

# Energiescenario's voor Nederland

heden tot 2020





# Energiescenario's voor Nederland

heden tot 2020

Joost Icke  
Willem Bruggeman





**Titel**  
Energiescenario's voor Nederland

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Strategisch Deltares	Onderzoek1200057-000	1200057-000-VEB-0002	31


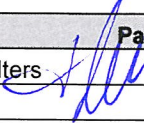

**Trefwoorden**  
Scenario's, energie, energietransitie, olie, Peak Oil

**Samenvatting**  
Dit rapport beschrijft drie mogelijke toekomstscenario's voor Nederland in 2020 in relatie tot ontwikkelingen in de oliesector.

De belangrijkste factoren in de scenario's zijn:  
De snelheid waarmee de olieproductie afneemt, de wereldvraag toeneemt en olie een schaars goed wordt (actie).  
De snelheid waarmee de energiehuishouding van Nederland kan veranderen (reactie). Onder energiehuishouding wordt verstaan: energievraag, energieaanbod en energievorm.

De scenario's worden voorafgegaan door een korte inleiding op het energievraagstuk.

#### Referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	2009-07-01	Joost Icke Willem Bruggeman		Henk Wolters		Lucas Janssen	

**Status**  
definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Aanleiding	1
1.2 Gevolgde werkwijze	1
1.3 Leeswijzer	1
<b>2 Het energievraagstuk</b>	<b>3</b>
2.1 Een nieuwe oliecrisis?	3
2.2 Peak Oil	5
2.3 Consequenties voor de samenleving	6
2.4 Kredietcrisis	6
2.5 Technologiedoorbraken	7
2.6 Klimaatverandering	7
2.7 Energietransitie	8
<b>3 Drie toekomstscenario's</b>	<b>9</b>
3.1 Inleiding	9
3.2 Scenario 1 Mobility Management	11
3.3 Scenario 2 Een zonnige toekomst	14
3.4 Scenario 3 Ontwenningverschijnselen	17
<b>4 Referenties</b>	<b>21</b>
4.1 Artikelen, boeken en rapporten	21
4.2 Films en documentaires	23
4.3 Websites	23



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Directe aanleiding voor het onderzoek naar energiescenario's is een strategische verkenning van Rijkswaterstaat Waterdienst getiteld 'Energie als vierde netwerk'. Dit document is geschreven om de discussie in het project te stimuleren.

De basisvragen zijn: 'Wat is er aan de hand op energiegebied? Wat zien we om ons heen gebeuren? Wat kunnen we verwachten voor de toekomst, in het bijzonder de periode 2010-2020, eventueel verder?'

## 1.2 Gevolgde werkwijze

Allereerst heeft een uitgebreide verkenning van energiescenario's plaatsgevonden op basis van nationale en internationale literatuur, die via internet beschikbaar is. Vervolgens zijn drie verhalende scenario's uitgewerkt voor Nederland in 2020. Deze scenario's schetsen mogelijke toekomsten, het zijn geen absolute voorspellingen.

De scenario's zijn later uitgebreid met een stuk 'geschiedschrijving van de toekomst': een chronologische opeenvolging van gebeurtenissen die leiden tot de beschreven situatie in 2020. Ook is de rol van de overheid in elk scenario verduidelijkt.

Ten slotte is een algemeen hoofdstuk geschreven over het energievraagstuk, waarin de literatuur over energiescenario's wordt geciteerd.

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een beknopt overzicht van recente energiescenario's, op basis van een uitgebreide referentielijst die is terug te vinden in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 3 staan drie verhalende toekomstscenario's.





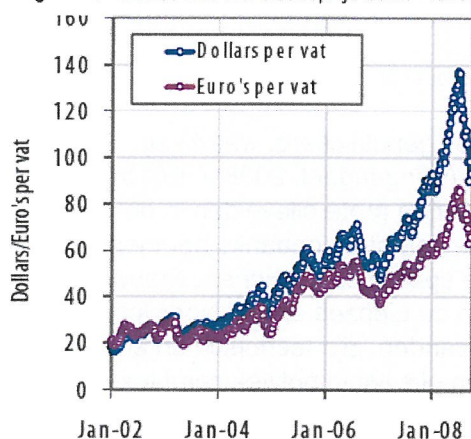
## 2 Het energievraagstuk

### 2.1 Een nieuwe oliecrisis?

In 2008 bereikte de olieprijs kortstondig een niveau van \$147 per vat (figuur 2.1). De wereldwijde vraag naar olie was groter dan ooit als gevolg van de sterke economische groei, maar dat leidde nauwelijks tot een verhoging van de olieproductie (figuur 2.2). De prijs bleef daarom stijgen tot een niveau waarop de consumenten niet meer konden of wilden betalen voor brandstoffen. Vanwege de hoge prijs paste de vraag naar olie zich vervolgens aan het aanbod aan. In de slijpstream van de hoge olieprijsen stegen ook de prijzen voor grondstoffen en voedsel.

Na het uitbreken van de recessie nam de vraag naar olie weer wat af en daalde de prijs van olie in een paar maanden tijd naar \$30 per vat in december 2008. Ondanks de ernst en de diepte van de recessie is de olieprijs inmiddels alweer verdubbeld tot meer dan \$70 per vat in juni 2009. Velen vragen zich daarom af, waardoor deze wilde schommelingen in de olieprijs optraden en wat de toekomst voor ons in petto heeft. Schiet de olieprijs weer omhoog zodra de economie oprabbelt uit de recessie?

Figuur 8: Gemiddelde wereldolieprijs 2002 - 2008



Bron: Energy Information Administration, Peakoil Nederland

Figuur 2.1 Het prijsverloop van olie. Overgenomen uit Koppelaar et al. (2008).

Overigens zijn de prijsstijgingen in euro's uitgedrukt minder sterk dan in dollars (figuur 2.1). Bovendien lijkt het erop dat beleggers energie en grondstoffen als een veilige haven beschouwen in de onzekere tijden van de kredietcrisis. Zie bijvoorbeeld (IRIS, 2007) voor de lange termijnperspectieven van beleggingen in schaarse grondstoffen.

Met andere woorden, het prijsverloop van olie vertelt niet alleen iets over vraag en aanbod van olie, maar ook over de kapitaalstromen in de wereld (Clingendael, 2008).

Figuur 6: Wereldproductie van conventionele en onconventionele olie januari 2002 - september 2008



Bron: Internationaal Energie Agentschap, Peakoil Nederland

Figuur 2.2 Mondiale olieproductie. Overgenomen uit Koppelaar et al. (2008).

Verschillende toonaangevende instituten hebben studies gepubliceerd, waarin zij waarschuwen voor olieschaarste in de nabije toekomst (Clingendael, 2008; OECD/IEA, 2008; Energieraad, 2008; NRC Handelsblad, 2008). De bestaande grote olievelden in de westerse wereld zijn over hun productiepiek heen. De stroom olie neemt af, ondanks het toepassen van zeer geavanceerde technologieën om de olie op te sporen en te winnen. Nieuwe olievelden liggen geografisch ongunstig, bijvoorbeeld in de diepzee en het Noordpoolgebied. Alternatieve bronnen van olie, zoals de Canadese teerzanden, zijn technisch en energetisch lastig te exploiteren. De resterende, makkelijk te winnen olie ligt in politiek complexe gebieden in het Midden-Oosten, Centraal-Azië en Afrika. Deze combinatie van 'ondergrondse' en 'bovengrondse' factoren zorgt ervoor dat de mondiale olieproductie een plateau (heeft) bereikt. Bij een toenemende vraag naar olie, met name vanuit snel industrialiserende landen, en een gelijkblijvend of dalend aanbod, zal de prijs van olie stijgen.

Zelfs de oliemaatschappijen beginnen nu te spreken over het bereiken van een plateau in de olieproductie (Shell, 2008; Leggett, 2008; Der Spiegel, 2009). De afgelopen jaren zijn verschillende websites, documentaires, films en boeken verschenen voor een breed publiek, die op indringende wijze waarschuwen voor 'Peak Oil' (zie paragraaf 2.2).

De oliemarkt verandert van een kopersmarkt in een verkopersmarkt. De olieprijs zal stijgen tot een niveau waarop de afnemers de prijs niet meer kunnen of willen opbrengen. Deze noodgedwongen vraagreductie kan meerdere verschijningsvormen hebben. Automobilisten staan bijvoorbeeld voor de keuze tussen de aanschaf van een zuiniger auto, minder rijden, of meer betalen, wat ten koste gaat van andere economische sectoren. De automobiliteit is echter slechts één van de sectoren in onze economie, die afhankelijk is van goedkope olie. De transportsector, de landbouwsector en de chemie zijn alle sterk afhankelijk van olie. Alternatieven voor olie zijn niet zomaar voorhanden. Zo leidt het omzetten van landbouwgewassen in biobrandstoffen al gauw tot stijgende voedselprijzen. Hoge olieprijsen



raken de hele westerse economie en in het verleden hebben hoge olieprijs tot recessies geleid, zoals bijvoorbeeld na de oliecrisis van 1973. Een 'permanente oliecrisis' kan er mogelijk toe leiden dat we onze economie radicaal anders moeten gaan inrichten: bijvoorbeeld regionaliseren in plaats van globaliseren, om zo het energieverbruik dat gepaard gaat met transport, te verminderen. Dit zal grote maatschappelijke consequenties hebben.

Het energievraagstuk kent vele invalshoeken. Naast een geologische component (hoeveel olie zit nog in de grond) kent het vraagstuk ook politieke, economische, milieukundige en technologische componenten. Dit maakt het lastig om een eenduidige voorspelling te geven van de toekomstige ontwikkeling in de olieproductie en –prijs. Partijen maken daarom gebruik van verschillende toekomstscenario's (Shell, 2008; ECN, 2005).

## 2.2 Peak Oil

In buitenlandse literatuur wordt veelvuldig de term 'Peak Oil' gebruikt. Peak Oil is het moment waarop de olieproductie van een regio, land of de wereld het maximale niveau bereikt. Na deze piek in de olieproductie volgt een geleidelijke afname van de productie. De olie is op dat moment nog lang niet op, maar de resterende olie bevindt zich in kleinere en moeilijker te exploiteren olievelden. Na het bereiken van de piek volgt een periode waarin de olieproductie constant blijft en daarna afneemt, ondanks hogere investeringen om de resterende olie te winnen. Uiteindelijk kost het teveel energie, materieel en arbeid om de laatste olie te winnen en zal de productie worden gestaakt.

De eerste die waarschuwde voor Peak Oil was de Amerikaanse geofysicus M. King Hubbert. Hij voorspelde tamelijk nauwkeurig het moment waarop de olieproductie in de Verenigde Staten zou pieken, op basis van de eerder opgetreden piek in de olievondsten in de Verenigde Staten. Zijn model houdt echter alleen rekening met fysische factoren (Fisher, 2008).

Het voorspellen van Peak Oil op mondiale schaal is bijzonder lastig, omdat informatie over olievoorraden met geheimzinnigheden is omgeven. Voor de 'World Energy Outlook 2008' van het IEA is getracht informatie over olieproductie en –voorraden op een rij te zetten (OECD/IEA 2008). Zij waarschuwen voor ernstige tekorten aan olie in het komende decennium, omdat de productie van bestaande olievelden afneemt, de vraag van olie in zich ontwikkelende landen groeit en de investeringen onvoldoende zijn om in de toekomstige vraag naar olie te voorzien.

Een invloedrijk rapport in de Peak Oil discussie is het 'Hirsch-rapport', genoemd naar de senator Robert Hirsch. Hij heeft verschillende scenario's uitgewerkt voor het tijdperk dat volgt op het einde van de goedkope olie. Hij waarschuwt in het bijzonder voor de tijd die de transportsector nodig heeft om zich aan te passen. Een overschakeling naar andere brandstoffen en elektrisch rijden kost 20 jaar, vanwege de afschrijving van het wagenpark. Kortere overgangperiodes vragen een enorme inspanning, te vergelijken met het opbouwen van een oorlogseconomie (Hirsch, 2005).

De Peak Oil-beweging waarschuwt op indringende wijze voor de gevolgen van Peak Oil. Energie vormt de basis voor onze westerse samenleving en economische groei gaat gepaard met toenemend energieverbruik. Omgekeerd zorgt olieschaarste voor economische krimp, sociale ontwrichting en vermindering van de wereldvoedselproductie. De Peak Oil beweging voorspelt het einde van de westerse beschaving zoals wij die nu kennen en pleit voor een transitie naar een regionale, zelfvoorzienende economie (zie bijvoorbeeld [www.peakoil.net](http://www.peakoil.net), [www.peakoil.nl](http://www.peakoil.nl), [www.energybulletin.net](http://www.energybulletin.net), [www.postcarbon.org](http://www.postcarbon.org), [www.lifeaftertheoilcrash.net](http://www.lifeaftertheoilcrash.net)).

Ook in Nederland zijn inmiddels verschillende boeken en documentaires verschenen over het einde van het olietijdperk (Bakas, A. en R. Creemers, 2007; Middelkoop, W. en R. Koppelaar, 2008; Veld, R. op het, 2008; Tegenlicht, 2009).

### 2.3 Consequenties voor de samenleving

Het voorspellen van de consequenties van energieschaarste voor de Nederlandse samenleving is bijzonder lastig. Onze huidige economie is ingericht op groei en de grondstoffen en energie die daarvoor nodig zijn, staan ons tegen aanvaarbare kosten ter beschikking. De Nederlandse economische groei lijkt weliswaar ontkoppeld te zijn van het energieverbruik, ware het niet dat de productie van ons voedsel en onze consumptiegoederen voor een belangrijk deel in het buitenland plaatsvindt. Een situatie waarin energie, grondstoffen en voedsel schaars zijn en een stijgende vraag niet automatisch leidt tot een groter aanbod vergt een heel nieuw denkraam. In zo'n situatie moeten we niet alleen op zoek naar alternatieve energiebronnen en energiebesparing, maar is ook sprake van een complex investering- en verdelingsvraagstuk.

In de scenario's in hoofdstuk 3 zijn mogelijke consequenties voor de samenleving geschetst. Belangrijke parameters hierin zijn de snelheid waarmee olieschaarste optreedt en het reactievermogen van de samenleving. In deze paragraaf worden puntsgewijs enkele *mogelijke* consequenties voor de samenleving aangestipt.

- Energiebesparing door vraaguitval. Minder luchtvaart, transport en automobilititeit. Meer telewerken, meer vakanties in Nederland. In energie-intensieve sectoren, zoals luchtvaart en visserij, gaan bedrijven failliet die slecht weten om te gaan met fluctuerende energieprijzen.
- Energiebesparing door toepassing van zuiniger technologieën. Denk bijvoorbeeld aan kleine, hybride en elektrische auto's.
- Investerings in alternatieve energiebronnen worden lonend, zoals duurzame energie, kolen, nucleair en teerzanden. Dit heeft ook gevolgen voor de uitstoot van CO<sub>2</sub>.
- Overheidsingrijpen bij fysieke schaarste, bijvoorbeeld belastingverlaging voor kwetsbare groepen in de samenleving en bepaalde economische sectoren, of benzine op de bon.
- Geopolitieke spanningen als gevolg van de strijd om de schaarse oliebronnen. Bilaterale handelsovereenkomsten en protectionisme in plaats van vrije handel.
- Stijgende voedselprijzen, als gevolg van het omzetten van voedselgewassen in biobrandstoffen en chemicaliën.

### 2.4 Kredietcrisis

De kredietcrisis die in 2008 in volle hevigheid uitbrak, maakt dat investeringen in de oliesector teruglopen. Belangrijke projecten worden vertraagd of uitgesteld en ook het in stand houden van bestaande productiefaciliteiten vraagt om flinke investeringen (Financial Times, 2008). Zodra de economie weer aantrekt zal ook de vraag naar olie toenemen. De onderinvesteringen als gevolg van de kredietcrisis kunnen ertoe leiden dat het aanbod de vraag niet meer kan bijhouden en we in de periode 2012-2015 te maken krijgen met een oliecrisis.



Omgekeerd hebben de hoge brandstofprijzen mogelijk ook bijgedragen aan het ontstaan van de kredietcrisis, omdat huishoudens en bedrijven in de Verenigde Staten een steeds groter deel van hun inkomen moesten besteden aan brandstof, waardoor de aflossing van hypotheekschulden onder druk kwam te staan (Hamilton, 2009).

Het schrikbeeld is een scenario waarin de ene recessie de volgende uitlokt, omdat bij gebrek aan kapitaal onvoldoende is geïnvesteerd in de energievoorziening.

## 2.5 Technologiedoorbraken

De optimisten onder ons stellen dat het ook kan meevallen met die vermeende oliecrisis dankzij verschillende technologiedoorbraken. De markt komt 'als vanzelf' met oplossingen wanneer fossiele brandstoffen duurder worden. Bij het maken van toekomstscenario's is het van belang om ook deze zijde van de medaille goed te belichten. Stel dat zonnepanelen zo goedkoop worden, dat steeds meer burgers en bedrijven ze uit zichzelf op daken en gevels gaan plaatsen? Zeker met hogere energieprijzen naderen we snel het moment waarop zonnepanelen renderen zonder subsidie. In Spanje worden al commerciële zonnecentrales ontwikkeld. De volgende grote sprong voorwaarts is de energieonafhankelijkheid van huishoudens en bedrijven. Elk huishouden, elk kantoor en elke kas wekt stroom op met behulp van de zon. Overschotten worden teruggeleverd aan het elektriciteitsnet, of opgeslagen in de accu's van elektrische auto's (Tegenlicht, 2009).

Ook in het elektrisch rijden worden stappen vooruit gezet. Tesla heeft een elektrische auto ontwikkeld met een actieradius van 400 kilometer en een flink acceleratievermogen (Tegenlicht, 2009 en website Tesla). Overigens is het nog maar de vraag of ons elektriciteitsnet geschikt is om op grote schaal elektrisch tanken mogelijk te maken (Brugh, 2009). Als alternatief voor de zware elektrische auto's kan ook gedacht worden aan lichtere elektrische voertuigen voor het woon-werkverkeer in stedelijke gebieden. Het bedrijf Segway ontwikkelt verschillende elektrische vervoersmiddelen, met een actieradius tot 25 kilometer ([www.segway.com/puma/](http://www.segway.com/puma/)). Op dit moment groeit de markt van elektrische fietsen en scooters snel, evenals het gebruik van de OV-fiets in combinatie met de trein. Voor het woonwerkverkeer kunnen in Nederland snel alternatieven ontwikkeld worden, mocht dat nodig zijn vanwege olieschaarste.

## 2.6 Klimaatverandering

De dreigende klimaatverandering versterkt de noodzaak om versneld van fossiele brandstoffen af te stappen (OECD / IEA, 2008). Uit de wetenschap komen zelfs signalen dat het gehalte van het broeikasgas CO<sub>2</sub> onder het huidige, door emissies verhoogde niveau gestabiliseerd zou moeten worden op 350 ppm (Hansen et al, 2008). Bovendien zijn er aanwijzingen dat de klimaatverandering niet-lineair gaat verlopen. Boven een temperatuurstijging van 2°C treden allerhande zichzelf versterkende processen op. Om een paar voorbeelden te noemen: een ijsvrije Noordpool zal, vanwege het wegvallen van het albedo-effect, meer zonnewarmte vasthouden; uit een ontdooiende toendra komen broeikasgassen vrij; hogere temperaturen leiden tot meer bosbranden, waarbij veel van het broeikasgas CO<sub>2</sub> vrijkomt. Een stijging van de mondiale temperatuur in de range van 4–6°C heeft catastrofale gevolgen voor mensen en ecosystemen (Lynas, 2008).

## 2.7 Energietransitie

Is het mogelijk om in de energiebehoefte van een land als Nederland volledig met duurzame energie te voorzien? Prof. David MacKay van de universiteit van Cambridge heeft geprobeerd die vraag te beantwoorden voor Groot-Brittannië in zijn boek 'Sustainable Energy – without the hot air' (MacKay, 2009). Hij komt tot een aarzelend 'ja'. Met forse energiebesparing en het aanboren van werkelijk elke beschikbare bron van duurzame energie is het redelijk mogelijk. Alleen vliegen zal moeilijk worden in een toekomst met olieschaarste. Voor kerosine zijn nog onvoldoende alternatieven beschikbaar.

Het daadwerkelijk winnen van het volledige potentieel aan duurzame energie is maatschappelijk onhaalbaar, vanwege beperkingen uit landschappelijk en milieuoogpunt. Kleinschalige duurzame energieprojecten, zoals rijden op oud frituurvet, vindt de milieubeweging prachtig. De aanleg van een grote getijdencentrale in het Severn Estuary kan echter op flinke weerstand rekenen (Pearce, 2009). Duurzame energie is diffuus aanwezig. Elke vorm van duurzame energiewinning en de productie van biobased grondstoffen betekent ruimtebeslag. Die ruimte is nodig om de energie van de zon op te vangen. In de toekomst zal de druk op schaarse ruimte alleen maar toenemen.

In Nederland is het platform Energietransitie actief, dat zich onder andere buigt over een duurzame elektriciteitsvoorziening. Zij werken aan de groeidoelstelling van 20% duurzame energie in 2020.

Op internet zijn verschillende Nederlandse en buitenlandse websites te vinden die ingaan op de energietransitie en op transitie-scenario's. Deze transitiebewegingen kijken verder dan de energievoorziening alleen en besteden vaak veel aandacht aan regionalisering van de economie, vanuit de gedachte dat energie schaars wordt en urgente actie noodzakelijk is vanwege klimaatverandering (zie de verwijzingen in paragraaf 4.3). Het is echter nog maar de vraag of 'regionaal' altijd synoniem is met 'zuinig'. Het transporteren van groenten uit zuidelijke landen weegt misschien wel op tegen het gekoeld bewaren van Nederlandse groenten. Hogere energieprijzen zullen doorwerken in de prijzen van producten, de wet van vraag en aanbod bepaalt vervolgens welke producten en diensten mensen zullen kopen. Hetzelfde geldt ook voor vervoer: een elektrische scooter is energetisch even voordelig als elektrisch openbaar vervoer, maar biedt wel meer flexibiliteit (MacKay, 2009). Bij het voorspellen van toekomstige ontwikkelingen is het daarom zaak om goed te kijken naar de kosten, gebruiksgemak en het energieverbruik van een bepaald product of dienst.

## 3 Drie toekomstscenario's

### 3.1 Inleiding

De drie toekomstscenario's voor Nederland in het jaar 2020 in dit hoofdstuk zijn verhalende scenario's, bedoeld om te inspireren en te bediscussiëren. Ze zijn ontsproten aan de analyse en het inlevingsvermogen van de auteur.

De belangrijkste factoren in de scenario's zijn:

- De snelheid waarmee de olieproductie afneemt, de wereldvraag toeneemt en olie een schaars goed wordt (actie).
- De snelheid waarmee de energiehuishouding van Nederland kan veranderen (reactie). Onder energiehuishouding wordt verstaan: energievraag, energieaanbod, energievorm.

In alle scenario's wordt verondersteld dat op enig moment een Peak Oil-situatie optreedt, tussen nu en 2030. Peak Oil is het moment waarop de mondiale olieproductie een maximum bereikt, waarna de productiegroei stagneert en de productie vervolgens gaat afnemen. De scenario's verschillen van elkaar in het moment waarop Peak Oil optreedt en de snelheid waarmee de wereldwijde olieproductie vervolgens afneemt.

In scenario 1 en 2 neemt de beschikbaarheid van fossiele brandstoffen geleidelijk en voorspelbaar af. De energievraag past zich soepel aan, zowel wat betreft de hoeveelheid als de vorm waarin de energie geconsumeerd wordt. Scenario 1 kent een grotere rol toe aan de overheid en aan lange termijnplanningen. Scenario 2 kent een grotere rol toe aan technologische doorbraken en trends. In scenario 3 neemt de beschikbaarheid van fossiele brandstoffen plotseling en schoksgewijs af. De benodigde tijd en middelen voor de energietransitie schieten ernstig te kort.

De ontwikkelingen aan de aanbodzijde en de vraagzijde resulteren in een kenmerkend verloop van de olieprijs. De olieprijs is daarmee een belangrijke indicator. In tabel 3.1 op de volgende pagina staan de ontwikkelingen in de olieprijs weergegeven voor elk scenario.

Voor alle scenario's is ook de weg er naartoe beschreven (heden – 2020), om de signalen en gebeurtenissen die bepalen welk scenario werkelijkheid wordt, zichtbaar te maken.

Tabel 3.1 De ontwikkelingen in de olieprijs in de drie toekomstscenario's die in dit hoofdstuk staan beschreven.

Scenario	Olie
1 Mobility Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Olieprijs in de range \$40 - \$80 per vat</li> <li>- Goed onderbouwde prognoses van toekomstige tekorten, waardoor overheden plannen en beleid gaan maken</li> <li>- De olieproductie kan de vraag naar olie redelijk bijhouden</li> </ul>
2 Een zonnige toekomst	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Olieprijs stijgt tot boven de \$80 per vat, waardoor geïnvesteerd wordt in diepzeeolie en duurzame energie</li> <li>- Een rustig prijsverloop, zodat de economie zich kan aanpassen</li> <li>- Vlakblijvende olieproductie, bij een geleidelijk oplopende vraag. Dit leidt tot een geleidelijk oplopende prijs</li> </ul>
3 Ontwenningverschijnselen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Olieprijs wordt volatiel en schommelt tussen \$40 en \$200 per vat, waardoor investeren in dure technieken en bronnen risicovol is</li> <li>- De grote olievelden vertonen uitputtingsverschijnselen. De vraag naar olie overstijgt het aanbod, waardoor fysieke tekorten kunnen ontstaan</li> <li>- Olie-exporterende landen leggen zichzelf productiebeperkingen op. Er is niet langer sprake van een vrije markt, omdat contracten gesloten worden tussen olieproducerende en olieconsumerende landen. Dit leidt tot geopolitieke spanningen</li> </ul>



### 3.2 Scenario 1 Mobility Management

Het is 2020. Het heeft enorm veel moeite en maar liefst twee ministers de kop gekost, maar nu plukken we daar zoete vruchten van: Mobility Management is een doorslaand succes! Nederland gaat nu veel bewuster om met mobiliteit en dat kun je merken op de weg. De verkeersdrukke wordt aantoonbaar beter gespreid over de dag en dat komt ook het milieu en de veiligheid ten goede.

De MM-software is volledig geïntegreerd in het navigatiesysteem van de auto's. Met name dit aspect had veel voeten in de aarde vanwege de Europese aanbestedingsregels (om over de Privacyautoriteit nog maar te zwijgen!). Op het scherm in de auto (en via internet) is precies te zien hoeveel de rit gekost heeft, zowel in tijd als in geld. De routeplanner geeft standaard ook twee alternatieve reismogelijkheden aan, namelijk met het OV en met de auto buiten de spits. Voor wie dat wil is er bovendien een aanvullende carpoolplanner.



Figuur 3.1 *Mobility Management, volledig geïntegreerd in het navigatiesysteem.*

De berichtgeving over de klimaatconferentie in Kopenhagen sneeuwde in 2009 nogal onder in het economische nieuws. Dat we echt serieus werk moeten maken van de klimaatproblematiek drong eigenlijk pas twee jaar later door. Bij de formatie van het nieuwe kabinet werd het optimisme over de economische groei bovendien getemperd door sombere prognoses voor de toekomstige voorziening van olie en gas. De olieprijs bevindt zich nu weliswaar in de range van \$40 - \$80 per vat, maar de verwachting van de planbureaus is dat vanaf 2030 de wereldwijde olieproductie de vraag niet meer kan bijbenen. Vooralsnog is de olieprijs nog heel redelijk, zeker in het licht van de zuinigheid van de nieuwste generatie auto's.

Onder leiding van oud-minister Weijers is een Deltacommissie Energie in het leven geroepen, die de toekomstige energievoorziening van Nederland heeft onderzocht. De commissie heeft aanbevolen werk te maken van een geleidelijke transitie naar elektrisch rijden. Elektriciteit kan immers uit een breed scala van bronnen opgewekt worden, waaronder duurzame bronnen zoals wind en zon. Hoe langer we die transitie uitstellen, hoe riskanter het



economisch gezien zal zijn. Je hebt het toch over de afschrijving van je volledige wagenpark in 10 - 15 jaar tijd. Daar staat tegenover, dat als iedereen nu een elektrische auto gaat kopen en opladen, het elektriciteitsnetwerk onmiddellijk wordt opgeblazen. Daarnaast strekken we alles uit te kast om energie te besparen: zuiniger apparaten, meer telewerken, isolatie van woningen.

Het Deltaplan Energie voorziet in een uitgekende timing, waarbij grote energieprojecten in de Noordzee en in de woestijn van Marokko gekoppeld worden aan een robuust, pan-Europees elektriciteitsnetwerk. Toegegeven, de Green New Deal van Obama is een belangrijke inspiratiebron geweest voor Nederland en voor Europa. Maar het systeem voor Mobility Management, dat vraag en aanbod van vervoer via een ingenieus marktmechanisme met elkaar verbindt, is toch een Nederlandse en geen Amerikaanse vinding geweest!



*Figuur 3.2 Grote energieprojecten op de Noordzee.*

De ont koppeling tussen economische groei en energieverbruik was natuurlijk al jarenlang praktijk in Europa. Door de introductie van strengere Europese richtlijnen voor energie-efficiency van auto's, apparaten en producten is Europa in feite koploper geworden in de ontwikkeling van duurzame technologieën. Dat landen als China die producten vervolgens namaken is natuurlijk pure klimaatwinst.

Grootste zorgpunt is of de burgers elektrische auto's wel zien zitten. De maatschappelijke weerstand van burgers en bedrijfsleven mag niet onderschat worden. Elektrische auto's zijn nogal aan de prijzige kant en de actieradius is maar 400 kilometer. Turbochargen met krachtstroom kan nog lang niet overal. Een optie is het omwisselen van de accu's met een statiegeldsysteem. Al met al vraagt dit nog om uitgebreid marktonderzoek en overheidsvoorlichting.

### *De weg naar scenario 1 (Mobility Management)*

2009

Klimaatconferentie in Kopenhagen. Green New Deal in de VS.

2011

Nieuw kabinet laat sombere prognoses over de klimaatverandering en energievoorziening op zich inwerken. Stelt een Deltacommissie Energie in.

2012

Deltacommissie Energie adviseert om werk te maken van de energietransitie. Het Deltaplan Energie voorziet in grote projecten: energiewinning op de Noordzee en in Europees verband in de Sahara, aanleg van een robuust, pan-Europees elektriciteitsnetwerk, Mobility Management om zo de vervoersvraag te kunnen beïnvloeden, strengere normen voor energie-efficiency.

2013

Parlement keurt de ambitieuze energieplannen op hoofdlijnen goed, maar het maatschappelijke debat vertaalt zich in vele extra wensen. Alleen op Europese schaal is een duurzame energievoorziening mogelijk, op het vasteland van Nederland zijn er teveel procedurele obstakels. Hier is een rol voor de EU weggelegd.

2015

Aanleg infrastructuur elektrisch rijden. De ANWB komt met een beleidsondergravend testrapport van elektrische auto's.

2017

Introductie Mobility Management, een intelligent beprijzingsstelsel voor op de weg.

2020

De effecten van Mobility Management worden zichtbaar nu de kinderziektes zijn verholpen. Lagere filedruk, hogere bezettingsgraad van auto's, een onverwacht grote afname van het aantal reizigerskilometers.

2030

Het einde van het benzine- en dieseltijdperk in Nederland.

### *De rol van de overheid in scenario 1 (Mobility Management)*

In dit scenario trekt de overheid de hele energie- en klimaatdiscussie naar zich toe en publiceert een Deltaplan Energie. Dit heeft als risico, dat de problemen en oplossingen niet gedeeld worden door de bevolking en de private sector, waardoor de ambitieuze plannen geleidelijk verkrummen.

Dit scenario kan in de hand gewerkt worden door een blijvend wantrouwen in de private sector en een beroep op krachtig ingrijpen van de overheid op velerlei gebied, inclusief nationalisaties. Dat past weer bij een bepaalde politieke constellatie ... verder is er enige economische stabiliteit voor nodig.



### 3.3 Scenario 2 Een zonnige toekomst

Het is 2020. De economie bruist als in de beginjaren van het internettijdperk. Het elektrificeren van transport, de zoektocht naar duurzame energie en het experimenteren met nieuwe vormen van vervoer geven de kenniseconomie een flinke impuls.

In de periode tussen 2010 en 2020 heeft de mondiale olieproductie een plateau bereikt. Bestaande olievelden kampen met productiedalingen en nieuwe olievelden zijn steeds duurder om te exploiteren. De groeiende energievraag wordt opgevangen door het verhogen van de energie-efficiency en een geleidelijke overschakeling op elektriciteit. De prijs van olie is hoog (\$80 - \$100), maar vertoont geen grote schommelingen. Investerings in duurzame energie en "moeilijke" olievelden zijn daarom concurrerend. Na enkele milde oliecrises zijn overheden en bedrijfsleven zich bewust geworden van de urgentie van een energietransitie.

Toch bestaat er flink wat maatschappelijk debat over grootschalige energieprojecten. Binnen de milieubeweging woedt een strijd tussen de voorstanders van grootschalige 'schone' energiewinning en tegenstanders die natuurgebieden willen beschermen tegen windparken, getijdencentrales en biomassaproductie.

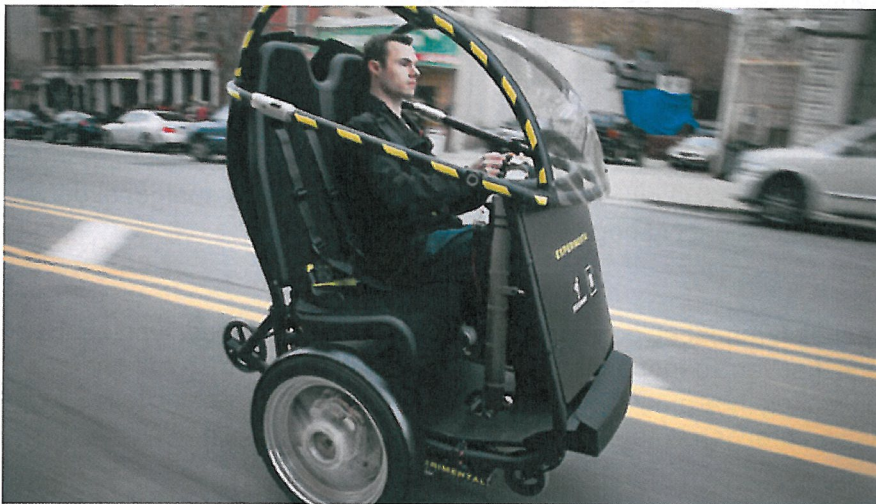
Zonne-energie is rond 2015 definitief doorgebroken en zonnepanelen zijn ook ongesubsidieerd rendabel. Decentrale opwekking van duurzame energie is een niet te stuiten trend. Sommige burgers maken er een sport van om hun elektriciteitsrekening naar nul te reduceren. Nieuwe energiebedrijven positioneren zich als 'elektriciteitsmakelaar'. Ze brengen op regionale schaal vraag en aanbod bij elkaar. Het internet speelt hierin een belangrijke rol. De elektriciteitsprijs fluctueert gedurende de dag en apparaten kiezen het juiste moment van opladen op basis van online informatie.



Figuur 3.3 *Artist impression van een grote zonnecentrale in de woestijn.*

In het Nederlandse en Europese elektriciteitsnetwerk zijn forse investeringen nodig gebleken. Het bestaande netwerk kan het opladen van zware elektrische voertuigen, decentrale elektriciteitsopwekking en grote energieprojecten op de Noordzee en in de Sahara niet aan (Brugh, 2009). Het opzetten van een duurzame energie-infrastructuur is overigens niet zonder slag of stoot gegaan. De overheid heeft hier een belangrijke sturende rol in gespeeld, daartoe gedwongen door groeiende verontwaardiging over almaar stijgende energieprijzen en het gebrek aan daadkracht. Overheden leggen de lat voor de energie-efficiency van auto's, apparaten en diensten steeds hoger, om zo het bedrijfsleven tot innovatie aan te sporen.

Lichte, elektrische vervoermiddelen raken in de mode in grootstedelijke gebieden. Elektrische scooters, capsules en Segways zijn ideaal voor lokale en regionale verplaatsingen. De voertuigen hebben slimme navigatieapparatuur, die vertelt waar je vrienden en kennissen zijn en die de route naar een gezellig café uitstippelt. We zijn op dit palet aan mogelijkheden geattendeerd door consumentenprogramma's, de overheid en vergelijkingssites op internet. Nieuwe bedrijven spelen hier handig op in met mobilitymixen, oplaadpunten en aanlokkelijke aanbiedingen als je voorbij rijdt. Op afstanden tot 25 kilometer overheerst de voorkeur voor individueel vervoer boven collectief vervoer. De trein wint alleen aan belang op middellange en lange afstanden.



*Figuur 3.4 De PUMA is elektrisch, persoonlijk, grootstedelijk en beschikt over de modernste navigatie-apparatuur. In het televisieprogramma Top Gear van de BBC was een hippe capsule te zien. <http://www.segway.com/puma/>*

Nieuwe trend is ook het flexwerken in een kantoor in de buurt, omringd door mensen uit jouw eigen sociale netwerk. Dit komt de vitaliteit van de stadseconomie ten goede: wonen, werken en diensten zijn in toenemende mate gemengd. De kwaliteit van leven in stedelijke gebieden verbetert zienderogen vanwege een schonere lucht en minder lawaai.

Grootste zorgpunt is de luchtvaartsector: vliegen wordt duur. Het produceren van voldoende biomassa voor vliegtuigbrandstof wordt nog een enorme uitdaging. Zijn luchtschepen de oplossing?



## *De weg naar scenario 2 (Een zonnige toekomst)*

2009

De economische recessie, die in 2008 is begonnen als een bankencrisis, wordt door overheden bestreden met fikse investeringsprogramma's. Met het oog op de klimaatproblematiek en de toenemende afhankelijkheid van olie-importen, wordt flink geïnvesteerd in de opwekking van duurzame energie en een slim en robuust elektriciteitsnetwerk. Let wel, het maken van plannen, zeker in Europees verband, kost tijd en de eerste effecten zullen pas in 2015 zichtbaar zijn.

2010

In 2010 vertoont de economie de eerste tekenen van herstel. Als gevolg van de toenemende energievraag klimt de olieprijs geleidelijk op tot boven de \$80 per vat. Dit is een goed prijsniveau voor investeringen in het winnen van diepzeeolie, teerzanden en duurzame energie.

2012

Elektrische scooters, Segways en capsules raken in de mode bij jongeren en trendsetters in urbane gebieden. Ze combineren individualisme met moderne netwerk- en navigatieapparatuur, waarop je kunt zien waar je vrienden zijn en hoe je naar ze toe rijdt. In zo'n wagen ben je altijd online.

2014

Consumentenprogramma's, het ANWB-krantje en websites rekenen de doorsnee burger voor dat elektrisch rijden (met scooters e.d.) niet alleen hip en handig, maar ook spotgoedkoop is. Echte elektrische auto's blijven voorlopig nog te duur.

2015

In 2015 worden zonnepanelen rendabel, ook zonder subsidie. Burgers en bedrijven gaan massaal over op de aanschaf van zonnepanelen. Hiermee 'overvallen' ze de traditionele elektriciteitsmaatschappijen, die helemaal niet zijn ingericht op de rol van elektriciteitsmakelaar. Nieuwe bedrijven brengen vraag en aanbod op regionale schaal met elkaar in balans.

2015 – 2020

De duurzame economie begint vorm te krijgen. In Europa worden robuuste elektriciteitsnetwerken aangelegd om zonne-energie uit de Sahara en wind-, golf- en getijdenenergie van de zee en de oceaan naar het continent te brengen.

De combinatie van technologische doorbraken (zon), nieuwe trends (de E-car) en flinke overheidsinvesteringen (smart grids) leiden tot een bruisende economie, die te vergelijken is met de internethausse van de jaren negentig van de vorige eeuw.

## *De rol van de overheid in scenario 2 (Een zonnige toekomst)*

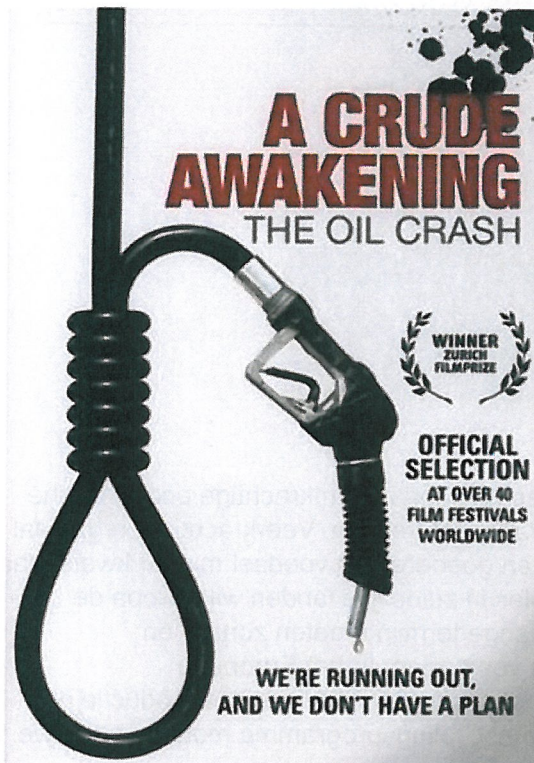
De overheid is in dit scenario scheidsrechter, investeerder, marktmeester. Scheidsrechter bij de soms felle discussies over opwekking van energie in natuurgebieden. Scheidsrechter bij het bepalen van nieuwe verkeersregels in stedelijke gebieden. Investeerder in grootschalige energieprojecten, die te groot en risicovol zijn voor marktpartijen. Marktmeester bij het opzetten van de nieuwe energiemarkt, waarin lokaal opgewekte duurzame energie een grote rol speelt. Vertrouwen van de markt is cruciaal.



### 3.4 Scenario 3 Ontwenningsverschijnselen

Het is 2020. De Grote Depressie betekende het einde van een lange periode van grote welvaart. De ellende begon met een bankencrisis en de parallel met de jaren '30 van de vorige eeuw was gauw getrokken, maar de werkelijke oorzaak lag dit keer veel dieper. Ongemerkt is het fundament onder onze geïndustrialiseerde economie – energie in overvloed – volledig weggeslagen. Het tijdperk van de goedkope olie is definitief voorbij.

De grote olievelden van Mexico, Rusland, de Noordzee en zelfs het Midden-Oosten raken steeds verder uitgeput. De Amerikanen kunnen dollars drukken wat ze willen: de petrodictators beslissen uiteindelijk zelf aan wie ze de olie verkopen. De olieprijs wordt niet langer bepaald door de feitelijke kosten om olie op te pompen, maar door de financiële draagkracht van de economieën die de olie afnemen. De olieprijs blijft stijgen tot bedrijven en consumenten het niet meer kunnen opbrengen, de economie zakt in, de vraag valt terug, de olieprijs daalt, de economie veert weer op ... en het spel gaat de volgende ronde in.



Figuur 3.5 Een ruw ontwaken: de olie raakt op en we hebben geen plan. Bron: <http://www.oilcrashmovie.com/film.html>.

De ironie wil dat overheid, burgers en bedrijven daardoor over te weinig kapitaal beschikken om op grote schaal te investeren in alternatieve energiebronnen. Door de werkeloosheid, de vergrijzing, het instorten van de beurzen en de teruglopende wereldhandel zijn onze schulden fors opgelopen. Veel mensen rijden hun auto noodgedwongen helemaal op, of kopen een brommer. Een zuinige hybride auto vinden velen toch te duur. Stel je voor dat je je baan verliest! Iets vergelijkbaars gaat op voor de verwarming van huizen. Het is technisch mogelijk om huizen zelfvoorzienend te maken met energie, maar de voorinvestering is groot en veel huizenbezitters deinzen daar voor terug.

Deze negatieve spiraal treft bijna alle sectoren van de economie. Iedereen bezuinigt, niemand durft te investeren. Velen rommelen er wat bij met tweedehands goederen, een eigen bedrijfje of een moestuintje. Websites als marktplaats.nl, werkplaats.nl en carpool.nl zijn een hit op internet.

De wereld is een stuk kleiner geworden voor gewone mensen. Vliegen is voorbehouden aan regeringsleiders, zakenmensen en de happy few. Benzine- en dieselquota worden strikt gehandhaafd door de overheid. De wereld buiten Europa is bovendien een stuk gevaarlijker. De cynische strijd om schaarse energiebronnen maakt veel slachtoffers. Honger is terug in de derde wereld, want energiegewassen verdringen voedselgewassen, kunstmest is duur en brandstof voor waterpompen schaars. In falende staten heerst wanorde en rechteloosheid.



Figuur 3.6 Oorlog om olie.

Toch zijn er tekenen van hoop. In Europees verband is een krachtige economische visie opgesteld, die ons aan de haren uit het moeras moet trekken. Veerkrachtige, regionaal georiënteerde economieën moeten de productie van goederen en voedsel minder kwetsbaar maken. Met gerichte investeringen in zonnecentrales in zuidelijke landen wil Europa de duurzame elektriciteitsvoorziening uitbreiden. Op lange termijn moeten zonne- en windcentrales de vervuilende kolencentrales gaan vervangen. In het Europese landbouwbeleid zijn fundamentele hervormingen noodzakelijk om de voedselproductie op niveau te kunnen houden. En met een uitgebreid omscholingsprogramma moet een nieuwe beroepsbevolking opgeleid worden.

Onze maatschappij lijdt aan de ontweningsverschijnselen van 75 jaar auto- en oliecultuur. Maar zoals het ooit was, zal het nooit meer worden, al beloven politici en demagogen nog zoveel. We moeten er het beste van maken met z'n allen, in een economie die meer dan vroeger is gericht op samen leven en zorg voor elkaar. Dat is een harde landing voor een generatie die is opgegroeid in een tijd waarin de rijkdom voor het oprapen lag en je voor een prikkie de hele wereld rondvloog.

*De weg naar scenario 3 (Ontwenningsverschijnselen)***2009**

In de loop van 2009 wordt duidelijk dat de economische vooruitzichten voor 2010 – 2011 bijzonder teleurstellend zijn. In exportgedreven economieën zoals Nederland en Duitsland viel eerst de buitenlandse vraag weg, maar nu zakt ook de binnenlandse vraag in. Burgers en bedrijven houden de hand op de knip vanwege alle negatieve berichten over oplopende werkloosheid, teruglopende beurskoersen, pensioenfondsen met problemen, dalende huizenprijzen en last but not least: spectaculaire faillissementen.

De wereldwijde vraag naar olie daalt snel. Dat de olieproductie van de grote velden in de Noordzee, het Caribische gebied, Rusland en het Midden-Oosten afneemt wordt hierdoor gemaskeerd. De olieprijs schommelt tussen de \$30 en \$50 per vat. Investerings in 'moeilijke' oliebronnen en duurzame energie vallen fors terug, die zijn pas rendabel vanaf \$80 per vat.

**2010 – 2011**

Vanwege een groeiende binnenlandse vraag beginnen de economieën in Azië weer op stoom te komen. De Chinese en Indiase middenklasse heeft het autorijden ontdekt.

Mexico, een belangrijke leverancier voor de Verenigde Staten, kan niet meer aan de vraag voldoen. In de Verenigde Staten dreigt een olietekort. De Verenigde Staten probeert contracten af te sluiten met andere landen, maar ondervindt steeds concurrentie van China.

**2012 – 2015**

De wereldeconomie komt weer op stoom. De mondiale vraag naar olie begint weer op te lopen. Saoedi-Arabië blijkt niet in de toegenomen vraag naar olie te kunnen voorzien, wat een enorme psychologische schok teweeg brengt. De olieprijs stijgt daardoor explosief. Het omzetten van graan en maïs in biobrandstof drijft bovendien de voedselprijzen op. Inflatie steekt de kop op. De prille economische groei dreigt te breken in de knop.

Vanwege de terugkerende economische recessie ontbreekt het de westerse wereld aan middelen om fors te investeren in alternatieve bronnen van energie en een verbetering van het elektriciteitsnetwerk. De maatschappelijke onrust groeit over het onvermogen van de overheid om de recessie te beëindigen. Doordat er geen fundamentele wijzigingen in het financieel-economische systeem zijn, wordt het vertrouwen ondermijnd.

**2015 – 2020**

Verschillende landen laten de olie liever in de grond, dan deze snel op te pompen en te verkopen. Olie in de grond is een prima belegging, ook met het oog op toekomstige generaties. Met een olieprijs die kan oplopen tot \$200 per vat kunnen zij hun begrotingen prima rond krijgen. Het gevreesde spook van protectionisme begint rond te waken. Landen sluiten onderling contracten af voor de levering van olie en voedsel. Olie wordt de inzet van geopolitieke spanningen en internationale instabiliteit. Een 'ieder voor zich'-mentaliteit ontstaat. Nederland heeft te kampen met sterk fluctuerende brandstofprijzen tegen de achtergrond van een 'verloren decennium'. De levering van olie is met onzekerheden omgeven en de strategische voorraad op de tweede Maasvlakte schommelt. Het is duidelijk dat olie een schaars goed wordt. 'Peak Oil' is een feit. Gaan kolengestookte centrales het gat opvullen? In Europees verband worden afspraken gemaakt over opwekking van alternatieve energie en hervorming van de transportsector en de landbouwsector.



## *De rol van de overheid in scenario 3 (Ontwenningsverschijnselen)*

In dit scenario is de rol van de overheid belangrijk, maar niet afdoende, want feitelijk te laat. Burgers en bedrijven verwachten dat de overheid met plannen en investeringen komt om de recessie te beëindigen en, vanaf 2015, een uitweg te zoeken uit de energiecrisis die ontstaat.

In de jaren die volgen zullen we op zoek moeten naar een economie en een samenleving die met minder fossiele energie toe kan. Dit zal zeker 'ontwenningsverschijnselen' met zich meebrengen bij een bevolking die gewend is overal met auto of vliegtuig naar toe te kunnen reizen. Dit vraagt om leiderschap.

Bij fysieke tekorten zal de overheid prioriteiten moeten stellen (ambulances, tractoren en binnenschepen gaan voor vakantieverkeer). Benzine op de bon, verplicht carpoolen?

De Europese Unie, ooit opgericht als gemeenschap voor kolen en staal, wil een belangrijke rol spelen bij het opstellen van een gezamenlijke energiestrategie: samen sta je sterk op het wereldtoneel. Maar feitelijk is de EU hier rijkelijk laat mee en het is nog maar de vraag of de EU-landen wel willen samenwerken.

## 4 Referenties

### 4.1 Artikelen, boeken en rapporten

Bakas, A. en R. Creemers (2007). Leven zonder olie. Uitgeverij Scriptum.

Bruggink, J.J.C. (2005). The next forty years. Four European energy futures. ECN rapport ECN-C--05-057. <http://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-C--05-057>

Brugh, M aan de (2009). Een net in nood. NRC Handelsblad 11/12 april 2009.

Energieraad (2008). Jaarverslag 2007. Ongemakkelijke boodschappen. <http://www.energieraad.nl/Include/ElectosFileStreaming.asp?FileId=331>

Financial Times (2008). IEA warns of new oil supply crunch. <http://www.ft.com/cms/s/0/bde7a8ba-b0b2-11dd-8915-0000779fd18c.html>

Fisher, B. (2008). Review and Analysis of the Peak Oil Debate. Institute for Defense Analysis. <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA488967&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>

Hamilton, J. (2009). Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007–08. [http://www.brookings.edu/economics/bpea/~media/Files/Programs/ES/BPEA/2009\\_spring\\_bpea\\_papers/2009\\_spring\\_bpea\\_hamilton.pdf](http://www.brookings.edu/economics/bpea/~media/Files/Programs/ES/BPEA/2009_spring_bpea_papers/2009_spring_bpea_hamilton.pdf)

Hansen, J. et al. (2008). Target atmospheric CO2: Where should humanity aim? Open Atmos. Sci. J. (2008), vol. 2, pp. 217-231. <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0804/0804.1126.pdf>

Hansen, J. et al. (2008). Target atmospheric CO2: Supporting material. Open Atmos. Sci. J. (2008), vol. 2, pp. 217-231. <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0804/0804.1135.pdf>

Heinberg, R. and M. Bomford (2009). The Food & Farming transition. Towards a post-carbon food system. <http://www.postcarbon.org/files/PCI-food-and-farming-transition.pdf>

Hirsch, R.L., R. Bezdek en R. Wendling (2005). Peaking of world oil production: impacts, mitigation & risk management. [http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil\\_Peaking\\_NETL.pdf](http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf)

Hirsch, R.L. (2008). Mitigation of maximum world oil production: Shortage scenario's. Energy Policy 36 (2008) 881-889.

IRIS (2007). Schaarste in overvloed: beleggen in nieuwe schaarstes. [http://www.robeco.nl/dut/images/Rapport%20Schaarste%20in%20overvloed\\_tcm147-100799.pdf](http://www.robeco.nl/dut/images/Rapport%20Schaarste%20in%20overvloed_tcm147-100799.pdf)

Jesse, J-H. en C. van der Linde (2008). Oil turbulence in the next decade. An essay on high oil prices in a supply-constrained world. Clingendael. [http://www.clingendael.nl/publications/2008/20080700\\_ciep\\_energy\\_jesse.pdf](http://www.clingendael.nl/publications/2008/20080700_ciep_energy_jesse.pdf)

Koppelaar, R., B. van Meerkerk, P. Polder, J. van den Bulk en F. Kamphorst.  
Olieschaarstebeleid. Stichting Peak Oil Nederland.

[http://www.peakoil.nl/wp-content/uploads/2008/11/peakoil\\_nederland\\_olieschaarstebeleid\\_2008.pdf](http://www.peakoil.nl/wp-content/uploads/2008/11/peakoil_nederland_olieschaarstebeleid_2008.pdf)

Leggett, J. ed. (2008). The oil crunch. Securing the UK's energy future. First report of the UK Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security (ITPOES).

<http://peakoiltaskforce.net/wp-content/uploads/2008/10/oil-report-final.pdf>

Lynas, M. (2008). Zes graden. Onze toekomst op een warmere planeet. Uitgeverij van Arkel.

<http://www.hitte.nu/lynas.html>

MacKay, D. (2009). Sustainable Energy – without the hot air. Hoofdstuk 20: Transport. UIT Cambridge Ltd. <http://www.withouthotair.com>

Het volledige boek: <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/sustainable/book/tex/sewtha.pdf>

Middelkoop, W. en R. Koppelaar (2008). De permanente oliecrisis. Waarom benzine, gas en voedsel steeds duurder worden. Uitgeverij Nieuw Amsterdam.

National Intelligence Council (2008). Global trends 2025: a transformed world. National Intelligence Council. [www.dni.gov/nic/NIC\\_2025\\_project.html](http://www.dni.gov/nic/NIC_2025_project.html).

NRC Handelsblad (2008). IEA: ernstig tekort aan olie na 2010.

[http://www.nrc.nl/economie/article2058156.ece/IEA\\_ernstig\\_tekort\\_aan\\_olie\\_na\\_2010](http://www.nrc.nl/economie/article2058156.ece/IEA_ernstig_tekort_aan_olie_na_2010)

OECD / IEA (2008). World Energy Outlook 2008. Executive summary.

[http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008\\_es\\_english.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008_es_english.pdf)

Pearce, F. (2009). Green and mean: The downside of clean energy. Scientific American Magazine.

<http://www.newscientist.com/article/mg20227041.300-green-and-mean-the-downside-of-clean-energy.html?full=true>

Shell (2008). Shell energy scenarios to 2050.

[http://www-static.shell.com/static/public/downloads/brochures/corporate\\_pkg/scenarios/shell\\_energy\\_scenarios\\_2050.pdf](http://www-static.shell.com/static/public/downloads/brochures/corporate_pkg/scenarios/shell_energy_scenarios_2050.pdf)

Spiegel Online (2009). We have to save, save, save. Interview with Michel Mallet, the general manager of French energy giant Total's German operations.

<http://www.spiegel.de/international/business/0,1518,618911,00.html>

Veld, R. op het (2008). De strijd om energie. Hoe de groeiende honger naar olie en gas de wereld in een crisis stort. Uitgeverij Business Contact.

## 4.2 Films en documentaires

VPRO (2009). Tegenlicht: Energie in Overvloed.

Deel 1: Energy war 2009. Deel 2: De race om de auto van de toekomst.

Deel 3: Here comes de sun. Deel 4: Het land van zonnestroom en windenergie.

<http://www.vpro.nl/programma/tegenlicht/afleveringen/40004334/items/40032682/>

Basil Gelpke and Ray McCormack (2006). A crude awakening. The oil crash.

<http://www.oilcrashmovie.com/film.html>

## 4.3 Websites

Association for the Study of Peak Oil & Gas: <http://www.peakoil.net/>

Post Carbon Institute: <http://www.postcarboninstitute.org>

Life after the oil crash: <http://www.lifeaftertheoilcrash.net/>

Wikipedia trefwoord 'Peak Oil': [http://en.wikipedia.org/wiki/Peak\\_oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Peak_oil)

Energy Bulletin: <http://www.energybulletin.net/>

Peak Oil Nederland: <http://www.peakoil.nl/>

Toekomstscenario's, uitgaande van Peak Oil en klimaatverandering:

<http://www.futurescenarios.org/>

Segway en PUMA-project: <http://www.segway.com/puma/>

De elektrische auto van Tesla: <http://www.teslamotors.com/>

Platform EnergieTransitie: <http://www.senternovem.nl/energietransitie/>

Een interactief model om te rekenen aan de energietransitie:

<http://www.energietransitiemodel.nl/>

Boeken over klimaatverandering en energietransitie: <http://www.hitte.nu/>

