

## Externe notitie

Petten, 2 april 2015

**Afdeling** Policy Studies  
**Van** Gerdes, J., van Zuijlen, C.L.  
**Aan** Ed van 't Erve, Gemeente Enschede

ECN-N--15-011

### Kopie

**Onderwerp** **Verkenning potentieel hernieuwbare energie Gemeente Enschede**

## Inleidende samenvatting

In 2009 zijn in Enschede doelstellingen geformuleerd voor 2020 op het gebied van klimaat en energie in de nota Nieuwe Energie voor Enschede. Daarnaast zijn er deelstudies gedaan naar de mogelijkheden in Enschede, met name op het gebied van hernieuwbare energie. De gemeente Enschede wil nu door bestuur, inwoners en bedrijven gezamenlijk gedragen doelstellingen vaststellen voor 2030 op het gebied van energie en klimaat. Gecombineerd met een doorkijk tot 2050 moeten deze doelstellingen omgezet worden in een concrete geactualiseerde realisatiestrategie, het Actieplan Duurzaamheid. Deze notitie beoogt hiervoor de benodigde achtergrondinformatie te bieden.

Met dit doel is de ontwikkeling van het energiegebruik in de gemeente Enschede tot 2050 in kaart gebracht, en is geanalyseerd welk deel van het verbruik kan worden ingevuld met hernieuwbare energie die binnen de gemeentegrenzen van Enschede wordt opgewekt. Op basis hiervan worden realistische doelstellingen geformuleerd voor 2030.

In de analyse zijn alle soorten energiedragers bij elkaar opgeteld, dat wil zeggen dat zowel bij het verbruik als bij de opties voor opwekking van hernieuwbare energie geen onderscheid is gemaakt tussen elektriciteit en brandstoffen. Er is dus geen rekening gehouden met het vervangen van fossiele energiedragers door hernieuwbare alternatieven die voor dezelfde toepassing geschikt zijn. Dit is van belang omdat het potentieel voor hernieuwbare elektriciteit veel groter is dan voor hernieuwbare brandstoffen. Verder zijn voor zowel de berekening van de emissies door het energiegebruik als voor vermeden emissies door de inzet van hernieuwbare energie de huidige emissiefactoren voor energiedragers gebruikt.

Het maximale potentieel voor hernieuwbare energieopwekking binnen de grenzen van de gemeente Enschede is opgenomen in tabel 1, met daarnaast vier mogelijke invullingen met hernieuwbare energieopwekking voor de situatie dat de emissiereductiedoelen binnen de grenzen van Enschede moeten worden behaald. Geconcludeerd kan worden dat, zeker bij de doelen voor 2050, een in de praktijk waarschijnlijk niet realistisch hoog beslag op de beschikbare ruimte moet worden gedaan om de doelstellingen binnen de gemeente Enschede te halen. Ook voor minder vergaande doelen zullen waarschijnlijk alle opties zullen moeten worden ingezet, inclusief zonneweides. Door de hogere dichtheid van energieverbruikers in Enschede dan in Nederland als geheel is het verdedigbaar om een aanzienlijk deel van de emissiereductiedoelen te halen door aanvoer van hernieuwbare energie van buiten de gemeente. Dit zal waarschijnlijk ook tot lagere kosten leiden.

**Tabel 1 –** *Overzicht van het potentieel van hernieuwbare energietechnieken binnen de gemeente Enschede en mogelijke invullingen per optie voor het halen van emissiereductiedoelen*

Maximale potentiële hernieuwbaar	TJ	emissiefactor (kg CO <sub>2</sub> /GJ)	20% in 2020		40% in 2030		80% in 2050		95% in 2050	
			% toepassing	vermeden emissie (kton)	% toepassing	vermeden emissie (kton)	% toepassing	vermeden emissie (kton)	% toepassing	vermeden emissie (kton)
wind	1389	131	20%	36	22%	40	25%	45	33%	60
wind urban	5	131	0%	0	0%	0	100%	1	100%	1
zonneboiler	187	63	20%	2	50%	6	100%	12	100%	12
zon PV	1713	131	42%	94	60%	134	100%	224	100%	224
zonneweiden	8033	131	5%	52	10%	105	22,7%	238	33%	341
biomassa	151	63	50%	5	75%	7	100%	10	100%	10
biom mestmono	99	63	50%	3	75%	5	100%	6	100%	6
<b>Totaal potentieel</b>	11.577									
<b>vermeden emissies</b>				193		297		535		653

## Het huidig en toekomstig energieverbruik in de gemeente Enschede

### Het huidig energieverbruik

Voor het bepalen van het energieverbruik binnen de gemeente Enschede is gebruik gemaakt van de Klimaatmonitor<sup>1</sup>. Deze database bevat regionale gegevens over het energiegebruik (gas, elektriciteit, warmte en motorbrandstoffen) in verschillende eindgebruikssectoren: woningen, diensten, transport, industrie en land- en tuinbouw. Voor het gas- en elektriciteitsverbruik van transport zijn hoeveelheden ingeschat op basis van aandelen in het nationaal verbruik van deze brandstoffen.

Warmtelevering aan de dienstensector en industrie zijn ook ingeschat met behulp van nationale cijfers voor warmteverbruik in verhouding tot het gasverbruik. Het olie- en kolenverbruik in de industrie is op nul gesteld. Het finaal energetisch verbruik in Enschede in 2012 komt zo uit op 10,6 PJ.

### Het toekomstig energieverbruik

Om het toekomstig energieverbruik te bepalen is gebruik gemaakt van projecties voor de ontwikkelingen per sector. Bij huishoudens is gebruik gemaakt van de geschatte groei van het aantal huishoudens in Enschede, voor de dienstensector van de groei van het vloeroppervlak van kantoren en utiliteitsgebouwen in Enschede, voor industrie van het groeitempo voor toegevoegde waarde in de industrie in Nederland en voor transport van het nationale groeitempo van afgelegde kilometers. Als eerste is namelijk de verandering in de omvang van activiteiten in de sectoren van invloed op de hoeveelheid gebruikte energie: het aantal woningen, het vloeroppervlak in de dienstensector, de afgelegde afstand van voertuigen en de hoeveelheid productie in de industrie. Het verbruik wordt naast de omvang van de activiteiten ook beïnvloed door veranderingen in de efficiëntie van bijvoorbeeld ruimteverwarming en het verbruik per kilometer van auto's.

Het toekomstig verbruik van Enschede is voor twee scenario's bepaald. Het eerste scenario volgt de ontwikkeling conform vastgesteld en voorgenomen beleid uit de Nationale Energieverkenning<sup>2</sup>. Het energiebesparingstempo in dit scenario is over een periode van tien jaar gemiddeld 1,2% per jaar in 2020 en 0,7% in 2030. De Nationale Energieverkenning bevat projecties tot en met 2030; in de studie voor Enschede is dit verloop geëxtrapoleerd om te komen tot een schatting van het gebruik in 2050 bij voortzetting van het voorgenomen beleid. Het tweede scenario gaat uit van dezelfde groei van de activiteiten per sector tot 2050, maar veronderstelt een hoge besparingsambitie zodat het verbruik in 2050 een stuk lager uitkomt. De voor dit scenario benodigde besparingstempo van nu tot 2050 wordt geschat op een waarde rond de 1,5% per jaar, wat dus neer komt op een verdubbeling van het besparingstempo dat in de Energieverkenning wordt verwacht voor 2030.

De volgende energiebesparingsopties zijn meegenomen voor het bepalen van het verbruik in 2050 bij vergaande besparingsmaatregelen:

- Energielabelstappen bij woningen. Aangenomen is dat alle woningen in 2050 een energielabel A+ hebben. De resulterende vermindering van de energievraag voor verwarming van circa 50% is in lijn met andere studies naar de energietransitie zoals bijvoorbeeld "Routes Verkend"<sup>7</sup>.
- Besparing op verlichting en elektrische apparaten in huishoudens. Aangenomen is dat de beste beschikbare technieken overal zijn toegepast.
- Besparing in de dienstensector. Aangenomen is dat alle gebouwen in 2050 besparende maatregelen hebben met een terugverdientijd tot 20 jaar (warmte/koudeopslag valt daar ook onder).
- Een combinatie van maatregelen die leidt tot een besparingstempo van 1,5% per jaar in de industrie
- Aangenomen is dat alle personenauto's in 2050 elektrisch zijn. Hierdoor wordt bespaard op motorbrandstoffen maar neemt het elektriciteitsverbruik in transport toe. Per saldo wordt bespaard op het finaal energiegebruik.
- Een aantal besparende maatregelen in de glastuinbouw (ook al is deze sector in Enschede zeer klein)

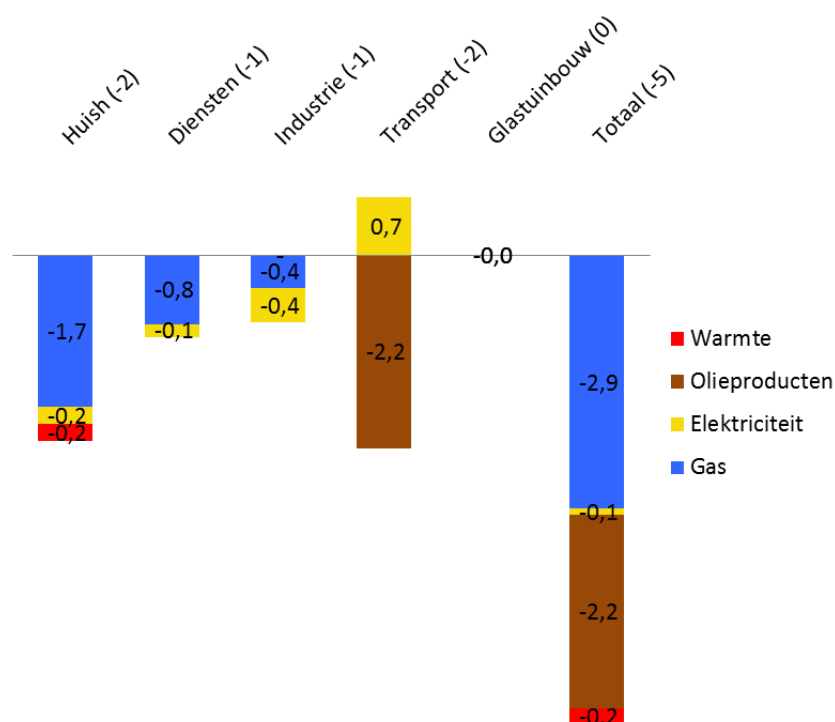
**Tabel 2 – Verbruik in de gemeente Enschede per energiedrager in 2030 en 2050 in PJ bij vastgesteld + voorgenomen beleid (BAU, voor "business as usual") en bij intensieve energiebesparing (BSP)**

PJ	2030 BAU	2030 BSP	2050 BAU	2050 BSP
<b>Olieproducten</b>	1,7	1,1	1,6	0,3
<b>Aardgas</b>	4,5	4,2	3,7	3,1
<b>Elektriciteit</b>	2,9	2,9	3,2	3,3
<b>Warmte</b>	1,1	1,0	1,2	1,0
<b>vaste biomassa</b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>totaal verbruik</b>	<b>10,2</b>	<b>9,3</b>	<b>9,8</b>	<b>7,8</b>

**Tabel 3** - Verbruik in de gemeente Enschede per sector in 2030 en 2050 in PJ bij vastgesteld + voorgenomen beleid (BAU, voor “business as usual”) en bij intensieve energiebesparing (BSP)

PJ				
	2030BAU	2030BSP	2050BAU	2050BSP
huishoudens	3,9	3,6	3,3	2,6
diensten	2,3	2,3	2,1	2,0
industrie	1,8	1,7	2,0	1,7
transport	1,8	1,4	1,9	1,0
landbouw	0,0	0,0	0,0	0,0
netverliezen	0,4	0,3	0,4	0,3
<b>totaal</b>	<b>10,2</b>	<b>9,3</b>	<b>9,8</b>	<b>7,8</b>

**Effect intensieve besparing op energieverbruik in 2050 t.o.v. frozen efficiency [PJ]**



**Figuur 1** - Het effect van intensieve besparingsmaatregelen op het verbruik in de gemeente Enschede in 2050 t.o.v. “frozen efficiency”

De energiebesparing bij intensieve maatregelen in 2050 is bepaald ten opzicht van een verbruik dat er in 2050 zou zijn als er geen enkele efficiëntieverbetering zou optreden vanaf nu; dat fictieve toekomstige verbruik is “frozen efficiency” genoemd. Het verbruik in 2050 bij frozen efficiency zou 13,2 PJ zijn. De besparing ten opzichte van frozen efficiency is 5,4 PJ (zie figuur 1) ofwel ruim 40%. Ten opzichte van “business as usual” is het verschil kleiner, omdat in business as usual al wel

efficiëntieverbeteringen zijn meegenomen. De figuur is opgenomen om te laten zien hoe de bespaarde hoeveelheden energie zich tot elkaar verhouden. Het verbruik in 2030 voor het scenario met intensieve besparing is bepaald met interpolatie. Het verbruik bij voortzetting van voorgenomen beleid tot 2050 leidt tot een geschat verbruik in 2050 van 9,8 PJ, bij sterk inzetten op energiebesparing kan het verbruik in 2050 dalen tot 7,8 PJ.

## Het potentieel voor hernieuwbare energie in de Gemeente Enschede

### Totaal potentieel hernieuwbare energieopties Gemeente Enschede

Hieronder worden de resultaten van de verkenning naar het technisch potentieel van hernieuwbare energie in de gemeente Enschede weergegeven. In eerste instantie is hierbij, conform de opdracht, uitgegaan van het rapport met een overzicht van deelstudies van Saxion uit 2008<sup>3</sup>. Op basis van dit rapport komt het totale technisch potentieel voor hernieuwbare energieproductie uit op 1,7 PJ. Hoewel ECN geen gedetailleerde analyse heeft uitgevoerd van de aannames en uitkomsten van het Saxionrapport, komen de meeste bevindingen overeen met de huidige inzichten van ECN. Voor de energiebronnen zon en wind is echter een uitbreiding toegevoegd aan de schatting uit het Saxionrapport voor de elektriciteitsopties. Daarnaast is ook productie van biogas uit mest nog opgenomen als additioneel potentieel. De resultaten hiervan zijn in tabel 4 aangegeven in de rijen met een X in de laatste kolom. Te zien is dat het potentieel van zonneweides doorslaggevend is in de forse aanpassing van het totale technisch potentieel naar 11,6 PJ. Deze uitbreiding is gebaseerd op een schatting van beschikbare oppervlakte aan buitengebied binnen de gemeente Enschede. Vanzelfsprekend is dit geen garantie dat al deze gebieden zonder meer geschikt zijn voor toepassing van deze zonneweides en dient dit nader onderzocht te worden. In deze analyse is de netinpassing van grote hoeveelheden hernieuwbare elektriciteit overigens buiten beschouwing gelaten.

**Tabel 4** – *Maximaal potentieel hernieuwbare energie in de gemeente Enschede per optie*

Hernieuwbare energiebron	Energieproductie met uitbreiding ECN (MWh)	Energieproductie met uitbreiding ECN (TJ)	Additioneel potentieel ECN
<b>Wind</b>	385.900	1389	X
<b>Wind - urban</b>	1.500	5	
<b>Zonneboiler</b>	52.000	187	
<b>Zon-PV</b>	475.900	1.713	X
<b>Zon-PV zonneweide</b>	2.231.300	8.033	X
<b>Biomassa</b>	42.000	151	
<b>Biomassa mestmonovergisting</b>	27.500	99	X
<b>TOTAAL</b>	<b>3.216.100</b>	<b>11.577</b>	

In de opdrachtformulering is expliciet gevraagd welke mogelijkheden de gemeente Enschede heeft indien er niet voldoende hernieuwbare energie binnen de gemeentegrenzen kan worden opgewekt. Dit is een belangrijke vraag aangezien het geschatte technisch potentieel met name voor de zon-PV-veldsystemen en wind in de praktijk hoogstwaarschijnlijk niet volledig benut zal kunnen worden. De

kosten (bij zonneweiden) en het draagvlak voor het plaatsen van zonnepanelen en windturbines in een groot deel van het buitengebied van Enschede zullen sterk van invloed zijn op het daadwerkelijk gerealiseerde potentieel. Het is daarom waarschijnlijk dat het realistisch potentieel voor hernieuwbare energie lager komt te liggen dan de energievraag (na aftrek van besparingen) binnen de gemeente. Hierdoor ontstaat de vraag hoe de gemeente dit gat aan hernieuwbare energieopwekking kan opvullen. Het valt buiten het bestek van deze verkennende studie om daartoe concrete oplossingen aan te dragen. Wel zijn de volgende oplossingen denkbaar: het inkopen van een minimum hoeveelheid “echt” groene stroom, het bijdragen aan projecten in de regio of provincie, het importeren van biomassa-afvalstromen die in de gemeente Enschede zouden kunnen worden verwerkt of het importeren van biobrandstoffen. Voor een nadere toelichting op de potentiële schattingen wordt verwezen naar Bijlage 1.

## De kosten van hernieuwbare energieopties

Voor de schatting van de kosten voor hernieuwbare energie in 2030 en 2050 wordt geput uit het RESolve-E model van ECN in combinatie met het ECN-Eindadvies basisbedragen SDE+2015<sup>4</sup>. Uiteraard zijn daadwerkelijke prijsontwikkelingen sterk afhankelijk van de markt en diverse interne en externe factoren. Onderstaande getallen geven echter een goede globale indicatie van de kostenontwikkeling. De kosten zijn gebaseerd op een economische levensduur van 15 jaar. De technologische levensduur van bijvoorbeeld een windturbine kan enerzijds veel langer zijn, anderzijds kan het juist ook zijn dat, omdat de turbine is afgeschreven, de turbine na 15 jaar vervangen wordt. Dit betekent dat in de periode tot 2050 de reeds geïnstalleerde turbines minimaal 1 keer vervangen zouden worden en dit impliceert dat onderstaande kosten niet direct vermenigvuldigd moeten worden met het totaal opgestelde vermogen. De totale kosten hangen af van het beoogde ingroeipad, de totale levensduur en het moment waarop de hernieuwbare energiebron opgesteld wordt. Daarnaast zitten in het gehanteerde SDE-model enkele vaste parameters (inflatie, rente, verhouding eigen/vreemd vermogen et cetera). Al deze parameters hebben invloed op de genoemde kostprijs en deze parameters zullen in 2030 en 2050 waarschijnlijk veranderd zijn. In deze studie is ervoor gekozen om deze parameters constant te houden. De waarden van deze parameters zijn te raadplegen in de modellen op de website van het Eindadvies basisbedragen SDE+2015<sup>5</sup>.

**Tabel 5 – Kosten van hernieuwbare energieopwekking in Enschede (alleen kosten windenergie aangepast aan lokale omstandigheden)**

Kosten hernieuwbare energieopwekking [kEuro/TJ]	2030	2050
<b>Wind</b>	24	21
<b>Wind – Urban *</b>	247	214
<b>Zonneboiler (warmte)</b>	38	38
<b>Zon-PV huishoudens</b>	50	39
<b>Zon-PV zonneweide</b>	29	23
<b>Biomassa – allesvergisting WKK</b>	26	26
<b>Biomassa – mestmonovergisting (biogas)</b>	38	38

\*: Urban of microwind bestaat uit kleine windmolens met relatief hoge kosten per kWh, zie voor een uitgebreidere toelichting de bijlage

## CO<sub>2</sub>-Besparing door inzet van hernieuwbare energie

De door de inzet van hernieuwbare energiebronnen vermeden CO<sub>2</sub>-emissies zijn berekend met behulp van de huidige CO<sub>2</sub>-emissiefactoren van respectievelijk elektriciteit (vanwege het in de toekomst grote aandeel hernieuwbaar op basis van de integrale methode; zie voor details de referentie in de tabel) en warmte, zie tabel 6. Inzet van bijvoorbeeld meer windturbines, met een CO<sub>2</sub>-emissiefactor van nul, zal er voor zorgen dat die hoeveelheid elektriciteit niet meer conventioneel hoeft te worden opgewekt en leidt daarmee tot een CO<sub>2</sub>-reductie per opgewekte kWh elektriciteit. In tabel 8 in de sectie over ambities voor broeikasgasemissiereductie zijn de vermeden emissies behorend bij verschillende scenario's voor de inzet van hernieuwbare energiebronnen opgenomen.

**Tabel 6** – CO<sub>2</sub>-emissiereductiefactoren per energiedrager

CO <sub>2</sub> -emissiefactor [kg CO <sub>2</sub> /kWh]	2013	Toelichting
<b>Elektriciteit</b>	0,47	Integrale methode <sup>6</sup>
<b>Warmte</b>	0,23	Ketel op aardgas met 90% rendement
<b>Motorbrandstoffen</b>	0,26	Gemiddeld voor benzine en diesel

## Doelstellingen voor de opwekking van hernieuwbare energie en emissiereductie binnen de gemeente Enschede

### Mogelijke doelstellingen voor aandeel hernieuwbare energie

Voor de doelstellingen voor het aandeel hernieuwbare energie in 2030 is het uitgangspunt wat er voor 2050 als einddoel wordt vastgesteld. Er zijn drie ambitieniveaus geformuleerd. Als startpunt voor de lage doelstelling voor 2050 is aangenomen dat 60% van het energiegebruik in Nederland uit hernieuwbare bron afkomstig moet zijn<sup>7</sup>; dit tegen de achtergrond van de Nederlandse doelstelling om in 2050 de broeikasgasemissies met 80 tot 95% te hebben verminderd. Deze doelstelling kan niet één-op-één worden gekopieerd naar een benodigd percentage hernieuwbare energie, omdat er meer opties zijn om de emissies te verminderen, zoals energiebesparing, ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> (CCS) en het beperken van niet-energie-gerelateerde emissies. Omdat de gemeente Enschede in relatie tot het aantal inwoners minder geschikt grondoppervlak tot zijn beschikking heeft dan gemiddeld voor Nederland leidt dat tot een aandeel hernieuwbaar in Enschede van 27% in 2050. Dit is 45% van de eerder genoemde 60%. Deze 45% van het nationale aandeel hernieuwbaar dat voor Enschede wordt gehanteerd is gebaseerd op de oppervlakte van bebouwd en agrarisch terrein in Enschede dat bruikbaar is voor zon PV vergeleken met de oppervlakte van deze terreinen in Nederland als geheel (0,4%) en met het aantal inwoners in Enschede t.o.v. Nederland (0,9%). Enschede heeft dus vergeleken met Nederland als geheel minder geschikte oppervlakte en een hogere bevolkingsdichtheid. Delen van 0,4% door 0,9% leidt tot de genoemde schaalfactor van 45%.

Het doel voor 2030 is afgeleid uit het doel voor 2050 door het aantal jaren van nu tot 2030 (15) te delen door het aantal jaar van nu tot 2050 (35). Dit leidt tot een lage doelstelling voor 2030 van 12% hernieuwbaar. Voor de hoge doelstelling is uitgegaan van een percentage van 100% hernieuwbare energie in Enschede in 2050. Dit komt met dezelfde omrekening op een doel van 43% hernieuwbaar in 2030. Deze percentages zijn, ook voor 2030, toegepast op het verbruik na maximale besparing in 2050 om te komen tot hoeveelheden hernieuwbare energie die moeten worden opgewekt bij de

verschillende ambitieniveaus in 2030 en 2050. In tabel 7 staat een overzicht van het energiegebruik in 2030 en 2050 bij voortzetting van het voorgenomen beleid (BAU) en bij een hoge besparing (BSP) en de hoeveelheid hernieuwbare energie die bij de verschillende ambitieniveaus binnen de gemeentegrenzen moeten worden opgewekt. De middenambities zijn het gemiddelde van de hoge en de lage ambitie.

**Tabel 7 – Toekomstig energieverbruik en percentages en hoeveelheden op te wekken hernieuwbare energie bij verschillende ambitieniveaus**

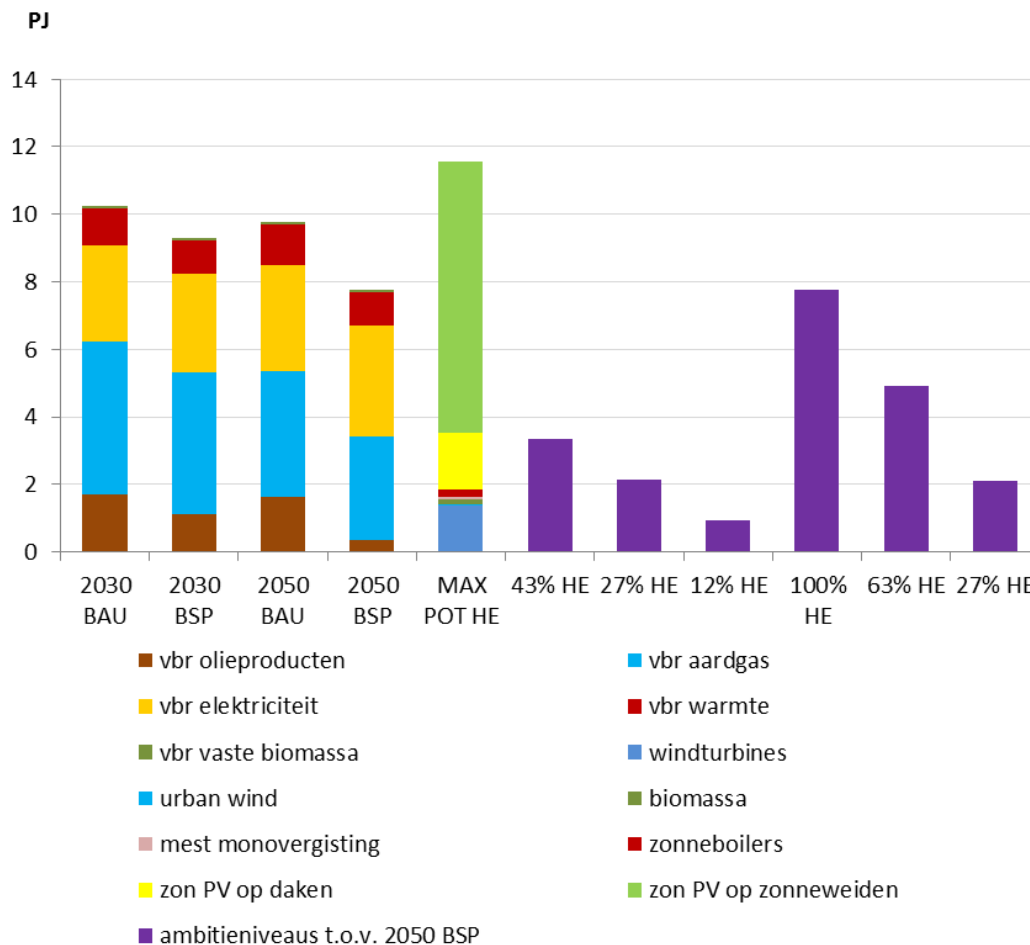
PJ	2030	2050
<b>verbruik BAU</b>	(10,2)	9,8
<b>verbruik BSP</b>	(9,3)	7,8
<b>percentage hernieuwbaar lage ambitie</b>	12%	27%
<b>percentage hernieuwbaar middenambitie</b>	27%	63%
<b>percentage hernieuwbaar hoge ambitie</b>	43%	100%
<b>hernieuwbaar lage ambitie BAU</b>	1,2	2,6
<b>hernieuwbaar middenambitie BAU</b>	2,6	6,2
<b>hernieuwbaar hoge ambitie BAU</b>	4,2	9,8
<b>hernieuwbaar lage ambitie BSP</b>	0,9	2,1
<b>hernieuwbaar middenambitie BSP</b>	2,1	4,9
<b>hernieuwbaar hoge ambitie BSP</b>	3,3	7,8

In figuur 2 zijn in de vier linker kolommen de verbruiken in 2030 en 2050 voor de twee scenario's getoond, daarnaast het maximaal technisch potentieel voor de opwekking van hernieuwbare energie in de gemeente Enschede, en in de rechter zes kolommen drie ambitieniveaus voor 2030 en voor 2050. Wat er uit springt is het enorme opwekkingspotentieel van zonneweiden. In praktijk zal het vanwege de soms nog hoge kosten en overige randvoorwaarden zoals landschappelijke inpassing, draagvlak bij omwonenden en andere bestemmingen van de grond niet mogelijk zijn het volledige technisch potentieel voor hernieuwbare energieopwekking te benutten; voor een realistischer inschatting van de daadwerkelijk invulling van het potentieel voor hernieuwbare energie zijn de ambitieniveaus vastgesteld. De ambitieniveaus voor 2030 zijn gebaseerd op aandelen van 43%, 27% en 12% van het verbruik in 2050 bij maximale energiebesparing (2050 BSP) dat in 2030 hernieuwbaar moet worden opgewekt.

De verwachting is dat het niet realistisch is om het volledige energiegebruik van de gemeente Enschede te dekken met hernieuwbare energie die binnen de gemeentegrenzen wordt opgewekt, zelfs niet als maximaal op energiegebruik is bespaard. Het is ook niet economisch optimaal; wind op land, waarvan de elektriciteit ook zou kunnen worden aangevoerd van buiten de gemeente, kost nu zo'n 7 cent per kWh, zon PV uit grotere systemen 15 cent/kWh, hoewel de kosten voor zon PV sneller dalen dan die voor wind. Realistischer dan alles binnen de gemeentegrenzen opwekken is een aandeel van rond de helft eigen hernieuwbare opwek, en de rest eventueel aan te vullen met inkoop van hernieuwbare energie.



Bij het potentieel voor opwekking van hernieuwbare energie is overigens geen onderscheid gemaakt tussen elektriciteit, warmte en brandstoffen. Zoals te zien is in figuur 2 is het potentieel voor hernieuwbare elektriciteit veel hoger dan dat voor hernieuwbare warmte en brandstoffen. Bij het formuleren van de doelstellingen is er van uitgegaan dat de soort hernieuwbare energie geen rol speelt, maar dat alleen de totale hoeveelheid van belang is.



**Figuur 2** – Energieverbruik bij voortzetten van voorgenomen beleid (2030 BAU en 2050 BAU, waarin BAU staat voor “Business As Usual”) en bij sterk inzetten op besparing (2030 BSP en 2050 BSP), het maximaal potentieel voor hernieuwbare energie (MAX POT HE) en drie ambitieniveaus voor zowel 2030 als 2050 voor het percentage hernieuwbare energie t.o.v. het verbruik bij hoge besparing in 2050

### Doelstellingen voor de reductie van broeikasgasemissies

In de Europese Unie zijn doelstellingen vastgesteld voor de reductie van de emissie van broeikasgassen. Er zijn meer broeikasgassen dan koolstofdioxide, maar CO<sub>2</sub> vormt wel het grootste deel. Voor 2020 is het doel voor de EU 20% reductie ten opzichte van 1990, voor 2030 40% en voor 2050 80 tot 95%. Om te laten zien wat deze doelstellingen voor Enschede zouden betekenen als ze zouden moeten worden behaald met behulp van energiebesparing en de inzet van hernieuwbare energie, zijn zowel het toekomstig energiegebruik als het potentieel hernieuwbare energie met emissiefactoren per energiedrager omgerekend in de emissies van CO<sub>2</sub>. De emissiefactoren zijn bij

deze analyse voor alle energiedragers constant gehouden<sup>a</sup>. In werkelijkheid is de verwachting dat de emissiefactor van elektriciteit aanzienlijk af zal nemen door de sterke groei van de hernieuwbare elektriciteitsproductie. Ook fossiele brandstoffen zullen voor een groot deel door hernieuwbare alternatieven worden vervangen. Door de emissiefactoren constant te houden is toch een indruk te krijgen van de voor emissiereductie benodigde inzet van hernieuwbare energie.

Er is geen onderscheid gemaakt tussen emissiereductie ten gevolge van de inzet van hernieuwbare elektriciteit en de inzet van hernieuwbare warmte. De gebruikte emissiefactor voor elektriciteit is een stuk hoger dan die voor brandstoffen, zodat hernieuwbare elektriciteit per TJ een ruim twee keer zo grote hoeveelheid uitstoot vermijdt dan hernieuwbare brandstof per TJ. De resultaten moeten dus met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

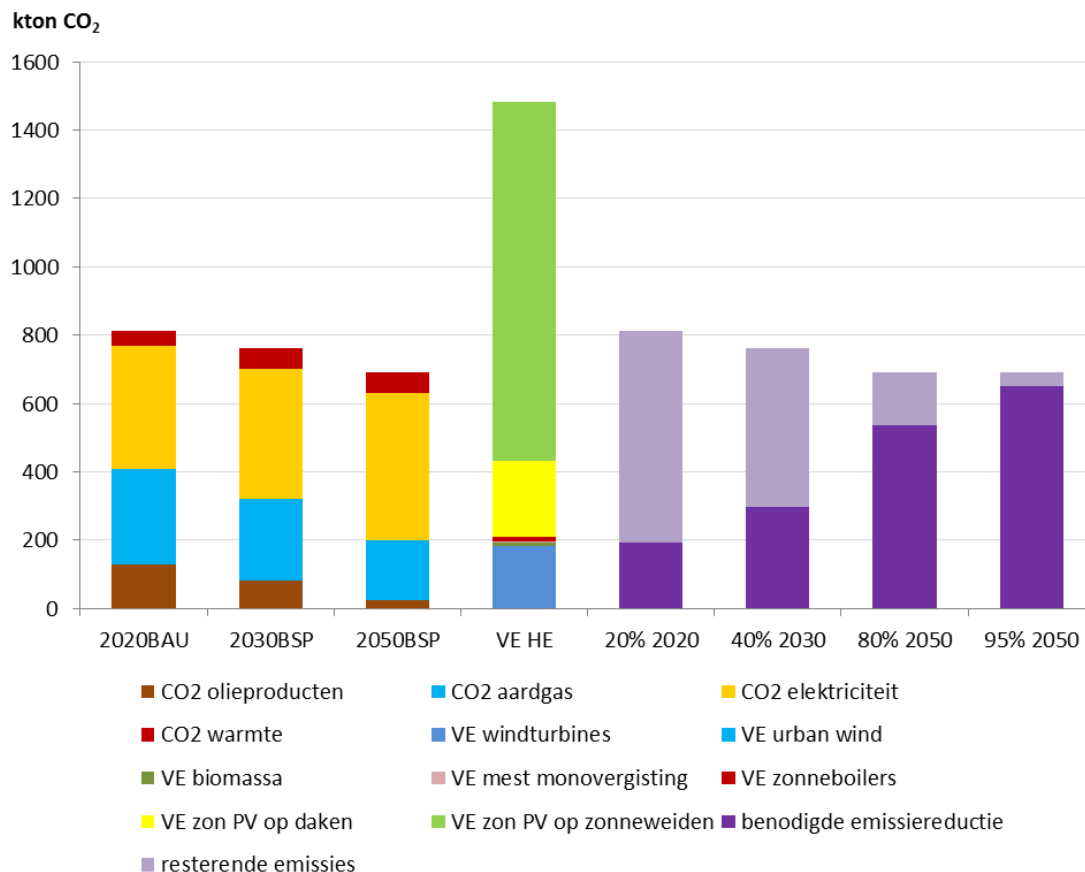
De emissie van CO<sub>2</sub> binnen de gemeente Enschede in 1990 is geschat door het verbruik per energiedrager in 2012 terug naar 1990 extrapoleren met behulp van de nationale trends in finaal verbruik per energiedrager. Daarmee wordt de uitstoot in 1990 777 kton. Dit is iets minder dan de 800 kton die voor 1990 werd verondersteld in het rapport "Nieuwe Energie voor Enschede". De toegestane toekomstige emissies zijn berekend door de reductiepercentages af te trekken van de uitstoot in 1990. Het verschil met de emissie die wordt verwacht in de jaren 2020, 2030 en 2050 bij de scenario's met stevige inzet op energiebesparing is de hoeveelheid die moet worden vermeden door inzet van hernieuwbare energie. Per jaar zijn keuzen gemaakt voor de aandelen van de potentiële van de verschillende opties voor hernieuwbare energie die kunnen worden ingezet om de emissiereductie te halen. Andere verdelingen over de opties zijn natuurlijk ook mogelijk, maar de mogelijkheden worden beperkt door de omvang van de verschillende opties. De uitkomst van de berekeningen en de gekozen verdeling over de opties staat in tabel 8. In figuur 3 zijn de emissies als gevolg van het energieverbruik, het potentieel voor emissiereductie door inzet van hernieuwbare energie en de benodigde emissiereductie afgebeeld.

---

<sup>a</sup> 63 kg CO<sub>2</sub> per GJ warmte (gebaseerd op een gasgestookte ketel met een rendement van 90%) en 131 kg CO<sub>2</sub> per GJ elektriciteit

**Tabel 8 – Mogelijke inzet van hernieuwbare energie-opties binnen de gemeente Enschede voor het halen van de doelstellingen voor broeikasgasemissiereductie**

Maximale potentiële hernieuwbaar	TJ	emissiefactor (kg CO <sub>2</sub> /GJ)	20% in 2020		40% in 2030		80% in 2050		95% in 2050	
			% toepassing	vermeden emissie (kton)	% toepassing	vermeden emissie (kton)	% toepassing	vermeden emissie (kton)	% toepassing	vermeden emissie (kton)
wind	1389	131	20%	36	22%	40	25%	45	33%	60
wind urban	5	131	0%	0	0%	0	100%	1	100%	1
zonneboiler	187	63	20%	2	50%	6	100%	12	100%	12
zon PV	1713	131	42%	94	60%	134	100%	224	100%	224
zonneweiden	8033	131	5%	52	10%	105	22,7%	238	33%	341
biomassa	151	63	50%	5	75%	7	100%	10	100%	10
biomestmono	99	63	00%	3	75%	5	100%	6	100%	6
<b>Totaal</b>	<b>11577</b>									
vermeden emissies per scenario (ktonCO <sub>2</sub> )				193		297		535		653
te vermijden emissies (kton CO <sub>2</sub> )				192		297		535		652



**Figuur 3** – CO<sub>2</sub>-emissies per energiedrager in 2020, 2030 en 2050, het maximaal potentieel vermeden emissies door inzet van hernieuwbaar bij constante emissiefactoren (VE HE) en de benodigde emissiereductie in 2020, 2030 en 2050.

## Conclusies

Het in 2050 volledig dekken van het energiegebruik van de gemeente Enschede met hernieuwbare energie die binnen de gemeentegrenzen is opgewekt is vanwege het benodigde ruimtebeslag niet realistisch en economisch niet optimaal. Een geschiktere doelstelling zou kunnen aansluiten op nationale doelstellingen voor het aandeel hernieuwbare energie, waarbij een vertaling is gemaakt op basis van de mogelijkheden binnen de gemeentegrenzen vergeleken met de mogelijkheden van Nederland als geheel. Een middelhoge of lage doelstelling komt daarmee uit op een percentage van ruim onder de 100%, waardoor er dus nog energie van buiten aangevoerd zal moeten worden.

Een alternatief voor een doel voor het aandeel hernieuwbare energie is een doel voor emissiereductie. Als de gemeente wil aansluiten bij de doelen van de EU geeft de indicatieve analyse van benodigde inzet van hernieuwbare energie-opties aan dat alle opties ingezet zullen moeten worden om de doelen voor 2050 te halen, inclusief een flink deel van het potentieel voor zonneweiden.

Als aanvulling op de doelstelling kan worden overwogen of de rest van het verbruik gedekt moet worden met hernieuwbare energie van buiten de gemeentegrenzen. Een nadeel daarvan is dat het doel daarmee mede afhankelijk wordt van ontwikkelingen die buiten de invloedssfeer van Enschede liggen.

Uit de inventarisatie van het toekomstig energiegebruik, het potentieel voor de opwekking van hernieuwbare energie binnen de gemeentegrenzen van Enschede, een drietal voorgestelde ambitieniveaus voor het aandeel hernieuwbare energie en de doelstellingen voor emissiereductie blijkt dat, behalve bij de laagste ambitieniveaus, alle hernieuwbare bronnen zullen moeten worden ingezet om de doelen te halen. Daarbij is dus ook de toepassing van zonneweiden nodig.

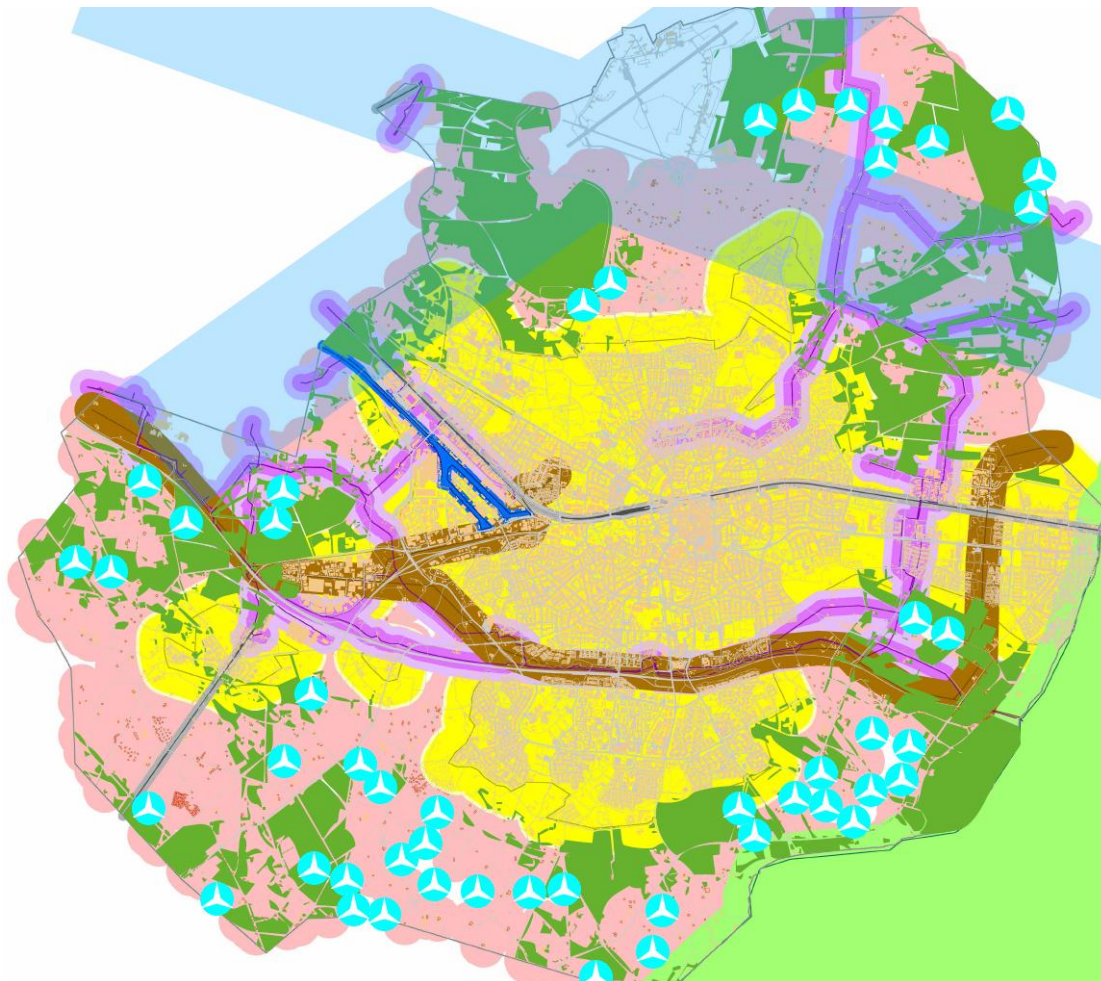
## Bijlage: fact sheets hernieuwbare opties

In deze bijlage worden de verschillende opties voor hernieuwbare energie binnen de gemeente Enschede nader toegelicht. In eerste instantie is hierbij uitgegaan van de potentiële en opbrengsten zoals vermeld in het Saxionrapport. Daar waar is afgeweken van het Saxionrapport is dat aangegeven in de tekst.

### Windenergie

#### *Technisch potentieel windturbines*

Het rapport van Elferink<sup>8</sup> geeft aan dat er in de gemeente Enschede 16 MW potentieel aan windenergie te realiseren is. Hiervoor worden drie locaties genoemd: de locatie Usseleres, het Grolschterrein en het terrein bij de Windmolenweg A35. In deze studie wordt echter uitgegaan van een GIS-kaart die is samengesteld door de gemeente Enschede, zie figuur B1.



**Figuur B1** – Mogelijke locaties windturbines (*bron: kaart gemeente Enschede; locaties ECN*)

De gekleurde gebieden op de kaart geven de verschillende belemmeringen voor plaatsing van windturbines weer, zoals de bebouwde kom met een bufferruimte van 400 meter, pijpleidingen met een bufferruimte aan weerszijden en de ecologische hoofdstructuur. Enkele locaties die als geschikt worden aangeduid in het rapport van Elferink vallen buiten de geschikte gebieden in figuur B1. Als geen rekening wordt gehouden met andere bezwaren, en op alle plekken waar geen belemmering geldt windturbines worden neergezet met een onderlinge tussenruimte van 500 meter dan kunnen 49 turbines worden geplaatst. De hoeveelheid energie die hiermee kan worden opgewekt is weergegeven in tabel B1.

**Tabel B1 – Maximaal potentieel windenergie**

WIND		Opmerkingen
<b>Aantal turbines</b>	49	Maximaal mogelijk bij alleen strikte belemmeringen
<b>Geïnstalleerd vermogen</b>	117,6 MW	2,4 MW turbines
<b>Verhouding tussen e-productie en vermogen</b>	3280/8760	Aantal vollasturen
<b>Windsnelheid</b>	6,5 m/s	
<b>Jaarlijkse opbrengst (MWh)</b>	385.900 MWh/jaar	
<b>Jaarlijkse opbrengst (TJ)</b>	1389 TJ/jaar	

*Mogelijk additioneel technisch potentieel windturbines*

Indien gesproken wordt over *theoretisch technisch potentieel* bestaan er mogelijkheden om uit te gaan van een groter potentieel dan geschetst wordt in het rapport van Elferink. Daarvoor zijn er twee opties: 1 - het plaatsen van nieuwere turbines met hogere opbrengsten; en 2 - het benutten van buitengebieden van de gemeente Enschede. Hieronder worden deze twee opties nader toegelicht.

*1. Verhoging technisch potentieel door inzet ander type turbines*

Het achtergrondrapport van Elferink stamt uit 2008 en sindsdien zijn er nieuwe type turbines op de markt die een hogere productie kunnen halen<sup>b</sup>. Hierbij is rekening gehouden met de windsnelheid die in de gemeente Enschede heerst (6,5 m/s) en wordt gerekend met een standaard ruweheidsfactor. Niet bekend is welke eisen er worden gesteld aan de rotordiameter en ashoogte voor de locaties.

*2. Uitbreiding technisch potentieel d.m.v. benutting buitengebieden Enschede*

In het rapport van Elferink staat het volgende over de mogelijkheid om in buitengebieden van Enschede windmolens te plaatsen: “ten zuidwesten van Enschede is een groen gebied, waar mogelijk wel windturbines geplaatst kunnen worden, maar door het kleinschalige landschap valt deze mogelijkheid ook af.” Door ECN is gebruik gemaakt van de GIS-zoekgebiedenkaart van de gemeente Enschede uit figuur B1. De eis dat een windturbine minimaal 400 meter van bebouwing af moet

<sup>b</sup> Het vermogen is voor deze turbines wel nagenoeg gelijk gehouden. Er zijn momenteel 6-7,5 MW turbines die op land gebouwd worden. Dit type turbine is momenteel nog relatief erg duur ten opzichte van de normale 2-3 MW turbines voor wind op land (Lensink, van Zuijlen, 2014). Daarnaast zijn deze turbines ook relatief groot en wordt daarom verwacht dat ook dit lastig zal zijn binnen de inpassing van de gemeenten Enschede. Om die reden is geen aanpassing gedaan in het vermogen dat verwacht wordt geïnstalleerd te worden.

staan, de afstandseisen tot leidingen, kanalen en spoorlijnen en het uitsluiten van de ecologische hoofdstructuur resulteert in 49 mogelijke locaties. Op 19 locaties kan één turbine staan, op de overige locaties is er ruimte voor twee of meer turbines. Meestal gaat het dan echter ook om slechts twee exemplaren. Er zijn twee locaties waar meer turbines bij elkaar zouden kunnen staan: ten zuidwesten van de stad 5 en ten zuidoosten 8. Al met al zou er een potentieel van 385.900 MWh/jaar behaald kunnen worden. Hierbij past de kanttekening dat er in de praktijk meer belemmeringen een rol spelen dan in de GIS-kaart zijn meegenomen, maar het doel van deze benadering is het maximale potentieel vast te stellen.

#### *Kosten windturbines*

Voor het bepalen van de kosten van windenergie is als startpunt uitgegaan van het ECN- Eindadvies basisbedragen SDE+2015<sup>4</sup>, de categorie 'Wind op land, < 7,0 m/s'. De berekeningen zijn hierbij gebaseerd op een economische levensduur van 15 jaar. Daarnaast wordt gerekend met 3280 vollasturen (gezien de heersende windsnelheden in de gemeente Enschede). Voor de schatting van de kosten voor in 2030 en 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 op een indicatieve manier doorgetrokken en leidt tot de aanname is dat de kostendaling 30% zal bedragen tegen 2050. Voor de huidige analyse zijn de onderhoudskosten gelijk gehouden.

**Tabel B2 – Kosten van windenergie**

KOSTEN WIND	2030	2050
<b>Investeringskosten</b>	1100 EUR/kW	950 EUR/kW
<b>Onderhoudskosten (vast)</b>	15,3 EUR/kW	15,3 EUR/kW
<b>Onderhoudskosten (variabel)</b>	0,0143 EUR/kWh	0,0143 EUR/kWh
<b>Kosten per kWh (bij levensduur 15 jaar)</b>	0,086 EUR/kWh	0,077 EUR/kWh
<b>Kosten per TJ (bij levensduur 15 jaar)</b>	24 kEUR/TJ	21 kEUR/TJ

#### *Belangrijkste belemmeringen*

Met name de ruimtelijke inpassing en het draagvlak voor windenergie zullen belangrijke belemmeringen zijn voor het daadwerkelijk realiseren van de windturbines. Zo vereisen de huidige uitgangspunten van de Omgevingsvisie en Omgevingsverordening van de Provincie Overijssel een koppeling aan grote bedrijfsterreinen en infrastructuur. Naar deze overige belemmeringen zal een nadere studie nodig zijn.

## Urban wind turbines

#### *Technisch potentieel urban wind turbines*

Een aparte categorie wordt gevormd door de urban turbines (microturbines). Deze worden in vergelijking met de reguliere MW-schaal windturbines gekenmerkt door hogere investeringskosten (circa drie keer zo duur per kW als een reguliere windturbine) per hoeveelheid opgewekte elektriciteit. Zoals terecht is geconcludeerd in het Saxionrapport zijn het potentieel en de aantrekkelijkheid van de kleine windturbines daarmee niet zo hoog. Toch kan de toepassing in bepaalde gevallen acceptabel zijn vergeleken met de elektriciteitsprijs voor kleinverbruikers, utiliteit



of agrarische bedrijven. Voor de berekeningen aan urban wind turbines zijn de getallen uit het Saxion rapport niet aangepast.

**Tabel B3 – Potentieel urban wind turbines**

POTENTIEEL URBAN WIND	Input Saxion	Opmerkingen
Vermogen per turbine	2,5 kW	
Geïnstalleerd vermogen 2020	0,5 MW	Gebaseerd op 1% van potentieel in NL
Geïnstalleerd vermogen 2040	2,5 MW	
Aantal turbines 2020	200	
Aantal turbines 2040	1000	
Verhouding tussen e-productie en vermogen	600/8760	Aantal vollasturen
Opbrengst 2020 in MWh	300 MWh/jaar	
Opbrengst 2040/2050 in MWh	1500 MWh/jaar	
Opbrengst 2040/2050 in TJ	5 TJ/jaar	

#### Kosten urban windturbines

De kosten voor urban wind turbines zijn gebaseerd op een studie van de World Wind Energy Association<sup>9</sup> over dit type kleine windturbines. Volgens de WWEA bedroegen de kosten wereldwijd tussen 2300 USD/kW en 10.000 USD/kW, waarbij de lagere bedragen gelden voor de grotere turbines, die onder Nederlandse omstandigheden niet als zodanig zouden kwalificeren. In deze studie zijn de kosten van deze microwindturbines gebaseerd op het rapport Verkenning Energetisch Potentieel Flevoland 2050<sup>10</sup>. Dezelfde kostendalingen als voor wind op land zijn aangehouden voor 2030 (18%) en 2050 (30%). Daarnaast is het SDE OT model gebruikt om tot de kosten per kWh te komen.

**Tabel B4 – Kosten urban wind turbines**

KOSTEN URBAN WIND	2030	2050
Investeringskosten	4250 EUR/kW	3650 EUR/kW
Onderhoudskosten (vast)	15,3 EUR/kW	15,3 EUR/kW
Onderhoudskosten (variabel)	0,0143 EUR/kWh	0,0143 EUR/kWh
Kosten per kWh (bij levensduur 15 jaar)	0,89 EUR/kWh	0,77 EUR/kWh
Kosten per TJ (bij levensduur 15 jaar)	247 kEUR/TJ	214 kEUR/TJ

#### Belangrijkste belemmeringen

Met name de relatief hoge investeringskosten (afgezet tegen de geringe opbrengst) zullen een belemmering zijn voor het daadwerkelijk plaatsen van de micro windturbines.

## Zonne-energie (warmte, zonthermie)

### Technisch potentieel

Het Saxionrapport geeft een overzicht van het totaal voor toepassing van zonne-energie beschikbare dakoppervlak in de gemeente Enschede. Voor zonthermie (zonneboilers) is geen aanpassing gedaan op de aanname dat circa 52.000 woningen worden kunnen voorzien van zonthermie.

**Tabel B5 – Maximaal potentieel zonneboilers**

ZONNEBOILERS	Opmerkingen	
<b>Zonneboiler</b>	Daar waar mogelijk wordt een zonneboiler toegepast. De energieopbrengst van zonneboilers per m <sup>2</sup> is het hoogst.	
<b>Benodigde oppervlakte</b>	2,5 m <sup>2</sup>	Inclusief warmte-opslagvat
<b>Bijdrage aan behoefte warm tapwater huishoudens</b>	50%	<i>Inschatting ECN is dat dit 30-40% is van de behoefte aan warm tapwater</i>
<b>Aantal woningen</b>	52.000	
<b>Dakbedekking woningen in 2020</b>	26.000	
<b>Dakbedekking woningen in 2050</b>	52.000	
<b>Warmteopbrengst zonneboiler</b>	400 kWh/m <sup>2</sup> /jaar	
<b>Warmteproductie in 2020</b>	26.000 MWh/jaar	
<b>Warmteproductie in 2050</b>	52.000 MWh/jaar	

## Zonne-energie (elektriciteit, zon-PV)

### Potentieel zon-PV op daken

MapGear heeft een update geleverd van de oppervlaktes die beschikbaar zijn voor zon-PV binnen de gemeente Enschede. Waar in het Saxion rapport een totaal beschikbare oppervlakte van 3.060.000 m<sup>2</sup> genoemd werd, toonde de zonnekaart een hoger beschikbaar potentieel, namelijk een totale oppervlakte van 4.541.803 m<sup>2</sup>. Daarom is ten opzichte van vorige conceptversies een aanpassing gedaan voor zon-PV.

**Tabel B6 – Maximaal potentieel zon PV op daken**

Categorie	Oppervlak totaal (m <sup>2</sup> )	Oppervlakte na correctie zonthermie (m <sup>2</sup> )	Zonne-instraling (kWh/kWp/jaar)	Vermogen per opp (kWp/m <sup>2</sup> )
<b>Gemiddeld</b>	293.886	293.886	700	0,13
<b>Geschikt</b>	907.577	907.577	800	0,13
<b>Zeer geschikt</b>	3.340.340	3.210.340	850	0,13
<b>Totaal</b>	<b>4.541.803</b>	<b>4.441.803</b>		

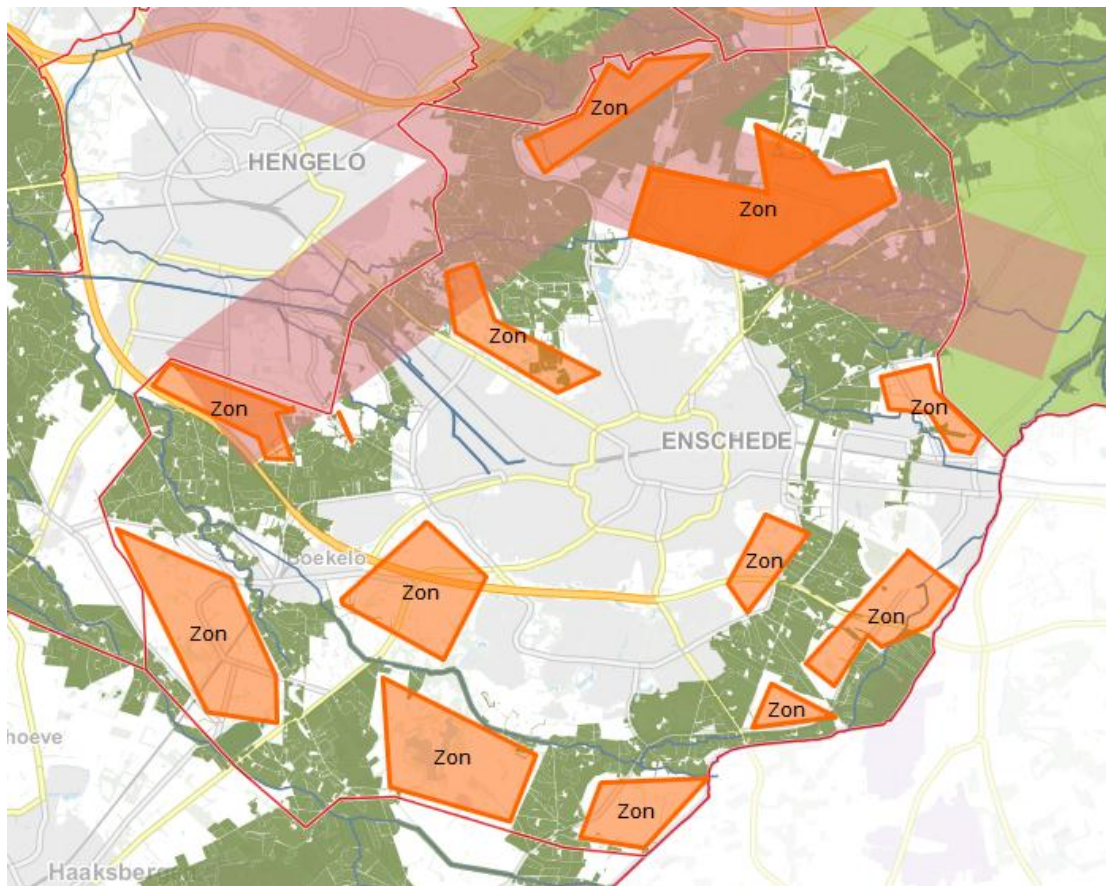
Zoals in de vorige paragraaf beschreven is met deze gegevens geen aanpassing gedaan voor zonthermie, maar de benodigde oppervlakte voor zonthermie is voor de berekening in mindering gebracht op de oppervlakte 'zeer geschikt'. Hoewel onbekend is wat de definitie van 'gemiddeld', 'geschikt' en 'zeer geschikt' is, geeft tabel B6 de aannames weer die voor deze verschillende typeringingen aangehouden zijn. Tabel B7 toont hierbij de elektriciteitsopbrengst uit dit technische potentieel, waarbij (conform het Saxionrapport) is aangehouden dat 25% van het potentieel in 2020 gerealiseerd zal zijn.

**Tabel B7 – Elektriciteitsproductie met zon-PV op daken**

Categorie	2020	2050
Gemiddeld	6.686	26.744
Geschikt	23.597	94.388
Zeer geschikt	88.686	354.743
<b>Totaal</b>	<b>118.969</b>	<b>475.874</b>
	<b>MWh/jaar</b>	<b>MWh/jaar</b>

*Additioneel potentieel zonne-energie door inzet zon-PV-veldsystemen*

Er kan nog een andere verhoging van het technisch potentieel van zonne-energie worden bereikt, namelijk door de inzet van zon-PV-veldsystemen mee te nemen. In het buitengebied van de gemeente Enschede is daar in principe ruimte voor. Het voordeel van zon-PV is dat het geplaatst kan worden in dezelfde gebieden waar ook windmolens geplaatst kunnen worden. Het zoekgebied voor windenergie is beperkter omdat onder aanvliegeroutes van het nabijgelegen vliegveld geen windturbines geplaatst mogen worden en er hoogtebeperkingen zijn die voortvloeien uit de regeling aanwijzing radarverstoringengebieden (RARRO) en het IHCS obstakelbeheergebieden beleid voor het nabij gelegen vliegveld. Deze beperking geldt niet voor zonne-energie. Het gebied waar zonne-energie veldsystemen geplaatst kunnen worden is daarmee veel groter. Op basis van een kaart van 'GIS openbaar'<sup>11</sup> is een ruwe schatting van de oppervlakte gedaan. Dit resulteert na uitsluiting van het gebied waar woningbouw is gepland ('t Vaneker) in een totale oppervlakte van zo'n 25 km<sup>2</sup> (ofwel 2500 ha) dat als technisch potentieel kan worden aangemerkt voor zonneweides.



**Figuur B2** – *Inschatting beschikbare ruimte voor zonnepanelen (link naar GIS Openbaar waarmee de beschikbare ruimte is geschat):*

[http://gisopenbaar.overijssel.nl/viewer/app/atlasvanoverijssel\\_basis/v1](http://gisopenbaar.overijssel.nl/viewer/app/atlasvanoverijssel_basis/v1)

Bij het bepalen van het mogelijk additioneel voor zonnepanelen is nog geen rekening gehouden met eventuele landschapsspecifieke kenmerken en mogelijke bebouwing waardoor de plaatsing van zon-PV niet mogelijk zou zijn. De blauwe en oranje gebieden zijn ingekleurd op plekken buiten de groene hoofdstructuur/nationaal landschap. Uiteraard is een aanvullende studie nodig om de daadwerkelijke haalbaarheid van zon op deze locaties te bepalen.

**Tabel B8** – *Zon-PV veldsystemen*

ZON-PV VELDSYSTEMEN		
<b>Beschikbare oppervlakte</b>	2500	ha
<b>Bedekkingsgraad</b>	70%	<i>Aanname</i>
<b>Zonne-instraling</b>	850	kWh/kW <sub>p</sub> /jaar
<b>Vermogen per oppervlakte</b>	0,15	kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Totale productie</b>	2.231.250	MWh/jaar
<b>Totale productie</b>	8033	TJ/jaar

### Kosten zon thermisch

Voor zon-thermie is minder bekend over de verwachte kostenontwikkeling. Om die reden zijn deze kosten constant gehouden op de waarden van SDE+2015.

**Tabel B9 – Kosten zon thermisch**

KOSTEN ZON thermisch	2030	2050
<b>Huishoudens</b>		
<b>Investeringskosten en vaste O&amp;M</b>	705 EUR/kW <sub>th</sub> , output	705 EUR/kW <sub>th</sub> , output
<b>Variabele onderhoudskosten</b>	3 EUR/GJ	3 EUR/GJ
<b>Kosten per kWh (bij levensduur 15 jaar)</b>	0,137 EUR/kWh	0,137 EUR/kWh
<b>Kosten per TJ* (bij levensduur 15 jaar)</b>	38 kEUR/TJ	38 kEUR/TJ

\*let op: dit zijn de kosten voor TJ warmte

### Kosten zon-PV

Op basis van ECN-gegevens<sup>12</sup> zijn voor het jaar 2030 en 2050 onderstaande kosten gedefinieerd. Deze parameters zijn vervolgens ingevuld in het SDE+2015-model, zoals eerder benoemd.

**Tabel B10 – Kosten Zon-PV voor huishoudens**

KOSTEN ZON-PV	2030	2050
<b>Huishoudens</b>		
<b>Investeringskosten</b>	1220 EUR/kW <sub>p</sub>	930 EUR/kW <sub>p</sub>
<b>Vervanging inverter (1 keer)</b>	167 EUR/kW <sub>p</sub>	141 EUR/kW <sub>p</sub>
<b>Onderhoudskosten</b>	16 EUR/kW <sub>p</sub>	12 EUR/kW <sub>p</sub>
<b>Kosten per kWh (bij levensduur 15 jaar)</b>	0,181 EUR/kWh	0,14 EUR/kWh
<b>Kosten per TJ (bij levensduur 15 jaar)</b>	50 kEUR/TJ	39 kEUR/TJ

Voor zon-PV veldsystemen en zon-PV voor bedrijven wordt gerekend met andere bedragen.

**Tabel B11 – Kosten zon-PV voor bedrijven en veldsystemen**

KOSTEN ZON-PV	2030	2050
<b>Bedrijven en veldsystemen</b>		
<b>Investeringskosten</b>	690 EUR/kW <sub>p</sub>	520 EUR/kW <sub>p</sub>
<b>Vervanging inverter (1 keer)</b>	113 EUR/kW <sub>p</sub>	95 EUR/kW <sub>p</sub>
<b>Onderhoudskosten</b>	9 EUR/kW <sub>p</sub> /jaar	7 EUR/kW <sub>p</sub> /jaar
<b>Kosten per kWh (bij levensduur 25 jaar)</b>	0,106 EUR/kWh	0,082 EUR/kWh
<b>Kosten per TJ (bij levensduur 25 jaar)</b>	29 kEUR/TJ	23 kEUR/TJ

### *Belangrijkste belemmeringen zon-PV*

Met name de hoge kosten van zon-PV-veldsystemen en het draagvlak voor de daadwerkelijke ruimtelijke inpassing in de buitengebieden kunnen een belemmering vormen voor de realisatie van zon-PV. De veldsystemen kunnen in theorie een belangrijke rol spelen in de verduurzaming van de energiesector, maar het is niet waarschijnlijk dat de situatie die is geschetst in de GIS-kaart hierboven in praktijk haalbaar is. Op basis van gegevens van het CBS kan geconcludeerd worden dat er circa 6900 hectare agrarisch gebied is binnen de gemeente Enschede. Dat impliceert dat de aangemerkte gebieden voor zon-PV waarschijnlijk moeten concurreren met agrarische toepassingen. Daarom zal voor een daadwerkelijke implementatie nader onderzoek moeten worden gedaan naar de (on)mogelijkheden van deze zon-PV veldsystemen. Daarnaast is in deze snelle verkenning geen onderzoek gedaan naar de netinpassing van de zon-PV veldsystemen. Deze systemen zullen een forse (piek-)belasting op het net tot gevolg hebben, waar ook nader onderzoek naar gedaan zal moeten worden.

## Bio-energie

Tabel B12 – Bio-energie

BIOMASSA		Opmerkingen
<b>Beschikbare biomassastromen</b>		Hiernaast is een bepaalde hoeveelheid latent aanwezig
<b>Afvalhout</b>	3.250 ton/jaar	
<b>Knip-en snoeihout</b>	4.100 ton /jaar	
<b>GFT</b>	11.500 ton/jaar	
<b>Schatting totale potentieel</b>	150.000 GJ/jaar	
<b>Technologiekeuze</b>	Nog onduidelijk, wel WKK (warmte- en elektriciteitsproductie). Als voorbeeld wordt een houtgestookte WKK-centrale of een vergistingsinstallatie voor natte biomassastromen genoemd met een gekoppelde op biogas gestookte WKK.	
<b>Elektrisch rendement</b>	40%	
<b>Warmte rendement</b>	40%	
<b>Elektriciteitsproductie</b>	21.000 MWh/jaar	
<b>Warmteproductie</b>	21.000 MWh/jaar	
<b>Additionele gasproductie</b>	99 TJ/jaar	

Voor biomassa is gerekend met de productie zoals vermeld in het Saxionrapport. De achterliggende studie naar de elektriciteits- en warmteproductie zijn niet beschikbaar; daarom is het lastig te toetsen of de genoemde bedragen kloppen. Ook zijn de daadwerkelijke kosten van de manier waarop de elektriciteit en warmte worden opgewekt onbekend. Indien er sprake is van een gasmotor in de berekeningen, dan zijn de aangenomen rendementen redelijk in lijn met waar ECN mee rekent. Voor de schatting van het potentieel moet nog nader gekeken worden welke energie-inhouden zijn gehanteerd voor de berekening. Indien wordt uitgegaan van allesvergisting gecombineerde opwekking, dan ligt de prijs op 0,095 EUR/kWh, ofwel rond 26 kEUR/TJ. Een schatting van de toekomstige prijzen is erg lastig, en zijn om die reden hier aangehouden op het niveau van de SDE+2015.

Additioneel potentieel van biomassa betreft de vergisting van mest voor de productie van biogas (of eventueel verdere conversie naar warmte of elektriciteit). Uit data van het CBS<sup>13</sup> blijkt dat er ruim 155 miljoen kilo mest geproduceerd wordt in de gemeente Enschede (grotendeels rundveemest). Deze mest kan worden omgezet in mestcovergisters, waarbij een ander cosubstraat als mais moet worden toegevoegd (maar dat exacte potentieel binnen Enschede is niet bekend), of mest kan worden omgezet in mestmonovergisters. Met behulp van deze kleine monovergisters zou een additioneel potentieel van 99 TJ biogas<sup>c</sup> te behalen zijn. De kosten voor deze technologie liggen nog relatief hoog, op basis van het eindadvies SDE+2015 op 0,306 EUR/kWh, ofwel 85 kEUR/TJ. Een schatting van de toekomstige prijzen is erg lastig, dus om die reden zijn die hier gehouden op het niveau van de SDE+2015.

<sup>c</sup> Uitgaande van een gasopbrengst van 0,63 GJ/ton (gebaseerd op het SDE+ Eindadvies Basisbedragen SDE+2015)

## Geothermie

Voor geothermie zijn geen nadere gegevens bekend op basis van het rapport van Saxion. In de kansenkaart van de bodem worden geen potentiële aangegeven voor geothermie. Daarnaast toont de Bosatlas van de Energie<sup>14</sup> ook dat er bij Enschede een lage potentie en geen gekarteerde aquifers zijn voor Enschede. Ook bij TNO blijkt nog geen informatie bekend over de potentie van geothermie<sup>15</sup>. Op basis van deze gegevens is aangenomen dat er geen potentieel is voor geothermie voor de gemeente Enschede.

## Opties voor hernieuwbare energie van buiten de gemeente

In de opdracht is expliciet gevraagd welke mogelijkheden de gemeente Enschede heeft indien er niet voldoende hernieuwbare energie binnen de gemeentegrenzen kan worden opgewekt. Dit is een wezenlijke vraag, aangezien het realiseren van het geschetste technisch potentieel met name voor wind en de zon-PV-veldsystemen in de praktijk een ambitieuze opgave zal zijn. De hoge kosten die daar bij zonneweiden mee gepaard gaan en ook draagvlak om het buitengebied van Enschede nagenoeg vol te zetten met windturbines en zonnepanelen zullen sterk van invloed zijn op de daadwerkelijke realisatie. Er is een grote kans dat het realistisch potentieel voor hernieuwbare energie daarmee lager komt te liggen dan de energievraag (na aftrek van besparing) binnen de gemeente. Hierdoor ontstaat de vraag hoe de gemeente dit gat aan hernieuwbare energieopwekking kan opvullen. Het valt buiten het bestek van deze verkennende studie om daartoe concrete mogelijkheden aan te wijzen. Wel zijn de volgende oplossingen denkbaar: het inkopen van “echte” groene stroom, het bijdragen aan projecten in de regio of provincie, het importeren van biomassa-afvalstromen die in de gemeente Enschede zouden kunnen worden verwerkt of het importeren van biobrandstoffen.

- Het inkopen van “echte” hernieuwbare energie, waarmee elders extra hernieuwbare energieopwekking wordt gerealiseerd. Het is niet altijd zo dat het inkopen van groene stroom uit het buitenland leidt tot uitbreiding van de hernieuwbare opwekcapaciteit daar.
- Er kan voor gekozen worden om bij te dragen aan projecten in de regio, de provincie, Nederland of zelfs Duitsland. De afweging die moet worden gemaakt is of het voordeel voor de gemeente Enschede van kennis over de exacte herkomst van de hernieuwbare energie door het stimuleren van dit soort projecten groot genoeg is in vergelijking met het bij een leverancier inkopen van hernieuwbare energie.
- De aanvoer van biomassa-afvalstromen die in de gemeente Enschede kunnen worden verwerkt. Een recente studie<sup>16</sup> heeft laten zien dat er binnen de provincie Overijssel een potentieel van 126 TJ is aan natuurhout. Dit zou mogelijk ingezet kunnen gaan worden als brandstof. Er zou ook gekozen kunnen worden om een (aanvullende) samenwerking aan te gaan met Twence in Hengelo.
- Het aanvoeren van biobrandstoffen als energiedrager voor de transportsector. Voor het energieverbruik is hier aangenomen dat in 2050 al het personenverkeer elektrisch wordt, dus dat daarmee de resterende olieproducten die eventueel nog door biobrandstoffen kunnen worden vervangen, bestemd zijn voor het vrachtverkeer. Deze hoeveelheid is geraamd op 0,4 PJ. Volgens de IEA<sup>17</sup> ligt de prijs van biobrandstoffen tegen 2050 tussen 0,60 USD/liter en 1,15 USD/liter, met cellulosische ethanol en geavanceerde biodiesel op 0,75 USD/liter benzine-equivalent. Voor deze analyse wordt dit bedrag gehanteerd, wat neerkomt op 66 EUR/MWh (18,4 MEUR/PJ).



Aangezien het zeer afhankelijk is van de keuzes die hierin gemaakt worden en de hoeveelheid elektriciteit die aangevoerd zal worden, zijn de aanvoermogelijkheden verder niet betrokken in de kostencijfers.

## Referenties

- <sup>1</sup> Klimaatmonitor, 2014: <http://klimaatmonitor.databank.nl>
- <sup>2</sup> Nationale Energieverkenning 2014: ECN--L-14-077, <https://www.ecn.nl/nl/energieverkenning>
- <sup>3</sup> Saxion, 2008 – Duurzame energie potentieel gemeente Enschede. Een overzicht op basis van in 2007/2008 uitgevoerde deelstudies. W. Gilijamse, Saxion. 20 november 2008.
- <sup>4</sup> Lensink, van Zijlen, 2014, Eindadvies basisbedragen SDE+ 2015, <https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-E--14-035>
- <sup>5</sup> Model basisbedragen SDE+ 2015, te raadplegen op <https://www.ecn.nl/nl/projecten/sde/sde-2015>
- <sup>6</sup> CBS, 2013 - *Berekening van de CO<sub>2</sub>-emissies, het primair fossiel energiegebruik en het rendement van elektriciteit in Nederland. Update 2013*. M. Harmelink (Harmelink Consulting), L. Bosselaar (Agentschap NL), J. Gerdes, P. Boonekamp (ECN), R. Segers, H. Pouwelse (CBS), M. Verdonk (PBL). September 2012, update 2013. <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2015/2015-rendementen-co2-emissie-update-2013-mw.htm>
- <sup>7</sup> Zie b.v. Routes Verkend (<https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-O--11-076>), daarin staat in tabel 8.1 op blz.161 het doel van 60% voor het aandeel hernieuwbare energie voor Duitsland 2050, en op <http://www.eea.europa.eu/highlights/renewables-successfully-driving-down-carbon> staat een percentage van 55 tot 75% dat nodig is om de doelen voor broeikasgasemissiereductie te halen.
- <sup>8</sup> Elferink, Windenergie, Saxion Hogescholen 2007
- <sup>9</sup> Small wind world report 2014, World Wind Energy Association (WWEA), [www.wwindea.org](http://www.wwindea.org)
- <sup>10</sup> Verkenning Energetisch Potentieel Flevoland 2050, ECN, in voorbereiding
- <sup>11</sup> GIS Openbaar – [http://gisopenbaar.overijssel.nl/viewer/app/atlasvanoverijssel\\_basis/v1](http://gisopenbaar.overijssel.nl/viewer/app/atlasvanoverijssel_basis/v1)
- <sup>12</sup> RESolve (model hernieuwbare energie), ECN, 2014
- <sup>13</sup> CBS, 2015 – *Dierlijke mest en mineralen; productie, transport en gebruik per regio*. <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=7311SLMI&D1=0-8,88-89&D2=147-151,327&D3=18-19&HDR=T,G2&STB=G1&VW=T>
- <sup>14</sup> Bosatlas van de Energie, Noordhoff Uitgevers, 2012
- <sup>15</sup> TNO, Thermo GIS - <http://www.thermogis.nl/basic.html#Toepassingschaal> , geraadpleegd 30 januari 2015
- <sup>16</sup> Arcadis, 2012 – *Inventarisatie biomassastromen uit natuur en landschap in de provincie Overijssel*. B02032.000286.0100. 14 februari 2012.
- <sup>17</sup> IEA, Biofuels for transport foldout, [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Biofuels\\_foldout.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Biofuels_foldout.pdf)