

Perspectieven op een volledig hernieuwbare energievoorziening in Noord-Holland

Gerdes, J.
Schoots, K.

Juli 2016
ECN-E--16-018



“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

1	Inleiding	5
2	De methodiek voor invulling van toekomstperspectieven	9
2.1	Analyse van energieverbruik per sector	10
2.2	Een eerste invulling door minimalisering van ruimtebeslag of kosten	15
2.3	Een gedeeltelijke invulling op basis van “no regret”-opties	19
2.4	Aansluiting energiedragers op toepassing	21
3	Mogelijkheden voor invulling van de resterende vraag	23
4	Samenvatting en conclusies	28
4.1	Doel en aanpak	28
4.2	Conclusies en beleidsafwegingen	31

1

Inleiding

Het huidige Nederlandse energiebeleid is gericht op een schone, betrouwbare en betaalbare energievoorziening op lange termijn. Voortgang bij de inzet van hernieuwbare energie is feitelijk een gedeelde verantwoordelijkheid tussen het Rijk en de Provincie. Financiële ondersteuning van de uitrol van hernieuwbare energietechnologie is primair een verantwoordelijkheid van het Rijk. Voor de Provincie ligt het voornaamste handelingsperspectief in de ruimtelijke aspecten van hernieuwbare energie. Op het gebied van CO₂-reductie zijn de directe mogelijkheden van de Provincie beperkt en worden doelen voornamelijk gerealiseerd door middel van nationaal en Europees beleid. Om deze redenen is gekozen om deze studie primair te richten op productiemiddelen van hernieuwbare energie.

Dit rapport schetst een aantal toekomstperspectieven voor een volledig hernieuwbare invulling van de Noord-Hollandse energievraag in 2050. Het is een vervolg op het rapport “De ruimtelijke effecten van de energietransitie in Noord-Holland”¹.

Nationale en internationale doelstellingen voor hernieuwbare energie

Voor 2020 is er in Nederland een Europees en nationaal doel voor het aandeel hernieuwbare energie van 14% in de totale energievoorziening en voor 2023 een nationaal doel van 16%. In 2015 lag het aandeel hernieuwbare energie in Nederland op 5,8% van de totale energievoorziening. De Europese Commissie heeft doelen voor 2030 voorgesteld van 40% reductie van broeikasgasemissies ten opzichte van 1990, een aandeel hernieuwbare energie van 27% en een energiebesparing van 27% ten opzichte van het basisscenario en voor de Europese Unie als geheel². Er zijn voor 2030 geen nationale doelen afgesproken.

Voor de periode tot 2050 zijn er vooralsnog geen *concrete* nationale en Europese doelen. Nederland heeft zich, in aansluiting op de EU, voor 2050 voorgenomen de uitstoot van broeikasgasemissies met 80 tot 95% te reduceren ten opzichte van 1990³. Vanwege de lange doorlooptijd van veranderingen in de energievoorziening, worden er

¹ De ruimtelijke effecten van de energietransitie in Noord-Holland, ECN oktober 2015, publicatienr. ECN-E--15-059

² <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2030-energy-strategy>

³ Energierapport Transitie naar duurzaam, Ministerie van Economische Zaken, 2016

stappen gezet om de verandering van de energievoorziening voor de periode tot 2050 verder vorm te geven. De Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) heeft in 2015 een advies uitgebracht over het pad naar een volledig duurzame energievoorziening in 2050⁴. De Rijksoverheid is door middel van een Energiedialoog³ de maatschappelijke discussie begonnen over de vormgeving van een duurzame energievoorziening in 2050.

“De ruimtelijke effecten van de energietransitie in Noord-Holland” uit 2015

Het doel van het onderzoek uit 2015 was het bepalen van de potentiën van alle voor Noord-Holland relevante hernieuwbare energietechnologieën, te onderzoeken of het energieverbruik van Noord-Holland volledig met hernieuwbare energie in te vullen zou zijn en met hoeveel ruimtebeslag en kosten dat gepaard zou gaan. Het rapport bij deze studie bevat een overzicht van de potentiën, ruimtebeslag en kosten per hernieuwbare optie.

Bij het energieverbruik is alleen het verbruik in de eindverbruikssectoren zoals huishoudens, industrie en transport meegenomen, en niet het verbruik van elektriciteitscentrales, internationaal vlieg- en scheepvaartverkeer en het non-energetisch verbruik in de industrie. Er is niet alleen gekeken naar het energieverbruik in een *business-as-usual* scenario, maar ook naar het energieverbruik na maximale inzet van besparingsmaatregelen.

In het onderzoek uit 2015 is alleen rekening gehouden met wettelijke kaders rond het ruimtebeslag van de genoemde hernieuwbare energietechnologieën. Zo zijn voor windenergie de minimale wettelijke afstand tot bebouwing en de benodigde tussenruimte tussen de turbines gehanteerd voor de bepaling van het maximale potentieel.

De hoofdconclusie van het onderzoek uit 2015 was dat het potentieel voor de hoeveelheid hernieuwbare energie uit Noord-Holland zelf de energievraag ver overtreft. Bij het vigerende provinciale beleid zal dit potentieel echter niet volledig gerealiseerd kunnen worden. Met het potentieel van geïmporteerde vaste en vloeibare biobrandstoffen neemt dit nog verder toe.

Deze studie

Bij het in kaart brengen van het potentieel voor hernieuwbare energie in Noord-Holland is in het rapport uit 2015 nog geen rekening gehouden met randvoorwaarden die het potentieel per hernieuwbare energiebron in de praktijk zullen inperken. Er is ook geen onderscheid gemaakt tussen verschillende energiedragers, dat wil zeggen hernieuwbare invulling van de vraag naar elektriciteit, warmte en transportbrandstoffen. Met name de vraag naar hoge temperatuur warmte (van meer dan 140°C) en transportbrandstoffen voor vrachtverkeer kan alleen direct met brandstoffen worden ingevuld. In dit rapport brengen we nadere verdieping aan door rekening te houden met verdere ruimtelijke beperkingen op het potentieel van duurzame energietechnologieën in Noord Holland en houden we tevens rekening met de energievraag in de verschillende sectoren en per energiedrager.

⁴ Rijk zonder CO₂ : Naar een duurzame energievoorziening in 2050, Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2015.

Het doel van deze studie is, ter ondersteuning van de beleidsvorming in Noord-Holland, aan te geven wat de mogelijkheden en consequenties zijn uitgaande van een ruimtelijk of kostenoptimale hernieuwbare invulling van de Noord-Hollandse energievraag. Het doel is niet om een exacte invulling van de energievoorziening in 2050 vast te stellen; de ontwikkelingen van de technische mogelijkheden, beleidskeuzes en andere ontwikkelingen binnen en buiten het energiesysteem⁵ in de tijd tot 2050 zijn daarvoor te onzeker.

Dit rapport schetst een aantal perspectieven op de mogelijke richtingen waarin het energiesysteem zich in de periode tot 2050 kan ontwikkelen als de energievoorziening geheel hernieuwbaar zou worden ingevuld. We richten ons daarbij op het totale energievraag van de provincie met uitzondering van brandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart, verbruik van brandstoffen als grondstof (het zogenaamde non-energetisch verbruik) en brandstof voor elektriciteitscentrales. Bij alle perspectieven koppelen we de potentiële voor hernieuwbare energie in Noord-Holland aan het scenario voor de ontwikkeling van de energievraag uit de eerdere studie waarbij maximaal wordt ingezet op energiebesparing⁶. De perspectieven vormen geen uitputtende set van mogelijkheden; er zijn legio (tussen)varianten mogelijk. De toekomstperspectieven worden gebruikt bij de verdere uitwerking van het beleid en om binnen de provincie maar ook met het Rijk in gesprek te gaan.

De vormgeving van de perspectieven heeft plaatsgevonden in nauwe samenwerking met de Provincie Noord-Holland. Daartoe zijn er tijdens het project twee workshops georganiseerd. De eerste workshop betrof het vaststellen van drie extreme perspectieven en de inhoudelijke randvoorwaarden voor verdere uitwerking van die perspectieven, de tweede workshop de uitwerking en verdere detaillering van de definitieve perspectieven en de vormgeving van de rapportage.

De inzet op een hernieuwbare energievoorziening heeft onder andere als achterliggend doel om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen en daardoor de klimaatverandering te beperken. Emissiereductie kan ook worden bereikt door de inzet van ondergrondse CO₂-opslag (CCS) of kernenergie (waaronder thoriumcentrales vallen). Deze opties blijven in deze studie buiten beschouwing omdat we ons richten op de invulling van de energievraag met hernieuwbare energie. CCS en kernenergie vallen daar beide niet onder. Van thoriumcentrales wordt bovendien niet verwacht dat die op tijd beschikbaar zullen zijn om in 2050 een significante bijdrage aan de emissiereductiedoelen te kunnen leveren. Een verdere beperking van deze studie is dat we niet kijken naar de geografische locatie van vraag en aanbod. Met name voor warmtelevering is de nabijheid van vraag en aanbod een belangrijke factor, net als voor de netverzwaren bij elektriciteit.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de energievraag voor verschillende soorten toepassing per sector beschreven, en daarna wordt die vraag in een eerste stap op twee manieren ingevuld door de kosten te minimaliseren of door het ruimtegebruik te minimaliseren. Op basis

⁵ Het energiesysteem omvat alles dat te maken heeft met de productie, levering en verbruik van energie voor (economische) activiteiten.

⁶ Het aannemen van dit scenario herbergt al een keuze voor een sterkere (beleids-)inspanning op besparing dan momenteel het geval is.

van de overeenkomsten tussen deze twee benaderingen wordt een gedeeltelijke invulling van de vraag opgesteld die zowel qua kosten als ruimtelijk optimaal is. Hoofdstuk 3 richt zich op manieren om de overblijvende energievraag in te vullen. Hoofdstuk 4 bevat de conclusie en bespreekt de beleidsvraagstukken die om een antwoord vragen om de energievoorziening volledig hernieuwbaar te kunnen invullen.

2

De methodiek voor invulling van toekomstperspectieven

De perspectieven gericht op een volledige invulling van het energieverbruik met hernieuwbare energie zijn tot stand gekomen via een aantal tussenstappen:

1. Als eerste stap stellen we de energievraag vast voor de sectoren Huishoudens, Diensten, Industrie, Transport en Landbouw. We maken daarbij onderscheid tussen de energiedragers elektriciteit, lage-temperatuur warmte (tot 140 °C), industriële warmte (voor een groot deel warmte met hoge temperatuur van meer dan 140 °C) en transportbrandstoffen. Samen vormen deze sectoren de totale Noord-Hollandse vraag naar energie⁷.
2. Als tweede stap is de energievraag ingevuld met drie extreme perspectieven. Uitgaande van een energieverbruik met en zonder vergaande besparingsmaatregelen, zijn hernieuwbare energiebronnen geselecteerd door óf alleen het daarmee gepaard gaande ruimtegebruik te minimaliseren, óf alleen de kosten te minimaliseren. Deze extremen geven een eerste beeld van welke duurzame energie-opties een minimaal ruimtelijk beslag leggen, dan wel het meest kosteneffectief zijn. De totaalbeelden uit deze extremen zullen in de praktijk echter niet gerealiseerd worden.
3. Als derde stap is gekeken naar welke hernieuwbare opties in alle drie de extreme perspectieven voorkomen. Die opties zijn opgenomen in een zogenaamd “*no regret*”-perspectief dat niet het gehele verbruik, maar ruim de helft van het energieverbruik dekt. De energietechnologieën in het *no regret* perspectief zijn zowel kostentechnisch als ruimtelijk optimaal.
4. In de vierde stap onderzoeken we hoe de nog overblijvende vraag kan worden ingevuld. We kijken daarbij opnieuw naar het ermee gepaard gaande ruimtegebruik en kosten.

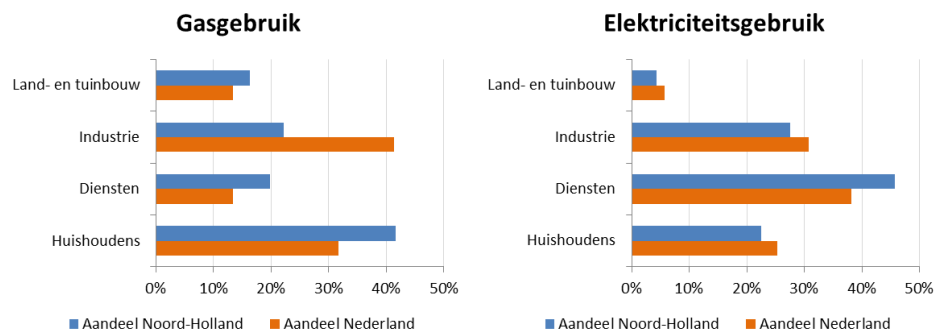
Doordat in verschillende sectoren energie voor verschillende doeleinden wordt ingezet, wordt bij de selectie van hernieuwbare energiebronnen naast het ruimtegebruik en de kosten rekening gehouden met randvoorwaarden die te maken hebben met de omvang van het soort toepassing van de energie: warmte met lage temperatuur, warmte met

⁷ uitgezonderd brandstof voor internationale lucht- en scheepvaart, non energetisch gebruik energie en brandstof voor elektriciteitscentrales (zie eerder)

hoge temperatuur, elektriciteit en transportbrandstoffen⁸. Deze indeling sluit aan op het rapport “Rijk zonder CO₂” van de Rli⁴. We zijn er van uitgegaan dat het warmtegebruik in de industrie en transportbrandstoffen voor vrachtverkeer gedekt moeten worden met vormen van hernieuwbare energie die hiervoor direct geschikt zijn, dat wil zeggen vooral vaste en vloeibare biobrandstoffen. Er kan wel uitwisseling plaatsvinden van elektriciteit naar warmte waardoor een overschot aan elektriciteit kan worden ingezet om warmte met lage temperatuur op te wekken. In dit en het volgende hoofdstuk zal dieper op de beschreven deelstappen en toepassingsgebieden worden ingegaan.

2.1 Analyse van energieverbruik per sector

Doordat de relatieve omvang van de sectoren in Noord-Holland afwijkt van die in Nederland als geheel, wijkt ook de verdeling van het verbruik over de sectoren in Noord-Holland af van die voor Nederland. Het aandeel van het gasverbruik voor warmte met lage temperatuur in de huishoudens en de dienstensector is in Noord-Holland groter door de relatief hoge huishoudensdichtheid, en het aandeel van het gasverbruik voor warmte in de industrie veel lager dan voor Nederland gemiddeld. Dit komt doordat de samenstelling van de industriesector afwijkt van het Nederlands gemiddelde. Bij elektriciteit zijn de afwijkingen kleiner, en is het voornaamste verschil het relatief hoge elektriciteitsverbruik in de (relatief grotere) dienstensector. Deze aandelen zijn afgebeeld in Figuur 1. Het aandeel van Noord-Holland in het energiegebruik voor transport is vrijwel gelijk aan dat voor Nederland als geheel.



Figuur 1 – Gasverbruik voor warmte en elektriciteitsverbruik in Noord-Holland vergeleken met Nederland (bron: Klimaatmonitor)

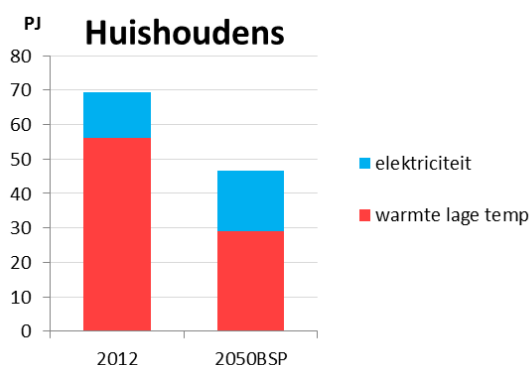
Bij de invulling van het verbruik met hernieuwbare energie wordt uitgegaan van het scenario waarbij in 2050 maximaal is ingezet op energiebesparing. Het *business as usual*-verbruik zonder besparing zou hoger zijn uitgekomen door volumegroei in de sectoren door bijvoorbeeld groei van het aantal woningen, van de productie in de industrie en van het aantal afgelegde transportkilometers. Door maximaal op energiebesparing in te zetten hoeft veel minder hernieuwbare energie te worden opgewekt, wat scheelt in zowel de benodigde ruimte als de investeringen voor duurzame energieproductie. Hierna is beschreven wat de aannamen zijn voor de groei van de activiteiten per sector, wat de besparingsmaatregelen per sector zijn en hoe

⁸ Bij de import van vaste biomassa is er van uitgegaan dat die wordt ingezet voor warmte met hoge temperatuur

hoog het energieverbruik per toepassing wordt ingeschat als maximaal op energiebesparing wordt ingezet.

Energietoepassingen bij de huishoudens

De energievoorziening voor huishoudens bestaat voornamelijk uit lage temperatuur warmte voor ruimteverwarming en elektriciteit voor verlichting en elektrische apparaten. De groei van het aantal huishoudens is geschat op basis van cijfers uit de Primos-prognose van ABF Research t/m 2040, waarbij voor 2050 is geëxtrapoleerd. Dit levert 1,5 miljoen huishoudens in 2050 op. Zonder energiebesparing zou de toename van het aantal huishoudens betekenen dat het energiegebruik van de sector huishoudens zou stijgen, maar door stevige besparingsmaatregelen aan te nemen neemt het energieverbruik toch af. Dit is in Figuur 2 te zien als het verbruik bij 2050BSP. Bij de huishoudens is er van uitgegaan dat alle woningen minstens energielabel A+ hebben. Woningen zullen veel beter geïsoleerd zijn. Door de betere isolatie is er minder behoefte aan energie voor ruimteverwarming. De Provincie kan hier een rol spelen via de Regionale Actieprogramma's Woningbouw en afspraken met de bouwsector en woning corporaties. Ook is er bespaard op het elektriciteitsverbruik door zuiniger apparaten en verlichting. Warmtepompen zijn een aantrekkelijke verwarmingsmethode voor goed geïsoleerde woningen. Het elektriciteitsverbruik zal dan ook toenemen door meer verwarming door middel van elektrische warmtepompen. Bij huishoudens betreft de warmtevraag lage-temperatuur-warmte. Hernieuwbare energie die binnen de sector kan worden opgewekt is elektriciteit uit zon en warm water uit zon-thermische systemen. In Figuur 2 is de ontwikkeling van het verbruik afgebeeld.

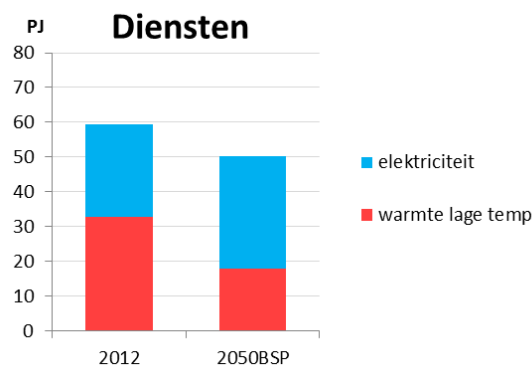


Figuur 2 – Ontwikkeling van het energieverbruik per type in huishoudens

Energietoepassingen in de dienstensector

De verbruikstoepassing van de dienstensector lijkt op dat van de huishoudens. Het verbruik van elektriciteit is in verhouding hoger. In de dienstensector is het totaal vloeroppervlak van gebouwen als maat voor het energiegebruik gebruikt. De groei van het vloeroppervlak van diensten volgt de groei in het landelijk beeld dat in de Nationale Energieverkenning uit 2014 is gebruikt, met een extrapolatie tot 2050. Dat leidt tot een groei van het vloeroppervlak van 57 miljoen m² in 2012 tot 71 miljoen m² in 2050. Zonder energiebesparing zou dit leiden tot een meegroeiend energieverbruik, maar door aan te nemen dat er stevig op besparing wordt ingezet komt het verbruik uit op wat in Figuur 3 is te zien bij 2050BSP. Bij diensten is aangenomen dat alle

energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd tot 20 jaar zijn genomen. Dat is beduidend meer dan wat nu in het Energieakkoord is afgesproken, want daarbij geldt een grens voor terugverdientijd van 5 jaar. Ook in de dienstensector zal door betere isolatie en inzet van warmtepompen minder energie nodig zijn voor ruimteverwarming. Net als bij huishoudens leidt dit tot minder vraag naar energiedragers voor lage-temperatuurwarmte en tot meer elektriciteitsverbruik. Een deel van de ruimteverwarming zal ook worden ingevuld met een hernieuwbare techniek die goed tot zijn recht komt in de dienstensector: warmte/koudeopslag en/of ondiepe geothermie. In Figuur 3 is de ontwikkeling van het verbruik te zien.



Figuur 3 - Ontwikkeling van het energieverbruik per type in de dienstensector

Energietoepassingen in de industrie

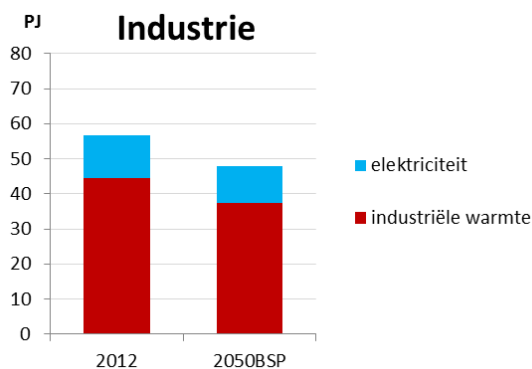
Het energieverbruik van de industrie bestaat voor het grootste deel uit hoge temperatuur warmtegebruik, bijvoorbeeld voor toepassing in chemische processen of de basismetaalindustrie. De productiegroei in de industrie volgt de toename van de toegevoegde waarde uit de nationale energieverkenning 2014, die voor de periode na 2030 is geëxtrapoleerd. Dit leidt tot een groei van de productie van 63% in 2050 ten opzichte van 2012. Zonder energiebesparingsmaatregelen zou het energieverbruik meegroeien met de omvang van de productie, maar door aan te nemen dat stevig wordt bespaard is het verbruik lager dan in 2012 zoals is te zien in Figuur 4 bij 2050BSP. Binnen de industrie wordt een zeer groot aantal verschillende processen toegepast waardoor het niet zinvol is er bepaalde processen uit te lichten. We beschouwen daarom alleen het totaalbeeld. Voor de energiebesparing in de industrie is aangenomen dat het energiebesparingstempo zal oplopen naar 1,5% per jaar; dat is zo'n 50% meer dan wat de afgelopen jaren is gerealiseerd. Levering van restwarmte door de industrie telt overigens mee als energiebesparing, niet als hernieuwbare warmte. De warmtevraag in de industrie betreft voor een groot deel warmte van hoge temperatuur. Door de besparing zal die vraag afnemen.

Hernieuwbare opties die in de industrie kunnen worden ingezet zijn biobrandstoffen voor hoge temperatuurtoepassingen en in de toekomst mogelijk ook "Power to X", waarbij de X staat voor G, H of P die weer verwijzen naar *Gas*, *Heat* en *Products*⁹. Deze technologische mogelijkheden voor het omzetten van elektriciteit in warmte, gas of

⁹ Power to heat wordt in de industrie voor lage temperaturen (< 140°C) al toegepast, maar omdat de omvang van het gebruik van warmte op verschillende temperatuurniveaus in de industrie in Noord-Holland niet bekend is voorzien we in 80% van de warmtevraag met behulp van biobrandstoffen.

chemische producten wordt uitgebreid beschreven in een recent rapport van PBL¹⁰. De inpassingsmogelijkheden zijn sterk afhankelijk van de technische specificaties van installaties en de kosten van deze opties. *Power to heat* is tegen relatief lage kosten in te passen terwijl *power to gas* relatief duur is. Bij de invulling van de perspectieven zijn *Power to Gas* en *Power to Products* buiten beschouwing gelaten. Deze technologieën worden naar verwachting pas bij vergaande reductiedoelstellingen, en diensgevolge hoge CO₂-prijzen, economisch interessant. Naar de huidige verwachtingen komen degelijke CO₂-prijzen pas tegen 2050 in zicht. *Power to Heat* wordt wel beschouwd om een overschot aan elektriciteit in lage-temperatuur warmte om te kunnen zetten.

Bepaalde vormen van het huidige fossiele energieverbruik zijn moeilijker door hernieuwbare alternatieven te vervangen, zoals bijvoorbeeld het kolenverbruik in de staalproductie. Dit beperkt de mogelijkheid om de energievoorziening binnen de provinciegrenzen volledig te verduurzamen. Technologische ontwikkelingen kunnen dat beeld veranderen, maar de toepassing van nieuwe technologieën is vooralsnog te onzeker om ze in deze studie mee te nemen.

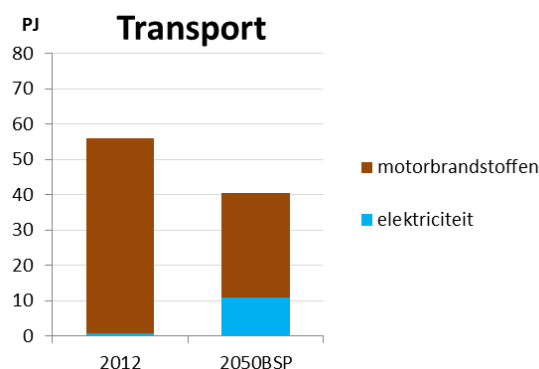


Figuur 4 - Ontwikkeling van het energieverbruik per type in de industrie

Energietoepassingen voor transport

Op dit moment bestaat het energieverbruik van de transportsector nagenoeg volledig uit motorbrandstoffen zoals benzine en diesel. Het aandeel elektrische auto's groeit de laatste jaren snel, maar is vooralsnog zeer klein. De groei van transportkilometers is gebaseerd op de groei van personenkilometers uit de Nationale Energieverkenning 2014, met extrapolatie naar 2050. Dit betekent een groei van 24% in 2050 ten opzichte van 2012. Als er niet op het energiegebruik zou worden bespaard zou het verbruik meegroeien met de afgelegde kilometers. Door aan te nemen dat er stevig wordt bespaard is het verbruik in 2050 toch lager dan in 2012, zoals in Figuur 5 is te zien bij 2050BSP. Bij de transportsector is er van uitgegaan dat alle personenauto's elektrisch zijn in 2050. Dit is allereerst een besparingsmaatregel, ook al is het door invulling met hernieuwbare elektriciteit ook een verduurzamingsmaatregel. Dit zorgt voor een veel lagere vraag naar transportbrandstoffen en een veel hogere vraag naar elektriciteit. Er blijft wel vraag naar transportbrandstoffen voor toepassing in vrachtwagens. De vraag kan met hernieuwbare alternatieven in de vorm van elektriciteit, gasvormige (b.v. waterstof) of vloeibare biobrandstoffen worden ingevuld. Bij de invulling van de perspectieven wordt de energievraag van vrachtvervoer met biobrandstoffen gedekt omdat deze optie als het meest kansrijk wordt gezien.

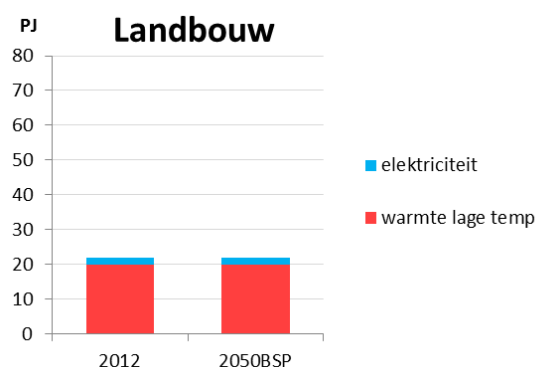
¹⁰ Vormgeving van de energietransitie, PBL, 19 februari 2016



Figuur 5 - Ontwikkeling van het energieverbruik per type in de transportsector

Energietoepassingen in de landbouw

Een groot deel van het energieverbruik in de landbouw vindt plaats in kassen, in de vorm van verlichting en vooral lage temperatuur warmte voor verwarming en CO₂. Voor de groei van de energie-gerelateerde activiteiten in de land- en tuinbouw is aangenomen dat deze aansluit op de nationale ontwikkelingen van het areaal glastuinbouw zoals die in de Nationale Energieverkenning 2014 is beschreven. In de land- en tuinbouw zijn op nationale schaal geen ingrijpende veranderingen in areaal glastuinbouw voorzien, het gaat om een groei van 5%. De aangenomen besparingsmaatregelen hebben geen groot effect op de vraag naar warmte en elektriciteit. Een in de glastuinbouw goed toepasbare hernieuwbare energievorm is geothermie. Ook restwarmte kan worden ingezet en geldt dan als energiebesparing voor zowel de leverancier als de afnemer.



Figuur 6 - Ontwikkeling van het energieverbruik per type in de land- en tuinbouw

De invulling van de vraag naar eindverbruik

De vraag naar elektriciteit en warmte met lage temperatuur in de sectoren staat voor een groot deel los van het aanbod en de opwekking hoeft niet in de sectoren zelf plaats te vinden. Alle elektriciteitsproductieopties kunnen bij elkaar worden opgeteld; alleen de totale opwekcapaciteit hoeft te worden vergeleken met de totale vraag naar elektriciteit. Voor warmte met lage temperatuur geldt hetzelfde, hoewel vraag en aanbod geografisch dichter bij elkaar moeten liggen dan bij elektriciteit het geval is. De vraag naar warmte met hoge temperatuur beperkt zich tot de industrie. Daar moeten

wel in voldoende mate specifieke energiedragers beschikbaar komen. Ook de vraag naar transportbrandstoffen vraagt om specifieke invulling.

Maximale energiebesparing vergt grote inspanningen

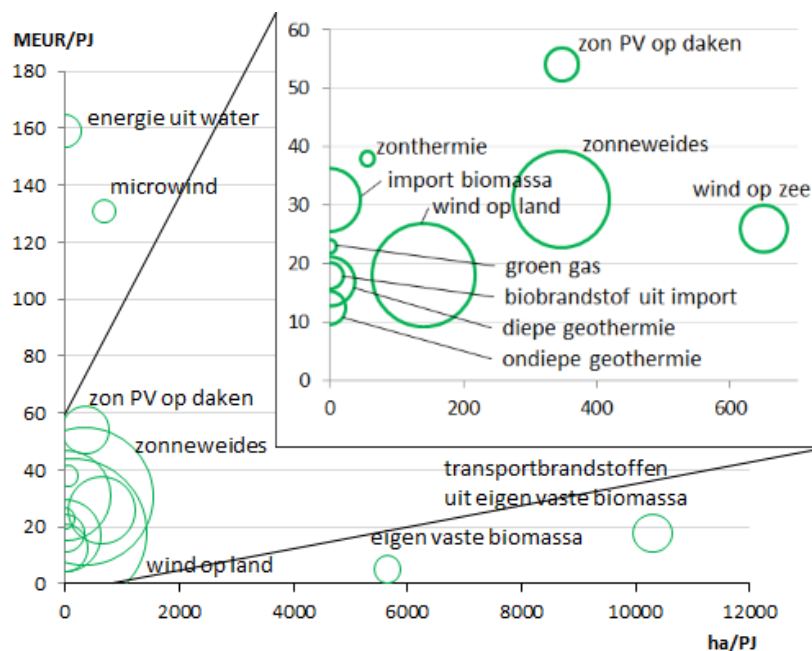
De energiebesparing in de eindgebruikssectoren zoals die hierboven is beschreven, en die is gebruikt voor het opstellen van de uiteindelijke perspectieven, is geen autonome ontwikkeling. Deze energiebesparing bereiken zal grotere (beleids-)inspanningen vergen dan die van het huidige nationale en Europees beleid. De provincie kan bijdragen aan besparing in de industrie en bij bedrijfsgebouwen in de dienstensector door de Wet Milieubeheer streng te handhaven.

2.2 Een eerste invulling door minimalisering van ruimtebeslag of kosten

Als eerste stap beschouwen we drie extreme methoden voor de invulling van het energieverbruik in 2050. De onderliggende gegevens over energieverbruik en potentiële van de hernieuwbare energiebronnen zijn afkomstig uit het rapport uit 2015^{1,11}. Figuur 7 (gebaseerd op figuren uit het eerdere rapport) laat zien hoe de kosten per PJ energie¹² en het ruimtegebruik van de verschillende hernieuwbare-energie-technieken zich tot elkaar verhouden. De grootte van de cirkels geeft aan hoe groot het potentieel van de technieken is binnen Noord-Holland. Te zien is onder andere dat eigen biomassa goedkoop is maar veel ruimte vergt, dat wind op land zowel aantrekkelijk is wat betreft ruimtebeslag en kosten en dat zonnepanelen op daken en zonneweides meer ruimte vergen en meer kosten dan wind op land. Geothermie kost nauwelijks ruimte en is relatief goedkoop. Het is wel zo dat de aard van het ruimtebeslag van de verschillende opties verschilt: het ruimtebeslag van zon op daken verdringt geen andere toepassingen, en de invloed van biomassateelt heeft andere invloed op het landschap dan windturbines.

¹¹ Het verbruik in 2050 komt na een correctie bij de dienstensector bij 2050BAU 3 PJ lager en bij 2050BSP ruim 4 PJ lager uit dan in het eerdere rapport.

¹² Het gaat hierbij om kosten voor investeringen, beheer en onderhoud en bij bio-energie om biobrandstofkosten



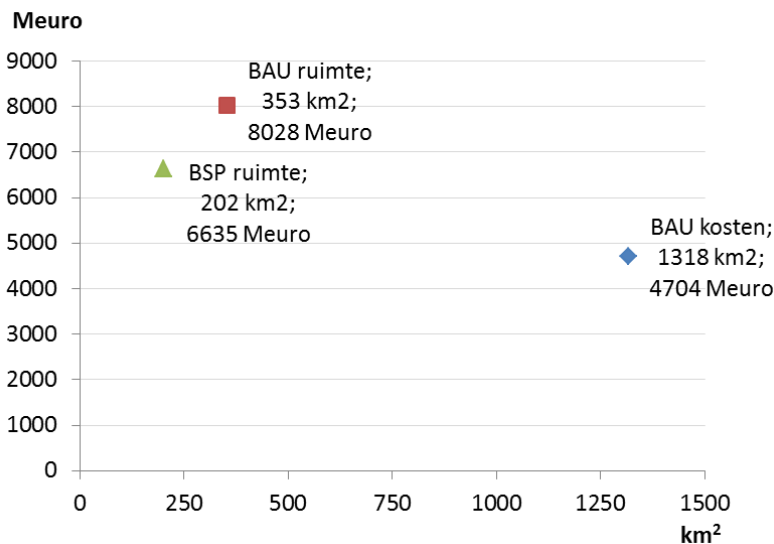
Figuur 7 – Kosten, ruimtebeslag en potentieel van verschillende hernieuwbare energietechnieken

De ontwikkeling van het energieverbruik volgens het business as usual scenario (BAU) is gebaseerd op het scenario met vastgesteld en voorgenomen beleid uit de Nationale Energieverkenning uit 2014¹³; het verbruik in 2050 is bepaald door middel van extrapolatie van activiteiten in de sectoren en van de bestaande energiebesparing. Het verbruik bij het scenario met maximale inzet op energiebesparing (BSP) is bepaald door de effecten van een aantal vergaande maatregelen mee te nemen die worden beschreven in paragraaf 2.1. De drie extreme perspectieven zijn als volgt gedefinieerd:

- BAU ruimte: invulling van het Business as Usual (BAU) energieverbruik in 2050 door hernieuwbare energietechnologieën waarbij het ruimtegebruik is geminimaliseerd.
- BAU kosten: invulling van het Business as Usual (BAU) energieverbruik in 2050 door hernieuwbare energietechnologieën waarbij de kosten zijn geminimaliseerd.
- BSP ruimte: invulling van het energieverbruik in 2050 door hernieuwbare energietechnologieën waarbij het ruimtegebruik is geminimaliseerd en waarbij bovendien maximaal is ingezet op energiebesparing.

De resultaten van deze invullingen zijn afgebeeld in Figuur 8 en Figuur 9. Figuur 8 geeft de investeringen en het ruimtebeslag van de drie perspectieven weer, en Figuur 9 de invulling door verschillende hernieuwbare energiebronnen.

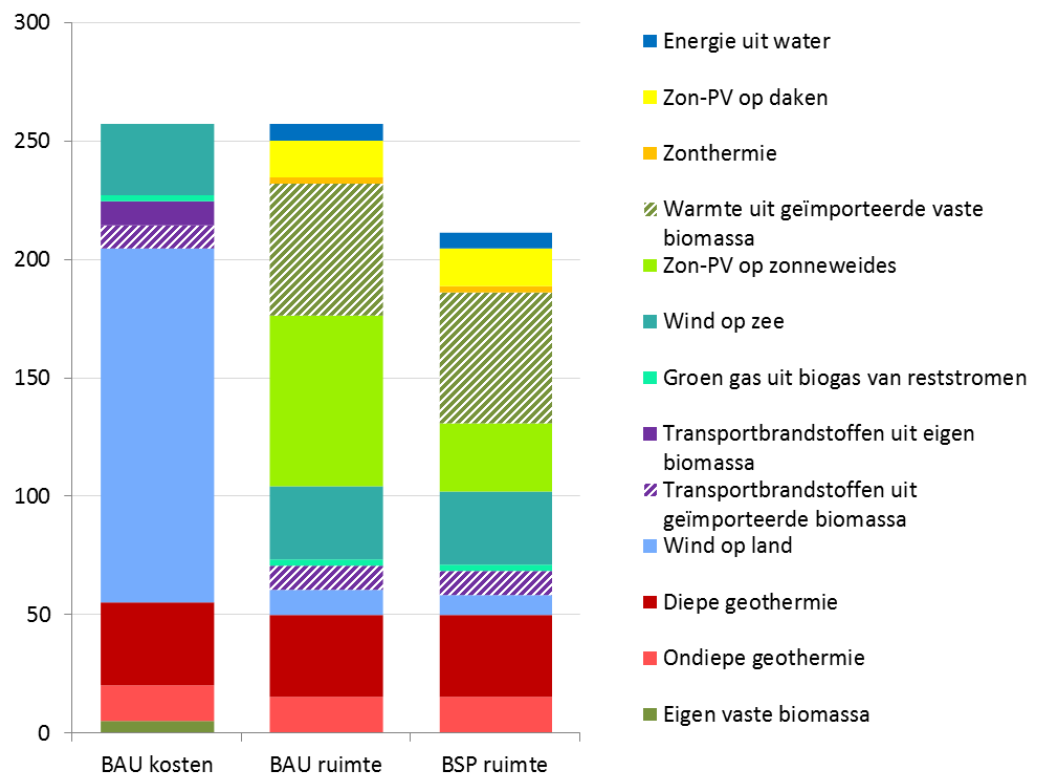
¹³ Nationale Energieverkenning 2014; ECN, PBL, CBS, RVO; publicatienummer ECN-O--14-036



Figuur 8 – Het ruimtegebruik en de investeringen behorend bij de drie invullingen van het energieverbruik op basis van minimalisatie van ruimtegebruik en van kosten.

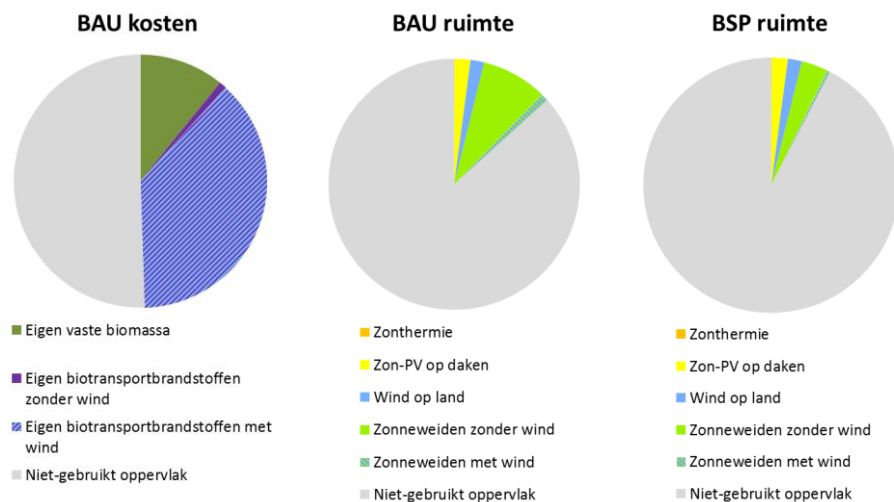
Ten opzichte van het minimaliseren van het ruimtegebruik (BAU ruimte) heeft het minimaliseren van investeringen (BAU kosten), naast $8028 - 4704 = 3324$ miljoen euro lagere investeringen, tot gevolg dat het ruimtegebruik zeer sterk toeneemt. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de goedkoopste opties, biomassa en wind op land, gepaard gaan met een groot ruimtebeslag¹⁴. Het ruimtegebruik wordt in dat geval 1318 km², terwijl het totale oppervlak van de provincie Noord-Holland exclusief binnen- en buitenwateren 2664 km² bedraagt; dat is dus bijna de helft van het landoppervlak (zie ook Figuur 10). Door stevig in te zetten op energiebesparing (BSP) leidt het minimaliseren van het ruimtegebruik in BSP ruimte tot $353 - 202 = 151$ km² minder ruimtegebruik dan bij BAU ruimte en bovendien tot $8028 - 6635 = 1393$ miljoen euro lagere kosten. Uit Figuur 9 worden de grootste verschillen tussen minimalisering van kosten en minimalisering van ruimtegebruik duidelijk. Het blijkt dat minimalisering van de kosten leidt tot een grote inzet van windenergie op land, en minimaliseren van ruimtegebruik binnen de provincie tot grote inzet van zonne-energie op daken.

¹⁴ Voor wind op land wordt bij het vaststellen van het maximale potentieel voor het ruimtebeslag de minimale wettelijke hindercontour van 300 m gebruikt



Figuur 9 – De bijdragen van de hernieuwbare-energieopties bij de drie invullingen op basis van minimalisatie van ruimtegebruik en van kosten. De twee linker kolommen geven de invulling van de energievraag in 2050 weer uitgaande van een voortzetting van de huidige besparingsinspanningen, dus bij een hoger energieverbruik. De rechter kolom gaat uit van maximale inzet op besparing zodat een lager verbruik met hernieuwbare energie moet worden ingevuld.

In Figuur 10 is voor de drie perspectieven het ruimtegebruik van de verschillende duurzame energiebronnen afgebeeld. Het landgebruik voor de teelt van biotransportbrandstoffen is gecombineerd dat voor met wind op land omdat dit mogelijk is binnen de hindercontour van een windpark en op die manier ruimte wordt bespaard; bij zonneweiden is aangenomen dat 10% kan worden gecombineerd met wind op land omdat zonnepanelen weliswaar tussen windturbines geplaatst kunnen worden, maar er waarschijnlijk belangrijke verschillen zullen zijn in waar wind op land en zonneweiden zullen worden toegestaan.



Figuur 10 – Ruimtelijk beslag op het totale provincieoppervlak van de optimalisaties BAU kosten, BAU ruimte en BSP ruimte.

Deze eerste benadering houdt nog geen rekening met andere overwegingen die een rol kunnen spelen, zoals voorkeuren voor een bepaalde techniek vanwege kansen voor innovatie en export, bezwaren van omwonenden of de wenselijkheid van de import van bepaalde soorten biomassa. Die overige overwegingen of randvoorwaarden waren onderwerp van gesprek in een eerste overleg met de Provincie waarin de resultaten van de eerste invulling zijn besproken. Eén van de uitkomsten daarvan was om de soorten energiegebruik zoals beschreven in een rapport van de Rli⁴, hoge en lage temperatuurwarmte, transport en elektriciteit voor warmte en kracht aan te laten sluiten op de te selecteren hernieuwbare bronnen. Verder overleg leidde tot de aanpak om te komen tot een perspectief dat rekening houdt met meerdere relevante randvoorwaarden.

2.3 Een gedeeltelijke invulling op basis van “no regret”-opties

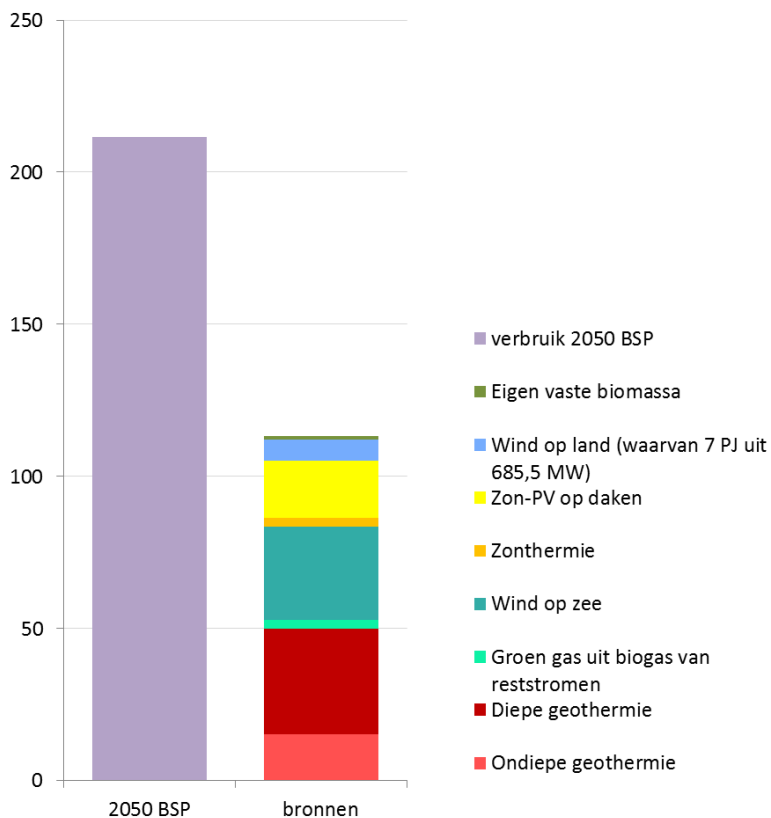
De extreme perspectieven uit paragraaf 2.2 houden alleen rekening met de randvoorwaarde optimale kosten óf de randvoorwaarde optimaal ruimtegebruik. De vormgeving van een hernieuwbaar energiesysteem wordt echter door meerdere randvoorwaarden bepaald. Bijvoorbeeld maatschappelijke opvattingen over de inrichting en het aanzicht van het landschap en mogelijke nadelen van hernieuwbare energievormen zoals de concurrentie tussen het gebruik van gewassen voor biobrandstoffen en voor voedsel zijn van invloed op de mate van toepassing van hernieuwbare energietechnologieën.

We gebruiken de extreme perspectieven als tussenstap om een richting te kiezen voor perspectieven waar met meerdere randvoorwaarden (waaronder ruimte én kosten) rekening wordt gehouden. Daarbij stellen we één perspectief op uitgaande van het lage verbruik in 2050 dat hoort bij maximale inzet op energiebesparing (het BSP-scenario, zie paragraaf 2.1 voor de betreffende maatregelen per sector) en van de hernieuwbare energie-opties die in alle drie invullingen BAU kosten, BAU ruimte en BSP ruimte

voorkomen. Het totaalbeeld met alle energiebronnen die dan over blijven noemen we het “*no regret*”-perspectief. In overleg met de Provincie is, uitgaande van de huidige inzichten, het no regret-perspectief gedefinieerd binnen de volgende randvoorwaarden:

1. Minimalisering van kosten en het ruimtebeslag van de energiemodaliteiten. Bij de inzet van een hernieuwbare energiebron wordt per energiebron gekozen voor de kleinste inzet uit de drie perspectieven BAU kosten, BAU ruimte en BSP ruimte.
2. Het maximaal benutten van de beleidsruimte bij het ruimtelijk beleid per energiemodaliteit en de verwachting van de ontwikkelingen tot 2050. Zonneweiden blijven buiten het no regret-perspectief omdat het beleid ervoor op het moment van schrijven nog niet vaststaat.
3. Het maximaal benutten van de beleidsruimte op duurzaamheidsbeleid per energiemodaliteit en de verwachting van de ontwikkelingen tot 2050. De hoeveelheid wind op land in het no regret-perspectief is gelijk aan de verplichting uit het Energieakkoord van 685,5 MW.
4. De invloed van overige relevante ontwikkelingen buiten de invloedssfeer van de Provincie, zoals doelstellingen van andere overheden, op energiemodaliteiten.

Dit betekent dat onder andere diepe en ondiepe geothermie, wind op land voor zover al is afgesproken en een deel wind op zee (naar rato van het elektriciteitsverbruik van Noord-Holland ten opzichte van Nederland) in het *no regret*-perspectief terecht komen. Import van vaste biomassa is er buiten gehouden omdat het (ook binnen de Provincie Noord Holland) nog onderwerp van gesprek is. Zonnepanelen op daken en infrastructuur, zon-thermie en eigen vaste biomassa uit reststromen (1 PJ) zijn aan het *no regret*-perspectief toegevoegd omdat zonne-energie op daken kansrijk is en weinig weerstand oproept en omdat biomassa uit reststromen goedkoop is en geen extra ruimtegebruik tot gevolg heeft. De resulterende invulling van het *no regret*-deel is te zien in Figuur 11. Bij elkaar leveren de *no regret*-opties 54% van de energievraag in 2050, bij grote inzet op een energiebesparing van 46 PJ in 2050, bij een ruimtegebruik van 172 km² en kosten van 2899 miljoen euro.



Figuur 11 - De invulling van de energievraag met hernieuwbare energiebronnen in 2050 door het no-regret-perspectief.

Conform deze definitie omvat het *no regret*-perspectief inzet van hernieuwbare energiebronnen die ruimtelijk en economisch preferabel zijn én een onmisbare bijdrage leveren aan het halen van de energiedoelstellingen. Dit betekent echter niet dat er geen beleidskeuzes en (beleids-)inspanningen nodig zijn om het *no-regret*-perspectief te realiseren. Hierboven is te zien dat het *no regret*-scenario met een aandeel van 54% aan hernieuwbare energiebronnen verder gaat dan de huidige nationale en internationale doelstellingen voor hernieuwbare energie tot respectievelijk 2023 en 2030. Hoewel de doelstellingen voor 2050 nog niet concreet zijn, ligt het in de lijn der verwachting dat de doelstellingen dan wel verder gaan dan het *no regret*-perspectief om 80-95% reductie van CO₂-uitstoot te realiseren. Omdat we alleen naar de overlap tussen de drie perspectieven uit paragraaf 2.2 kijken, vult het *no regret*-perspectief de energievraag niet volledig in.

2.4 Aansluiting energiedragers op toepassing

Niet alle hernieuwbare energie wordt opgewekt binnen de eindgebruikssectoren (huishoudens, diensten, industrie, transport en landbouw). Dit geldt met name voor elektriciteit. Zonnepanelen kunnen voor een groot deel binnen eindgebruikssectoren (decentraal, deels voor eigen energievoorziening) worden toegepast en leveren elektriciteit zonder tussenkomst van een elektriciteitsnetwerk. Windturbines en biomassa zijn opties waarbij de elektriciteit via een netwerk aan de eindgebruikers

wordt geleverd. Dit geldt in mindere mate ook voor de vraag naar lage-temperatuur warmte van huishoudens, diensten en landbouw. Omdat lage-temperatuur warmte niet over grote afstanden kan worden getransporteerd moet deze vraag weliswaar lokaal worden ingevuld, maar dat kan met lokaal opgewekte restwarmte uit de industrie of door inzet van elektriciteit voor warmtepompen. De vraag van een sector naar elektriciteit en lage-temperatuur warmte hoeft dus niet noodzakelijkerwijs te worden gedekt door hernieuwbaar binnen die sector.

Bij de vraag naar warmte met hoge temperatuur en vloeibare brandstoffen voor zwaar vrachttransport over de weg zijn deze uitwisselingsmogelijkheden naar de huidige inzichten niet mogelijk omdat voor hoge temperatuur in de industrie gasvormige of vloeibare brandstoffen nodig zullen blijven, net als voor het zware vrachtverkeer over de weg. Daarom stemmen we in de industrie de vraag naar warmte van hoge temperatuur af met levering van vooral vaste maar ook gasvormige biobrandstoffen, en vullen we het energiegebruik van vrachtwagens volledig in met vloeibare biobrandstoffen.

3

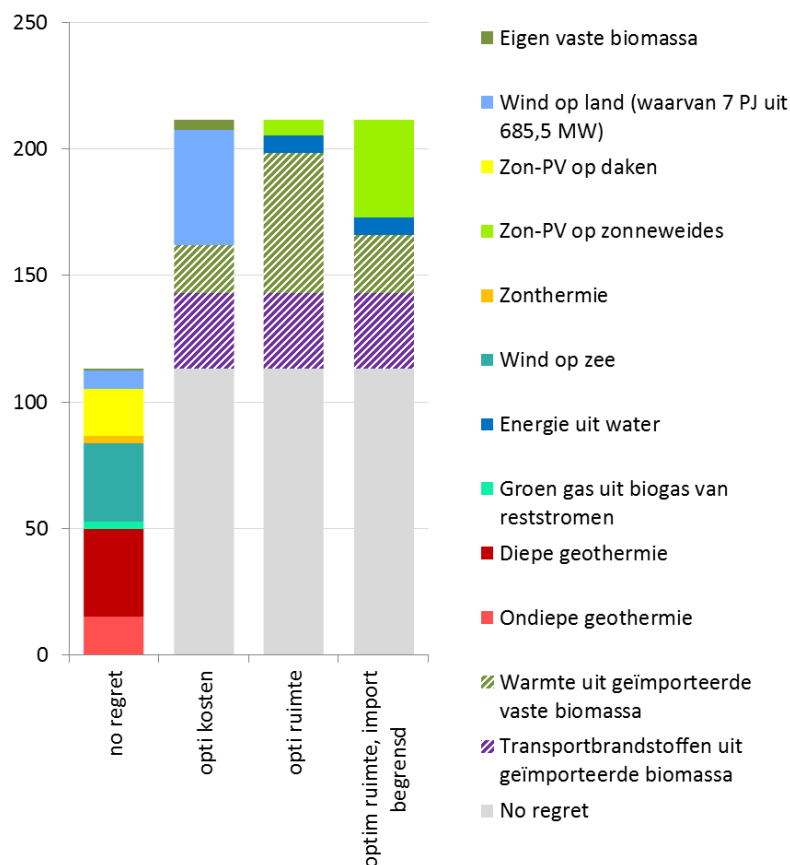
Mogelijkheden voor invulling van de resterende vraag

Het *no regret* perspectief uit paragraaf 2.3 vult niet de hele energievraag in 2050 in. Voor de volledig hernieuwbare invulling van het resterende deel worden in dit hoofdstuk drie perspectieven geschetst zijnde:

1. Opti-kosten; minimaliseren van kosten
2. Opti-ruimte; minimaliseren van ruimtegebruik
3. Opti-ruimte en import beperkt: Minimaal ruimtegebruik + minimaal import van biomassa

De mogelijke invullingen van dit resterende deel zijn, in tegenstelling tot de *no regret* opties, niet economisch én ruimtelijk preferabel. De invulling van dit resterende deel vergt daarom extra beleidskeuzes en extra (beleids-)inspanningen.

De onderstaande perspectieven kunnen niet worden gezien als invullingen die exact zullen worden gerealiseerd, daarvoor zijn de onzekerheden in technische en andere ontwikkelingen in de periode tot 2050 te groot. Zo zijn bijvoorbeeld power to gas en zeewierteelt niet meegenomen bij het invullen van de vraag, omdat op dit moment de kosten, het potentieel en/of het moment van beschikbaarheid als onvoldoende worden ingeschat, maar absolute zekerheid daarover bestaat niet op de termijn tot 2050. De invulling is gedaan met technieken waarvan het volgens de huidige inzichten voldoende zeker is dat ze ingezet kunnen worden. De perspectieven geven vooral een beeld van de mogelijke richtingen waarin de energievoorziening zich zou kunnen ontwikkelen om bestaande en nader te bepalen doelstellingen te realiseren. Daarom is een heel precieze invulling van de benodigde technologieën in deze fase nog niet kritiek. Daarnaast kunnen de perspectieven een rol spelen bij de verdere beleidsontwikkeling. Om de uiterste mogelijkheden te laten zien is dit als eerste aanzet ook weer opgevuld door middel van minimalisatie van ruimtebeslag of kosten. De resultaten daarvan zijn te zien in



Figuur 12 - Invulling van de energievraag in 2050 door het no regret perspectief, en voor de resterende vraag bij minimalisatie van kosten, ruimtebeslag en ruimtebeslag met beperkte biomassa-import.

Voor de duidelijkheid is in **Error! Reference source not found.** de invulling met *no regret* opties in de drie perspectieven met volledige invullingen grijs gemaakt. Daardoor springen de verschillen tussen deze invullingen van de resterende energievraag er uit. Voor de volledigheid zijn de details van het no regret perspectief in de linker kolom weergegeven. In Figuur 13 wordt de ruimtelijke impact van de drie perspectieven weergegeven.

Transportbrandstoffen voor vrachtverkeer worden in alle drie de perspectieven geheel gedekt met geïmporteerde biobrandstoffen vanwege het gebrek aan alternatieven om die met andere dragers in te vullen, dus die post is in alle invullingen gelijk. Ook is er rekening gehouden met het invullen van de vraag naar warmte van hoge temperatuur in de industrie. Er is uitgegaan van een geschatte vraag naar warmte van hoge temperatuur van 80% van de totale warmtevraag in de industrie (De rest van de warmtevraag kan worden ingevuld met meer uitwisselbare lage temperatuur warmte) In de perspectieven is dit voor het overgrote deel ingevuld met vaste biobrandstoffen.

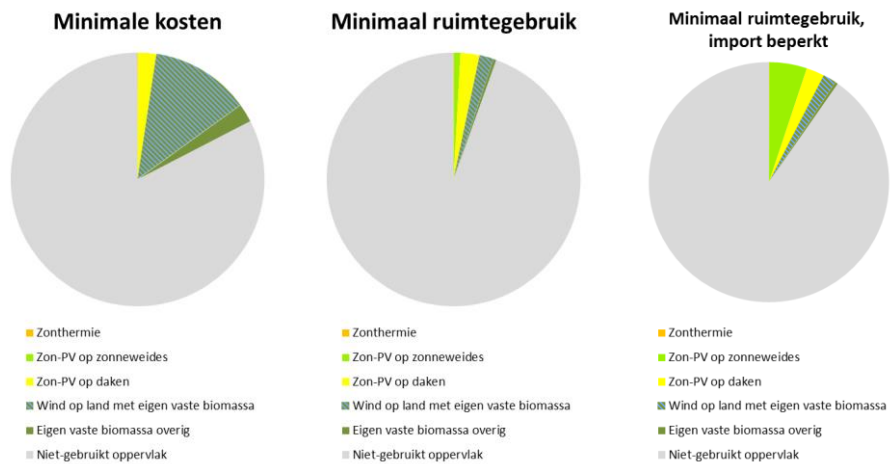
Bij het perspectief “opti-kosten” waar de kosten worden geminimaliseerd, wordt er veel wind op land opgesteld. Het perspectief “opti-ruimte” waarbij het ruimtegebruik wordt geminimaliseerd, resulteert in omvangrijke import van biomassa omdat dit binnen de provincie nauwelijks ruimte inneemt. Buiten havens en opslagplaatsen is er nauwelijks ruimte voor nodig.

Biobrandstoffen blijven nodig omdat voor vrachtwagens geen elektrificatie wordt voorzien en omdat er vooralsnog weinig andere opties zijn om de vraag naar hoge temperatuurwarmte in de industrie in te vullen. De benodigde teelt van biomassa voor de Noord-Hollandse vraag naar transportbrandstoffen en hoge-temperatuur warmte is dermate groot, dat een invulling binnen Noord-Holland niet als een realistische mogelijkheid wordt gezien. Daarom is er, ondanks de mogelijke bezwaren tegen biobrandstoffen-import, in alle perspectieven sprake van import van biobrandstoffen. De discussie over de nadere invulling hiervan valt buiten het kader van dit onderzoek.

Een mogelijke tegemoetkoming aan deze bezwaren is een beperking van de import van biomassa tot de vraag naar transportbrandstoffen en hoge-temperatuur warmte. In het perspectief “opti-ruimte, import begrensd” is de import van biobrandstoffen begrensd op deze minimale hoeveelheid. De resterende energievraag wordt dan ingevuld met extra Zon-PV op zonneweiden. De kosten van energie van zonneweiden zijn vergelijkbaar met de toepassing van geïmporteerde biomassa, maar zonneweiden gaan, in tegenstelling tot geïmporteerde biomassa, gepaard met een flink ruimtebeslag op Noord-Hollands grondgebied. Figuur 13 geeft de ruimtelijke impact van deze beleidskeuze weer. Een verdere tegemoetkoming aan de beperking van biomassa-import is door een deel van de biomassavraag zelf te produceren. Dit potentieel staat weergegeven in het opti-kosten perspectief. Deze keuze heeft echter nadelige gevolgen voor het ruimtegebruik (zie Figuur 13). Voor biomassa die niet afkomstig is uit reststromen zal namelijk extra Noord-Hollands grondgebied moeten worden ingezet die dus de toepassing als weide of voor voedselproductie op die gronden beperkt. Alleen als power-to-gas (het omzetten van elektriciteit in gas) tegen 2050 een economisch aantrekkelijk alternatief blijkt te zijn kan de biomassa-import verder worden beperkt zonder dat dit ruimtelijke consequenties heeft.

De kosten van de *no-regret*-invulling bedragen 2899 miljoen euro. De minimalisering van de kosten voor het verbruik boven *no regret* leidt tot een ruimtebeslag¹⁵ van 487 km², en tot 4861 miljoen euro aan kosten voor een volledige en duurzame invulling van de Noord-Hollandse energievraag. De aanvulling van *no regret* gebaseerd op de minimalisering van het ruimtegebruik leidt tot een totaal oppervlakte van 146 km² (5,5% van het landoppervlak van Noord-Holland) en 6443 miljoen euro aan kosten voor een volledige en duurzame invulling van de Noord-Hollandse energievraag. Als de import van vaste biomassa wordt begrensd op wat nodig is voor hoge-temperatuur warmte dan is 259 km² nodig en zijn de kosten ook 6443 miljoen euro, omdat de geïmporteerde biomassa wordt vervangen door zonneweiden waarvoor de kosten per energiehoeveelheid op hetzelfde bedrag zijn geraamd. Het ruimtegebruik is geïllustreerd in Figuur 13.

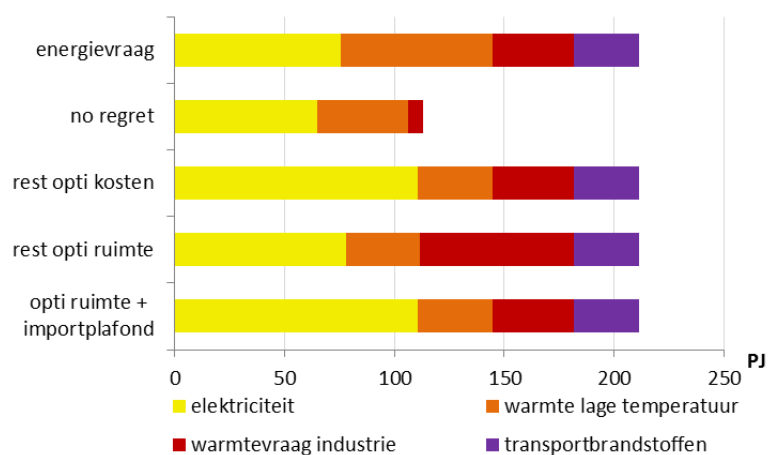
¹⁵ 18,3% van het landoppervlak van Noord-Holland, waarbij het biomassa-areaal binnen het gebied voor wind op land valt.



Figuur 13 – Ruimtelijk beslag op het totale provincieoppervlak van de optimalisaties van de resterende vraag in 2050 op kosten, ruimtegebruik en ruimtegebruik met beperkte biomassa-import. Het ruimtelijk beslag van het no regret perspectief is in deze weergave meegenomen.

Bij de invulling van de energievraag houden we rekening met de afzonderlijke vraag naar warmte met hoge en lage temperatuur, elektriciteit en vloeibare transportbrandstoffen voor het vrachtverkeer. In Figuur 14 is de aansluiting van de vraag naar energie voor de verschillende soorten toepassingen op het aanbod van hernieuwbare energievormen weergegeven. De bovenste balk geeft de vraag naar energie per toepassingstype weer. Voor de warmtevraag in de industrie nemen we aan dat deze voor 80% uit hoge-temperatuur warmte bestaat en voor 20% uit lage temperatuur warmte. De tweede balk geeft het aanbod van energie uit het *no regret* perspectief weer. Dit perspectief vult de vraag naar warmte en elektriciteit niet volledig in. De vraag naar transportbrandstoffen wordt helemaal niet ingevuld. De onderste drie balken geven het aanbod van energie per toepassingstype weer bij respectievelijk bij minimalisering van kosten, minimalisering van ruimtegebruik en als laatste minimalisering van ruimtegebruik met een beperking op de import van biomassa.

Te zien is dat bij de invulling van het perspectief met minimalisering van het ruimtegebruik het aanbod van elektriciteit, warmte en transportbrandstoffen beter aansluit op de vraag naar deze energievormen dan bij minimalisering van de kosten. Er is bij optimaal ruimtegebruik meer aanbod van energiedragers voor industriële warmte. Dit komt doordat er bij minimalisering van ruimtegebruik meer biomassa wordt geïmporteerd die ingezet kan worden voor warmte met hoge temperatuur. Een volledig aansluitende invulling per type toepassing is niet nodig omdat elektriciteit kan worden gebruikt voor de vraag naar warmte met lage temperatuur.



Figuur 14 – Energievraag per toepassingstype (bovenste balk) en het aanbod uit het no regret-perspectief, en bij minimalisering van respectievelijk kosten, ruimtegebruik en ruimtegebruik bij begrenzing van biomassa-import na de overblijvende vraag bij “no regret”

Aangezien de Provincie het potentieel voor biomassateelt binnen het grondgebied als beperkt inschat is voor de voorziene inzet van biomassa import noodzakelijk. Dat geldt ook voor de biobrandstof voor de transportsector. Er is van uit gegaan dat alle personenauto's in 2050 op elektriciteit rijden. Voor het zware wegverkeer is aangenomen dat het niet op elektriciteit maar op biobrandstoffen zal rijden omdat elektrificatie ervan niet wordt voorzien. Voor de invulling van de energievraag uit het zware wegtransport zal dus geen gebruik kunnen worden gemaakt van een teveel aan geproduceerde elektriciteit. Bij het zware wegverkeer wordt daarom de gehele vraag met biobrandstoffen ingevuld.

De vraag naar warmte met lage temperatuur kan wel met elektriciteit worden ingevuld. Deze flexibiliteit betekent dat een tekort aan hernieuwbare energie voor warmte van lage temperatuur kan worden gecompenseerd met een overschot aan hernieuwbare elektriciteit.

4

Samenvatting en conclusies

4.1 Doel en aanpak

Het huidige Nederlandse energiebeleid is gericht op een schone, betrouwbare en betaalbare energievoorziening op lange termijn. Voortgang bij de inzet van hernieuwbare energie is feitelijk een gedeelde verantwoordelijkheid tussen het Rijk en de Provincie. Financiële ondersteuning van de uitrol van hernieuwbare energietechnologie is primair een verantwoordelijkheid van het Rijk. Voor de provincie ligt het voornaamste handelingsperspectief in de ruimtelijke aspecten van hernieuwbare energie. Op het gebied van CO₂-reductie zijn de directe mogelijkheden van de Provincie beperkt, maar worden doelen voornamelijk gerealiseerd door middel van nationaal en Europees beleid. Om deze redenen is gekozen om deze studie primair te richten op de uitrol van productiemiddelen van hernieuwbare energie.

Het doel van dit rapport is een aantal toekomstperspectieven voor een volledig hernieuwbare invulling van de Noord-Hollandse energievraag in 2050 te schetsen. Hierbij is uitgegaan van het geschatte energiegebruik na maximale energiebesparing en de potentiële voor hernieuwbare energievormen uit het voorafgaande onderzoek uit 2015¹⁶. Ook gaan we uit van de huidige vooruitzichten over de ontwikkeling van hernieuwbare energietechnologieën. Daarom is geen rekening gehouden met innovaties die zich binnen het tijdsbestek tot 2050 kunnen gaan voordoen, maar waarvan de rol in de energievoorziening nu nog onduidelijk is. Een voorbeeld hiervan is *power to gas* dat pas bij zeer hoge CO₂-prijzen een substantiële rol kan vervullen. Momenteel is er voor de korte en middellange termijn geen zicht op voldoende hoge CO₂ prijzen.

De totstandkoming van de drie perspectieven voor een volledige invulling van de energievraag met hernieuwbare energiebronnen heeft in drie stappen plaatsgevonden:

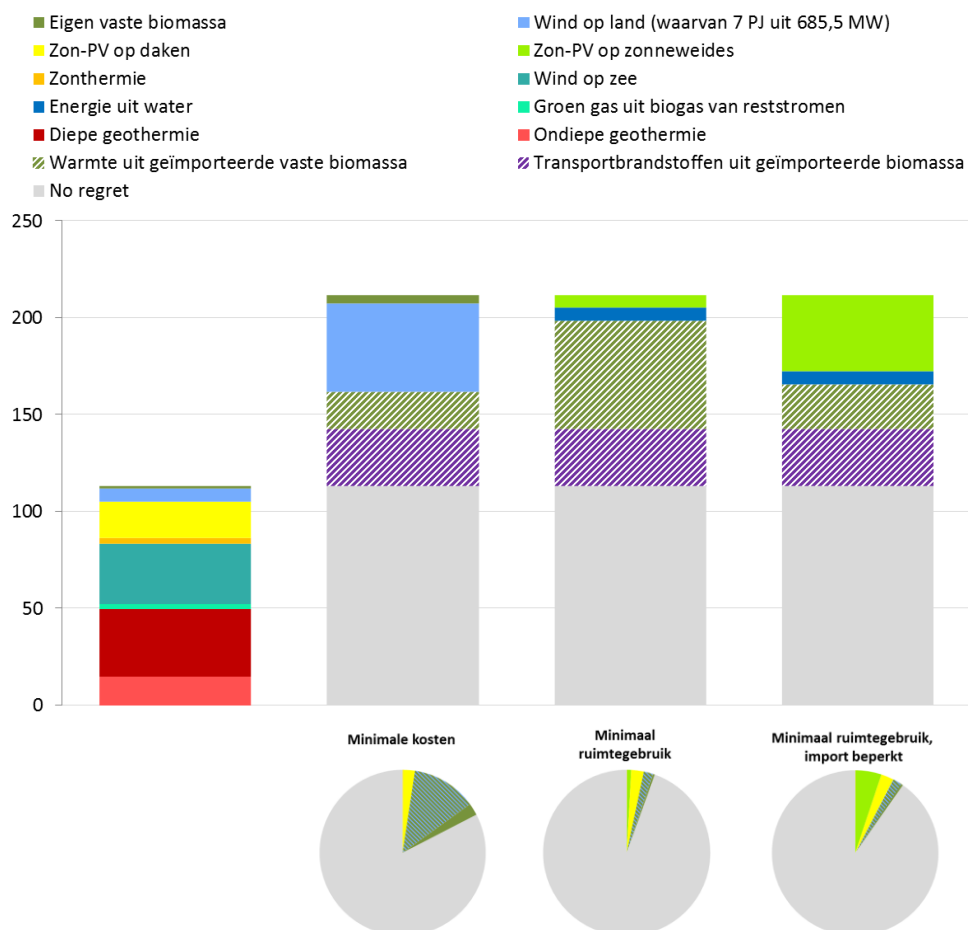
1. Het toekomstig verbruik in de eindgebruikssectoren huishoudens, diensten, industrie, transport en landbouw is geanalyseerd, waarbij een opsplitsing is gemaakt in warmte van hoge en lage temperatuur, elektriciteit en transportbrandstoffen. We

¹⁶ De ruimtelijke effecten van de energietransitie in Noord-Holland, ECN oktober 2015, publicatienr. ECN-E--15-059.

gaan daarbij uit van het verbruiksscenario uit het onderzoek uit 2015 waarbij maximaal wordt ingezet op besparing.

2. Het vaststellen van een perspectief met opties die zowel kostentechnisch als ruimtelijk preferabel zijn, waarbij de beleidsruimte op ruimtelijk en duurzaamheidsbeleid maximaal wordt benut en ook relevante ontwikkelingen buiten de invloedssfeer van de provincie worden meegenomen. Dit wordt het *no regret*-perspectief genoemd. Dit perspectief omvat de voor het Energieakkoord afgesproken 685,5 MW wind op land, het volledige potentieel voor geothermie, zon-PV op daken, zon-thermie, wind op zee en biogas en 1 PJ biomassa uit Noord-Holland uit reststromen. Het *no regret*-perspectief dekt ruim de helft van het verwachte verbruik in 2050.
3. Het invullen van de resterende energievraag met opties bovenop het *no regret*-perspectief die kostentechnisch óf ruimtelijk optimaal zijn. Een derde perspectief geeft een beeld van ruimtelijk optimale opties waarbij de import van biomassa wordt beperkt tot de vraag naar hoge temperatuur warmte en transportbrandstoffen.

Voor alle drie de benaderingen uit stap 3 is een dekkende invulling van de totale energievraag opgesteld, rekening houdend met de verschillende energiedragers lage en hoge temperatuur warmte, elektriciteit en transportbrandstoffen. In **Error! Reference source not found.** staan de invulling van de energievraag met hernieuwbare energiebronnen en de ruimtelijke impact voor deze drie perspectieven en het *no regret*-perspectief weergegeven.



Figuur 15 – Invulling van de Noord-Hollandse energievraag in 2050 met hernieuwbare energiebronnen en het resulterende ruimtelijk beslag op het totale provincieoppervlak. In de cirkeldiagrammen geeft grijs het niet gebruikte oppervlak van Noord-Holland aan.

Door de huidige inzichten over technische beperkingen, wordt voorzien dat de vraag naar hoge temperatuur warmte en transportbrandstoffen voor zwaar wegverkeer niet met andere dragers dan biomassa kan worden ingevuld. De vraag naar warmte van hoge temperatuur, d.w.z. hoger dan 140°C, betreft voornamelijk warmte voor industriële processen. Vanwege de hoge temperatuur, hoge kosten en strenge betrouwbaarheidseisen is het nog onzeker of deze warmtevraag kan worden ingevuld door andere conversietechnologieën zoals elektrische stoekeenheden en power-to-gas. Momenteel lijkt het waarschijnlijker dat deze warmtevraag met de huidige brandstofgestookte eenheden wordt ingevuld, waarbij gebruik wordt gemaakt van vaste en vloeibare biobrandstoffen. Ook voor het verbruik van transportbrandstoffen in het zware wegverkeer geldt dat een ander alternatief dan vloeibare biobrandstoffen niet voorhanden is. Daar speelt mee dat zwaar wegverkeer grensoverschrijdend is en moet aansluiten bij de beschikbare brandstofinfrastructuur in andere landen. Een ander punt is dat de verhouding van het benodigde vermogen en de capaciteit van batterijen (nog) niet afdoende is om zware voertuigen een voldoende grote actieradius te geven. Waterstoftechnologie biedt hier in principe een oplossing voor, maar is technisch en economisch nog onvoldoende ontwikkeld om op korte en middellange termijn een rol

te spelen. Voor beide energiedragers is de mate van toepassing van vaste en vloeibare biobrandstof gelijk gesteld aan de vraag. Voor lage temperatuur warmte nemen we aan dat de vraag deels met elektriciteit zal worden ingevuld (warmtepompen, elektrische boilers, etc.).

Een opvallend element in het *no-regret* perspectief is het grote aandeel geothermie. Vanuit kosten- en ruimtelijk oogpunt is dit inderdaad een effectieve optie; de haalbaarheid van uitrol op deze schaal hangt echter ook af van andere factoren. Geothermie is een kapitaalintensief productiemiddel met een ongunstig risicoprofiel (misboringen). Dit vormt een barrière voor het loskrijgen van voldoende financiering voor projecten. Daarnaast wordt geothermie veel toegepast in de glastuinbouwsector die momenteel in zwaar weer zit. Het is nog onduidelijk hoe deze factoren zich tot 2050 gaan ontwikkelen.

4.2 Conclusies en beleidsafwegingen

De conclusie van het onderzoek is dat een volledige invulling van de energievraag in 2050 met hernieuwbare energiebronnen technisch mogelijk is, maar als de kosten en het ruimtegebruik worden geoptimaliseerd kan dat niet zonder de inzet van meer wind op land en import van biomassa. In Nederland is de energievoorziening (elektriciteit, warmte en transport) verantwoordelijk voor ca. 83% van alle uitstoot van broeikasgassen. Hoewel een volledig duurzame energievoorziening tot een vergaande reductie van de broeikasgasuitstoot leidt, wordt deze daardoor dus niet tot nul gereduceerd. De uitstoot van broeikasgassen uit industriële processen, afvalverwerking en de agrarische sector vallen buiten de energievoorziening en zijn niet in deze studie meegenomen. De benodigde investering in duurzame energieproductiemiddelen voor de volledige verduurzaming van de energievoorziening in Noord Holland ligt conform de doorgerekende perspectieven tussen de 4,8 en 6,4 miljard euro.

Duidelijk wordt dat het stellen van een volledig duurzame energievoorziening als doel tot scherpe beleidskeuzes en omvangrijke (beleids-)inspanningen zal leiden. Dit geldt niet alleen voor de drie perspectieven waar de energievraag volledig met hernieuwbare energie wordt ingevuld, maar ook voor het *no regret*-perspectief dat ruim de helft van de energievraag dekt.

1. De eerste opgave ligt besloten in onze aanname uit te gaan van maximale inzet op besparing waardoor er in 2050 jaarlijks 46 PJ extra bespaard wordt ten opzichte van de prognose voor 2050 met als uitgangspunten de huidige ontwikkeling van het energieverbruik en voorgenomen beleid. Daarvoor is onder meer nodig dat alle woningen naar energielabel A+ gaan, dat alle personenauto's elektrisch zijn, dat bedrijfsgebouwen alle besparingsmaatregelen nemen tot een terugverdientijd van 20 jaar en dat de industrie elk jaar 1,5% energie bespaart (zie paragraaf 2.1 voor details per sector). Deze ontwikkeling is niet autonoom en heeft een lange looptijd. Momenteel wordt energiebesparing vanuit het Rijk en door afspraken binnen het Energieakkoord gestimuleerd. Om het maximale besparingsscenario te halen moet de stimulering van energiebesparing en de handhaving van de Wet Milieubeheer verder worden geïntensiveerd.

2. De toepassing van hernieuwbare energiebronnen zoals geschetst in het *no regret*-perspectief gaat veel verder dan de nationale doelstellingen voor 2023 en de voorgestelde Europese doelstellingen voor 2030. Omdat de energievoorziening met 83% een zeer groot aandeel van de uitstoot van broeikasgassen voor haar rekening neemt, ligt het wel in de lijn der verwachting dat de doelstellingen voor hernieuwbare energie in 2050 ambitieuzer zullen zijn dan het *no regret* perspectief zodat tot een 80-95% reductie van broeikasgasuitstoot wordt gekomen. Om het *no regret*-perspectief te realiseren moet het volledige potentieel geothermie worden ingezet, al het potentieel van zon-PV en zon-thermie op daken worden benut, net als het volledige potentieel voor groen gas en alle reststromen van vaste biomassa. Tevens moet een aandeel van de hernieuwbare elektriciteit uit wind op zee aan de provincie worden toegekend. Het aandeel wind op land dat binnen *no regret* valt is zoals afgesproken binnen het Energieakkoord.
3. Het *no regret*-perspectief vult voornamelijk de vraag naar elektriciteit en warmte van lage temperatuur in. De vraag naar warmte met hoge temperatuur en transportbrandstoffen wordt ingevuld met vaste en vloeibare biobrandstoffen. In de drie perspectieven die de volledige energievraag invullen wordt deze biomassa grotendeels of volledig geïmporteerd. Alleen als power-to-gas tegen 2050 een economisch aantrekkelijke optie wordt is die import te beperken zonder dat dit een groter ruimtelijke beslag door eigen biomassateelt tot gevolg heeft.
4. De belangrijkste opties voor invulling van de resterende vraag na invulling van het *no regret*-perspectief zijn import van biomassa en vloeibare biobrandstoffen, wind op land en zonneweiden. Ook energie uit water en eigen vaste biomassa zijn nog aanvullende mogelijkheden. De eerste drie opties hebben een voldoende groot potentieel om het gat tussen het energieaanbod uit het *no regret* perspectief en de totale energievraag te dichten. Een mix van opties is vanzelfsprekend ook mogelijk, maar import van biobrandstoffen is bij de gehanteerde uitgangspunten in alle gevallen nodig. Hieronder gaan we dieper in op de overwegingen die rond deze drie opties een rol spelen:
 - Import van biomassa
 - o Nadelen: het is geen hernieuwbare energie uit Noord-Holland zelf, import van biomassa is onderwerp van gesprek vanwege het afwentelen van ruimtegebruik op andere landen en duurzaamheidsdiscussies over bepaalde vormen van biomassa, en het is niet de goedkoopste optie
 - o Voordelen: het ruimtegebruik van geïmporteerde biomassa op Noord-Hollands grondgebied is verwaarloosbaar omdat het zich beperkt tot overslag en opslag, biomassa wordt geteeld op de meest geschikte plaats.
 - o Voor de vraag naar warmte met hoge temperatuur zijn er vooralsnog geen andere kansrijke mogelijkheden dan biomassa. Bij een op kosten geoptimaliseerde invulling waarbij 100% van het potentieel eigen biomassa zou worden ingezet zou 11% van het oppervlak van de provincie nodig zijn voor biomassa. Deze 11% kan worden ondergebracht binnen het areaal dat nodig is voor windenergie (13%) omdat binnen de ruimte die wordt ingezet voor windenergie meervoudig ruimtegebruik mogelijk is. Het totaal benodigde oppervlak voor hernieuwbare energie wordt in dat geval 18% van het oppervlak van Noord-Holland.
 - o Voor de vraag naar transportbrandstoffen voor zwaar wegverkeer worden biobrandstoffen als de meest kansrijke optie gezien. Voor

transportbrandstoffen gelden dezelfde overwegingen als hierboven beschreven voor warmte met hoge temperatuur.

- Wind op land
 - o Nadelen: een groot deel van het resterend verbruik invullen met wind op land gaat gepaard met groot ruimtebeslag, waarbij maatschappelijke acceptatie een knelpunt zal zijn.
 - o Voordelen: wind op land is een aanzienlijk goedkopere vorm van hernieuwbare energie dan toepassing van geïmporteerde biomassa en zonneweiden om de resterende vraag mee in te vullen. Bovendien kan het binnen de provinciegrenzen gerealiseerd worden.
- Zonneweiden
 - o Nadelen: zonneweiden leiden tot een groot ruimtebeslag, maar op grotere afstand met minder visuele impact dan wind. Zonneweiden zijn nauwelijks bruikbaar voor andere vormen van grondgebruik.
 - o Voordelen: het is hernieuwbare energie uit Noord-Holland zelf.
- Energie uit water
 - o De enige vorm van energie uit water met een potentieel van enige omvang in Noord-Holland betreft osmose, ook wel blue energy genoemd. Hierbij wordt elektriciteit opgewekt door gebruik te maken van zout en zoet water.
 - o Nadelen: het is een kostbare techniek.
 - o Voordelen: het is hernieuwbare energie uit de provincie zelf, het is een innovatieve techniek met exportkansen en vergt weinig ruimte.
- Eigen vaste biomassa
 - o Nadelen: het vergt een groot oppervlak.
 - o Voordelen: de kosten zijn laag, het is energie uit de provincie zelf, en de visuele impact is laag.

Welke keuze uiteindelijk gemaakt wordt heeft grote implicaties voor de benodigde infrastructuur. Een energievoorziening die goeddeels leunt op biomassa vraagt om een andere infrastructuur dan een vergaand geëlektrificeerd energiesysteem (wind- en zonne-energie). De karakteristieke looptijd van investeringen in energie-infrastructuur zijn met 50 jaar erg lang. Het is belangrijk om bij besluitvorming rekening te houden met deze lange looptijd. Het realiseren van veranderingen vraagt consistent beleid over een lange periode, en eenmaal ingezette veranderingen zijn moeilijk terug te draaien. Aan de andere kant worden er nu al investeringen gedaan, of zitten er investeringen in de pijplijn die uitgaan van een geëlektrificeerd energiesysteem, dan wel een energiesysteem gebaseerd op biomassa in 2050. De keuzes voor over 35 jaar dringen zich dus nu al op.

ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

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