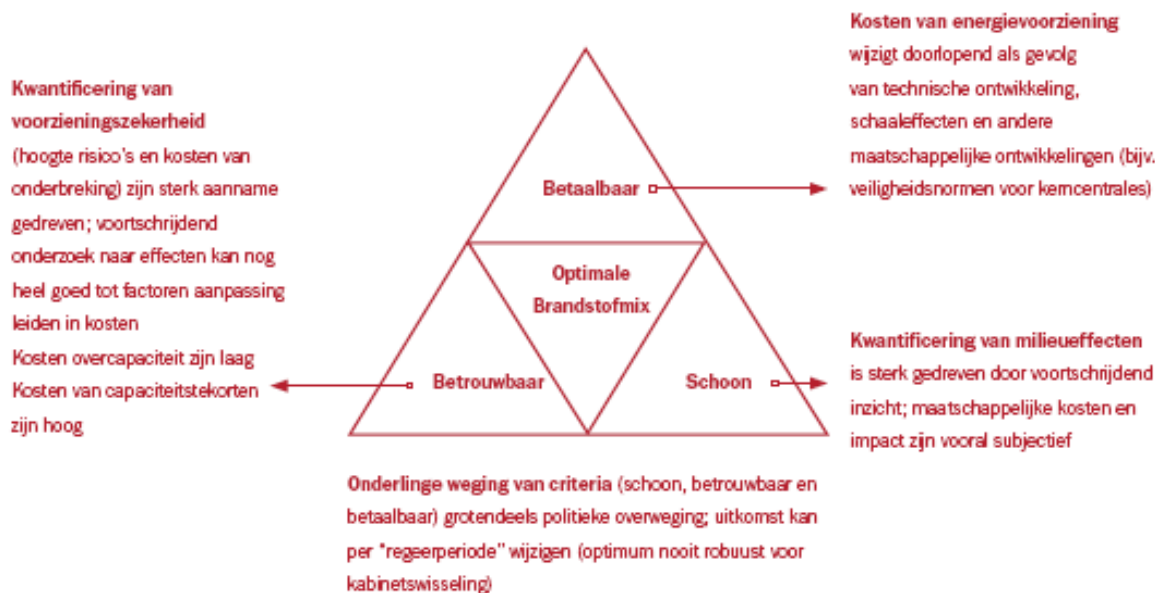
Het Nederlandse kabinet heeft als doel gesteld om 20% van Nederlandse energiehuishouding te verduurzamen. Naar aanleiding hiervan het de Energieraad twee scenario's onderzocht:

In het '20 % scenario' levert elke sector, ook de elektriciteitsvoorzieningen, een bijdrage en wordt voor 20 % duurzaam.

In het '40% scenario' wordt gesteld dat een aantal sectoren niet tegemoet komen aan de eis van 20% duurzaam, waardoor de elektriciteitssector hoger in moet zetten en voor 40% duurzaam moet worden.

Het volgende schema geeft de dynamiek van de scenario's met betrekking tot de optimale brandstofmix weer:

**Figuur 2: De optimale brandstofmix is kwantitatief nauwelijks vast te stellen door de vele onzekerheden en aannames**



Bron: *Brandstofmix in beweging, 2008*

Het rapport Brandstofmix in beweging geeft een zeer nauwkeurige en gedetailleerde beschrijving van de huidige energiesector in Nederland en de kosten en mogelijkheden die er zijn op het gebied van technieken als windenergie, biomassa en WKK. Het gaat voornamelijk om kwantitatieve scenario's en aanbevelingen voor nationaal en internationaal beleid en niet om omgevingsscenario's. Daarom is het vooral een bruikbaar rapport als achtergrondinformatie bij de scenariostudies van het Trendbureau Overijssel.

Het volledige rapport is te vinden op: <http://www.algemene-energieraad.nl/newsitem.asp?pageid=2703>

## 9. Nieuwe Nuts (Innovatienetwerk, 2008)

Nieuwe Nuts is een concept ontwikkeld door het Innovatienetwerk. Het Innovatienetwerk is een initiatief van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij.

Het concept Nieuwe Nuts kan gezien worden als een scenario om te komen tot een ruimtelijke inrichting waarbij duurzame energiebronnen centraal staan. De nutsvoorzieningen zijn in Nieuwe Nuts lokaal en regionaal georganiseerd, en biedt daarmee een alternatief voor de gestandaardiseerde en gecentraliseerde structuren van de gevestigde nutsbedrijven, waardoor duurzame energiewinning mogelijk wordt.

Grote groepen Nederlanders zullen eigenaar zijn van hun eigen lokale 'en duurzame 'energiebedrijf' en niet meer verbonden zijn met de grote landelijke netwerken. De nutsinfrastructuur behoort bij de woningen en bedrijven die er baat bij hebben. In deze nieuwe nuts-infrastructuur zijn de transportafstanden en daardoor de verliezen laag. In de Nieuwe Nuts wordt continu gewerkt volgens de laatste stand van de techniek en versnellen daardoor, door een toenemende vraag, de technologische ontwikkelingen.

Wat er nodig is voor het realiseren van Nieuw Nuts:

- Dat andere planning en organisatie van nutsvoorzieningen en een duurzame invulling van de nutsvoorzieningen een sturend principe in de ruimtelijke ordening wordt.
- Eindgebruikers krijgen zeggenschap over "hun" nutsvoorziening.
- Het ontwikkelen van nieuwe technieken voor elektriciteitsproductie.
- Het doorbreken van heersende industriële paradigma's doorbreken.
- Sterk overheidsoptreden.
- Betrokkenheid vanuit glastuinbouw, landbouw en landschapsbeheer.

Nieuwe Nuts is een bijzonder concreet uitgewerkt concept en een zeldzaam voorbeeld van duurzame energievoorziening op lokaal niveau.

Op de website van Innovatienetwerk zijn rapporten en films te vinden over Nieuwe Nuts:

<http://www.innovatienetwerk.org/nl/concepten/view/74/NieuweNuts.html>

## 10. Uncertainty and the Tyndall decarbonisation scenarios (Tyndal Centre, 2006)

De Britse overheid heeft als doel gesteld om in 2050 zestig procent minder CO<sub>2</sub>-uitstoot te hebben dan in 1990. Volgens de auteurs zit Groot-Brittannië ingesloten in koolstofintensieve leefstijlen en consumptiepatronen, ondanks het feit dat er

1. veel kennis over en aandacht voor klimaatverandering is;
2. technieken zijn ontwikkeld die kosteneffectief zijn en minder CO<sub>2</sub> uitstoten;
3. burgers weten hoe ze zuiniger kunnen omgaan met energie

Door sociale normen en culturele, economische en sociale context die heerst worden patronen niet doorbroken en vordert de omslag naar nieuwe vormen van energiewinning en distributie langzaam.

Het Tyndall Centre heeft vier beleidsscenario's ontwikkeld om te komen tot 60% minder CO<sub>2</sub>uitstoot in 2050: Rood, Blauw, Turquoise en Paars.

### **Rood**

In het rode scenario is sprake van een lage vraag naar energie in een snel groeiende economie die draait op de dienstensector. De vraag naar energie wordt vooral minder doordat een algemene gedragsverandering heeft plaatsgevonden en doordat technologische innovaties op het gebied van duurzame energiewinning snel rendabel zijn. Economische groei betekent niet langer ook meer CO<sub>2</sub>-uitstoot door het succes van de duurzame technieken die gerealiseerd zijn doordat veel zowel korte als langer termijn- investeringen zijn gedaan. Verder is het principe 'de vervuiler betaalt' doorgevoerd in die zijn dat de kosten van milieuvervuiling zijn verwerkt in de prijzen van goederen en diensten die die vervuiling veroorzaakt hebben. Kernenergie is compleet geen optie meer, in plaats daarvan is de techniek voor CO<sub>2</sub>-opvang en -opslag ver ontwikkeld waardoor ook de gevolgen van het gebruik van fossiele brandstoffen minder desastreus zijn.

### **Blauw**

Er is sprake van een middel-hoge vraag naar energie in het Blauwe scenario, gerealiseerd door collectieve initiatieven. Vanaf 2030 draait de energiesector om servicebedrijven die onder sterk toezicht staan van nationale en internationale wetgeving. Dit heeft vooral vergaande gevolgen voor de bouw met oog op normen en standaarden voor licht en warmte. Mede door de verplichting deze aanpassingen te maken, is de prijs van gebouwen waarin energieopwekkingstechnieken zijn geïntegreerd een stuk gedaald.

### **Turquoise**

In dit scenario vindt een gemiddelde economische groei plaats en is een middelhoge energievraag. De Britse politieke context is vergelijkbaar met die in de tijd waarin de scenario's geschreven zijn, met veel verschillende initiatieven bij verschillende onderdelen van de overheid om te proberen CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen. Het doel om 60% minder CO<sub>2</sub> uit te stoten wordt gerealiseerd door een verscheidenheid aan spelers aan de aanbodzijde. Kernenergie is een belangrijke leverancier van elektriciteit en waterstof. Private investeringen worden zeker gesteld door de lange termijn contracten die worden afgesloten en de garanties die de overheid geeft. De overheid speelt een grote rol in het ontwikkelen en plannen van nieuwe vormen van energiewinning.

### **Paars**

In het paarse scenario is sprake van een hoge economische groei en een grote vraag naar energie. Consumenten consumeren meer en dus is zijn ze energie-intensiever. Echter door veranderingen in technieken en het aanbodsysteem wordt toch de CO<sub>2</sub> uitstoot verlaagd. De overheid ziet grote economische risico's in de afhankelijkheid van andere landen voor fossiele brandstoffen en stimuleert initiatieven op het gebied van kernenergie en hernieuwbare grondstoffen, waardoor deze snelle economisch rendabel worden.



Het Tyndal Centre heeft als uitgangspunt voor het schrijven van de scenario's gebruik gemaakt van de volgende variabelen, ingedeeld in de categorieën vraagzijde en aanbodzijde:

De vraag naar energie wordt bepaald door:

- Huishoudenconsumptie
- Personenvervoer (over land en door de lucht)
- Internationaal goederenvervoer
- Structurele veranderingen in de economie

Het aanbod van energie wordt bepaald door:

- Beschikbaarheid van fossiele brandstoffen
- Implementatie van CO<sub>2</sub>-opvang en –opslag
- Rol van kernenergie
- Marktpenetratie van hernieuwbare energie
- Rol van waterstof
- Marktpenetratie van biobrandstof
- Lokale vs centrale opwekking

De Tyndall scenario's zijn tekenende voorbeelden van beleidsscenario's om het doel 60% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot te realiseren. De variabelen in de Tyndall scenario's kunnen echter ook in omgevingsscenario's worden toegepast.

Het rapport is (tegen betaling) te vinden via de link:

[http://www.sciencedirect.com.proxy.library.uu.nl/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VFV-4MSHT7R-1&\\_user=457046&\\_coverDate=02%2F28%2F2007&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_view=c&\\_acct=C000021878&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=457046&md5=000cf66cd50d28d44556c356f0077f7b](http://www.sciencedirect.com.proxy.library.uu.nl/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VFV-4MSHT7R-1&_user=457046&_coverDate=02%2F28%2F2007&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000021878&_version=1&_urlVersion=0&_userid=457046&md5=000cf66cd50d28d44556c356f0077f7b)

## 11. Using scenarios to explore alternative energy pathways in California (R. Ghanadan & J.G. Kooney, 2005)

Naar aanleiding van de energiecrisis die zich voordeed in 2001 in de Amerikaanse staat California hebben Ghanadan en Kooney door scenario's te bouwen antwoord gegeven op de volgende vragen:

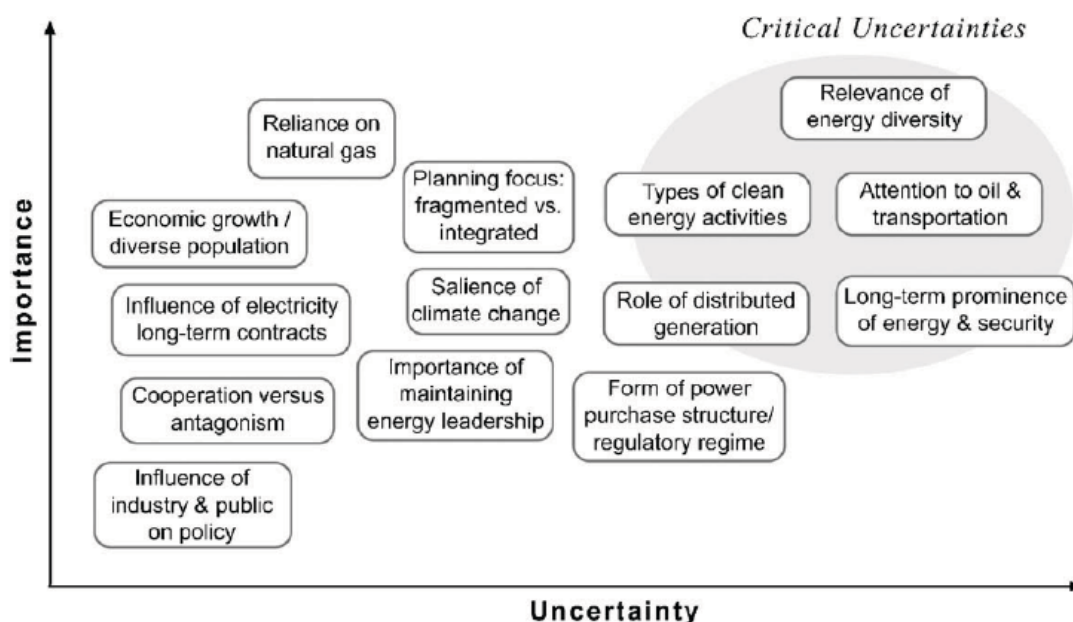
- Welke routes kunnen ingeslagen worden op weg naar schone energie in California?
- Wat zijn de 'drivers of change' de komende decennia?
- Hoe kan het Californische energiesysteem afwijken van business-as-usual verwachtingen?

De scenario's van Ghanadan en Kooney hebben allen dezelfde uitkomst, namelijk een schonere energiesector in California, met minder CO<sub>2</sub>-uitstoot. Dit maakt dat we te maken hebben met beleidsscenario's: er worden verschillende manieren verkend om hetzelfde toekomstbeeld te realiseren.

Na het formuleren van de vraagstelling zijn meer dan tweehonderd factoren benoemd die de energiesector in California beïnvloeden. Deze factoren zijn geabstraheerd en ingedeeld naar mate van belang en mate van onzekerheid in een diagram:

*R. Ghanadan, J.G. Koomey / Energy Policy 33 (2005) 1117–1142*

1



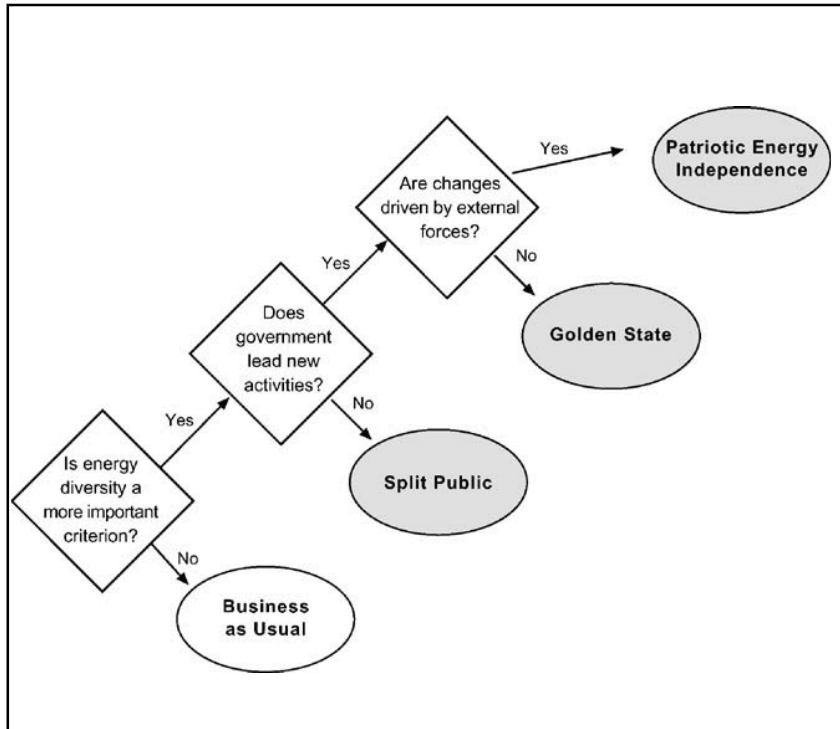
De factoren rechts bovenin het diagram zijn de meest belangrijke en meest onzekere actoren en dus benoemd als de 'critical uncertainties' in het Californische energiesysteem.

Na het benoemen van de kritieke onzekerheden zijn er vier scenario's ontwikkeld. Er zijn drie elementen die bepalend zijn voor welk scenario gerealiseerd zal worden:

- Het belang van energiediversiteit
- De rol van de overheid
- Het schaalniveau van invloedssferen op de energiesector in California (lokaal, nationaal of mondiaal)

Zoals te zien is op de volgende bladzijde leidt het beantwoorden van drie vragen over deze thema's tot vier verschillende scenario's.





Bron: Ghanadan & Kooney, 2005)

Het eerste scenario is het Business As Usual (BAU) scenario en gaat er van uit dat er niks verandert in de energiesector die gedomineerd wordt door (Multi)-nationale bedrijven. In het tweede scenario (Split-Public) slaan consumenten en maatschappelijke organisaties de handen in een om de overheid en het bedrijfsleven te dwingen de omslag naar schonere energie te maken. In het derde scenario, Golden State, neemt juist de overheid het voortouw in het streven naar schonere energie. Patriotic Energy Independence is het vierde scenario en gaat ervan uit dat door mondiale spanningen men bang is afhankelijk te worden van andere landen voor energie en besluiten mensen uit patriottisme over te gaan op schonere, kleinschalige energiesystemen.

Een analyse van Ghanadan en Kooney leidt tot de volgende conclusies die ook als aanbevelingen kunnen worden gezien hoe te komen tot een schone energiesector:

- De transportsector is de belangrijkste energieverbruiker en vervuiler; als nieuwe technologieën in de transportsector geadopteerd worden zijn de grootste problemen verholpen.
- Kleinschalige, particuliere initiatieven hebben een onderschatte, grote impact door het gemak waarmee ze zich verspreiden. Dit heeft te maken met de CO<sub>2</sub>-uitstoot van huishoudens die al met 65 % kan worden teruggebracht door zonneboilers te plaatsen of met 5 % door geen wasdrogers meer te gebruiken.
- De wenselijkheid van het importeren van energie is ook cruciaal, de drang naar onafhankelijkheid heeft de potentie een omslag in het denken en doen van een groot publiek te bewerkstelligen.
- Door te streven naar een grotere energiediversiteit, dus meer hernieuwbare energiebronnen en een minder groot aandeel van fossiele grondstoffen, wordt ook onafhankelijkheid gerealiseerd en tegelijkertijd de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-uitstoot terug gedrongen.

Wat de methode van Ghanadan en Kooney bijzonder maakt is de overzichtelijkheid waarmee zij de vier scenario's indelen aan de hand van drie kernvragen, oftewel de drie belangrijkste determinanten voor het realiseren van een schonere energietoekomst voor California.

Het artikel van Ghanadan en Kooney is gepubliceerd in het wetenschappelijk tijdschrift Energy Policy en (tegen betaling) online beschikbaar:

[http://www.sciencedirect.com.proxy.library.uu.nl/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V2W-4BT8GBX-1&\\_user=457046&\\_coverDate=06%2F30%2F2005&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&view=c&\\_ac](http://www.sciencedirect.com.proxy.library.uu.nl/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2W-4BT8GBX-1&_user=457046&_coverDate=06%2F30%2F2005&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_ac)

## 11. Naar een duurzaam Flevoland. Identificatie van routes die kunnen bijdragen aan verduurzaming van de energievoorziening in Flevoland (ECN, 2006)

Dit rapport is een inventarisatie van de mogelijke routes voor een verdere verduurzaming van de energievoorziening in de provincie Flevoland, opgesteld door het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN). Naast het vaststellen van de routes wordt er ook gekeken naar via welke operationele middelen deze paden kunnen worden gestimuleerd. Hierbij richt het onderzoek zich specifiek op de mogelijkheden en het krijgen van competitieve voordelen voor de provincie Flevoland. Uitgangspunt hierbij is na te gaan welke specifieke condities in Flevoland bestaan en hoe deze zich verhouden tot de trends die op Europees en nationaal niveau zichtbaar zijn.

Er zijn een aantal aanbevelingen die gefunctioneerd hebben als rode draad:

- Ontwikkel een gemeenschappelijk gedragen lange termijn visie ten aanzien van verduurzaming van Flevoland
- Zet als provincie voor de toekomst in op grootschalig geproduceerde koolstofloze energiedragers
- Richt je als provincie op de markten die je kan beïnvloeden: lokale markten met een afgeschermd karakter
- Verduurzaming kan onder voorwaarden leiden tot regionale economische stimulering

De centrale vragen binnen de studie zijn dus: Waar moet de provincie Flevoland op inzetten indien zij wil werken aan een verdere verduurzaming van haar energievoorziening? Wat zijn specifieke voordelen van Flevoland die benut kunnen worden waarmee een competitief voordeel verkregen kan worden? Bij welke Europese/nationale ontwikkelingen kan aangehaakt worden?

Er zijn drie prioriteitsgebieden vastgesteld die, rekening houdende met de sturingsmogelijkheden van de provincie, het grootste potentieel voor verduurzaming vormen: 1. nieuw te bouwen woningen, 2. lokale markten voor verkeer en vervoer (stedelijk gebied), 3. een verdere vergroting voor het windvermogen.

Aan de hand van interviews en analyses per sector is men in de studie gekomen tot de volgende algemene conclusies en aanbevelingen:

- Vanuit een lange termijn perspectief gekeken moet worden ingezet op routes die de inzet van olie en aardgas verminderen. Daarnaast moet er worden ingezet op routes waarbij energiedragers of duurzaam of grootschalig schoon centraal worden geproduceerd. Hierbij wordt een synergie tussen voorzieningszekerheid en duurzaamheid gecreëerd.
- Er dient een lange termijn visie ten aanzien van de verduurzaming van Flevoland te worden ontwikkeld van waaruit het beleid dat de beoogde transitie moet ondersteunen consistent wordt vormgegeven.
- Markten met een lokaal en afgeschermd karakter, zoals bijvoorbeeld stadsvervoer, lokaal vervoer van goederen of aanleg van nieuwbouwwijken en bedrijventerreinen, zijn de markten waar de provincie en gemeenten zich het beste op kunnen richten.
- De grootste economische impuls voor Flevoland wordt verkregen via het genereren van nieuwe economische activiteit of uitbreiden van de vraag naar al binnen Flevoland geproduceerde producten. De overige effecten op de economie in Flevoland zijn gering.

Verder worden er in het rapport sectorspecifieke aanbevelingen en conclusies genoemd. Enkele belangrijke hiervan zijn:

1. Tot 2030 zal de woningvoorraad in Flevoland waarschijnlijk nog aanzienlijk worden uitgebreid. Voor de nieuwbouw zou ingezet moeten worden op een combinatie van vergaande vraagbeperking, lokale productie van warmte via een zonneboiler en efficiënte opwekking van de restvraag aan warmte via elektrische waterpompen.

2. Flevoland kan de technische ontwikkeling op het gebied van verkeer en vervoer niet noemenswaardig beïnvloeden. Flevoland moet zich daarom met name richten op het verduurzamen van lokale en afgeschermden markten op het gebied van verkeer en vervoer (busvervoer, taxi's en bijvoorbeeld het bezorgen van pakketten). Mogelijke opties hiervoor zijn dieselelektrische hybride bussen, het opzetten van een distributiecentrum van waaruit op milieuvriendelijke wijze distributie wordt georganiseerd en inzet van waterstof in lokaal vervoer.
3. In Flevoland staat een groot deel van het in Nederland aanwezige windvermogen opgesteld. Gezien de bijdrage die windenergie op land kan leveren aan de verduurzaming van de energievoorziening zou onderzocht moeten worden hoe het mogelijk is om het aandeel windenergie verder uit te breiden.

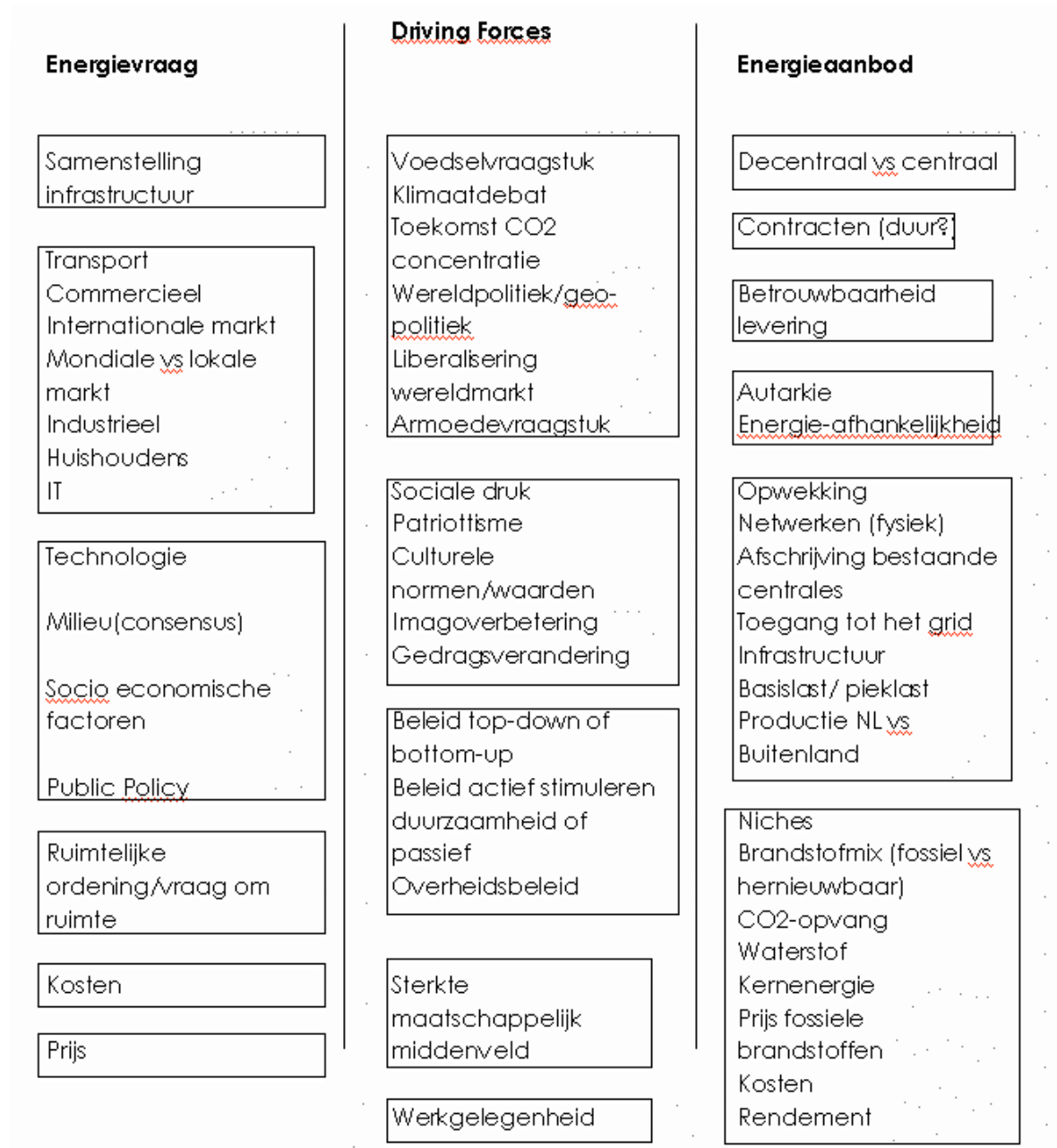
Tenslotte wordt er in het rapport het advies gegeven dat er voor een verdere verduurzaming van Flevoland samengewerkt moet worden met verschillende partijen in een kennis-/praktijkcentrum. Er is in Flevoland veel kennis aanwezig, maar deze kennis is gefragmenteerd en ook ontbreekt een breed gedragen integrale duurzame energievisie van waaruit een langjarig beleid kan worden ontwikkeld. In het rapport wordt aangegeven dat de provincie een grote rol moet spelen in de opzet van het kennis of praktijkcentrum. Het kenniscentrum moet objectief en integraal de verschillende belangen afwegen, en een 'marktplaats'(kennis en praktijk) functie hebben waar de belanghebbende partijen bij elkaar komen om nieuwe toepassingen (zoals de windtechnologie) in de praktijk te brengen (maken, toepassen, verbreden, verder ontwikkelen en communiceren) met daarmee een economische en profilerende spin off.

Dit rapport van ECN is een advies en niet zozeer een scenario. De vragen die aangekaart worden zijn wel zeer bruikbaar voor de scenariostudie en kunnen gebruikt worden om de te ontwikkelen scenario's te toetsen op antwoorden. Het advies is online beschikbaar via:

<http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/c05107.pdf>

### 13. Variabelen uit de scenario's

Uit de bestudeerde scenario's heeft het Trendbureau Overijssel variabelen gedistilleerd die gebruikt kunnen worden bij het bouwen van nieuwe scenario's:



Bron: Trendbureau Overijssel, 2009