

Bijlage 2

Deze bijlage geeft een verantwoording van de gebruikte data. Bijlage 2.1 gaat over de gehanteerde systematiek en data onder de gedane toekomstprognoses. Bijlage 2.2 zoomt in op de potentie van de diverse energiebronnen. Tot slot wordt in bijlage 2.3 een bronnenoverzicht gegeven.

Inhoud

Bijlage 2.1 – Verantwoording gebruikte data.....	2
1. Intro	2
1.1 Methode ruimtelijke verdeling	2
2. Huidige energiesysteem	2
2.1 Stand van zaken huidige energiesysteem	3
2.2 RES: vooruitblik 2030.....	4
3. Energiesysteem 2050.....	4
3.1 Scenario hoge elektrificatie	4
3.2 Scenario Variatie in de energiemix	4
3.3 Groeiontwikkeling.....	8
3.4 Energiebesparing	9
4. Resultaten: beelden per sector	10
4.1 Gebouwde omgeving.....	10
4.2 Industrie en landbouw	11
4.3 Mobiliteit	12
Bijlage 2.2 – Energiebronnen: kenmerken en verschillen.....	13
Samenvatting potentie energiebronnen.....	13
Verdeling potentie	14
Benchmark Nederland.....	15
Wat is een PJ?	15
Vraag, vermogen en piekvermogen	15
Elektriciteit Windenergie	18
Elektriciteit Zon op dak	20
Elektriciteit Zonnevelden	22
Elektriciteit Kernenergie	24
Bio-energie Biogas	26
Bio-energie Houtige biomassa	28
Warmte Geothermie.....	30
Warmte Restwarmte.....	32
Warmte Aquathermie.....	33
Warmte Zonthermie	34
Warmte Warmte-koude opslag.....	35
Bijlage 2.3 - Bibliografie.....	37

Bijlage 2.1 – Verantwoording gebruikte data

1. Intro

Voor het creëren van toekomstbeelden van het Overijsselse energiesysteem te komen is gebruik gemaakt van data en modellen. Bij het maken van prognoses wordt de huidige energievraag vertaald naar een toekomstige energievraag, door rekening te houden met socio-economische ontwikkelingen (zoals bijvoorbeeld bevolkingsgroei, groei woningvoorraad, economische groei), technologische verandering, kosten van energiedragers en technologieën, gedragsverandering en inzetbaarheid van energiebronnen.

Hier wordt de data besproken die ten grondslag ligt aan de Overijsselse energievisie. Achtereenvolgens wordt het huidige energiesysteem beschreven, alsmede de opbouw van de twee scenario's voor 2050 (met aandacht voor sectorale ontwikkelingen en besparing), de resultaten per sector en de potentie van energiebronnen.

De beelden van het energiesysteem zijn verdeeld naar vier verschillende deelnetten (zie figuur in bijlage 1 van het hoofddocument). De methode voor de verdeling naar deze deelnetten is hieronder te beschreven.

1.1 Methode ruimtelijke verdeling

Het energiesysteem is gebouwd om in de vraag naar energie te voorzien. De vraag naar energie is voornamelijk geconcentreerd in woonkernen, terwijl de opwek van energie voornamelijk op andere plekken plaatsvindt. Door een goed landsdekkend energienet wordt de elektriciteit (voornamelijk energiecentrales en zonne- en windenergie) en gas (vanuit import en opslagvelden) verplaatst naar plaatsen (de voorzieningsgebieden) waar vraag is.

De basis van onze toekomstige energiesysteem zal bestaan uit elektriciteit. Omdat opgewekte elektriciteit van nature gelijk verbruikt dient te worden, moet aanbod en vraag op elk moment van de dag gekoppeld worden. Door de vertakking van het energienet is het daarom van belang om de energievraag te matchen met het aanbod binnen de voorzieningsgebieden.

Omdat de data voor het maken van scenario's voor 2050 vaak op gemeenteniveau beschikbaar is (zowel voor het huidige energieverbruik als prognoses voor 2050) en voorzieningsgebieden van energieinfrastructuur andere grenzen hebben, is er een methode nodig om inzichten op het niveau van voorzieningsgebieden te presenteren.

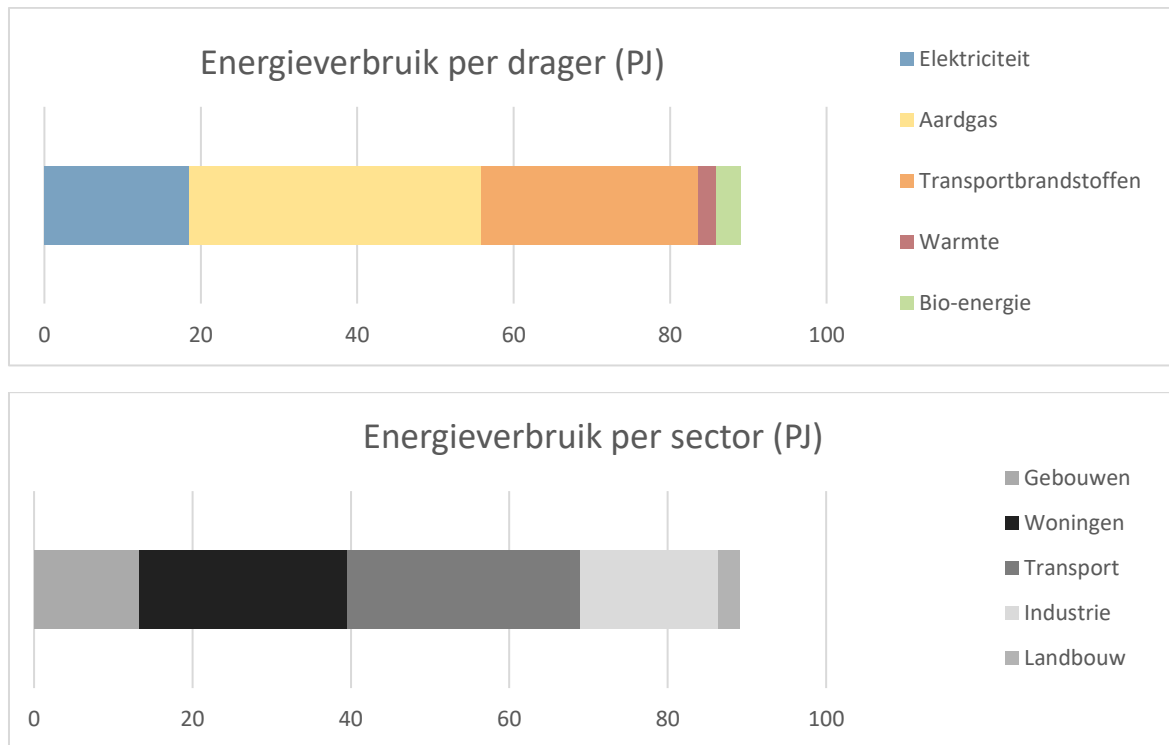
Het databestand *Kerncijfers wijken en buurten* van het CBS bevat informatie over inwonersaantallen, landoppervlakte, woningen, bedrijven en geregistreerde motorvoertuigen op buurtniveau. De dataset van de [invulformulieren van NPRES](#) bevat een tabel waarin staat welke buurt onder welk voorzieningsgebied van het elektriciteitsnet valt. Door beide datasets te combineren kan het sectorale energieverbruik op gemeenteniveau worden vertaald naar voorzieningsgebied.

2. Huidige energiesysteem

Het huidige energiesysteem is weergegeven aan de hand van de meest actuele data, in dit geval 2022. Deze is afkomstig van de regionale klimaatmonitor en bevat informatie over 1) de energievraag, per energiedrager en per sector, en 2) de opwek van energie op Overijssels grondgebied. Deze informatie is vertaald naar de vier verschillende deelnetten aan de hand van de ruimtelijke verdeelsleutel (zie hierboven).

2.1 Stand van zaken huidige energiesysteem

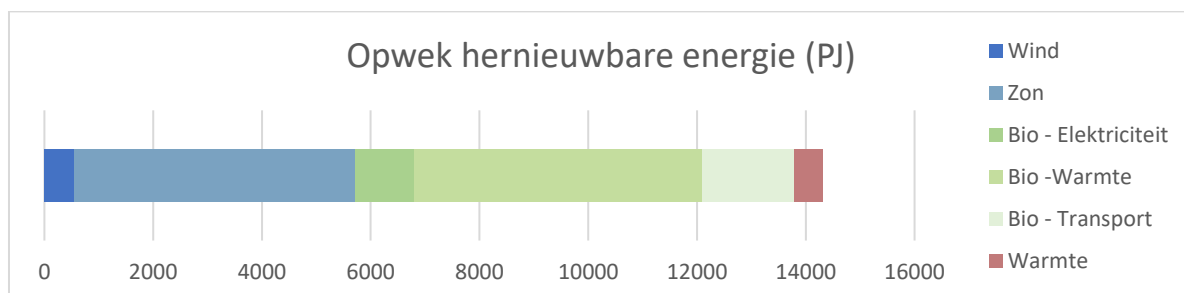
In totaal wordt er 89 PJ aan energie verbruikt in Overijssel in 2022. Als we inzoomen op de energiedrager valt op dat aardgas (37 PJ), transportbrandstoffen (29 PJ) en elektriciteit (18 PJ) verantwoordelijk zijn voor bijna 95% van de totale energievraag. De gebouwde omgeving is de sector met de grootste vraag naar energie (bijna 40 PJ) gevolgd door transport (bijna 30 PJ).



Figuur 1: Energieverbruik in de provincie Overijssel voor 2022 per sector en drager. Bron: (RVO, 2024)

Sinds 2019 is het totale energieverbruik dalende. Destijds bedroeg het totale verbruik ongeveer 100 PJ. De corona-uitbraak heeft tijdelijk voor een vermindering van het wegverkeer geleidt, terwijl de energiecrisis in 2022 zorgde voor een daling van het aardgasverbruik, met name in de gebouwde omgeving. Het is de vraag in hoeverre deze effecten blijvend zijn. Het totale energieverbruik in de transportsector is sinds 2020 licht gegroeid, maar zit nog niet op het niveau van 2019.

Momenteel wordt er voor ruim 14 PJ aan hernieuwbare energie opgewekt. Hiervan wordt 8 PJ geproduceerd uit biomassa, en een kleine 5 PJ aan elektriciteit van windturbines en zonnepanelen. Wel zien we dat de opwek uit biomassa sinds 2019 daalt, terwijl de opwek vanuit zonne-energie juist fors stijgt.



Figuur 2: Opwek van hernieuwbare energie in de provincie Overijssel voor 2022 per sector en drager. Bron: Regionale Klimaatmonitor.

2.2 RES: vooruitblik 2030

Momenteel wordt er volop gewerkt aan de uitvoering van het klimaatakkoord. Een belangrijk onderdeel daarvan is de regionale energiestrategie (RES), met als doel om in 2030 in totaal een jaarlijkse opwek van 35 TWh aan duurzame elektriciteit op land te realiseren. De twee RES regio's in Overijssel hebben gezamenlijk het doel om 3,3 TWh op te wekken. Daarnaast is het de prognose dat er aanvullend nog 0,5 TWh aan zon-PV op woningen wordt opgewekt. In totaal komt dit neer op ongeveer 14 PJ.

3. Energiesysteem 2050

Om inzicht in het toekomstige energiesysteem te krijgen wordt gebruik gemaakt van modellen. Door maatschappelijke en economische trends, en ontwikkelingen van energie-technologieën mee te nemen kan er een toekomstbeeld voor 2050 worden geschetst. In Nederland zijn hier al verschillende onderzoeken naar gedaan.

Recent heeft Netbeheer Nederland de integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 (hierna I13050) uitgevoerd om vier ontwikkelpaden inzichtelijk te maken voor een klimaatneutraal energiesysteem richting 2050. Deze studie heeft ook aan de basis gestaan van het Nationaal Plan Energievisie (NPE). Van de vier ontwikkelpaden is regionale data beschikbaar gesteld op de website van het [energiekompas](#). Deze regionale data is gebruikt om het basisscenario voor 2050 van de Overijsselse energievisie vorm te geven.

3.1 Scenario hoge elektrificatie

De data van de I13050 scenario's geeft de jaarlijkse energievraag per subsector weer voor alle gemeenten in Nederland, voor de drie belangrijkste energiedragers in 2050: elektriciteit, methaan (groen gas) en waterstof. Van de energievraag zijn landelijk gemiddelde vraagprofielen weergegeven voor elk uur van het jaar (voor alle energiedrager per subsector). In de beschikbare dataset ontbreekt warmte als energiedrager. Deze data is opgevraagd bij NBNL en toegevoegd.

Naast data over energievraag is er ook data beschikbaar over opwek van hernieuwbare energie (per technologie) en inzet van flexoplossingen om vraag en aanbod met elkaar in balans te brengen.

De data van de scenario's is gegenereerd in het energietransitie model. In het eindrapport van I13050 is in detail beschreven hoe het energietransitie model werkt en hoe men tot de vier verschillende ontwikkelpaden is gekomen. Hiervan is het Nationaal Leiderschap scenario genomen als vertrekpunt omdat dit momenteel het beste aansluit bij het klimaatakkoord en het bijbehorende beleid. Dit scenario sluit tevens het beste aan bij het NPE. Belangrijke bronnen voor prognoses van specifieke sectoren zijn: de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL), Regionale Energie Strategieën (RES), Cluster Energie Strategieën (CES), Transitievisies Warmte (TVW), Verkenning aanlanding wind op zee (VAWOZ), en het Nationaal Waterstof Programma (NWP). Voor prognoses over bevolkingsgroei en woningbouw is gebruik gemaakt van Primos data.

De data uit de I13050 dataset is verdeeld naar de vier deelnetten door een ruimtelijke verdeelsleutel (zie pagina 2 voor meer informatie).

3.2 Scenario Variatie in de energiemix

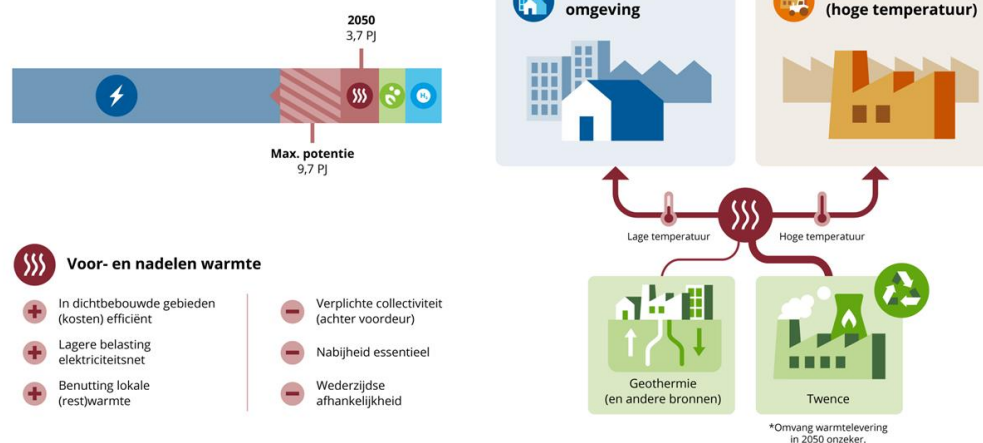
Aan de hand van de startprincipes en de hoofdkeuzes is een alternatief scenario ontwikkeld hoe het toekomstige energiesysteem eruit kan zien. De kernvraag hierbij is: met welke energiemix vullen we in 2050 de Overijsselse energievraag in?

Terwijl het voorgaande scenario inzet op een hoge mate van elektrificatie is voor de energievisie onderzocht in hoeverre andere energiedragers (waterstof, warmte en duurzaam gas) toegepast kunnen worden: scenario Variatie in de energiemix. Hiervoor is onderzocht 1) in hoeverre finaal energieverbruik binnen een specifieke sector ingevuld kan worden door een specifieke energiedrager, en 2) of er voldoende potentie is om deze energiedrager (lokaal) op te wekken. Voor de mate van inzetbaarheid is literatuuronderzoek gedaan. Daarnaast is de bandbreedte van de inzetbaarheid in de vier verschillende IJ3050 ontwikkelpaden gebruikt om de mate van inzetbaarheid te kwantificeren.

Voor dit scenario is berekend hoeveel elektriciteit er kan worden vermeden door inzet van een alternatieve bron, en hoeveel energie er dan nodig is van deze alternatieve bron. Hierbij is rekening gehouden met efficiency-verliezen. Ter illustratie: woningverwarming door warmtepompen vergt bijvoorbeeld 1 eenheid elektriciteit (en 3 eenheden omgevingswarmte), terwijl er voor een warmtenet vier eenheden aan warmte nodig zijn. Bij vervanging van 10 eenheden elektriciteit voor woningverwarming door een warmtenet worden de 10 eenheden elektriciteit vervangen door 40 eenheden warmte.

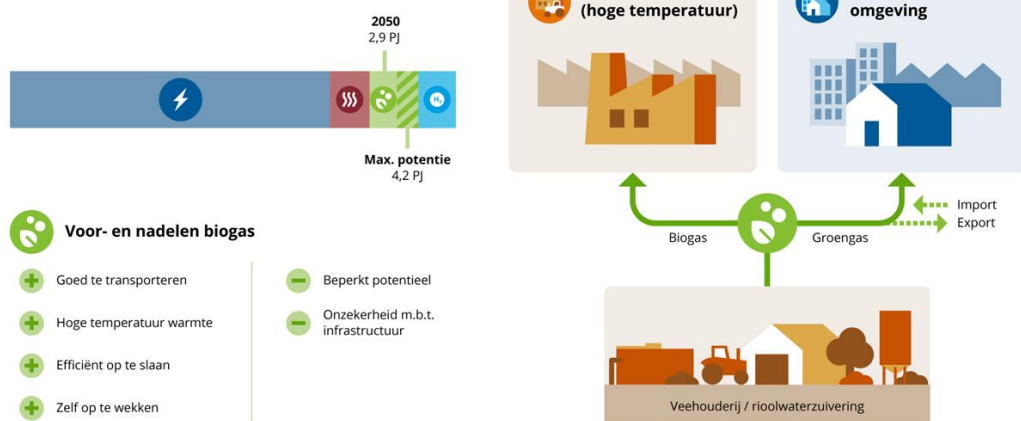
De drie onderstaande figuren geven aan welke potentie we zien voor de energiedragers warmte, waterstof en duurzaam gas, zowel qua omvang als toepassingsmogelijkheden.

Potentie warmtenetten



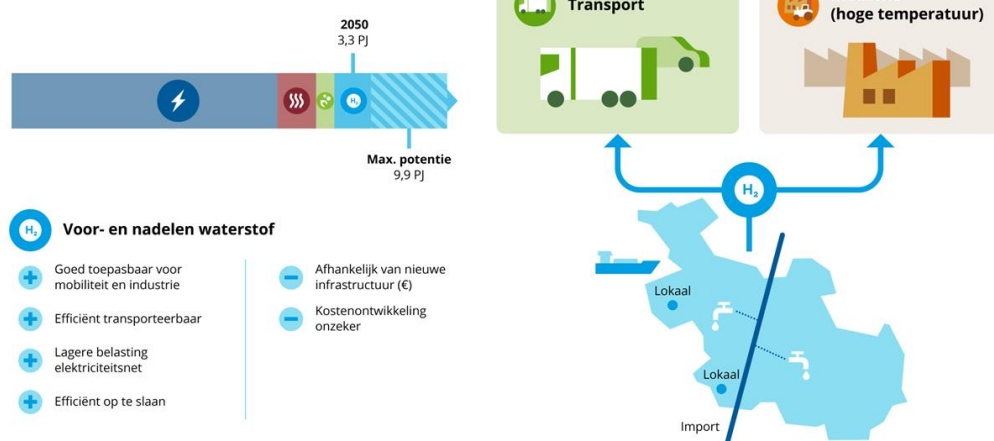
Figuur 3: Potentie warmtenetten

Potentie biogas



Figuur 4: Potentie biogas

Potentie waterstof



Figuur 5: Potentie waterstof

De potentie om elektriciteitsvraag te vervangen door een andere energiebron is ook kort beschreven in Tabel 1. Dit is de verandering ten opzichte van het basisscenario. De gebruikte kengetallen voor omzetting van elektriciteit naar een alternatieve bron zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 1: Potentie vraagverandering

Specifieke energievraag	Alternatieve bron (i.p.v. elektriciteit)	Potentie (% van energievraag)
Warmtevraag gebouwde omgeving	Houtkachels	3%
Warmtevraag gebouwde omgeving	Houtige biomassa	3%
Warmtevraag gebouwde omgeving (historische kernen)	Biogas	12%
Hoge temperatuur proceswarmte industrie	Waterstof	20%
Energievraag vrachtwagens	Waterstof	75%
Energievraag mobiele werktuigen	Waterstof	50%
Midden temperatuur proceswarmte industrie	Geothermie	40%

Tabel 2: Details vraagverandering elektriciteit

Sector	Basis	Alternatief	Omreken-factor	Toelichting
Gebouwde omgeving	Ruimteverwarming door warmtepomp	Warmtenet	0,25 (COP = 4)	Verlies efficiency van warmtepomp
Industrie	Proceswarmte door midden-temperatuur warmtepomp	Biogas of geothermie	0,67 (COP = 1,5)	Verlies efficiency van warmtepomp
Industrie	Proceswarmte door hoge-temperatuur warmtepomp	Waterstof of biogas	1 (COP = 1)	Verlies efficiency van warmtepomp
Mobiliteit	Electromotor	Waterstof motor	0,67	Verlies efficiency electromotor
Mobiliteit	Electromotor	Verbrandings-motor	0,5	Verlies efficiency electromotor

Bronnen: (CE Delft, 2024), (Quintel, 2024).

3.2.1 Inzetbaarheid energiebronnen

In tabel 3 is een overzicht gegeven van de hernieuwbare energiebronnen, hun inzetbaarheid en de potentie. Meer gedetailleerde informatie over de potentie is te vinden in Bijlage 2.2.

Tabel 3: Inzetbaarheid en realistische potentie energiebronnen in Overijssel

Energiebron	Inzetbaarheid	Potentie (PJ)
Zonnevelden	Elektriciteit	34
Zon-op-dak	Elektriciteit	18
Windenergie	Elektriciteit	30
Kernenergie (SMR's)	Elektriciteit	2,2*
Biogas/groengas	- Als vervanger voor aardgas. - In gebouwde omgeving ((historische panden in) oude binnensteden, als back-up voor hybride warmtepompen, voor aanvulling piekvraag bij geothermie-warmtenetten). - Industrie	4,0
Houtige biomassa	- In gebouwde omgeving (als bron voor warmtenetten, voor aanvulling piekvraag bij geothermie-warmtenetten). - Industrie	1,7
Industriële restwarmte (hoge temperatuur)	Warmtevraag gebouwde omgeving	3,5
Industriële restwarmte (lage temperatuur)	Voor warmtevraag gebouwde omgeving. Vorm van elektrificatie: behoeft warmtepompen voor opwaardering naar gevraagde temperatuur.	5,4
Geothermie	- Midden temperatuur warmtevraag industrie - Gebouwde omgeving (als bron voor warmtenetten, behoeft een aanvullende bron voor piekvraag in winter).	85
Thermische energie uit water	Voor warmtevraag gebouwde omgeving. Vorm van elektrificatie: behoeft warmtepompen voor opwaardering naar gevraagde temperatuur.	3,5

3.3 Groeiontwikkeling

In de scenario's voor 2050 is rekening gehouden met verwachte maatschappelijke ontwikkelingen voor bevolkingsgroei, woningbouw, mobiliteit en industrie. In tabel 4 staan de cijfers en de bijbehorende bronnen hiervan genoemd.

Tabel 4: Ontwikkeling sectoren in Overijssel 2022-2050

Sector	Groei (%)	Eenheid	Bron
Huishoudens	+14%	Aantal woningen	(abf Research, 2023)
Gebouwen	+10%	Aantal gebouwen	(Netbeheer Nederland, 2023)
Personenvervoer	+10%	Persoonskilometers	(Netbeheer Nederland, 2023)
Personenvervoer	+19%	Aantal geregistreerde auto's	(Elaad NL, 2024)
Vrachtervervoer	+15%	Vrachtkilometers	(Netbeheer Nederland, 2023)
Industrie	+10%	Omvang industrie	(Netbeheer Nederland, 2023)
Bedrijventerreinen	+12,5%	Hectare bedrijventerrein	(STEC groep, 2022)

3.4 Energiebesparing

In de II3050 scenario's is rekening gehouden met autonome ontwikkeling van energiebesparing. Vier ontwikkelingen zijn daarbij belangrijk:

1) Energiebesparing door isolatie van gebouwen:

Isolatie van gebouwen is effectief in het verminderen van de vraag naar ruimteverwarming. In de scenario's van II3050 is veronderstelt dat isolatie van woningen door uitvoering van het huidige landelijke beleid zorgt voor een vermindering van de vraag naar ruimteverwarming met 15%.

2) Energiebesparing door verbetering elektrische apparaten:

Elektrische apparaten zoals bijvoorbeeld wasmachines, koelkasten en koffiezetapparaten worden steeds energiezuiniger. In de scenario's van II3050 is aangenomen dat de elektriciteitsvraag van deze apparaten met 10% is gedaald in 2050 ten opzichte van de huidige vraag. Daarnaast is aangenomen dat gebouwen voor 90-95% verlicht worden met Ledlampen.

3) Energiebesparing door elektrische motoren:

Bij verbranding van benzine en diesel ontstaat veel warmte welke niet gebruikt wordt om kilometers af te leggen. Elektromotoren hebben ruim twee keer zo weinig energie nodig om hetzelfde aantal kilometers af te leggen. De overstap naar elektrische auto's zorgt daarmee automatisch voor een forse reductie van het finale energieverbruik.

4) Energiebesparing door warmtepompen:

Warmtepompen gebruiken omgevingswarmte om gebouwen te verwarmen. Door middel van elektriciteit wordt deze omgevingswarmte op de juiste temperatuur gebracht. Voor ongeveer vier eenheden ruimteverwarming is één eenheid elektriciteit genoeg om de omgevingstemperatuur op temperatuur te brengen.

De laatste twee categorieën worden in het hoofddocument onder de categorie elektrificatie benoemd. Andere vormen van energiebesparing zijn niet of nauwelijks meegenomen in de scenario's van II3050, maar wel mogelijk. Denk hierbij bijvoorbeeld aan energiebesparing door ons gedrag aan te passen. Voorbeelden zijn: verlagen van de thermostaat, minder lang douchen, met het OV reizen i.p.v. met de auto. Ook zijn er keuzes, zoals bijvoorbeeld transport op gelijkstroom, die minder transportverliezen in het gehele energiesysteem opleveren.

4. Resultaten: beelden per sector

Hieronder wordt de energievraag in de verschillende sectoren kort beschreven. Dit is het resultaat van analyse naar de toekomstbeelden voor het scenario met hoge elektrificatie en het scenario variatie in de energiemix. Over het algemeen is te zien dat de energievraag in het scenario met variatie in de energiemix stijgt. Dit komt doordat de efficiencywinst van inzet van elektriciteit verloren gaat. De beschrijving hoe we tot deze alternatieven zijn gekomen is te vinden in hoofdstuk 3.

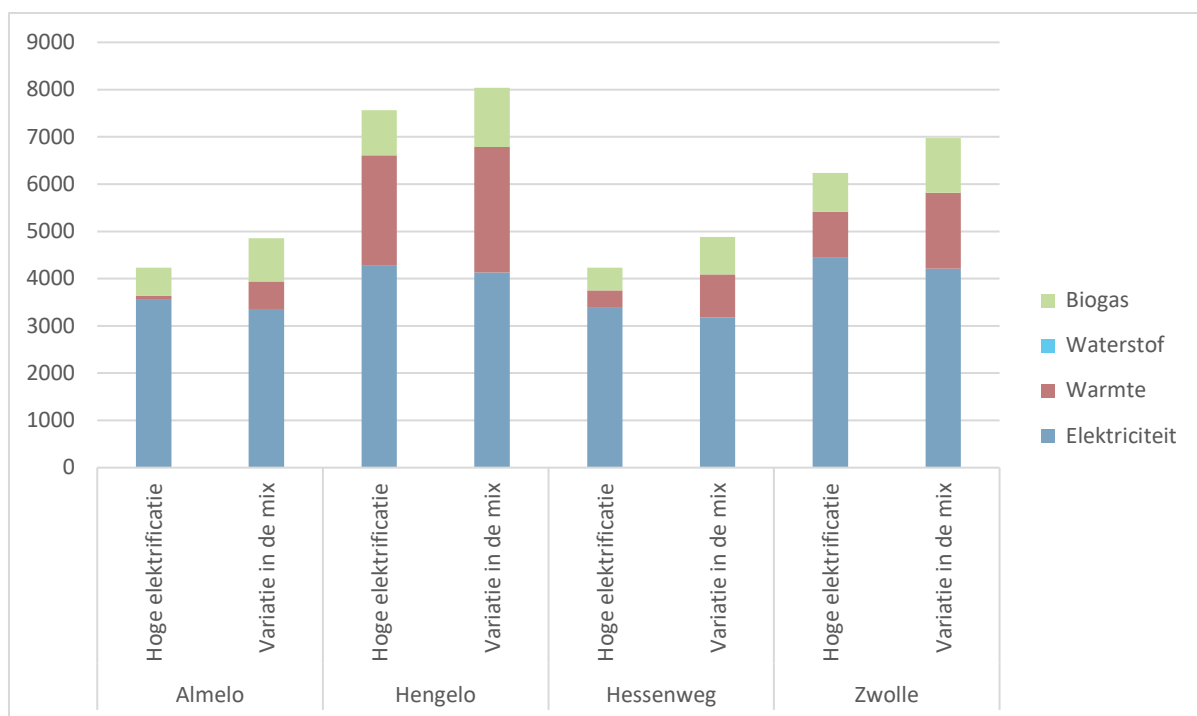
4.1 Gebouwde omgeving

De totale energievraag voor de gebouwde omgeving in de deelnetten varieert tussen de 4 en de 8 PJ. Doordat er meer bebouwing in deelnet Hengelo en Zwolle zit is de vraag daar hoger.

In het scenario variatie in de energiemix is aangenomen dat de warmtevraag voor huishoudens in (historische panden in) oude binnensteden niet gevoed wordt door warmtepompen (zoals in het hoge elektrificatie scenario) maar gevoed wordt door biogas. Omdat deze woningen minder geschikt zijn om te isoleren kunnen ze niet goed op een warmtenet aangesloten worden. Het relatieve aandeel biogas stijgt hiermee gemiddeld van 13% naar 21%.

Daarnaast is in het scenario variatie in de energiemix de gekeken in hoeverre lokale warmtebronnen benut kunnen worden aan de hand van de potentie. Hierdoor stijgt het aandeel warmte gemiddeld van 17% naar 22%. Veel van de beschikbare warmtebronnen zijn in het scenario van optie 1 reeds benut.

Door inzet van lokale bronnen daalt het relatieve aandeel elektriciteit van 71% naar 56%.



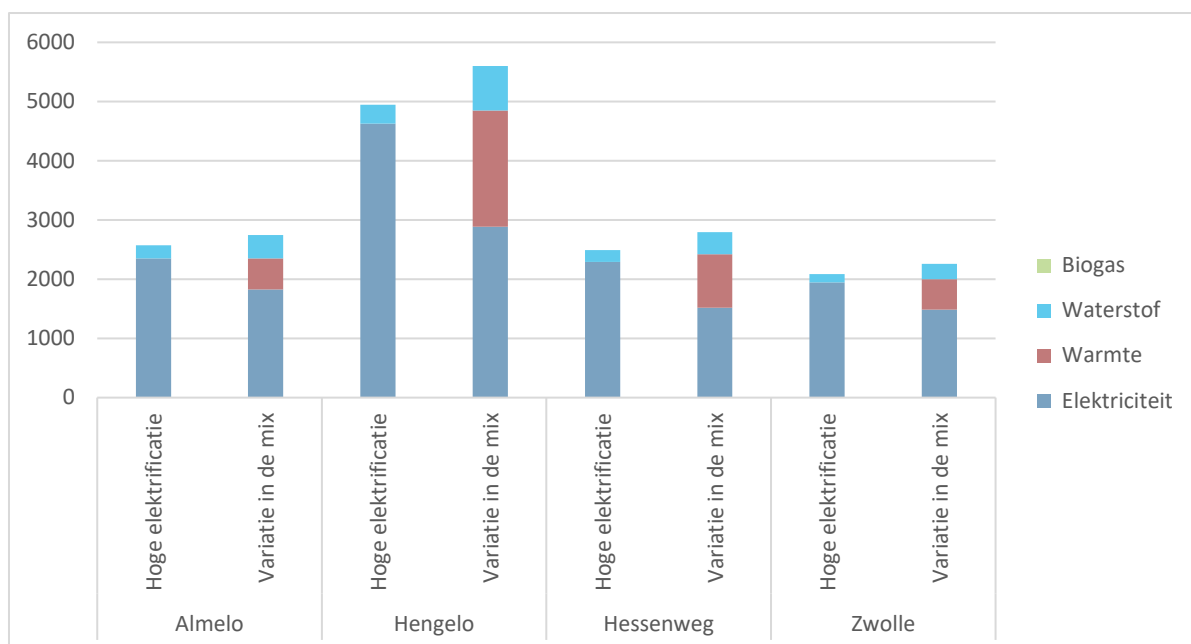
Figuur 6: Energievraag (TJ) in de gebouwde omgeving voor de verschillende deelnetten en de twee scenario's.

4.2 Industrie en landbouw

De energievraag in de industrie en landbouw schommelt tussen de 2 en 3 PJ per deelnet. In het hoge elektrificatie scenario zien we dat de energievraag in de industrie voor ruim 90% voorzien wordt door elektriciteit.

In het scenario variatie in de energiemix hebben we gekeken naar het verschuiven van de vraag naar midden temperatuur proceswarmte van elektriciteit (geleverd met hoge-temperatuur warmtepompen) naar warmte uit geothermie. Daarnaast hebben we de vraag naar hoge temperatuur proceswarmte ingevuld met waterstof. Doordat de industrie niet gelijkmatig verdeeld is in Overijssel zien we dat de energiemix hierdoor sterk veranderd. Met name in deelnet Hengelo is veel vraag naar proceswarmte met midden- en hoge temperaturen.

Het totale aandeel aan elektriciteit daalt hierdoor gemiddeld voor heel Overijssel van 91% naar 53%.



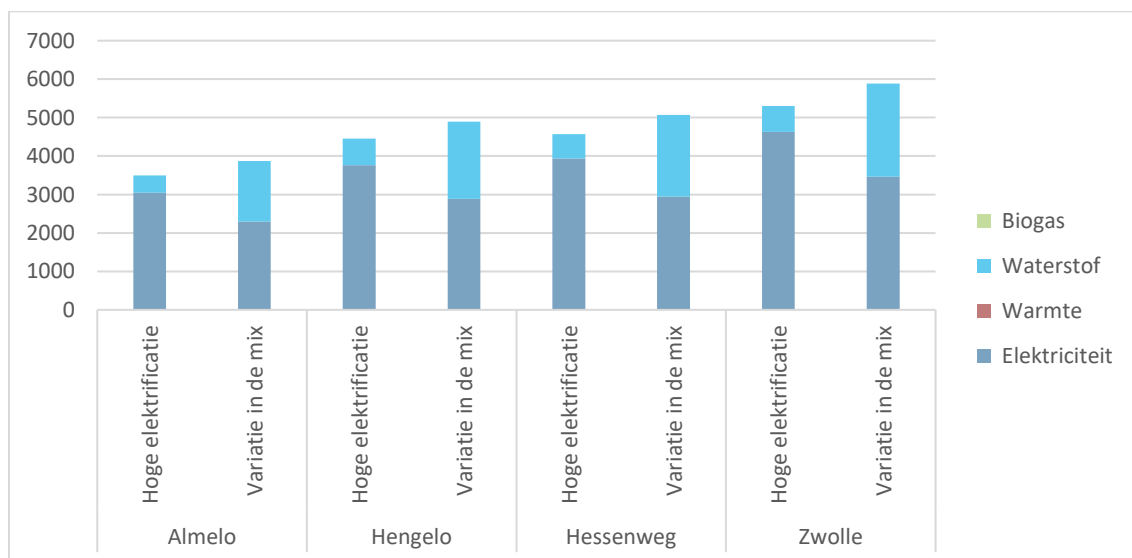
Figuur 7: Energievraag (TJ) in de Industrie en landbouw voor de verschillende deelnetten en de twee scenario's.

4.3 Mobiliteit

De vraag naar energie voor de transportsector varieert tussen de 3,5 en 6,0 PJ per deelnet. Deze verschillen ontstaan met name door de vestigingslocaties van grote logistieke vervoerders.

In het scenario variatie in de energiemix is de potentie naar waterstofvrachtwagens nader onderzocht. Vrachtwagens leggen relatief veel kilometers af en moeten veel vracht vervoeren. Daardoor zijn ze (in vergelijking tot andere vormen van vervoer) relatief aantrekkelijk om waterstof als brandstof te gebruiken. We hebben aangenomen dat 75% van de vrachtwagens in het scenario variatie in de energiemix op waterstof rijdt. Daarnaast hebben we aangenomen dat 5% van het personenvervoer en 50% van de mobiele werktuigen op water

Het relatieve aandeel waterstof gaat daarmee omhoog van 14% naar 41%.



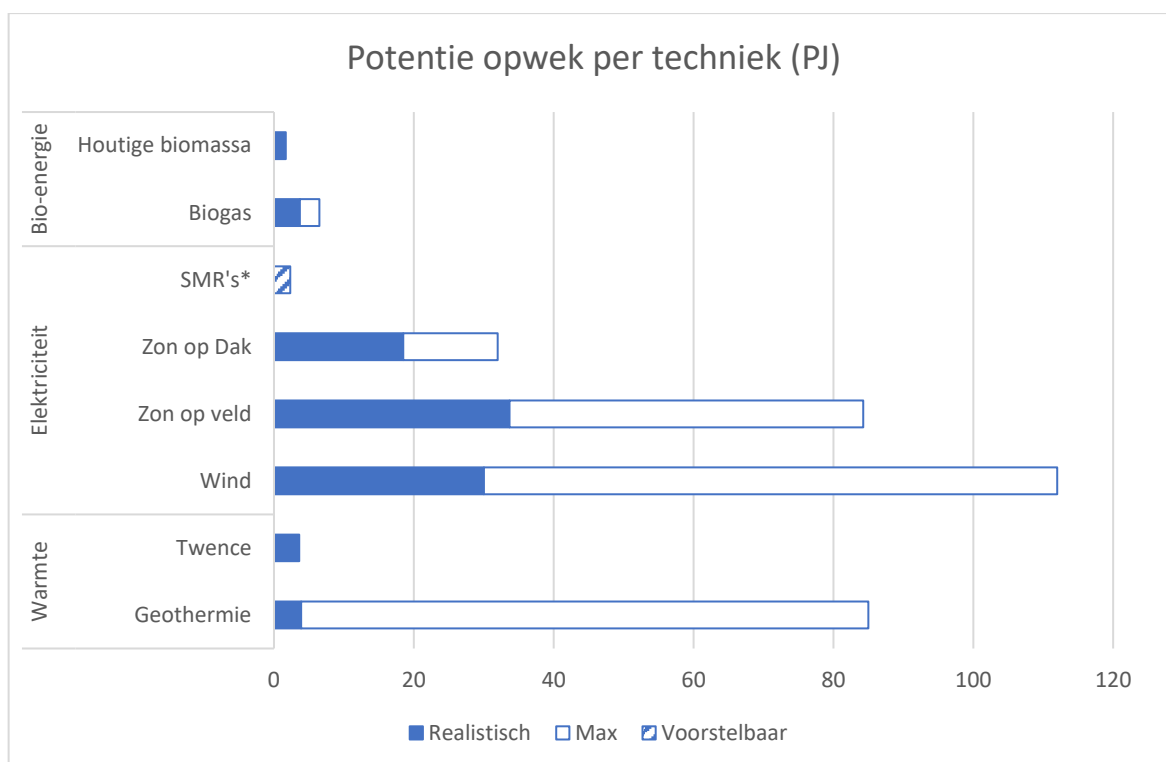
Figuur 8: Energievraag (TJ) in de transportsector voor de verschillende deelnetten en de twee scenario's.

Bijlage 2.2 – Energiebronnen: kenmerken en verschillen

Hieronder zijn kenmerken en informatie beschreven van verschillende energiebronnen die een rol kunnen spelen in het toekomstige energiesysteem. Voorafgaand daaraan is er een beknopt overzicht gegeven van informatie rondom het energiesysteem, met informatie over de potentie van energiebronnen, energievraag en vermogen van verschillende sectoren.

Samenvatting potentie energiebronnen

Hieronder is een korte samenvatting van de potentie van energiebronnen gegeven (Figuur 9) met daaronder de aannames die ten grondslag liggen aan deze potentieberekeningen (tabel 5). Meer specifieke info over de energiebronnen is hieronder te vinden.



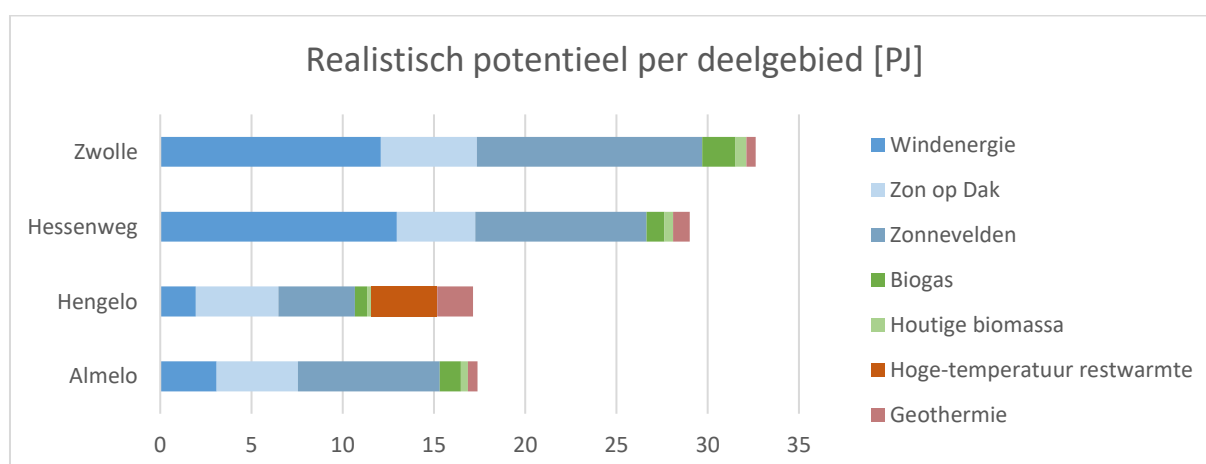
Figuur 9: De realistische en maximale potentie per type opwek in Overijssel. *) De potentie voor SMR's is nog in onderzoek. Voor Overijssel is in de werksessies als voorstelbaar ingeschat dat er op 4 locaties een reactor van 20 MW kan worden gerealiseerd (zie factsheet voor meer informatie).

Tabel 5: Aannames voor potentieberekening per techniek

Type opwek	Potentiesoort	Toelichting	Bronnen
Zon op veld	Realistisch	4% landbouwgrond in gebruik voor zonnevelden	(Generation.Energy; CE Delft, 2024)
	Maximum	10% landbouwgrond in gebruik	(Generation.Energy, 2023)
Zon op Dak	Realistisch	Beschikbare en geschikte daken. Daken op noordzijde en in schaduw vallen af. 60% benutting daken (door dakkapellen e.d.). Daken waar al panelen liggen vallen af. 20% valt of door constructiebeperking.	(Zon op dak Dashboard, 2024)
	Maximum	Geschikte daken: rekening gehouden met 60% benuttingsgraad dak	(Zon op dak Dashboard, 2024)
Groen gas	Realistisch	55% van de beschikbare mest (o.b.v. huidige statistieken) beschikbaar voor vergisting	(CE Delft, 2024)
	Maximum	100% benutting beschikbare mest (exc. mest van weidegang)	(CE Delft, 2024)
Houtige biomassa	Realistisch	Op Overijssels grondgebied. Op basis van huidige aandeel kap bestaande bossen, en beschikbare biomassa uit landschap en bebouwde omgeving.	(Probos, 2017)
Geo-thermie	Realistisch	Op basis van de vraag naar midden-temperatuur warmte in de industrie	(WaterEnergySolutions , 2024)
	Maximum	Theoretisch winbare warmte zonder technische of economische beperkingen	(Generation.Energy; CE Delft, 2024)

Verdeling potentie

De realistische potentie is ruimtelijk verdeeld over zes deelgebieden in Overijssel. In totaal varieert de ambitie tussen de 7 en 28 PJ. Twee dingen vallen op: de potentie van windenergie in West-Overijssel is fors hoger dan in Twente, en in Hengelo is de meeste potentie voor warmte.



Figuur 10: Verdeling van de realistische potentie over de vier deelgebieden van Overijssel

Indien er locatiegegevens bekend zijn van de opwekpotentie is dit verdeeld worden over de deelgebieden. Als dit niet bekend is dan is er gebruik gemaakt van een ruimtelijke verdeelsleutel (zie pagina 2).

Benchmark Nederland

In Figuur 11 is de potentie van vier toonaangevende energiebronnen van Nederland vergeleken met de potentie in Overijssel. Dit geeft inzicht in de vraag welke opwekambitie we in Overijssel zouden willen hebben. De totale energievraag in Overijssel bedraagt momenteel 5,5% van de landelijke energievraag (Klimaatmonitor, 2022).

Type	Aandeel	Bron
Wind	4,0%	(Generation.Energy, 2023)
Zonnevelden	10,2%	(Generation.Energy; CE Delft, 2024)
Zon op dak	8,9%	(Generation.Energy; CE Delft, 2024)
Biogas	7,6%	(CE Delft, 2024)

Figuur 11: Potentie opwek: aandeel Overijssel t.o.v. NL

Wat is een PJ?

Met 1 PJ energie voorzie je...

- 60.000 auto's, of
- 25.000 woningen, of
- Alle gebouwen van de gemeente Dinkelland, of
- 70% van de benodigde staal voor de bouw van de Eiffeltoren

...van energie.

1 PJ wek je op met...

- 14 windturbines, of
- 275 hectare aan zonneparken, of
- 50.000 woningen met zonnepanelen, of
- 6 geothermiebronnen, of
- 2 Micro-SMR's

Vraag, vermogen en piekvermogen

De vraag naar energie varieert op elk moment van het jaar en hangt af van een bepaalde behoefte aan energie. De hoeveelheid energie wordt vaak uitgedrukt in *joule*. Een andere eenheid die veel gebruikt wordt is kilowattuur (kWh). Het vermogen bepaalt hoeveel energie er geleverd kan worden gedurende een bepaalde tijd. Vermogen wordt uitgedrukt in *watt* (joule per seconde). Eén kilowattuur betekent dat er bijvoorbeeld een stofzuiger met het vermogen van 1000 watt (1kW) één uur aan staat. In een uur zitten 3600 seconden, wat betekent dat 1 kWh in totaal 3.600.000 joule is, ofwel 3,6 megajoule (MJ).

Vraagprofielen

De vraag naar energie wordt veelal gestuurd door ons eigen ritme. In de ochtend stijgt de vraag naar energie omdat we de verwarming aanzetten, de lichten aanzetten enz., terwijl deze juist weer zakt wanneer we gaan slapen. De vraag naar energie op elk uur van het jaar geeft een profiel met alle pieken en dalen. Hier vallen grofweg twee dingen op: er is een specifiek profiel dat door ons dag-nacht ritme wordt bepaald, en er is een profiel dat afhankelijk is van het seizoen.

Dag-nachtprofiel: hierin is het dagelijkse ritme zichtbaar. Met name elektriciteit piekt bij de start van de dag, daarna daalt het omdat we naar ons werk of school gaan, waarna het weer piekt in de avond. In de nacht daalt de elektriciteitsbehoefte fors omdat we veel minder elektrische apparaten gebruiken.

Seizoensprofiel: hier zien we dat met name de vraag naar warmte bepaald wordt door de buitentemperatuur. In de winter is er een grote vraag naar warmte voor ruimteverwarming, terwijl dit erg laag is in de zomer. Ook het gebruik van elektriciteit is in de winter hoger omdat we dan meer binnen zijn.

Onze energie-infrastructuur is op een dusdanige manier gebouwd om de pieken en dalen van onze energievraag op te kunnen vangen. Dit betekent dat er genoeg vermogen geleverd moet worden om aan de piekvraag te voldoen en dat er genoeg flexibiliteit moet zijn om mee te bewegen als de vraag verandert. Ook de opwek van elektriciteit varieert, met name afhankelijk van het weer.

In het toekomstige energiesysteem zal de vraag naar energie door ons ritme worden bepaald. Om een indruk te krijgen van de verschillen gedurende de dag en het seizoen is de specifieke vraag van elektrische auto's, warmtepompen en de industrie weergegeven (*Tabel 6*) voor het gehele jaar, het seizoen (piekseizoen en dalseizoen) en het uur van de dag (piekuur en daluur).

Tabel 6: Elektriciteitsvraag en opwek van energie (PJ) in Overijssel gedurende het jaar, seizoen en uur voor drie sectoren. De percentages geven de totale vraag per tijdseenheid weer als percentage van het jaarlijkse totaal. Bij het piekuur betekent dit bijvoorbeeld de totale vraag (of opwek) naar energie tussen 9 en 10 uur voor alle dagen van het jaar van een bepaalde sector. Bron: I13050, scenario nationaal leiderschap (Netbeheer Nederland, 2023).

		Vraag			Opwek		
		Elektr. auto's	Warmte-pompen woning	Industrie (overige)	Wind	Zonne-velden	Biogas
Jaar	Jaar	5,3	3,5	6,2	2,8	3,5	2,1
Seizoen	Piek	0,48	1,05	0,64	0,36	0,46	0,18
	(% van jaartotaal)	9%	30%	10%	13%	13%	9%
	Dal	0,41	0,09	0,45	0,14	0,10	0,17
	(% van jaartotaal)	8%	2%	7%	5%	3%	8%
Uur van de dag	Piek	0,33	0,24	0,32	0,12	0,41	0,09
	(% van jaartotaal)	6%	7%	5%	4%	12%	4%
	Dal	0,07	0,09	0,25	0,10	0,00	0,09
	(% van jaartotaal)	1%	3%	4%	4%	0%	4%

Voor het seizoen valt op dat de vraag naar elektriciteit door warmtepompen voor 30% in de winter ligt, terwijl dit in de zomer maar 2% is. Bij andere sectoren is deze seizoensvariatie veel minder. De opwek van zonne-energie piekt in de zomer (13% van het totaal) terwijl wind juist piekt in de winter (13%).

Bij dag-nachtprofiel valt juist op dat het laden van elektrische auto's piekt na thuiskomst, terwijl er aan het einde van de nacht een hele kleine energievraag is. Het profiel van de industrie is juist heel erg vlak, op elk moment van het jaar is dit min of meer gelijk. Bij de opwek zien we dat zonnevelden 's nachts geen energie leveren, en juist behoorlijk pieken rond het middaguur. Daarentegen leveren windenergie en biogas gemiddeld over de dag juist een relatief gelijke hoeveelheid energie.

Flexibiliteit: omdat het aanbod van elektriciteit in de toekomst voornamelijk afhankelijk is van het weer, de behoefte ook verschilt op elk moment in het jaar, en opgewekte elektriciteit zich van nature moeilijk laat opslaan, is er flexibiliteit nodig om vraag en opwek op elkaar aan te laten sluiten. Batterijen zijn met name goed om verschillen in het dag-nachtprofiel te overbruggen. Doordat veel van het personenvervoer elektrificeert is er een goede kans om het accupakket van elektrische auto's te benutten voor balanceren van het elektriciteitsnet.

Voor seizoensopslag hebben batterijen te weinig volume om vraag en aanbod op elkaar aan te laten sluiten. Overaanbod van elektriciteit kan met behulp van elektrolyzers omgezet worden naar waterstof, wat in bijvoorbeeld zoutkoepels opgeslagen kan worden. Daarnaast kan er in buffervaten warmte vanuit de zomer opgeslagen worden om in de winter te gebruiken. Met name seizoensopslag is nog in ontwikkeling en is momenteel nauwelijks toegepast.

Elektriciteit | Windenergie

Hoe werkt het: omzetten van wind naar elektriciteit door middel van windturbines

Inzetbaar: alle sectoren met vraag naar elektriciteit

Voordelen:

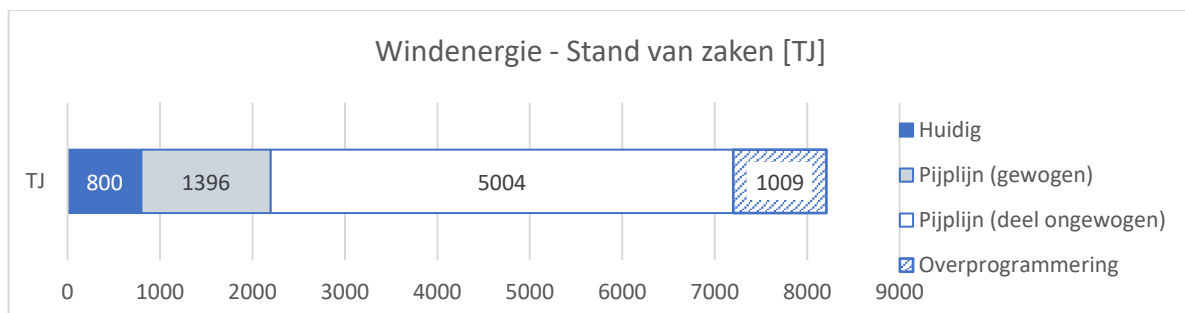
- Opwek gedurende groot deel van het jaar
- Weinig ruimtebeslag: kan gecombineerd worden met landbouw

Nadelen:

- Elektriciteit is moeilijk op te slaan
- Energieproductie afhankelijk van de windsterkte
- Milieu/omgevingseffecten: zichtbaar in het landschap, hinder door geluid en slagschaduw

Stand van zaken

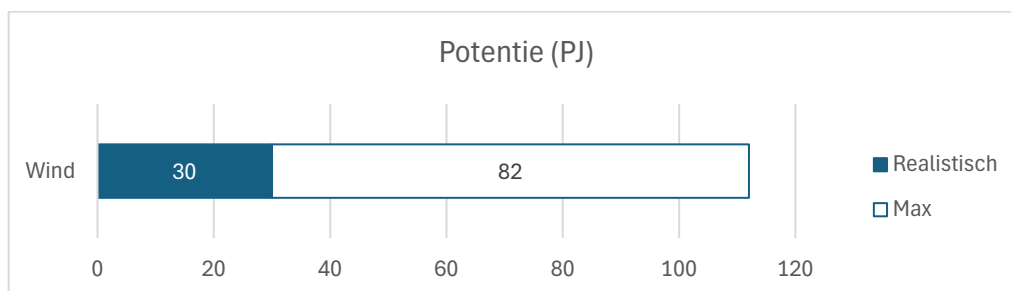
Momenteel wordt er 800 TJ elektriciteit opgewekt in Overijssel. Met het vastgestelde windbeleid is het de bedoeling dat er in 2030 7,2 PJ (2 TWh) opgewekt wordt. Afgaande op de programmeerafspraken zit er ongeveer 7,4 PJ in de pijplijn. Door overprogrammering is de pijplijn iets hoger dan de verwachte realisatie.



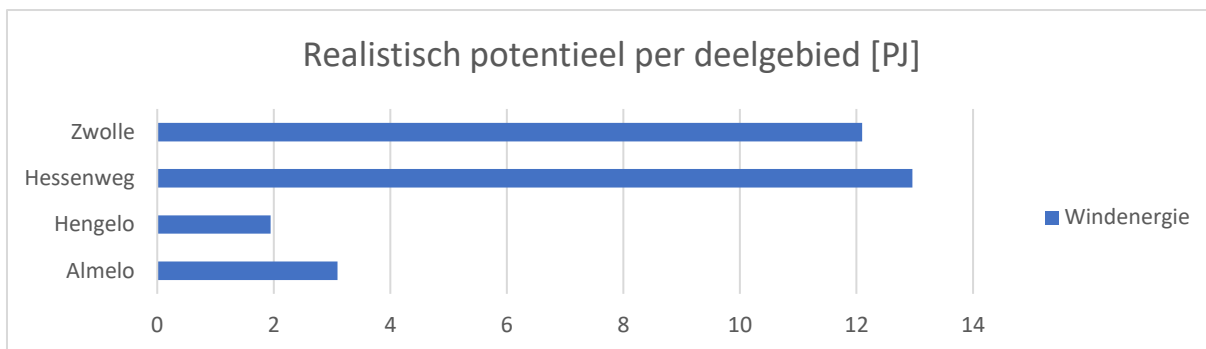
Figuur 12: Stand van zaken windenergie. Bronnen: (RVO, 2024) (RES West-Overijssel, 2021) (RES Twente, 2024)

Potentie

De realistische potentie voor windenergie is bepaald door te kijken naar het plaatsingspotentieel van windturbines van 6 MW. Hiervoor is dezelfde methode gehanteerd als bij de omgevingseffectrapportage van het PPE (Provincie Overijssel, 2024). Daarnaast is aangenomen dat er geen turbines in NNN en weidevogelgebieden gerealiseerd worden en dat er geen solitaire windturbines gerealiseerd worden. De totale realistische potentie komt daarmee op 30 PJ (zie Figuur 13). In Figuur 14 is de ruimtelijke verdeling van de potentie in Overijssel geschetst.



Figuur 13: Potentie van windenergie in Overijssel. Bron: (Provincie Overijssel, 2024)



Figuur 14: Verdeling realistische potentieel over de verschillende deelnetten

Er kan meer windenergie gerealiseerd worden. Voor de maximale potentie zijn we voor het plaatsingspotentieel uitgegaan van turbines van 4,3 MW, en is plaatsing in NNN- en weidevogelgebieden mogelijk. Solitaire turbines zijn uitgesloten. De maximale potentie komt 112 PJ, waarvan 60 PJ overblijft als NNN en weidevogelgebieden zijn uitgesloten.

Kentallen

Turbintype	200m	240m	280m	Dorpsmolen	Erfmolen (EAZ)
Tiphoogte [m]	200	240	280	100	25
Ashoogte [m]	131	160	180	75	19
Vermogen [MW]	4,3	6	8	1	0,015
Opwek [GWh/j]	13	20	30	2	0,027
Vollasturen	3100	3350	3750	2000	1800

Bronnen: (Provincie Overijssel, 2024), (RES West-Overijssel, 2021),

Indicator	Data	Eenheid	Bron
Landgebruik (direct)*	-	ha/MW	(Quintel, 2024)
Landgebruik (indirect)	6,7	ha/MW	(Quintel, 2024)
Investeringskosten	710	€/kW	(Berenschot; Kalavasta, 2020)
Netwerkkosten	Gemiddeld	-	

*exclusief ruimte voor plaatsing fundering.

Aandachtspunten

Potentie kleinere turbines: Kleinere turbines zoals bijv. dorpsmolens (1MW) zijn nu niet economisch rendabel. De technische ruimte voor kleinere turbines is groter dan voor de turbines waar nu mee is gerekend voor de potentieberekening. Hoewel kleinere turbines minder opbrengen, is er meer plaatsingsruimte waardoor de totale potentie toch groter zou kunnen zijn.

Milieunormen: Het plaatsingspotentieel van windturbines wordt voornamelijk bepaald door de concept milieunormen en afstandsnormen (twee keer tiphoogte). Aanpassingen aan deze normen hebben substantiële invloed voor het plaatsingspotentieel.

Ruimte voor natuur: Een andere factor die invloed heeft op het plaatsingspotentieel is natuur. Momenteel zijn Natura 2000 gebieden uitgesloten voor windenergie, terwijl men gebieden binnen het Natuur Netwerk Nederland (NNN), en weidevogelgebieden probeert te vermijden. Er zijn doelstellingen om het areaal van deze natuurgebieden uit te breiden. Dit kan leiden tot een verminderd plaatsingspotentieel.

Elektriciteit | Zon op dak

Hoe werkt het: omzetten van zonnestraling naar elektriciteit door middel van fotovoltaïsche cellen, welke gebundeld zijn in zonnepanelen.

Inzetbaar: alle sectoren met vraag naar elektriciteit, met name geschikt voor de gebouwde omgeving.

Voordelen:

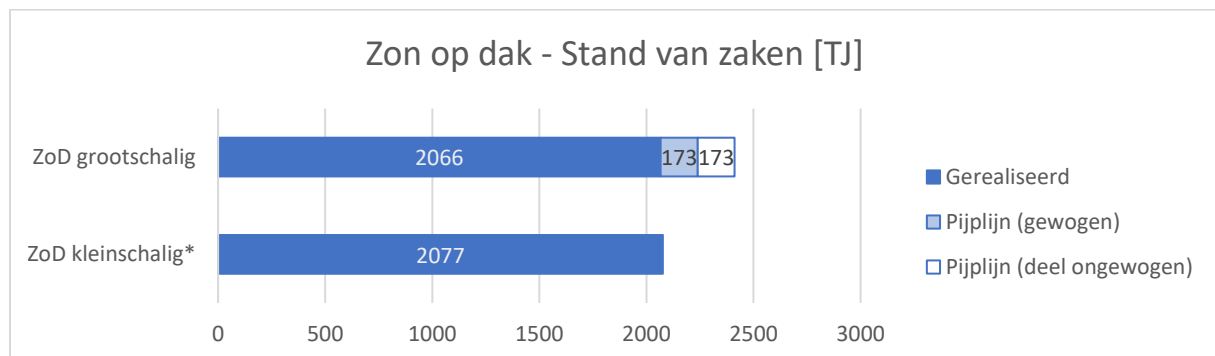
- Brede maatschappelijke acceptatie
- Geen extra ruimtebehoefte
- Levert direct stroom (achter de meter) aan huishoudens/bedrijven, waardoor het minder impact het op het elektriciteitsnet dan zonnevelden

Nadelen:

- Elektriciteit is moeilijk op te slaan
- Mismatch vraag en aanbod: levert alleen stroom als de zon schijnt, weinig productie in de winter
- Vergt veel netcapaciteit door laag aantal vollasturen
- Concurrereert met zonthermie op daken.

Stand van zaken

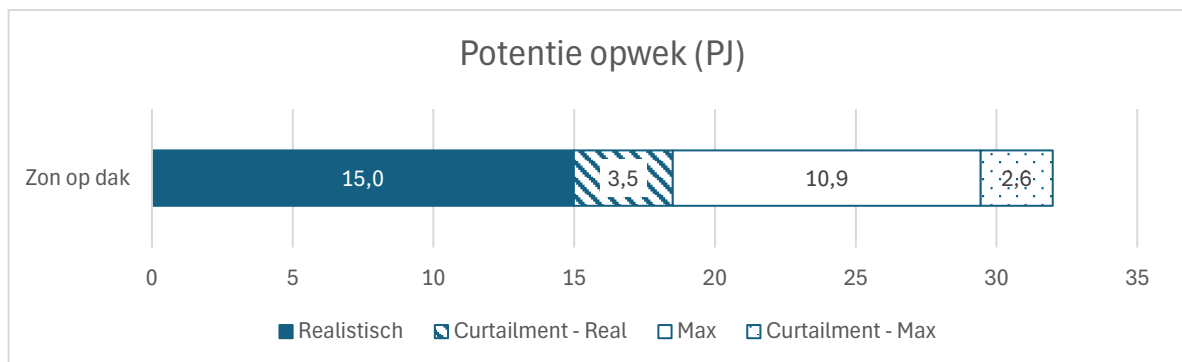
In 2022 is er ruim 4 PJ aan elektriciteit met behulp van zonnepanelen op daken gerealiseerd. De verdeling tussen kleinschalige- (veelal op woningen) en grootschalige zonnedaken (groter dan 15 kW, ongeveer 50 panelen) is gelijk. Er zit nog een klein gedeelte in de pijplijn. Als we dit vergelijken met het realistische potentieel dan is er ongeveer 18% gerealiseerd.



Figuur 15: gerealiseerd (RVO, 2024), pijplijn (RES Twente, 2024), (RES West-Overijssel, 2024). *) van kleinschalig zon op dak is geen pijplijn bekend.

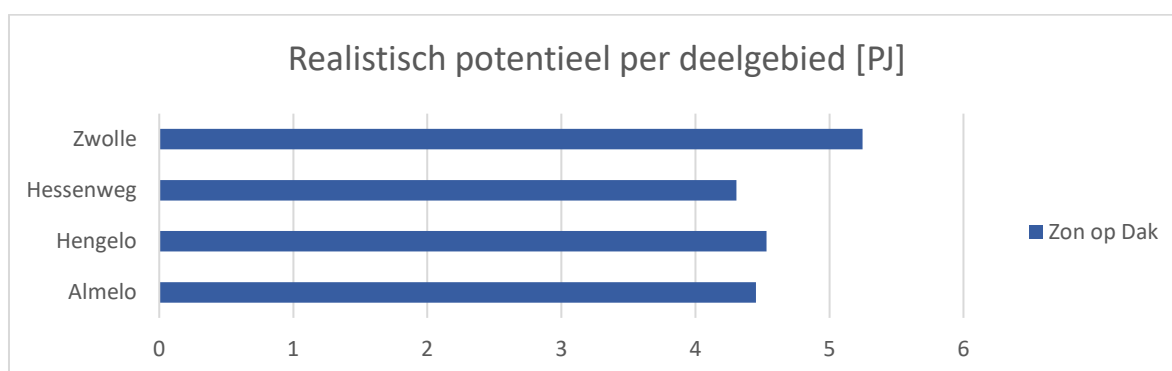
Potentie

Het realistische potentieel van zon-op-dak is berekend door het kijken naar de beschikbare daken in Overijssel. Niet alle daken zijn geschikt, en slechts een gedeelte kan daarvan benut worden. Daken op noordzijde en in schaduw vallen af, en door dakkapellen, schoorstenen en andere objecten op daken is berekend dat 60% van het dakoppervlakte benut kan worden (Sobolt, 2023). Daarnaast is ingeschat dat 20% van de daken een dusdanige slechte constructie heeft dat er geen zonnepanelen geplaatst kunnen worden (Systemiq, 2021). Ook is aangenomen dat er op daken die reeds belegd zijn geen extra panelen geplaatst worden. Hiermee komt het realistische potentieel op 18,5 PJ. Als er rekening wordt gehouden met het aftoppen van zonnepanelen (curtailment, zie ook aandachtspunten) met 50% dan daalt het realistische potentieel met 3,5 PJ naar 15 PJ.



Figuur 16: Potentie zon op dak. Bron: (Zon op dak Dashboard, 2024)

Voor het maximale potentieel is aangenomen dat alle geschikte daken benut kunnen worden. Hier is wel rekening gehouden met een benuttingsgraad van 60%. De potentie voor zon op dak is gelijkmatig verdeeld over de deelnetten en varieert tussen de 4,3 en 5,2 PJ (Figuur 17).



Figuur 17: Ruimtelijke verdeling potentie zon op dak (zonder curtailment).

Kentallen

	Zuid-georiënteerd	Oost-west
Vermogen/paneel [W]	350	350
Grootte [m2]	1,63	1,63
Vollasturen [uren/j]	950	760
Opbrengst/paneel [kWh]	330	266
Vollasturen (bij 50% curtailment) [uren/jaar]	865	620
Opbrengst/paneel met 50% curtailment [kWh]	270	215

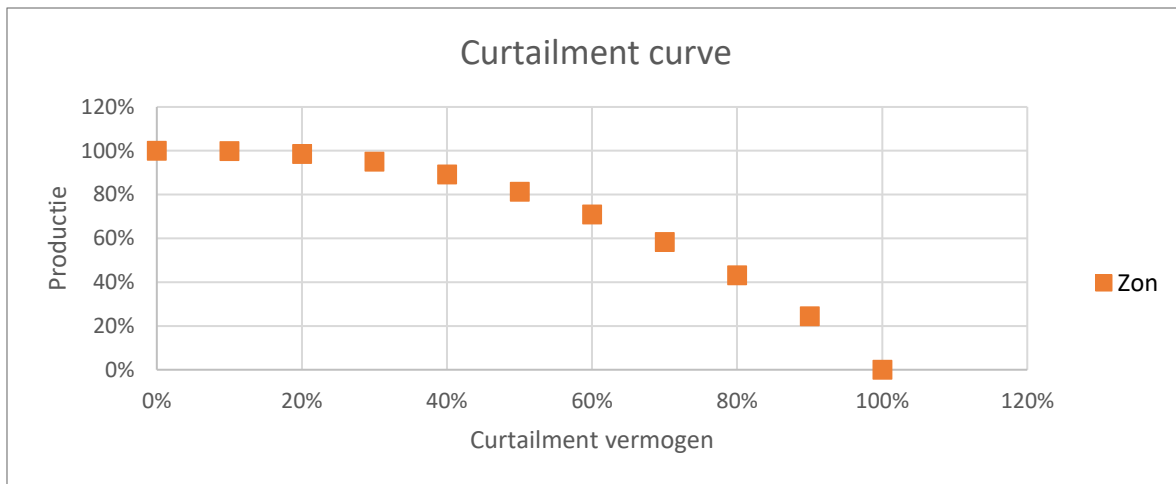
Bron: (NPRES, 2023), eigen berekeningen

Indicator	Data	Eenheid	Bron
Landgebruik (direct)*	-	ha/MW	(Quintel, 2024)
Landgebruik (indirect)	-	ha/MW	(Quintel, 2024)
Investeringskosten	280	€/kW	(Berenschot; Kalavasta, 2020)
Netwerkkosten	Hoog	-	

*) Hier wordt alleen dakoppervlakte gebruikt

Aandachtspunten

Aftoppen vermogen (ook wel bekend als curtailment): Door een omvormer met een lager vermogen te koppelen aan de zonnepanelen wordt er tijdens piekmomenten minder elektriciteit geleverd. Daardoor wordt er opwek onbenut gelaten, maar verminderd de impact op het elektriciteitsnet. De verhouding tussen curtailment en het verlies aan opwek is weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18: curtailment curve zon-PV. Bron: (Renewables.ninja, 2024)

Benutten eigen opwek: Door de zonnestroom zelf te benutten is er minder overtollige elektriciteit die het net op moet, waardoor de netimpact beperkt kan blijven. Als er niet ingezet wordt op zelfbenutting zal er veel stroom onbenut blijven omdat er op piekmomenten (zonnige zomerse dagen) geen vraag naar elektriciteit zal zijn. Benutting van de accucapaciteit van het toekomstige wagenpark kan een interessante kans zijn om de netimpact van zonne-energie te reduceren.

PVT-panelen: dit zijn PV-panelen gecombineerd met zonnecollectoren voor het opwarmen van water. Bijkomend voordeel is dat PVT-panelen ervoor zorgen dat de zonnepanelen in de zomer iets koeler blijven waardoor het elektrische rendement van de PV-cellen hoog blijft.

Innovatie: momenteel zijn PV-panelen op basis van silicium toonaangevend. Er zijn nieuwe generatie zonnepanelen in ontwikkeling die een hogere opbrengst hebben (multi-layer zonnecellen) of minder kostbare materialen gebruiken en lichter zijn (perovskite zonnecellen). Daarnaast wordt er ook nagedacht over het plaatsen van zon op gevels. Dit gaat ten koste van de jaarlijks opbrengst, maar past mogelijk beter bij het vraagprofiel van elektriciteit waardoor het percentage eigen benutting stijgt, en er minder impact is op het elektriciteitsnet.

Elektriciteit | Zonnevelden

Hoe werkt het: omzetten van zonnestraling naar elektriciteit door middel van fotonvoltaïsche cellen.

Inzetbaar: alle sectoren met vraag naar elektriciteit

Voordelen:

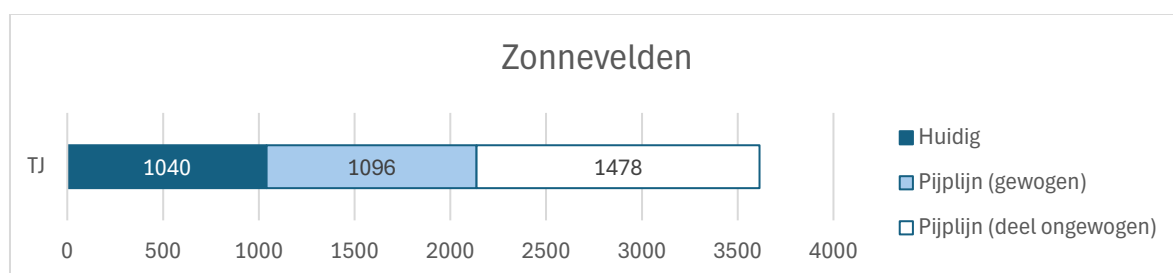
- Goedkoop
- Veel potentie

Nadelen:

- Elektriciteit is moeilijk op te slaan
- Mismatch vraag en aanbod: levert alleen stroom als de zon schijnt, weinig productie in de winter
- Vergt veel netcapaciteit, vaak relatief ver van energievraag
- Ruimtebeslag relatief groot

Stand van zaken

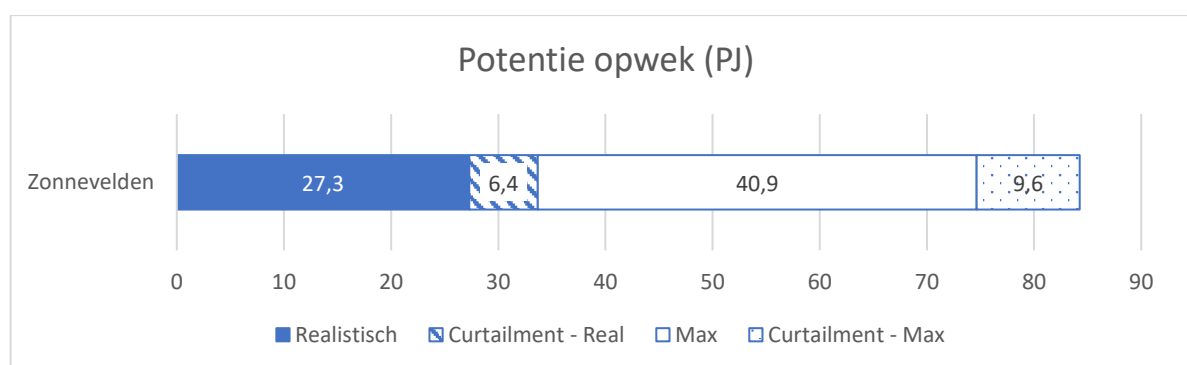
Met het vastgestelde provinciale zonbeleid met de bijbehorende stop van zonnevelden op landbouwgrond, zal de groei van zonnevelden tot 2030 afnemen. In 2022 is er voor ruim 1 PJ aan elektriciteit opgewekt door zonnevelden. De verwachting vanuit de pijplijn van beide RES'en is dat daar nog ongeveer 1 PJ bij komt. Dit is nog enigszins onzeker omdat het nieuwe provinciale beleid nog niet helemaal doorgevoerd is in de RES monitors. Anderzijds wordt de potentie van zon op rijksgronden, het OER programma (opwek energie op rijksgronden) momenteel verkend. Dit kan nog voor extra realisatie zorgen die nog niet in de pijplijn is weergegeven.



Figuur 19: Stand van zaken opwek zonnevelden. Bronnen: (RVO, 2024) (RES Twente, 2024) (RES West-Overijssel, 2024)

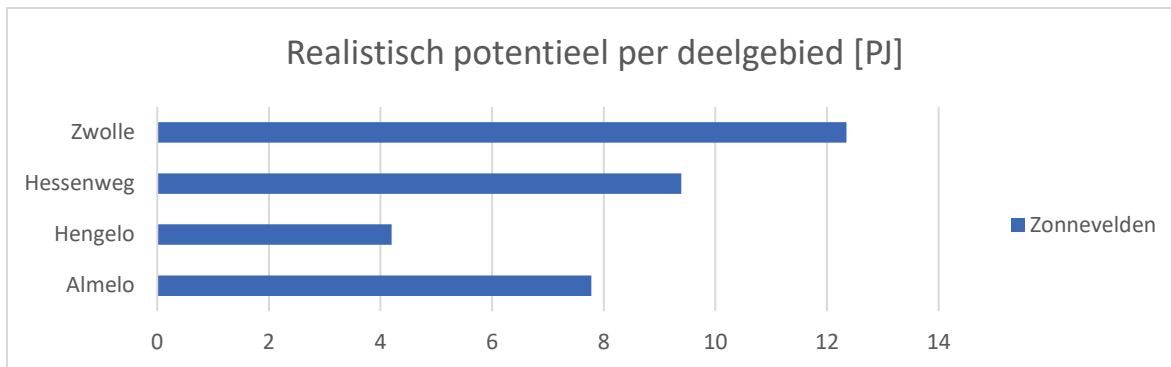
Potentie

De potentie is berekend door te kijken hoeveel elektriciteit er opgewekt wordt als een deel van de landbouwgrond ingezet wordt als zonnepark. De bandbreedte tussen het realistische en maximale aandeel van omzetting van landbouwgrond is door NPRES geschat op respectievelijk 4- en 10%, met een potentie van 34 en 84 PJ. Wanneer er rekening wordt gehouden met het aftoppen van het vermogen van zonnepanelen met 50%, dan daalt het potentieel naar respectievelijk 27 en 41 PJ (zie ook aandachtspunten).



Figuur 20: Potentie zonnevelden. Bron: (Generation.Energy; CE Delft, 2024)

De potentie van zonnevelden varieert tussen de 4,2 en 12,3 PJ. Dit heeft voornamelijk met de hoeveelheid landbouwgrond te maken, dit is relatief groot in deelnet Zwolle en een stuk minder groot in deelnet Hengelo.



Figuur 21: Ruimtelijke verdeling potentie zonnevelden (zonder curtailment).

Kentallen

Opstellingsvariant	Zuid gericht	Oost-West
Vermogen/paneel [W]	350	350
Afmeting paneel [m2]	1,63	1,63
Landgebruik [bruikbare m2/m2]	0,5	0,8
Vollasturen (bij 30% curtailment) [uren/jaar]	950	750
Opbrengst/ha [GWh/ha]	1,0	1,3

Bron: (NPRES, 2023), eigen berekeningen

Aandachtspunten

Netimpact: Zonneparken vergen relatief veel netcapaciteit. Deze kan echter verlicht worden door verschillende maatregelen:

- Aftoppen omvormercapaciteit (curtailment): hierbij wordt de omvormercapaciteit verlaagd waardoor de netimpact verminderd. Dit gaat ten koste van een deel van de jaarlijkse opwek. De verhouding tussen curtailment en het verlies aan opwek is weergegeven in Figuur 18.
- Cable-pooling: het delen van de netaansluiting van een zonnepark en een windpark. Zon en wind hebben een complementair profiel, als het waait is het vaker bewolkt en in de zomer waait het minder. Door een gezamenlijke netaansluiting (idealiter van een vergelijkbare grootte) is er fors minder capaciteit nodig en stijgt de net-efficiëntie (de geleverde stroom per aansluiting).
- Directe afname (met batterijopslag): door een zonnepark te koppelen aan een bedrijf met een grote vraag naar elektriciteit (idealiter op piekmomenten) wordt een deel van de elektriciteit direct benut waardoor er minder naar het elektriciteitsnet hoeft te worden getransporteerd. Met een batterijopslag kan dit aandeel verder verlaagd worden.

Natuurvriendelijke inpassing: Zonnevelden kunnen bijdragen aan de biodiversiteit door natuurvriendelijke inpassing (de Vries & Klaassen, Ecologie in zonneparken, 2024). Door natuurvriendelijke inpassing daalt de opwek per gebruikte vierkante meter wel.

Elektriciteit | Kernenergie

Hoe werkt het: door splitsing van atomen komt warmte vrij. Deze kan met behulp van een generator omgezet worden in elektriciteit.

Inzetbaar: alle sectoren met vraag naar elektriciteit. Logische sector: grootschalige industrie, voor processen met een (jaarlijks) constante vraag naar elektriciteit. Naast elektriciteit kan er ook hoge-temperatuur warmte opgewekt worden.

Voordelen:

- Levert constante hoeveelheid stroom gedurende het hele jaar
- Kleine ruimtevraag
- Kan ook hoge-temperatuur warmte leveren

Nadelen:

- Relatief duur
- Er komt radioactief afval vrij dat langdurig opgeslagen moet worden
- Doorlooptijd van plan naar realisatie is lang
- Weinig flexibel. Kan moeilijk afgeschaald worden wanneer er minder vraag naar elektriciteit is.

Potentie

De potentie van kernenergie is onbekend. Er zijn drie factoren (los van de economische factor) die de potentie mede bepalen: ruimte, koeling en inpassing in het elektriciteitssysteem. Er is ruimte nodig voor de reactor zelf, maar ook voor een veilige inpassing in de omgeving. Daarnaast dient de reactor gekoeld te worden om oververhitting te voorkomen. De meeste typen kernreactoren gebruiken hiervoor oppervlaktewater, maar nieuwere concepten kunnen ook met lucht gekoeld worden. Koeling met oppervlaktewater is op een beperkt aantal plekken in Overijssel mogelijk.

Omdat het reactieproces een continu proces is leveren kernreactoren constant stroom. Doordat ze minder goed kunnen reageren op een flexibele elektriciteitsvraag zijn ze gebaat bij een continue afname van stroom. Hierdoor zijn ze met name geschikt voor de levering aan grootschalige industrie met een (jaarrond) constante vraag naar elektriciteit. Nieuwe kernreactoren zijn meer flexibel dan oudere typen reactoren en kunnen iets flexibeler ingezet worden.

Doordat er in Overijssel relatief weinig grootschalige industrie is achten we het voorstelbaar dat er mogelijkheden zijn voor vier kleinere reactoren, small modular reactors (SMR's, zie hoofdtekst voor duiding). De grotere reactoren waarvoor de landelijke overheid plannen heeft zijn fors groter dan deze SMR's en met name bedoeld om elektriciteit voor heel Nederland te produceren.

Kentallen

	Lichtwater SMR	Micro-SMR	Gesmolten zout SMR
Vermogen (MW)	300	20	200
Vollasturen	7800	7800	7800
Opbrengst (GWh/j)	2340	156	1560
Ruimtevraag (ha)	14	2	7
Koeling	Water	Lucht	Water/Lucht
Flexibiliteit	Matig	Redelijk	Redelijk
Investeringskosten (€/kW)	4000	8000	5500
Investeringskosten per reactor (miljard €)	1,20	0,16	1,10

Bronnen: (NRG, 2023), (TNO, 2018), (Turkenburg, 2022), (IES, 2023).

Aandachtspunten

Realisatietermijn¹: SMR's bevinden zich nog in de onderzoeks- en ontwikkelingsstadium. Naar verwachting komen de eerste SMR's rond 2030 in de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk op de markt. Eventuele investeerders willen daar eerst de resultaten van afwachten. Pas daarna is er mogelijk besluitvorming realistisch. Indien een partij toch eerder een SMR wil hebben, betreft dit een First-of-a-kind reactor. Tijd voor voorbereiding en bouw is dan zeker 15 tot 20 jaar. First-of-a-kind betekent dat dit geen 'bewezen technologie' is. Indien van een reactortype reeds tien of twintig zijn geleverd, zou op termijn een voorbereidings- en bouwtijd van ca 8 jaar realiseerbaar kunnen zijn. De verwachting is dan ook dat SMR's wellicht vanaf 2040 een bijdrage leveren.

Kosten: Uit onderzoek blijkt dat de uiteindelijke realisatiekosten over het algemeen ruim twee keer zo hoog zijn dan de kosten bij aanbesteding (Portugal-Pereira et al., 2018), (Strop, 2024). Overigens blijkt wel dat de totale kosten van het toekomstig elektriciteitssysteem met inpassing van kernenergie vergelijkbaar zijn dan met een systeem zonder kernenergie, doordat er minder kosten nodig zijn voor netuitbreiding (Witteveen+Bos; eRisk Group; HCSS; Rethink Zero, 2022). Hierin is echter geen rekening gehouden met een realistische verdubbeling van de kosten van kernenergie.

Bio-energie | Biogas

Hoe werkt het: natte biomassa bevat koolstofverbindingen die door bacteriën worden omgezet (anaerobe vergisting) naar het gas methaan (biogas). Met name reststromen (mest, rioolslib, resten voedselverwerkende industrie) zijn beschikbaar.

Inzetbaar: in alle sectoren met vraag naar aardgas. Logische sectoren:

- industrie met hoge-temperatuur warmtevraag
- Warmtevraag monumentale kernen
- Back-up hybride warmtepompen
- Als piekvoorziening in aanvulling op geothermie

Voordelen:

- Makkelijk op te slaan
- Breed inzetbaar
- Flexibel inzetbaar
- Kan relatief goed ingepast worden in het bestaande aardgasnetwerk

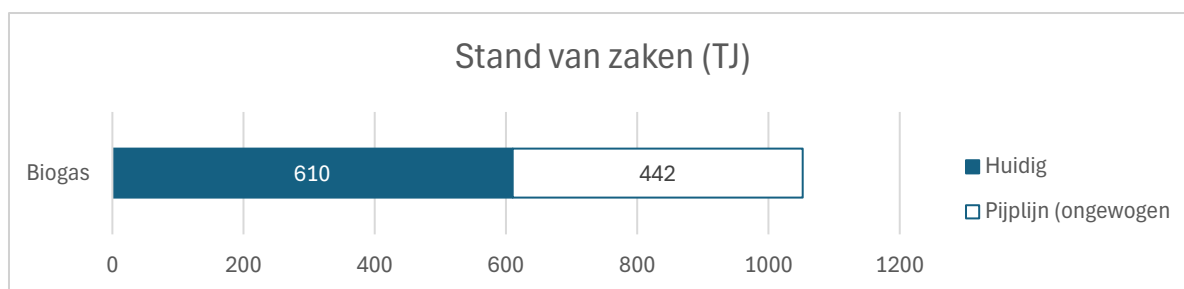
Nadelen:

- Relatief kleine potentie vergistbare stromen (10% huidige aardgasverbruik)
- Kans op methaanlekken, uitstoot broeikasgas
- Kleinschalig: opwek op locatie gewenst

Stand van zaken

Momenteel wordt er ruim 600 TJ aan biogas geproduceerd door vergisting van biomassa. In de vastgestelde [biomassaroute](#) wordt het belang van biomassa verder toegelicht. Als voortvloeisel uit dit beleid is een subsidieregeling voor kleinschalige monomestvergisting opgezet. Momenteel zijn er 67 aanvragen voor mestvergisters met een geschatte opwek van bijna 450 TJ.

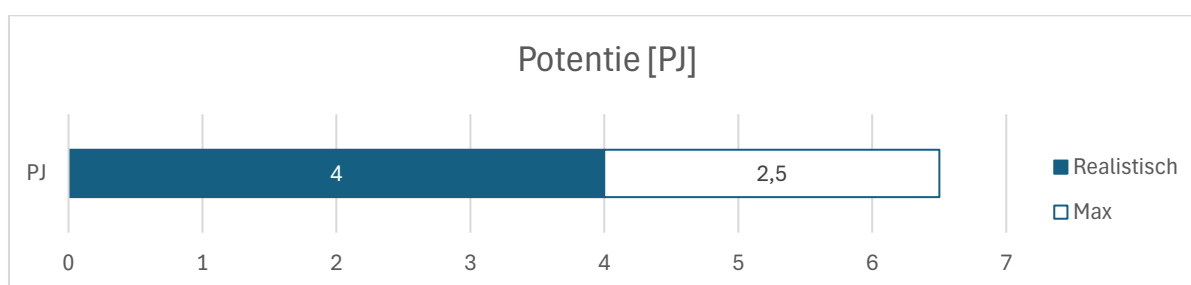
¹ Bron: *Toepassing kernenergie in Nederland en de perspectieven van SMRs. Notitie voor Overijssel, 28 nov 2022. Wim Turkenburg.*



Figuur 22: Stand van zaken biogas. Bronnen: (CBS, 2024), (RVO, 2024).

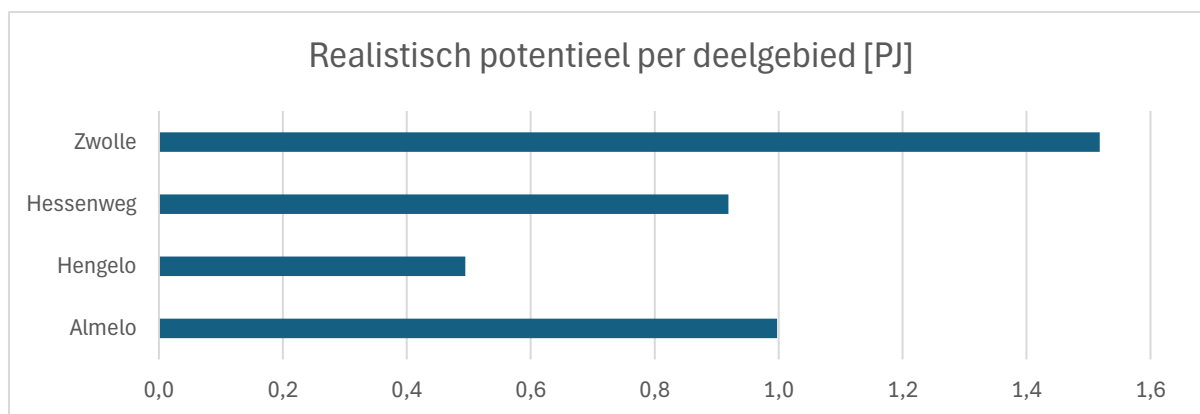
Potentie

De potentie van biogas ligt tussen de 4,0 en 6,5 PJ. Veruit het grootste gedeelte van de potentie bestaat uit de opwek van gas uit mest. De potentie vanuit rioolwaterzuiveringsinstallaties en vergistbare reststromen uit de voedselverwerkende industrie is geschat op iets minder dan 1 PJ. In Tabel 7 zijn de aannames beschreven om tot deze potentie te komen.



Figuur 23: potentie van biogas in Overijssel

De potentie per deelnet varieert van 0,5 tot 1,5 PJ en hangt met name af van het areaal landbouwgrond (waarover de melkveehouderijen verspreid zijn) dat in Zwolle relatief groot is en in Hengelo relatief klein (Figuur 24).



Figuur 24: Ruimtelijke verdeling potentie biogas

Tabel 7: Aannames potentieberekening biogas

Potentieel	Omschrijving
Technisch	Mestvergisting (CE Delft, 2024): 75% van de totale mestproductie is beschikbaar voor vergisting door mestopslag. 25% komt vrij door weidegang en is daarmee niet beschikbaar. RWZI + VGI (Generation.Energy; CE Delft, 2024): omschrijving analysekaarten NPRES
Realistisch – Hoog	Mestvergisting : Uitgangspunt: 55% van de beschikbare mest (o.b.v. huidige statistieken) beschikbaar voor vergisting (CE Delft, 2024). Komt overeen met bovenkant van studie potentie groen gas, welke aangeeft dat dit binnen de marges van verschillende scenario's voor krimp van de veestapel. Inc. varkens/pluimveemest. Aanname krimp veestapel CE Delft: 20%. RWZI + VGI (Generation.Energy; CE Delft, 2024): omschrijving analysekaarten NPRES

Kentallen

	Monomestvergisting	Allesvergisting
Omvang installatie (MW)	0,27	5,5
Warmtevraag vergister (percentage van potentiële opbrengst)	30%	5%
Vollasturen	8000	8000
Energie inhoud grondstof MJ/t)	0,53	3,4
Investeringskosten (€/kW)	4070	1043

Bron: (PBL, 2023)

Aandachtspunten

Broeikasgasbalans: uit onderzoek (Groenestein, 2020) blijkt dat er bij onjuist gebruik van vergistingsinstallaties methaanlekken ontstaan. Omdat methaan een erg sterk broeikasgas is (25 keer sterker dan CO₂) kunnen kleine lekken al zorgen voor een ongewenste broeikasgasbalans.

Potentie: als de mest nog dezelfde dag in de installatie wordt ingevoerd kan er een hoge efficiency behaald worden, latere invoer zorgt voor een significant daling. Verwerking op het erf is daarom het meest logisch. Ondanks dat de kosten voor grootschalige mestvergisting lager zijn is daling van de kwaliteit van de mest, en de extra benodigde energie voor het aanvoeren van mest een nadelige factor.

Stikstof: als de dagverse mest direct naar de vergistingsinstallatie gevoerd wordt is er in principe geen roostervloer nodig in de stal. Indien er overgeschakeld wordt op een dichte vloer kunnen de ammoniak emissie uit de stal fors dalen wat bijdraagt aan de doelstellingen voor het verminderen van de stikstofuitstoot (Verdoes, Casu, van Gastel, & Hekkert, 2024).

Bio-energie | Houtige biomassa

Hoe werkt het: opwek van warmte door verbranding van hout.

Inzetbaar: alle sectoren met een warmtevraag. Logische sectoren:

- Industrie met hoge-temperatuur warmtevraag
- Warmtevraag woningen buitengebied
- Als piekvoorziening in aanvulling op geothermie

Voordelen:

- Makkelijk op te slaan
- Flexibele inzetbaar
- Potentie voor negatieve emissies (afvang van biogeen CO₂)

Nadelen:

- Weinig potentie, met name reststromen (snoeihout, reststromen houtindustrie) zijn beschikbaar.
- Bij verbranding van biomassa zorgen milieuaspecten (zoals luchtverontreiniging) reeds voor een vermindering van de inzet van biomassa voor energetisch gebruik.

Stand van zaken

Momenteel wordt er al biomassa gebruikt in Overijssel. In totaal wordt er 2,1 PJ aan duurzame energie opgewekt door verbranding van houtige biomassa (CBS, 2024). Het merendeel hiervan wordt opgewekt als hernieuwbare warmte voor bedrijven. Het is wel onbekend welk deel hiervan ook daadwerkelijk biomassa van Overijssels grondgebied is. Volgens het CBS wordt momenteel ongeveer 40% van de totale nationale vraag naar biomassa geïmporteerd uit het buitenland (CBS, 2024).

Naast het gebruik van biomassa door de industrie wordt er ook hout gebruikt voor woningverwarming. In totaal wordt er een kleine 1,4 PJ aan hout gebruikt voor woningverwarming in Overijssel.

Potentie

De potentie voor biomassa is berekend door Probos en is gebaseerd op de vrijkomende houtige reststromen uit het beheer van productiebossen in Overijssel, en de beschikbare biomassa uit beheer van het landschap en de bebouwde omgeving (Probos, 2017).

De totale potentie voor houtige biomassa komt daarmee op 1,7 PJ. In *Tabel 8* is de verdeling tussen de verschillende bronnen en de twee regio's in Overijssel weergegeven.

Tabel 8: Potentie houtige biomassa (PJ) verdeeld naar RES-regio op basis van areaal gegevens CBS.

Bronnen	Overijssel	West-Overijssel	Twente
Bos	0,38	0,19	0,19
Landschap	0,66	0,40	0,26
Bebouwde omgeving	0,66	0,34	0,32
Totaal	1,7	0,93	0,77

Het gebruik van hout voor houtkachels is voornamelijk gebaseerd op particuliere kap. Er zijn geen cijfers bekend van deze energiebron. Voor de scenario's van 2050 is aangenomen dat de potentie maximaal gelijk zal blijven.

Kentallen

	Biomassaketel - warmtenet
Installatiegrootte (MW)	16,7
Vollasturen	3625
Efficiency	80%
Energiedichtheid hout (GJ/t droge stof)	18
Opbrengst (TJ)	220

Bron: (Quintel, 2024)

Aandachtspunten

Internationale markt: de herkomst biomassa is vaak onbekend. Een deel van de huidige biomassa zal afkomstig zijn uit het buitenland. Het is aannemelijk dat de toekomstige markt voor houtige biomassa internationaal blijft.

Milieu-aspecten: bij de verbranding van houtige biomassa komen stoffen vrij die schadelijk zijn voor de gezondheid. Op veel plekken wordt nagedacht over een verbod op verbranding van hout in houtkachels voor de verbetering van de (PBL, 2020). Ook komt er stikstof vrij bij de verbranding van hout. De belasting van stikstof op de natuur en de regelgeving daaromtrent kunnen daarom zorgen voor een vermindering van de (toekomstige) inzet van houtige biomassa (NVDE, 2020).

Biobrandstof: houtige biomassa kan ook gebruikt worden om biobrandstoffen voor de transportsector te produceren. Dit zou interessant kunnen zijn voor de logistieke sector, maar ook voor luchtvaart of maritiem transport. Twence maakt momenteel ook pyrolyseolie uit afvalhout wat als biobrandstof gebruikt kan worden.

Warmte | Geothermie

Hoe werkt het: door een diep gat te boren kan warmte van de aardkern gewonnen worden.

Inzetbaar: alle sectoren met vraag naar warmte. Met name interessant voor:

- Industrie met midden-temperatuur warmtevraag
- Gebouwde omgeving

Voordelen:

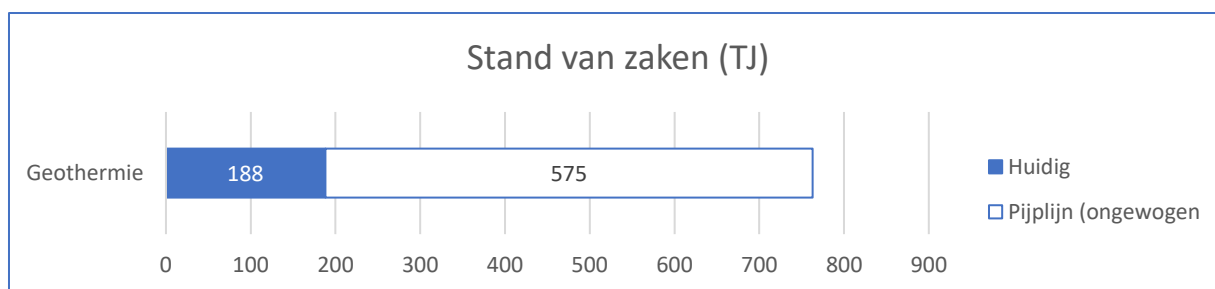
- Opwek gedurende het hele jaar
- Grote potentie
- Weinig ruimtebeslag

Nadelen:

- Vraagprofiel gebouwde omgeving (winterpiek) sluit niet aan bij het aanbodprofiel (constant over het jaar). Vergt piekvoorziening met een andere energiebron om aan de piekvraag te kunnen voldoen.
- Warmteverliezen transport: vraag dient zich bij voorkeur binnen 10 kilometer van de bron te bevinden.
- Relatief duur

Stand van zaken

In de Koekoekspolder levert een geothermie-installatie warmte aan een kassencomplex. In 2022 leverde deze installatie voor 188 TJ aan hernieuwbare energie. Uit de SDE aanvragen blijkt dat deze installatie momenteel wordt opgeschaald, naar een verwachte opbrengst van 380 TJ (RVO, 2024). Tevens is te zien dat er een SDE aanvraag is gedaan voor een geothermiebron in Zwolle voor ruim 160 TJ. Binnen de gemeente Zwolle loopt een [onderzoek](#) naar de inzet van geothermie als warmtebron voor een warmtenet.

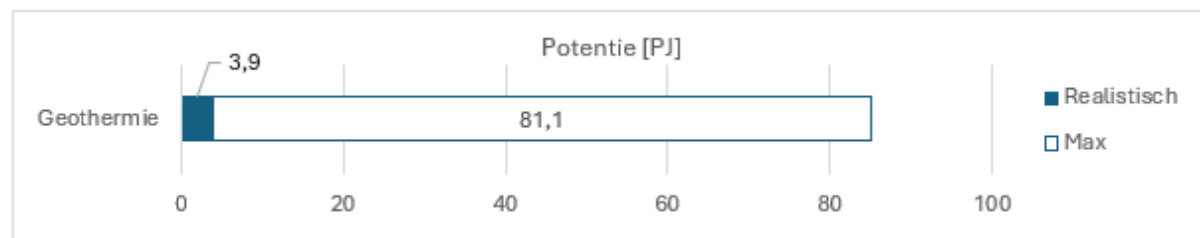


Figuur 25: Stand van zaken geothermie. Bron: RVO, 2024

Potentie

Er zijn verschillende vormen van geothermie. Deze verschillen met name door de diepte van de bron. Bij ondiepe geothermie ligt de bron tussen de 500 en 1500 meter onder het aardoppervlakte, terwijl diepe geothermie tussen de 1500 en 4000 meter reikt. De brontemperatuur wordt hoger naarmate er dieper geboord wordt. Bij ondiepe geothermie gaat het vaak over een brontemperatuur van 40+ °C, terwijl die temperatuur voor diepe geothermie vaak op 70+ °C ligt. De structuur van de bodem is ook erg bepalend. Het westelijke deel van Overijssel is qua bodemopbouw kansrijker voor geothermie, maar is momenteel deels uitgesloten in verband met de strategische drinkwaterreserves.

NPRES heeft in het verleden de potentie van geothermie onderzocht (Generation.Energy; CE Delft, 2024). In totaal wordt de potentie op ruim 80 PJ geschat (zie Figuur 26). Momenteel zijn de kosten voor geothermie relatief hoog. In toekomstscenario's komt het weinig voor omdat het niet als kostenefficiënt optie wordt gezien (TNO, 2020). Dit heeft met name te maken met het feit dat geothermie een constante warmte produceert, terwijl de vraag naar warmte wisselt: warmte is vooral in de winter nodig. Voor bepaalde industrie die een (constante) midden-temperatuur warmtevraag hebben (rond de 100 graden) kan geothermie wel een interessante optie zijn. Vanuit de informatie van de CES6 is geschat wat de potentie is van deze warmtevraag. Dit deel zien wij als realistische potentie.



Figuur 26: Potentie geothermie. Bronnen: (Generation.Energy; CE Delft, 2024), (WaterEnergySolutions, 2024)

Aardwarmte uit lagen tot 500 meter worden beschouwd als warmte-koude opslag. Meer informatie hierover is hieronder te vinden.

Kentallen

	Basislast	Middenlast
Installatiegrootte (MW)	9	9
Vollasturen (uren/j)	6000	5000
Opbrengst (TJ/j)	195	162
Investeringskosten (€/kW)	1500	2525

Bron: (PBL, 2023)

Aandachtspunten

Relatie drinkwatervoorziening: In de gemeenten Deventer, Olst-Wijhe, Raalte en het zuidelijke gedeelte van Zwolle is momenteel geen potentie omdat kleipakket Sallands diep een boringsvrije status heeft in verband met potentiële verontreiniging drinkwaterwinning.

Low-unit costs geothermie: dit is een innovatieve manier van geothermie waarbij ook geothermie uit minder dikke aardlagen gewonnen kan worden (Veenstra, Groot, Lange, Mol, & Heuvel, 2020). Deze lagen liggen minder diep wat zorgt voor lagere investeringskosten. Omdat het om kleinere schaal gaat zijn ze makkelijker in te passen in de lokale omgeving. Hoewel deze technologie nog doorontwikkeld moet te worden heeft het potentie als goedkopere geothermie bron.

Warmte | Restwarmte

Hoe werkt het: bij industriële verhittingsprocessen komt restwarmte vrij. Deze kan een bron voor warmtenetten zijn.

Inzetbaar: alle sectoren met vraag naar warmte. Met name interessant voor gebieden met een grote vraagdichtheid, omdat er warmtenetten moeten worden aangelegd.

Voordelen:

- Opwek gedurende het hele jaar
- Benutting van een reststroom

Nadelen:

- Potentie van hoge-temperatuur restwarmte is relatief klein (10% van de huidige vraag naar aardgas).
- Vaak gaat het om restwarmte met een relatief lage temperatuur. Deze moet met behulp van warmtepompen opgewerkt worden tot de juiste temperatuur voor invoeding in een warmtenet. Daar is elektriciteit voor nodig.
- Warmte dient lokaal ingezet te worden in verband met relatief groot energieverlies bij transport.
- Het is onzeker hoe lang en in welke hoeveelheid de warmte beschikbaar is. Elektrificatie zorgt bijvoorbeeld voor minder restwarmte.
- Vergt nieuwe infrastructuur

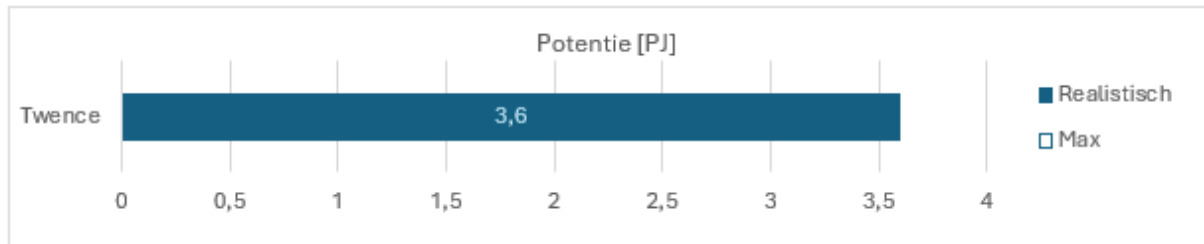
Stand van zaken

Er zijn geen directe cijfers beschikbaar voor de levering van restwarmte. Uit een eigen inventarisatie blijkt dat er momenteel ongeveer 2 PJ aan restwarmte wordt geleverd aan bedrijven.

Potentie

De warmteatlas geeft de potentie voor restwarmte weer per bedrijf (Warmteatlas, 2024). Uit analyse van deze warmteatlas blijkt dat dit over het algemeen gaat over lage temperatuur restwarmte. Met het verduurzamen van de industrie is het realistisch om aan te nemen dat deze potentie deels verdwijnt. Daarnaast gaat het om lage-temperatuur warmte die voor gebruik in de gebouwde omgeving opgewaardeerd moet worden met behulp van warmtepompen. Deze hebben weliswaar een iets beter energetisch rendement, maar kunnen nog steeds beschouwd worden als vorm van elektrificatie.

De enige echte hoge-temperatuur warmtebron in Overijssel is Twence. In potentie zou Twence voor 3,6 PJ aan hoge-temperatuur warmte kunnen leveren aan de regio. Er zijn vergesloopte plannen om 100.000 woningen aan te sluiten op dit warmtenet.



Figuur 27: Potentie hoge-temperatuur restwarmte Twence

Aandachtspunten

Afvalverbranding: Twence is een afvalverbrandingsinstallatie. Landelijk zijn er doelstellingen om over te gaan naar een circulaire economie waarbij grondstoffen zo veel mogelijk hergebruikt worden. Als dit beleid tot uitvoering komt kan dit ervoor zorgen dat de energiebron van Twence (deels) verdwijnt, waarmee de potentie van restwarmte afneemt.

Negatieve emissie: Binnen Twence wordt afval en houtafval gebruikt energie op te wekken. Hierbij komt biogeen CO₂ vrij dat is opgenomen uit de atmosfeer door planten en bomen. Twence heeft al een kleine afvanginstallatie en heeft plannen om deze uit te breiden zodat er op grote schaal CO₂ kan worden afgevangen en opgeslagen. Deze koolstof afvang en opslag (ook wel bekend als Carbon Capture & Storage, CCS) zorgt voor een positieve broeikasgasbalans en wordt daarom ook wel als negatieve emissie aangeduid. Technieken met negatieve emissies zijn reeds onderzocht als optie om CO₂ doelstellingen te halen (CE Delft, 2023).

Warmte | Aquathermie

Hoe werkt het: door energie uit water op te werken met warmtepompen kan er warmte aan warmtenetten worden geleverd. Vaakgenoemde technieken zijn TEO, TEA en TED: thermische energie uit respectievelijk oppervlakte, afvalwater en drinkwaterwinning

Inzetbaar: gebouwde omgeving

Voordelen:

- Lokaal beschikbare bron
- Aquathermie heeft een relatief constante temperatuur. Ten opzichte van lucht-warmtepompen hebben ze op koude dagen dus een relatief hoog omzettingsrendement.
- In de zomer kan er ook in de koelvraag voor gebouwen kunnen worden voorzien.

Nadelen:

- Dit is een vorm van elektrificatie. Watertemperatuur is over het algemeen laag. Deze moet met behulp van warmtepompen opgewerkt worden tot de juiste temperatuur voor invoeding in een warmtenet.
- Warmte dient lokaal ingezet te worden in verband met relatief groot energieverlies bij transport.
- Vergt nieuwe infrastructuur

Potentie

In totaal is er ongeveer 5 PJ aan potentie vanuit TEO en TEA in Overijssel (Warmteatlas, 2024). In de energievisie is niet direct aandacht besteed aan aquathermie omdat het als een vorm van elektrificatie is beschouwd.

Kentallen

	Warmtenet-installatie	Basislast-installatie
Installatiegrootte (MW)	0,88	0,88
Vollasturen (uren/j)	3500	6000
Opbrengst (TJ)	11	19
Investeringskosten (€/kW)	2425	2887
Elektriciteitsverbruik (GWh/j)	1,1	1,8

Bron: (PBL, 2023)

Warmte | Zonthermie

Hoe werkt het: met behulp van zonnecollectoren wordt water opgewarmd. Dit kan zowel op kleine schaal op daken van gebouwen toegepast worden, als wel op grote schaal in een veldopstelling.

Inzetbaar: met name interessant om aan de warmwatervraag van huishoudens te voldoen.

Voordelen:

- Lokaal beschikbare bron
- Hoge temperatuur warmte

Nadelen:

- Alleen wanneer de zon schijnt, vereist opslag
- Warmte kan lastig worden opgeslagen, vergt een groot volume.
- Concurrereert met zon-PV op daken.

Potentie

De potentie voor zonthermie is niet exact bekend en hangt van twee facetten af: inzetbaarheid en oppervlakte. Momenteel is zonthermie vooral geschikt om in (een deel) van de vraag naar warmwater van huishoudens te voorzien. Dit is ongeveer 10% van de totale warmtevraag van huishoudens. Hiervoor is wel geschikte dakoppervlakte nodig.

Grootschalige zon-thermie kan mogelijk een bron zijn voor lokale warmtenetten. Hier is wel bufferopslag nodig omdat de opwekperiode (zomer) niet overeenkomt met vraagperiode (winter). Daarnaast vraagt het ruimte nabij de vraaglocatie zodat energieverliezen door warmtetransport beperkt blijven.

Kentallen

	Kleinschalige zonthermie
Installatiegrootte (kW)	140
Collectorgrootte (m ²)	200
Vollasturen (uren/j)	600
Opbrengst (TJ)	0,3
Investeringskosten (€/kW)	525

Bron: (PBL, 2023)

Aandachtspunten

PVT-panelen: dit zijn PV-panelen gecombineerd met zonnecollectoren voor het opwarmen van water. Bijkomend voordeel is dat PVT-panelen ervoor zorgen dat de zonnepanelen in de zomer iets koeler blijven waardoor het elektrische rendement van de PV-cellen hoog blijft.

Bron warmtenet: Grootschalige veldopstellingen kunnen met behulp van bufferopslag dienen als bron voor warmtenetten. Vraagprofiel in de gebouwde omgeving (winterpiek) sluit echter niet aan bij het aanbodprofiel (zomerpiek), waardoor er relatief veel bufferopslag nodig is om deze periode te overbruggen.

Opslag In Nederland zijn enkele innovatieve oplossingen voor seizoensopslag van warmte. Hierin kan warmte tijdelijke opgeslagen worden om in de winter in te zetten om aan de warmtevraag te voorzien. Deze systemen zijn momenteel niet rendabel.

Warmte | Warmte-koude opslag

Hoe werkt het: Door een buffervat in de grond aan te leggen en hier een (vaak gesloten) leidingsysteem door te laten lopen kan de warmte uit de ondiepe ondergrond benut worden. Over het algemeen is er een locatie waar de energie wordt gewonnen, en een plek waar het afgekoelde water terug wordt gevoerd. Voor goede exploitatie moet de afstand tussen winning en infiltratie niet te klein zijn.

Inzetbaar: met name interessant om aan de warmtevraag van gebouwen en huishoudens te voldoen.

Voordelen:

- Lokaal beschikbare bron
- Constante brontemperatuur. Zorgt voor relatief hoog rendement van de warmtepomp, ook in de winter. Ten opzichte van lucht-warmtepompen relatief net-efficiënt.

Nadelen:

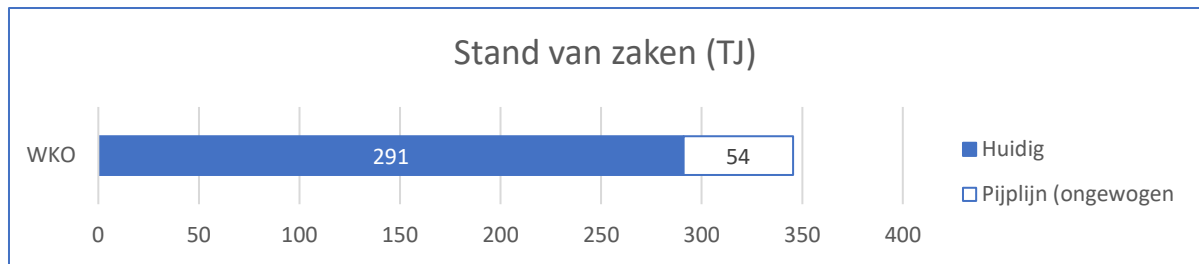
- Dit is een vorm van elektrificatie. Bodemtemperatuur is laag. Deze moet met behulp van warmtepompen opgewerkt worden tot de juiste temperatuur voor koppeling aan het warmtesysteem in woningen of gebouwen.
- Alleen geschikt wanneer er ruimte is om een ondergrondse buffer aan te leggen. Daarmee met name geschikt voor woningen in het buitengebied en niet voor kernen.

Kans:

- Bij toepassing van grootschalige industriële warmtepompen kan het water ook op dusdanige temperatuur gebracht worden dat het als (aanvullende) bron voor warmtenetten kan dienen.

Stand van zaken

In 2022 is er voor 291 TJ aan hernieuwbare warmte opgewekt uit WKO-systemen. Er zijn geen directe cijfers bekend van particuliere WKO projecten in de pijplijn. Vanuit de SDE subsidies zijn er wel vier WKO-projecten voor bedrijven met een verwachte opbrengst van ruim 50 TJ (zie Figuur 28).



Figuur 28: Stand van zaken WKO systemen. Bron: (RVO, 2024), (RVO, 2024).

Potentie

De exacte potentie van WKO-systemen is niet bekend. Dit heeft er met name mee te maken dat de potentie afhangt van de ruimte die nodig is voor het aanbrengen van een buffervat in de grond. Daarnaast moet het gebouw waarop het systeem aangesloten wordt in principe een verwarmingsinstallatie hebben dat gevoed kan worden met lage-temperatuur warmte.

De warmteatlas geeft wel een inschatting van de potentie voor een te selecteren locatie.

Kentallen

	Bodemwarmtepomp + WKO
Installatiegrootte (kW)	11
Vollasturen (uren/j)	4200
SCOP	3,8
Investeringskosten (€/kW)	1200

Bron: (Quintel, 2024)

Aandachtspunten

Aardwarmte: doordat een WKO systeem relatief ondiep is, is de temperatuur laag. De temperatuur wordt bepaald door de jaarlijkse bodemtemperatuur van Nederland van gemiddelde 10°C.

Opslag: WKO systemen zijn niet geschikt voor opslag van warmte. In Nederland zijn er enkele innovatieve oplossingen voor seizoensopslag van warmte. Hierin kan warmte tijdelijke opgeslagen worden om in de winter in te zetten om aan de warmtevraag te voorzien. Deze systemen zijn momenteel niet rendabel.

Bijlage 2.3 - Bibliografie

- abf Research. (2023). Primos prognose 2023. Opgehaald van <https://primos.abfresearch.nl/dashboard/dashboard/>
- Berenschot; Kalavasta. (2020). *Klimaatneutrale energiescenario's 2050*.
- CBS. (2024). Biomassa regionaal, 2021-2022. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2024/18/biomassa-regionaal-2021-2022>
- CBS. (2024). Hernieuwbare energie in Nederland 2023 - Biomassa. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2024/hernieuwbare-energie-in-nederland-2023/8-biomassa>
- CE Delft. (2023). Koolstofverwijdering voor klimaatbeleid. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/documenten/c1f4818d-bb92-4195-b291-a14a28a7ffe0/file>
- CE Delft. (2024). *Scenariostudie groengasproductie rond 2030*. Opgehaald van <https://ce.nl/publicaties/scenariostudie-groengasproductie-rond-2030/>
- CE Delft. (2024). *STREAM personenvervoer - emissiekentallen modaliteiten 2023*. Opgehaald van https://ce.nl/wp-content/uploads/2024/03/CE_Delft_210506_STREAM_Personenvervoer_2023_Def.pdf
- de Vries, S., & Klaassen, R. (2024). *Ecologie in zonneparken*.
- de Vries, S., & Klaassen, R. (2024). Ecologie in zonneparken. Opgehaald van <https://www.rug.nl/rudolf-agricola-school/news-and-events/2024/tussenrapportage-ecologie-in-zonneparken-2024-def.pdf>
- Elaad NL. (2024). Interactieve outlook laadinfra. Opgehaald van <https://platform.elaad.io/interactieve-outlook/>
- Generation.Energy. (2023). *Effecten van verschillende afstandsnormen voor windturbines op land*. Opgehaald van https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-04/230317_Ruimtelijk%20effect%20afstandsnormering%20windenergie_def.pdf
- Generation.Energy; CE Delft. (2024). *Analysekaarten NPRES*.
- Groenestein, K. R. (2020). Effect mestvergisting op de emissies van broeikasgassen uit mest van melkvee: Een literatuur-en scenariostudie. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/515098>
- IES. (2023). *Cost estimation for advanced nuclear*. Opgehaald van https://ies.inl.gov/Training%20Documents/2023/Day%203%20-02-%20FORCE2023_CostEst_v3.pdf
- Netbeheer Nederland. (2023). *Integrale infrastructuur verkenning 2030-2050*.

- NPRES. (2023). *Begrippenkader RES - wind-op-land en zon-PV*.
- NRG. (2023). *Kleine modulaire kernreactoren (SMR) Kennisoverzicht van techniek en ontwikkelingen*.
- NVDE. (2020). *Stikstofemissies bij verbranding van biomassa en de stikstofcyclus*. Opgehaald van <https://www.nvde.nl/wp-content/uploads/2020/01/Stikstofcyclus-van-biomassa.pdf>
- PBL. (2020). *Beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa*. Opgehaald van https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-beschikbaarheid-en-toepassingsmogelijkheden-van-duurzame-biomassa-verslag-zoektocht-naar-gedeelde-feiten-opvattingen_4188.pdf
- PBL. (2023). *Eindadvies basisbedragen SDE++ 2023*. Opgehaald van <https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2023-eindadvies-sde-plus-plus-2023-4814.pdf>
- Portugal-Pereira et al., J. (2018). Better late than never, but never late is better: Risk assessment of nuclear power construction projects. Opgehaald van repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/70752/1/17_JEPO_Nuclear_OCC_Portugal_Pereira_et_al_2018_1.pdf
- Probos. (2017). *Houtig biomassapotentieel in Overijssel*.
- Provincie Overijssel. (2024). *Nieuwe Omgevingsvisie Overijssel Omgevingseffectrapportage - OER Fase 2a Herziene versie*.
- Quintel. (2024, oktober). Energy transition model. Opgehaald van <https://energytransitionmodel.com>
- Renewables.ninja. (2024). Renewables.ninja. Opgehaald van <https://www.renewables.ninja/>
- RES Twente. (2024). Monitor RES Twente. Opgehaald van <https://energiestrategietwente.nl/over+de+res/cijfers/default.aspx>
- RES West-Overijssel. (2021). *Bouwsteen Elektriciteit RES 1.0 West-Overijssel*. Opgehaald van <https://www.reswestoverijssel.nl/over+de+res/res1-0/bouwstenen+res10/default.aspx#folder=1952552>
- RES West-Overijssel. (2024). Monitor RES West-Overijssel. Opgehaald van <https://overijssel.maps.arcgis.com/apps/dashboards/c73313bd2d474b4397f879fd13feafb0>
- RVO. (2024). Regionale Klimaatmonitor. Opgehaald van <https://klimaatmonitor.databank.nl>
- RVO. (2024). *Voortgang van projecten tot en met 1 juni 2024*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sde/aanvragen/feiten-en-cijfers>

- Sobolt. (2023). *Zon in Overijssel*.
- STEC groep. (2022). *Behoefteraming bedrijventerreinen Overijssel*.
- Strop, J.-H. (2024). Kerncentrales zijn veel duurder dan kabinet beweert - en de burger betaalt. *Follow the Money*. Opgehaald van <https://www.ftm.nl/artikelen/kabinet-blijft-liegen-over-werkelijke-kosten-kerncentrale>
- Systemiq. (2021). *Constructieve beperkingen voor zon-op-dak in utiliteitsbouw*.
- TNO. (2018). *Technology factsheet - Nuclear Energy generation-III nuclear reactors*.
- TNO. (2020). *Scenario's voor een klimaatneutraal energiesysteem*. Opgehaald van <https://publications.tno.nl/publication/34636594/KRZna2/TNO-2020-scenario.pdf>
- Topsector Energie. (2024). *ECOVAT: Total Energy System*. Opgehaald van <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/ecovat-total-energy-system-18823>
- Turkenburg, W. (2022). *Toepassing kernenergie in Nederland en de perspectieven van SMRs. Notitie voor Overijssel*.
- Veenstra, E., Groot, P. d., Lange, J. d., Mol, A., & Heuvel, P. v. (2020). Geothermal potential of the Tubbergen Formation in the Twente region of east Netherlands. Opgehaald van <https://pubs.geoscienceworld.org/seg/interpretation/article-abstract/8/4/SQ93/592455/Geothermal-potential-of-the-Tubbergen-Formation-in>
- Verdoes, N., Casu, F., van Gastel, J., & Hekkert, G. (2024). Berekeningen over emissies, massabalansen en economie bij gezamenlijke monomestvergisting. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/640987>
- Warmteatlas. (2024). *Warmteatlas*. Opgehaald van <https://www.warmteatlas.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>
- WaterEnergySolutions. (2024). *PCES Overijssel - Cluster 6*.
- Witteveen+Bos; eRisk Group; HCSS; Rethink Zero. (2022). *Scenariostudie kernenergie*. Opgehaald van <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-46fb6f84d40d2ed22a4db4709e932d03f53b82c2/pdf>
- Zon op dak Dashboard. (2024). Zon op dak Dashboard. Opgehaald van <https://www.kennishuboverijssel.nl/pages/zon-op-dak>