Verkenning Energetisch Potentieel Flevoland 2050

Casper Tigchelaar
Luuk Beurskens
Johan Slobbe
Koen Smekens
Cees Volkers

Januari 2015
ECN-E--15-024

Verantwoording

Dit rapport is geschreven in opdracht van de provincie Flevoland. Het project staat bij ECN geregistreerd onder nummer 5.3235. Contactpersoon voor ECN is Casper Tigchelaar. Dit rapport is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met Boris Hocks, Taco Kuijers en Karlijn Kokhuis van Posad en Robert Haffner, Rutger Beekman en Karel van Hussen van Ecorys. ECN dankt opdrachtgevers Wilma van de Poll, Dennis Menting, Geert Jan ten Napel, Carina van Dijk, Diny Weener van de provincie Flevoland en projectcoordinator Guido Wallagh van Inbo.

Abstract

Renewable sources in the Dutch province of Flevoland cover more than 50% of its energy consumption. In 2020 the province wants to be energy neutral, with the exception of transport fuel. After 2020 the Province wants to extend its leading position. Therefore the province asked ECN to develop two scenarios for 2050.

1. A maximum scenario in which the maximum potential for energy efficiency and renewable energy is described.
2. An energy neutral scenario in which the total supply of renewable energy equals the energy demand in 2050. Two versions have been developed by ECN: an economic optimum and a spatial optimum.

This study has been done in close collaboration with Ecorys and Posad. Parallel to this study, they analyzed the economic, societal and spatial impact of the different scenarios. For sake of comparability, the three institutes synchronized the inputs and boundary conditions.

“Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan ECN geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn ECN, zijn bestuurders, directeuren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.”

Inhoudsopgave

	Samenvatting	**5**
1	**Inleiding**	**7**
1.1	Aanleiding studie	7
1.2	Definities, keuzes en gehanteerde randvoorwaarden	8
2	**Aannames en achtergronden bij basispad**	**9**
2.1	Inleiding	9
2.2	Energiegebruik Flevoland in 2012	10
2.3	Energievraag basispad Flevoland in 2015, 2020 en 2050	12
2.4	Hernieuwbare energie basispad 2015, 2020 en 2050	15
2.5	Energieprijzen	16
2.6	Emissiefactoren	17
3	**Aannames en achtergronden bij bouwstenen energiebesparing**	**19**
3.1	Inleiding	19
3.2	Huishoudens	19
3.3	Diensten	21
3.4	Industrie	22
3.5	Land- en tuinbouw	23
3.6	Mobiliteit	24
3.7	Uitbreiding warmtenetwerken	25
4	**Aannames en achtergronden bij bouwstenen hernieuwbare energie**	**28**
4.1	Inleiding.	28
4.2	Windenergie	28
4.3	Zonne-energie	32
4.4	Bio-energie	34
4.5	Geothermie	34
4.6	Warmte- en koudeopslag (WKO)	35

5 Scenario Maximale Potentieel 36
5.1 Maximale energiebesparing 36
5.2 Maximale hernieuwbare opties 37
5.3 Totaal maximale scenario 38

6 Scenario Energieneutraal Flevoland 41
6.1 Inleiding 41
6.2 Energieneutraal scenario economisch optimum 41
6.3 Energieneutraal scenario ruimtelijk optimum 44

7 Gevoeligheidsanalyse 47
7.1 Inleiding 47
7.2 Mee- of tegenvallende rendementen van hernieuwbare energie 48
7.3 Ontwikkelingen (aantal woningen, industrie etc.) in Flevoland tot 2050 anders dan verondersteld 49
7.4 Invloed tijdspad plaatsing hernieuwbare energie in de periode tot 2050 50
7.5 Status Lelystad Airport (geen uitbreiding, minder vliegbewegingen, meer vliegbewegingen) 51
7.6 Matchen vraag en aanbod energie en energieopslag 52

Referenties 55

Bijlagen

A. Energiebalansen Flevoland 56

Samenvatting

In de provincie Flevoland bedraagt de hernieuwbare energieproductie inmiddels ruim de helft van de energievraag. In 2020 wil de provincie energieneutraal zijn met uitzondering van het energiegebruik voor mobiliteit. Onder energieneutraal wordt verstaan: de productie van hernieuwbare energie in een jaar is gelijk aan het bruto finale gebruik in een jaar. Na 2020 wil Flevoland haar leidende positie verder uitbouwen, en daarom onderzoekt ze wat na 2020 mogelijk is. Op verzoek van de provincie heeft ECN 2 scenario's uitgewerkt:

1. Een maximum scenario: energie wordt een netto exportproduct. Hiervoor heeft ECN gekeken naar het maximale potentieel voor besparing en hernieuwbare energie.
2. Energieneutraliteit. Een scenario waarbij er voldoende energie wordt geproduceerd om het energieverbruik (inclusief mobiliteit) in Flevoland te compenseren. Hiervoor heeft ECN twee varianten beschreven: een economisch optimaal scenario en een ruimtelijk optimaal scenario.

Voor beide scenario's gaat het om de ontwikkeling gedurende de periode tot 2050.

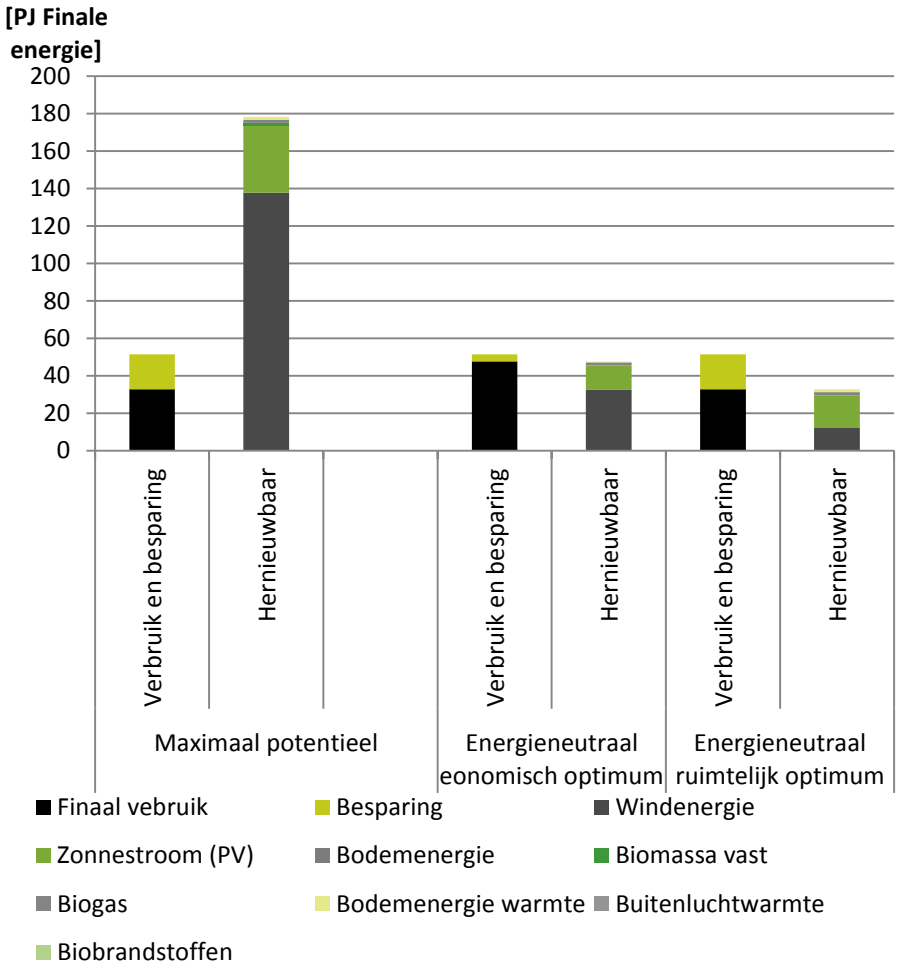
Tegelijkertijd met deze studie heeft de provincie andere studies uitgezet. In totaal gaat het om drie studies:

1. Een verkenning naar het energetisch potentieel 2050 (deze studie).
2. Een verkenning naar het ruimtelijk potentieel 2050 (uitgevoerd door POSAD).
3. Een maatschappelijke kosten en baten analyse (uitgevoerd door Ecorys).

Er is sprake van samenhang en afhankelijkheid van de drie studies. Dit betekent dat de verschillende studies elkaars resultaten als input gebruiken. Om de consistentie te garanderen hebben de verschillende partijen de aannames onderling afgestemd.

Het Flevolands energiegebruik in 2050 is - als geen energiebesparing optreedt - geraamd op 51,5 PJ. In **Figuur 1** is weergeven hoe de energievraag, de besparing en het aanbod van hernieuwbare energie samenhangen in de 3 scenario's

Figuur 1: Overzicht Flevolands energiegebruik, besparing en hernieuwbare opwekking in 3 scenario's



1 Inleiding

1.1 Aanleiding studie

In de provincie Flevoland bedraagt de hernieuwbare energieproductie inmiddels ruim de helft van de energievraag. In 2020 wil de provincie energieneutraal zijn met uitzondering van het energiegebruik voor mobiliteit. Na 2020 wil Flevoland haar leidende positie verder uitbouwen. Hiervoor heeft zij ECN verzocht om 'bouwstenen' in kaart te brengen waarmee de provincie een perspectief voor de ontwikkeling van duurzame energie wil bepalen. Met dit perspectief zal samen met stakeholders uit de omgeving een gespreksagenda en reële visie voor de lange termijn vastgesteld worden.

Met de 'bouwstenen' zijn op verzoek van de provincie 2 scenario's uitgewerkt.

1. Een maximum scenario: energie wordt een netto exportproduct. Hiervoor heeft ECN gekeken naar het maximale potentieel voor besparing en hernieuwbare energie.
2. Energieneutraliteit. Een minimum scenario waarbij er voldoende energie wordt geproduceerd om het energieverbruik (inclusief mobiliteit) in Flevoland te compenseren. Hiervoor heeft ECN twee varianten beschreven: een economisch optimaal scenario en een ruimtelijk optimaal scenario.

Voor beide scenario's gaat het om de ontwikkeling gedurende de periode tot 2050.

Tegelijkertijd met deze studie heeft de provincie andere studies uitgezet. In totaal gaat het om drie studies:

1. Een verkenning naar het energetisch potentieel 2050 (deze studie).
2. Een verkenning naar het ruimtelijk potentieel 2050 (uitgevoerd door POSAD).
3. Een maatschappelijke kosten en baten analyse (uitgevoerd door Ecorys).

Er is sprake van samenhang en afhankelijkheid van de drie studies. Dit betekent dat de studies elkaars resultaten als input gebruiken. Om de consistentie te garanderen hebben de verschillende partijen aannames onderling afgestemd.

1.2 Definities, keuzes en gehanteerde randvoorwaarden

In deze studie zijn in overleg met de opdrachtgever de volgende definities en randvoorwaarden gehanteerd.

Hernieuwbare energie
Onder hernieuwbare energie wordt verstaan: energie uit hernieuwbare niet-fossiele bronnen zoals vastgelegd in artikel 1 van de Europese richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen. Voor de exacte uitwerking per hernieuwbare bron wordt gebruik gemaakt van het Protocol monitoring hernieuwbare energie uit 2011.

Energieneutraal
Onder energieneutraal wordt verstaan: de productie van hernieuwbare energie in een jaar is gelijk aan het bruto finale gebruik in een jaar.

Bruto Finaal gebruik
Onder bruto finaal verbruik wordt verstaan: energieverbruik gemeten bij de eindgebruiker inclusief netverliezen en eigen verbruik van energiecentrales (cf. Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie 2011).

In en buiten Flevoland
Bij het bepalen van energieneutraliteit en de maximale productie wordt alleen gekeken naar het verbruik en hernieuwbare productie binnen Flevoland. Hierbij bestaat wel de mogelijkheid om energie te leveren van Flevoland naar elders en energie in te voeren van elders naar Flevoland. Hierdoor kunnen tijdelijke overschotten of tekorten worden opgevangen met vraag een aanbod buiten de provincie. Het is dus iets anders dan dat Flevoland compleet zelfvoorzienend zou zijn.

Ruimtelijke randvoorwaarden
Posad heeft de ruimtelijke randvoorwaarden in kaart gebracht. Alle ruimtelijke randvoorwaarden die voortkomen uit wettelijke verplichtingen zijn door Posad meegenomen (denk aan: ecologische hoofdstructuur, natura 2000, etc.).

Frozen-efficiency scenario
Scenario waarbij de theoretische aanname wordt gehanteerd dat er in de toekomst geen efficiëntieverbetering optreedt in het energiegebruik van eindgebruikers en er geen hernieuwbare energie bij komt. Wel wordt in het scenario rekening gehouden met andere ontwikkelingen zoals de groei van het aantal woningen en dergelijke. Frozen-efficiency scenario's worden gebruikt om als basispad te dienen voor een technische potentieelstudie van efficiencymaatregelen.

Business as Usual scenario
Scenario waarbij als aanname wordt gehanteerd dat ontwikkelingen in de toekomst vergelijkbaar zijn met ontwikkelingen in het (recente) verleden. Een Business as Usual scenario wordt vaak gebruikt als referentie om ontwikkelingen zonder (aanvullend) beleid zichtbaar te maken.

2

Aannames en achtergronden bij basispad

2.1 Inleiding

Het is onmogelijk om een exacte voorspelling te maken van lange termijn ontwikkelingen. Scenario's zijn daarom ook geen voorspellingen, maar mogelijke toekomstbeelden, uitgaande van bepaalde vooronderstellingen. Scenario's zijn vooral interessant om verschillende uitgangspunten met elkaar te kunnen vergelijken. Door veel basisveronderstellingen gelijk te houden en alleen bepaalde factoren, bijvoorbeeld beleid, aan te passen kun je de invloed van die factoren op het eindresultaat in kaart brengen.

De basisveronderstellingen worden vastgelegd in een basispad. Zij vormen gezamenlijk de onderlegger om later 'bouwstenen' aan toe te kunnen voegen. Vaak wordt gekozen voor een 'business-as-usual' scenario waarin de gangbare trends worden doorgetrokken naar de toekomst. Een dergelijk scenario heeft versimpeld de volgende structuur:

- Huidig gebruik X volumegroei X structuurverandering X efficiency = toekomstig gebruik.

Hierbij is volumegroei bijvoorbeeld de ontwikkeling van het aantal huishoudens of aantal voertuigkilometers. Een structuurverandering kan zijn, dat mensen meer of minder thuis zijn en daardoor meer of minder energie gebruiken voor ruimteverwarming. Efficiency is het besparingseffect uitgedrukt als de afname van het energiegebruik per functionele eenheid, bijvoorbeeld de hoeveelheid benzine per kilometer.

Het nadeel van een dergelijk scenario is dat veel veronderstellingen nodig zijn om te bepalen hoe die 'gangbare trends' er uit zien. Het is met name onzeker hoeveel efficiencyverbetering er op gaat treden. Dit vraagt op zich zelf veel onderzoek. Bovendien zijn er heel veel basisaannames van invloed op het eindresultaat, die het scenario minder transparant maken.

Een andere optie is om te kiezen voor een zogeheten ‘frozen-efficiency’ scenario als basispad. Hierin worden alleen voor de groei van sectoren veronderstellingen gedaan. Voor efficiency wordt er van uit gegaan dat toekomstige apparaten, huizen, auto’s et cetera niet zuiniger zijn dan huidige versies. Een dergelijk scenario is op lange termijn niet realistisch, want in de praktijk zal er altijd sprake zijn van (enige) efficiencyverbetering. Het grote voordeel van zo’n scenario is echter dat het veel transparanter is en niet ‘verstoord’ wordt door allerlei aannames. Door een frozen-efficiency scenario als basispad te kiezen kun je eenvoudig ‘bouwstenen’ zoals energiebesparingsopties of hernieuwbare energieopties aan het frozen-efficiency toevoegen.

Voor Flevoland is gekozen voor basispad bestaande uit een mix: een Business-as-usual scenario en het Frozen-efficiency scenario. Business-as-usual scenario loopt tot 2020 en het Frozen-efficiency scenario loopt vanaf 2020 tot 2050. Op deze wijze zijn korte en middellange termijn-ontwikkelingen, zoals geplande windmolens en activiteiten uit het energieakkoord meegenomen in het basispad. Voor de lange termijn kan gekeken worden naar aanvullende opties.

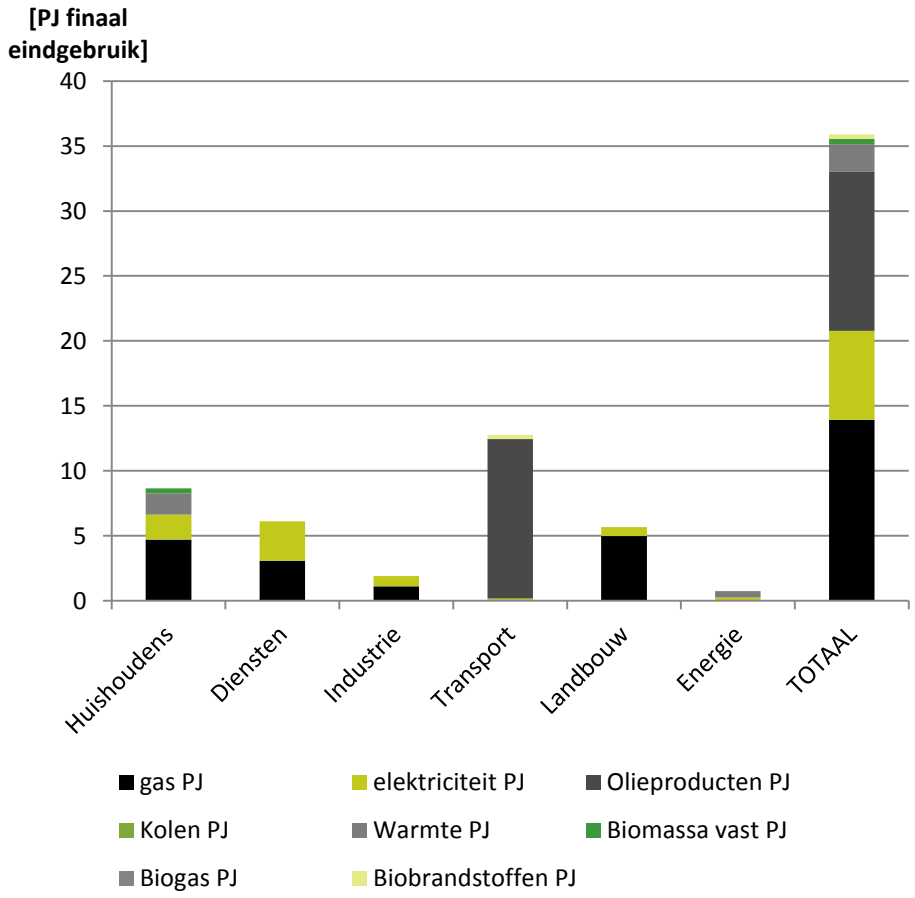
Een ander voordeel van deze keuze is dat er voor 2050 beter geoptimaliseerd kan worden op bijvoorbeeld kosten of opbrengst van hernieuwbare energie. Bij een Business-as-usual basispad is sprake van geleidelijke ontwikkelingen, waarbij keuzes in bijvoorbeeld 2025 invloed hebben op keuzes die gemaakt kunnen worden in 2035. Bij een Frozen-efficiency scenario heb je geen ‘last’ van deze lock-in effecten, maar kan je kiezen voor een optimale invulling van de energiehuishouding in 2050. In lijn met deze gedachte is in de ruimtelijke scenario’s (uitgewerkt door POSAD) gewerkt met een Clean-sheet benadering. Dit houdt in dat verondersteld is dat in Flevoland in 2050 geen hernieuwbare energieopties aanwezig zijn en dat er dus vrij gekozen kan worden of windmolens neergezet worden in de Noordoostpolder, in het Markermeer of waar dan ook.

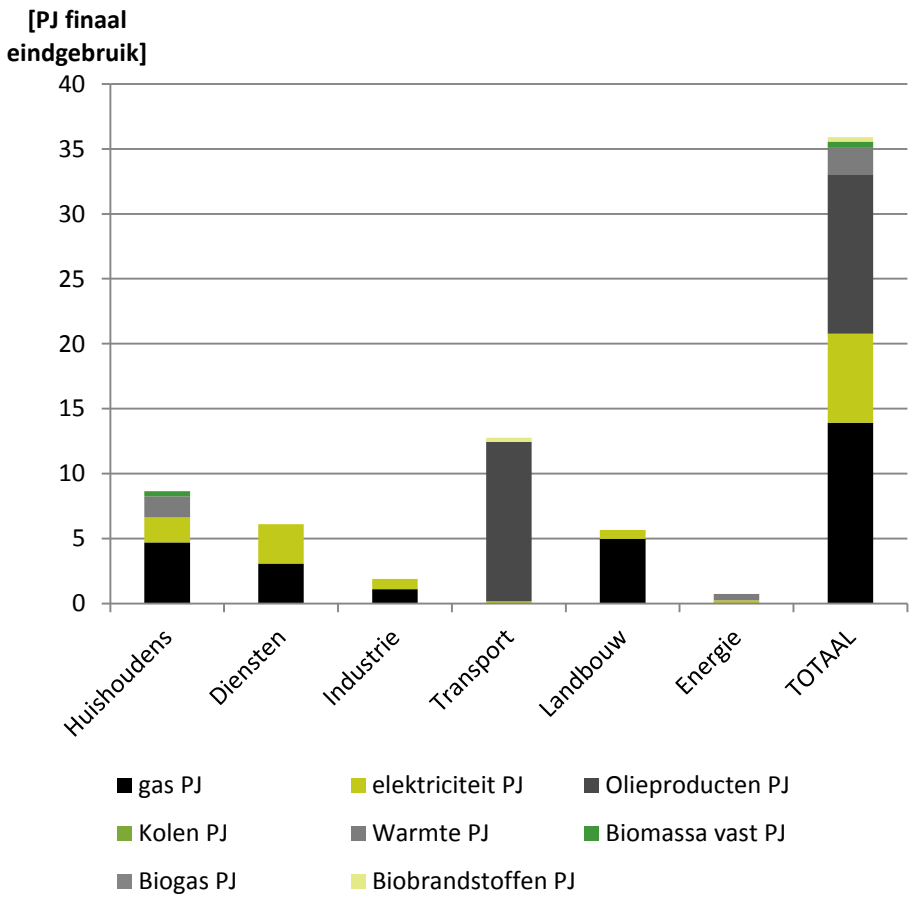
In een Frozen-efficiency benadering en een clean-sheet scenario worden bepaalde praktische inpassingsproblemen genegeerd. Dit maakt het potentieel aan in te zetten hernieuwbaar veel transparanter. Tegelijkertijd moet men zich bewust zijn van deze versimpeling. In de gevoeligheidsanalyse wordt ingegaan op de mogelijke consequenties van deze aanpak (zie paragraaf 7.4).

2.2 Energiegebruik Flevoland in 2012

Voor de historische ontwikkeling van het provinciale energiegebruik van Flevoland is gebruik gemaakt van de klimaatmonitor van Rijkswaterstaat. Deze monitor bevat sectorale gegevens over het energiegebruik per provincie. Voor de meeste sectoren is 2012 het meest recente jaar waarover gegevens over het energiegebruik beschikbaar zijn. In **Figuur 2** is het energiegebruik weergegeven, uitgesplitst naar sectoren. Het totale verbruik in Flevoland in 2012 was 35,9 PJ.

Figuur 2: Energiegebruik per energiedrager en sector in Flevoland 2012 (bron: Klimjaatmonitor.nl)





2.3 Energievraag basispad Flevoland in 2015, 2020 en 2050

Om te bepalen hoeveel hernieuwbare energieopwekking nodig is om energieneutraal te zijn in 2050 moet allereerst de energievraag in 2050 bepaald worden. Hiervoor is gekeken naar twee elementen: De groei van de sectoren in Flevoland en de veronderstelde efficiencyverbetering in die sectoren.

Om tot een goede inschatting van de energievraag in 2050 te komen, moet een goede inschatting gemaakt worden van de groei van de verschillende sectoren.

Om een goede inschatting te kunnen maken van de huishoudens is gebruik gemaakt van de born 'Provinciale bevolkingsprognose voor Flevoland'. In **Tabel 1** is het geraamde aantal woningen per gemeente weergegeven.

Tabel 1: Huidige verwachte groei aantal woningen in Flevoland (bron: Provinciale bevolkingsprognose Flevoland)

[x1000]	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Almere	76,8	78,8	86,3	95,4	107,9	120,4	132,9	137,9	140,4
Dronten	17,0	15,8	17,3	18,6	19,8	20,6	21,1	21,6	22,1
Lelystad	32,2	32,2	34,0	36,0	37,5	38,2	39,0	39,7	40,5
Noordoostpolder	18,8	19,1	19,7	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6
Urk	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2
Zeewolde	7,9	8,2	8,7	9,5	10,0	10,3	10,7	11,0	11,4
Flevoland	158,1	160,1	172,6	186,7	203,3	218,6	233,6	241,1	246,1

Voor de overige sectoren is gebruik gemaakt van landelijke groeiprognoses zoals die ook in de Nationale Energie Verkenning van ECN/PBL zijn gebruikt.

In **Tabel 2** is de gebruikte volumegroei voor 2015, 2020 en 2050 weergegeven voor de sectoren.

Tabel 2: Volumegroei sectoren in Flevoland [index 2012=100%]

Index 2012=100%	2012	2015	2020	2050
Huishoudens	100%	103%	111%	158%
Diensten	100%	101%	105%	115%
Industrie	100%	103%	107%	149%
Transport	100%	102%	105%	125%
Landbouw	100%	100%	100%	106%
Energie	100%	100%	100%	100%

Woningen, gebouwen en industriële bedrijven gaan steeds zuiniger om met energie. Voor de inschatting van het verbruik in 2050 moet hier rekening mee gehouden worden. Tot 2020 is uitgegaan van de besparing zoals die in de Nationale Energie Verkenning is bepaald. Daarna is uitgegaan van Frozen-efficiency, dus zonder verdere energiebesparing.

Tabel 3: Veronderstelde efficiëntieverbetering in het gebruik van gas en elektriciteit [index 2012=100%]

	Index 2012=100%	2012	2015	2020	2050
Efficiency gas t.o.v. 2012	Huishoudens	100%	98%	88%	88%
	Diensten	100%	93%	86%	86%
	Industrie	100%	97%	93%	93%
	Transport				
	Landbouw	100%	100%	100%	100%
	Energie	100%	100%	100%	100%
Efficiency Elektriciteit t.o.v. 2012	Huishoudens[1]	100%	92%	88%	88%
	Diensten	100%	100%	94%	94%
	Industrie	100%	97%	93%	93%
	Transport				
	Landbouw	100%	100%	100%	100%
	Energie	100%	100%	100%	100%

Energieneutraal bouwen vanaf 2020

Volgens de Europese Richtlijn Energiebesparing in Gebouwen (EPBD) moeten alle nieuwe gebouwen vanaf 2020 energieneutraal gebouwd worden. Als enige uitzondering op het frozen efficiency scenario is in het basispad verondersteld dat alle woningen en andere nieuwe gebouwen na 2020 energieneutraal zijn. Er is voor deze gebouwen uitgegaan van vergaande isolatie gecombineerd met een elektrische warmtepomp. De benodigde elektriciteit wordt opgewekt met PV-panelen.

Vliegveld Lelystad en bunkerbrandstoffen

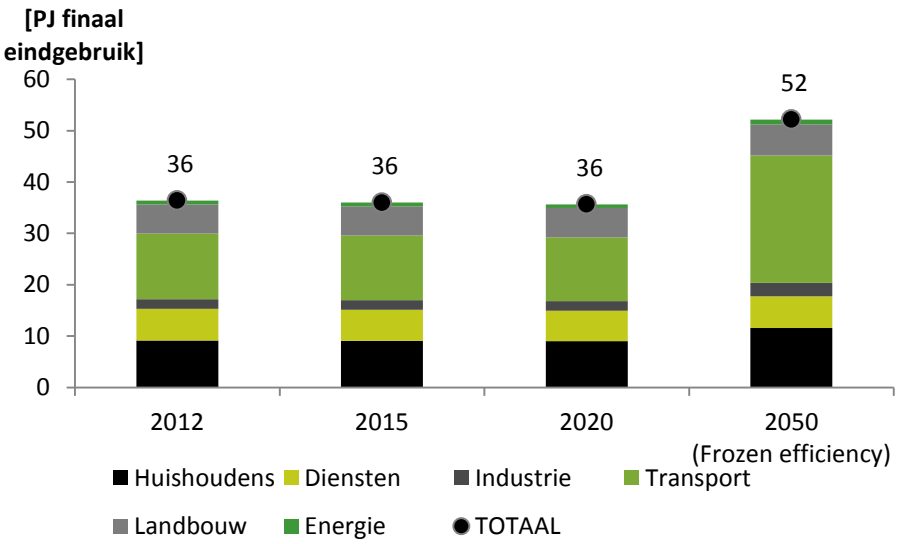
In het basisscenario voor Flevoland is verondersteld dat vliegveld Lelystad sterk uitgebreid zal worden om zo een deel van de groei van Schiphol op te kunnen vangen. Verondersteld wordt dat er 45.000 vliegtuigbewegingen per jaar zullen worden gemaakt in 2050[2]. In het Protocol Hernieuwbare Energie telt het gebruik van vliegtuigbrandstof (bunkerbrandstoffen) mee in het finaal energiegebruik. In de Nationale Energie Verkenning is verondersteld dat er 216 PJ aan bunkerbrandstoffen gebruikt wordt door de luchtvaart. De 45.000 vliegtuigbewegingen van Lelystad is daar dus 7,5% van oftewel 16 PJ. In het protocol is ook sprake van een plafond, afhankelijk van de omvang van het vliegverkeer in een land, zodat niet het gehele verbruik mee hoeft te tellen. Voor Flevoland betekent dit een aftrek van 6 PJ. In totaal gaat het dan om een verhoging van het energiegebruik voor transport van 10 PJ.

Rekening houdend met de volumegroei, de efficiencyverbetering (tot 2020), het uitgebreide vliegveld en energieneutraal bouwen vanaf 2020, zal de energievraag in 2050 51,4 PJ bedragen. In **Figuur 3** is te zien dat tot 2020 de volumegroei wordt gecompenseerd door de efficiencyverbetering, zodat de energievraag rond de 36 PJ blijft. Na 2020 zal in het basispad het verbruik stijgen als gevolg van de frozen-efficiency aanname en door het energieverbruik van het vliegveld.

[1] Efficiency verbetering is het gevolg van energieneutrale nieuwbouw na 2020.

[2] Faber, M. et al. (2014) , Milieueffectrapport Lelystad Airport, Deel 1 Hoofdrapport, http://www.alderstafel.nl/uploads/1/4/1/3/14138220/milieu_effect_rapport_lelystad_airport.pdf

Figuur 3: Ontwikkeling finaal energiegebruik 2012, 2015, 2020 en 2050

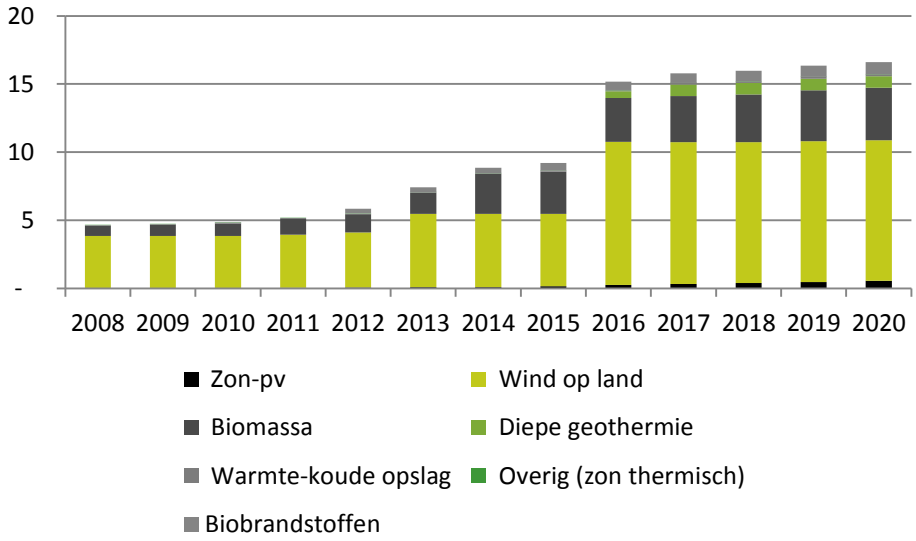


2.4 Hernieuwbare energie basispad 2015, 2020 en 2050

In opdracht van de Provincie Flevoland heeft Ecofys in kaart gebracht welke hernieuwbare energiebronnen op dit moment aanwezig zijn in de provincie en welke uitbreidingen er tot 2020 gepland staan. Ecofys heeft, vanwege de vergelijkbaarheid met eerdere cijfers, volgens de oude methodiek het vermeden primaire energieverbruik bepaald. ECN heeft deze getallen omgerekend naar het finale energieverbruik zoals dit in de huidige landelijke en Europees hernieuwbare energiemonitoring gebruikelijk is.[3] De ontwikkeling van hernieuwbare energie in de periode 2008-2020 staat weergegeven in **Figuur 4**.

[3] Het verschil tussen de oude en nieuwe methodiek is vooral zichtbaar in de waardering van hernieuwbare elektriciteit. In de oude methodiek werd rekening gehouden met de primaire energie die nodig was om 1 kWh elektriciteit op te wekken. Dit betekent in de praktijk dat 1 kWh vermeden opgewekte elektriciteit telt als 2,4 kWh vermeden primaire energie. In de nieuwe methodiek wordt alleen gekeken naar de opgewekte stroom zelf, dus 1 kWh opgewekte elektriciteit is 1 kWh hernieuwbare energie.
Zie voor het protocol hernieuwbare energie: http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/duurzame-energie/monitoring

Figuur 4: Ontwikkeling Hernieuwbare energie in PJ in Flevoland 2008-2020 (bron: Ecofys, klimaatmonitor, ECN)



Omdat in Flevoland vooral wind een belangrijke bijdrage levert, ziet het beeld er volgens de nieuwe methodiek heel anders uit. Waar Ecofys uitkomt op 29,6 PJ vermeden primaire energie[4], is dit in de nieuwe methodiek 16,6 PJ hernieuwbare energie.

2.5 Energieprijzen

Voor het bepalen van de baten van energiebesparing en opwekking moeten aannames gedaan worden voor de energieprijzen in 2050. Het is uiteraard zeer onzeker wat die prijzen zijn. In **Tabel 4** zijn de energieprijzen weergegeven zoals gebruikt in deze studie. Hierbij is het van belang om onderscheid te maken tussen de commodity[5] energieprijs, de commodityprijzen en de prijzen die bij sectoren in rekening gebracht worden. Het verschil zit in transportkosten en andere kosten die de energieleverancier moet maken en de winstmarge. Grootverbruikers zoals industriële bedrijven kunnen goedkoper energie inkopen dan kleinverbruikers.

[4] Inclusief 0,9 PJ biobrandstoffen.

[5] Commodity prijzen zijn de energieprijzen zonder energiebelasting en winstmarge, etcetera.

Tabel 4: Gehanteerde energieprijzen 2050 (exclusief belasting, accijnzen, toeslagen en BTW) [€/GJ]

Energieprijzen excl. subsidies, belastingen en BTW [€/GJ]	Commo-dity	Huis-houdens	Diensten	Indus-trie	Trans-port	Land-bouw	Energie
Gas	13,47	14,07	14,90	12,27	17,47	13,35	10,53
Elektriciteit	28,02	30,28	26,16	31,38	30,28	23,20	20,24
Olieproducten	11,34	16,80	16,80	16,80	16,80	16,80	16,80
Warmte					19,83		
Biomassa vast	9,86	9,86	9,86	9,86	9,86	9,86	9,86
Biogas	10,11	14,07	14,90	12,27	17,47	13,35	10,53
Biobrandstoffen	22,60	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46

De energiebelasting per energiedrager wordt apart weergegeven in **Tabel 5**. Ook hier geldt dat voor grootverbruikers andere tarieven gelden dan voor kleinverbruikers.

Tabel 5: Energiebelasting per energiedrager [€/GJ]

Energiebelasting [€/GJ]	Huishoudens	Diensten	Industrie	Transport	Landbouw
Gas	7,57	7,20	7,57	5,43	1,08
Elektriciteit	39,56	26,96	14,94	22,36	5,88
Olieproducten				17,11	
Warmte	-	-	-	-	-
Biomassa vast	-	-	-	-	-
Biogas	-	-	-	-	-
Biobrandstoffen	7,57	7,20	7,57	5,43	1,08

2.6 Emissiefactoren

Om CO_2-emissies te kunnen berekenen, moet voor verschillende energiedragers bepaald worden hoe de CO_2-emissie samenhangt met de energie-inhoud. In **Tabel 6** staan de gehanteerde emissiefactoren weergegeven. Het gaat hierbij om directe emissies in Flevoland bij eindverbruikers. Elektriciteitsverbruik bijvoorbeeld leidt tot emissies bij energiecentrales, al of niet in Flevoland. Dit zijn indirecte emissies en geen directe emissies en die nemen we hier niet mee. Daarom is de emissiefactor voor elektriciteit op 0 gezet.

Tabel 6: Gehanteerde directe CO_2-emissiefactoren

Directe emissiefactoren [kg CO_2/GJ]	
Gas	56,6
Elektriciteit	0,0
Olieproducten	73,0
Kolen	94,7
Warmte	0,0
Biomassa vast	0,0
Biogas	0,0
Biobrandstoffen	0,0

3

Aannames en achtergronden bij bouwstenen energiebesparing

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de potentiëlen voor energiebesparing besproken. Er wordt gekeken naar besparingsopties in:

- Huishoudens
- Diensten
- Industrie
- Land en Tuinbouw
- Transportsector
- Uitbreiding warmtenetwerken.

Bij de kosten en baten van opties is uitgegaan van de kosten en baten van eindverbruikers.

3.2 Huishoudens

In bestaande woningen is nog veel energie te besparen. Voor het gebouwgebonden (dus zonder het verbruik van apparaten) energiegebruik is gekeken naar vier opties:

- Alle bestaande woningen verbeteren naar label B.
- Alle bestaande woningen naar Label A.
- Alle bestaande woningen naar label A+.
- Alle bestaande woningen renoveren naar energieneutreaal.

Bij het bepalen van het effect van labelverbetering is de huidige labelverdeling in Flevoland als uitgangspunt gebruikt. Deze verdeling is bepaald met data uit de klimaatmonitor en staat weergegeven in **Tabel 7**.

Tabel 7: Labelverdeling in woningen in Flevoland (bron: klimaatmonitor)

Inschatting woningen met label	Percentage in Flevoland
A+	0%
A	4%
B	28%
C	43%
D	17%
E	6%
F	2%
G	0%

Tabel 8: Kosten en besparing per woning bij labelstappen

	Van gemiddelde slechtere woning naar B	**Van gemiddelde slechtere woning naar A**	**Van gemiddelde slechtere woning naar A+**
Investeringskosten (€)	5.300	10.200	18.300
Besparing Gas (m^3 aardgas)	335	578	865
Extra elektriciteitsverbruik (kWh elektriciteit)	37	334	23
Aantal woningen	107 duizend	150 duizend	156 duizend
Gemiddeld PV (kWh)			1.033

Voor het energieneutraal maken van een woning is PV nodig. Voor de volledigheid wordt dit in deze tabel meegenomen. Meer details over PV worden besproken in paragraaf 4.3.Door het energieneutraal maken van woningen wordt een gedeelte van hernieuwbare potentieel voor PV al gebruikt. In onze optellingen is hier rekening mee gehouden.

Elektrische apparaten en verlichting

Naast gebouwgebonden besparing kan er ook bespaard worden op het elektriciteitsverbruik van apparaten en verlichting. In deze studie is gekeken naar de verwachte best beschikbare technieken in2050 voor witgoed (Koelkasten, Vriezers, Wasdrogers, Wasmachines en Vaatwassers) en naar LED-verlichting. Voor deze stroomverbruikers is de besparing bepaald door deze best beschikbare technieken te vergelijken met de gemiddelde technieken zoals die naar verwachting in 2020 in de huishoudens gebruikt worden.

In **Tabel 9** worden de besparingen en kosten van verschillende opties per woning weergegeven. In **Tabel 10** wordt het totale potentieel weergegeven, rekening houdend met de hoeveelheid woningen en de kwaliteit ervan in Flevoland in 2050.

Tabel 9: Kentallen bouwstenen besparing huishoudens per woning

Per woning	Eenheid	label B	Label A	label A+	energieneutreaal	Zuinig witgoed	Led-lampen
Besparing	[GJ]	-10,5	-17,1	-23,6	-31,3	-1,3	-0,4
Hernieuwbaar	[GJ]	-	-	8[6]	17	-	-
Investeringskosten	[€]	5.300	10.200	18.300	37.200	100	100
Overige kosten	[€/jaar]	4	34	2	-	-	-
Baten	[€/ jaar]	-164	-283	-424	-763	-36	-10
Ruimtebeslag	[m^2]	-	-	-	-	-	-
Directe CO_2-reductie	[ton CO_2-eq]	-0,4	-0,7	-1,1	-1,5	-	-

Tabel 10: Potentieel energiebesparing in huishoudens

Per woning	Eenheid	Label B	Label A	Label A+	Energie-neutreaal	Zuinig witgoed	Led-lampen
Besparing	[PJ]	-1,1	-2,9	-4,1	-5,4	-0,2	-0,1
Hernieuwbaar	[PJ]	-	-	1	3	-	-
Investeringskosten	[mln. €]	570	1.760	3.160	6.420	20	20
Overige kosten	[mln. €/jaar]	0,4	5,8	0,4	-	-	-
Baten	[mln. €/ jaar]	-18	-49	-73	-132	-6	-2
Ruimtebeslag	[mln. m^2]	-	-	-	-	-	-
Directe CO_2-reductie	[Mton CO_2-eq]	-0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-	-

3.3 Diensten

Gebouwen in de sector diensten omvatten gebouwtypen zoals bedrijfsgebouwen, kantoren, horeca, scholen en ziekenhuizen. Het energiegebruik voor Diensten in Flevoland is bepaald met kentallen voor de dienstensector gerelateerd aan economische gegevens van de dienstensector in Flevoland. Het maximale energetisch besparingspotentieel in 2050 wordt bepaald door aan deze gebouwtypen besparingspotentiëlen toe te kennen, afhankelijk van o.a. bouwjaarklasse.

[6] Voor label A+ en energieneutraal is uitgegaan van zonenpanelenzonnepanelenzonenpanelen en lucht-water warmtepomp voor zover mogelijk

Tabel 11: Kentallen bouwstenen besparing dienstensector per m2 BVO

Per m^2 BVO	Eenheid	Gasbesparing TVT 5 jaar	Gasbesparing TVT 10 jaar	Gasbesparing TVT 20 jaar	Energieneutraal
Besparing	[GJ]	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4
Hernieuwbaar	[GJ]	-	-	-	1
Investeringskosten	[€]	5	18	42	-
Overige kosten	[€/jaar]	-	-	-	-
Baten	[€/ jaar]	-4	-5	-5	-19
Ruimtebeslag	[m^2]	-	-	-	-
Directe CO_2-reductie	[ton CO_2-eq]	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02

Tabel 12: Potentiele energiebesparing in de dienstensector

	Eenheid	Gasbesparing TVT 5 jaar	Gasbesparing TVT 10 jaar	Gasbesparing TVT 20 jaar	Energieneutraal
Besparing	[PJ]	-1,6	-1,8	-2,1	-2,6
Hernieuwbaar	[PJ]	-	-	-	4
Investeringskosten	[mln. €]	29	117	271	-
Overige kosten	[mln. €/jaar]	-	-	-	-
Baten	[mln. €/ jaar]	-26	-29	-33	-121
Ruimtebeslag	[mln. m^2]	-	-	-	-
Directe CO_2-reductie	[Mton CO_2-eq]	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2

3.4 Industrie

In Flevoland is ten opzichte van Nederland weinig (energie-intensieve) industrie. Als eerste is er op basis van de emissieregistratie, de klimaatmonitor en de bedrijvendatabase een beeld gemaakt van de aanwezige industrie in Flevoland. Vervolgens zijn er twee besparingsvarianten bestudeerd ten opzichte van een *frozen efficiency* basispad naar 2050. 1% energiebesparing per jaar en 2% energiebesparing per jaar.

De besparingsopties zijn gemaakt, gebruik makend van kostencurves die zijn opgesteld op basis van additionele besparingstechnieken die bovenop autonome efficiëntieverbetering kunnen worden toegepast. Er moet in deze methode rekening worden gehouden met een aanzienlijke onzekerheidsmarge, omdat de feitelijke energiebesparing afhangt van de industriële activiteiten in Flevoland. Hier is in het kader van deze studie niet tot in detail naar gekeken.

Tabel 13: Kentallen bouwstenen besparing industrie per miljoen € omzet

Per mln. € omzet	Eenheid	1% besparing per jaar	2% besparing per jaar extra t.o.v. 1%
Besparing	[GJ]	-5.000	-3.500
Hernieuwbaar	[GJ]	-	-
Investeringskosten	[€]	18.000	85.000
Overige kosten	[€/jaar]	350	1.700
Baten	[€/jaar]	-75.500	-58.000
Ruimtebeslag	[m^2]	-	-
Directe CO_2-reductie	[ton CO_2-eq]	-251	-153

Tabel 14: Potentiele besparing in de industrie in 2050

	Eenheid	1% besparing per jaar	2% besparing per jaar extra t.o.v. 1%
Besparing	[PJ]	-0,7	-0,5
Hernieuwbaar	[PJ]		-
Investeringskosten	[mln. €]	2,6	12,1
Overige kosten	[mln. €/jaar]	0,1	0,2
Baten	[mln. €/ jaar]	-10,8	-8,2
Ruimtebeslag	[mln. m^2]	-	-
Directe CO_2-reductie	[Mton CO_2-eq]	-0,0	-0,0

3.5 Land- en tuinbouw

Besparingsopties binnen de land- en tuinbouw, en hun potentieel en kosten, zijn in eerdere studies van ECN en LEI Wageningen in kaart gebracht en deze bepalen samen met de soorten land- en tuinbouw het maximale besparingspotentieel in 2050.

De volgende drie opties zijn in kaart gebracht:

- WKK.
- Besparing op warmtevraag.
- Zuinige verlichting.

Tabel 15: Kentallen bouwstenen besparing landbouw per ha

Per Ha	Eenheid	Efficiëntie WKK	Zuinige verlichting	Warmtevraagreductie
Besparing	[GJ]	-332,7	-1.055,1	-1.904,1
Hernieuwbaar	[GJ]	-	-	-
Investeringskosten	[€]	10.637	4.007	60.100
Overige kosten	[€/jaar]	-1.117	200	301
Baten	[€/ jaar]	-4.480	-29.565	-25.644
Ruimtebeslag	[m^2]	-	-	-
Directe CO_2-reductie	[ton CO_2-eq]	-18,83	-	-107,77

Tabel 16: Potentiele besparing in de land- en tuinbouw

	Eenheid	Efficiëntie WKK	Zuinige verlichting	Warmtevraag-reductie
Besparing	[PJ]	-0,1	-0,004	-0,0
Hernieuwbaar	[PJ]	-	-	-
Investeringskosten	[mln. €]	1,9	0,016	1,1
Overige kosten	[mln. €/jaar]	-0,2	0,001	0,0
Baten	[mln. €/ jaar]	-0,8	-0,120	-0,5
Ruimtebeslag	[mln. m^2]	-	-	-
Directe CO_2-reductie	[Mton CO_2-eq]	-0,0	-	-0,0

3.6 Mobiliteit

Voor mobiliteit is gekeken naar Elektrisch vervoer. Het verbruik aan brandstoffen in Flevoland is met 12,5 PJ in 2012en vrijwel geheel toe te schrijven aan wegverkeer. De exacte opsplitsing van dit verbruik naar personenauto's en vrachtwagens is niet bekend. Als versimpelde aanname is voor deze studie al het verbruik toegeschreven aan personenauto's. Voor het totale energieverbruik maakt dit niet uit. Meer gedetailleerd onderzoek naar het besparingspotentieel in de transport sector zal naar verwachting niet leiden tot grote afwijkingen van de genoemde getallen. De verwachting is dat in 2030 het verbruik van een benzine auto 1,98 MJ per kilometer is. Daar tegenover staat een finaal elektriciteitsverbruik van 0,6 MJ per kilometer van een elektrische auto. Een besparing in het finale energiegebruik van 70%. Tegelijkertijd betekent dit een verschuiving van olieverbruik naar elektriciteitsverbruik. De 13,6 PJ aan brandstoffenverbruik van het wegverkeer in 2050 kan vervangen worden door 4,1 PJ aan elektriciteit. De inschatting is dat de meerkosten voor een elektrische auto in 2020 ca. € 12.400 bedragen en in 2030 € 6.700. In 2050 kunnen deze kosten verder gedaald zijn naar € 2000 tot € 3000. Deze kosten zijn exclusief de kosten voor de laadinfrastructuur.

Tabel 17: Kentallen bouwstenen besparing mobiliteit per 1000 km

Per 1000 km	Eenheid	Personen auto
Besparing	[GJ]	-1,4
Hernieuwbaar	[GJ]	-
Investeringskosten	[€]	25
Overige kosten	[€/jaar]	17
Baten	[€/ jaar]	-22
Ruimtebeslag	[m^2]	-
Directe CO_2-reductie	[ton CO_2-eq]	-0,14

Tabel 18: Potentiele besparing Elektrisch vervoer

	Eenheid	Personen auto
Besparing	[PJ]	-9,5
Hernieuwbaar	[PJ]	-
Investeringskosten	[mln. €]	200
Overige kosten	[mln. €/jaar]	115
Baten	[mln. €/ jaar]	-154
Ruimtebeslag	[mln. m^2]	-
Directe CO_2-reductie	[Mton CO_2-eq]	-1,0

Bij de investeringskosten gaat het om de meerkosten van een elektrische auto ten opzichte van een standaard benzine/diesel auto. Bij de overige kosten gaat het om de kosten voor de gebruikte elektriciteit. De baten bestaan uit uitgespaarde brandstofkosten.

Bunkerbrandstoffen voor het vliegverkeer vanaf het geplande vliegveld Lelystad, maken een fors deel uit van het verbruik voor mobiliteit in 2050. Potentiele besparing op dit verbruik is afhankelijk van technologische innovaties in de luchtvaartsector. Dit is in deze studie niet verder uitgewerkt.

3.7 Uitbreiding warmtenetwerken

ECN heeft in 2011 een studie gedaan naar het potentieel van restwarmtebenutting. Hieruit kwam naar voren dat uitbreiding van warmtenetten alleen aantrekkelijk is in uitbreidingswijken en mogelijk ook is in wijken met bestaande collectieve blokverwarmingssystemen (meestal in appartementencomplexen). Huishoudens betalen een warmtetarief dat gebaseerd is op het Niet-meer-dan-anders principe. Dit houdt in dat de energiekosten voor een woning aangesloten op een warmtenet niet meer mogen bedragen dan die van vergelijkbare gasgestookte woningen; in de praktijk zijn de kosten gelijk. Het gevolg hiervan is, dat overschakelen van gas naar warmte geen

kostenbesparing oplevert voor de eindgebruiker. De investeringskosten worden dus niet terugverdiend.

Flevoland is een provincie met een relatief groot aandeel stadsverwarming woningen. Toch zijn er hier nog mogelijkheden voor uitbreiding.

Tabel 19: Achtergronden energiegebruik en aandeel stadsverwarming in Flevoland

	Gemeente Almere	Lelystad	Overig Flevoland
Gem. standaardjaarverbruik gas alle woningtypes (temperatuurgecorrigeerd) [m^3]	1.147	1.393	1.617
Aantal woningen per 1 januari	76.306	31.653	47.817
Aandeel stadsverwarming [%]	57%	15%	2%
Aantal woningen op stadsverwarming	43.494	4.748	983
Potentiele uitbreiding (aantal woningen, op dit moment zonder aansluiting)	32.812	26.905	46.834

Kosten voor het uitbreiden van bestaande netwerken naar bestaande woningen zijn gemiddeld € 7.000 per woning. Voor grotere afstanden zijn die kosten hoger. In **Tabel 20** zijn de effecten per woningen weergegeven. Warmte in een collectief systeem kan afkomstig zijn van restwarmte of duurzame warmtebron en zo bijdragenbijdragen aan CO_2-emissiereductie. Voor besparing op het finaal verbruik is dit niet relevant. Hierbij geldt alleen het kleine rendementsvoordeel tussen een stadsverwarming en een CV-ketel.

Tabel 20: Kentallen uitbreiding warmtenetwerk per woning in Almere, Lelystad en de rest van Flevoland

Per woning	Eenheid	Almere	Lelystad	Overig
Besparing	[GJ]	-3,6	-4,4	-5,1
Hernieuwbaar	[GJ]	-	-	-
Investeringskosten	[€]	7.000	7.000	12.000
Overige kosten	[€/jaar]	648	787	914
Baten	[€/ jaar]	-489	-594	-689
Ruimtebeslag	[m^2]	-	-	-
Directe CO_2-reductie	[ton CO_2-eq]	-2,05	-2,50	-2,90

Tabel 21: Potentieel uitbreiding warmtenetten.

	Eenheid	Almere	Lelystad	Overig
Besparing	[PJ]	-0,1	-0,1	-0,2
Hernieuwbaar	[PJ]	-	-	-
Investeringskosten	[mln. €]	230	188	562
Overige kosten	[mln. €/jaar]	21,3	21,2	42,8
Baten	[mln. €/ jaar]	-16	-16	-32
Ruimtebeslag	[mln. m^2]	-	-	-
Directe CO_2-reductie	[Mton CO_2-eq]	-0,1	-0,1	-0,1

De investeringskosten hebben betrekking op de aanleg van de warmtenetwerken. De overige kosten hebben betrekking op de kosten voor de afgenomen warmte. De baten bestaan uit vermeden kosten voor het aardgasverbruik.

4

Aannames en achtergronden bij bouwstenen hernieuwbare energie

4.1 Inleiding.

In dit hoofdstuk kijken we naar potentiëlen voor hernieuwbare energieopwekking. De volgende hernieuwbare opties worden besproken:

- Windenergie.
- Zonne-energie.
- Biomassa.
- Geothermie.
- Warmte- en koudeopslag (WKO).

De genoemde potentiëlen zijn afgestemd met POSAD op basis van hun ruimtelijke potentieelstudie.

4.2 Windenergie

Flevoland staat bekend om de grootschalige toepassing van windenergie. Voor de verkenning van het energetisch potentieel in Flevoland (zichtjaar 2050) is het noodzakelijk om kentallen te kiezen voor windparken. POSAD heeft daarvoor een voorzet gedaan uit De Structuurvisie Windenergie op Land [TK, KB 2014].

Voor de periode tot en met 2020 zijn er drie typen turbines (conform KB 2014, planMER):

- 2 MW, ashoogte 100m, rotordiameter 90m, 2400 vollasturen.
- 3 MW, ashoogte 100m, rotordiameter 90m, 2800 vollasturen.
- 7,5 MW, ashoogte 135m, rotordiameter 126m, 3000 vollasturen.

Voor de periode tot en met 2050 kan het vermogen van de turbines toenemen tot 15 MW, met een rotordiameter van 164m. om overschatting te voorkomen is in de scenario's conservatief gerekend met 7,5 MW turbines als maximum.

Opstelling in windparken

Er zijn grofweg twee park-lay-outs mogelijk: lijnopstelling ('1D') en 'vierkante' parken ('2D').

De 1D-variant:

'Wind in lijnopstelling' gaat uit van een tussenafstand van 4x de rotordiameter tussen de masten. Dit komt neer op 2,5 turbines/km^2 bij 3 MW (=7,5 MW/km^2) en 2 turbines/km^2 bij 7,5 MW (=15 MW/km^2).

De 2D-varianten (zie pagina 228 planMER):

'Wind op land in raster bij grootschalige opstellingen' (zoals in Flevoland) gaat uit van een tussenafstand van 7x7 rotordiameters tussen de masten. Dit komt neer op 2 turbines/km^2 bij 3 MW (=6 MW/km^2) en 1,3 turbines/km2 bij 7,5 MW (=10 MW/km^2).
'Wind op land in raster in gebieden met minder aaneengesloten oppervlakte' gaat uit van een tussenafstand van 6x4 rotordiameters tussen de masten (niet meer dan drie rijen naast elkaar en met een bufferafstand van minimaal 1 à 1,5 km). Dit komt neer op 4,2 turbines/km^2 bij 3 MW (=12,6 MW/km^2) en 2,6 turbines/km^2 bij 7,5 MW (=20 MW/km^2).

'Wind in Markermeer' gaat uit van een tussenafstand van 7x7 rotordiameters tussen de masten. Dit komt neer op 2 turbines/km2 bij 3 MW (=6 MW/km^2) en 1,3 turbines/km^2 bij 7,5 MW (=10 MW/km^2).

Voor de turbines tot 15 MW, die verwacht worden op een termijn tot 2050, is de vermogensdichtheid in de 2D-opstelling identiek aan die voor de kleinere molens. In de lijnopstelling verandert deze echter. Een vergelijking tussen de parkvarianten voor een denkbeeldige opstelling van 10 km^2 geeft voor de turbines van 15 MW in lijnopstelling met 4x de rotordiameter als tussenafstand een aantal van 1,5 turbines/km^2 (=23 MW/km^2).

Tabel 22: Gehanteerde kenmerken verschillende typen windmolens

Turbine	3.0 MW	7.5 MW	15.0 MW	
Rotordiameter	90	126	164	m
4x rotordiameter	360	504	656	m
Vermogensdichtheid	2.5	2	1,5	turbine/km^2
Vermogensdichtheid	7.5	15	23	MW/km^2
Voorbeeld park 10 km^2	25,0	20,0	15,0	turbines
Voorbeeld park 10 km^2	75,0	150,0	225,0	MW
Lengte park	8,6	9,6	10,0	km
Breedte park	1,2	1,0	1,0	km

Kosten

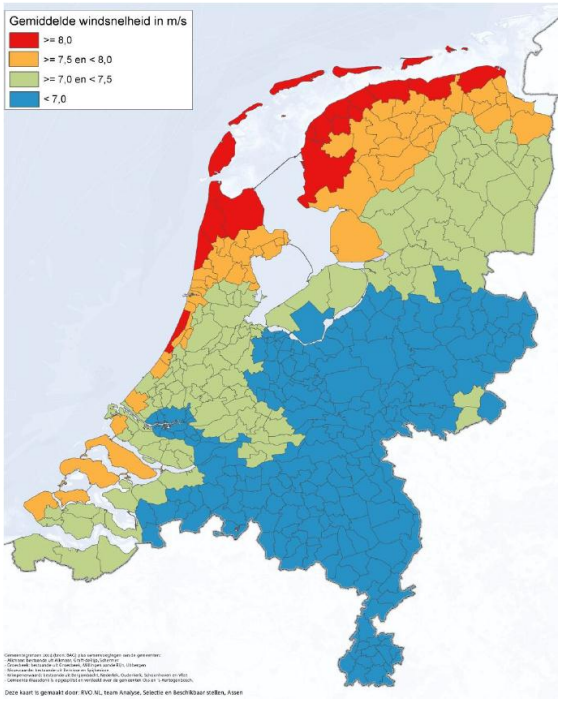
Voor het bepalen van de kosten, is gebruik gemaakt van het ECN-advies voor de SDE+2015. Deze adviezen geven kentallen voor Investeringskosten (excl. BTW), Verwijderingsbijdrage, Effecten vaste BTW, Operationele kosten, Beheer- & onderhoudskosten, Effecten jaarlijkse BTW.

Voor de schatting van de kosten tot 2050 wordt geput uit het RESolve-E model van ECN. Voor de periode 2015 – 2030 wordt in dit model een kostendaling van de investeringskosten verwacht van 18%. Deze kostenreductie wordt doorgetrokken naar 2050, resulterend in 30% kostendaling. Voor de huidige analyse worden de onderhoudskosten verder gelijk gehouden. Er wordt daarbij opgemerkt dat de termijn zodanig ver in de toekomst ligt dat bijvoorbeeld de afspraken die gemaakt zijn in het kader van het energieakkoord (40% kostenreductie wind op zee) vooral gezien moeten worden als *richtinggevend* en naar verwachting tegen 2050 ruimschoots overtroffen zullen worden. Op voorwaarde van verdere technologische ontwikkelingen ligt het in de lijn der verwachting dat windenergie in 2050 competitief is.

De kosten van windenergie zoals gedocumenteerd in de SDE+ variëren per soort locatie: op land kent windenergie lagere kosten dan wanneer geplaatst in een meer. De opbrengstdifferentiatie uit de SDE+ kan voor Flevoland gereduceerd worden tot onderstaand beeld voor de windsnelheid:

- Zeewolde: minder dan 7.0 m/s.
- Almere, Dronten, Lelystad en Urk: tussen 7.0 m/s en 7.5 m/s.
- Noordoostpolder: tussen 7.5 m/s en 8.0 m/s.

Figuur 5: Kentallen windsnelheid in SDE systematiek (bron: Lensink, 2014)



Urban turbines

Een aparte categorie windturbines vormen de urban turbines (microturbines). Deze worden in vergelijking met de reguliere MW-schaal windturbines gekenmerkt door hogere investeringskosten en lagere opbrengsten. Volgens WWEA bedroegen de kosten wereldwijd tussen de 2300 USD/kW en de 10000 USD/kW, waarbij de lagere bedragen gelden voor de grotere turbines, die onder Nederlandse omstandigheden niet als grotere turbines (?) zouden kwalificeren. Uit het experiment dat in de gemeente Schoondijke uitgevoerd is (2012-2014) is gebleken dat de opwekkingskosten van deze turbines extreem hoog zijn, variëren tussen 0.50 €/kWh en 5.00 €/kWh (gebaseerd op een levenscyclus van 15 jaar).

Tabel 23: Kentallen voor windenergie

	Microwind	Wind op land	Wind op dijk	Wind in meer		gemeente
	<< 1 MW	2 - 3 MW	2 - 3 MW	3 - 7.5 MW		
Investering 2015	5200	1350	1530	2600	€/kW	
Investering 2050 (reductie 30%)	3640	945	1071	1820	€/kW	
Vollasturen min.	750	2240	2240	3320	uren/jaar	Zeewolde
Vollasturen gem.	1000	2620	2620	3700	uren/jaar	Almere, Dronten, Lelystad
Vollasturen max.	1250	2850	2850	3930	uren/jaar	Noordoostpolder en Urk
Vaste O&M-kosten	15.3	15,3	15,3	15,3	€/kW	
Variabele O&M-kosten	0,0143	0,0143	0,0143	0,0213	€/kWh	
Jaarlijks onderhoud (min. vollast)	26,0	47,3	47,3	86,0	€/kW	
Jaarlijks onderhoud (gem. vollast)	29,6	52,8	52,8	94,1	€/kW	
Jaarlijks onderhoud (max. vollast)	33,2	56,1	56,1	99,0	€/kW	

Tabel 24: Potentieel Windenergie in Flevoland

	Eenheid	Wind op land (7,5 MW)	Wind in meer (7,5 MW)
Hernieuwbaar	[PJ]	43	93
Investeringskosten	[mln. €]	4.300	12.700
Overige kosten	[mln. €/jaar]	242	656
Ruimtebeslag	[mln. m^2]	306	465

4.3 Zonne-energie

Met zonne-energie is elektriciteit (zon-PV) en warmte (zon-thermisch) te generen. Zon-PV wordt onderverdeel in categorieën: gebouwde omgeving, huishoudens, dienstensector en bedrijventerreinen, zonneweiden en langs infrastructuur. Voor het opwekken van warmte in de gebouwde omgeving (warm tapwater en ruimteverwarming) is zonthermisch een relevante optie.

De ontwikkeling van de technologie en prijsontwikkeling van zon-PV en zon-thermisch is bepaald door gebruik te maken van eerdere studies naar de ontwikkeling van zonne-energie in Nederland voor de Nationale Energieverkenning 2014 en voor de SDE+, aangevuld met andere nationale en internationale bronnen (o.a. EPIA).

In de factsheet '*Analyse van de prestaties van zonnestroomsystemen in Nederland*' onderdeel van het rapport (van Sark, 2012), wordt duidelijk dat de systemen gemiddeld

784 kWh per kWp opleveren (gebaseerd opop 2011). De geanalyseerde systemen zijn gemiddeld genomen goed georiënteerd, met een gemiddelde oriëntatie van 173 graden (180 graden is pal zuid) en een hellingshoek van bijna 30 graden.

Een overzicht staat hieronder afgebeeld, gebaseerd op een theoretische casus met 10 panelen (samen 2450 Wp), doorgerekend op basis van een hellingshoek van 35 graden.

Tabel 25: Jaaropbrengst PV per windrichting (bron: ECN, Zonnefabriek.nl)

	Jaaropbrengst per system [kWh]	Gebruikte kentallen [kWh/kWp]	[kWh/m^2 dakoppervlak]
Zuid	2083	800	104
West	1770	700	91
Oost	1770	700	91
Noord	1250	500	65

De gebruikte getallen voor Flevolandzijn gebaseerd op alle aannames voor Flevoland vormenfactoren die de opbrengst van een PV-systeem beïnvloeden.

Kosten

Op basis van het ECN-gegevens (RESolve, 2014) zijn voor het jaar 2050 de in **Tabel 26** genoemde kosten berekend.[7]

Tabel 26: Kosten zon-PV in 2050

	Eenheid	Huishoudens	Diensten	Zonneweides
Investeringskosten	[€/kWp]	930	520	520
Kosten inverter (vervangen halverwege de levensduur)	[€/kWp]	141	95	95
Vaste O&M	[€/kWp/jaar]	12	7	7
Levensduur	[jaar]	25	25	25

Tabel 27: Potentieel zon-PV

	Eenheid	PV op zuid	PV op Oost	HDO groot	zonneweides
Hernieuwbaar	[PJ]	1	1	3	30
Investeringskosten	[mln. €]	500	500	500	5.200
Overige kosten	[mln. €/jaar]	6	6	7	70
Ruimtebeslag	[mln. m^2]	4	4	8	77

[7] Het betreft inschattingen voor 2050 die gepaard gaan met een grote onzekerheid. De schattingen voor min en max bedragen -10% tot +15%.

4.4 Bio-energie

In de categorie bio-energie onderscheiden we de volgende elementen:
1. Allesvergisting.
2. Vergisting en covergisting van dierlijke mest.
3. Vergisting: productie van elektriciteit en/of warmte en/of biogas/bio-SNG.
4. Biomassavergassing.
5. Biomassaketels.

Voor een studie naar de SDE+ zijn de ontwikkelingen van deze technieken door ECN in kaart gebracht. Per categorie zijn er andere factoren zoals de bottleneck grondstoftoevoer. Daarvan afhankelijk is per categorie gekeken naar het maximale verwacht technisch potentieel dat de techniek in Flevoland kan bereiken.

Het potentieel Biomassa is bepaald door Posad op basis van in Flevoland beschikbare mest en reststoffen die ingezet kunnen in covergisting. Hiermee kan 1,7 PJ aan biogas worden geproduceerd in Flevoland.

Er is niet uitgegaan van specifiek op energiegewassen gerichte teelt. De nu in Flevoland aanwezige houtkachels zijn goed voor 1,3 PJ aan hernieuwbare energie. Hier is verder geen groei verondersteld.

4.5 Geothermie

Diepe geothermie wordt verdeeld over geothermische hoge temperatuurwarmte, geothermische lage temperatuurwarmte en geothermische WKK conform de indeling in de SDE+ rapportage. De mate waarin diepe geothermie uitgerold kan worden in Flevoland, wordt voornamelijk begrensd door de afzetmogelijkheden voor de warmte en de ondergrond.

Tabel 28: Kentallen voor geothermie

	Eenheid	Geothermie
Besparing	[GJ]	-
Hernieuwbaar	[GJ]	237.600,0
Investeringskosten	[€]	18.240.000
Overige kosten	[€/jaar]	1.015.200
Ruimtebeslag	[m^2]	-

4.6 Warmte- en koudeopslag (WKO)

Warmte- en koudeopslag wordt verdeeld in open systemen en gesloten systemen. Warmte- en koude opslag is een techniek die al standaard wordt toegepast in de Dienstensector. Deze techniek is rendabel bij huidige energieprijzen en zal in de toekomst naar verwachting rendabel blijven of de rendabiliteit zal verbeteren. De verdere penetratie van WKO in Flevoland zal voornamelijk gecorreleerd zijn aan nieuw te ontwikkelen gebouwen in de periode tot 2050. In het basispad is al verondersteld dat nieuwbouw energieneutraal zal zijn vanaf 2020. Hierdoor kan er van worden uitgegaan dat alle nieuwbouw in de dienstensector met WKO wordt uitgerust. WKO in bestaande gebouwen is zeer duur en zodoende niet de meest voor de hand liggende keuze van verduurzaaming. Dit houdt in dat er in Flevoland geen rekening wordt gehouden met een extra potentieel voor WKO ten opzichte van het basispad.

5

Scenario Maximale Potentieel

5.1 Maximale energiebesparing

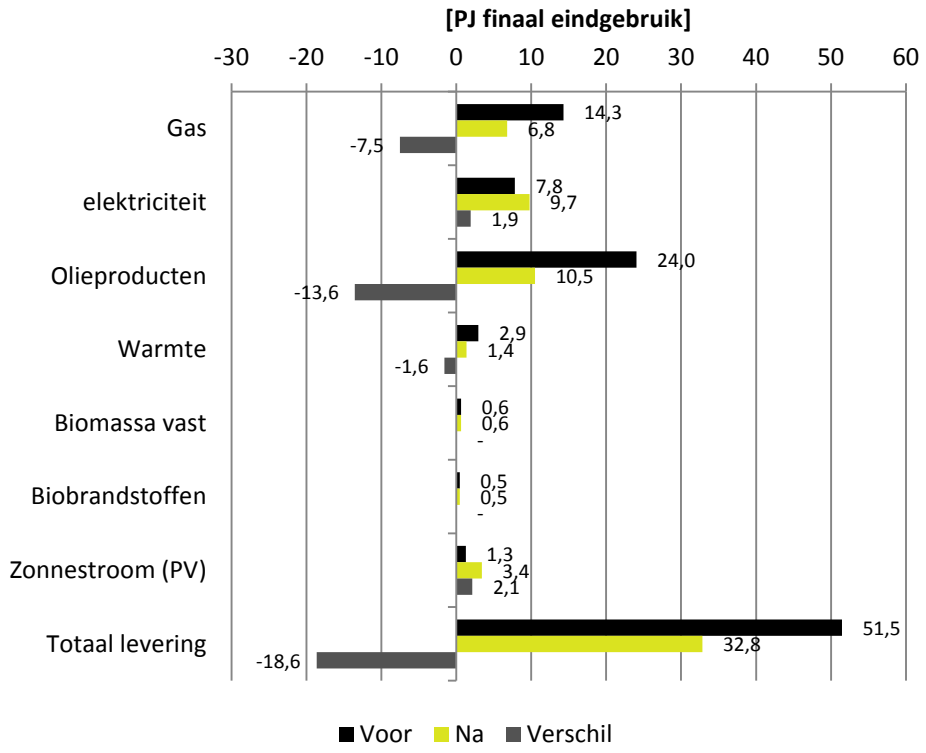
In het scenario met het maximale potentieel voor Flevoland wordt eerst maximaal bespaard in alle sectoren. **Tabel 29** laat zien wat per sector maximaal te besparen is. In de landbouw wordt niet bespaard met WKK, omdat er dan geen geothermie meer toegepast kan worden in die sector. Deze laatste optie levert meer op voor de doelstelling.

Tabel 29: Maximale besparing per sector in 2050

Sector	Maatregel	Maximaal [PJ]
Huishoudens	Energieneutraal	-5,4
	Elektrische apparaten	-0,3
Diensten	TVT 20 jaar	-2,1
Industrie	2% besparing per jaar	-1,2
Transport	Elektrisch vervoer	-9,5
Landbouw	Verlichting + warmtevraagvermindering	-0,2
TOTAAL besparing		-18,6

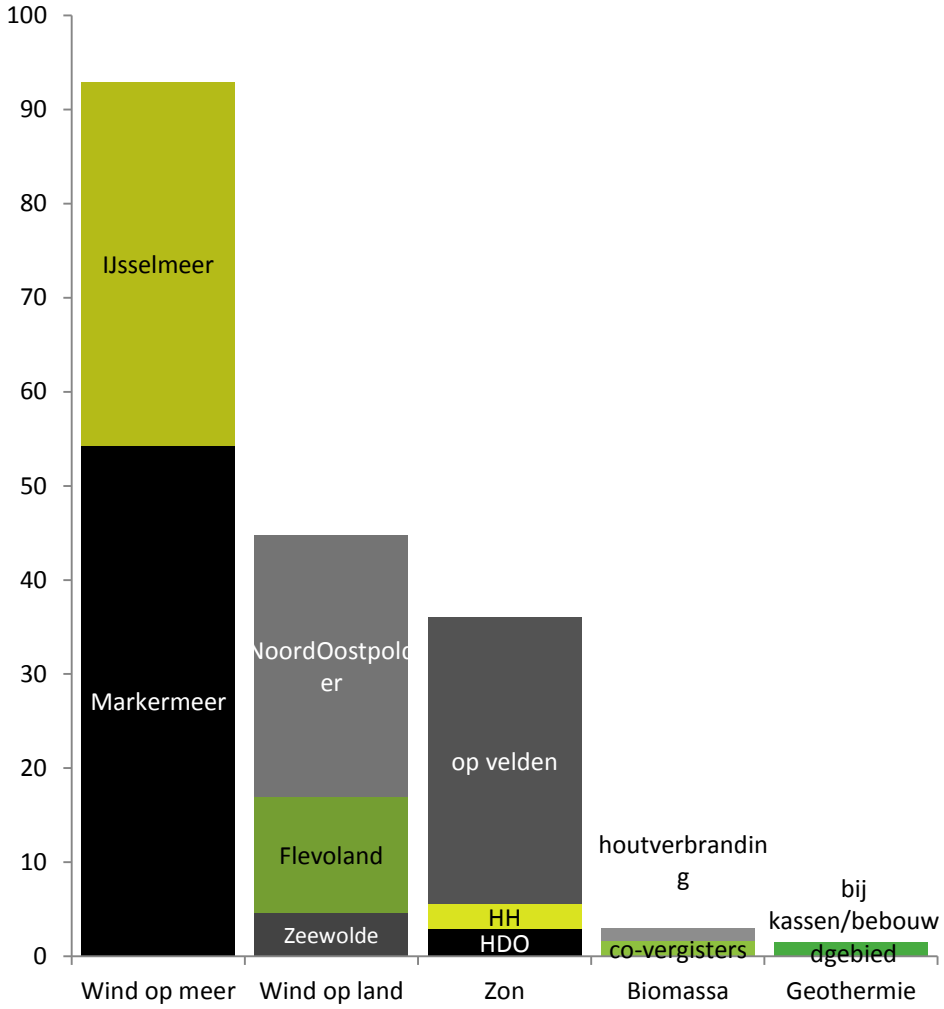
Besparingsopties leiden niet alleen tot minder energiegebruik, maar ook tot verschuiving naar andere energiebronnen. Zo leidt energieneutraal renoveren tot een verschuiving van Aardgas en warmte naar Elektriciteit en Zonnestroom. **Figuur 6** laat alle verschuivingen zien.

Figuur 6: Verschuiving in de toepassing van energiedragers bij maximale besparing



5.2 Maximale hernieuwbare opties

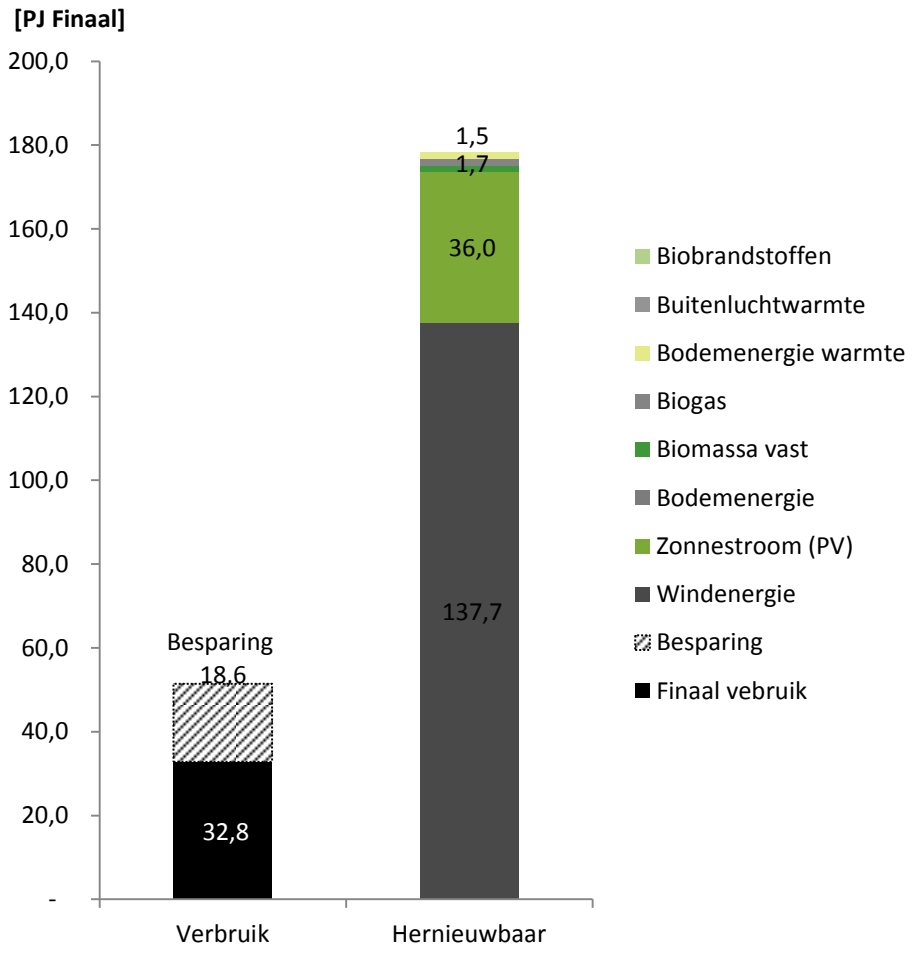
Onderzoeksbureau Posad heeft aan de hand van de in hoofdstuk 4 besproken uitgangspunten in kaart gebracht waar in Flevoland ruimte is voor de toepassing van hernieuwbare energieopties. Gecombineerd met de technische uitgangspunten die eerder besproken zijn levert dit maximale potentiëlen op per techniek. **Figuur 7** laat de potentiëlen zien van de verschillende hernieuwbare opties in Flevoland



5.3 Totaal maximale scenario

Om het maximaal potentieel te bepalen combineren we maximale energiebesparing en maximale hernieuwbare energie opwekking. In **Figuur 8** is weergegeven hoe het maximale potentieel hernieuwbare energie zich verhoudt tot het energiegebruik na besparing. In **Tabel 30** is dit nader gespecificeerd.

Figuur 8: Scenario maximum energiebesparing en hernieuwbare opwekking in 2050



Het potentieel aan hernieuwbare energie is in Flevoland relatief groot en het energieverbruik relatief laag ten op zichten van andere provincies. In totaal is in in het maximale scenario de opgewekte hernieuwbare energie bijna 5 en een half keer zo groot als de gebruikte hoeveelheid energie. Dat betekent dat in dit scenario Flevoland veel hernieuwbare energie exporteert naar andere provincies.

Tabel 30: Opbouw Maximale potentieel

	Effect op verbruik/ hernieuwbaar	Investeringskosten	Directe CO_2-reductie
	[PJ]	[mln. €]	[Mton CO_2-eq]
Verbruik in 2050 zonder opties	51,5		
Energiebesparing			
Woningen	-5,7	13.600	-0,7
Diensten	-2,1	270	-0,1
Industrie	-1,2	15	-0,1
Transport	-9,5	170	-1,0
Landbouw	-0,2	2	-0,0
Totaal besparing	-18,6	14.057	-1,8
Verbruik in 2050 na besparingsopties	32,8		
Hernieuwbaar			
Wind op land	44,8	4.300	
Wind op meer	92,9	12.700	
Zon	36,0	6.700	
Biomassa	3,0		
Geothermie	1,5	114	
Totaal hernieuwbaar	178,2	23.814	
Percentage hernieuwbaar	543%		

6

Scenario Energieneutraal Flevoland

6.1 Inleiding

In hoofdstuk 5 hebben we gezien dat Flevoland veel meer hernieuwbare energie kan opwekken dan het nodig heeft voor eigen verbruik. In dit hoofdstuk kijken we naar scenario's waarbij de hernieuwbare opwek gelijk is aan het verwachte verbruik in 2050. De hoeveelheid mogelijkheden voor een dergelijk scenario zijn eindeloos. In samenspraak met de Provincie en met de partners van Ecorys en Posad is gekozen voor de nadere uitwerking van 2 scenario's:

1. Een economisch optimaal energie neutraal scenario.
2. Een ruimtelijk optimaal scenario.

Deze twee scenario's worden in de volgende 2 paragraven nader besproken.

6.2 Energieneutraal scenario economisch optimum

Bij het bepalen van het economisch optimale scenario is gekeken voor welke opties de maatschappelijke kosten en baten het meest aantrekkelijk zijn. Ecorys heeft hiervoor de in hoofdstuk 3 en 4 besproken bouwstenen voor energiebesparing en hernieuwbare energie nader geanalyseerd op economische maar ook maatschappelijke impact. In **Tabel 31** is een ranglijst weergegeven, waarbij de meest gunstige opties bovenaan staan. Hierbij is Ecorys uitgegaan van het perspectief van Flevoland en de bewoners en bedrijven in Flevoland en niet van het nationale perspectief. Dit houdt bijvoorbeeld in dat derving van energiebelasting als gevolg van energiebesparing gunstig is voor

Flevolandse burger en bedrijven. Nationaal betekent dit dat belastinginkomsten afnemen. Bij de kosten baten analyse is er van uitgegaan dat subsidies zoals de SDE+ regeling niet meer bestaan in 2050.

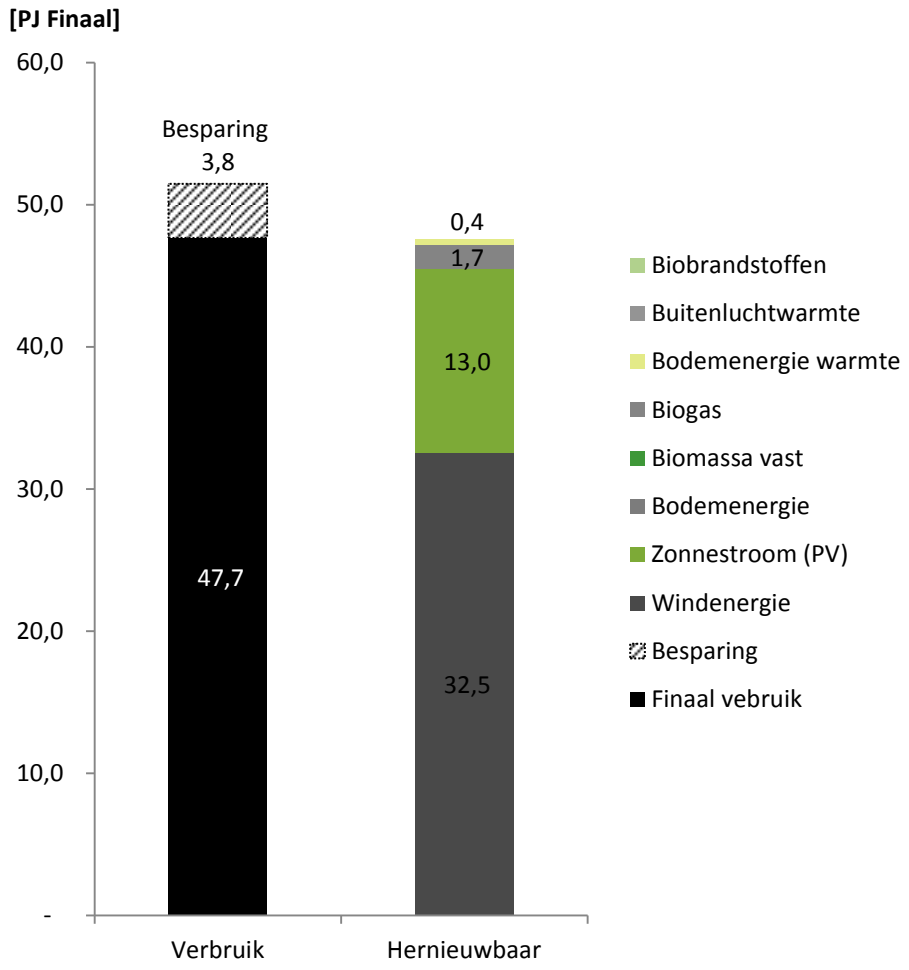
Tabel 31: MKBA Ranglijst besparings- en hernieuwbare opties vanuit Flevolands perspectief (bron: Ecorys) (Groen gunstig, rood ongunstig)

Rang	Businesscase (eindgebruiker)	MKBA (perspectief Flevoland)
1	Zon-PV, woning Zuid	
2	Glastuinbouw, warmtevraagreductie 6 ae	
3	Glastuinbouw, 20% zuinigere verlichting	
4	Glastuinbouw, 10% zuinigere verlichting	
5	Zon-PV, woning Oost	
6	Huishoudens, witgoed	
7	HDO, gas TVT5	
8	Glastuinbouw, WKK	
9	Industrie 1% besparing	
10	Industrie 2% besparing	
11	HDO, gas TVT10	
12	Glastuinbouw, warmtevraagreductie 3 ae	
13	HDO, gas TVT20	
14	Huishoudens, verlichting	
15	Wind op land (Noordoostpolder)	
16	Zon-PV, HDO	
17	Biogas	
18	Wind op land (Flevopolder, excl.Zeewolde)	
19	Geothermie, lage temp. (Luttelgeest)	
20	Zon-PV, zonneakkers (NO-polder)	
21	Geothermie, hoge temp. (Luttelgeest)	
22	Zon-PV, zonneakkers (Flevopolder)	
23	Wind op land (Zeewolde)	
24	Wind op Meer	
25	Elektrisch vervoer	
26	Geothermie, lage temp. (Lelystad)	
27	Zon thermisch	
28	Geothermie, hoge temp. (Lelystad)	
29	Woningen, label B	
30	Woningen, label A	
31	Geothermie, WKK (luttelgeest)	
32	Geothermie, lage temp. (Almere)	
33	Geothermie, hoge temp. (Almere)	

34	Huishoudens, warmtelevering Lelystad	
35	Huishoudens, warmtelevering Almere	
36	Huishoudens, warmtelevering overig	
37	Huishoudens, warmtelevering overig	

In het economisch meest gunstige scenario is, in volgorde van gunstige opties naar ongunstigere opties, invulling geven aan de energievraag in 2050. Hierbij zijn ook energiebesparingsopties meegenomen in de afweging. **Figuur 9** laat zien welke opties toegepast zijn in dit scenario.

Figuur 9: Overzicht energieneutraal economisch optimum scenario 2050



Tabel 32 geeft een specificatie van de gekozen opties inclusief investeringen en directe CO_2-emissiereductie.

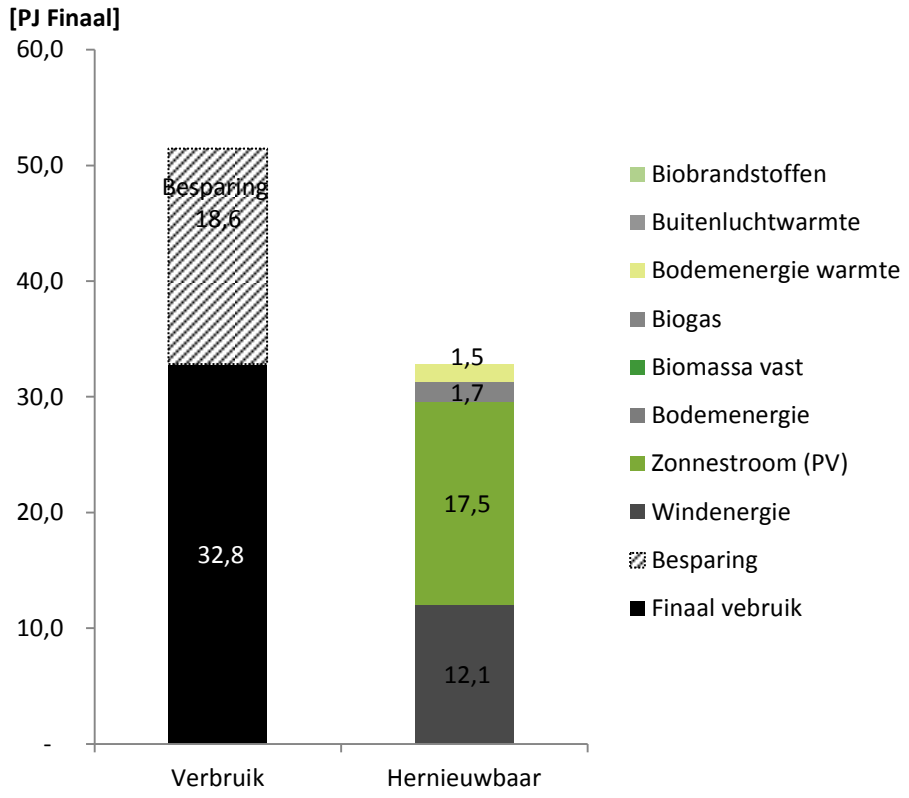
Tabel 32: Opbouw energieneutraal economisch optimum scenario 2050

	Effect op verbruik/ hernieuwbaar	Investeringskosten	Directe CO_2-reductie
	[PJ]	[mln. €]	[MtonCO_2-eq]
Verbruik in 2050 zonder opties	51,5		
Energiebesparing			
Woningen	-0,3	35	-
Diensten	-2,1	270,0	-0,1
Industrie	-1,2	14,6	-0,1
Transport	-		
Landbouw	-0,2	1,9	-0,0
Totaal besparing	**-3,7**	**321**	-0,2
Verbruik in 2050 na besparingsopties	47,7		
Hernieuwbaar			
Wind op land	**32,5**	**3.258**	
Wind op meer	-		
Zon	**13,0**	**2.204**	
Biomassa	2,9		
Geothermie	0,4	30	
Totaal hernieuwbaar	48,8	5.492	
Percentage hernieuwbaar	**102%**		

6.3 Energieneutraal scenario ruimtelijk optimum

In het ruimtelijk optimale scenario is uitgegaan van een zo beperkt mogelijk ruimtebeslag. Waar wel ruimte nodig is, is gekozen voor opties met zo min mogelijk overlast. In dit scenario is maximaal energiebesparing ingezet, omdat dit geen ruimte in neemt. Ook het potentieel voor zonnepanelen op daken worden volledig benut. **Figuur 10** laat de verdeling van de verschillende opties zien. **Tabel 33** geeft een nadere specificering van investeringskosten en emissiereductie.

Figuur 10: Overzicht energieneutraal ruimtelijk optimum 2050



Tabel 33: Opbouw energieneutraal ruimtelijk optimum scenario 2050

	Effect op verbruik/ hernieuwbaar	Investeringskosten	Directe CO_2-reductie
	[PJ]	[mln. €]	[MtonCO_2-eq]
Verbruik in 2050 zonder opties	51,5		
Energiebesparing			
Woningen	-5,7	13.600	-0,7
Diensten	-2,1	270	-0,1
Industrie	-1,2	15	-0,1
Transport	-9,5	170	-1,0
Landbouw	-0,2	2	-0,0
Totaal besparing	-18,6	14.057	-1,8
Verbruik in 2050 na besparingsopties	32,8		
Hernieuwbaar			
Wind op land	4,9	487	
Wind op meer	7,2	983	
Zon	17,5	3.541	
Biomassa	2,9		
Geothermie	1,5	114	
Totaal hernieuwbaar	34,0	5.126	
Percentage hernieuwbaar	104%		

7 Gevoeligheidsanalyse

7.1 Inleiding

In de eerdere hoofdstukken is gekeken naar de potentiëlen voor energiebesparing en hernieuwbare energie in Flevoland in 2050. Om een inschatting te maken voor 2050 zijn uiteraard vele aannames nodig, die vaak een grote mate van onzekerheid kennen. Immers, niemand kan exact voorspellen hoe de wereld er in 2050 uit zal zien. Niettemin is het zinvol om op basis van heldere uitgangspunten scenario's te maken en zo effecten van keuzes inzichtelijk te maken. Scenario's moeten dan ook niet gezien worden als exacte voorspellingen, maar als hulpmiddel om nu goede beleidskeuzes te kunnen maken.

Het is wel van belang om inzicht te hebben in de gevoeligheid van de uitkomsten voor de aannames die gedaan zijn. Hoe sterk verandert de uitkomst als je andere uitgangspunten kiest? Kennis over de robuustheid of juist de gevoeligheid van de uitkomsten voor bepaalde aannames is ook belangrijk om goed lange termijn beleid te kunnen maken.

Dit hoofdstuk bespreekt een aantal belangrijke aannames en hun invloed op de uitkomsten van deze studie. We gaan in op de volgende onderwerpen:

- Mee- of tegenvallende opwekkingsrendementen van hernieuwbare energie.
- Ontwikkelingen (aantal woningen, industrie etc.) in Flevoland tot 2050 anders dan verondersteld.
- Invloed van tijdspad plaatsing hernieuwbare energieopties in de periode tot 2050.
- Status Lelystad Airport (geen uitbreiding, minder vliegbewegingen, meer vliegbewegingen).
- Mogelijkheden energieopslag en smart grids.

7.2 Mee- of tegenvallende rendementen van hernieuwbare energie

In de beschreven potentiëlen is rekening gehouden met toenemende rendementen en dalende kosten voor hernieuwbare energieopties en besparingsopties. Technologisch onderzoek is gericht op het verbeteren van de kosten baten verhouding van hernieuwbare opwekkingstechnieken. Dit kan bereikt worden door een beter rendement van installaties waardoor eenzelfde installatie meer hernieuwbare energie oplevert en/of door de kosten van de techniek naar beneden te brengen. Vooral in de kosten en rendementen van zonnepanelen en windmolens wordt nog veel vooruitgang verwacht.

Zoals eerder beschreven wordt voor windmolens voor de periode 2015 – 2030 in deze studie uitgegaan van een kostendaling van de investeringskosten van 18%. Deze kostenreductie is op een indicatieve manier doorgetrokken naar 2050, waarbij de aanname is dat de kostendaling van 2030 tot 2050 nog eens 30% zal bedragen. Daarnaast is de verwachting dat het vermogen verder zal kunnen toenemen. Op dit moment hebben de grootste windmolens een elektrisch vermogen van 7,5 MW, wat mogelijk tot 2050 toeneemt naar 15 MW. In principe kan dan met een zelfde aantal windmolens een dubbele opbrengst worden gehaald ten opzichte van nu. Maar er moet wel rekening gehouden worden met het ruimtebeslag. Dergelijke grotere molens moeten verder uit elkaar worden gezet.

Netto is de verwachting dat met 15 MW molens er een vermogensdichtheid van 23 MW per vierkante kilometer kan worden gerealiseerd, tegenover 15 MW per kilometer met een 7,5 MW molen.

In de scenario's zijn 7,5 MW windmolens als uitgangspunt gehanteerd zowel op land als op het IJsselmeer. Dit is dus een conservatieve schatting. Als de ontwikkeling naar 15 MW molens daadwerkelijk doorzet dan kan de opbrengst per kilometer dus ruim 50% groter worden. In het maximum scenario betekent dit dat alleen met wind al mogelijk rond de 200 PJ aan hernieuwbare elektriciteit opgewekt zou kunnen worden in 2050.

Voor de energieneutrale scenario's geldt dat minder molens nodig zijn om energieneutraliteit te realiseren. Dit leidt tot lagere kosten en mogelijk minder overlast, hoewel de 15 MW-molens wel hoger zijn.

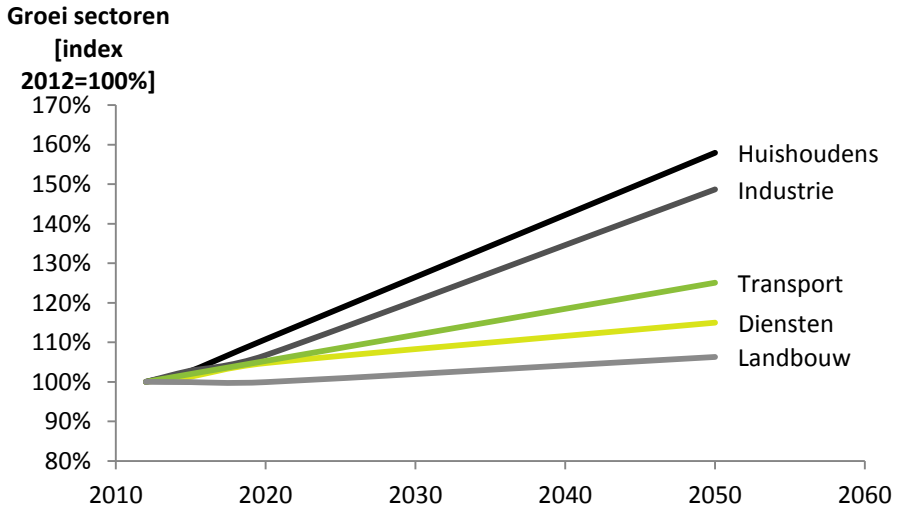
Voor zonne-energie is voor westelijke respectievelijk zuidelijke oriëntatie in de studie uitgegaan van een opbrengst van 700 en 800 kWh per jaar per kWp vermogen. Tien procent meer of minder opbrengst betekent voor Flevoland dat op gebouwen 0,6 PJ meer of minder elektriciteit kan worden opgewekt en dat het potentieel van zonneweides 3,6 PJ meer of minder kan zijn. Ook hier geldt dan dat dit voor energieneutrale scenario's betekent dat er meer of minder velden met zonneweides hoeven te worden geïnstalleerd.

Voor andere hernieuwbare opties is de gevoeligheid van de aannames kleiner dan voor wind en zon, omdat ook de potentiëlen kleiner zijn. Mogelijkheden voor geothermie zijn vooral afhankelijk van de ontwikkeling van de warmtevraag in de gebouwde omgeving en de landbouw (zie ook paragraaf 7.3). Bij Biogas is de onzekerheid relatief groot en vooral afhankelijk van de rentabiliteit van de optie. De hoogte van de aardgasprijs speelt hierbij een belangrijke rol. Ook het aanbod van mest en andere biomassa in de provincie Flevoland is van belang. De 1,7 PJ die nu in het maximale scenario is verondersteld, kan worden gezien als bovengrens. Bij tegenvallende marktomstandigheden zal er geen biogas geproduceerd worden.

7.3 Ontwikkelingen (aantal woningen, industrie etc.) in Flevoland tot 2050 anders dan verondersteld

In de analyses in dit rapport is gebruik gemaakt van een basispad waarin voor de verschillende sectoren veronderstellingen zijn gedaan over de ontwikkelingen tussen nu en 2050. In **Figuur 11** is de veronderstelde groei van de sectoren weergegeven. Deze groei is een belangrijke factor in de toename van de energievraag. (zie ook paragraaf 2.3).

Figuur 11: Veronderstelde ontwikkeling sectoren in periode 2012-2050



Extra of juist minder groei van de sectoren in Flevoland maken dat het energiegebruik in 2050 anders kan uitpakken. Toch is het energiegebruik in 2050 in Flevoland niet erg gevoelig voor de aannames rondom groei. De belangrijkste energievragende sectoren zijn de huishoudens, de diensten en de transportsector. Vooral het aantal huishoudens groeit sterk in Flevoland. Omdat het energiegebruik van deze nieuwe woningen zeer beperkt is in de periode tot 2020, en daarna door Europese wetgeving zelfs naar bijna nul gaat, voegen deze extra woningen weinig toe aan de energievraag. Ook als het

nieuwbouwtempo groter of juist kleiner is dan verwacht, zal dit geen effect hebben, omdat deze woningen toch al bijna energieneutraal zijn. Alleen als de Europese verplichting om nieuwe woningen bijna energieneutraal op te leveren, niet wordt uitgevoerd zal het energiegebruik tot maximaal 2 PJ hoger uitvallen in 2050. Dit betekent dan dat er tot maximaal 2 PJ meer hernieuwbare energie opgewekt moet worden om energieneutraal te worden. Hetzelfde geldt voor gebouwen in de dienstensector. Hier kan het niet uitvoeren van de EU-richtlijn leiden tot een 0,3 PJ hoger energiegebruik. Binnen de dienstensector kunnen grote datacenters wel leiden tot een toename van het elektriciteitsverbruik in Flevoland. Eén groot datacenter kan 0,1 PJ aan elektriciteit verbruiken.

In de transportsector is de onzekerheid groter. Voor de groei van het aantal transportkilometers is de landelijk verwachte trend uit de Nationale energieverkenning aangehouden. Als deze groei in Flevoland bijvoorbeeld 10% hoger of lager uitvalt dan kan dit 0,3 PJ uitmaken. Daarnaast zijn er vele relevante ontwikkelingen in de transportsector. Voor het finaal energiegebruik maakt het veel uit of auto's in de toekomst uitgerust zijn met een verbrandingsmotor, of elektrisch worden aangedreven op accu's of met brandstofcellen met waterstof als brandstof. Een elektrische auto kan tot 60% minder finaal energiegebruik hebben dan een verbrandingsmotor. Elektrisch vervoer is als besparingsoptie in deze studie meegenomen. Als door (inter-)nationale ontwikkelingen de elektrische auto gemeengoed wordt in Flevoland, zal het verbruik met wel 10 PJ kunnen dalen. Tegelijkertijd is dan ook het besparingspotentieel van deze optie niet meer beschikbaar. Voor het maximale scenario compenseren deze twee elkaar.

De sectoren industrie en landbouw hebben in Flevoland een relatief laag energiegebruik. Voor deze sectoren worden in Flevoland geen grote veranderingen verwacht. Als onverhoopt zich wel zware industrie in Flevoland gaat vestigen, dan kan dit een substantieel effect hebben op de energievraag. Hoeveel dit is, hangt uiteraard af van het soort bedrijf en de omvang.

7.4 Invloed tijdspad plaatsing hernieuwbare energie in de periode tot 2050

In de scenario's is uitgegaan van een 'Clean sheet' benadering en een "frozen efficiency'' basispad in Flevoland. In deze theoretische benadering is het mogelijk om in 2050 alle hernieuwbare energieopties, met de dan geldende kwalificaties op de meest gunstige plek neer te zetten. In deze benadering is geen rekening gehouden met belemmeringen die ontstaan door bestaande energietoepassingen en looptijdbeperkingen. Een dergelijk benadering is transparant, maar laat wel bepaalde praktische problemen buiten beschouwing.

Voor wind en zonne-energie geldt dat de technologische ontwikkeling doorgaat. Dit houdt in dat de molens en panelen die 2050 worden neergezet, een beter rendement zullen hebben dan eerder geplaatste technieken. In de praktijk zal een energiepark in

Flevoland in 2050 bestaan uit technieken die in 2050 zijn geplaatst gecombineerd met technieken die in de jaren ervoor zijn neergezet. Voor deze laatste geldt dat deze dus minder geavanceerd zullen zijn. In theorie zal daardoor de hoeveelheid hernieuwbare energie in 2050 lager zijn dan in het maximale scenario is weergeven.

Omdat in de scenario's relatief conservatieve aannames gehanteerd zijn, zal dit verschil niet groot zijn. Zo is voor windmolens gerekend met 7,5 MW molens die nu al beschikbaar zijn (zie paragraaf 7.2). Uitgaande van een levensduur van circa 25 jaar voor een windmolen, betekent dit dat in 2050 alle windmolens vervangen kunnen zijn door dit type windmolens.

Het is echter zeker mogelijk dat er verdere technologische vooruitgang geboekt wordt en dat er mogelijk zelfs windmolens van 15 MW beschikbaar zijn in 2050. 1 windmolen kan dan een dubbele opbrengst genereren. Dit betekent in een energieneutraal scenario dat er minder windmolens nodig zijn en dat er mogelijk ook minder overlast zal zijn. In een maximaal scenario kan er dus veel meer hernieuwbare energie opgewekt worden. Een 15 MW windmolen heeft weliswaar dubbel vermogen, maar zal ook groter zijn waardoor de tussenruimte tussen molens groter zal moeten zijn. In een scenario met 15 MW windmolens zal de netto opbrengst van wind in Flevoland circa 50% groter kunnen zijn.

Belangrijker dan de invloed op de toe te passen techniek is de invloed van bestaande opwekkingstechnieken op de ruimtelijke ordening. Er staan nu al windmolens in Flevoland. Hiervoor is infrastructuur aangelegd. Bovendien zijn omwonenden gewend aan windmolens in de nabije omgeving. Dergelijke bestaande factoren beïnvloeden de locatiekeuze voor nieuwe windmolens in de toekomst. Hoewel in de clean-sheet benadering een bepaalde locatie mogelijk het gunstigste uitpakt, kunnen rekening houdend met de bestaande situatie, andere keuzes aantrekkelijker zijn.

7.5 Status Lelystad Airport (geen uitbreiding, minder vliegbewegingen, meer vliegbewegingen)

Om de groei van het aantal vluchten op te vangen heeft vliegveld Schiphol plannen om in Flevoland een nieuwe terminal te maken. In de Milieueffectrapportage is er van uitgegaan dat in 2050 dit 'filiaal' van Schiphol in 2050 45.000 vliegbewegingen zal faciliteren.[8] Deze plannen kunnen op 2 manieren van invloed zijn op de energiehuishouding van Flevoland.

In de eerste plaats zal het energiegebruik van vliegtuigen meetellen voor het verbruik van Flevoland als geheel. In het protocol hernieuwbare energie worden

[8] Faber, .M. et al. (2014) , Milieueffectrapport Lelystad Airport, Deel 1 Hoofdrapport, http://www.alderstafel.nl/uploads/1/4/1/3/14138220/milieu_effect_rapport_lelystad_airport.pdf

bunkerbrandstoffen voor vliegtuigen (met een landenspecifieke correctie) meegeteld in het bruto finaal gebruik. Als we deze zelfde methodiek toepassen op Flevoland dan betekent dit een extra energiegebruik van 10 PJ. Dit houdt in dat met het vliegveld het energiegebruik in Flevoland bijna 25% hoger is dan zonder het vliegveld.

Tegelijkertijd neemt door het vliegveld het potentieel voor in het bijzonder windenergie af. Het vliegveld neemt zelf ruimte in maar vanwege veiligheidseisen zijn er ook contouren rondom het vliegveld waar geen windmolens geplaatst mogen worden.

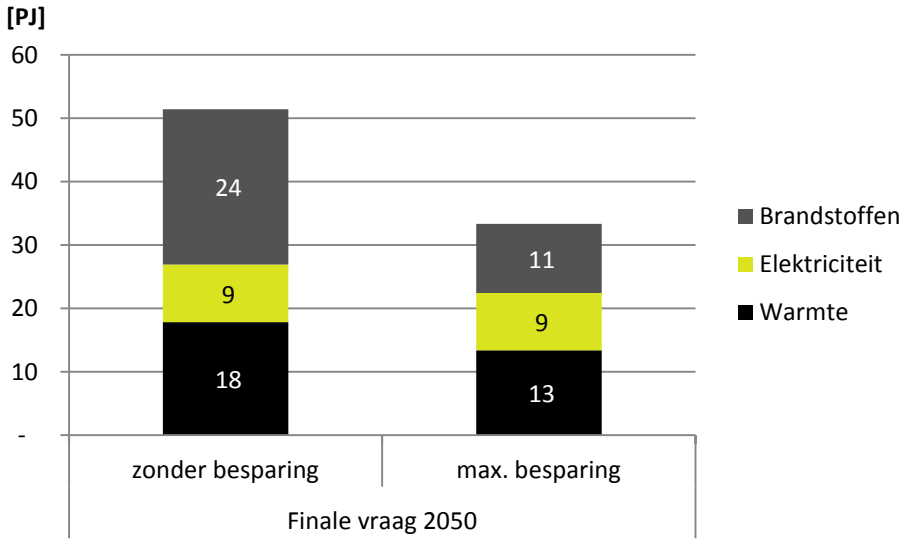
Het verbruik van bunkerbrandstoffen bepaalt een belangrijk deel van het energiegebruik in 2050. Voor de energieneutrale scenario's betekent dit dat zonder vliegveld 25% minder hernieuwbare opwekking nodig is wat dus ook gunstig is voor de kosten en het ruimtebeslag. In het maximale energiescenario snijdt het mes aan twee kanten. Er is minder verbruik, maar daarnaast kan ook veel meer windenergie op land worden gerealiseerd, omdat geen rekening gehouden hoeft te worden met beperkingen door het vliegveld.

7.6 Matchen vraag en aanbod energie en energieopslag

Energieopslag speelt in de in hoofdstuk 5 en 6 beschreven scenario's in principe geen rol. Er is als uitgangspunt gekozen dat er vrijelijk energie geïmporteerd en geëxporteerd kan worden naar en van buiten de provincie. Dit importeren en exporteren vraagt veel van de energie-infrastructuur. Een goede afstemming van vraag en aanbod kan mogelijk kosten besparen.

In **Figuur 12** is de energievraag opgedeeld naar brandstoffen, elektriciteit en warmte. Er worden geen brandstoffen in Flevoland geproduceerd. Bij brandstoffen is de enige mogelijkheid om het verschil tussen vraag en aanbod te verkleinen, het verminderen van de vraag. Dit kan door automobiliteit te elektrificeren. In dat geval blijven vooral de bunkerbrandstoffen voor het vliegveld over. Deze brandstoffen moeten geïmporteerd worden.

Figuur 12: Verdeling energievraag naar Brandstoffen, elektriciteit en Warmte



Ook de warmtevraag kan maximaal verminderd worden door besparing. De restvraag kan duurzaam ingevuld worden. Hier is niet zozeer de import een probleem, maar vooral de gelijktijdigheid van warmtevraag en –aanbod. Bij WKO wordt het overschot aan warmte in de zomer opgeslagen en gebruikt in de winter. Deze techniek is in de scenario's niet besproken. Bij geothermie is het veel eenvoudiger om het aanbod aan te laten sluiten bij de vraag. Deze techniek wordt in alle scenario's toegepast om via warmtenetten woningen en bedrijven te verwarmen.

Het matchen van elektriciteitsvraag en -aanbod is de grootste uitdaging in Flevoland. Als maximaal bespaard wordt op elektriciteit en als auto's elektrisch aangedreven worden, zal de elektriciteitsvraag in 2050 rond de 9 PJ bedragen. Een groot gedeelte van deze vraag kan door (eigen) zonnepanelen op woningen en bedrijven worden opgewekt. Dagelijkse variaties in het aanbod van PV kunnen in een scenario met elektrische auto's in theorie worden opgevangen door de accu's in de auto als opslag te gebruiken. Het is echter wel de vraag of voldoende auto's overdag in de wijken zelf aanwezig zijn om de piek in het aanbod op te vangen. Er worden op dit moment, in het kader van het Energiesprong programma van Platform 31, ook experimenten opgezet om (tweede hands) accu's te gebruiken als wijk-accu om pieken in vraag n aanbod van PV op te kunnen vangen. In het bijzonder op wijkniveau kan dit de kosten van de infrastructuur verminderen.

Het grote aanbod van windenergie in Flevoland is in alle drie scenario's groter dan de elektriciteitsvraag. Export van elektriciteit naar buiten de provincie is dus onvermijdelijk. Accumulatie van de pieken in elektriciteitsaanbod in de netten kan zeker in het maximale scenario een probleem zijn. Er zijn verschillende oplossingsrichtingen denkbaar, opslag, tijdelijk afschakelen (curtailment), netverzwaring, vergroten van interconnectiviteit, Power-to-gas, et cetera. Omdat de energie grotendeels toch niet in Flevoland wordt gebruikt, is opslag in de provincie zelf niet per se noodzakelijk. Het accumuleren van grote hoeveelheden hernieuwbare elektriciteit is een regio-overschrijdend probleem. De optimale oplossing hangt mede af van ontwikkelingen buiten Flevoland, waaronder het aandeel hernieuwbare elektriciteit in de omringende provincies en andere landen. Een goede inschatting van de gevolgen en mogelijke oplossingen is complex en valt buiten het bereik van dit onderzoek.

Referenties

KB 2014
Kamerbrief over de structuurvisie Windenergie op Land van minister Schultz van Haegen (IenM) en minister Kamp (EZ), 31 maart 2014.

TK 2014
Mailwisseling Taco Kuijers, november 2014

Lensink S.M., van Zuijlen C.L., Eindadvies basisbedragen SDE+ 2015, ECN-E--14-035, https://www.ecn.nl/nl/projecten/sde

WWEA, Small wind world report, 2014 update, http://small-wind.org/wp-content/uploads/2014/03/2014_SWWR_summary_web.pdf

Van Sark, *Bronnen en monitoringsinitiatieven*, Eindrapport Stichting Monitoring Zonnestroom, Wilfried van Sark (Universiteit Utrecht), Peter Muizebelt (New-Energy-Works) et al., 31 oktober 2012, http://www.zonnestroomnl.nl/wp-content/uploads/2013/08/Rapport-Bronnen-en-Monitoringsinitiatieven.pdf

Wat brengt uw dak op?, http://www.zonnefabriek.nl/stap-voor-stap/offerte-aanvragen, geraadpleegd december 2014

RESolve-E, ECN database met kosten hernieuwbare technieken, versie 2014

Restwarmtebenutting. Potentiëlen, besparing, alternatieven, Daniëls, B.W.; Wemmers, A.K.; Tigchelaar, C.; Wetzels, W. (2011)

Faber, M. et al. (2014) , Milieueffectrapport Lelystad Airport, Deel 1 Hoofdrapport, http://www.alderstafel.nl/uploads/1/4/1/3/14138220/milieu_effect_rapport_lelystad_airport.pdf

Bijlage A. Energiebalansen Flevoland

Tabel 34: Energiebalans Flevoland 2012

[PJ finaal]	Huishoudens	Diensten	Industrie	Transport	Landbouw	Energie	TOTAAL
Gas	4,7	3,1	1,1	0,0	5,0	-	13,9
Elektriciteit	1,9	3,0	0,8	0,2	0,7	0,3	6,8
Olieproducten	-	-	-	12,3	-	-	12,3
Kolen	-	-	-	-	-	-	-
Warmte	1,6	-	-	-	-	0,5	2,1
Biomassa vast	0,4	-	-	-	-	-	0,4
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Biobrandstoffen	-	-	-	0,3	-	-	0,3
Energielevering	8,7	6,1	1,9	12,8	5,7	0,7	35,9
Windenergie	-	-	-	-	-	4,4	4,4
Waterkracht	-	-	-	-	-	-	-
Zonnestroom (PV)	0,1	-	-	-	-	-	0,1
Bodemenergie	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Biogas	-	-	-	-	-	0,1	0,1
Hernieuwbare elektriciteit	0,1	-	-	-	-	4,5	4,5
Zonnewarmte	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Bodemenergie	-	0,1	-	-	-	-	0,1
Buitenluchtwarmte	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	0,4	-	-	-	-	-	0,4
Biogas	-	-	-	-	-	0,1	0,1
Hernieuwbare warmte	0,4	0,1	-	-	-	0,1	0,6

Totaal energiegebruik	8,7	6,1	1,9	12,8	5,7	0,7	35,9
Totaal hernieuwbaar	0,5	0,1	-	0,3	-	4,6	5,5
						Percentage hernieuwbaar:	15%

Tabel 35: Energiebalans Flevoland 2015

[PJ finaal]	Huishoudens	Diensten	Industrie	Transport	Landbouw	Energie	TOTAAL
Gas	4,8	2,9	1,1	0,0	5,0	-	13,8
Elektriciteit	1,7	3,1	0,8	0,2	0,7	0,3	6,7
Olieproducten	-	-	-	11,8	-	-	11,8
Kolen	-	-	-	-	-	-	-
Warmte	1,6	-	-	-	-	0,5	2,1
Biomassa vast	0,4	-	-	-	-	-	0,4
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Biobrandstoffen	-	-	-	0,6	-	-	0,6
Energielevering	8,5	6,0	1,9	12,6	5,7	0,7	35,4
Windenergie	-	-	-	-	-	6,6	6,6
Waterkracht	-	-	-	-	-	-	-
Zonnestroom (PV)	0,2	-	-	-	-	-	0,2
Bodemenergie	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	-	-	-	-	-	2,0	2,0
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Hernieuwbare elektriciteit	0,2	-	-	-	-	8,6	8,7
Zonnewarmte	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Bodemenergie	-	0,1	-	-	-	0,1	0,1
Buitenluchtwarmte	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	0,4	-	-	-	-	-	0,4
Biogas	-	-	-	-	-	0,7	0,7
Hernieuwbare warmte	0,4	0,1	-	-	-	0,7	1,2

Totaal energiegebruik	8,7	6,0	1,9	12,6	5,7	0,7	35,5
Totaal hernieuwbaar	0,6	0,1	-	0,6	-	9,3	10,5
						Percentage hernieuwbaar:	30%

Tabel 36: Energiebalans Flevoland 2020

[PJ finaal]	Huishoudens	Diensten	Industrie	Transport	Landbouw	Energie	TOTAAL
Gas	4,6	2,8	1,1	0,1	5,0	-	13,6
Elektriciteit	1,4	3,0	0,8	0,2	0,7	0,3	6,3
Olieproducten	-	-	-	11,2	-	-	11,2
Kolen	-	-	-	-	-	-	-
Warmte	1,6	-	-	-	-	0,5	2,1
Biomassa vast	0,4	-	-	-	-	-	0,4
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Biobrandstoffen	-	-	-	0,9	-	-	0,9
Energielevering	8,0	5,8	1,9	12,4	5,7	0,7	34,5
Windenergie	-	-	-	-	-	10,3	10,3
Waterkracht	-	-	-	-	-	-	-
Zonnestroom (PV)	0,6	-	-	-	-	-	0,6
Bodemenergie	-	-	-	-	-	0,4	0,4
Biomassa vast	-	-	-	-	-	2,7	2,7
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Hernieuwbare elektriciteit	0,6	-	-	-	-	13,4	14,0
Zonnewarmte	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Bodemenergie	-	0,1	-	-	-	1,0	1,1
Buitenluchtwarmte	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	0,4	-	-	-	-	-	0,4
Biogas	-	-	-	-	-	0,7	0,7
Hernieuwbare warmte	0,4	0,1	-	-	-	1,6	2,2

Totaal energiegebruik	8,6	5,8	1,9	12,4	5,7	0,7	35,1
Totaal hernieuwbaar	1,0	0,1	-	0,9	-	15,1	17,1
						Percentage hernieuwbaar:	49%

Tabel 37: Energiebalans Flevoland 2050 (Frozen efficiency)

[PJ finaal]	Huishoudens	Diensten	Industrie	Transport	Landbouw	Energie	TOTAAL
Gas	4,6	2,8	1,5	0,1	5,3	-	14,3
Elektriciteit	2,2	3,3	1,1	0,2	0,7	0,3	7,8
Olieproducten	-	-	-	24,0	-	-	24,0
Kolen	-	-	-	-	-	-	-
Warmte	2,3	-	-	-	-	0,7	2,9
Biomassa vast	0,6	-	-	-	-	-	0,6
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Biobrandstoffen	-	-	-	0,5	-	-	0,5
Energielevering	9,7	6,1	2,6	24,8	6,0	1,0	50,2
Windenergie	-	-	-	-	-	10,3	10,3
Waterkracht	-	-	-	-	-	-	-
Zonnestroom (PV)	1,3	0,0	-	-	-	-	1,3
Bodemenergie	-	-	-	-	-	0,4	0,4
Biomassa vast	-	-	-	-	-	2,7	2,7
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Hernieuwbare elektriciteit	1,3	0,0	-	-	-	13,4	14,7
Zonnewarmte	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Bodemenergie	-	0,1	-	-	-	1,0	1,0
Buitenluchtwarmte	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	0,6	-	-	-	-	-	0,6
Biogas	-	-	-	-	-	0,7	0,7
Hernieuwbare warmte	0,6	0,1	-	-	-	1,6	2,3

Totaal energiegebruik	10,9	6,1	2,6	24,8	6,0	1,0	51,5
Totaal hernieuwbaar	1,9	0,1	-	0,5	-	15,1	17,5
						Percentage hernieuwbaar:	34%

Tabel 38: Energiebalans Flevoland 2050 (maximaal Potentieel)

[PJ finaal]	Huishoudens	Diensten	Industrie	Transport	Landbouw	Energie	TOTAAL
Gas	-	1,1	0,5	0,1	5,1	-	6,8
Elektriciteit	0,5	2,9	0,9	4,4	0,7	0,3	9,7
Olieproducten	-	-	-	10,9	-	-	10,9
Kolen	-	-	-	-	-	-	-
Warmte	0,7	-	-	-	-	0,7	1,4
Biomassa vast	1,3	-	-	-	-	-	1,3
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Biobrandstoffen	-	-	-	-	-	-	-
Energielevering	2,5	4,0	1,4	15,3	5,9	1,0	30,1
Windenergie	-	-	-	-	-	137,7	137,7
Waterkracht	-	-	-	-	-	-	-
Zonnestroom (PV)	2,6	2,9	-	-	-	30,5	36,0
Bodemenergie	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	-	-	-	-	-	-	-
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Hernieuwbare elektriciteit	2,6	2,9	-	-	-	168,1	173,7
Zonnewarmte	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Bodemenergie	-	0,1	-	-	-	1,4	1,5
Buitenluchtwarmte	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	1,3	-	-	-	-	-	1,3
Biogas	-	-	-	-	-	1,7	1,7
Hernieuwbare warmte	1,3	0,1	-	-	-	3,1	4,5

Totaal energiegebruik	5,14	4,01	1,44	15,34	5,87	0,96	32,76
Totaal hernieuwbaar	3,9	3,0	-	-	-	171,3	178,2
						Percentage hernieuwbaar:	544%

Tabel 39: Energiebalans Flevoland 2050 (energieneutraal Economisch optimaal)

[PJ finaal]	Huishoudens	Diensten	Industrie	Transport	Landbouw	Energie	TOTAAL
Gas	4,6	1,1	0,5	0,1	5,1	-	11,4
Elektriciteit	1,9	2,9	0,9	0,2	0,7	0,3	7,0
Olieproducten	-	-	-	24,0	-	-	24,0
Kolen	-	-	-	-	-	-	-
Warmte	0,7	-	-	-	-	0,7	1,4
Biomassa vast	1,3	-	-	-	-	-	1,3
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Biobrandstoffen	-	-	-	-	-	-	-
Energielevering	8,4	4,0	1,4	24,3	5,9	1,0	45,0
Windenergie	-	-	-	-	-	32,5	32,5
Waterkracht	-	-	-	-	-	-	-
Zonnestroom (PV)	2,6	2,9	-	-	-	7,4	13,0
Bodemenergie	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	-	-	-	-	-	-	-
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Hernieuwbare elektriciteit	2,6	2,9	-	-	-	39,9	45,5
Zonnewarmte	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Bodemenergie	-	0,1	-	-	-	0,3	0,4
Buitenluchtwarmte	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	1,3	-	-	-	-	-	1,3
Biogas	-	-	-	-	-	1,7	1,7
Hernieuwbare warmte	1,3	0,1	-	-	-	2,0	3,3

Totaal energiegebruik	11,1	4,0	1,4	24,3	5,9	1,0	47,7
Totaal hernieuwbaar	3,9	3,0	-	-	-	41,9	48,8
						Percentage hernieuwbaar:	102%

Tabel 40: Energiebalans Flevoland 2050 (energieneutraal ruimtelijk optimaal)

[PJ finaal]	Huishoudens	Diensten	Industrie	Transport	Landbouw	Energie	TOTAAL
Gas	-	1,1	0,5	0,1	5,1	-	6,8
Elektriciteit	0,5	2,9	0,9	4,4	0,7	0,3	9,7
Olieproducten	-	-	-	10,9	-	-	10,9
Kolen	-	-	-	-	-	-	-
Warmte	0,7	-	-	-	-	0,7	1,4
Biomassa vast	1,3	-	-	-	-	-	1,3
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Biobrandstoffen	-	-	-	-	-	-	-
Energielevering	2,5	4,0	1,4	15,3	5,9	1,0	30,1
Windenergie	-	-	-	-	-	12,1	12,1
Waterkracht	-	-	-	-	-	-	-
Zonnestroom (PV)	2,6	2,9	-	-	-	12,0	17,5
Bodemenergie	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	-	-	-	-	-	-	-
Biogas	-	-	-	-	-	-	-
Hernieuwbare elektriciteit	2,6	2,9	-	-	-	24,0	29,6
Zonnewarmte	-	-	-	-	-	0,0	0,0
Bodemenergie	-	0,1	-	-	-	1,4	1,5
Buitenluchtwarmte	-	-	-	-	-	-	-
Biomassa vast	1,3	-	-	-	-	-	1,3
Biogas	-	-	-	-	-	1,7	1,7
Hernieuwbare warmte	1,3	0,1	-	-	-	3,1	4,5

Totaal energiegebruik	5,14	4,01	1,44	15,34	5,87	0,96	32,8
Totaal hernieuwbaar	3,9	3,0	-	-	-	27,1	34,1
						Percentage hernieuwbaar:	104%

ECN
Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 ZG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl