



Integraal Plan voor Veiligheid en Energie

Een uitdaging van formaat

ir. D.M. Butijn,
15 december 2009

Inhoud

1. Synopsis	3
2. Management samenvatting	4
3. Probleemstelling.....	6
Omgevingsschets.....	6
Kernproblemen	8
4. Energie- en Elektriciteitsverbruik.....	9
Inleiding.....	9
Energieverbruik	9
Elektriciteitsverbruik.....	13
5. Presentatie Integraal Plan.....	17
Uitdagingen van formaat	17
Plan op hoofdlijnen.....	18
Beschrijving tussenstap: 2035	21
Plan, hoofdkenmerken.....	21
Beschrijving sectie Noord	22
Beschrijving sectie Midden.....	23
Beschrijving sectie Zuid.....	23
Beschrijving Wadden secties	23
Overwegingen	23
Energie	23
Zeespiegelstijging	24
Zoetwatervoorziening.....	24
Geografische layout	25
Fasering	25
Deltaplan 2 vergelijk	25
Resultaten.....	26
6. Beoordeling en SWOT analyse	27
Een strategische keuze.....	27
SWOT analyse	27
7. Financieel: investeringen en besparingen	29
Toelichting	29
Investering	30
Besparingen en cashflow	30
8. Conclusies en vervolg	32
9. Bijlagen.....	33
energie- en elektriciteitsverbruik	33
WKK, duurzame energie en CO ₂ reductie	34
Wind- en getijdenenergie	36
10. Bronvermelding	37

1. Synopsis

Dit rapport presenteert een integrale oplossing voor de grote uitdagingen waar Nederland op dit moment voor staat:

- Het verminderen van de afhankelijkheid van het buitenland betreffende de energievoorziening en het betaalbaar houden van de energievoorziening,
- Het fors terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen,
- Het voorkomen van de gevolgen van de zeespiegelstijging, met name overstromingsgevaar vanuit de Noordzee en in de bovenloop van de grote rivieren,
- Het voorkomen van verzilting van de bodem en het aanleggen en handhaven van een voldoende grote zoet water buffer.

Er wordt voorgesteld in de Noordzee zogeheten valmeren aan te leggen tezamen met een groot aantal windmolens. Het complete systeem dient vijf doelen:

1. het leveren van een belangrijke bijdrage aan de milieudoelstellingen van dit kabinet;
2. het aanzienlijk verkleinen van overstromingsgevaar van West-Nederland door de aanleg van een primaire, voldoende sterke zeewering;
3. het effectief kunnen inzetten van duurzame energie door het realiseren van een grote energiebuffer;
4. het voorkomen van bovenloopse overstromingen in de rivieren, door deze te laten uitmonden op een vast laag peil voor de kust;
5. het zekerstellen van de zoetwatervoorziening en voorkoming van verzilting door het aanleggen van voldoende grote zoetwaterbuffers.

Het plan vergt een investering, uitgesmeerd over 40 jaar, van 260 miljard euro. Daar staat een besparing aan kolen, olie en buitenlands aardgas tegenover van 92 miljard euro per jaar. Ook behoeft het Deltaplan 2 niet of slechts zeer ten dele uitgevoerd te worden. De terugverdientijd van de investering bedraagt 12 jaar.

2. Management samenvatting

Nederland ziet zich gesteld voor twee immense uitdagingen:

In de eerste plaats hebben we te maken met de uitstoot van broeikasgassen en de daarmee gepaard gaande stijging van de zeespiegel.

Voor het laaggelegen Nederland geldt in het bijzonder dat er maatregelen genomen moeten worden om deze processen tegen te gaan. Enerzijds op het gebied van het verminderen van de uitstoot van CO₂, anderzijds om te voorkomen dat de kans op overstroming ontoelaatbaar hoog wordt.

In de tweede plaats zal Nederland haar energievoorziening zo moeten inrichten dat de betaalbaarheid en duurzaamheid ervan gegarandeerd zijn.

De gekozen oplossingen, in welke vorm dan ook, zullen zo ingrijpend zijn en zulke hoge kosten met zich meebrengen dat te allen tijde gestreefd moet worden naar synergie in de aanpak en uitvoering van die oplossingen. Voorwaarde voor een integrale aanpak van oplossingen is een integrale visie en een integraal beleid op deze gebieden. Dit rapport beoogt een bijdrage te leveren aan de totstandkoming van die integrale visie.

Het energieverbruik in Nederland laat al decennia lang een gestage groei zien, gelijke tred houdend met de economische groei. Uitgaand van een op termijn doorgaande economische groei wordt een stijging van energie verwacht van 3350 petajoule (PJ) in 2007, naar 4500 PJ in 2050. Een stijging van 0,7% per jaar.

Het elektriciteitsverbruik zal naar verwachting in verhouding tot het totale energieverbruik extra snel toenemen: van 426 PJ in 2007 naar rond 1500 PJ in 2050.

Een factor 3 à 4, ofwel 3 % per jaar. Aan deze verwachting ligt vooral ten grondslag:

- toename gebruik elektrische apparaten zoals airconditioning,
- massale introductie van de (bijna) volledig elektrische auto, scooter en bus.

De uitgewerkte visie is dat het Nederlands Continentaal Plat (NCP) ruim voldoende mogelijkheden biedt om de doelen van duurzame energie en waterveiligheid te realiseren.

Er wordt voorgesteld in de Noordzee achter 2 à 3 km brede dijken een zestal zogeheten valmeren of energiebassins aan te leggen in totaal ter grootte van ca. 3.600 km² met een variabel waterpeil van 10 tot 30 m beneden N.A.P.. Deze meren functioneren als energiebuffer en als overloopsysteem voor waterberging vanuit de rivieren. Ruim 8.000 windmolens met een totaal opgesteld vermogen van 67.000 MW zorgen voor het op (laag) peil houden van het waterniveau in de meren. Door windmolens aangedreven pompgeneratoren pompen het water naar zee of, indien meer energie wordt gevraagd dan de windmolens op dat moment leveren, werken als elektrische generator, waarbij zee- of rivierwater het valmeer instroomt. Onafhankelijk van de aanwezigheid van wind kan zodoende direct aan de elektriciteitsvraag worden voldaan.

De windmolens zijn gesitueerd op de dijken, in de meren en gedeeltelijk verder op het NCP. Het totale windpark oppervlak bedraagt zo'n 8.400 km². De huidige en in aanbouw zijnde windparken passen zondermeer in de nieuw te vormen meren.

De grote rivieren stromen uit in een eveneens voor de kust gelegen zoetwatermeer met een vast peil van ca. 0,5 m beneden N.A.P., dat op zijn beurt via waterkracht turbines afwatert op de valmeren. Dit vaste, lage uitstroomepeil voorkomt dat de steeds hoger wordende vloedstroom vanuit zee het binnenland verzilt en bij grote wateraanvoeren van de rivier een gevaar vormt voor overstromingen in het midden en zuidoosten van het

land. Het zoetwatermeer vormt tezamen met het IJsselmeer een strategische buffer voor drinkwater en om in droge tijden het lage polderland door te spoelen.

De huidige kust blijft onaangetast: eb en vloed en stroming met zout water blijven aanwezig en het uitzicht blijft vrij. Wel zijn aan de horizon windmolens te zien en de golfslag zal afnemen.

De havens van Rotterdam en Amsterdam blijven voor de scheepvaart bereikbaar. Op termijn (omstreeks 2050) zal de Nieuwe Waterweg worden afgesloten met grote zeesluizen, echter de Maasvlakte en Europoort blijven direct verbonden met zee.

Voor de kust van Zeeland worden uitstekende kansen benut voor getijdenenergie, dank zij de aanwezigheid van de grote bekkens van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer.

Het plan is financieel aantrekkelijk. De investering is met 262 miljard euro weliswaar aanzienlijk, maar de besparingen op kosten voor buitenlands aardgas, olie en kolen bedragen in 2050 omstreeks 92 miljard euro per jaar. Verder wordt 1,5 miljard euro per jaar bespaard door het niet te hoeven uitvoeren van Deltaplan 2 in de voorgestelde vorm. De cumulatieve cashflow bereikt het break-even punt na 12 jaar.

Binnen de horizon van het plan (2050) blijven de WKK (warmte kracht koppeling) centrales en decentrale WKK opwekking gehandhaafd. Dank zij de aanwezigheid van energieopslag op zee kan 80% van de niet-WKK kolen-, gas- en kerncentrales sluiten. Koppelingen met de elektriciteitsnetwerken van Noorwegen en Engeland maakt Nederland bij uitstek geschikt als energieregisseur van noordwest Europa.

Achter de planhorizon is een uitbreiding van het dijkenstelsel met valmeren tot de Franse en Deense kust denkbaar (zgn. Deltaplan 3). Ook zijn verdere uitbreidingen van windparken op de Noordzee voorstelbaar. Op lange termijn is een vrijwel volledige elektrificatie van de energievoorziening te verwachten, eenvoudigweg omdat kolen en gas door de explosief toenemende wereldvraag schaars en erg duur worden. Nederland is met de uitvoering van dit plan goed voorbereid op de energiesituatie die in de tweede helft van de eeuw zal ontstaan.

3. Probleemstelling

Omgevingsschets

Wereldwijde temperatuurstijging door toenemende CO₂ productie

De komende decennia zullen overal ter wereld de gevolgen van het opwarmen van de aarde steeds duidelijker merkbaar worden. De uitstoot van broeikasgassen en de daarmee gepaard gaande temperatuurstijging en zeespiegelstijging zijn langzame processen, die zich tientallen jaren geleden hebben ingezet. Ook de terugdringing van de uitstoot zal vele tientallen jaren vergen, ondanks de in VN verband gemaakte ambitieuze afspraken over vermindering van de uitstoot. Het zal wereldwijd een uiterste inspanning vragen de CO₂ uitstoot te verminderen. Zolang dat niet voldoende gebeurt zullen we geconfronteerd worden met een gestage toename van de temperatuur en een stijging van het zeespiegelniveau.

Nederland moet zich in twee opzichten zorgen maken over deze situatie.

In de eerste plaats de broeikasgasproductie productie.

In Nederland is de stijging van de CO₂ uitstoot in de afgelopen jaren omgebogen naar een lichte daling. Maar van de doelstellingen, voortkomend uit het Kyoto protocol, om in 2012 6% en in 2020 30% minder CO₂ uit te stoten dan in 1990 zal de eerste zeker niet worden gehaald en van de tweede is het nog maar zeer de vraag. Ook de meeste andere westerse landen hebben moeite de afgesproken doelstelling te halen. In omvang nog ernstiger zijn de toenemende vrijkomende hoeveelheden CO₂ in de nieuwe economieën: China, India, Rusland, Brazilië.

Nederland zal zich extra moeten inspannen om in 2020 minimaal 30% minder CO₂ uit te stoten. Principieel zijn er twee oplossingsrichtingen die leiden tot vermindering van uitstoot: CO₂ opslaan en CO₂ eenvoudigweg minder produceren. Opslag althans onder land- leidt tot maatschappelijk verzet, zoals in Barendrecht bleek. Minder CO₂ produceren betekent minder fossiele brandstoffen verbruiken, wat in onze sterk energieverbruikende maatschappij een uitdaging van de eerste orde zal zijn.

In de tweede plaats moet Nederland zich zorgen maken om een van de gevolgen van de CO₂ uitstoot: de zeespiegelstijging als gevolg van de temperatuurstijging. Op verschillende manieren zal op termijn de zeespiegelstijging zich manifesteren:

1. Een grotere aanslag op de duinen en de zeedijken, mede onder invloed van een sterkere zanderosie;
2. Meer tegendruk vanuit zee op de vrije uitstroom van de rivieren, wat stroomopwaarts (Limburg, Noord-Brabant, Betuwe) sneller tot overstromingen zal leiden;
3. Een toenemende verzilting van het lage deel van het westen van ons land.

Onze maatschappij vraagt om steeds meer energie, maar wel schoon en betaalbaar

Energie is, naast water en voedsel, een eerste maatschappelijke levensbehoefte. De economie komt tot stilstand als de energievoorziening meer dan enkele dagen achtereen wegvalt.

Door de jaren heen blijkt er een sterk verband te zijn tussen de economische groei en het verbruik van energie. De energiebesparingsprogramma's die vanaf de eerste oliecrisis (1973) zijn ingezet zijn effectief gebleken, maar hebben niet kunnen voorkomen dat het energieverbruik is toegenomen. De huidige economische crisis heeft het energieverbruik tijdelijk doen krimpen, maar op termijn is het te verwachten dat de stijgende trend in het verbruik zal doorgaan.

Maatschappelijk is er weinig discussie over de stijging an sich van het energieverbruik. Wel is er discussie over de vervuiling die de opwekking en verwerking veroorzaken, over de eindigheid van de fossiele brandstoffen en over de prijs van de energie. Zo leidde de bouw van twee nieuwe energiecentrales in de Eemshaven tot heftig verzet.

De energieprijs is een gevoelige factor in maatschappelijke en economische zin. Door de afhankelijkheid van het buitenland, met name van politiek minder stabiele regio's en het uitgeput raken van de aardgas- en oliereserves is de toekomstige ontwikkeling van de fossiele energieprijs uiterst moeilijk voorspelbaar. De torenhoge olieprijs van \$140,- per vat, medio 2008, heeft niet alleen veel energie-intensieve bedrijven zoals de glastuinbouw ernstig in moeilijkheden gebracht, maar heeft een sterk remmende werking gehad op de economische ontwikkeling in het algemeen. Uiteraard is dit een ongewenste situatie.

Op de middellange termijn zien we wereldwijd een toenemende vraag naar energie, aangezwengeld door de nieuwe economieën. Dit gegeven leidt in combinatie met de slinkende mondiale brandstofvoorraden en toenemende winningskosten onontkoombaar tot een structureel hogere en voortdurend stijgende energieprijs.

Er is maatschappelijk veel draagvlak om het aandeel fossiele brandstoffen in de energievoorziening te verminderen ten gunste van de duurzame energievormen, zoals wind- en zonne energie. Daarmee bereiken we drie belangrijke doelen:

- vermindering CO₂ uitstoot (en andere ongewenste uitstoot zoals NO_x en fijnstof);
- langer in stand houden van de voorraden fossiele brandstoffen;
- een stabiele, beheersbare energieprijs.

In de discussie komen we voor deze energie omschakeling vaak de term energietransitie tegen.

De uitdagingen van zeespiegelstijging en duurzame energie vragen om een integraal beleid op deze gebieden.

Al deze problemen zijn op verschillende niveaus binnen en buiten de overheid onderwerp van onderzoek en beleid. Enkele belangrijke recente (beleids-) rapporten en initiatieven zijn:

- Nationaal Waterplan en Beleidsnota Noordzee: *Rijksoverheid, december 2008*;
- Rapport Samen werken met water : *Deltacommissie, september 2008*;
- Energierapport 2008: *juni 2008, Ministerie van Economische zaken*;
- Project Schoon en Zuinig: *september 2007, Ministerie van VROM*;
- Het Energie eiland: *juli 2007, Kema, ingenieursbureau Lievense, gebr.Das*;
- Nota Ruimte: *2006, Ministerie van VROM*;
- Ruimte voor de Rivier : *lopend project, ministerie voor Verkeer en Waterstaat*;

Hoewel elk project, rapport of initiatief inhoudelijk met grote deskundigheid is uitgevoerd, de processen en procedures uitstekend zijn verlopen en de ambities hoog zijn, moet toch gezegd worden dat er beleidsmatig sprake is van een lappendeken. Weliswaar verwijzen de meeste rapporten naar elkaar en is er een zekere mate van overlap, maar de beleidsterreinen water en energie blijven individueel en prominent overeind staan.

Het ontbreekt dan ook aan een integraal beleid op het gebied van de twee grote uitdagingen waar Nederland voor staat: water en energie.

Een integrale visie is nodig omdat de uiteindelijke uitvoering van deze onderwerpen zo veelomvattend en ingrijpend zal zijn en zulke hoge kosten met zich mee zal brengen dat te allen tijde gestreefd moet worden naar synergie, vanaf visie en beleid tot en met de uitvoeringsplannen.

Een integrale benadering is tevens nodig om te voorkomen dat in de idee- en conceptfase oplossingen worden vergeten. Vanuit de waterproblematiek beschouwd komt een pallet aan oplossingen in aanmerking; de energieproblematiek kent zijn eigen, maar ander pallet. Door de problematieken in samenhang te beschouwen komt men tot

oplossingen die bij afzonderlijke behandeling niet direct voor de hand hadden geleken, maar die bij nadere uitwerking zeer interessant kunnen zijn.

Dit rapport hoopt met het presenteren van een Integraal plan voor Water en Energie aan te tonen dat opererend vanuit een ruimer denkraam andere (en uiteindelijk goedkopere) oplossingen naar voren komen. Op deze wijze beoogt dit rapport een bijdrage te leveren aan de totstandkoming van een integrale visie op het gebied van waterveiligheid en energievoorziening.

Kernproblemen

Beperken wij de beschreven mondiale problematiek tot de Nederlandse situatie, dan onderkennen wij de volgende kernproblemen:

- Stijgende zeespiegel, waardoor:
 - overstromingsgevaar aan de kust,
 - overstromingsgevaar stroomopwaarts in de rivieren,
 - toename verzilting westelijk deel van Nederland;
- Toename energie- en met name elektriciteitsverbruik waardoor sterke toename productiekosten, meer afhankelijkheid import en toename (van kosten ter beperking van) CO₂-problematiek;
- Hoewel momenteel beleid wordt ontwikkeld om deze twee problemen grotendeels afzonderlijk op te lossen, ontbreekt het tot nog toe aan een integrale aanpak teneinde in de oplossingen een zo groot mogelijke kostenbesparing door synergie te bereiken.

4. Energie- en Elektriciteitsverbruik

Inleiding

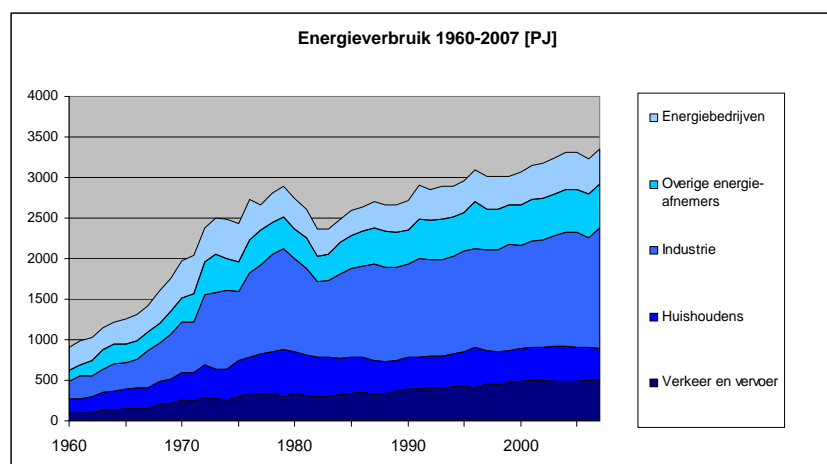
Dit hoofdstuk analyseert het energieverbruik in de afgelopen 50 jaar en maakt op basis daarvan een inschatting van het verbruik in de komende 40 jaar. Hetzelfde wordt gedaan voor het elektriciteitsverbruik.

Inzicht in het toekomstig energie- en elektriciteitsverbruik is van belang als referentie bij de ontwikkeling van oplossingen die in het volgende hoofdstuk aan de orde komen.

Peiljaar voor deze studie is het jaar 2007. Dat niet het jaar 2008 als basis is gekozen komt enerzijds door de storende invloed van de halverwege 2008 ingetreden economische crisis, anderzijds doordat bij uitvoering van de studie nog niet alle cijfers over 2008 definitief waren. Er is veel gebruik gemaakt van de data, die CBS via StatLine.nl ter beschikking stelt.

Energieverbruik

Het totaal binnenlands energieverbruik in 2007 bedroeg 3353 PJ (petajoule = 10^{15} Joules). Na een scherpe stijging in de jaren 60 en 70 daalde het verbruik begin tachtiger jaren als gevolg van de zwakke economie in die jaren (zie figuur 1). Sinds ca. 1985 stijgt het energieverbruik vrij constant met gemiddeld 1,2% per jaar, duidelijk minder explosief dan 20 jaar daarvoor.

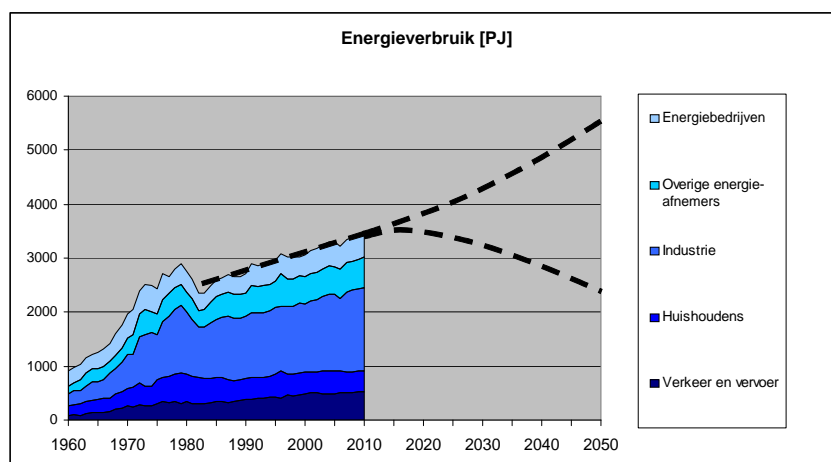


Figuur 1: binnenlands energieverbruik

De economische groei tussen 1985 en 2007 bedroeg 2,5% per jaar [bronnen: ENERGY MAGAZINE, februari 2008; CBS StatLine]. Het energieverbruik is sinds 1985 dus met ca. helft hiervan gestegen.

Voor tal van studies is het van belang te weten hoe het toekomstig energieverbruik zich binnen zekere marges zal ontwikkelen. Figuur 2 geeft twee uitersten aan: enerzijds doorgaande groei met 1,2% per jaar. Daarmee komen we in 2050 uit op een verbruik van rond 5600 PJ. Dit scenario is niet waarschijnlijk, gezien de ingetreden economische recessie alsook het streven van de overheid één van de klimaatdoelstelling te halen: 2% energiebesparing per jaar.

Het andere scenario sluit aan bij deze besparingsdoelstelling. 2% besparen ten opzichte van een groei van 1,2% betekent een daling van 0,8% per jaar. Het totale energieverbruik komt daarmee in 2050 uit op ca. 2300 PJ.



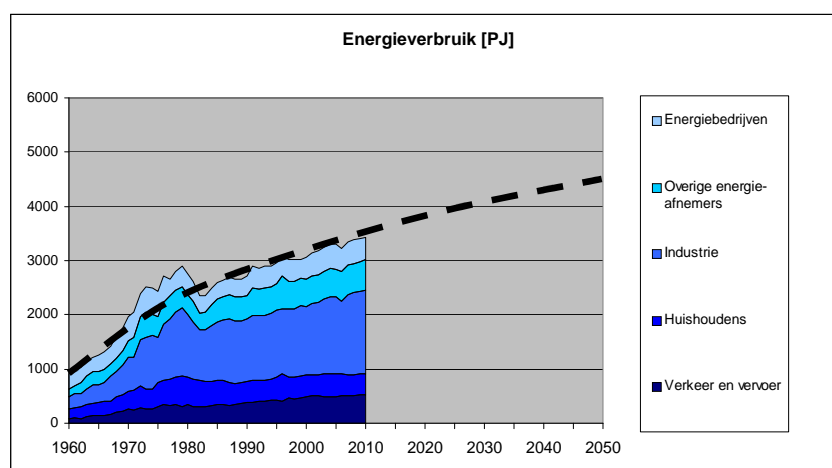
Figuur 2: binnenlands energieverbruik tot 2050, uiterste scenario s

Het werkelijke verbruik zal waarschijnlijk tussen deze twee uitersten liggen. Hierna worden drie benaderingen gevolgd om een uitspraak te doen over het toekomstig energieverbruik.

Een drietal prognoses

1. Globale prognose

Het verloop van het verbruik vanaf 1960 is globaal als een parabolische functie weer te geven: in de jaren 60 en 70 een sterke stijging, daarna afnemend. Figuur 3 toont de doorgaande lijn op basis van een parabool.



Figuur 3: prognose op basis van globaal parabolisch verloop

2. Prognose op basis van realistische verwachting

De ambitie van de overheid ten spijt, gaat dit rapport er van uit dat een energiebesparing van 2% per jaar niet realistisch is. Energieverbruik wordt in hoge mate bepaald door:

1. *Bevolkingsgroei*

Het is evident dat bij een groter inwonertal het energieverbruik in beginsel toeneemt. Maar ook de groei van het aantal huishoudens speelt een rol. In Nederland stijgen beide, met name het aantal huishoudens.

2. Welvaartsniveau

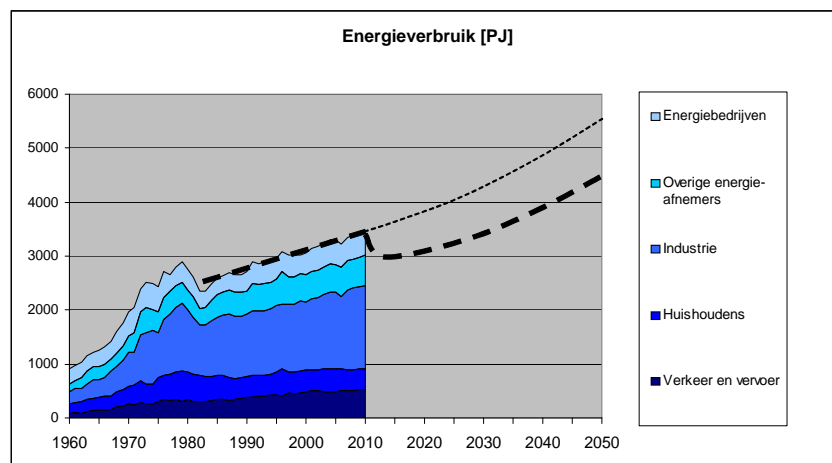
Hoe meer geld in bezit van de mensen, hoe gemakkelijker men het uitgeeft aan energieconsumerende zaken: (2^e) auto's, vliegtrips, allerlei goederen tot aan tuinverlichting toe. Het is nauwelijks aan te nemen dat versobering zal plaats vinden zonder dwingende of ontmoedigende maatregelen (super belastingen op 2^e auto, vliegtax, etcetera). Het is eigen aan de mens te streven naar steeds meer welvaart. Alleen zeer grote calamiteiten zoals oorlog of grote natuurrampen kunnen de stijging van de welvaart aantasten. Economische crises veroorzaken hooguit een tijdelijke inzinking, maar de welvaart herstelt zich na elke crisis binnen 5 tot 10 jaar. Chronisch tekort aan energie, voedsel of drinkwater of het excessief en langdurig stijgen van de prijzen hiervan moet zeker gerekend worden tot de categorie grote calamiteiten. Het is maatschappelijk van het hoogste belang er voor te waken dat de energie-, voedsel- en drinkwatervoorziening te allen tijde en blijvend gegarandeerd zijn.

Dit rapport gaat van het beginsel uit dat de burger niet beperkt of gestraft wordt voor het gebruik van energie en daaraan gekoppeld: het genot van welvaart. Dat betekent niet dat hij vrij is zoveel te vervuilen als hij wil. Energieverbruik en vervuiling (CO₂ uitstoot, fijnstof, etc.) hoeven niet aan elkaar gekoppeld te zijn, zoals in dit rapport ook aan de orde zal komen.

3. Technologie

De enige invloed die een neerwaarts effect kan hebben op het energieverbruik is technologie, of meer in het algemeen: innovatie. Voorbeelden zijn er genoeg: zuinige (diesel-)motoren, spaarlampen, isolatie van gebouwen, slimme energiemeters. Helaas gaan de ontwikkelingen op deze gebieden niet zo snel dat we kunnen verwachten dat op korte termijn een kentering in het energieverbruik zal ontstaan in de orde van + 1,2% naar -0,8% per jaar. Nog sterker: de terugdringende invloed van technologie op het energieverbruik is er altijd, althans sinds de oliecrisis van 1973, al geweest. Een plotselinge extra invloed van -2% is misschien op hoop, maar niet op realiteit gebaseerd.

Meer realistisch en vergelijkbaar met de situatie na 1980 is een tijdelijke daling van het energieverbruik vanaf 2008, ten gevolge van de huidige crisis, na enkele jaren gevolgd door een stijging van 1% tot 1,2% per jaar. Zie figuur 4. Het energieverbruik komt hiermee op ca. 4500 PJ in 2050.



Figuur 4: binnenlands energieverbruik tot 2050, realistisch scenario's

3. Prognose per gebruikssector

Een derde benadering van het te verwachten energieverbruik wordt verkregen door per sector de werkelijke groei te analyseren en van daaruit de prognostiseren.

De stijging/daling van het energieverbruik in de periode 1990 - 2007 per sector is weergegeven in de figuren 1 t/m 3 en tabel 1:

Stijging energieverbruik, uitgesplitst naar gebruikssector	1990	1995	2000	2005	2006	2007	'90-'07
	Energiebedrijven	364	403	408	465	431	440
Industrie	1153	1200	1267	1412	1344	1485	1,48%
Huishoudens	.	455	432	425	412	387	-1,34%
Verkeer en vervoer	375	421	462	486	500	505	1,74%
Overige energie-afnemers	.	486	496	523	546	535	0,80%
Totaal	2723	2964	3065	3311	3233	3353	1,22%

Tabel 1: Stijging/daling per gebruikssector

Opvallend is de daling van het verbruik van de sector Huishoudens. Belangrijkste oorzaak hiervan is de rendementsverbetering van verwarmingsketels (HR) en woningisolatie.

Om tot een prognose te komen van het totaal energieverbruik in 2050 zijn de groeiverwachtingen per sector geïnventariseerd. In tabel 2 zijn deze weergegeven.

Stijging energieverbruik 2007-2050, verwachting	historisch verloop		prognose		Opmerkingen
	1990 - 2007		2007 - 2050		
	in %/jr	in PJ/jr	in %/jr	in PJ/jr	
Energiebedrijven	1,11%	4,5	-3,0%	19,5	Eigen verbruik centrales neemt af t.g.v. transitie naar duurzame energie
Industrie	1,48%	19,5			Gelijkblijvende stijging
Huishoudens	-1,34%	-5,7	-0,5%		Effect HR ketels en woningisolatie neemt af. Meer elektrisch verbruik.
Verkeer en vervoer	1,74%	7,7		7,7	Gelijkblijvende stijging
Overige energie-afnemers	0,80%	4,1		9,7	Meer dienstverlening, meer elektrisch verbruik

Tabel 2: Afleiding groeiprognose per gebruikssector

Enkele opmerkingen bij de afleiding van de groeiprognose:

1. Energiebedrijven

Dit rapport toont aan dat 80% van de grote gas- en kolencentrales in de periode tot 2050 gesloten kunnen worden. In 2007 verbruikten de energiebedrijven 440 PJ. Gedeeltelijk was deze energie nodig voor het eigen energiebedrijf (pompen etc.), echter driekwart (ruim 300 PJ) ging verloren aan warmteverlies. Bij gas- en kolencentrales wordt ruwweg de helft van de ingezette energie in de vorm van afvalwarmte geloosd via het koelwater. Ca 10% van ons totale energieverbruik ging in 2007 op deze wijze verloren. Bij duurzame energie zoals wind en zon ligt dit anders: ook hier wordt niet de volledig ingezette energie (wind, zon) in elektriciteit omgezet, echter die ingezette energie telt niet mee in het energieverbruik vanwege de kosteloze verkrijging ervan.

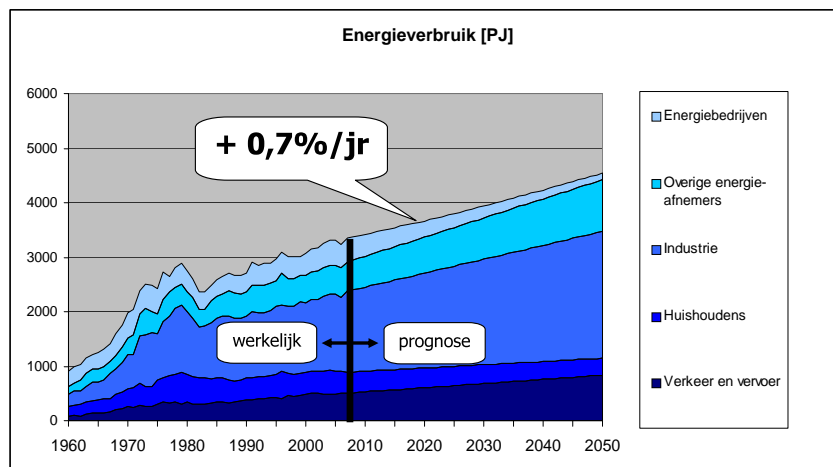
2. Huishoudens

De daling van het energieverbruik wordt verondersteld door te zetten, echter niet in dezelfde mate als in de afgelopen decennia. Woningisolatie heeft al grotendeels plaatsgehad, zodat het effect daarvan in de komende 10-20 jaar tot een stabilisatie zal leiden. Het gebruik van steeds meer elektrische apparaten, zoals airconditioning in woningen, zal tevens de daling doen verminderen.

3. Overige energie afnemers

Deze categorie betreft vooral kantoren (zakelijke dienstverlening) en algemene voorzieningen (ziekenhuizen, scholen, straatverlichting, gemalen, etc.). Hier wordt een vrij sterke stijging van het energieverbruik voorzien als gevolg van de doorgaande groei van de zakelijke dienstverlening alsook een intensivering van het gebruik van elektrische apparatuur (computers, airconditioning).

Het totaal te verwachten energieverbruik in 2050 is afgeleid uit de optelling van de prognoses per sector en komt uit rond dezelfde 4500 PJ die hiervoor (figuur 3 en 4) werd gevonden. Figuur 5 geeft de groei per sector weer; de totale stijging van het energieverbruik tussen 2007 en 2050 komt uit op ca 0,7% per jaar.



Figuur 5: prognose energieverbruik tot 2050, verdeeld naar sector

Conclusie:

Alle drie scenario's komen uit rond 4500 PJ in 2050.

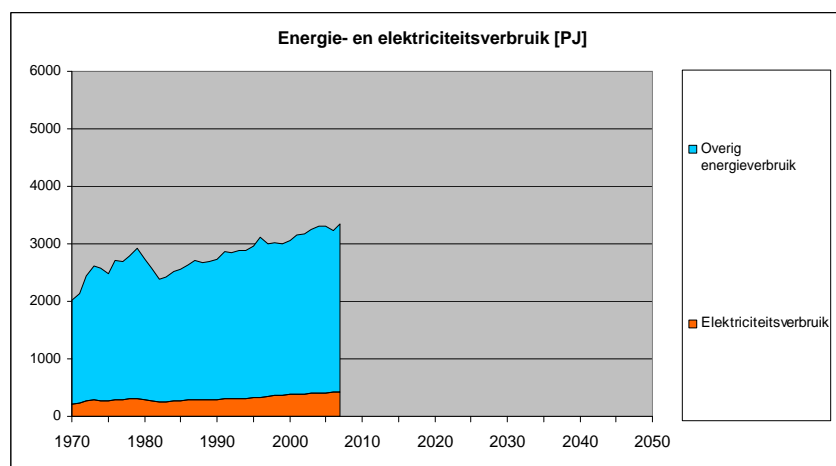
In dit rapport wordt uitgegaan van:

- een energieverbruik van 4500 PJ in 2050;
- een energiestijging van 0,7% per jaar tussen 2007 en 2050;
- een stijging per sector zoals aangegeven in tabel 2 en figuur 5.

Elektriciteitsverbruik

Verbruik en prognose

Het elektriciteitsverbruik bedroeg in 2007 426 PJ, ofwel 13% van het totaal energieverbruik. Dit is het *finale* elektriciteitsverbruik, d.w.z. door de eindverbruiker afgenomen elektriciteit. De verliezen die bij de productie en het transport van elektriciteit optreden zijn ondergebracht in overig energieverbruik, zie figuur 4. Zoals hiervoor reeds opgemerkt zijn die verliezen aanzienlijk, namelijk van de zelfde orde van grootte als het elektriciteitsverbruik zelf.



Figuur 6: Elektriciteitsverbruik 1970 - 2007

Om tot een prognose voor 2050 te komen is per gebruiksector de elektriciteitsinzet bepaald als aandeel van het totaal energieverbruik, zie tabel 3. Vervolgens is per sector

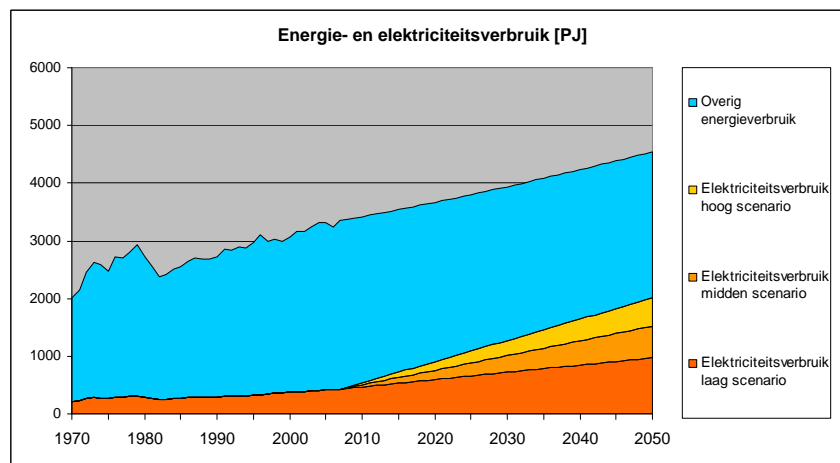
een hierna onderbouwde aanname gedaan ten aanzien van het aandeel in 2050. De volgende verschuivingen zijn hierbij voorzien:

- De huishoudens gaan meer elektriciteit gebruiken, zowel relatief (minder aardgasverbruik ten gevolge van o.a. woningisolatie, zie hiervoor) als absoluut (meer airco's meer elektrische apparatuur); het elektriciteitsaandeel stijgt van 23% naar ca. 50%, d.w.z. 50% van het huishoudelijk energieverbruik zal bestaan uit elektriciteitsverbruik;
- In het verkeer en vervoer gaat het elektriciteitsverbruik substantieel omhoog. De grootschalige introductie van elektrisch vervoer (auto, bus, scooter) stuwt het elektriciteitsaandeel omhoog van 1% (huidig alleen trein, metro en trolleybus) naar ca. 30%.
- Bij de overige energieafnemers stijgt het aandeel elektriciteit, voornamelijk doordat kantoren, scholen en ziekenhuizen in toenemende mate gebruik gaan maken van elektrisch geconditioneerde klimaatbeheersing en andere apparatuur.

Elektriciteitsverbruik [PJ]	2007			2050			'07-'50	opmerking
	energie	elektricit.	gedeelte	gedeelte	energie	elektricit.	elec. groei	
	PJ	PJ	%	%	PJ	PJ	% per jr.	
Energiebedrijven	440	20	5%	5%	119	6	-2,8%	minder centrales
Industrie	1485	149	10%	15%	2325	349	1,9%	
Huishoudens	387	87	23%	60%	312	187	1,7%	airco's, meer electr. apparatuur
Verkeer en vervoer	505	6	1%	60%	835	501	11,0%	elektrische auto, scooter, etc.
Overige energie-afnemers	535	165	31%	50%	951	475	2,5%	meer kantoren; airco's
	3353	426	13%	33%	4541	1518	2,6%	

Tabel 3: Elektriciteitsgebruik per gebruiksector in 1997 en 2050

De hier genoemde aannames (geel aangegeven in de tabel) gelden in de modelberekeningen voor het zogeheten midden-scenario. Daarnaast is een hoog en een laag scenario doorgerekend. In figuur 7 is het elektriciteitsverbruik bij de drie scenario's weergegeven.



Figuur 7: prognose elektriciteitsverbruik tot 2050, bij drie scenario's

Opwekking en indeling naar type

De opwekking van elektriciteit in Nederland wordt wel ingedeeld naar *centraal* en *decentraal*, alsook naar opwekking *met WKK* (warmte kracht koppeling) en *zonder WKK*. Tabel 4 licht de betekenis van de terminologie toe en geeft de geproduceerde hoeveelheden energie aan.

2007 PJ	Niet WKK	WKK	
Decentraal	Duurzame energie: waterkracht, wind, zon, biomassa 18	O.a. elektr. opwekking in glastuinbouw; niet duurzaam 107	125
Centraal	Kolen- gas- en kern-centrales, geen warmte opwekking; niet duurzaam 152	Centrales met warmte opwekking; niet duurzaam 102	253
	170	209	379

Tabel 4: indeling naar type elektriciteitsopwekking

De in 2007 totaal opgewekte hoeveelheid elektrische energie (379 PJ) ligt lager dan het verbruik (426 PJ). De reden van het verschil ligt voornamelijk bij import van elektriciteit.

De grondslag voor de modelvorming van dit rapport is gebaseerd op de volgende strategische keuzes:

1. De import van elektriciteit valt in de toekomst gaandeweg terug naar +/- nul PJ. Reden is dat Nederland de potentie heeft een elektriciteitsexporterend land te worden, zoals in het navolgende zal blijken.
2. De hoeveelheid energie opgewekt met WKK blijft min of meer gelijk. Achtergrond is het relatief hoge rendement van WKK opwekking en de verknoping aan bestaande (warmte-)infrastructuren.
3. In het niet-WKK segment vindt een belangrijke verschuiving plaats van centraal (grote centrales) naar decentraal en hierbinnen naar duurzame energie: wind, zon, waterkracht en biomassa. Dit uitgangspunt is essentieel om te kunnen voldoen aan de enorme opgave die er ligt om de CO₂ uitstoot drastisch te verminderen.

2050 PJ	Laag			Midden			Hoog		
	Niet WKK	WKK	Totaal	Niet WKK	WKK	Totaal	Niet WKK	WKK	Totaal
Decentraal	607	174	781	1214	161	1376	1800	95	1895
waarvan duurzaam	510	7	517	1137	8	1145	1693	12	1704
Centraal	61	132	193	30	112	142	23	92	114
waarvan duurzaam	7	60	67	8	62	70	12	93	104
Totaal	668	306	974	1245	273	1518	1822	187	2009
waarvan duurzaam	517	67	584	1145	70	1214	1704	104	1808

Tabel 5: elektriciteitsopwekking in 2050 bij verschillende scenario's

De rode vlakken in de tabel geven de potentie aan van duurzame energie.

Klimaatdoelstelling

De kabinetsdoelstelling gaat uit van 20% duurzame energie in 2020. Het middenscenario dat hier is uitgewerkt voldoet aan die doelstelling. Tabel 6 toont de uitkomst en is verder uitgewerkt in bijlage.

Op het gebied van CO₂ vermindering levert het plan met 9% reductie in 2020 een substantiële bijdrage aan de kabinetsdoelstelling van 30%

Duurzaam opgewekte elektrische energie	2007	2010	2020	2030	2040	2050
% duurzaam van totaal energieverbruik	2,7%	6,1%	20,0%	34,8%	54,8%	79,2%
% CO2 reductie	0%	0%	9%	20%	33%	47%

Tabel 6: Bijdrage aan de klimaatdoelstelling: 20% duurzaam en -30% CO₂ in 2020

Ten slotte

Een duurzame samenleving betekent omschakelen naar schone energie. Duurzaam opgewekte elektriciteit is, op grond van de huidige kennis en techniek, veruit de belangrijkste energievorm die kan bijdragen aan een schone energievoorziening.

Het hier beschreven plan kan de 20% duurzaamheidseis volledig waarmaken. De 30% CO₂ reductie-eis wordt voor een derde waargemaakt. De overige twee derde dient dus door andere maatregelen te worden ingevuld. Dat zou theoretisch kunnen door in 2020 3 maal zoveel windmolens te hebben gebouwd als nu is voorzien: 13.500 in plaats van 4.571. Zelfs in de eindsituatie (2050) zijn slechts 8400 windmolens voorzien. Vooralsnog lijkt dit scenario op een zo korte termijn niet realistisch. Gezien de grote inspanning die nodig zal zijn de genoemde 9% reductie te halen dient ernstig getwijfeld te worden aan de haalbaarheid in 2020 (over 10 jaar!) tot nog eens 21% vermindering te komen.

Om aan de 20% duurzaamheidseis te voldoen en een belangrijke bijdrage te leveren aan de CO₂ reductie is een grootschalige omschakeling naar duurzame elektriciteitsopwekking noodzakelijk. Preciezer geformuleerd: om de doelstellingen te halen zal er sprake moeten zijn van een dubbele omschakeling:

1. Het elektriciteitsaandeel in de totale energievoorziening stijgt substantieel: van 13% in 2007 naar 33% in 2050;
2. Het aandeel duurzame elektriciteit binnen de totale elektriciteitsopwekking verschuift van 93% fossiel en uranium in 2007 naar 80% duurzaam in 2050.

De volgende hoofdstukken laten zien dat een omschakeling, zoals hier bedoeld, technisch en economisch haalbaar is en bovendien goed is te combineren met de eerder beschreven uitdaging: bescherming van het land tegen de stijgende zeespiegel.

5. Presentatie Integraal Plan

Uitdagingen van formaat

Nederland krijgt de komende decennia te maken met uitdagingen van formaat, die vragen om ingrijpende en omvangrijke oplossingen.

Fossiele brandstoffen en kernenergie zijn uit, wind is in

Enerzijds zien we het energieprobleem op ons afkomen. De alsmaar toenemende behoefte aan energie en met name de behoefte aan elektriciteit dwingen de energieproducenten tot bijbouwen van productiecapaciteit. Zo zijn nu in de Eemshaven een gascentrale en een kolencentrale in aanbouw en er is volgens de elektriciteitsproducenten de komende jaren ruimte voor nog eens drie tot vijf nieuwe centrales. De discussie over een tweede of althans vervangende, grote kerncentrale te Borssele is dit jaar door energiebedrijf Delta aangezwengeld.

Bijbouwen van op fossiele brandstoffen gestookte centrales heeft forse kosten- en milieuconsequenties. De noodzakelijke milieumaatregelen, zeker bij kolencentrales, zijn zo omvangrijk dat zij een substantieel aandeel in de productiekosten zijn gaan vormen. Specifiek probleem hierbij is de reductie of afvang van CO₂. Weliswaar loopt het onderzoeksproject CCS (Carbon dioxide Capture and Storage), maar vooralsnog is er geen afdoende en geaccepteerde oplossing om de CO₂ uitstoot van centrales te reduceren of op te vangen. Daarmee wordt de haalbaarheid van de CO₂ doelstelling (-30% in 2020) onzeker.

Kernenergie heeft zijn eigen milieuprobleem. Het lange termijn opslagprobleem van het vrijkomend radioactief afval is ondanks 50 jaar kernenergie niet opgelost. De grote vraag hier is of de maatschappij kernenergie accepteert als de discussie over Borssele II werkelijk op gang komt. De procedures voor de bouw van een kerncentrale lopen zeker 10 jaar. Wanneer zich in die periode één incident voordoet, vergelijkbaar met Harrisburg of Tsjernobyl is de kans groot dat de publieke opinie het proces zal verlammen. Een riskant traject!

Windenergie is het enige alternatief dat op korte termijn een verregaande oplossing biedt voor de zojuist geschetste problemen.

Voordelen ten opzichte van fossiele brandstof en kernenergie:

- Maatschappelijke acceptatie;
- Geen CO₂ uitstoot;
- Geen andere uitstoot of restproducten;
- Brandstof gratis voorhanden, dus onafhankelijk van import en grilligheid olieprijs;

Andere aantrekkelijke argumenten voor windenergie:

- Aansluiten bij bekende, bedrijfszekere techniek, windparken zijn wereldwijd volop gerealiseerd of in aanbouw;
- Opwekking mogelijk van grote vermogens;
- Veel aanbod van wind in Nederland, met name aan de kust en op zee.

Naast deze voordelen zijn er uitdagingen die opgelost moeten (en kunnen) worden:

- Vraagt veel ruimte bij opwekking van groot vermogen;
- Vanuit landschappelijk oogpunt niet gewenst in bebouwde omgeving;
- Naarmate het aandeel windenergie in het totale energieverbruik toeneemt:
 - dient het elektriciteitsnet (de infrastructuur) aangepast te worden aan de gewijzigde geografie en grootte van de productielocaties,
 - zal tijdelijke opslag van energie noodzakelijk zijn als gevolg van de mismatch tussen de variërende energie opbrengst (afhankelijk van plaats en tijdstip van het windaanbod) en de variërende energievraag;

Behalve windenergie zijn ook andere, duurzame energievormen in opkomst, echter de bijdrage hiervan blijft achter bij de potentie van windenergie en de grote vraag op korte

termijn naar grote hoeveelheden duurzame energie.

Een overzichtelijke opsomming met voor- en nadelen van duurzame energievormen is te vinden op:
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0385-Productie-van-duurzame-energie.html?i=6-38

De enige vorm van duurzame energie die momenteel, naast wind, een bijdrage van belang levert is het mee- of bijstoken van biomassa in conventionele centrales. Voor de toekomst echter is zeer grootschalige inzet hiervan niet waarschijnlijk om twee redenen:

1. wetenschappers discussiëren nog over de werkelijke mate van duurzaamheid van deze energievorm,
2. de aanslag op grondoppervlakte voor de teelt van te verbranden gewassen (hout en houtachtig) is zeer aanzienlijk en gaat ten koste van andere functies, zoals voedselvoorziening en natuur.

Plan op hoofdlijnen

Kwalitatief

Dit plan zet in op grootschalige toepassing van windenergie op de Noordzee. Het plan voorziet in grote bassins (valmeren) voor de Nederlandse kust. De bassins zijn elk ca. 20 x 30 km groot en beginnen ver achter de horizon, gezien vanaf het Noordzeestrand. Met behulp van grote aantallen windmolens in en buiten de meren wordt het water uit de meren gepompt tot een niveau van 10 tot 30 m beneden de zeespiegel, waardoor een energiebuffer ontstaat. Bij gemiddelde windkracht en vraag naar elektriciteit leveren de windmolens elektriciteit aan het elektriciteitsnet. Is het windaanbod groter dan de elektriciteitsvraag dan pompen omkeerbare pompgeneratoren water uit de bassins in zee. Andersom, bij weinig wind wordt zeewater in het valmeer gelaten via de pompgeneratoren die daarbij als turbine functioneren en elektriciteit opwekken.

Naast de energiefunctie vervullen de meren ook een belangrijke strategische veiligheidsfunctie en wel drieledig:

1. de Noordzeezijde van de meren wordt gevormd door brede dijken die bestand zijn tegen de grootst voorkomende springvloedstormen en golfslag. Hierdoor wordt de huidige kust beschermd en neemt de kans op overstroming vanuit zee af tot een aanvaardbaar niveau.
2. door tussen de huidige kust en de valmeren een tweede type meer (zoetwatermeren) aan te leggen met een peil van hooguit 1 m beneden de zeespiegel ontstaat de mogelijkheid de grote rivieren hierin te laten uitmonden. Dat heeft twee voordelen:
 - a. zout water van zee dringt niet langer (en in toenemende mate door de zeespiegelstijging) het land in met verzilting als gevolg,
 - b. de rivieren kunnen gemakkelijker hun water kwijt, zeker bij grote rivierafvoeren en/of hoge zeewaterstand (springvloed). Dit beperkt de kans op overstromingen in de bovenloop van de rivieren (midden en oosten van het land).

Het zoetwatermeer lost op zijn beurt op de valmeren, onder gelijktijdige opwekking van elektrische energie.

3. het zoetwatermeer vervult naast de opvang van rivierwater op een laag peil tevens de strategische functie van zoetwaterbuffer. Deze functie wordt steeds belangrijker naarmate de zeespiegel stijgt en we te maken krijgen met warmere, drogere zomers.

Dit plan toont overeenkomsten met De Haakse Zeedijk (DHZ; www.dehaaksezeedijk.nl). Er is ook een belangrijk verschil. DHZ zet vooral in op waterveiligheid en op landaanwinning en in mindere mate op energie. De potentie (en financiële voordelen) van valmeren en windenergie wordt bij DHZ in aanzienlijk mindere mate benut dan in dit Integraal Plan. DHZ beschrijft o.a. de techniek van de dijkbouw tot in detail.

Kwantitatief

De energiebeschouwing uit het vorige hoofdstuk geeft o.a. als uitkomst dat in 2050 rond 850 PJ aan elektrische energie uit windmolens op zee opgewekt zal worden. Dat aantal is maatgevend voor de grootte van de windparken, aantal windmolens en grootte van de energiebassins (valmeren). Tabel 7 vat enkele relevante grootheden samen.

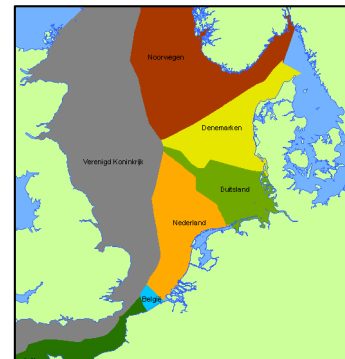
Uitgangspunten	laag	midden	hoog
grootte windpark [km ²]	3.000	8.400	11.500
grootte energiemeeren [km ²]	1.444	3.623	5.549
aantal windmolens	3.000	8.375	11.500
vermogen windmolens [MW]	24.000	67.000	92.000
vermogen pompgeneratoren [MW]	22.000	65.000	90.000
vermogen getijdencentrale [MW]	1.540	3.210	4.780
investering [€ miljard]	161	262	322
prijsstijging fossiele brandstof	3%	4%	5%
Resultaten	laag	midden	hoog
opgewekte energie windmolens [PJ]	339	850	1302
aandeel van totaal elektr. verbruik	33%	56%	65%
minder fossiele brandstof [€ miljard/jr]	25	93	219
CO2 reductie t.o.v. 1990	22%	47%	69%

Tabel 7: Kwantitatieve grootheden van Integraal Plan

Houden we het midden scenario aan en kijken we naar de benodigde oppervlaktes dan blijkt dat er in 2050 8.400 km² windpark nodig is en 3.600 km² valmeer.

Het Nederlands Continentaal Plat (NCP, figuur 8) biedt met 60.000 km² voldoende ruimte om deze oppervlaktes onder te brengen.

De valmeren zijn voorzien binnen enkele tientallen kilometers voor de kust, in verband met de veiligheidsfunctie die ze vervullen. De windmolens kunnen gedeeltelijk in de meren ondergebracht worden, echter deze zijn te klein om alle molens te kunnen herbergen, zodat extra ruimte op het NCP is voorzien.



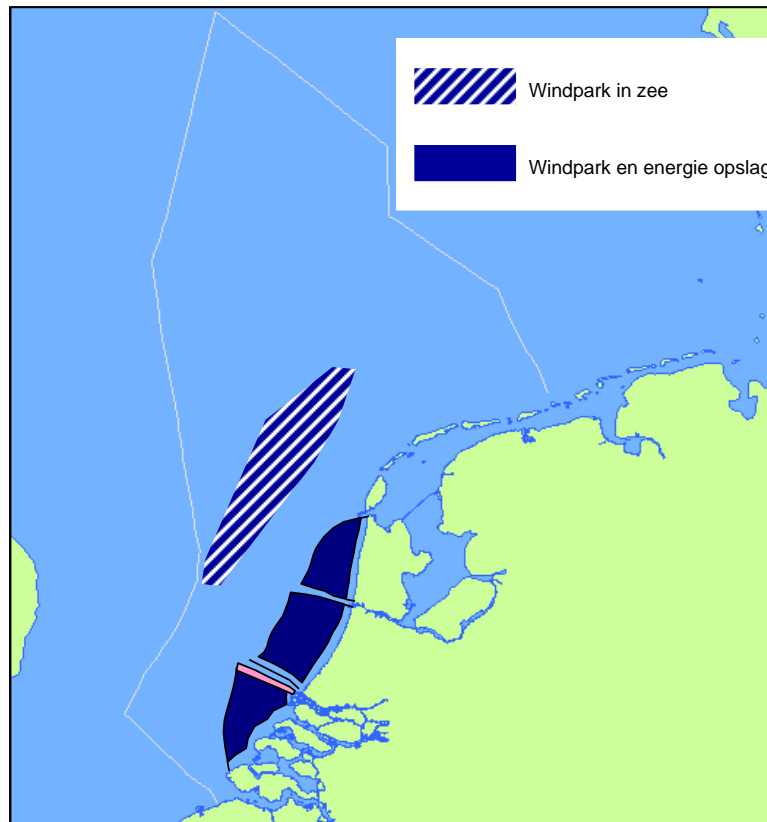
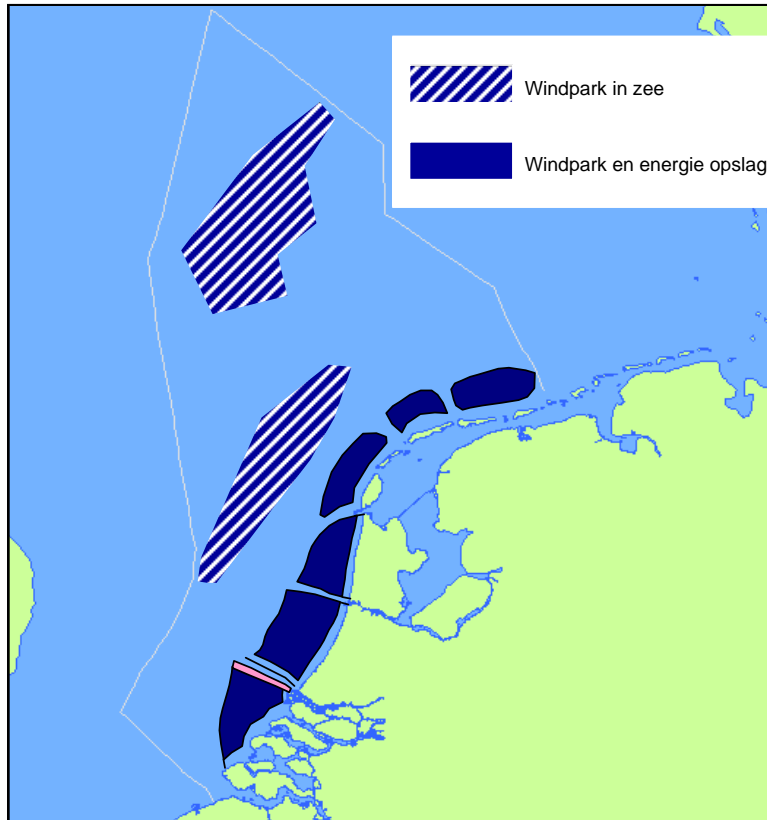
Figuur 8: NCP: 60.000 km²

Figuur 9a toont globaal de eindsituatie: zes valmeren voor de kust van 500 - 750 km² per stuk, elk voorzien van windmolens. Daarnaast twee grote windmolenparken verderop op het NCP van in totaal zo'n 5.000 km².

Figuur 9b toont de tussensituatie van 2035: voor de Zeeuwse en Hollandse kust zijn drie valmeren gebouwd en op het NCP is één windpark gedeeltelijk gerealiseerd.

Fasering	2020	2030	2040	2050
Energie				
energieverbruik (PJ)	3.664	3.937	4.231	4.541
waarvan elektrisch (PJ)	675	923	1.204	1.518
Noordzee				
Windenergie, aandeel van totaal elektr. verbr.	24%	34%	45%	56%
geleverde windenergie op zee (PJ)	164	317	544	850
productiefactor windmolens	33%	35%	38%	40%
opgesteld vermogen windenergie op zee (MW)	16.000	28.000	46.000	67.000
oppervlakte windpark (km ²)	2.000	3.500	5.800	8.400
oppervlakte bassin (km ²)	1.056	1.911	2.767	3.623
aantal windmolens	4.571	5.600	7.077	8.375
aantal valmeren	2	3	4	6

Tabel 8: Ontwikkeling plan in de tijd



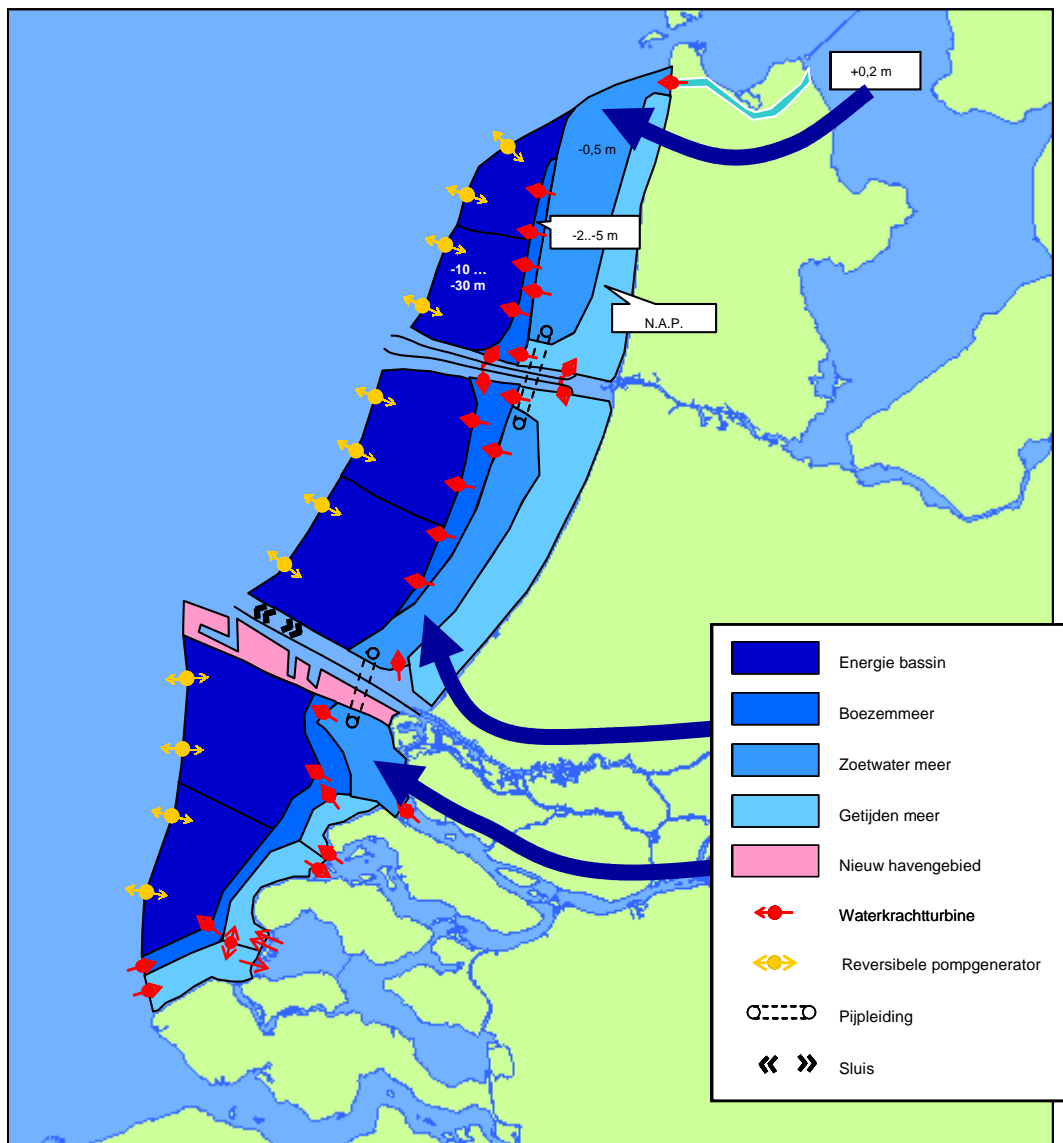
Figuur 9a en 9b: positie meren en windparken, situatie 2050 en 2035

Beschrijving tussenstap: 2035

In het plan komt een belangrijke mijlpaal te liggen tussen 2030 en 2040. Dan zijn de drie stelsels van meren voor de kust gereed.

Hebben we op dat moment te maken met een voortgaande stijging van het energieverbruik dan kan de volgende stap zijn: bijbouwen van meer valmeren (voor de Waddeneilanden) en meer windmolens (in deze valmeren en op het NCP). Voorlopig richten we ons echter op de drie samenhangende meren voor de West-kust.

Figuur 10 laat meer in detail de samenstelling zien.



Figuur 10: Integraal Plan

Plan, hoofdkenmerken

1. van West-Kapelle tot Den Helder een nieuwe primaire kustverdediging;
2. voor de huidige kust een stelsel van zout- en zoetwatermeren, met gereguleerd laagwaterpeil;
3. drie secties: Noord, Midden en Zuid, gescheiden door de uitmondingen van het Noordzeekanaal en de Nieuwe Waterweg;

4. grote rivieren lozen in zoetwatermeren met peil -0,5 ...-1m. Het IJsselmeer, Haringvliet en (vanaf ca 2050) de Nieuwe Waterweg staan in directe verbinding met zoetwatermeren voor de kust;
5. na ca. 2050 (afhankelijk van werkelijke zeespiegelstijging) afsluiting Nieuwe Waterweg met zeesluizen. Maasvlakte en Europoort blijven direct verbonden met open zee;
6. grootschalige toepassing van windenergie. Windparken ter grootte van 3150 km² op de dijken en in genoemde meren. Na ca 2035 voortbouwend in open zee op het Continentaal Plat. In de eindsituatie (2050) totaal 8400 km² windpark met een opgesteld vermogen van 67.000 MW, waarvan ongeveer de helft in de meren voor de kust.
7. energiebuffering door leegpompen van bassins ter grootte van 2.000 km²;
8. stelsel van waterkrachtturbines tussen de meren, bassins en Noordzee;
9. getijdencentrales, met name in zuidelijke sectie, in combinatie met getijden in Oosterschelde en Grevelingenmeer;
10. waterkrachtturbines en getijdencentrales voorzien in eindsituatie in overgrote deel van Nederlandse elektriciteitsbehoefte.

Beschrijving sectie Noord

1. voor huidige kust zout water getijdenmeer met vrij zicht tot horizon en peil +/- NAP, ook na zeespiegelstijging. Eb eb vloed alsook stroming langs de kust blijven gehandhaafd;
2. getijdenmeer wordt gevoed vanuit zuid-zijde nabij Wijk aan Zee via waterkrachtturbines;
3. meer loost voorlopig via deze zelfde turbines (omkeerbaar); naarmate de zeespiegel stijgt loost het meer naar zgn. boezemmeer met peil -2 -5 m NAP;
4. ten westen van getijdenmeer ligt een zoetwatermeer, gevoed via waterkrachtturbine en spuikanaal vanuit IJsselmeer, peil ca. -0,5 m NAP. Spuikanaal mogelijk te integreren met Wieringerrandmeer (figuur 11). Bij behoefte aan zoetwater wordt water onttrokken aan het IJsselmeer en/of het zoetwatermeer. Bij meer aanbod dan onttrekking van zoetwater loost het meer via één of meer waterkrachtturbines op het boezemmeer, ten westen van het zoetwatermeer;



Figuur 11: Spuikanaal geïntegreerd in Wieringerrandmeer

5. westelijk van het boezemmeer bevinden zich een groot laagwater bassin (valmeer) voor energieopslag, verdeeld in meerdere compartimenten, peil variërend van -10 m tot -40 m NAP; de bassins worden gedeeltelijk gevoed vanuit het boezemmeer via waterkrachtturbines. Echter de belangrijkste voeding vindt plaats via reversibele pompgeneratoren direct vanuit zee. Bij een overschot aan elektriciteit uit windenergie keert de functie van de pompgeneratoren om waarbij de bassins worden leeggepompt in zee.

6. ten zuiden van sectie noord is vrije doorvaart mogelijk tussen de Noordzee en IJmuiden. De vaargeul is middels dammen afgeschermd van de water in- en uitlaten naar en van de diverse meren om hinderlijke stroming voor de scheepvaart te voorkomen.

Beschrijving sectie Midden

1. de opzet van zoet- en zoutwatermeren en energiebassins is identiek aan sectie Noord;
2. het zoetwatermeer wordt in de eindsituatie gevoed via waterkrachtturbines vanuit de alsdan afgesloten Nieuwe Waterweg;
3. de zoetwatermeren van sectie Noord en Midden zijn met elkaar verbonden via een pijpleiding onder de vaargeul naar IJmuiden;
4. de Nieuwe Waterweg wordt afgesloten van zee zodra de zeespiegelstijging dit noodzakelijk maakt. Europoort en de Maasvlakte blijven verbonden met open zee.
5. scheepvaartsluizen aan Noord- en Zuidzijde van het getijdenmeer ten behoeve van pleziervaart en scheepvaartverbinding naar Scheveningen.

Beschrijving sectie Zuid

1. door de strategische ligging aan de Westzijde van Maasvlakte I en II is een strook voorzien voor nieuwe havenactiviteiten, met ligging aan open zee;
2. evenals secties Noord en Midden heeft ook sectie Zuid een zoetwatermeer, echter beperkter van omvang. Het zoetwatermeer, dat via een pijpleiding in verbinding staat met het zoetwatermeer van sectie Midden, wordt via een waterkrachtturbine gevoed vanuit het Haringvliet;
3. het getijdenmeer verzorgt de voeding van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer (beide dus zout en getijdenwerking). Hierdoor zijn uitgebreide mogelijkheden aanwezig voor getijdenenergie.
4. de functies van het voedingsmeer en de energiebassins zijn identiek aan die van secties Noord en Midden.

Beschrijving Wadden secties

1. voor de Waddeneilanden zijn drie energiebassins voorzien, onderling gescheiden om de in- en uitstroom van Noordzeewater naar de Waddenzee alsook de scheepvaart niet te hinderen.
2. er zijn hier geen zoetwatermeren voorzien, aangezien hier geen rivieren uitmonden.
3. Vooralsnog wordt er van uitgegaan dat zeespiegelstijging de Waddeneilanden niet in ernstige mate zal aantasten. Daarom is niet gekozen voor een laag peil getijdenmeer, zoals voor de Hollandse en Zeeuwse kust.

Overwegingen

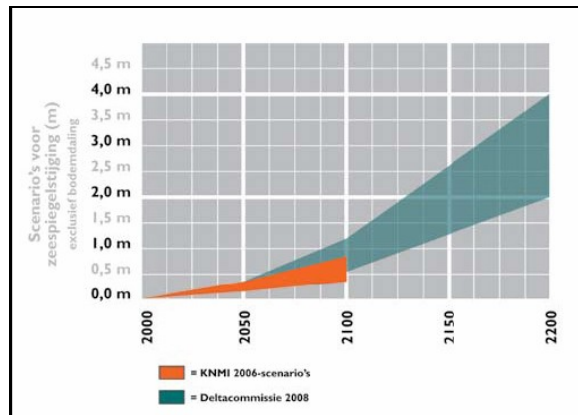
Welke overwegingen hebben nu een rol gespeeld bij de totstandkoming van het Integraal Plan:

Energie

- Keuzes:
 - wind op zee: energie ruim voorhanden, open ruimte, geen landschapsvervuiling; geen CO₂, ontwikkelde techniek,
- Uitvoering:
 - combinatie van directe elektriciteit uit windmolens, opslag en elektriciteit uit waterkracht en getijde-energie.
 - grootte van bassins,
 - benodigd oppervlak windpark,

Zeespiegelstijging

- Keuzes:
 - van welke stijging uitgaan? Er is aangesloten bij de uitgangspunten van de Deltacommissie (figuur 12: 30 cm in 2050 tot bijna 1 m in 2100).



Figuur 12: Verwachte zeespiegelstijging

- bescherming kust: niet de bestaande kustverdediging ophogen (zoals Deltacommissie voorstelt met zandsuppletie en dijkverzwaring), maar niveau van het kustwater verlagen c.q. handhaven op huidig peil, van West-Kapelle tot Den Helder.
- keuze energieopslag: waterniveau verhogen (destijds Plan Markermeer) of verlagen. Keuze voor verlagen aangezien diepte Noordzee (20 – 40 m) mogelijkheden biedt, i.t.t. 4 m van Markermeer. Kiezen voor het waterniveau verlagen beperkt ook de hoogte van de dijken.
- rivieren uitwateren in tussenbuffer, waarmee een zoetwatermeer wordt gecreëerd.
- getijdenmeer direct voor de kust i.v.m. unieke beleving (recreatie) en reinigende werking door stroming water.
- Uitvoering:
 - Wieringerrandmeer,
 - pijpleidingen tussen zoetwatermeren

Zoetwatervoorziening

- Keuzes:
 - om de dijkhoogte van de grote energiebasins te beperken ligt leegpompen voor de hand boven volpompen. Bij grote laagwatermeren komt vanzelf de gedachte naar voren om de grote rivieren te laten uitmonden op een min of meer vast, laag niveau. Dat geeft antwoord op het probleem dat een hogere zeespiegel de vrije afvoer van rivieren bemoeilijkt en biedt ook een oplossing voor de zouttong: verzilting. De stap is dan snel gemaakt naar grote zoetwatermeren voor de kust, die van belang zijn voor onze ongestoorde drinkwatervoorziening en de beschikbaarheid van voldoende zoet water voor o.a. de land- en tuinbouw.

Geografische layout

- Keuzes:
 - toegang scheepvaart Rotterdam en IJmuiden open houden. Wel wordt, na 2050, een sluis voorzien in de Nieuwe Waterweg ten gevolge van zeespiegelstijging
 - Europoort/Maasvlakte blijven open
 - Marsdiep open: essentieel voor voeding Waddenzee
 - Met de zoutwaterbekkens van de Oosterschelde en het (alsdan zoute) Grevelingenmeer zijn uitstekende mogelijkheden denkbaar voor getijdenenergie

Fasering

- Tot 2035 drie secties voor Westkust en aanvang maken met windpark op NCP
- Tussen 2035 en 2050 drie extra valmeren voor de Waddenkust. Een tweede windpark op NCP;
- na 2050: meer bassins in Noordzee; aansluiting bij Verenigd Koninkrijk (en andere landen?)

Deltaplan 2 vergelijk

Hoewel wat betref waterveiligheid de uitgangspunten van het Nationaal Waterplan c.q. Deltaplan 2 en dit Integraal Plan dezelfde zijn:

- aanvaardbaar overstromingsrisico vanuit zee;
- aanvaardbaar overstromingsrisico bovenloop grote rivieren;
- voldoende zoetwaterbuffer,

komen beide tot verschillende oplossingen.

Dat is verklaarbaar doordat dit Integraal Plan tevens een verbeterde energievoorziening als doelstelling voert.

De volgende verschillen zijn te onderscheiden:

	NWP/Deltaplan 2	Integraal Plan
Noordzeekust	Zandsuppletie	Aanleg nieuwe zeewering, 40 km voor de kust (De Haakse Zeedijk) in combinatie met 5 km breed getijdenmeer voor de huidige kust.
Zoetwaterbuffer	IJsselmeer 1,5 m verhogen	IJsselmeer en zoetwatermeren voor de kust met laag peil; IJsselmeer blijft op huidig peil
Uitstroom rivieren	In zee, met stijgend peil	In meren met constant peil ca 1 m beneden zeespiegel
Zouttong	Dringt door in het land	Afwezig: zeewater dringt niet in de rivieren
Bovenloop rivieren	Maatregelen nodig voor opvang overtollig water	Beperkte of geen maatregelen nodig i.v.m. vlotte doorstroming van het rivierwater naar het lage peil van het zoetwatermeer.
Zuid-Hollandse eilanden	Dijkverhoging i.v.m. hoger wordend peil zeespiegel	Geen aanpassingen: peil Volkerak/Zoommeer blijft gelijk t.g.v. uitstroom in zoetwatermeer.

Tabel 9: Nationaal Waterplan / Deltaplan 2 vergeleken met Integraal Plan

Resultaten

Er zijn drie scenario's doorgerekend met de belangrijkste verschillen:

- Laag: relatief weinig inzet op windenergie, lage prijsontwikkeling fossiele energie (3%);
- Midden: gemiddelde inzet op windenergie, matige prijsontwikkeling fossiele energie (4%);
- Hoog: veel inzet op windenergie, hoge prijsontwikkeling fossiele energie (4%);;

Tabel 10 toont de kenmerken en resultaten.

<u>Wind op zee 2050</u>			
Laag	Midden	Hoog	
33%	56%	65%	aandeel van totaal elektr. verbruik
339	850	1302	geleverde windenergie (PJ)
24.000	67.000	92.000	opgesteld vermogen windenergie (MW)
3.000	8.400	11.500	oppervlakte windpark (km ²)
1.444	3.623	5.549	oppervlakte bassin (km ²)
3.000	8.375	11.500	aantal windmolens
1,0	1,0	1,0	aantal windmolens/km ²
22.000	65.000	90.000	opgesteld vermogen pompgeneratoren [MW]
1.540	3.210	4.780	opgesteld vermogen getijdencentrale [MW]
<u>Kostenbesparing 2050</u>			
Laag	Midden	Hoog	
25	93	219	besparing energie (miljard €/jaar)
2	2	2	besparing beperkt uitvoeren Deltaplan en rivieraanpassingen (miljard €/jaar)
27	94	221	totaal besparing (miljard €/jaar)
<u>CO2 uitstoot 2050</u>			
Laag	Midden	Hoog	
22%	47%	69%	Reductie t.o.v. 1990

Tabel 10: Kwantitatieve kenmerken en resultaten Integraal Plan

6. Beoordeling en SWOT analyse

Een strategische keuze

Het voorgestelde integraal plan is in de eerste plaats een nationale strategische keuze.

Vanuit het oogpunt van beperking overstromingsrisico en het veiligstellen van de energievoorziening is het nodig keuzes te maken voor de toekomst.

Nederland moet investeren in zijn veiligheid tegen water. Dit statement wordt unaniem onderkend. Voorstellen zijn gedaan door de deltacommissie en aanvaard door het parlement.

Op het gebied van energievoorziening maakt Nederland met de afnemende eigen gasvoorraden zich steeds afhankelijker van het buitenland. Doelstelling is, zoals geformuleerd in de energienota, om in 2020 voor 20% te zijn overgeschakeld naar duurzame energie en voor 6000 MW aan windenergie te hebben gerealiseerd. Voor de periode daarna zijn in het kabinet nog geen doelstellingen vastgesteld.

Het hier beschreven integraal plan gaat op het gebied van opgesteld vermogen aan windenergie aanzienlijk verder dan de kabinetsdoelstelling: 26.000 MW in plaats van 6.000 MW.

Situatie 2020	Doelstelling	Integraal Plan
Aandeel duurzame energie	20%	20%
Windenergie	6000 MW	26000 MW

Tabel 11: Kabinetsdoelstellingen en Integraal Plan

Door synergie tussen de oplossingen voor het energie- en waterprobleem biedt het integraal plan een realistische en efficiënte oplossing. Het plan is goedkoper in uitvoering dan afzonderlijke oplossingen zoals voorgesteld in het Nationaal Waterplan en het energierapport 2008.

In die zin zou (politiek) een strategische keuze gemaakt moeten worden om ofwel het energie- en waterprobleem separaat op te lossen ofwel te kiezen voor een gecombineerde oplossing. Vanuit kosten oogpunt heeft het laatste de voorkeur.

SWOT analyse

Sterk:

1 Energievoorziening

- a schone energie
- b 100% vervanging uranium en 80% kolencentrales
- c flexibele inzet (snel op-/afschakelen)
- d opslag energie

2 Oplossing voor bedreiging stijging zeespiegel Nederland

- a kustverdediging
- b waterstand rivieren
- c zoetwater buffer

3 Milieu

- a vergaande reductie CO₂ uitstoot
- b landschappelijke kwaliteit windenergie (Not in my backyard)
- c meeliften elektrificatie transportsector: schoon + buffermanagement

Zwak:

- omlegging van enkele vaarwegen op Noordzee;
- militair oefengebied voor de kust van Den Helder verplaatsen;
- minder golfslag aan de kust;
- Scheveningen als havenplaats afgesloten van open zee (wel via sluis);
- Voornse strand bij Rockanje wordt zoet (als dat al een nadeel is);
- mogelijk inbreuk op Vogel- en habitatrictlijn (voor kust van Goeree/Voorne).

Kansen:

- aanzienlijk minder afhankelijk van geïmporteerde energie uit politiek minder stabiele landen. Daardoor stabiele energieprijzen met gunstige uitwerking op economische ontwikkeling;
- export elektrische energie en verhuur opslagcapaciteit van energie. Landen als Duitsland en Frankrijk zitten er nu al om te springen en met het toenemend aandeel windenergie daar wordt de vraag naar opslag alleen maar groter. Zij hebben op land weinig mogelijkheden;
- knooppunt van elektrische energie (vergelijkbaar met zgn. gasrotunde) in Europa. Zeker als het Verenigd Koninkrijk ook wind op zee gaat exploiteren zal Nederland een transitofunctie krijgen, ook i.r.t. bestaande/uit te breiden verbinding met Noorse stuwmeren;
- Nederland als zoetwaterleverancier van NW-Europa (en op termijn mondiaal);
- verdere ontwikkeling elektrisch verbruik, bijv. ruimteverwarming. Daarmee is nog aanzienlijk meer besparing op fossiele brandstof (en CO₂ emissie) mogelijk;
- tweede nationale luchthaven in zee komt dichterbij, als een infrastructuur op zee toch gerealiseerd wordt (dijken tevens startbanen?);
- derde maasvlakte / tweede Europoort, direct aan open zee;
- ontwikkeling zout- en zoetwaternatuur in nieuw ontstane gebieden;
- verdere ontwikkeling toerisme.

Bedreigingen:

- Onverwachte verandering van stromingen in de Noordzee (nader onderzoeken)

7. Financieel: investeringen en besparingen

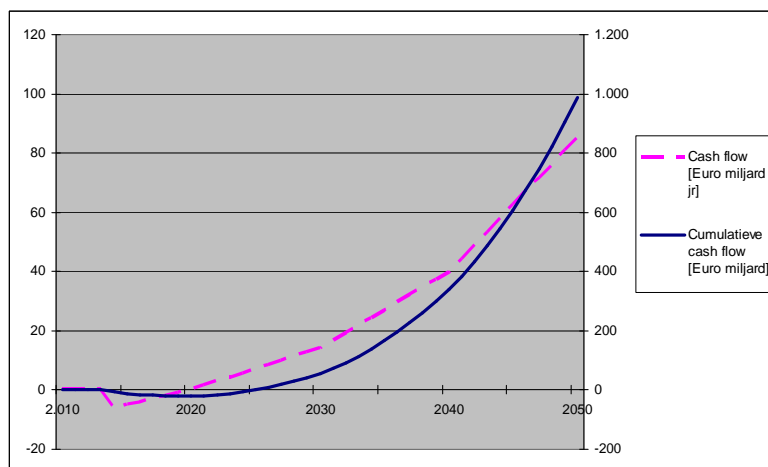
Toelichting

Het plan vergt, gezien zijn omvang, een uitgebreide investering. De posten van de begroting zijn getoetst aan vergelijkbare (zij het kleinere) investeringen, zoals de Deltawerken, 2^e Maasvlakte en recentelijk ontwikkelde windparken.

Tegenover de investering staan aanzienlijke besparingen. De inzet van windenergie op een zo grote schaal als hier is voorgesteld betekent dat op productiekosten (brandstof, afschrijving/bouw en instandhouding) van elektriciteitscentrales ruim wordt bespaard. In de besparingsberekening wordt een vergelijk gemaakt met een situatie waarin beperkt wordt geïnvesteerd in windmolens, niet wordt geïnvesteerd in dijken en meren voor de kust en waarbij de elektriciteitsproductie voor het overgrote deel plaats vindt met bestaande en nieuw te bouwen kolen-, gas- en kerncentrales.

Naast het energievoordeel wordt grotendeels bespaard op de voorgenomen realisatie van het 2^e Deltaplan met bijkomende werken (€ 1,5 miljard per jaar) en aanpassing aan rivieren (€ 100 miljoen/jaar).

De cumulatieve cashflow gaat 12 jaar na de eerste investering door het break-even point (figuur 13). De maximale cumulatieve cashflow bedraagt 21 miljard euro negatief bij een maximale jaarlijkse cashflow van 6 miljard euro negatief. Positief element hierin is dat reeds tijdens de investeringsperiode de besparing optreedt: vrijwel vanaf de start van de investeringen draagt elke bijgebouwde windmolen bij aan de besparing.



Figuur 13: Cashflow en cumulatieve cashflow

Investing

De geraamde investering bedraagt 262 miljard euro, vanaf 2014 gelijkmatig te besteden tot 2050. Dat komt overeen met een investering van ruim 7 miljard per jaar. Hierbij dient bedacht te worden dat de genoemde investeringen voor Deltaplan 2 en aanpassingen aan rivieren van in totaal 1,6 miljard per jaar grotendeels vervallen. De netto investering bedraagt daardoor ca. 5,5 miljard per jaar. Zie tabel 12.

Investing [miljoen Euro]	
voorstudies en engineering	400
<i>uitvoering:</i>	
projectmanagement	2.125
aanleg buitendijken	60.000
aanleg binnendijken	28.000
windmolens	100.500
pompgeneratoren	48.750
getijdencentrale	2.408
hoogspannings net	3.411
scheepvaartsluizen	2.800
spuikanaal IJsselmeer - zoetwaterbekken	200
3e Maasvlakte	10.000
wegen, bruggen, aansluitingen	3.750
	<hr/>
	261.943
Totaal	262.343

Tabel 12: Investeringsbegroting

Besparingen en cashflow

Het overgrote deel van de besparing zit voor een belangrijk deel in het vervallen van productiekosten voor elektriciteit. Een reële stijging van de productiekosten van 4% per jaar en een huidige productieprij van 6 cent per kWh leiden tot een kWh prijs van 32 cent in 2050. Voeg daarbij dat de elektriciteitsvraag zal toenemen van 426 PJ nu naar 1518 PJ in 2050, waarvan 850 PJ door windmolens op zee wordt geleverd.

Indien in het huidige tempo verder geïnvesteerd wordt in duurzame energie kan in 2050 ongeveer 185 MW duurzaam worden opgewekt (tegen 18 PJ nu). In dat geval wordt $1518 - 185 = 1333$ PJ fossiel (en uit uranium) opgewekt.

Uitvoering van het Integraal Plan leidt tot 304 PJ fossiel opgewekte elektrische energie en 1214 duurzaam opgewekte energie, waarvan 850 PJ door windmolens op zee.

Bij uitvoering van het plan wordt dus in 2050 $1333 - 304 = 1029$ PJ minder fossiel opgewekt, hetgeen alleen in dat ene jaar een besparing oplevert van € 93 miljard en een positieve cashflow van € 86 miljard. Cumulatief van 2010 tot 2050 levert het plan een positieve cashflow op van bijna € 1000 miljard.

Zelfs al zijn er afwijkingen gehanteerd van 50% in de aannames, dan nog genereert het plan een cashflow van € 500 miljard in de komende 40 jaar. De basis hiervan is duidelijk: de energieprij stijgt met 4% per jaar wat zonder maatregelen op een termijn van 40 jaar tot een negatief effect op de handelsbalans leidt van orde van grootte € 100 miljard per jaar.

Kostenbesparing		2.010	2.020	2.030	2.040	2.050
<i>Energie</i>						
elektr. energie uit fossiele brandstof bij beperkte inzet windenergie [PJ/jr]		360	603	847	1.090	1.333
elektr. energie uit fossiele brandstof bij uitvoering Integraal Plan [PJ/jr]		360	346	332	318	304
besparing (PJ)		-	257	515	772	1.029
productiekosten fossiel 2007 (€/kWh)	0,060					
jaarlijkse stijging productiekosten fossiel	4%					
productiekosten (€/kWh)		0,07	0,10	0,15	0,22	0,32
productiekosten per PJ (miljoen €/PJ)		19	28	41	61	90
besparing (miljoen €/jaar)		0	7.142	21.144	46.947	92.658
<i>Water</i>						
beperkt/niet uitvoeren van Deltaplan (miljoen €/jaar)		1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
niet uitvoeren bijkomende werken, o.a. aanpassingen IJssel en kust IJsselmer		200	200	200	200	200
minder aanpassingen aan rivieren		100	100	100	100	100
totale besparing (miljoen €/jaar)		1.800	8.942	22.944	48.747	94.458

Tabel 13: Besparingsberekening

8. Conclusies en vervolg

Dit integraal plan voor (water-)veiligheid en energie toont aan dat Nederland met bestaande kennis en technieken de grote problemen van de toekomst tegemoet kan treden:

- stijgende zeespiegel en overstromingsgevaar
- doorgaande CO₂ uitstoot
- schaars en duur wordende energie
- tekort aan zoet water

De investering die hiervoor gedaan moet worden is fors, maar betaalt zich ruimschoots en binnen relatief korte tijd terug door te besparen op inkoop van buitenlands aardgas en kolen.

Op het gebied van waterveiligheid wordt voorgesteld op 40 km voor de huidige kust een brede, sterke zeedijk aan te leggen van 2 tot 3 km breed en aan de kust het waterpeil te handhaven op het huidig niveau door de aanleg van een merenstelsel. De rivieren monden uit in enkele van deze meren met een laag peil, waardoor verzilting en de kans op overstromingsgevaar stroomopwaarts wordt beperkt. Deze meren dienen tezamen met het IJsselmeer tevens als zoetwaterbuffer. Het waterpeil wordt laag gehouden door de inzet van windmolens.

Op energiegebied bieden zogeheten valmeren uitkomst voor energieopslag. Deze meren, die direct achter de nieuwe zeedijk komen te liggen hebben een peil van 10 tot 30 m beneden N.A.P. Door het leegpompen van water uit de valmeren ontstaat een energievoorraad. Zo ontstaat een ontkoppeling van vraag en aanbod van energie, een noodzaak bij de inzet van veel windenergie. In de meren alsmede op een deel van het Nederlands Continentaal Plat worden windmolens geplaatst met een vermogen van 67.000 MW. Deze leveren energie aan de gebruiker of, bij veel windaanbod, pompen het valmeer leeg. Door middel van waterkrachtturbines wordt, bij weinig windaanbod, water van zee en de zoetwatermeren ingelaten in de valmeren onder opwekking van elektrische energie. Hiermee wordt 56% van het binnenlands elektriciteitsverbruik gedekt. Het overige deel wordt opgewekt met getijdencentrales in de zuidelijke sectie en met WKK centrales die deels worden gestookt met biomassa. Door de inzet van windmolens, getijdenenergie en biomassa wordt in 2020 20% van de energie duurzaam opgewekt. Het systeem zorgt in 2020 voor een reductie van 9% van de CO₂ uitstoot, oplopend naar 47% in 2050.

Naar het oordeel van de opsteller is vanuit efficiency overwegingen een integrale aanpak van de waterveiligheids- en energie & milieuproblematiek, waarbij beide deelgebieden in samenhang en evenwichtig aan de orde komen, veruit te verkiezen boven een separate aanpak.

Het is aan de politiek een visie te ontwikkelen over de gemeenschappelijke- aanpak van deze op ons af komende problemen.

9. Bijlagen

energie- en elektriciteitsverbruik

Stijging energieverbruik, uitgesplitst naar gebruikssector							
	1990	1995	2000	2005	2006	2007	'90-'07
Energiebedrijven	364	403	408	465	431	440	1,11% -3,00% 1)
Industrie	1153	1200	1267	1412	1344	1485	1,48%
Huishoudens	460	455	432	425	412	387	-1,34% -0,50% 2)
Verkeer en vervoer	375	421	462	486	500	505	1,74%
Overige energie-afnemers	371	486	496	523	546	535	0,80%
Totaal	2723	2964	3065	3311	3233	3353	1,22%
1) opm: hiervan is in 2007 301 PJ warmteverlies. Dit zal afnemen naarmate veel meer wind wordt ingezet.							
2) opm: vooral t.g.v. invoering HR ketel; naar toekomst wordt licht dalend verondersteld							
Stijging energieverbruik 2007-2050, verwachting							
o.b.v. historisch verloop 1990-2007							
	in PJ		in PJ/jr		in PJ/jr		
		2007	2010	2020	2030	2040	2050
Energiebedrijven	-3,00%	440	402	296	218	161	119
Industrie		19,5	1485	1544	1739	1935	2130
Huishoudens	-0,50%	387	312	312	312	312	312
Verkeer en vervoer		7,7	505	528	605	681	758
Overige energie-afnemers		9,7	535	564	661	757	854
Totaal		3353	3419	3664	3937	4231	4541
							0,70%
5, 1.6							
Waarvan elektrisch % van energieverbruik per sector							
	2007	2010	2020	2030	2040	2050	
Energiebedrijven	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Industrie	10%	10%	11%	13%	14%	15%	15%
Huishoudens	23%	23%	32%	41%	51%	60%	60%
Verkeer en vervoer	1%	5%	19%	33%	46%	60%	60%
Overige energie-afnemers (o.a. dienstverlening)	31%	31%	36%	40%	45%	50%	50%
Opm: relatieve stijging van E-verbruik zal alleen plaatsvinden al prijs E langzamer stijgt dan prijs							
Waarvan elektrisch in PJ							
	2007	2010	2020	2030	2040	2050	
Energiebedrijven	20	18	14	10	8	6	
Industrie	149	154	196	242	293	349	
Huishoudens	87	86	116	142	166	187	
Verkeer en vervoer	6	28	114	222	351	501	
Overige energie-afnemers	165	174	235	306	386	475	
Totaal	426	460	675	923	1204	1518	2,61%
percentage van totaal energieverbruik							
	13%	13%	18%	23%	28%	33%	
Stijging overig gebruik							
	2007	2010	2020	2030	2040	2050	
Energiebedrijven	420	384	282	208	153	113	
Industrie	1337	1389	1544	1693	1837	1977	
Huishoudens	300	295	247	203	162	125	
Verkeer en vervoer	500	501	490	459	407	334	
Overige energie-afnemers	370	390	426	451	468	475	
Totaal	2927	2959	2989	3014	3027	3023	
percentage van totaal energieverbruik							
	87%	87%	82%	77%	72%	67%	
binnenlands energieverbruik 2007							
	3353	3419	3664	3937	4231	4541	

Tabel: Stijging/daling per gebruikssector, uitgangspunten

WKK, duurzame energie en CO₂ reductie

Verbruik en productie		2007	2010	2020	2030	2040	2050		
Binnenlands verbruik		426	460	675	923	1204	1518		
Invoer		48	45	33	22	11	0	0% afbouwen	
totaal E-productie		379	416	642	901	1193	1518		
productie naar decentraal/centraal		61%	23%	38%					
totaal productie		602	224	379	416	642	901	1193	1518
centraal			39	253	246	220	194	168	142
decentraal			184	125	170	422	707	1025	1376
waarvan: duurzaam				19	56	219	420	727	1145
niet-duurzaam				106	114	203	286	297	231 stijgt: zelfopwekkers, industrie
productie naar WKK/niet-WKK		61%	23%	38%					
totaal productie		602	224	379	416	642	901	1193	1518
WKK			223	209	213	228	243	258	273
niet-WKK			0	170	245	495	745	995	1245
waarvan: duurzaam				26	65	234	435	737	1145
niet-duurzaam				144	137	179	222	197	100 daalt: deel van centrales sluit
productie naar duurzaam/niet duurzaam			38%						
totaal E-productie			379	416	642	901	1193	1518	
Duurzaam									
Waterkracht			0,39	3	12	23	39	61	5%
Windturbine (land)			11,19	10	21	35	57	85	7%
Windturbine (zee)			1,19	37	164	317	544	850	70%
Zonne-energie			0,13	4	19	36	62	97	8%
Biomassa			15,55	14	30	50	81	121	10%
Totaal duurzaam			28,4	69	247	462	783	1214	100%
In segment Decentraal/Niet-WKK			18,5	54	216	416	721	1137	
In overige segmenten, m.n. mee-/bijstoken in centrales			10	15	30	46	62	78	
Hiervan:									
in segment Centraal/niet-WKK (grote centrales)			8	11	18	20	16	8	
in segment Centraal/WKK (grote WKK-centrales)			1	2	9	22	39	62	
in segment Decentraal/WKK (kleine WKK-centrales)			1	1	3	5	6	8	
% duurzaam van totaal energieverbruik			0,8%	2,0%	6,7%	11,7%	18,5%	26,7%	
% duurzaam van totaal elektriciteitsverbruik, zonder extra inspanning			7,5%	12,6%	29,4%	46,3%	63,1%	80,0%	80%
extra percentage om 20% doelstelling 2020 te halen			0,0%	4,0%	9,0%	5,0%	2,5%	0,0%	
% duurzaam van totaal elektriciteitsverbruik			7,5%	16,6%	38,4%	51,3%	65,6%	80,0%	
Niet-duurzaam			350	347	395	439	410	304	
Duurzaam opgewekte elektrische energie		2007	2010	2020	2030	2040	2050		
% duurzaam van totaal energieverbruik		2,7%	6,1%	20,0%	34,8%	54,8%	79,2%		
% CO ₂ reductie		0%	0%	9%	20%	33%	47%		

Tabel: Inzet verschillende soorten elektriciteitsopwekking

Broeikasgas reductie		Mton/jr	1990	2007	2010	2020	2030	2040	2050
Gebouwde omgeving				29	27	23	19	15	11
Industrie				64	68	76	83	90	97
Elektriciteitsopwekking				37	37	29	22	15	8
Verkeer				39	40	39	37	33	27
Landbouw				7	9	9	9	9	9
Overige broeikasgassen				36	35	38	40	42	43
Totaal			216	212	216	214	210	204	195
Waarvan CO ₂			159,5	173	176	175	172	166	159
Ongewijzigd beleid broeikasgassen (rapport Schoon&Zuinig)					216	246			
Ongewijzigd beleid broeikasgassen obv energietoename				212	216	232	249	268	287
Waarvan CO ₂				173	176	189	203	218	234
Reductie				0	0	14	32	52	75
Reductie t.o.v. 1990				0%	0%	9%	20%	33%	47%

Tabel: Berekening CO₂ reductie

Wind, 2007				2020	
	MW	GWh	PJ	PJ	MW
Op land	1640	3108	11,2	21	
Op zee	108	330	1,2	164	
Totaal wind	1748	3438	12,4	186	26214
141,2 factor					

2007			
	Niet WKK	WKK	
Totaal decentraal	18	107	125
Centraal	152	102	253
	170	209	379

2050			
	Niet WKK	WKK	
Totaal decentraal	1214	161	1376
Centraal	30	112	142
	1245	273	1518

2050			
	Niet WKK	WKK	
Totaal decentraal	78	154	231
	1137	8	1145
Centraal	23	50	70
	100	70	170
	1245	273	1518

= duurzaam

		2007	2010	2020	2030	2040	2050
Totaal centraal/decentraal	Niet WKK	152	143	115	87	59	30
sterk verminderen: kolen- en gascentrales							
		1990	2000	2010	2020	2030	2040
energieverbruik (PJ)		2.723	3.065	3.419	3.664	3.937	4.231
waarvan elektrisch (PJ)		278	378	460	675	923	1.204

Tabel: Inzet WKK / Niet-WKK

Wind- en getijdenenergie

Noordzee	2010	2020	2030	2040	2050
Windenergie, aandeel van totaal elektr verbr	8%	24%	34%	45%	56%
geleverde windenergie op zee (PJ)	37	164	317	544	850
in GWh	10.395	45.628	88.128	151.237	236.138
productiefactor	30%	33%	35%	38%	40%
opgesteld vermogen windenergie op zee (MW)	4.000	16.000	28.000	46.000	67.000
oppervlakte windpark (km2)	500	2.000	3.500	5.800	8.400
oppervlakte bassin (km2)	200	1.056	1.911	2.767	3.623
MW/windmolen	2,0	3,5	5,0	6,5	8,0
aantal windmolens	2.000	4.571	5.600	7.077	8.375
aantal windmolens/km2	4,0	2,3	1,6	1,2	1,0
Pompgeneratoren					
max te leveren elektr. vermogen bij windstilte					
Energie/jaar [PJ]	37	164	317	544	850
Energie/dag [PJ]	0,10	0,45	0,87	1,49	2,33
Energie/dag [GWh]	28	125	241	414	647
Energie/uur [GWh]	1,19	5,21	10,06	17,26	26,96
Opgesteld vermogen bij continu bedrijf[MW]	1.187	5.209	10.060	17.264	26.956
Opgesteld vermogen [MW]	2	2.373	10.417	34.529	53.913
max te leveren pomp vermogen bij vollast windmolens					
basis elektrisch vermogen aan net te leveren (minimaal, MW)	100	575	1.050	1.525	2.000
te leveren aan pompenergie	3.900	15.425	26.950	44.475	65.000
opgesteld vermogen pompgeneratoren [MW]	3.900	15.425	26.950	44.475	65.000
Getijdenenergie					
geleverde energie getijdencentrale [PJ]	3	12	23	39	61
in GWh	791	3.296	6.322	10.819	16.867
productiefactor	60%	60%	60%	60%	60%
opgesteld vermogen getijdenenergie (MW)	150	630	1.200	2.060	3.210

Tabel: Oppervlaktes en vermogen wind- en getijdenenergie

10. Bronvermelding

In dit rapport werd gebruik gemaakt van de volgende bronnen

1. Gebruiksfuncties van de Noordzee Milieu- en NatuurCompendium.mht
2. Toekomstvisie op een duurzame energiehuishouding in Nederland, Regieorgaan energietransitie
3. CBS StatLine Energiebalans
4. Nationaal Waterplan en Beleidsnota Noordzee: *Rijksoverheid, december 2008*;
5. Rapport Samen werken met water : *Deltacommissie, september 2008*;
6. Energierapport 2008: *juni 2008, Ministerie van Economische zaken*;
7. Project Schoon en Zuinig: *september 2007, Ministerie van VROM*;
8. Het Energie eiland: *juli 2007, Kema, ingenieursbureau Lieveense, gebr.Das*;
9. Nota Ruimte: *2006, Ministerie van VROM*;
10. Ruimte voor de Rivier : *Iopend project, ministerie voor Verkeer en Waterstaat*
11. Duurzame energie in Nederland 2008, CBS
12. Zonne-energie in Nederland 091010.mht, Holland Solar
13. Noorzeeatlas.nl
14. DeHaakseZeedijk.nl, Rob van den Haak
15. Deltaplan3.nl, A.N.B.I., / A. Benthem
16. senternovem.nl/energietransitie/projecten/prinses_amaliawindpark.asp
17. compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0385-Productie-van-duurzame-energie.html?i=6-38

Colofon

Integraal Plan voor Veiligheid en Energie
Rapport

Ir. D.M. Butijn
Rotterdam,
15 december 2009
d.butijn@planet.nl

Niets uit deze uitgave mag gepubliceerd of vermenigvuldigd worden zonder schriftelijke toestemming van de auteur.