



Stroom Systemstudie energie-infrastructuur Limburg

Integrale systeemstudie gas,
elektriciteit, CO₂ en warmte



Systeemstudie energie-infrastructuur Limburg

Integrale systeemstudie gas, elektriciteit, CO₂ en warmte

Dit rapport is geschreven door:

Frans Rooijers en Joeri Vendrik - CE Delft

Sebastiaan Hers - TNO

Michiel den Haan - Quintel

Delft, CE Delft, september 2020

Publicatienummer: 20.190483.114

Provincies / Energievoorziening / Toekomst / Vraag / Aanbod / Opslag / Infrastructuur / Scenario's / Beleid / Besluitvorming

Opdrachtgever: Provincie Limburg

Uw kenmerk: 136712

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Frans Rooijers (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Voorwoord	5
	Samenvatting	6
1	Doel van de systeemstudie	12
	1.1 Aanleiding	12
	1.4 Wat is een energiesysteemstudie?	16
	1.5 Onderzoekopzet	19
	1.6 Onderdelen van deze studie	22
2	Energievraag en -aanbod Limburg	23
	2.1 Ontwikkeling van de energievraag	23
	2.2 Ontwikkeling van het energieaanbod	30
3	Energie-infrastructuur	34
	3.1 Typering van de scenario's	35
	3.2 Elektriciteit	36
	3.3 Aardgas, groengas en waterstof	40
	3.4 Warmte	43
	3.5 Overzicht infrastructuur	43
	3.6 Ontwikkelingen in België en Duitsland	44
4	Infrastructuur knelpunten	48
	4.1 Elektriciteitsnet	48
	4.2 Gasnet (methaan, waterstof en CO ₂)	53
	4.3 Warmtenetten	53
	4.4 Overzicht knelpunten	54
5	Analyse van oplossingen	55
	5.1 Elektriciteit	55
	5.2 Gasnetten	58
	5.3 Warmtenetten	60
	5.5 Overzicht oplossingen van de knelpunten	61
	5.6 Belemmeringen bij het oplossen van de knelpunten	62
	5.7 Oplossingen samen met Duitsland en/of België?	62
	5.8 Governance	63
6	Conclusies en aanbevelingen	65
	Literatuur	70



A	Deelnemers	74
B	Begrippenlijst	75
C	Energiescenario's	77
D	Sectorbeschrijving	78
E	Limburgse energienetten	79
F	Knelpunten en oplossingen	80
G	Governance	81
H	Energietransitiemodel	82
I	Doorrekening met Powerflex	85

Voorwoord

De systeemstudie energie-infrastructuur Limburg is uitgevoerd van januari tot en met augustus 2020. Het team van Quintel, TNO en CE Delft heeft uitgebreide databestanden opgesteld voor de mogelijke energievraag en -productieontwikkelingen in Limburg. Deze databestanden zijn bereikbaar via het Energie Transitie Model van Quintel. In bijlage H is beschreven hoe dat kan. Daarnaast zijn uitgebreide bijlagen over deelonderwerpen beschreven, die ook op de website van CE Delft zijn geplaatst.

Hartelijk dank aan Jan Jaap van Halem (namens opdrachtgever Provincie Limburg), Thijs Van Dael (Enexis), Viktor Beelen (Enexis), René Slaghek (Bright site - Chemelot), Marijke Kellner - van Tjonger (Gasunie), Jarig Steringa (Gasunie) en Patrick Piters (TenneT) voor de constructieve rol als begeleidingscommissie.

Michiel den Haan - Quintel
Sebastiaan Hers - TNO
Frans Rooijers -directeur CE Delft

Samenvatting

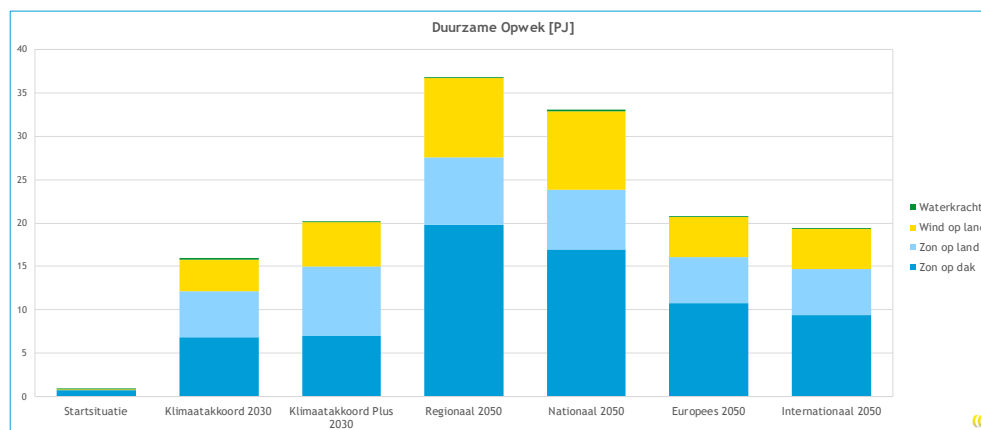
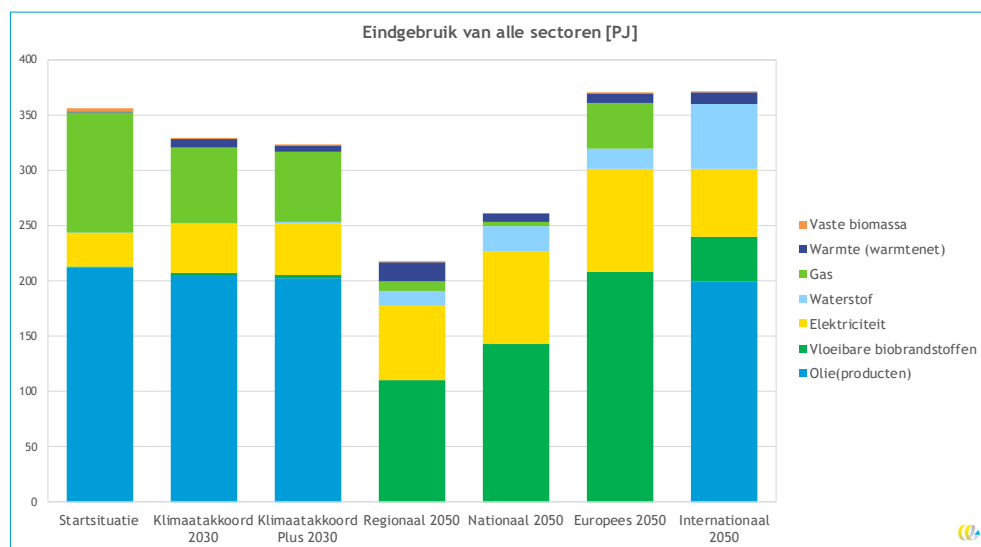
De energie-infrastructuur is cruciaal voor de energietransitie naar een klimaatneutrale energiesysteem. Doordat de aanleg en verbetering van de infrastructuur lange looptijden vergt, is het nodig om een beeld te krijgen welke aanpassingen van de energie-infrastructuur noodzakelijk zijn.

De gemeenten, netbeheerders, industrie en provincie in Limburg willen hier actief aan bijdragen en zorgen dat de noodzakelijk energie-infrastructuur er komt. Dat zal op een integrale manier moeten gebeuren omdat de oplossingen in de energietransitie niet meer traditioneel te scheiden zijn in productie of vraag, gas los van elektriciteit. Alles heeft met elkaar te maken, en er is de wens om te zoeken naar de slimste oplossingen.

De hoofdvraag die in deze systeemstudie is beantwoord is:

Welke plannen en realisatie van de energie-infrastructuur zijn in 2030 en 2050 nodig om de energietransitie in Limburg mogelijk te maken?

Figuur 1 - Overzicht totale energievraag en aanbod in Limburg (in PJ)



In deze systeemstudie zijn twee scenario's voor 2030 (Klimaatakkoord) en vier voor 2050 (I13050-studie van de netbeheerders) doorgerekend op impact op de infrastructuur. De scenario's zijn verschillend qua energievraag en lokale productie van elektriciteit en warmte. Hierbij is aangesloten op denkrichtingen zowel binnen de industrie, de RES'sen, de warmtetransitie in de gebouwde omgeving als de grote veranderingen in de mobiliteit. Er is niet een eenduidig beeld hoe energievraag en -aanbod er in 2030, laat staan in 2050 uit zal zien, vandaar dat we met scenario's verkend hebben welke effecten zich kunnen voordoen en of de infrastructuur dan aangepast moet worden.

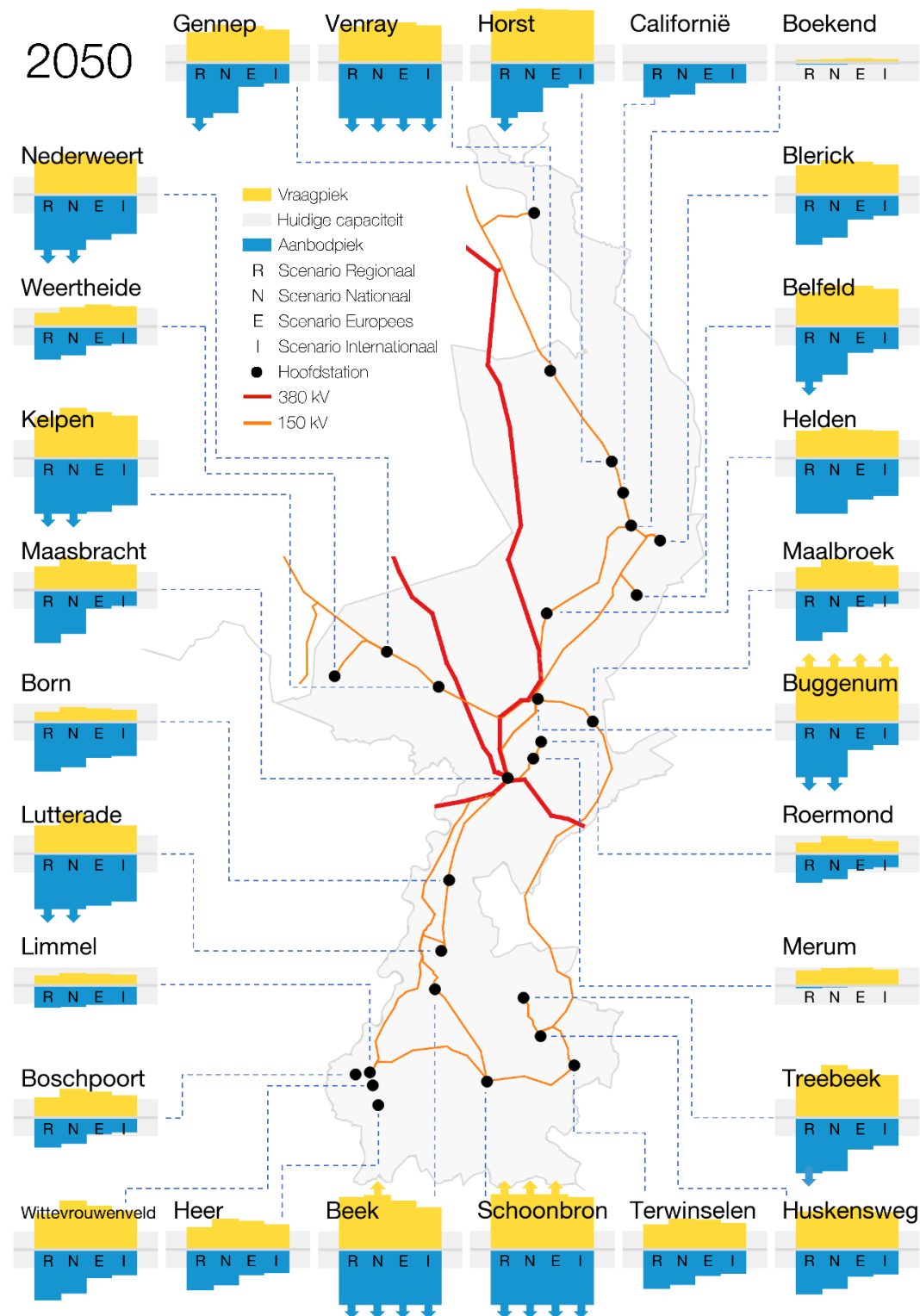
Belangrijke ontwikkelingen in de energietransitie zijn een toenemende elektrificatie en gebruik van waterstof. Per sector verschilt dit wel omdat er vele wegen zijn om klimaatneutraal te worden. Dominant is een forse groei van de elektriciteitsvraag en van lokaal aanbod.

De overall conclusie is dat de huidige infrastructuur op alle fronten aangepast moet worden. Het elektriciteitsnet moet worden verzaamd, het gasnet moet geschikt worden voor transport/distributie van waterstof en de warmtenetten zullen moeten worden uitgebreid, inclusief transport naar warmtebronnen. In Figuur 2 zijn de belangrijkste potentiële knelpunten weergegeven. In deze figuur geven de gele staafjes de maximale belasting door vraag naar elektriciteit aan en de blauwe staafjes de maximale belasting door aanbod, allebei ten opzichte van de capaciteit van het station (grijs gebied).

Elektriciteitsnet regionale netbeheerder

Wanneer de warmtevraag van de gebouwde omgeving wordt geëlektrificeerd, dan kan verzwaring van het netwerk noodzakelijk worden, dit hangt echter sterk af van de huidige staat van het lokale net, dat verschilt sterk. Hetzelfde geldt voor elektrificatie van mobiliteit. Slim laden kan de noodzaak voor verzwaring vanuit mobiliteit verlichten. Alternatieven zijn verwarming met groengas of waterstof, en mobiliteit met waterstof. De sterke groei van de elektriciteitsvraag, maar ook van regionale productie met zonneparken, vergt van verzwaring van het midden- en laagspanningsnet, ook al voor 2030. Dit vraagt intensieve afstemming tussen Enexis en lokale overheden. Er zijn meer plannen voor lokale opwek dan nu door de netten kan worden verwerkt. Bij groei boven de huidige ambities van de RES zal flexibiliteit een deel van de oplossingen moeten vormen. Aansluiting op lagere zekerheid, waar in geval van een storing de afname niet meer verzekerd is, vormt een eerste alternatief voor verzwaring. Deze optie is momenteel nog niet in de netcode vastgelegd. Halvering van de capaciteit van de aansluitingen in combinatie met batterijen kan het aanbod van elektriciteit van zonneparken spreiden over de tijd. Dit kan maatschappelijk zinvol zijn, maar wordt door de huidige structuur van nettarieven niet gestimuleerd

Figuur 2 - Belangrijkste knelpunten in de energie-infrastructuur in Limburg



Hoogspanningsnet

Het 150 kV-net geeft zowel vraag- als aanbodknelpunten bij een sterke groei van de elektriciteitsvraag en lokale opwek. TenneT heeft in zijn plannen al verzwaring van de aansluiting van Chemelot opgenomen, maar zal hier nog een stap verder in moeten gaan om ook in Zuid-Limburg voldoende capaciteit beschikbaar te hebben. Uitbreiding van het 380 kV-net naar Zuid-Limburg via Chemelot lijkt hiervoor de beste optie.

Het advies is om daarnaast naar andere oplossingen te kijken. Aansluiting op lagere zekerheid of kleinere capaciteit dan piekvermogen kunnen ook op het hoogspanningsnet bijdragen om knelpunten te voorkomen. Een andere optie is om aan de vraag te voldoen met een andere energiedrager: minder elektriciteit en meer gas. Dat zou echter impliceren dat de industrie maar ook de gebouwde omgeving beperkt elektrificeert.

De ruimte voor flexibiliteit in de industrie (hybride boilers) is beperkt, wel is het mogelijk om op de locatie Chemelot een regelbare CO₂-vrije centrale te plannen. Elektrolyse lijkt voorlopig in Limburg niet voor de hand te liggen omdat koppeling aan zonne-energieparken te weinig bedrijfsuren oplevert.

Gasnet (methaan, waterstof en CO₂)

Lokale overheden en bewoners staan voor keuzes omtrent de gebouwde omgeving: verwarmen met groengas of waterstof, met warmtepompen of warmtelevering?

En dus via het gasnet, het elektriciteitsnet of een warmtenet? Voor het gasnet voor distributie betekent dit gecontinueerd gebruik, ombouw of amoveren.

Transport van CO₂ via buisleidingen is in de komende jaren niet de eerste optie; alleen als er in Duitsland ook serieus CO₂ wordt afgevangen is een leiding van Rotterdam via Chemelot naar het Ruhrgebied kansrijk, anders is transport vanaf Chemelot via schepen meer voor de hand liggend.

Voor het transportnet van gassen is capaciteit niet het voornaamste probleem, wel de planning. In een overgangperiode is er vraag naar transport van drie gassen: hoogcalorisch en laagcalorisch aardgas en waterstof. Dit vraagt gelijktijdige capaciteit in meerdere buisleidingen. In 2030 en ook in 2050 is er, gezien de huidige gastransportleidingen die vaak dubbel zijn uitgevoerd, geen probleem.

Ombouw van een deel van het aardgasnet naar waterstof is door Gasunie ingepland (2027). Distributie van waterstof (gebouwde omgeving) is in principe mogelijk, maar vergt keuzes of een heel gebied 'achter' een GOS omgaat of toch aardgas/groengas blijft gebruiken. Dit vergt onderzoek en overleg tussen de gemeenten en Enexis.

Warmtenet

Er is potentie voor warmtenetten in alle delen van Limburg, waarbij uitbreiding van de bestaande netten in Sittard, Heerlen en Maastricht voor de hand ligt. Het ontwikkelen van nieuwe netten is nog niet eenduidig geregeld qua verantwoordelijkheden. Dit is mede afhankelijk van de ontwikkeling van de Warmtewet 2.0.

Belangrijk knelpunt is de rentabiliteit van de warmtenetten omdat ze moeten concurreren met CO₂-emitterend, goedkoop aardgas.

Knelpunten en oplossingen

In Tabel 1 zijn de belangrijkste knelpunten in de energie-infrastructuur aangegeven en mogelijke oplossingen daarbij.

Tabel 1 - Knelpunten en oplossingen in de diverse energie-infrastructuren

Knelpunten	Oplossingen
Elektriciteit	
Onvoldoende capaciteit voor levering aan industrie	Verzwaren: Pocketstructuur 380 kV Verzwaren: Upgraden 150 kV-lijn naar 380 kV-lijn Regelbare CO ₂ -vrije centrales
Onvoldoende capaciteit voor levering aan gebouwde omgeving (woningen, overige gebouwen, mobiliteit)	Verzwaren LS-net Aanleg slimme laadinfrastructuur Voorkomen elektrificatie warmtevraag Vraagverschuiving EV en WP Verzwaren onderstation (intern) Verzwaren onderstation - buiten bestaand station
Onvoldoende capaciteit voor invoeding van zonneparken	Aansluiten met lagere zekerheid Aansluiten met 30-50% lagere capaciteit Gecombineerd aansluiten (Cable pooling)
Onvoldoende regelbaar vermogen elektriciteit	O-PAC/batterijen Regelbare CO ₂ -vrije centrales
Gasnetten	
Ombouw gasnetten	Ombouw deel aardgasnet naar waterstof back bone Distributie van waterstof in huidig lage druk gasnet Levering waterstof aan industrie Levering waterstof aan tankstations
Warmtenetten	
– Onvoldoende transportnetten van industrie naar warmteleveringsgebieden	Aanleg warmtetransportnet
– Onvoldoende distributienetten voor warmtelevering gebouwde omgeving	Aanleg warmtedistributienetten
CO₂	
Transportleiding voor CO ₂	Aanleg CO ₂ -leiding van Rotterdam naar Ruhrgebied Transport van CO ₂ per schip naar Rotterdam

Governance van de transitie

Gezien de veelheid aan oplossingen die nodig zijn in alle energienetten en vaak ook nog met de nodige haast, is het noodzakelijk om de direct betrokken partijen structureel te laten overleggen. Dat gaat enerzijds om de hoofdinfrastructuur met de landelijke netbeheerders Gasunie en TenneT, de Provincie en de vertegenwoordigers van de industrie en vertegenwoordigers van de gemeenten. Anderzijds gaat het om de meer lokale/regionale netten (elektriciteit, distributie waterstof, warmtenetten) waar provincie, gemeenten en Enexis regelmatig samen de oplossingen voor komende en reeds bestaande knelpunten kunnen bespreken.

We zien drie belangrijke randvoorwaarden om de noodzakelijke aanpassingen van de energie-infrastructuur zoals die in deze systeemstudie zijn beschreven, goed te laten verlopen:

1. Blijvend inzicht is nodig in de ontwikkelingen van de energietransitie en de effecten op noodzakelijke infrastructuur.
2. Alle partijen moeten goed samenwerken om de snelheid van handelen te maximaliseren.
3. Voor veel oplossingen zijn aanpassingen van wet-regelgeving nodig om snelheid te kunnen krijgen.

Blijvend inzicht

Tweejaarlijks zal door Gasunie, Tennet en de regionale netbeheerders een Integrale Infrastructuurverkenning ('doorrekening') worden uitgevoerd. Aansturing en coördinatie van het actueel houden van de 'levende datasets' zou door de Provincie kunnen worden gecoördineerd.

Goed samenwerken

De Provincie wordt geadviseerd een regierol te spelen, zonder de rol van andere partijen over te nemen, uit te splitsen in twee sporen:

- Energie-infra-overleg 1: Vanuit de RESsen, met Enexis. Focus op distributie van elektriciteit, gas en warmte; focus op de sectoren gebouwde omgeving, mobiliteit en lokale opwek.
- Energie-infra-overleg 2: Vanuit LEA en Chemelot, met TenneT, Gasunie en Rijksoverheid. Focus op transport van elektriciteit, gas en CO₂; focus op de sectoren industrie, glastuinbouw en regelbare CO₂-vrije centrales.

De Provincie levert de secretaris en gezamenlijk wordt gezocht naar een voorzitter waarbij bij het eerste overleg een wethouder die ook actief is in een RES-regio een optie is, en voor het 2^e overleg een bestuurder van LEA of Chemelot.

Voor de dwarsverbanden zorgt de Provincie dat relevante zaken bij beide overleggen worden ingebracht.

Aanpassing wet/regelgeving

Afstemming met het Rijk is nodig om provinciale ontwikkelingen en nationaal beleid met elkaar in de pas te laten lopen en belemmeringen op te lossen. Geadviseerd wordt een halfjaarlijks overleg te starten tussen de Gedeputeerde RO en de Gedeputeerde Energie met de directie van Enexis, Gasunie en TenneT waar de strategische aspecten uit de beide sporen worden besproken.

1 Doel van de systeemstudie

1.1 Aanleiding

Nederland heeft in het Nationale Klimaatakkoord (2019) en de Klimaatwet (2020) vastgelegd om in 2050 de broeikasgasemissies terug te brengen met 95% in 2050 en op 49% in 2030, beide ten opzichte van 1990. Om deze afspraken te kunnen realiseren is een omvangrijke energietransitie nodig, ook in de Provincie Limburg. Immers, zowel de Limburgse gemeenten (via de VNG) als de Provincie Limburg (via het IPO) hebben het Klimaatakkoord ondertekend. Een robuust en adaptief energiesysteem is een belangrijke randvoorwaarde om vroegtijdig te kunnen investeren in projecten die noodzakelijk zijn om de energietransitie zo snel uit te voeren als nu in voorbereiding is.

Daarnaast zijn in Limburg uitgangspunten voor het Energie- en klimaatbeleid opgesteld: “Onder de voorwaarden haalbaarheid, betaalbaarheid en draagvlak stellen wij ons, als middenbestuur, op als een betrouwbare partner van het Rijk en van gemeenten.

Dit betekent dat wij onze rol zullen pakken bij onder andere de uitvoering van wetten en wettelijk geborgde afspraken en realistische ambities rondom de klimaat- en energietransitie, zoals bij de totstandkoming van Regionale Energie Strategieën (RES).

Wij erkennen dat mensen vanuit verschillende uitgangspunten en opvattingen meewerken aan een innovatief energietransitiebeleid, welke onze economische structuur versterkt, ons minder afhankelijk maakt van fossiele brandstoffen uit het buitenland (bijvoorbeeld Rusland en Arabische landen) en tegelijkertijd de gevolgen van uitstoot vermindert en rekening houdt met biodiversiteit”.

Infrastructuurontwikkeling is kapitaalintensief en kent lange doorlooptijden. Dat geldt zeker voor energie-infrastructuur. Het huidige reguleringskader is erop ingericht dat netbeheerders doelmatig met hun investeringen omgaan. Dat houdt de kosten voor de maatschappij laag, maar kan er ook toe leiden dat investeringen pas worden gedaan als volstrekt duidelijk is dat ze ook echt noodzakelijk zijn. In dat geval kan de voorzichtige aanpak ertoe leiden dat infrastructuurinvesteringen remmend gaan werken op het maatschappelijk gewenste tempo van de energietransitie. Reeds in de eerste ‘Net voor de Toekomst’-studie uit 2010 is vanuit CE Delft samen met de Netbeheerders aandacht gevraagd voor dit dilemma. De oplossing is om gedegen en gedragen studies te doen naar de ontwikkeling van vraag náar en aanbod ván de infrastructuurcapaciteit.

Mede ten gevolge van de uitwerking van het Klimaatakkoord door de vijf sectoren ‘gebouwde omgeving’, ‘industrie’, ‘elektriciteitssector’, ‘mobiliteit’ en ‘landbouw en natuurbeheer’ zal de komende jaren een krachtinspanning moeten gaan plaatsvinden om de energietransitie in de praktijk te brengen. Ook de partijen in Limburg dragen hier actief aan bij en willen zorgen dat de daarvoor noodzakelijk energie-infrastructuur er komt. In juni 2020 is duidelijk geworden dat er in 2020 al acute knelpunten zijn of dreigen op te treden¹. Het bepalen van de noodzakelijke infrastructuur zal op een integrale manier moeten gebeuren omdat de oplossingen in de energietransitie niet meer traditioneel te scheiden zijn in productie of vraag, of gas apart bezien van elektriciteit. Uit het Klimaatakkoord is duidelijk naar voren gekomen dat alle sectorplannen met elkaar te maken hebben. Zowel Chemelot als de Limburgse industrie in de Limburgse Energie Agenda (LEA), en de Regionale Energie Strategie (RES)-regio’s hebben plannen voor 2030 opgesteld

¹ Transportschaarste bij Enexis: <https://www.enexis.nl/zakelijk/duurzaam/beperkte-capaciteit/gebieden-met-schaarste>



waarvoor beschikbaarheid van energie infrastructuur duidelijk een knelpunt is. Het Limburgse College van Gedeputeerde Staten heeft dit vraagstuk ook nadrukkelijk in het College Programma (2019) opgenomen en benoemd.

Er zijn dus vier ontwikkelingen die maken dat de behoefte aan een systeemstudie urgent is, te weten:

1. Regionale Energie Strategieën (RES)

RES'sen krijgen een tijdhorizon van 2030 met een doorkijk tot 2050. De landelijke afspraak is om in 2020 de conceptversies van de RES'sen op te leveren voor doorrekening door het PBL. De systeemstudie is afgestemd met twee RES-regio's in Limburg, waarvoor inmiddels de plannen zijn opgeleverd (zomer 2020). De komende jaren worden binnen de RES-regio's ook de warmteplannen voor de wijken in Limburg opgesteld.

2. Versnellende energietransitie

Het elektriciteitsnetwerk in Limburg loopt tegen zijn grenzen aan, en de betrokken partijen willen echte problemen vóór zijn. Er ontbreekt infrastructuur waar deze wel gewenst is vanuit de energietransitie (onder andere aansluiting zonneparken, warmtenetten, CO₂-netwerk, mogelijkheid waterstoftransport- en distributie). De daarvoor benodigde investeringen vergen inzicht in de integrale ontwikkeling van het energiesysteem (inclusief CO₂-netwerk).

3. De industriële transitie - Chemelot

Limburg heeft veel energie-intensieve industrie die zich al aan het voorbereiden is op de ingrijpende maatregelen die moeten zorgen voor een klimaatneutrale industrie in 2050. Een adequate infrastructuur is essentieel voor de economische ontwikkeling van Limburg, waarbij er geen kostenverschillen met de rest van Nederland mogen ontstaan. Dit komt ook duidelijk naar voren uit de resultaten van de Taskforce Infrastructuur Klimaatakkoord Industrie (TIKI) waar een apart deel is gewijd aan het industriecluster Chemelot.

4. Interregionale samenwerking

Limburg is verbonden met Noord-Oost België en met het Duitse Ruhrgebied, waar de energietransitie ook is ingezet. Ook daar is een verandering van energiebronnen en gebruik dat nieuwe keuzes met zich meebrengt voor voorziening, betrouwbaarheid van de totale energievoorziening.

Het is dan ook noodzakelijk voor de Provincie Limburg en de netbeheerders om voor de periode tot 2050 de vraag- en aanbodontwikkeling van (duurzame) energie in Limburg in kaart te brengen en te analyseren welke behoefte aan (aanvullende) energie-infrastructuur nu al nodig zou zijn om deze ontwikkelingen te kunnen faciliteren. Daarbij is ook een goed beeld nodig van de belangrijkste knelpunten, met mogelijke oplossingsrichtingen.

Deze systeemstudie biedt een gezamenlijke kennisbasis die als input dient voor de energiestrategieën van de netbeheerders, de Limburgse industrie, RES Noord- en Midden-Limburg, RES Zuid-Limburg, gemeenten, de samenwerking met België, Duitsland en de Nederlandse regering, en ten slotte voor de Provincie Limburg zelf.

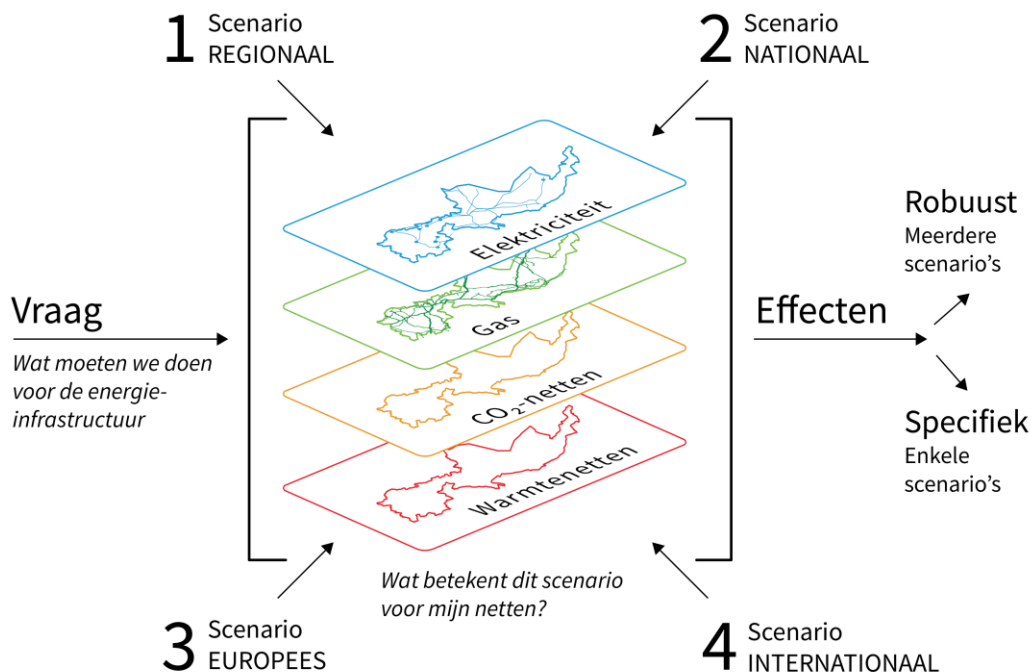
De energie-infrastructuur is veelal tegelijkertijd faciliterend aan industrie, gebouwde omgeving, mobiliteit en landbouw (inclusief glastuinbouw). Zo maken deze sectoren allen gebruik van het (delen van) hetzelfde elektriciteit- en gasnetwerk en kan er sprake zijn van energieleveringen uit de ene sector aan de andere (bijvoorbeeld restwarmte). Ook kan het noodzakelijk worden om delen van de energie-infrastructuur te converteren naar alternatief gebruik (bijvoorbeeld van aardgas naar waterstof en/of CO₂). Deze overwegingen vragen om een integrale aanpak van de systeemstudie zoals we hebben gedaan.

1.2 Doel van de energiesysteemstudie

Het onderzoek naar het energiesysteem in Limburg heeft tot doel om in beeld te brengen hoe de energievraag en het energieaanbod zich de komende decennia tijdens de energietransitie naar een klimaatneutrale energievoorziening kunnen ontwikkelen, en of het energiesysteem van kabels, leidingen, productie-installaties dat aankan en welke aanpassingen nodig zijn, met een grote onzekerheid en welke benodigde aanpassingen robuust zijn vast te stellen (no-regret).

Hoe energievraag en -aanbod zijn opgebouwd in 2050, is nog een open vraag. Dit geldt ook voor 2030, maar in mindere mate. Daarom gebruiken we de systematiek van scenario's om rekening te kunnen houden met diverse mogelijke toekomstbeelden van het Limburgse energiesysteem. Toekomst waarin zowel de energievraag zich ontwikkelt, maar ook de productie van warmte, elektriciteit en dergelijke. We houden daarbij rekening met vele technische opties (geothermie, lage temperatuurnetten, O-PAC, groengas, waterstof, etc.).

Daarbij zijn ook tijd en locatie van belang voor de effecten op de energienetten. Op elk moment moet het gasnet of het elektriciteitsnet aan de energievraag kunnen voldoen en zal geproduceerde elektriciteit ingevoerd moeten kunnen worden. Terwijl het lang duurt voordat een net/leiding kan worden aangelegd of worden verzaagd. Door met scenario's te werken wordt duidelijk welke ontwikkelingen robuust zijn, namelijk die ontwikkelingen die in meerdere scenario's voorkomen. Andere ontwikkelingen kunnen sterk verbonden zijn aan één bepaalde ontwikkeling van de energievraag of -productie. Dit leidt dan tot een set van knelpunten die robuust zijn en knelpunten die specifiek zijn voor bepaalde technische/maatschappelijke ontwikkelingen.



1.3 Het gebruik van scenario's

De scenario's zijn bedoeld als meer extreme toekomstbeelden, en niet als realistische of wenselijke blauwdrukken. Het zijn dus geen voorspellingen. Hiermee kunnen de netbeheerders in kaart brengen wat eventueel gevraagd wordt van de infrastructuur in de periode tot 2050.

In elk van de scenario's houden we rekening met ontwikkelingen die te verwachten zijn, maar niet altijd met 100% zekerheid. De vergelijking van scenario's kan helpen om in beeld te krijgen wat er gebeurt als er bijvoorbeeld totaal geen biomassa gebruikt wordt, of juist héél veel waterstof beschikbaar komt; wat het wel of niet beschikbaar komen van geothermiebronnen betekent en hoe de elektriciteitsnetten zich moeten ontwikkelen als Limburg in het geheel stopt met het gebruiken van groen en/of fossiel gas. Andere afwegingen die door het gebruik van scenario's beter inzichtelijk kunnen worden gemaakt zijn:

Opslagsystemen

Dat kan dan gaan om het gebruik van elektrolyzers die elektriciteit omzetten in waterstof op momenten dat er veel elektriciteit is uit zon en windenergie, maar ook batterijen voor de opslag van elektriciteit, in auto's in woningen, in wijken of zelfs op nationale schaal (O-PAC).

Rijden op elektriciteit of waterstof

De meningen verschillen of het waterstof of elektriciteit wordt waarop (vracht)auto's in 2050 rijden. Voor de verschillende soorten voertuigen gaan we uit van een variatie aan percentages elektrisch en waterstof.

Verwarmen zonder aardgas, maar wat dan wel?

Er is grote zekerheid dat we in 2050 onze woningen en kantoren, scholen en ziekenhuizen niet meer verwarmen met aardgas. Maar gaan we dan verwarmen met een warmtepomp, waterstof of warmtelevering uit geothermie, of restwarmte van de industrie?

Industriële processen

Ook in de industrie speelt de vraag of de CO₂-reductie via overschakelen van aardgas naar waterstof of naar elektriciteit zal plaatsvinden, maar ook de mogelijkheid voor blijvend gebruik van aardgas met CO₂-opslag behoort tot de mogelijkheden.



Bij elkaar veel opties die in samenhang bekeken worden op hun effecten op het gas- en elektriciteitssysteem.

1.4 Wat is een energiesysteemstudie?

In een energiesysteemstudie worden prognoses voor de ontwikkeling van vraag naar energie voor alle vraagsectoren en verschillende energiedragers in beeld gebracht en geanalyseerd, om daarmee inzicht te krijgen in de noodzakelijke investeringen in energie-infrastructuur, maar ook in het ontwikkelen van voldoende productiefaciliteiten voor energie in de vorm van elektriciteit, gas (methaan en waterstof) en warmte.

Energiesysteemstudies zijn uitdagend vanwege de grote verscheidenheid aan kennisvelden die erbij nodig zijn. Om de impact van scenario's op de energie-infrastructuren te kunnen bepalen is kennis nodig van de energieontwikkelingen in de gebouwde omgeving (woningen en utiliteit, inclusief datacenters), landbouw (met name glastuinbouw), industrie (bestaan- de zowel als nieuwe mogelijkheden), en mobiliteit. Daarnaast is kennis nodig van infra- structuren met betrekking tot elektriciteit, gas (inclusief mogelijkheden van groengas en waterstof), warmte, CO₂, en van de mogelijkheden van energieproductie in het gehele energiesysteem, zowel fossiel als hernieuwbaar. Steeds zijn ook andere aspecten dan alleen de energetische van belang, zoals kosten, ruimtebeslag inclusief milieuruimte, juridische en regeltechnische kaders, etc.

Deze systeemstudie brengt de mogelijke ontwikkeling van vraag en aanbod van energie in beeld, vervat in een startanalyse 2020, twee scenario's voor 2030 en vier scenario's voor 2050. Door middel van een knelpuntenanalyse zijn vervolgens de mogelijkheden in kaart gebracht om met de energienetwerken deze ontwikkelingen te faciliteren – uitgewerkt naar locatie, volume en energiemix. Niet alleen de energetische aspecten zijn van belang. Om het afwegingskader voor oplossingsrichtingen in te vullen is ook rekening gehouden met kosten, ruimtebeslag inclusief milieu-ruimte, juridische en regeltechnische kaders, etc.

De scenario's zoals die zijn ontwikkeld in het kader van I13050² door de netbeheerders op landelijk niveau, zijn de basis geweest voor verkenning van de energievraag en -aanbod. De concrete knelpunten worden echter pas duidelijk, en kunnen pas worden vertaald in concrete investeringen, als voor alle onderdelen wordt ingezoomd naar regionaal niveau. Dat is precies wat in deze systeemstudie is gedaan.

We hebben datasets gemaakt voor 2020, twee scenario's voor 2030 op basis van het Klimaatakkoord, waarbij de ene het basisscenario is en het andere het plusscenario (met meer elektrificatie). Voor 2050 hebben we vier scenario's ontwikkeld gebaseerd op I13050.

De data die gebruikt is voor de verschillende scenario's is duidelijk gedocumenteerd in Bijlage C en de bijbehorende spreadsheets, zodat bij een eventuele actualisering in de toekomst eenvoudig actuele basisgegevens kunnen worden gebruikt. De datasets die naar de netbeheerders zijn gegaan voor hun berekeningen, zijn conform de eerder gebruikte datasheets: locaties, volumes, profielen voor de verschillende energiedragers, de vraag en het aanbod van CO₂ ten behoeve van opslag en/of gebruik voor de komende jaren (uitgaande van concrete plannen).

² De netbeheerders hebben in 2019 een project opgezet voor een actualisering van de verkenning van de ontwikkeling van vraag en aanbod, bedoeld voor de analyse van hun netten. Dit is een landelijke studie die deels parallel liep met de energiesysteemstudie voor Limburg.

[https://www.netbeheernederland.nl/_contentediting/files/files/20190711%20-%20Plan%20van%20aanpak%20integrale%20infrastructuurverkenning%20\(I13050\)\(1\).pdf](https://www.netbeheernederland.nl/_contentediting/files/files/20190711%20-%20Plan%20van%20aanpak%20integrale%20infrastructuurverkenning%20(I13050)(1).pdf)



Meer dan in andere systeemstudies is ingegaan op de relatie met de buurlanden Duitsland en België. In Duitsland is de Energiewende al een tijdje gaande en heeft dat recent weer een nieuwe impuls gekregen met een nieuw Duits 'klimaatakkoord'; het zogenaamde Klimaschutzprogramm 2030. In België is sprake van een voortdurende probleemsituatie waardoor er nu plannen zijn om de Clausentrale direct te koppelen aan het Belgische netwerk. Maar in beide landen spelen ook de veranderingen in de verwarming van gebouwen en de mogelijkheden van warmteleveringssystemen.

De Limburgse Energiesysteemstudie past binnen een breder palet aan studies, plannen en samenwerkingsverbanden die nodig zijn om de energietransitie te laten slagen. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft getracht hier een samenhangend beeld van te schetsen en ook de Topsector Energie heeft, met als titel 'Systeemintegratie', specifieke aandacht voor de samenhang der dingen van de energietransitie. Elk van de trajecten opgenomen in Figuur 3 vormt een radar in een grote klokwerk. Het is relevant niet in isolatie van de andere partners, studies en uitvoeringsagenda's de Provinciale Energie Infrastructuur te bezien. Deze Limburgse Energiesysteemstudie geeft nadrukkelijk rekenschap en gebruikt alle relevante informatie uit dit gehele systeem.

Vele parallele trajecten energietransitie

Zoals uit het volgende overzicht blijkt, zijn er vele activiteiten die thans lopen om de energietransitie vorm te geven. Zowel bij de Rijksoverheid als bij alle stakeholders. De energiesysteemstudie Limburg past in dit geheel.

De belangrijkste trajecten vanuit het Rijk:

- Integraal Nationaal Energie en Klimaatplan INEK;
- Klimaatplan;
- Lange termijn strategie Klimaatbeleid;
- Klimaatnota;
- Klimaat- en Energie Verkenning (KEV) door PBL;
- Rijksvisie energietransitie, inclusief waterstof;
- Programma Energie Hoofdstructuur (PEH);
- Leveringszekerheidskader;
- Energiewet 1.0;
- Aanpassing mijnbouwwet;
- Programma waterstof;
- Warmtewet 2.0;
- Rijksvisie marktordening CCS;
- SDE++;
- Herziening Europese gasregelgeving;
- Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL);
- Programma Noordzee;
- Programma aardgasvrije wijken;
- Beleidsevaluatie staatsdeelnemingen.

Stakeholders, onder andere:

- Integrale Infrastructuur verkenning I13050 door Netbeheer Nederland;
- investeringsplannen netbeheerders;
- provinciale energiesysteemstudies;
- regionale energiestrategieën (RES);
- Taskforce Infrastructuur Industrie (TIKI).

Figuur 3 - Overzicht studies rondom de energie-infrastructuur ten behoeve van de energietransitie



Samenhangende trajecten voor de energietransitie						
Klimaat Integraal Nationaal Energie- en Klimaatplan (INEK): Uitgebreid rapport aan EU over verwachtingen en plannen tot 2030. Beslaat 2021-2030. Na 10 jaar nieuw INEK, na 5 jaar update, in 2023 en daarna elke 2 jaar voortgangsrapportage. Klimaatplan Beschrijft de hoofdlijnen van het klimaatbeleid voor de periode 2021-2030. In 2019 naar Tweede Kamer. Na 5 jaar nieuw plan maken voor volgende 10 jaar. Na 2 jaar voortgangsrapportage. Lange Termijn Strategie Vooruitblik tot 2050 en verder. Scope is volledige klimaatbeleid. Vooral agenderend, en beschrijvend wat we al doen voor de lange termijn. Klimaatnota Jaarlijkse voortgangsrapportage klimaatplan Publicatie op de vierde donderdag in oktober. De eerste in 2020. Klimaat- en Energieverkenning (KEV) door PBL Monitor en prognose, opvolger NEV. Planning: 1 mei peildatum 'vastgesteld en voorgenomen beleid', augustus concept, 1 november publicatie.	Rijkswisie marktordening voor de energietransitie, inclusief marktordening waterstof - Focus is marktordening voor de energietransitie met focus op de samenhang tussen de verschillende onderdelen/dragers. Dit traject kijkt daarmee vooral naar het snijvlak tussen markten, zoals opslag, conversie, hybridisering en interconnectie. Deels ook mobiliteit vanwege de kans op benodigde energie-infrastructuur (vb. laadpalen) - Markten die afbouwen (o.a. aardgaswinning/-transport), markten die opkomen (o.a. warmte, waterstof, groen gas) en markten die omgebouwd worden (vb. gas naar H ₂) - Marktordening omvat: publieke belangen; taken netbeheerders; toegestane activiteiten netwerkbedrijven; plichten leveranciers; rechten afnemers; tarieven, tariefstructuur en toegestane inkomsten; rol voor staatsdeelnemingen energie/infra; en financiële instrumenten mede in relatie tot normeren en beprijken. - Marktordening waterstof als individueel subtraject onder dit brede project marktordening.		Programma hoofdstructuur (ruimte voor de energietransitie) - Gaat over nationaal ruimtelijk beleid - Uitwerking van het nationale belang energie zoals gedefinieerd in NOVI - Programma in de zin van de Omgevingswet ("thematische structuurvisie") en eventueel op grond daarvan ruimtelijke regelgeving (Besluit Kwaliteit Leefomgeving) - Belangrijkste schakels: transport, conversie, opslag; in mindere mate opwek en verbruik - Warmte, elektriciteit, gassen (aardgas, H ₂ , groen gas), CO ₂ en niet-energetische stoffen - Gaat uitspraken bevatten over: <ul style="list-style-type: none"> - Ruimtelijke opgave 2030 en 2050 in Nederland - Vastleggen nationaal belang (of herijking daarvan) - Inzet ruimtelijk instrumentarium (inrichtingsprincipes, zoekgebieden, ruimtelijke regels en reserveringen) 			Trajecten van stakeholders Integrale infrastructuurverkenning door Netbeheer Nederland TenneT, Gasunie en de regionale netbeheerders ontwikkelen een integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 met scenario's en ontwikkelpaden voor de energie infrastructuur. Investeringsplannen NB De netbeheerders ontwikkelen ieder een investeringsplan, waarin duidelijk wordt welke ontwikkelingen zij zien en tot welke uitbreidingsinvesteringen en vervangingsinvesteringen deze leiden. Regionale systeemstudies (industrie) Integraal beeld ontwikkelingen industrie, gebouwde omgeving, transport, landbouw en duurzame opwek tot 2050. Geeft zicht op benodigde/gewenste infrastructuurontwikkelingen. Regionale energiestrategieën Transitie van vraag en aanbod energie vanuit lokaal en regionaal perspectief. Doel: 30 RES- en met regionale aanpak voor de energietransitie (2030/2050) Taskforce Infrastructuur Gericht op het in kaart brengen van knelpunten en mogelijke oplossingen op het gebied van energie-infrastructuur, om doelstellingen Industrie 2030 mogelijk te maken. Taskforce bestaande uit Industrie en netbeheer, Iov EZK.
	Dragers					
	Leveringszekerheidskader Taak is tweeledig: <ul style="list-style-type: none"> - Huidige monitoring bekijken en nagaan (samen met TenneT) of deze afdoende is - Kader ontwikkelen dat gebruikt kan worden op het moment dat de monitoring laat zien dat de marktontwikkelingen niet toereikend zijn om de leveringszekerheid te blijven garanderen. 	Energiewet 1.0 - Samenvoegen van bestaande wetgeving op gebied van elektriciteit en gas - Implementeren van nieuwe Europese wetgeving op gebied van elektriciteit	Aanpassing Mijnbouwwet - Omvat o.a. wettelijke bepalingen die nodig zijn om uitvoering te geven aan ambities rond geothermie, inclusief de marktordening en toezicht	Programma waterstof - Gezamenlijke interdepartementale visie neerzetten eind 2019 - Marktordening waterstof onderdeel van rijkswisie marktordening van de energietransitie	Warmtewet 2.0 - Marktordening voor warmte - Doorontwikkeling bestaande Warmtewet	Rijkswisie marktordening CCS - Visie op marktordening - Randvoorwaarden scheppen voor uitvoering van voorgestelde projecten als Porthos (en Athos), waaronder een (voorlopige) opdracht aan EBN voor Porthos en inbedding van CCS in SDE++ - Marktconsultatie operators voor opslag (vergunning) en in kaart brengen knellende regelgeving - Hergebruik van infrastructuur - Randvoorwaarden scheppen voor grensoverschrijdende CO ₂
Beheer en ontwikkeling financiële instrumenten SDE++ richt zich vanaf 2020 op CO ₂ -reductie. Als gevolg daarvan nieuwe categorieën en naar verwachting een verschuiving in de technieken die vanuit SDE++ gefinancierd worden.						
Herziening Europese Gasregelgeving						
Trajecten andere departementen						
Nationale agenda laadinfrastructuur (NAL) door IenW 5 NAL regio's dienen zorg te dragen dat de laadinfrastructuur geen drempel vormt bij de uitrol van elektrisch vervoer. Denk aan plaatsingsbeleid, uitrolplannen, smartcharging, etc.						
Programma Noordzee (IenW)						
Programma aardgasvrije wijken door BZK						
Beleidsvaluatie nota staatsdeelnemingen door FIN - Voorbereiding tot eind 2019, start begin 2020 en aanbieding aan de Tweede Kamer eind 2020. Toegevoegde waarde aandeelhouderschap voor borgen publieke belangen en nota Deelnemingen.						



1.5 Onderzoeksopzet

De Limburgse Energiesysteemstudie is niet de eerste in haar soort. Eerder werden vergelijkbare studies uitgevoerd in Noord-Holland, Groningen/Drenthe en Zeeland, alle te vinden op www.ce.nl/publicaties. Momenteel worden vergelijkbare studies uitgevoerd in Overijssel en Zuid-Holland. In een werkgroep van het Inter Provinciale Overleg (IPO) wisselen de opdrachtgevers van deze studies ervaringen uit en wordt samenhang onderzocht. Elke nieuwe studie maakt nadrukkelijk gebruik van ervaringen en uitkomsten van vorige studies. In Limburg is ten opzichte van eerdere Energiesysteemstudies het belang van governance en grensoverschrijdende ontwikkelingen bijvoorbeeld nadrukkelijker meegenomen en uitgewerkt. Van Groningen/Drenthe is geleerd hoe dataverzameling en het proces van doorrekenen effectiever kan worden uitgevoerd. Schematisch ziet het onderzoek eruit zoals in Figuur 4 is weergegeven.

Verzamelen data

Allereerst is bronmateriaal verzameld, met behulp van de begeleidingscommissie. Beleid, plannen en analyses vanuit de diverse sectoren bevatten relevante informatie aan de hand waarvan de templates uiteindelijk gevuld kunnen worden. De literatuur betreft zowel nationale als specifiek Limburgse ontwikkelingen. Ter aanvulling is er contact geweest met mensen met kennis vanuit de sectoren en vanuit Limburg zelf.

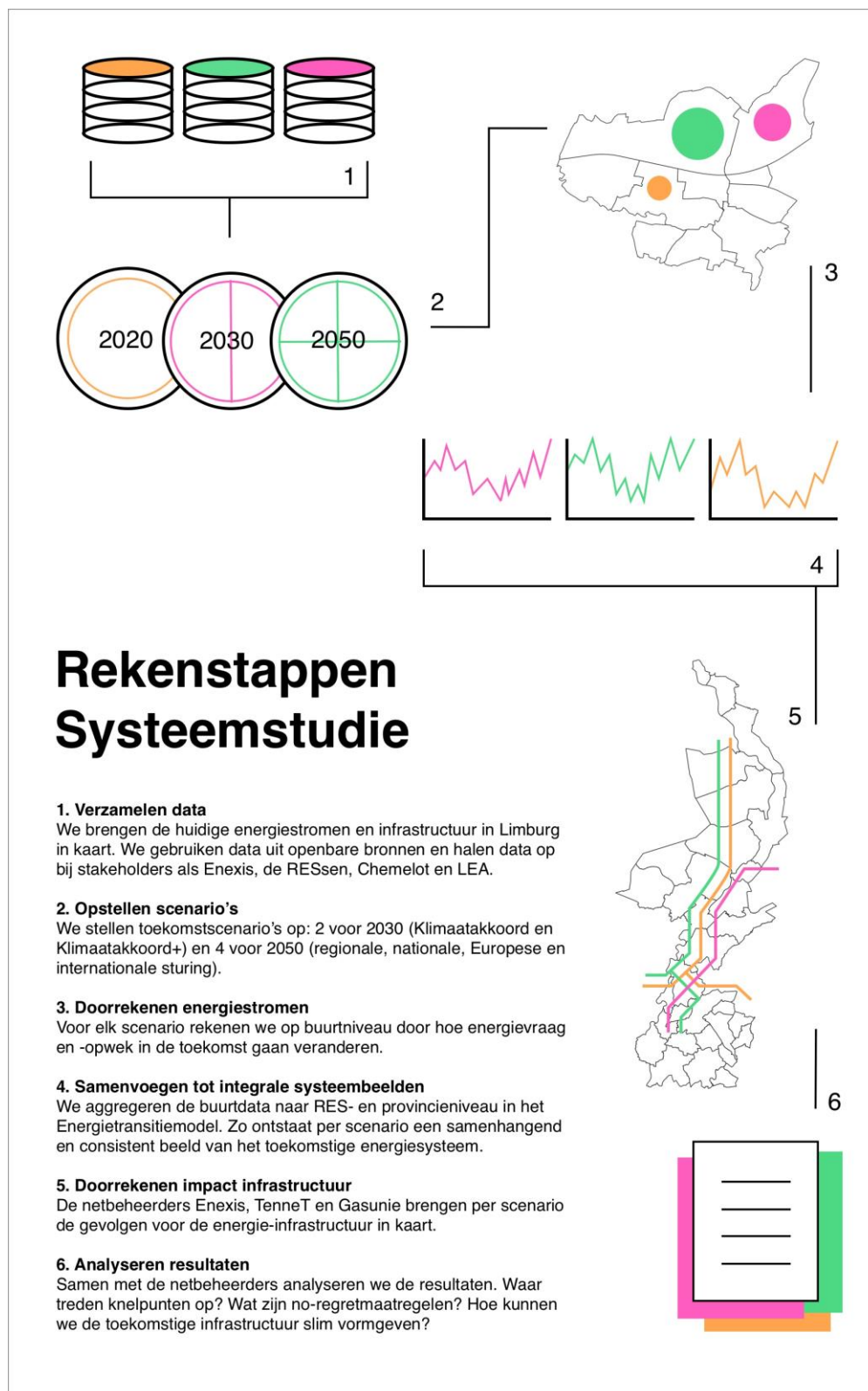
Daarnaast is het template gedefinieerd waarin alle data kunnen worden vervat voor vraag en aanbod, op basis waarvan de infrastructuur doorgerekend kan worden. Het vormt de schakel tussen het onderzoekswerk van CE Delft, TNO en Quintel enerzijds en de netbeheerders anderzijds. Het template bevat voor elk scenario een reeks categorieën van vraag en aanbod. Van elke categorie is zowel de energievraag (GJ/jr) als het vermogen (MW) opgegeven, en er is een profiel aan gekoppeld, wat de verdeling over de 8.760 uren in het jaar weergeeft.

Opstellen scenario's – werken met extremen

De steekjaren voor de scenario's zijn 2020, 2030 en 2050. 2020 is geënt op de huidige situatie. Voor 2050 zijn vier scenario's opgesteld, gebaseerd op I13050, de eerder genoemde scenariostudie van de netbeheerders (zie Paragraaf 1.4). Voor 2030 zijn twee scenario's opgesteld, gebaseerd op het Klimaatakkoord en de twee RES-regio's van Limburg, en wat er in 2030 gerealiseerd moet zijn als de doelen uit het Nationale Klimaatakkoord worden verhoogd naar 55% CO₂-eq.-reductie (Klimaatakkoord plus).

I13050 bevat voor 2050 vier scenario's van de energievoorziening in Nederland. Deze geven vier extremen weer. Ze vormen geen antwoord op de vraag welke ontwikkelingen het meest plausibel of wenselijk zijn, maar zetten de kaders neer. Eerder dan op één van deze hoekpunten, zal de werkelijkheid binnen deze kaders uitkomen, met een mix van elementen uit de verschillende scenario's. Er zijn twee redenen om voor 2050 de extremen uit te werken. De eerste reden is praktisch: er zijn nog te veel onzekerheden op dit moment – rondom het toekomstige overheidsbeleid, techniekontwikkeling, kostenontwikkeling, maatschappelijke voorkeuren, enzovoort – om al een concrete voorspelling te doen van de energievoorziening in 2050. De tweede reden is inhoudelijk: het doel van de studie is om toekomstige knelpunten in het energiesysteem in beeld te krijgen en juist in de extreme scenario's zullen deze aan de oppervlakte komen.

Figuur 4 - Overzicht onderzoekopzet energiesysteemstudie Limburg.



Samenstellen integrale beelden

Per categorie in vraag en aanbod zijn de scenario's uitgewerkt. Dat wil zeggen dat data-templates zijn gevuld met waarden voor de energievraag (GJ/jaar) en het energieaanbod (in termen van opgesteld vermogen (MW) en in termen van energie (GJ/jaar)).

Input vanuit de twee RES-regio's is gebruikt, met name gebouwde omgeving en decentrale opwek van elektriciteit. Voor de industrie is nauw overleg gevoerd met Chemelot en is gebruik gemaakt van informatie over de LEA-bedrijven. Met al deze partijen zijn gesprekken gevoerd en is de data gevalideerd.

Niet is meegenomen dat de ontwikkeling van de industrie en van het energiesysteem elkaar beïnvloeden, zodat een ander energiesysteem een tweede-orde-effect kan hebben op welke industrie in de regio gevestigd is met welke productievolumes. Vergelijkbare aannames zijn gemaakt voor de gebouwde omgeving en mobiliteit, namelijk dat de behoefte aan verwarming en koeling, aan kracht en licht, en aan reiskilometers constant zijn. Wel is rekening gehouden met toenemende efficiency van apparaten, installaties en voertuigen.

Doorrekening infrastructuur door netbeheerders

De datasets voor 2030 en 2050 zijn de schakel naar de doorrekening van de infrastructuur. Dit is gedaan door de netbeheerders Enexis, TenneT en Gasunie.

Enexis heeft een *loadflow*-berekening gedaan van het 20/50 kV-net. Hierbij zijn de knelpunten in beeld gebracht op de onderstations van Enexis. Deze onderstations zijn het koppelpunt met de netten van TenneT en geven daardoor waardevolle input voor de doorrekening van de hoogspannings(HS)-netten van TenneT. Enexis heeft voor enkele concrete wijken onderzocht wat de effecten zijn van de alternatieven van aardgas en de impact van deze alternatieven op de infrastructuur op wijkniveau (zonnecellen, elektrische auto's, warmtelevering en warmtepompen).

TenneT heeft *loadflow*-berekeningen gedaan van het hoogspanningsnet, met voor Limburg vraag en aanbod ingevuld zoals aangeleverd binnen deze systeemstudie. Dit betekent dat voor elk uur van het jaar het gehele Nederlandse net is doorgerekend om het aanbod van elektriciteit naar de vraag te transporteren.

Gasunie heeft een vergelijkbare analyse gedaan voor het gasnet. Daarvoor zijn in de analyse de verschillende buisleidingen in Limburg toegewezen aan de verschillende gassen die nu, in 2030 en in 2050 nodig zijn: hoog- en laagcalorisch aardgas, groengas, waterstof en CO₂.

Analyse knelpunten en oplossingen

De doorrekeningen van de infrastructuur door Enexis, TenneT en Gasunie resulteren in een overzicht van knelpunten.

Deze hebben we geanalyseerd op locatie, termijn (2030, 2050), en mate en duur van capaciteitsoverschrijding. Vervolgens hebben we de oorzaken onderzocht door de knelpunten te relateren aan de data over vraag en aanbod. Daarnaast is een inventarisatie gedaan van mogelijke oplossingen en flexmaatregelen, en bij welk type knelpunt deze geschikt zijn. Deze bouwstenen zijn samengebracht: welke oplossingen zijn er voor de knelpunten in Limburg die uit de doorrekeningen naar voren zijn gekomen? Zo komt in beeld welke keuzes voorliggen of zich in de toekomst voor zullen doen. In deze Energie-systeemstudie ligt de focus op het voorkomen van knelpunten richting 2030 en 2050.

Gedurende het onderzoek heeft Enexis transportschaarste uitgeroepen voor een groot aantal extra onderstations in Limburg in 2020. De analyses uit Hoofdstuk 5 en 6 en Bijlagen D, E en F kunnen versneld worden geagendeerd met alle betrokkenen om knelpunten te adresseren.

Aanvullen met flex

De data over vraag en aanbod hebben we aangevuld met een analyse van flexmaatregelen. Dit is allereerst gedaan in de Limburgse context, door naar elektriciteitsoverschotten en tekorten te kijken binnen de provincie. Vervolgens hebben we dit ook gedaan in grotere, (inter-)nationale context door ook te kijken naar België en Duitsland. Hierbij hebben we het rekenmodel PowerFlex gebruikt, waarin we de elektriciteitsmarkt simuleren voor Nederland en Duitsland. Dit geeft een inschatting van jaarduurkrommes van elektriciteitsprijzen, de inzet van centrales, en de potentie voor opslagsystemen in de context van de (inter-)nationale elektriciteitsmarkt.

1.6 Onderdelen van deze studie

De energiesysteemstudie heeft als doel om de planning en realisatie van de energie-infrastructuur te bepalen in 2030 en 2050, die nodig is om de energietransitie in Limburg mogelijk te maken. Hiervoor hebben we de volgende aspecten in deze rapportage uitgewerkt.

Tabel 2 - Onderdelen van de studie en de plaats in deze rapportage

Onderdeel energiesysteemstudie Limburg	Locatie in rapport/bijlage
Wat is de huidige en toekomstige energievraag, en de daarvoor benodigde productie, opslag en transport binnen de Provincie Limburg. Dit is in beeld gebracht door verschillende energiescenario's uit te werken, inclusief een 'nulmeting'	Hoofdstuk 2 en Bijlagen C en D
Wat is de huidige en toekomstige energie opwek en verbruik, opslag en transport in de aangrenzende regio's in België, Nederland en Duitsland bepaald.	Bijlage E Energienetten & Buitenland
Welke aanvullende energie-infrastructuur is no-regret want is nodig binnen alle scenario's?	Hoofdstuk 5 en Bijlage D
Welke aanvullende energie-infrastructuur is nodig afhankelijk van de ontwikkelingen binnen de energietransitie en voor deze opdracht opgestelde scenario's?	Hoofdstuk 5 en Bijlage D
Welke gevolgen hebben deze antwoorden voor de ruimtelijke ordening, inpassing, het mogelijk meervoudig ruimtegebruik en de daaraan gekoppelde wet- en regelgeving op nationaal, EUregionaal, provinciaal en lokaal niveau?	Hoofdstuk 5 en bijlage D
Wat zijn de kritieke knelpunten en drivers voor die benodigde extra infrastructuur, op basis van de scenario's en de huidige kaders (ruimtelijke inpassing, technisch, wet- en regelgeving, financieel, capaciteit, planning, et cetera), die het voorzien in de infracapaciteitsbehoefte sterk compliceren, of zelfs onmogelijk maken?	Hoofdstuk 5 en Bijlage D
Wat zijn de belangrijkste oplossingsrichtingen binnen en buiten Limburg voor die benodigde extra infrastructuur, wat zijn belemmeringen voor die oplossingen, en waar liggen optimalisatiekansen?	Hoofdstuk 6 en Bijlage E
Welke mechanismen/governance is beschikbaar en mogelijk te optimaliseren om te bespreken, agenderen en ontwikkelen? Voorstel samenwerking Enexis, TenneT, Gasunie, Chemelot, LEA, RES-regio's en Provincie.	Hoofdstuk 6 en Bijlage F

Alle data is toegankelijk via het Energietransitiemodel, in Bijlage 0 is hier een beschrijving van gegeven en zijn de linken naar de verschillende scenario's weergegeven. Gemeenten, bedrijven kunnen hiermee een beeld krijgen van de ontwikkelingen van vraag en aanbod in specifieke delen van Limburg.

De meeste bijlagen zijn als aparte notitie vormgegeven met een link achterin dit rapport.

2 Energievraag en -aanbod Limburg

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste kenmerken beschreven van de ontwikkeling van de energievraag en het -aanbod in alle sectoren in Limburg. Voor de details wordt verwezen naar de Bijlagen C en D waar de energievraag en -aanbod uitvoerig beschreven zijn. Om te analyseren welke energie-infrastructuur in 2030 respectievelijk 2050 nodig is, zijn zoals in Hoofdstuk 1 beschreven, scenario's ontwikkeld. Per sector is aangegeven welke ontwikkelingen daarin zijn meegenomen. In dit hoofdstuk zijn slechts de getotaliseerde effecten van vraag en aanbod weergegeven.

2.1 Ontwikkeling van de energievraag

Niemand weet precies wat de energievraag is in 2030, laat staan 2050. Er zijn voor elke huishoudelijke gebruiker zoveel keuzes: hoe warm wil ik het hebben, in welke ruimte, wat zijn de kosten, welke apparaten gebruik ik (cv-ketel, warmtepomp, biomassaketel), etc., maar ook voor de mobiliteit: waar wil ik naartoe, hoe ga ik daar naartoe (fiets, OV, auto?) hoe vaak, etc. en voor de landbouw en industrie is het niet anders. Toch willen we een beeld hebben van de energievraag en dan uitgesplitst naar elektriciteit, gas, warmte en overige brandstoffen (diesel, etc.). Hiervoor gebruiken we scenario's die landelijk ontwikkeld zijn en die een beeld geven van de spanwijdte aan energievraag, en vervolgens ook mogelijkheden van productie en transport.

Bij de inzet van de verschillende technieken per vraagsector is rekening gehouden met de kosten voor energiegebruikers, maar zonder dat altijd gestreefd is naar de laagste kosten, omdat die vaak nog niet bekend zijn. Er zijn grote onzekerheden over de prijs van elektriciteit, zeker van waterstof en ook van CO₂-afvang en -opslag.

2.1.1 Gebouwde omgeving

Voor 2030 zijn twee scenario's opgesteld: Klimaatakkoord en Klimaatakkoord Plus. In het Klimaatakkoord staat dat in 2030 de eerste 1,5 miljoen van de bestaande woningen verduurzaamd zijn. Voor Limburg zal dat ongeveer 80.000 woningen betreffen. Dit is ongeveer 20% van het totaal aantal bestaande woningen. Daarom is ervoor gekozen om voor de beschikbare hoeveelheid methaan in 2030 80% van het huidige aardgasverbruik door de gebouwde omgeving aan te nemen. De plusvariant van dit scenario onderscheidt zich door een verschuiving van de energievraag van aardgas en aardolie naar een extra vraag naar elektriciteit. In dit scenario is daarom gerekend met 55% van het huidige aardgasverbruik als beschikbare hoeveelheid methaan en gemiddeld energielabel B per buurt voor de woningen.

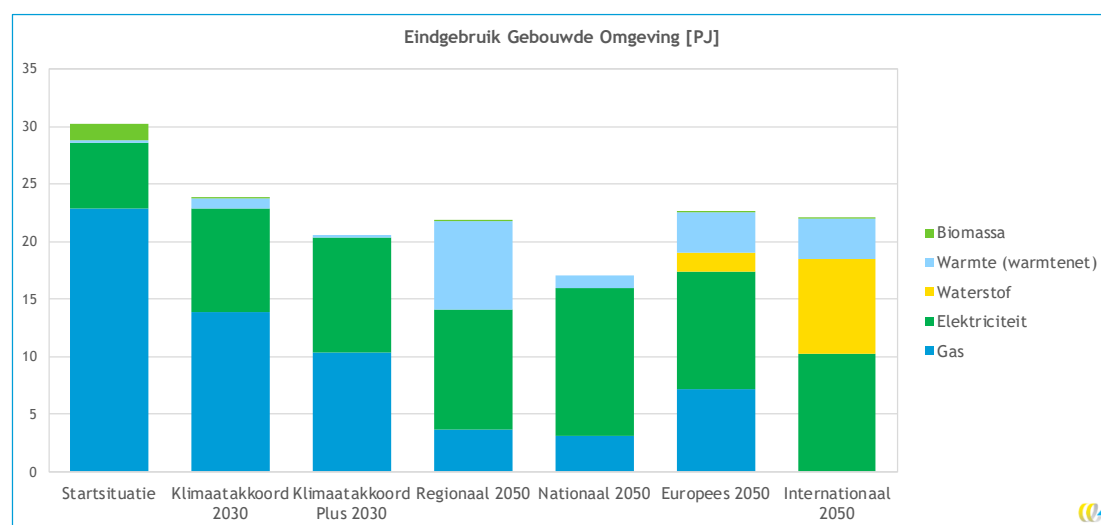
Voor deze sector hebben we verschillende mogelijkheden om klimaatneutraal te worden onderzocht. Elk scenario heeft verschillende accenten. In het Regionale scenario wordt maximaal gebruikgemaakt van de beschikbare warmtebronnen. In het Nationale scenario is de inzet van elektriciteit het grootst. In het Europese scenario is de inzet van gas (groengas) dominant. In het Mondiale scenario waterstof. De totale energievraag is afhankelijk van de warmtevraag en van het rendement van de installaties, zo is de warmtevraag in Nationaal hoger dan in Regionaal, maar is het rendement van een warmtepomp zo hoog dat de energievraag het laagste is.

In Tabel 3 is de verdeling van de warmtevraag over verschillende verwarmingstechnieken opgenomen voor ieder scenario in 2050.

Tabel 3 - Warmtevraag per techniek

Warmtevraag ³ (PJ)	Regionaal	Nationaal	Europees	Internationaal
Gasketel	0,0	0,2	0,0	0,0
Hybride warmtepomp op gas	8,0	7,8	16,2	0,0
Waterstofketel	0,0	0,0	0,0	0,3
Hybride warmtepomp op waterstof	0,0	0,0	4,0	19,8
Biomassaketel	0,0	0,0	0,0	0,0
Warmtenet	13,6	3,9	7,2	7,3
All electric	10,3	18,0	3,9	4,3
Totaal	31,9	29,9	31,2	31,4

Figuur 5 - Overzicht energievraag gebouwde omgeving (in PJ)



2.1.2 Mobiliteit

Voor 2030 wordt in het Klimaatpakket ingezet op een versnelling van de elektrificatie van vervoer met inzet op enkel 100% emissieloze personenauto's bij nieuwverkoop in 2030 en verdere ondersteuning voor aankopen van elektrische auto's die moet leiden tot 1,9 mln emissieloze voertuigen op de weg in 2030. Dit is geschaald voor Limburg.

Voor zwaar transport wordt ingezet met FCEV in wegvervoer, en zullen er tegen 2025 ten minste 3.000 van deze FCEV-vrachtauto's rondrijden in Nederland. Op basis van voorgenomen schaling zou dat dus neerkomen op ongeveer 200 van dergelijke voertuigen in de provincie.

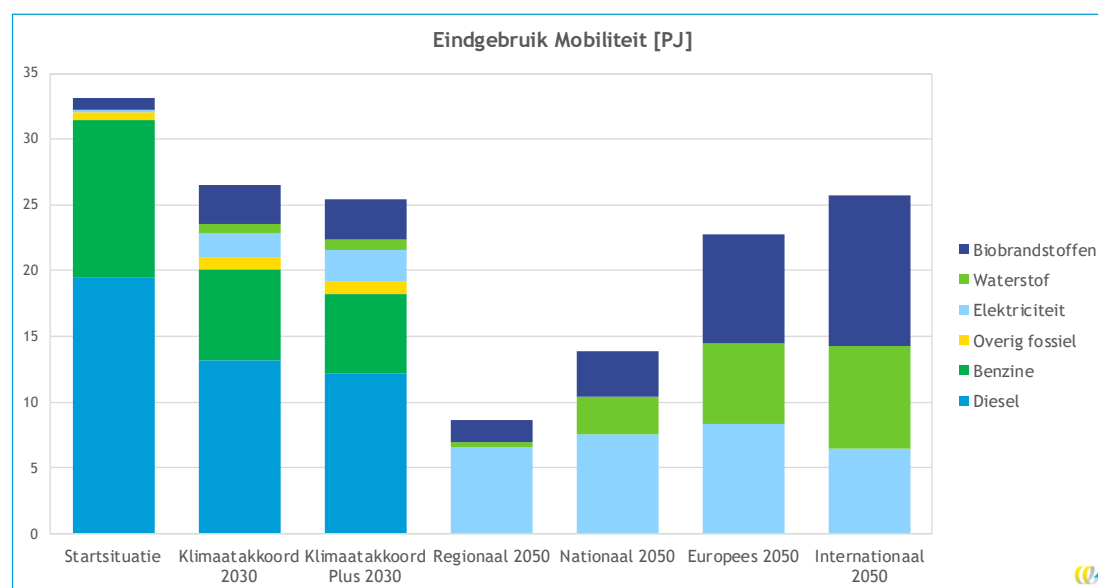
De vier 2050-scenario's zijn gebaseerd op II3050. Hier wordt in het Regionale en Nationale scenario sterker geëlektrificeerd, terwijl er in het Europese en Internationale scenario meer ruimte is voor inzet van waterstof, maar ook biobrandstoffen en (in vrachtvervoer) groen-gas. Het treinverkeer neemt sterk toe en verdubbelt ten opzichte van het niveau van 2020.

³ Inclusief warm tapwater.

Tabel 4 - Mix van energiedragers in mobiliteit per scenario

	Regionaal	Nationaal	Europees	Internationaal
Personenvervoer	100% elektrisch	95% elektrisch 5% waterstof	70% elektrisch 30% waterstof	50% elektrisch 40% waterstof 10% biobrandstoffen
Vrachtovervoer	75% elektrisch 15% waterstof 10% groengas	50% waterstof 25% elektrisch 25% biobrandstoffen	25% elektrisch 25% waterstof 25% groengas 25% biobrandstoffen	50% biobrandstoffen 25% waterstof 25% elektrisch

Figuur 6 - Overzicht energievraag mobiliteit (in PJ)



2.1.3 Industrie

De ontwikkeling van het energiesysteem voor de procesindustrie is in belangrijke mate regionaal maatwerk. We maken voor de invulling gebruik van de vier hoofdrichtingen conform de rapportage ‘Klimaatneutrale energiescenario’s 2050’ van Berenschot/Kalavasta (zie ook (Berenschot & Kalavasta, 2020)), ten behoeve van de ‘Integrale infrastructuurverkenning 2030-2050’ (II3050) van de Nederlandse netbeheerders verenigd in het consortium iNET. Vanuit deze narratieven zijn scenario’s voor de specifieke ontwikkelingen in Limburg opgesteld onder andere gebruik van de plannen zoals die worden ontwikkeld binnen Chemelot in de context van Brightsite en het Limburgs Energie Akkoord (LEA).

Voor de verdere ontwikkeling van industrie in Limburg wordt uitgegaan van het bestaande industriële systeem dat wordt gekarakteriseerd op basis van onder meer de nationale emissieregistratie (Nederlandse Emissieautoriteit - NEa), en gegevens voor industrieel energieverbruik uit de Klimaatmonitor.

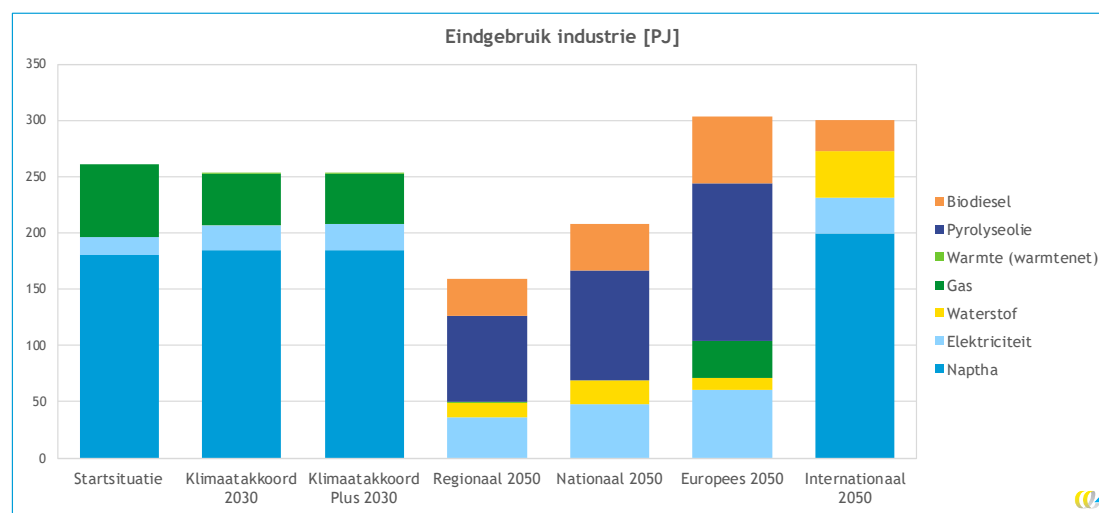
Richting 2030 wordt uitgegaan van beperkte toepassing van elektrificatie, biogas en beperkt waterstof op basis van ofwel de huidige inzichten vanuit verkenning en planvorming bij de bedrijven in Limburg (LEA en Chemelot), ofwel de landelijke doelstellingen voor emissie-reductie in industrie (de overige bedrijven).

In geval van de LEA-bedrijven wordt daarbij uitgegaan van met name toepassing van warmtepompen en elektrische boilers voor lage en middentemperatuur warmtebehoefte tot zo'n 20%. Bij enkele bedrijven kan mogelijk beperkt gebruikgemaakt gaan worden van warmte uit warmtenetten en in enkele gevallen wordt ook beperkte inzet van groengas of waterstof als reële optie beschouwd indien beschikbaar. Voor de niet-LEA-bedrijven wordt uitgegaan van 10 à 20% toepassing van warmtepompen en elektrische boilers voor lage- en middentemperaturen, aangevuld met groengas inzet tot 5% voor middentemperaturen. Met uitzondering van Chemelot, is voor alle bedrijven onderscheid gemaakt tussen het Klimaatakkoord-scenario en het Klimaatakkoord Plus-scenario. In het Klimaatakkoord Plus-scenario wordt een versterkte inzet op de Klimaatakkoord-scenario-opties verondersteld van ongeveer 30%, in lijn met het toenemende aanbod van hernieuwbare energie.

Voor de invulling van de scenario's tot 2050 is gebruik gemaakt van de vier hoofdrichtingen conform de rapportage 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050' van I13050. Hierin worden scenario's voor industrie onderscheiden in de volgende dimensies:

- jaarlijkse krimp vs. groei (-1%/0%/1%);
- circulariteit vs. CCS (sterk circulair/circulariteit belangrijk, CCS mogelijk/CCS belangrijk);
- elektronen vs. moleculen (sterke elektrificatie, inzet groengas/sterke elektrificatie, inzet waterstof/sterke elektrificatie, inzet waterstof en fossiel + CCS);
- circulaire vs. fossiele feedstock (circulaire feedstock/fossiele feedstock).

Figuur 7 - Overzicht energievraag (energie en feedstock) industrie (in PJ)



2.1.4 Landbouw

De Limburgse landbouwsector is voornamelijk te vinden in de RES-regio Noord- en Midden Limburg en dan voornamelijk in de gemeentes Horst aan de Maas, Peel en Maas, en Venlo. Deze drie gemeentes zijn verantwoordelijk voor meer dan 85% van het totale energieverbruik van de landbouw in Limburg. In Zuid-Limburg is de landbouw van bescheiden grootte⁴.

⁴ De energievraag van de landbouw in Zuid-Limburg is minder dan 1% van het totale energieverbruik van de landbouw in Limburg.

In totaal is er circa 130.000 ha aan landbouwgrond in Limburg. Dit is ongeveer 6% van de totale landbouwgrond in Nederland. Slechts een klein deel van de landbouwgrond, ongeveer 1.300 ha, wordt gebruikt voor glastuinbouw. Maar de glastuinbouw is wel verantwoordelijk voor het grootste deel van de energievraag van de landbouw vanwege de hoge energie-intensiteit van deze sector.

Het grootste gedeelte van de energievraag van de landbouw wordt gebruikt voor productie van warmte, met name voor de glastuinbouw. Deze warmtevraag wordt voornamelijk ingevuld met gas. Hiervoor worden gasketels en wkk-installaties gebruikt. Daarnaast werd (en wordt?) er in Horst aan de Maas gebruik gemaakt van geothermie⁵.

Het is de verwachting dat de glastuinbouw in de toekomst meer concentreert in zogenaamde 'concentratiegebieden'. Greenport Venlo is een van de concentratiegebieden en het areaal van dit gebied groeit naar verwachting met 26% tot 2030. Voor de andere gebieden wordt een krimp verwacht (NGR, 2015). Het areaal in deze gebieden zal naar verwachting met 47% afnemen.

Tot 2050 is een jaarlijkse toename van 3% voorzien voor de elektriciteitsvraag. Deze groei wordt voornamelijk veroorzaakt door intensievere verlichting. Voor de warmtevraag is een jaarlijkse afname van 1% voorzien. Hoe de warmtevraag wordt voorzien, verschilt per scenario.

Bij de invulling van de warmtevraag wordt onderscheid gemaakt tussen gebieden waar geothermie of restwarmte mogelijk is en gebieden waar dit niet mogelijk is. Er is aangenomen dat gasketels en warmtepompen alleen gebruikt worden in buurten zonder geothermie. Alleen in het Regionale scenario wordt gebruikgemaakt van gasketels met groengas.

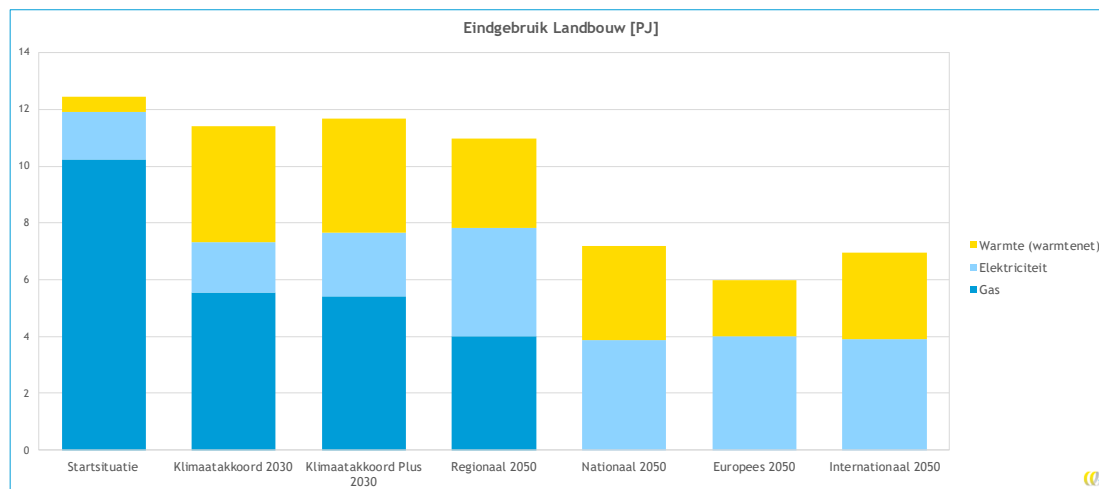
Tabel 5 - Energievraag 2050 (PJ/j)

	Elektriciteitsvraag	Elektriciteitsproductie wkk's	Gasvraag	Geothermie	Overige warmtebronnen ⁶
Regionale sturing	6,00	0	4,0	3,1	0,1
Nationale sturing	6,13	0	0	3,1	2,0
Europese sturing	6,19	0	0	1,9	4,6
Internationale sturing	6,17	0,3	0	1,9	3,4

⁵ Het aardwarmteproject van CLG in de gemeente Horst aan de Maas nabij Venlo wordt nu niet hervat. CLG lag reeds stil naar aanleiding van een kleine aardbeving op 25 augustus 2018. Ondanks het uitgebreide onderzoek van het geothermiebedrijf CLG, stelt Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) vast dat er uiteindelijk onvoldoende wetenschappelijke gegevens zijn over de specifieke ondergrondse situatie om verantwoord aardwarmte te kunnen winnen.

⁶ Omgevingswarmte en restwarmte.

Figuur 8 - Overzicht energievraag landbouw (in PJ)



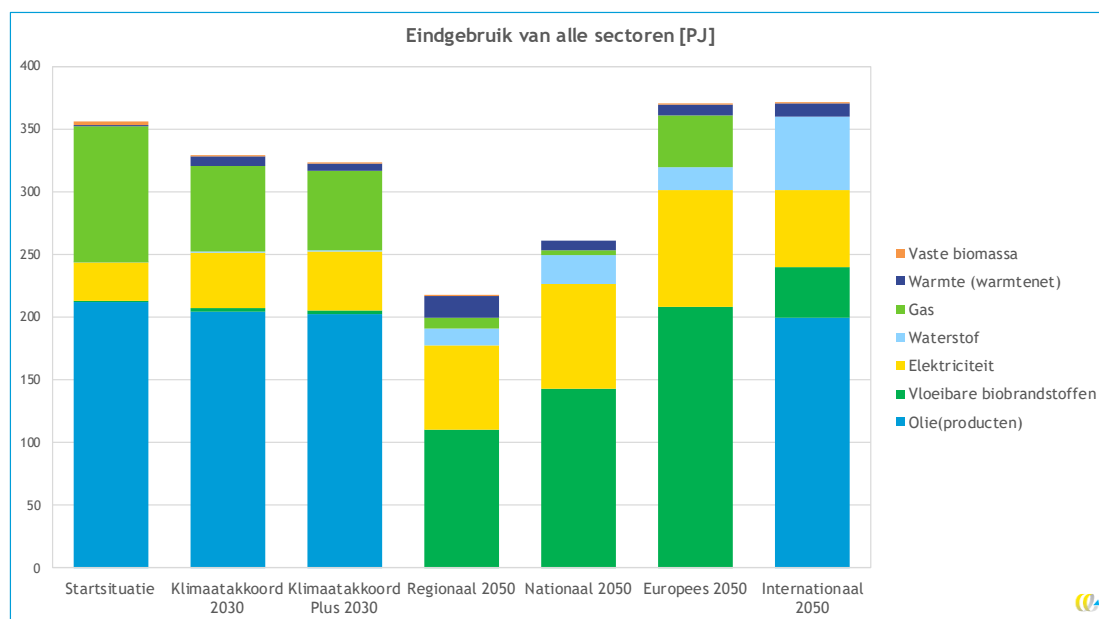
2.1.5 Totale energievraag in Limburg

De totale finale energievraag in Limburg kent in 2050 een spreiding van 200-350 PJ/j. Het elektriciteitsverbruik neemt in alle scenario's (fors) toe. Een verdubbeling tot zelfs een verdrievoudiging. Hier ligt dan ook de grootste uitdaging. Het beeld voor 2030 kent ook al een stijging met 50%.

In 2030 is er nog nauwelijks gebruik van waterstof, maar in 2050 varieert dat van 3 tot 30 PJ/j. Het beeld in de internationaal georiënteerde scenario's is wezenlijk anders dan dat van de nationale scenario's, een beduidend hogere energievraag en veel meer waterstof en andere gassen en biomassa.

Op basis van het voorgaande is de energievraag voor alle sectoren getotaliseerd in Figuur 9.

Figuur 9 - Overzicht totale energievraag in Limburg (in PJ)



In Tabel 6 zijn de gegevens van de recente I13050-scenariostudie weergegeven.

Tabel 6 - Nederlandse energievraag I13050, scenario's 2050

Regionaal	Nationaal	Europees	Internationaal
Gebouwde omgeving			
Isolatie label A/B: – 45% warmte (geothermie + groengas/biomassa) – 35% all electric WP – 20% hybride WP groengas – 42 GW zon-pv op daken* – 38 PJ zonthermie – LED-verlichting, inductie koken, efficiëntieverbetering apparaten, groei aantal apparaten	Isolatie label A: – 55% all electric WP – 25% warmte (geothermie + groengas/biomassa) – 20% hybride WP groengas – 35 GW zon-pv op daken* – 18 PJ zonthermie – LED-verlichting, inductie koken, efficiëntieverbetering apparaten, groei aantal apparaten	Isolatie label B: – 40% hybride WP groengas – 20% hybride WP waterstof – 25% all electric – 15% warmte (rest-warmte + groengas/biomassa) – 17 GW zon-pv op daken* – 16 PJ zonthermie – LED-verlichting, inductie koken, efficiëntieverbetering apparaten, groei aantal apparaten	Isolatie label B: – 60% hybride WP waterstof – 25% all-electric WP – 15% warmte (rest-warmte + groengas/biomassa) – 13 GW zon-pv op daken* – 12 PJ zonthermie – LED-verlichting, inductie koken, efficiëntieverbetering apparaten, groei aantal apparaten
Mobiliteit			
Personenvervoer: – 100% elektrisch Vrachtovervoer: – 75% elektrisch – 15% waterstof – 10% groengas	Personenvervoer: – 95% elektrisch – 5% waterstof Vrachtovervoer: – 50% waterstof – 25% elektrisch – 25% biobrandstoffen	Personenvervoer: – 70% elektrisch – 30% waterstof Vrachtovervoer: – 25% elektrisch – 25% waterstof – 25% groengas – 25% biobrandstoffen	Personenvervoer: – 50% elektrisch, – 40% waterstof – 10% biobrandstoffen Vrachtovervoer: – 50% biobrandstoffen – 25% waterstof – 25% elektrisch
Industrie			
– Krimp 1% per jaar – Efficiency 1% per jaar – Sterk circulair – Sterke elektrificatie, inzet groengas – ICT groeit sterk – Circulaire feedstock	– Gelijk aan huidig – Efficiency 1% per jaar – Circulariteit belangrijk, CCS mogelijk – Sterke elektrificatie inzet waterstof – ICT groeit sterk – Circulaire feedstock	– Groei 1% per jaar – Efficiency 1% per jaar – CCS belangrijk – Sterke elektrificatie en inzet waterstof – ICT groeit sterk – Fossiele feedstock	– Groei 1% per jaar – Efficiency 1% per jaar – CCS belangrijk – Sterke elektrificatie, inzet waterstof en fossiel + CCS – ICT groeit sterk – Fossiele feedstock
Landbouw			
– Sterke elektrificatie – Nadruk op geothermie en groengas ketels voor warmte	– Sterke elektrificatie – Nadruk op geothermie en WP met WKO voor warmte, biomassa ketels en enkele groengas wkk's	– Sterke elektrificatie – Nadruk op WP met WKO en geothermie voor warmte	– Sterke elektrificatie – Deels geothermie, daarnaast WP met WKO voor warmte, biomassa ketels en groengas wkk's

2.2 Ontwikkeling van het energieaanbod

De volgende energievormen worden onderscheiden:

- elektriciteit uit zon en wind;
- elektriciteit uit regelbare centrales;
- aardgas en groengas;
- waterstof;
- warmte.

2.2.1 Elektriciteit uit zon en wind

Het grootste deel van de hernieuwbare elektriciteitsproductie in Limburg is nu (2020) afkomstig van zonnepanelen. Het grootste gedeelte van deze zonnepanelen ligt op daken, waarvan ongeveer 2/3 op woningen en 1/3 op bedrijfsgebouwen. Daarnaast zijn er enkele zonneparken in Limburg, namelijk in Maastricht, Kerkrade en Venlo. Verder wordt er hernieuwbare elektriciteit opgewekt met windmolens in de gemeentes Leudal en Heerlen.

Voor 2030 zal Limburg voornamelijk inzetten op elektriciteit uit zonnepanelen. In de RES is een ambitie van meer dan 2.000 MW aan grootschalige zon op dak en zon op veld geformuleerd. In Zuid-Limburg zullen voornamelijk zonneparken geplaatst worden. Een groot deel van deze ambitie wordt ingevuld met reeds geplande projecten⁷. Verder hebben de RES-regio's gezamenlijk een ambitie voor 300 MW geïnstalleerd vermogen aan wind op land. Het grootste deel van deze windmolens moet in Noord- en Midden-Limburg geplaatst worden. De ambities van de RES-regio's zijn opgenomen in het Klimaatakkoord-scenario, zoals te zien is in Tabel 7. Voor het Klimaatakkoord Plus-scenario is een additionele ambitie ten opzichte van de RES-ambities aangenomen.

Voor de vier 2050-scenario's is het opgesteld vermogen van zon op dak klein (< 15 kW), zon op dak groot (> 15 kW), zon op veld en wind op land bepaald. Deze nationale cijfers zijn omgezet naar cijfers voor Limburg op basis van de potentiële productie (NPRES, 2019). Vervolgens is de restopgave voor elk scenario, ten opzichte van het 2030 Klimaatakkoord-scenario, verdeeld over de buurten op basis van de potentiële productie op buurtniveau (NPRES, 2019). Er is aangenomen dat het opgesteld vermogen voor 2050 minstens even hoog is als het 2030 Klimaatakkoord-scenario. Het totale opgestelde vermogen aan zon en wind voor elk scenario is weergegeven in Tabel 7.

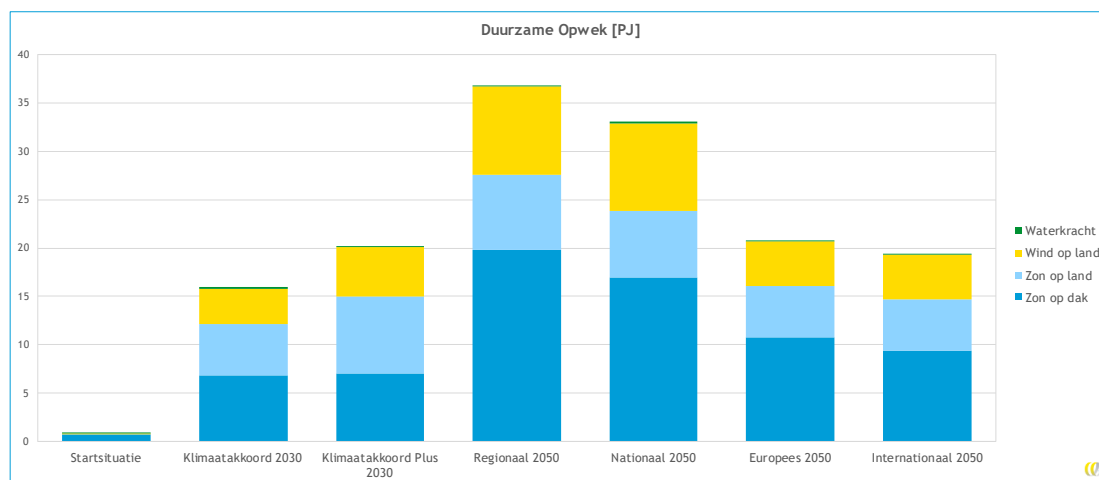
Tabel 7 - Opgesteld vermogen zon-pv en wind in verschillende scenario's (in MW)

	2020	2030		2050			
		KA	KA+	Regionaal	Nationaal	Europees	Internationaal
Zon op dak klein (< 15 kW)	210	551	551	4.047	3.373	1.638	1.253
Zon op dak groot (> 15 kW)	96	1.347	1.394	1.442	1.347	1.347	1.347
Zon op veld	21	1.488	2.233	2.174	1.897	1.488	1.488
Wind op land	12	336	468	846	846	423	423

⁷ Dit geldt voornamelijk voor zon op dak (> 15 kW). Hier is het opgestelde vermogen van huidige en geplande zonnepanelen zelfs al hoger dan de ambitie van de RES-regio's. Voor zon op veld is het bestaande en geplande vermogen nog niet voldoende om aan de ambitie te voldoen.



Figuur 10 - Overzicht duurzame opwek (in PJ)



2.2.2 Centraal en/of regelbaar vermogen

In Limburg bevindt zich momenteel één grootschalige elektriciteitscentrale: de Clauscentrale in Maasbracht⁸. Dit is een gascentrale. RWE heeft verzocht deze centrale aan te laten sluiten op het Belgische elektriciteitsnet. De minister van Economische Zaken en Klimaat heeft dit recent afgewezen (brief EZK, juli 2020).

Momenteel is de Clauscentrale niet operationeel vanwege de ongunstige concurrentiepositie voor gascentrales de afgelopen jaren. Daarom is de productie momenteel nul. De eenheid C van de Clauscentrale wordt momenteel uit de mottenballen gehaald. In beide 2030-scenario's zal deze centrale nog draaien op aardgas. Voor 2050 zal de centrale in het Regionale, Nationale en Internationale scenario overschakelen op waterstof en in het Europese scenario zal deze centrale overschakelen op groengas. Er is aangenomen dat het aantal draaiuren per jaar van deze centrale gelijk is aan het gemiddelde van alle centrales in Nederland met dezelfde brandstof (Berenschot & Kalavasta, 2020).

Figuur 11 - Overzicht opgesteld vermogen, productie en brandstof Clauscentrale-scenario's

Clauscentrale	2020	2030		2050			
		KA	KA+	Regionaal	Nationaal	Europees	Internationaal
Brandstof	Gas	Gas	Gas	H ₂	H ₂	Groengas	H ₂
Vermogen (MW)	-	1.275	1.275	1.275	1.275	1.275	1.275
Vollast (u/jaar)	-	471	471	600	256	511	2.000
Productie (GJ/jaar)	-	2.160.000	2.160.000	2.754.000	1.176.923	2.346.000	9.180.000

In 2050 is er een hoger regelbaar vermogen nodig om elektriciteit te produceren om momenten met lage hernieuwbare productie. Het totale regelbare vermogen in Nederland zal stijgen van 24 GW in 2030 naar 38 GW tot 48 GW in 2050 (afhankelijk van het scenario). Een deel van dit nieuwe regelbaar vermogen zal geplaatst worden in Limburg⁹. Dit betekent dat er 1.500 MW tot 2.625 MW aan regelbaar vermogen bij zal komen. Er is aangenomen dat

⁸ De WKC Swentibold is meegenomen in de sector Industrie.

⁹ Er is aangenomen dat het aandeel van Limburg in het totale vermogen van elektriciteitscentrales in Nederland gelijk blijft.

de nieuwe centrales geplaatst worden bij Chemelot en op de locatie van de voormalige Willem-Alexandercentrale in Buggenum¹⁰, aangezien de benodigde aansluitingen met het elektriciteitsnet hier al aanwezig zijn. Een overzicht van het opgesteld vermogen en de productie van de nieuwe centrales is gegeven in Tabel 8.

Tabel 8 - Overzicht opgesteld vermogen, productie en brandstof nieuwe scenario's

Nieuwe centrales	2020	2030		2050			
		KA	KA+	Regionaal	Nationaal	Europees	Internationaal
Brandstof	Gas	Gas	Gas	H ₂	H ₂	Groengas	H ₂
Vermogen (MW)	0	0	0	1.531	1.750	2.406	2.625
Vollast (u/jaar)	0	0	0	600	256	511	2.000
Productie (GJ/jaar)	0	0	0	3.307.500	1.615.385	4.427.500	18.900.000

2.2.3 Aardgas en groengas

De gasvraag wordt nu vrijwel geheel ingevuld door import van aardgas en bedraagt in totaal circa 113 PJ voor de vier vraagsectoren .

De productie van groengas in Limburg is momenteel ongeveer 900.000 m³/jaar (CE Delft, 2020). Er liggen plannen voor uitbreiding van deze productiecapaciteit. Zo is er subsidie aangevraagd voor een grote mestvergister in Grubbenvorst (gemeente Horst aan de Maas), welke jaarlijks 30 miljoen m³ groengas (10 PJ/j) kan produceren (RVO, 2020). De aardgasvraag van Limburg is momenteel ongeveer 3,5 miljard m³/jaar (Klimaatmonitor, 2017). Dit betekent dat de huidige groengasproductie slechts 0,03% van de vraag in kan vullen. Inclusief de nieuwe mestvergister in Grubbenvorst is dit nog steeds slechts 0,9%.

2.2.4 Waterstof

De waterstofvraag kan groeien tot 30 PJ in scenario 2050 Nationale Sturing. De waterstof kan geïmporteerd worden en na aanvoer in de havens verder getransporteerd via de nationale backbone die door Gasunie wordt aangelegd (zie Hoofdstuk 3).

Productie van waterstof in Limburg uit aardgas, zoals nu gebeurt op Chemelot, zal mogelijk in 2030 gepaard gaan met CO₂-afvang en -transport. In 2050 ligt het niet voor de hand om in Limburg waterstof te blijven maken. Eventuele productie van waterstof uit elektriciteit, met elektrolyzers zal beperkt zijn. De elektriciteit uit wind op zee zal niet eerst naar Limburg worden getransporteerd om hier in waterstof te worden geconverteerd, dat zal eerder aan de kust of op zee gebeuren en dan via de backbone naar Limburg worden getransporteerd.

2.3 Warmtebronnen

Warmtelevering is relevant voor de gebouwde omgeving en glastuinbouw. Deze warmte kan gebruikt worden voor lagetemperatuurwarmtenetten (LT-warmtenetten) als de temperatuur van de warmtebronnen lager is dan 70°C of voor hogetemperatuurwarmtenetten (HT-warmtenet) als de temperatuur hoger is dan 70°C. Bij LT-warmtenetten moet de warmte opgewaarderd worden om het te kunnen gebruiken voor ruimteverwarming of tapwater, bijvoorbeeld met warmtepompen. Bij HT-warmtenetten is dit niet nodig.

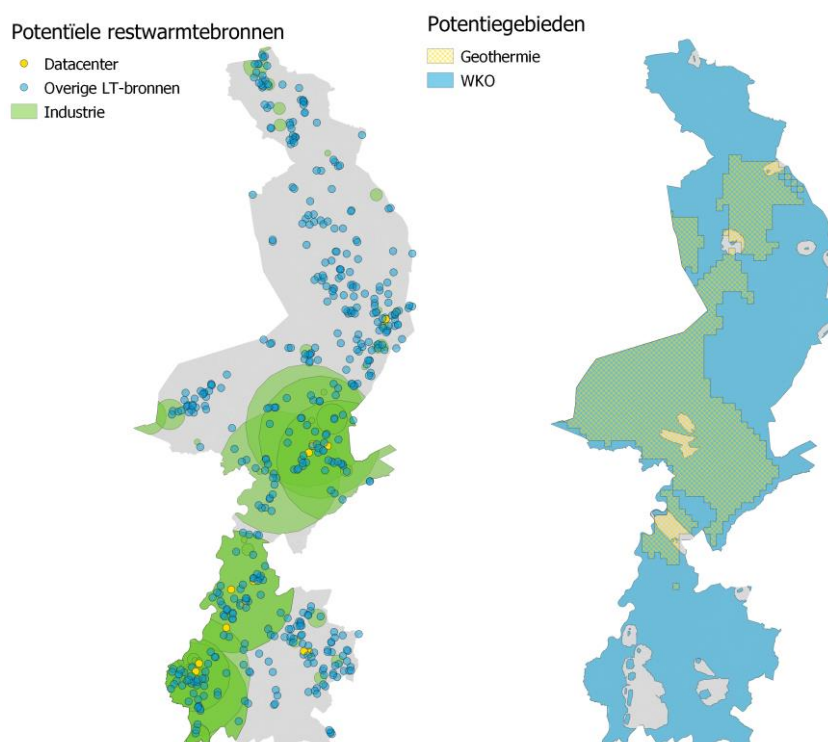
In Midden-Limburg kan er in potentie gebruik gemaakt worden van geothermie als alternatief voor aardgas. Om de potentie van geothermie in Limburg te benutten zal het

¹⁰ Het nieuwe geïnstalleerde vermogen wordt 50/50 verdeeld over deze twee locaties.

financieel en technisch risicomanagement moeten worden versterkt en vanuit Staatstoezicht op de Mijnen en het Kabinet meer duidelijkheid over kansen in de (diepe) ondergrond moeten worden gegeven, alsook afspraken en standaarden voor de omgang met risico's en risicomarges.

Daarnaast kan er gebruik gemaakt worden van hoge temperatuur restwarmte. Deze restwarmte wordt geproduceerd door industrie, zoals Chemelot, papierfabrieken en steenfabrieken. De beschikbare warmtebronnen zijn weergegeven in Figuur 12 waarbij op specifieke locaties ook nog kleinschaligere bronnen zijn toe te passen vooral als het lage temperatuursystemen betreft (aquathermie: warmte uit oppervlaktewater en riolen, koelinstallaties e.d.).

Figuur 12 - Beschikbare warmtebronnen



Onderzocht is welke bedrijven restwarmte kunnen leveren. Daarnaast is aangegeven hoeveel restwarmte van deze bedrijven er in elk scenario gebruikt wordt. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen de volgende clusters: Maastricht-Heuvelland, Westelijke Mijnstreek, Parkstad, Midden-Limburg, Regio Venlo en Noord-Limburg (excl. regio Venlo).

In Parkstad wordt een nieuw verwarmingsconcept uitgewerkt door Mijwater B.V, namelijk een smart thermal grid met ondergrondse buffering. Het gaat hier om een lagetemperatuur-uitwisselingssysteem waarbij uitwisseling van warmte en koude plaatsvindt tussen LTaanbod en -vraag. Het gaat hierbij dus om een LT-systeem. Er wordt ondergrondse buffering ingezet voor systeemoptimalisatie. Het Mijwater-concept kan gecombineerd worden met lage temperatuur aardwarmte als LT-warmtebron. Het Mijwater-concept kan ook buiten Parkstad toegepast worden als andere buffers aanwezig zijn. De potentie van het Mijwater-concept in combinatie met lage temperatuur aardwarmte voor de gebouwde omgeving is zeer groot. Het kan voorzien in de warmtevraag van circa 3,5-4,5 miljoen woningen in Nederland (CE Delft, 2018).

3 Energie-infrastructuur

In dit hoofdstuk geven we een beknopt overzicht van de relevante energie-infrastructuur voor elektriciteit, gas (aardgas en waterstof), warmte en CO₂, die er nu is en welke nodig is als de energietransitie wordt uitgevoerd. Een uitgebreide beschrijving van de infrastructuur is opgenomen in Bijlage E.

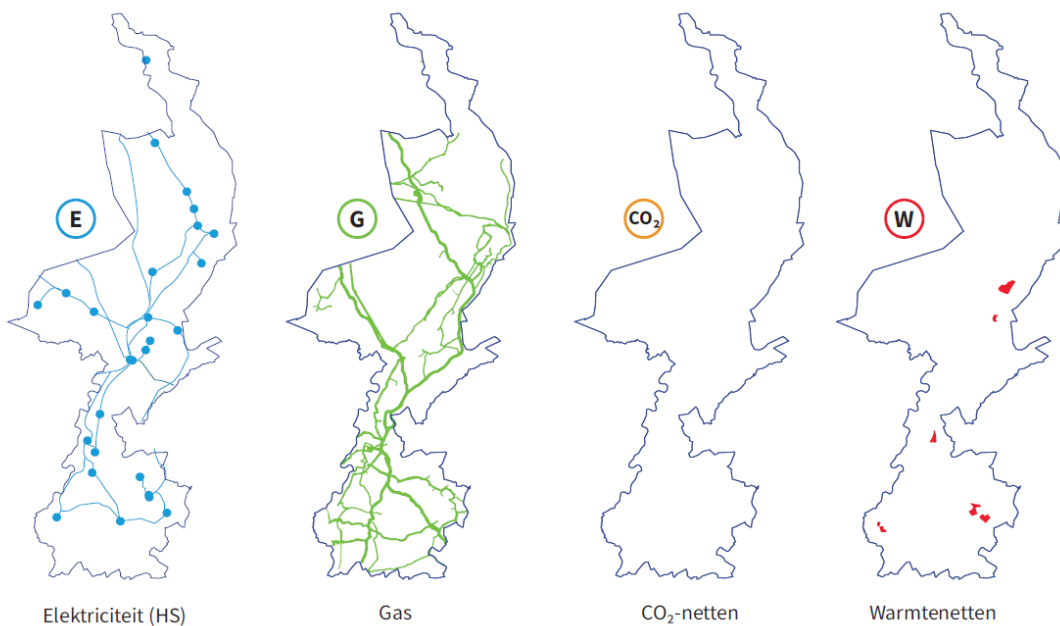
We willen weten wat de effecten op de energienetten zijn als de energievraag en de energieproductie zich ontwikkelt zoals in de twee scenario's voor 2030 en de vier scenario's voor 2050 is geschetst, en dan specifiek voor Limburg. Waar gaat het knellen in het elektriciteitssysteem en waar zullen de gasnetten aangepast kunnen worden van aardgas naar waterstof, of gelijk blijven voor distributie van groengas.

Er is nu nog geen CO₂-net, maar in de nationale scenario's Europees en Internationaal zal dat wel het geval zijn, wat betekent dat voor Limburg?

Nu is er nog slechts een beperkt aantal warmtenetten, maar hoe kan dat zich ontwikkelen?

Figuur 13 - Huidige hoofdinfrastructuur in Limburg

Limburg,
huidige netten

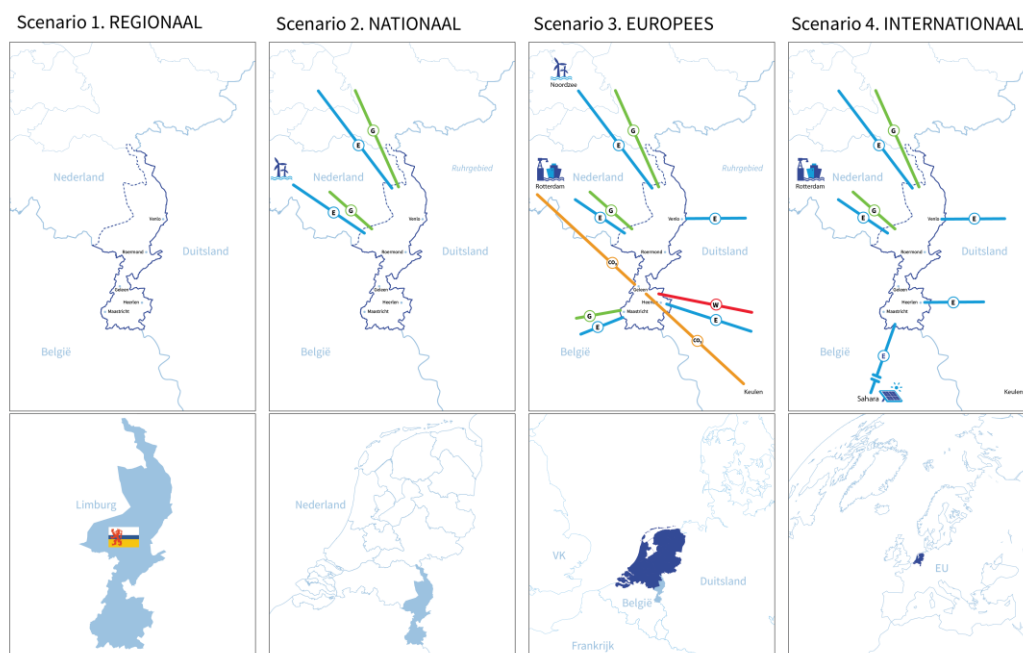


In dit hoofdstuk gaan we in op de impact die de scenario's hebben op de infrastructuur. Voor de vertaling van vraag en aanbod naar infrastructuur is het jaartotaal onvoldoende, maar moeten we kijken naar de uurlijkse waarden. Oftewel, in plaats van energie (PJ/jaar) gaan we kijken naar vermogen (MW voor elektriciteit en m³/uur voor gas).

De vermogens variëren gedurende het jaar volgens verschillende profielen. Dat geeft inzicht in de balans of onbalans tussen vraag en aanbod op uurbasis. Daarbij beschouwen we de dagbalans, oftewel dag versus nacht, en seizoensbalans, oftewel winter versus zomer. Eerst bespreken we de provincie als geheel, daarna zoomen we in op een enkele gemeente. Ten slotte bekijken we de import, export, en opslag van gas en waterstof.

3.1 Typering van de scenario's

Regionaal	Nationaal	Europees	Internationaal
<ul style="list-style-type: none"> – Limburg is zoveel mogelijk zelfvoorzienend – Minimale importen – Krimp van energie-intensieve industrie – Regionale projecten – Burgers zeer gedreven – Circulariteit speerpunt voor goederen en voedselproductie 	<ul style="list-style-type: none"> – Limburg is onderdeel van een zelfvoorzienend Nederland – Minimale importen – Energie-intensieve industrie blijft gelijk aan de huidige grootte – Grote nationale projecten – Circulariteit belangrijk voor goederen en voedselproductie 	<ul style="list-style-type: none"> – Limburg is onderdeel van Europa, dus veel connecties met België en Duitsland – Algemene CO₂-heffing, importheffingen aan de grenzen van Europa – Energie-intensieve industrie groeit – Wereldwijde waterstof en biomassa markt – CCS krijgt veel ruimte 	<ul style="list-style-type: none"> – Limburg is onderdeel van een internationaal energiesysteem – Vrije handel wordt gestimuleerd – Veel connecties met alle delen van de wereld – Energie-intensieve industrie groeit – Wereldwijde waterstof en biomassa markt – CCS krijgt veel ruimte



3.2 Elektriciteit

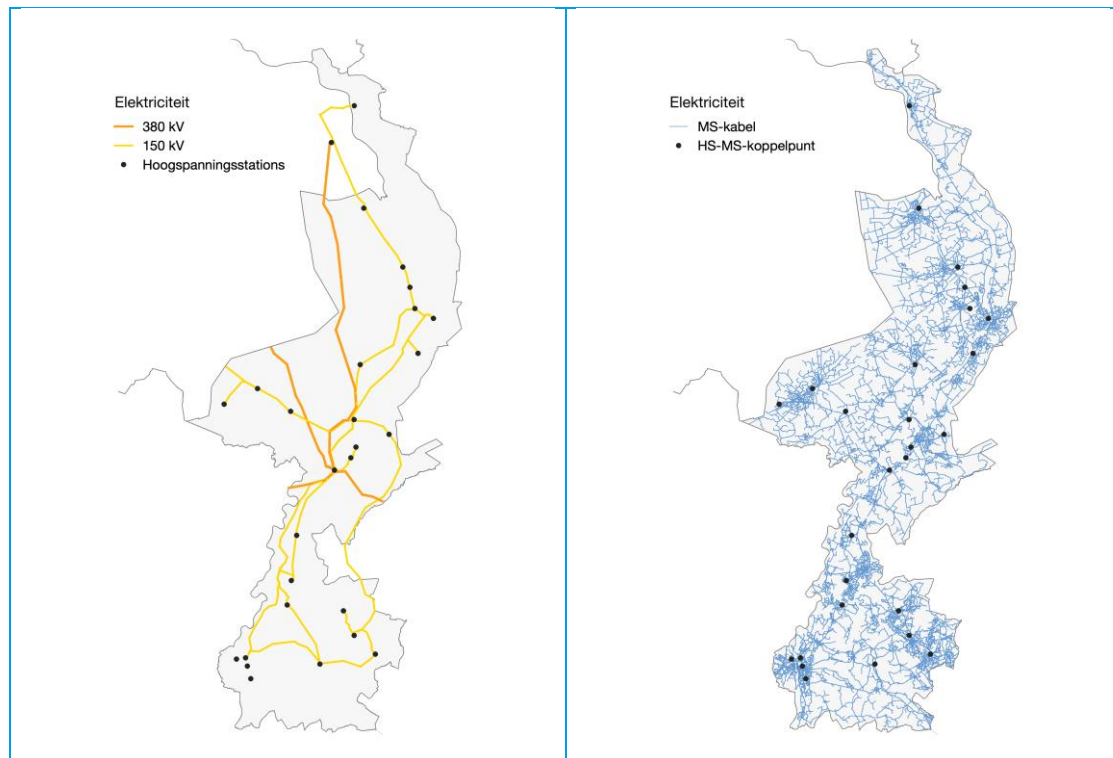
Het elektriciteitsnetwerk is opgedeeld in verschillende netvlakken met aflopende spanningsniveaus. De hogere netvlakken, met hogere spanningsniveaus, hebben een grotere transportcapaciteit dan lagere netvlakken. Het hoogspanningsnet (HS-net) wordt gebruikt voor transport van grote hoeveelheden elektriciteit over lange afstanden. Het Nederlandse hoogspanningsnet wordt beheerd door TenneT.

Het hoogspanningsnetwerk van Limburg is weergegeven in Figuur 14. Het bestaat uit 380 kV-verbindingen (rood) en 150 kV-verbindingen (blauw). Het 380 kV-net wordt gebruikt voor uitwisseling van elektriciteit met de rest van Nederland en met België en Duitsland. Dit net loopt van het noorden, vanuit Eindhoven en Dodewaard/Boxmeer, richting Maasbracht. Bij Maasbracht is het 380 kV-net gekoppeld aan de HS-netten van Duitsland en België.

In Maasbracht is het Limburgse 380 kV-net verbonden met het 150 kV-net door middel van een transformator (rode punt in Figuur 14). Het 150 kV-net is fijnmaziger dan het 380 kV-net en wordt gebruikt voor transport van elektriciteit binnen de provincie. Het 150 kV-net is via koppelstations (de blauwe punten in Figuur 14) gekoppeld aan het middenspanningsnet (MS-net) en vervolgens het laagspanningsnet (LS-net), welke nog fijnmaziger zijn en zorgen voor het distributie van en naar de eindgebruikers.

Bij industrieterrein Chemelot zijn enkele grootgebruikers via een privaat 150 kV-net gekoppeld aan het landelijke hoogspanningsnet. Daarnaast is een eenheid van de Claus-centrale op het 150 kV-net aangesloten. Grote hernieuwbare energieprojecten kunnen direct op dit netvlak aangesloten worden.

Figuur 14 - Hoogspanningsnet (TenneT) en middenspanningsnet (Enexis)



Bron: (TenneT, 2020) & (Enexis, 2019).

Het middenspanningsnet wordt beheerd door Enexis, de regionale netbeheerder van dit gebied. Het hoogste spanningsniveau is een 50 kV-net in Maastricht. Daarnaast bestaat het uit netvlakken met spanningen van 20 kV en 10 kV. Op het middenspanningsnet worden grootschalige zonprojecten en windmolens aangesloten. Daarnaast zijn (middelgrote) bedrijven, bijvoorbeeld in de glastuinbouw, aangesloten op dit netniveau.

Het middenspanningsnet zorgt voor het transport van elektriciteit tot op buurtniveau. Hier is het gekoppeld aan het laagspanningsnet, het laagste netniveau. Hier zijn afzonderlijke woningen en kleine utiliteitsgebouwen aan gekoppeld. Ook de zonnepanelen op deze gebouwen zijn dus gekoppeld aan dit netvlak.

Dagbalans op het elektriciteitsnet

De verschillende sectoren die gehanteerd worden binnen deze systeemstudie hebben elk hun eigen profiel¹¹ en dit profiel zal in de toekomst veranderen door verandering van toepassingen. Binnen de dag piekt de vraag vanuit de gebouwde omgeving 's ochtends, daalt dan licht en piekt nog eens tegen de avond. Warmtepompen zullen een meer uitgespreid patroon laten zien. De elektriciteitsvraag voor mobiliteit heeft een vergelijkbaar patroon, wat met slim laden echter meer verspreid kan plaatsvinden en in afstemming op het elektriciteitsaanbod. De industrie opereert grotendeels volcontinu, deels is er een dagpatroon. Zonne-energie piekt uiteraard midden op de dag en is 's nachts nul. Windenergie heeft geen patroon wat zich herhaalt over de dagen. Het laat zich op dagbasis wel redelijk voorspellen.

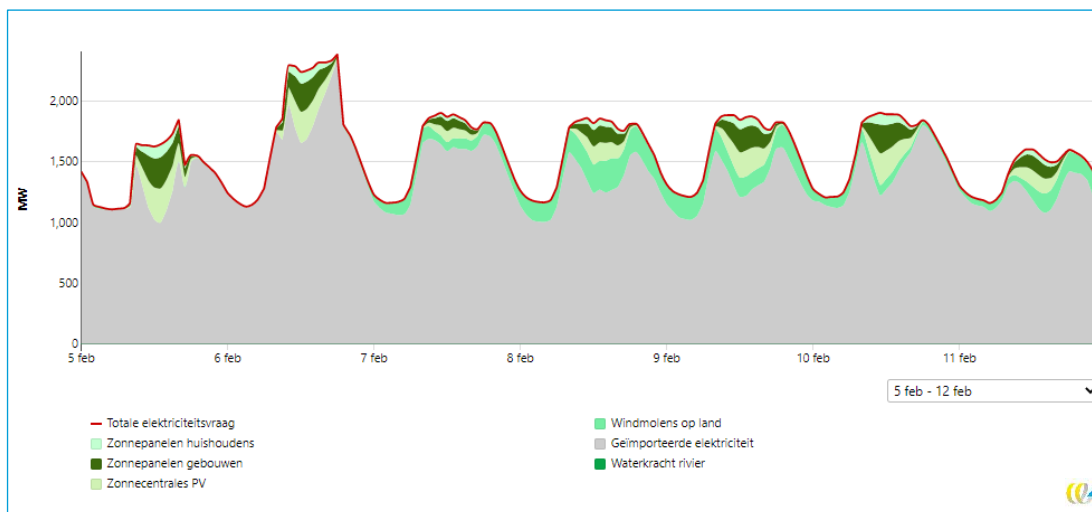
In 2020 is het aanbod van elektriciteit uit de volatiele bronnen zon en wind zelden groter dan de vraag, niet in Nederland en niet in Limburg. Dit is soms wel al het geval in Duitsland. In 2030 ligt dat anders, voor Nederland én voor Limburg. Op nationale schaal wordt dit door de combinatie van 27 GW zonne-energie en 18 GW windenergie, op land en op zee veroorzaakt, op Limburgs niveau vooral door zonne-energie. Op basis van het aanbod van de RES-regio's voor duurzaam opgewekte elektriciteit wordt duidelijk dat er een groot aanbod van zonne-energie komt in 2030 (4 GW). Dit is een hoeveelheid die op zonnige zondagen kan leiden tot een hoger aanbod dan vraag.

Op momenten met een tekort aan beschikbare duurzaam opgewekte elektriciteit in plaats van een overschot, zal elektriciteitsproductie in centrales moeten plaatsvinden. Limburg kan hierin niet in isolatie beschouwd worden, aangezien er altijd interactie is met de rest van Nederland. Overschotten of tekorten in Limburg kunnen gedeeltelijk opgelost worden door transport van elektriciteit van of naar de rest van Nederland en eventueel België en Duitsland.

We hebben voor Limburg doorgerekend hoeveel vraag en aanbod van elektriciteit er is in 2020, 2030 en 2050. De verdeling van de vraag en het aanbod over de tijd is voor alle scenario's inzichtelijk gemaakt in het Energietransitiemodel van Quintel (zie Bijlage 0). In de volgende figuren zijn het aanbod en de vraag weergegeven voor een week in de winter in 2030 in het Klimaatakkoord-scenario en een week in de zomer in 2050 in het Regionale scenario. Het is te zien dat met name het aanbod van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen erg varieert binnen dagen. Daarnaast is het te zien dat het grootste gedeelte van de elektriciteit in de winter 2030 geïmporteerd moet worden vanuit andere delen van Nederland. In 2050 bij het Regionale scenario is de productie van hernieuwbare elektriciteit in de zomer regelmatig hoger dan de vraag. Deze overschotten worden geëxporteerd naar de rest van Nederland (of naar België of Duitsland) of worden opgevangen met flexopties.

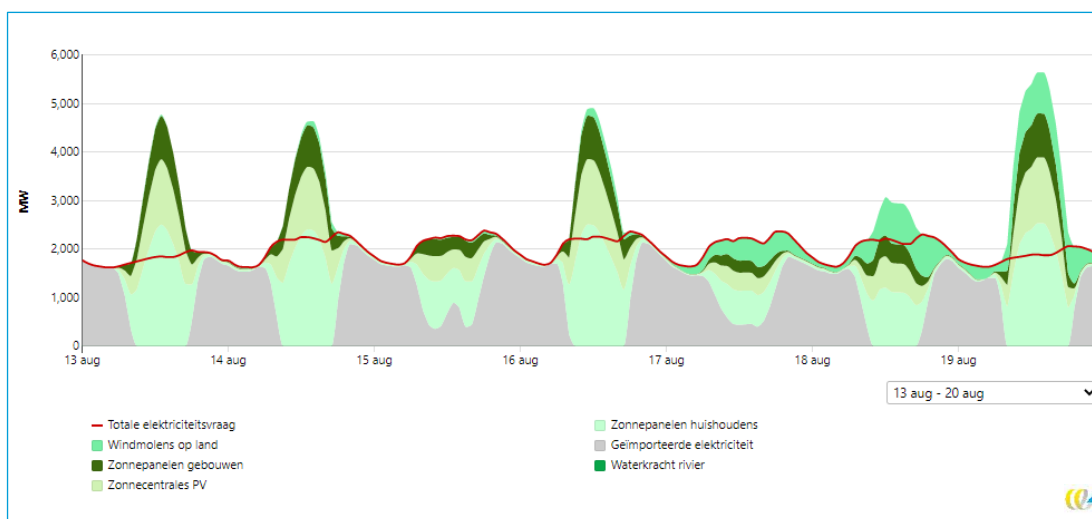
¹¹ Met een profiel wordt de verdeling van de energievraag of het energieaanbod over de tijd bedoeld.

Figuur 15 - Vraag en aanbod uit zon en wind op uurbasis in scenario 2030 KA week 5-12 februari (MW)



Bron: Energietransitiemodel.

Figuur 16 - Vraag en aanbod uit zon en wind op uurbasis in scenario 2050 Regionale Sturing week 13-20 augustus (MW)



Bron: Energietransitiemodel.

Seizoensbalans op het elektriciteitsnet

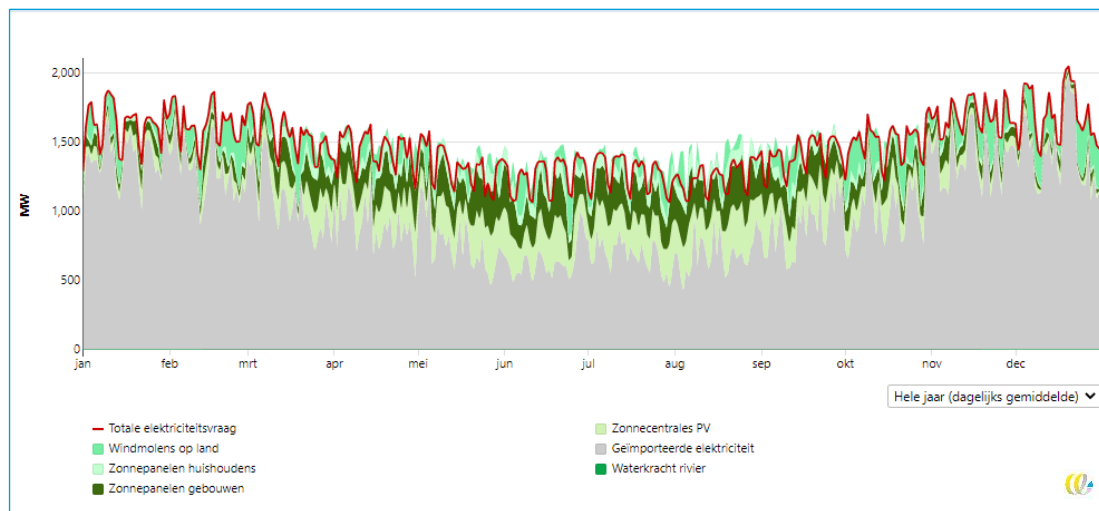
Naast fluctuaties binnen dagen zijn er voor alle sectoren ook fluctuaties in de vraag en het aanbod gedurende het jaar door seizoenseffecten. De verdeling van de vraag en het aanbod over het jaar verandert in de toekomst doordat nieuwe technieken gebruikt worden. In de gebouwde omgeving is er uiteraard vraag naar warmte vooral in de koude wintermaanden, mogelijk komt 's zomers een significante vraag naar koeling op, en de vraag naar kracht en licht is iets sterker in de winter dan in de zomer. Als meer warmtepompen worden gebruikt voor verwarming, dan wordt dit een dominante factor in de elektriciteitsvraag van de gebouwde omgeving, met het zwaartepunt in de winter. Mobiliteit is min of meer constant over het jaar, en industrie evenzo.

Voor zon-pv geldt uiteraard dat de wintermaanden minder opleveren vergeleken met de periode mei tot en met augustus. Wind fluctueert het hele jaar, hoewel in de zomermaanden vaker lagere windsnelheden voorkomen.

In Figuur 17 en Figuur 18 zijn de daggemiddelden van de vraag en het aanbod weergegeven voor het Klimaatakkoord-scenario in 2030 en het Regionale scenario in 2050. Hieruit vallen verschillende dingen op. In 2030 is het is de productie bijna altijd lager dan de vraag en is invoer van elektriciteit vanuit de rest van Nederland noodzakelijk. De vraagzijde is behoorlijk constant, vanwege de relatief grote continue vraag in de industrie. In 2050 kan het volatiele aanbod op sommige momenten voldoen aan de vraag, maar er is gedurende een groot deel van het jaar alsnog invoer van elektriciteit noodzakelijk.

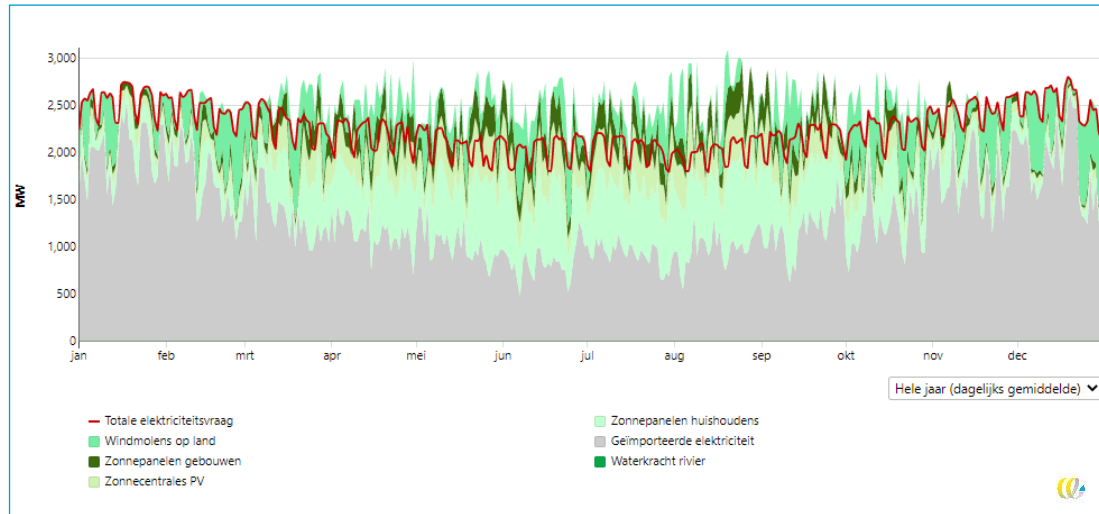
De grafieken tonen ook de potentiële groei van de elektriciteitsvraag. Waar de totale vraag in het 2030 Klimaatakkoord-scenario gemiddeld 1.500 MW is met pieken tot 2.000 MW, daar kan dit in 2050 groeien tot 2.500 MW gemiddeld en pieken tot 2.750 MW. Deze cijfers komen uit de scenario's Regionale Sturing, met de grootste hernieuwbare productie en de laagste vraag. In de andere scenario's is er meer elektrificatie. Zo is de gemiddelde elektriciteitsvraag in het Europese scenario ongeveer 3.500 MW met pieken tot 3.750 MW.

Figuur 17 - Daggemiddelden van vraag en aanbod van zon en wind in scenario 2030 Klimaatakkoord (MW)



Bron: Energietransitiemodel.

Figuur 18 - Daggemiddelden van vraag en aanbod van zon en wind in scenario 2030 Regionale Sturing (MW)



Bron: Energietransitiemodel.

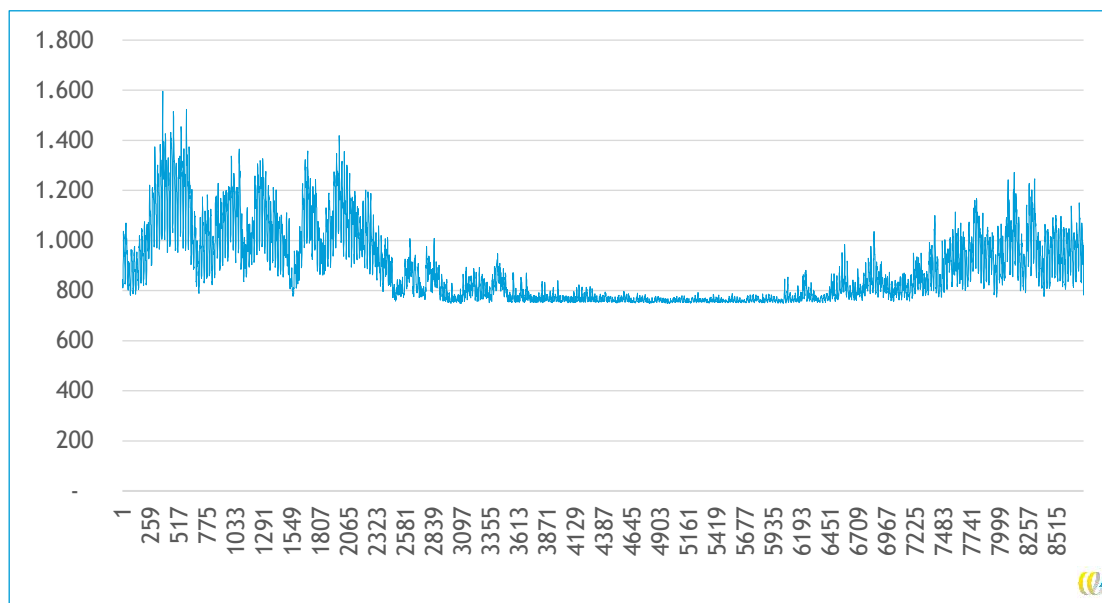
3.3 Aardgas, groengas en waterstof

De gasvraag, aardgas, groengas en waterstof samen, daalt of blijft ongeveer gelijk. Dit geldt in alle scenario's, en niet alleen op jaarbasis, maar ook kijkend naar uurwaarden. De gasvraag dient zowel om in grondstoffen te voorzien in de industrie als voor verwarming in de gebouwde omgeving. De industrie vormt een stabiele vraag en uiteraard zorgt verwarming voor pieken hier bovenop in de winterperiode. Er is lokaal invoeding van groengas en de beschikbaarheid van biomassa geeft een potentieel van 2 PJ.

De productie van groengas in Limburg is momenteel ongeveer 900.000 m³/jaar (CE Delft, 2020). Er liggen plannen voor uitbreiding van deze productiecapaciteit. Zo is er subsidie aangevraagd voor een grote mestvergister in Grubbenvorst (gemeente Horst aan de Maas), welke jaarlijks 30 miljoen m³ groengas (10 PJ/j) kan produceren (RVO, 2020). De aardgasvraag van Limburg is momenteel ongeveer 3,5 miljard m³/jaar (Klimaatmonitor, 2017). Dit betekent dat de huidige groengasproductie slechts 0,03% van de vraag in kan vullen. Inclusief de nieuwe mestvergister in Grubbenvorst is dit nog steeds slechts 0,9%.

In de toekomst kan de groengasproductie voldoende zijn voor resterende methaanvraag, namelijk in scenario's 2050 Regionale Sturing en Nationale Sturing. Het kan ook een beperkte bijdrage zijn, aangezien in 2050 Europese Sturing de methaanvraag nog altijd circa 16 PJ bedraagt voor de gebouwde omgeving en totaal 30 PJ. Er zal dan import moeten plaatsvinden.

Figuur 19 - Gasvraag in scenario 2020 op alle uren van het jaar (GJ/u)*



* Afname van aardgas door eindgebruikers in gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie of landbouw. Dit is exclusief gasvraag voor elektriciteitsproductie.

Productie van waterstof in Limburg uit aardgas, zoals nu gebeurt op Chemelot, zal mogelijk in 2030 gepaard gaan met CO₂-afvang en -transport. In 2050 ligt het niet voor de hand om in Limburg waterstof te blijven maken. Eventuele productie van waterstof uit elektriciteit, met elektrolyzers zal beperkt zijn. De elektriciteit uit wind op zee zal niet eerst met dure hoogspanningskabels naar Limburg worden getransporteerd om hier in waterstof te worden geconverteerd, dat zal eerder aan de kust of op zee gebeuren en dan via de backbone naar Limburg worden getransporteerd.

Sinds enkele jaren echter, is er sprake van sterk toenemende interesse in waterstof als onderdeel van de oplossingen om de uitdagingen van de energietransitie het hoofd te bieden. Met name de sterke kostendaling van wind op zee lijkt daarbij kansen te bieden voor grootschalige productie van groene waterstof uit elektrolyse. Daarnaast zijn er op de korte termijn kansen voor blauwe waterstof en zijn er mogelijkheden voor import. Tegen deze achtergrond verkent ook Gasunie, die onder meer het publieke aardgasnetwerk in Nederland beheert, al enkele jaren de mogelijke ontwikkeling van de toekomstige waterstofbehoefte en de bijbehorende transportbehoeften. Bovendien wordt verwacht dat delen van de bestaande gastransportinfrastructuur beschikbaar zullen komen richting 2030, zowel door beëindiging van het de Groningengaswinning en aflopende leveringscontracten van G-gas aan het buitenland, als door afnemende eindverbruikersvraag naar aardgas in de omschakeling naar CO₂-vrije alternatieven. Gasunie verkent daarom ook de mogelijkheden voor de ombouw van een deel van het bestaande gastransportsysteem tot een landelijk waterstofnetwerk, ook wel de waterstofbackbone genoemd (GTS, 2019). Momenteel loopt hierover een onderzoek van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Gasunie en TenneT. Dit onderzoek heet HyWay 27 en zal eind 2020 afgerond worden (Rijksoverheid, 2020).

De grote industriële clusters van Nederland, waaronder ook Chemelot, zouden in die toekomstvisie worden aangesloten op deze backbone. Schematisch ziet deze waterstof-backbone er uit zoals weergegeven in Figuur 20. Aan de rechterzijde van deze figuur is het huidige beeld van de H₂-backbone weergegeven, zoals die door Gasunie wordt verkend.

Een groot gedeelte hiervan bestaat uit geconverteerde aardgasleidingen (blauw). Een beperkt gedeelte van het concept vraagt om nieuwe, voor H₂ ontworpen leidingen (donkerblauw), in die gevallen dat de aardgasinfrastructuur niet vroegtijdig vrijvalt. Volgens het huidige beeld zou al voor 2026 een aantal delen van een nationale backbone kunnen worden gerealiseerd, waarbij de vijf geografisch geconcentreerde clusters verbonden worden.

Figuur 20 - Voorziene waterstofbackbone HyWay 27



Bron: (Rijksoverheid, 2020).

Bij de vervanging van aardgas door waterstof moet bedacht worden dat dit voor de energiegebruiker tot fors hogere kosten zal leiden, waarbij deze in de eerste fase gesubsidieerd zouden kunnen worden, ligt het niet voor de hand dat dat blijvend zal gebeuren. De marktprijs van aardgas is de afgelopen tijd geschommeld tussen de 10 en 25 €ct per m³, zonder belastingen, oftewel € 3 tot € 7 per GJ. De kostprijs voor waterstof uit aardgas (met CO₂-emissie) is ongeveer € 1-1,5 per kg (€ 7-10/GJ) maar voor groene waterstof naar verwachting in 2030 € 3 tot € 6 per kg (€ 20-40/GJ). Voor CO₂-emissies zal de prijs gestaag oplopen, maar pas bij een CO₂-prijs van € 300 per ton kost aardgas + CO₂ (€ 7 + € 13 per GJ) evenveel als groene waterstof (€ 3 per kg = € 20 per GJ).

3.4 Warmte

Warmtenetten kunnen onderdeel zijn van de oplossing in de transitie naar een aardgasvrije gebouwde omgeving. Ze zijn met name geschikt op plekken waar vraag en aanbod van warmte dicht bij elkaar zijn, wat de kosten van transport drukt, en waar ook een hoge dichtheid van bebouwing is, wat de kosten van distributie drukt.

Momenteel zijn er op enkele locaties in Limburg warmtenetten aanwezig, voornamelijk in de grote steden. In Tabel 9 wordt een overzicht gegeven van de huidige warmtenetten in Limburg.

Tabel 9 - Aangesloten woningen warmtenetten Limburg

Gemeente	Buurtten 2017 (CBS, 2020b)	Aantal woningen (% totaal aantal woningen in gemeente) (CBS, 2020a)	Temperatuur-niveau	Warmtebron
Beesel	Reuver	180 (3,0%)	LT	WKO/warmtepomp
Heerlen	Heerlen-centrum, 't Loon, Eikenderveld, Welten-Dorp, Heerlerbaan-West	1.700 (3,7%)	LT	Mijnwater
Maastricht	Boschstraatkwartier, Heugemerveld, Wyck	1.800 (2,9%)	HT	Restwarmte (Sappi) en bijstook aardgas
Roermond	Swalmen-Centrum	45 (0,2%)	LT	Wko/warmtepomp
Sittard-Geleen	Limbrichterveld	1.180 (2,5%)	HT	Biomassa en bijstook aardgas (in de toekomst mogelijk ook restwarmte)
Venlo	Molenbossen	140 (0,3%)	HT	Biomassa
Totaal		5.050 (0,9%)		

Voor de toekomst wordt gekeken naar de mogelijkheid om het Groene Net uit te breiden naar de rest van de regio zodat er efficiënt gebruikt gemaakt kan worden van alle restwarmte die geproduceerd wordt op het terrein van Chemelot. Hiervoor moet een transportleiding aangelegd worden van Chemelot tot Maastricht. In potentie kunnen op deze manier 250.000 woningen verwarmd worden⁵. Daarnaast zijn er plannen voor een nieuw warmtenet in Roermond, welke gebruik moet gaan maken van restwarmte van papierfabriek Smurfit Kappa¹² en een nieuw warmtenet in Weert, waar restwarmte van zinkfabriek Nyrstar in Budel gebruikt kan worden¹³.

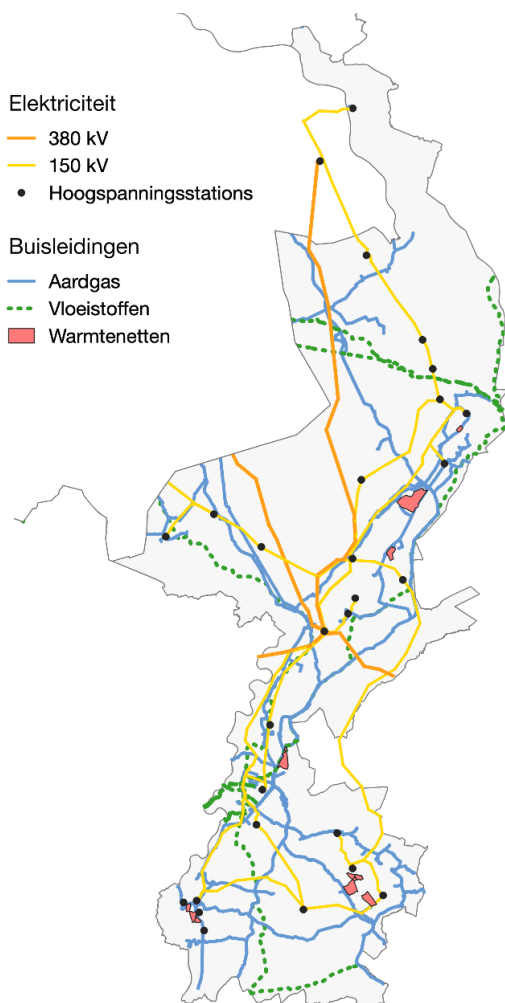
3.5 Overzicht infrastructuur

In Figuur 21 is het totaalbeeld van de Limburgse energie-infrastructuur weergegeven. Hierin zijn de hoofdtransportnetten voor elektriciteit, gas en vloeistoffen weergegeven. Daarnaast zijn de huidige warmtenetten weergegeven. De distributienetten, die zorgen voor het transport van en naar eindgebruikers, zijn niet weergegeven.

¹² <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/energie/31003/restwarmte-roermond>

¹³ https://www.limburger.nl/cnt/dmf20190325_00098119/geld-rijk-brengt-warmtenet-voor-weert-stuk-dichterbij

Figuur 21 - Overzicht huidige energie-infrastructuur Limburg



3.6 Ontwikkelingen in België en Duitsland

De ontwikkelingen in Duitsland en België (beschreven in Bijlage E) kunnen invloed hebben op de toekomstige energievoorziening en de energie-infrastructuur in Limburg. Daarnaast vinden er ontwikkelingen plaats binnen Limburg waarbij de internationale context oplossing kan bieden. Voor elke energiedrager zal de impact op Limburg van deze zaken besproken worden.

3.6.1 Elektriciteit

Hoogspanning

Op het gebied van de hoogspanningsnetten zijn binnen Limburg voornamelijk de ontwikkeling op het industrieterrein Chemelot interessant. Het is de verwachting dat de elektriciteitsvraag op dit terrein richting 2050 sterk zal toenemen, in alle scenario's. Daarnaast zal de elektriciteitsproductie op deze locatie, bij de Swentibold-centrale,

stopgezet worden. Dit betekent dat er een toenemende hoeveelheid elektriciteit, cruciaal voor de concurrentiepositie van de Limburgse economie, aangevoerd moet worden via het hoogspanningsnet. De benodigde elektriciteit kan aangevoerd worden vanuit Nederland, maar ook vanuit Duitsland of België (via de interconnectiepunten bij Maasbracht).

Momenteel is Chemelot aangesloten op het 150 kV-net. Voor de toekomst is het aannemelijk dat het aangesloten zal worden op het 380 kV-net, dit wordt ook als oplossing genoemd door TIKI¹⁴ (DNV GL, 2020). Als dit gebeurt zal er voldoende transportcapaciteit aanwezig zijn om elektriciteit aan te voeren vanuit Nederland. Er zal uiteraard wel elektriciteit vanuit Duitsland en België aangevoerd worden op momenten dat daar elektriciteitsoverschotten beschikbaar zijn en in Nederland niet. Maar vanuit de Limburgse vraag is er, zoals we nu kunnen bezien, geen directe noodzaak om de interconnectiecapaciteit met Duitsland en België vanuit Limburg uit te breiden.

Anderzijds dreigt er in België een tekort aan opwekcapaciteit. Door de aangekondigde sluiting van de kerncentrales in 2025 zal er naar verwachting een tekort van 3,9 GW aan regelbaar vermogen zijn in België tegen die tijd. Er wordt momenteel gekeken naar de mogelijkheid om de Clauscentrale in Maasbracht direct te koppelen aan het Belgische hoogspanningsnet. Als dit gebeurt verliest Limburg zijn grootste elektriciteitscentrale, waardoor in grotere mate elektriciteit aangevoerd moet worden vanuit de rest van Nederland.

Het is de verwachting dat België in de toekomst afhankelijker wordt van import van elektriciteit, ondanks de in extra gascentrales die er moeten komen. Het is de verwachting dat in 2030 tot maximaal 28% van de Belgische elektriciteitsvraag ingevuld wordt met geïmporteerde elektriciteit. Richting 2050 zal dit iets teruglopen, maar alsnog zal er aanzienlijke import van elektriciteit nodig zijn. Het is te verwachten dat een deel van deze geïmporteerde elektriciteit vanuit Nederland zal komen. Het Nederlandse en Belgische elektriciteitsnet zijn slechts op twee plekken gekoppeld, waarvan één in Limburg bij Maasbracht. Daarom zal een groot deel van deze export van elektriciteit naar België via Limburg lopen. Er liggen al plannen om de capaciteit van de verbinding bij Maasbracht te versterken om deze export te kunnen faciliteren. Er zal voornamelijk elektriciteit geëxporteerd worden naar België op momenten dat de hernieuwbare productie laag is, aangezien het regelbare vermogen van België op deze momenten te laag is. Dit betekent dat er voornamelijk elektriciteit van regelbare centrales geëxporteerd wordt naar België. Deze elektriciteit kan opgewekt worden in Limburg, maar dit is afhankelijk van de ontwikkelingen bij de Clauscentrale en van de komst van mogelijke nieuwe centrales richting 2050. Anders dient het Limburgse hoogspanningsnet als doorvoer voor de export naar België vanuit andere regio's in Nederland.

Voor Duitsland is het niet de verwachting dat het land in de toekomst afhankelijk wordt van import van elektriciteit vanuit Nederland, aangezien het land zelf voldoende productiecapaciteit heeft. Voor 2030 wordt wel export verwacht vanuit Nederland naar Duitsland, maar dit wordt komt door de slechter wordende concurrentiepositie van kolencentrales ten opzichte van gas bij stijgende CO₂-prijzen. Noordrijn-Westfalen, de Duitse regio aan de grens met Limburg, zal wel afhankelijk worden van import richting 2050. Maar het is niet aannemelijk dat deze import via Limburg zal lopen. Het is te verwachten dat deze elektriciteit geleverd wordt vanuit andere delen van Duitsland of mogelijk via een directe connectie met de windparken op zee in Nederland (DNV GL, 2020).

¹⁴ Taskforce Infrastructuur Klimaatpakkoord Industrie.

Midden-/laagspanning

Ook lagere netniveaus kunnen buitenlandse ontwikkelingen relevant zijn en kan er voordeel behaald worden door samenwerking met de beheerders van de buitenlandse netten. Zo ligt er in de toekomst een grote uitdaging om al het nieuwe hernieuwbare vermogen aan te kunnen sluiten op het elektriciteitsnet. Coördinatie met buitenlandse netbeheerders over mogelijke beschikbare capaciteit over de grens kan ervoor zorgen dat er minder geïnvesteerd hoeft te worden in uitbreidingen van het net, waardoor maatschappelijke kosten vermeden kunnen worden.

Op dit moment is dit nog niet mogelijk vanwege juridische belemmeringen. De gemeente Kerkrade probeert op dit moment toestemming te krijgen om als pilotgebied voor grensoverschrijdende uitwisseling van hernieuwbare elektriciteit te dienen, zodat hiermee geëxperimenteerd kan worden.

3.6.2 Aardgas

Het besluit van de Nederlandse overheid om de gaswinning uit het Groningen gasveld (L-gas) per 2022 te staken is ook relevant voor Limburg. Momenteel wordt het L-gas op meerdere punten in Limburg geëxporteerd naar België en Duitsland, maar deze export zal langzaam aan teruglopen totdat deze teruggebracht is tot nul in 2030. Hierdoor zullen zowel in Nederland als in België en Duitsland gasleidingen beschikbaar komen. Gedeeltelijk zullen deze leidingen naar verwachting omgezet worden naar H-gasleidingen, maar deze ontwikkeling biedt ook kansen voor het transport van andere gasvormige energiedragers zoals waterstof, CO₂ en andere energiedragers (LPG, propaan).

3.6.3 Waterstof

Gasunie werkt, zoals eerder beschreven, aan plannen voor een waterstofbackbone waar alle grote industriële clusters in Nederland op aangesloten zijn. Ook Chemelot kan worden aangesloten op deze backbone. Daarnaast kijkt Gasunie naar de mogelijkheid om het Roergebied en België op deze backbone aan te sluiten. De potentiële vraag naar waterstof in Duitsland en België is namelijk aanzienlijk. De aansluiting met het Roergebied zal naar verwachting via Zevenaar lopen, aangezien dit de verbinding met Duitsland is die de grootste doorvoercapaciteit heeft. Voor België ligt transport via Zelzate het meest voor de hand.

Dit betekent dat er tot 2030 geen directe verbinding zal zijn tussen Chemelot en België enerzijds en het Roergebied anderzijds. Maar Chemelot is wel indirect verbonden met deze regio's via de waterstofbackbone, waardoor uitwisseling van waterstof mogelijk is.

3.6.4 Warmte

Integratie van warmtenetten vlakbij de grens met buitenlandse warmtenetten kan schaalvoordelen opleveren. Daarnaast kunnen buitenlandse warmtebronnen gebruikt worden als er te weinig lokale warmtebronnen zijn.

In Limburg lijkt integratie van het warmtenet van Aachen met het warmtenet van Parkstad de enige reële optie, aangezien dit voor zover bekend het enige actieve of geplande warmtenet is in het grensgebied van Duitsland of België, waarbij er zowel vraag als aanbod in de buurt ligt van de grens. In Aachen is momenteel al een hogetemperatuurwarmtenet aanwezig en er zijn plannen om dit net flink uit te breiden en hiervoor gebruik te maken van geothermie. Dit biedt mogelijk kansen voor Parkstad. Er zijn echter voldoende binnenlandse warmtebronnen om aan de warmtevraag van de warmtenetten te voldoen, in alle 2050-scenario's. Bovendien werkt Parkstad aan een lage temperatuur uitwisselingsstelsel

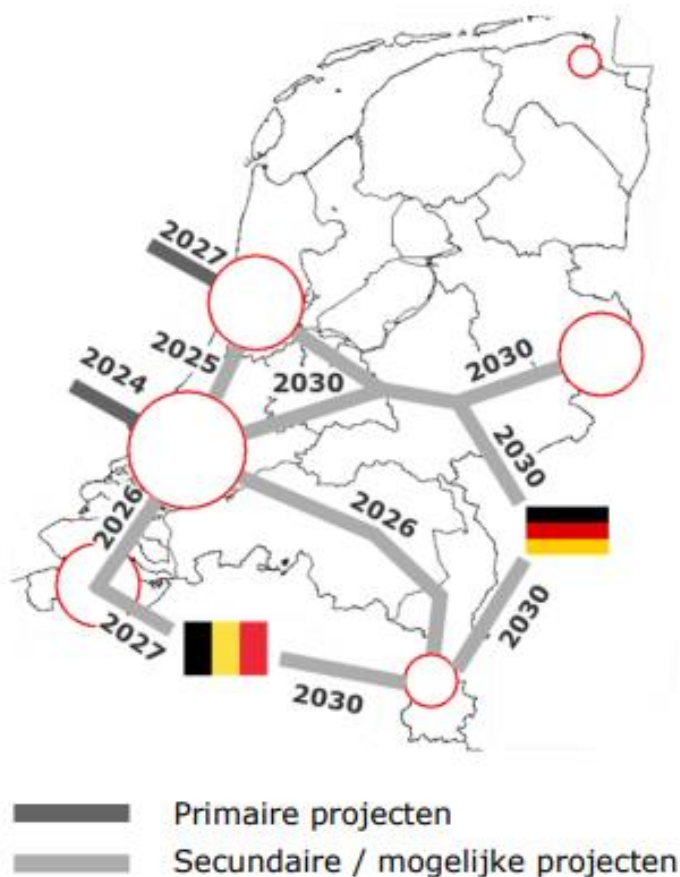
(het Mijnwater-concept). Daarom is een koppeling met het warmtenet van Aachen niet noodzakelijk.

3.6.5 CO₂-afvang en -opslag

Er wordt momenteel gekeken of afvang van CO₂ op Chemelot toegepast kan worden om de emissiereductiedoelstellingen te halen. Transport van deze CO₂ naar Rijnmond en koppeling met het Porthos-project behoort tot de mogelijkheden.

Het is mogelijk dat in de toekomst ook Duitse CO₂-netten aan de netten van Porthos (of Athos) gekoppeld worden, aangezien CO₂-opslag in Duitsland gevoelig ligt (DNV GL, 2020). Deze koppeling zou via Chemelot kunnen lopen. Dit betekent dat er mogelijk CO₂ van Noordrijn-Westfalen via Chemelot richting Rotterdam of Amsterdam wordt getransporteerd. Deze CO₂-leiding van Chemelot naar Rotterdam/Amsterdam kan mogelijk via Antwerpen lopen. In Figuur 22 is weergegeven hoe de CO₂-infrastructuur eruit zou kunnen komen te zien (DNV GL, 2020).

Figuur 22 - Mogelijke invulling toekomstige CO₂-infrastructuur



Bron: (DNV GL, 2020).

4 Infrastructuur knelpunten

In Bijlage F zijn de knelpunten beschreven die zich voordoen als de energievraag zich volgens de uitgewerkte scenario's ontwikkelt. Vervolgens zijn er verschillende oplossingen geanalyseerd. In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste knelpunten weergegeven per soort energiedrager.

4.1 Elektriciteitsnet

4.1.1 Regionale netbeheerder Enexis

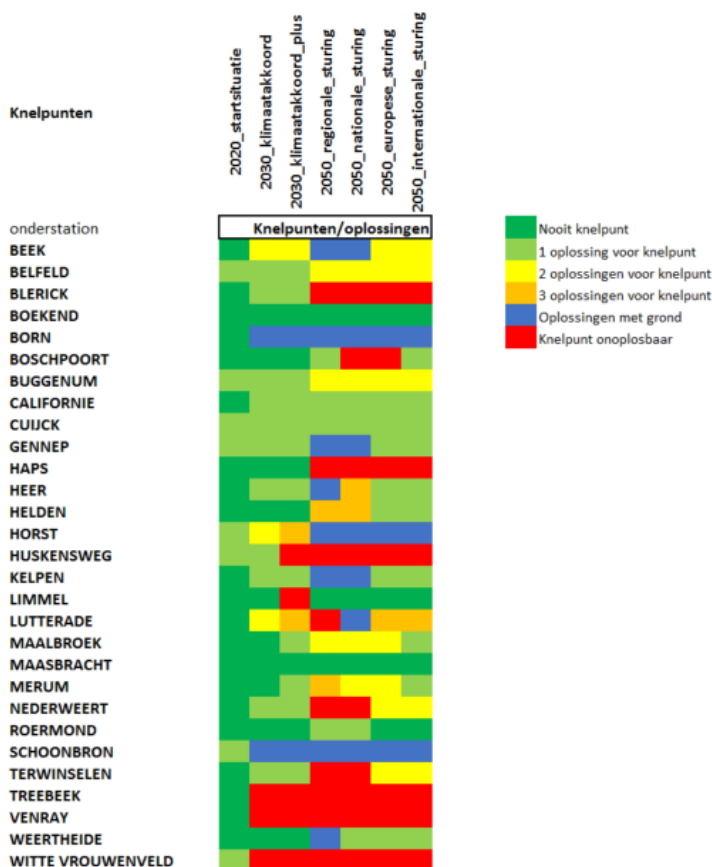
Enexis heeft alle 27 onderstations en het 50/20 kV-net doorgerekend. De data over 2020 uit deze studie zijn door Enexis eerst naast huidige cijfers gelegd. De verschillen zijn overal minder dan 10% van wat er nu gemeten wordt, wat voldoet voor de doelstellingen van deze studie, namelijk een verkenning van 2030 en 2050.

Vervolgens zijn de zes scenario's doorgerekend en is per onderstation gekeken of vraag of invoeding de capaciteit te boven gaat.

Per onderstation heeft Enexis gekeken naar mogelijke oplossingen, die variëren van trafo verzwaren in het onderstation (circa € 1 miljoen), subblok plaatsen in onderstation (€ 4 à 5 miljoen), of een extra TenneT-veld (€ 7-10 miljoen).

In de figuur rechts is voor elk station weergegeven per station of er knelpunten zijn en hoeveel interne oplossingen nodig zijn om de knelpunten op te lossen. In sommige gevallen zijn de knelpunten niet intern oplosbaar.

In een negental onderstations is dit onvoldoende en zal buiten het onderstation een oplossing moeten worden gezocht. Hiervoor zal grond moeten worden aangekocht, en zal moeten blijken of dat ook bij het betreffende onderstation beschikbaar is.



In Figuur 23 en Figuur 24 is aangegeven welke stations problemen hebben met invoeding en/of belasting. De gele staafjes geven de maximale belasting die veroorzaakt wordt door vraag naar elektriciteit en de groene staafjes geven de maximale belasting door aanbod van elektriciteit. De capaciteit van elk station is weergegeven door middel van het grijze gebied. Dit betekent dat er sprake is van een knelpunt als de staafjes boven of onder het

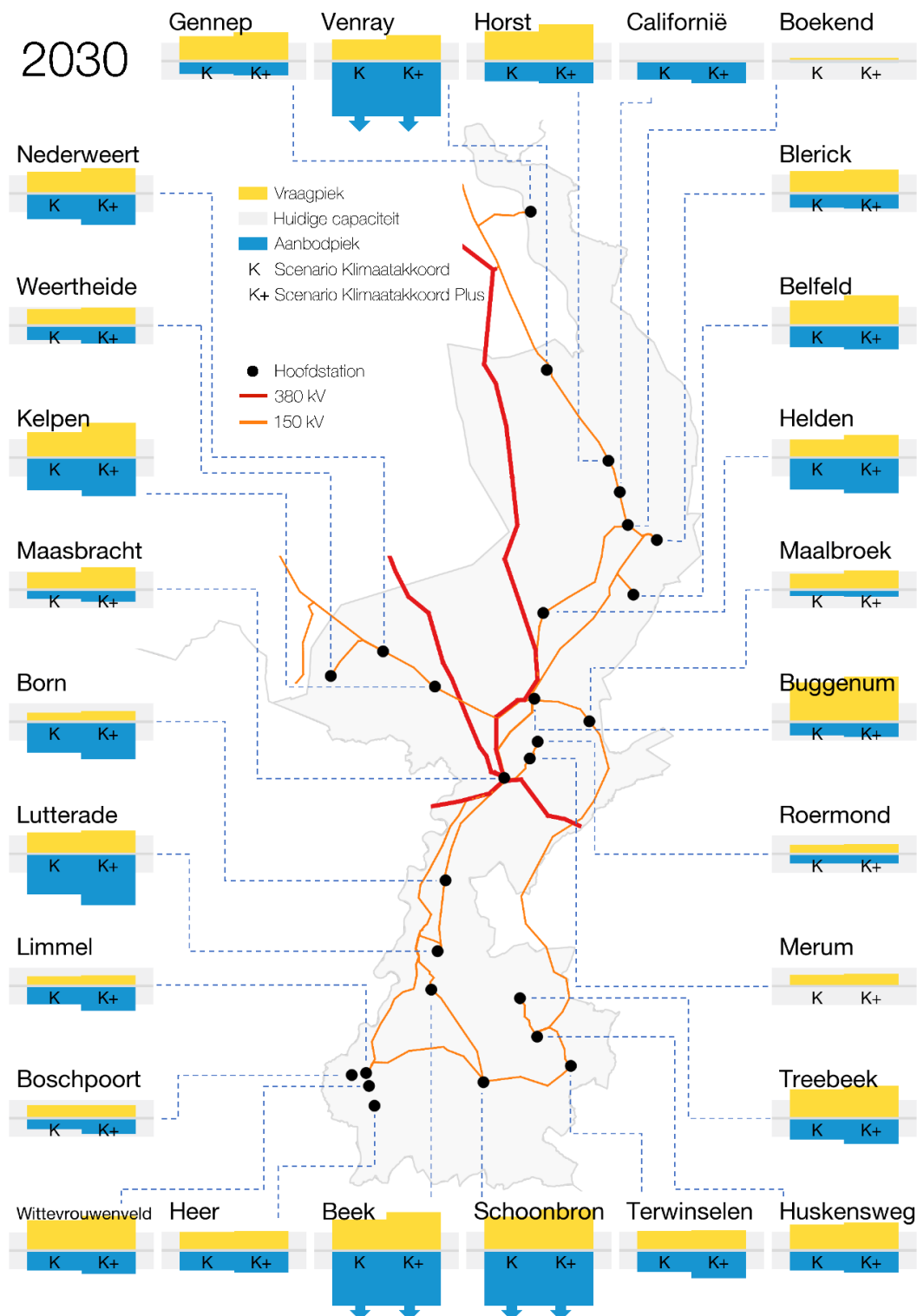
grijze gebied uitkomen. In sommige gevallen is de maximale belasting dusdanig hoog dat deze niet meer goed weergegeven kan worden in de grafiek. In deze gevallen zijn pijltjes toegevoegd. Dit is het geval als de maximale belasting meer dan drie keer zo groot is als de capaciteit van het station.

Van de 27 stations zijn er 11 die een ernstig knelpunt kennen, dat zijn:

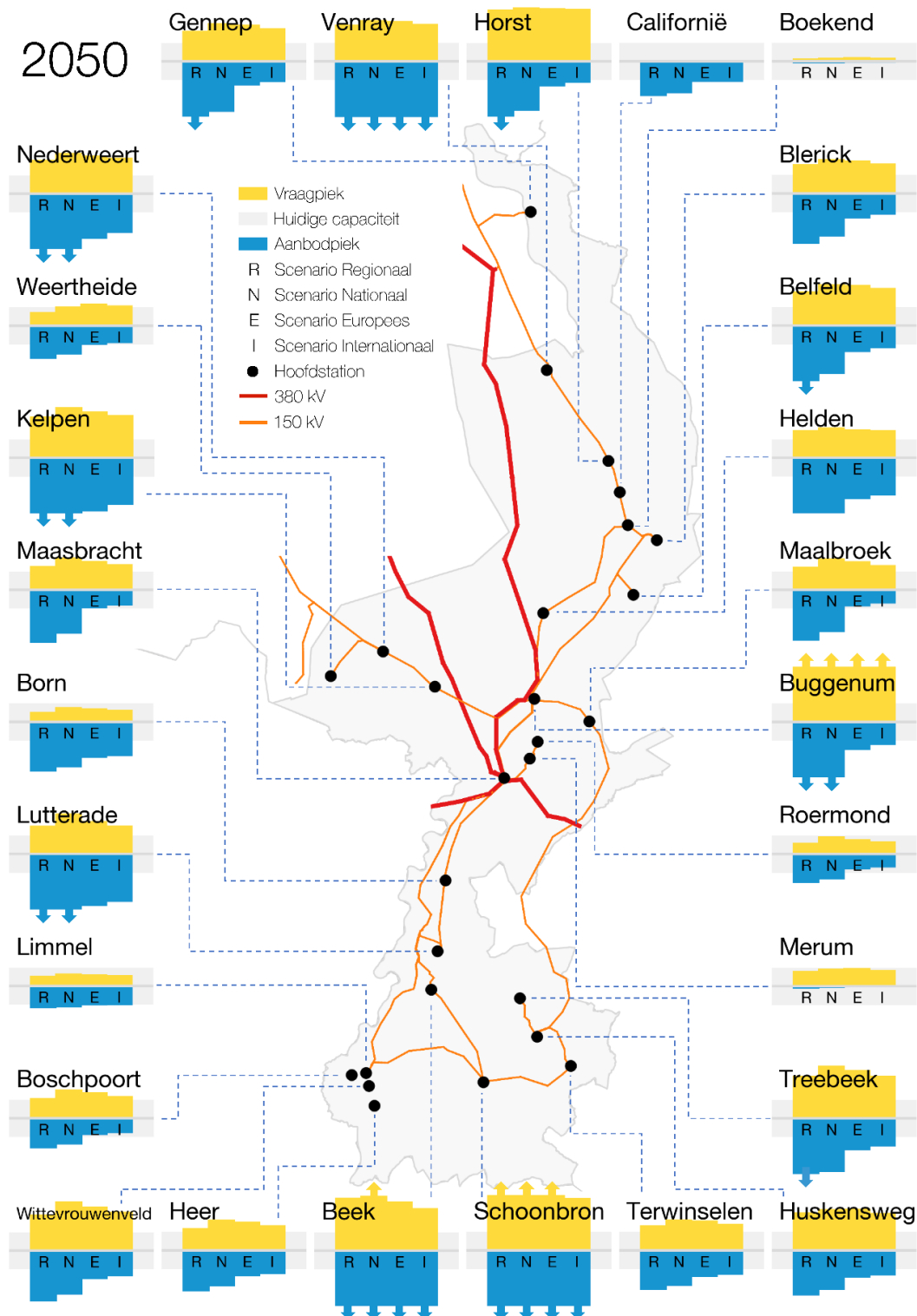
Onderstation	Volledige naam	Probleem in scenario	Vraag oorzaak	Aanbod oorzaak
BLER	Blerik	Alle scenario's 2050	X	X
BOSP	Boschpoort	Nationaal en Europees	X	X
HEER	Heer - Maastricht	Alle scenario's 2050	X	X
HUSK	Huskensweg	2030+ en alle 2050-scenario's	X	X
LIMM	Limmel	Alleen 2030+		X
LUTT	Lutterade	Alleen regionale sturing 2050		X
NEDW	Nederweert	Regionale en nationale sturing 2050		X
TERW	Terwinselen	Regionale en nationale sturing 2050		X
TRBK	Treebeek	Alle scenario's 2050	X	X
VENR	Venray	Alle scenario's 2050	X	X
WVV	Witte Vrouwenveld	Alle scenario's 2050	X	X

In vier onderstations wordt dit alleen veroorzaakt door aanbod van zonne-energie. In de andere stations gaat het zowel om overbelasting door vraag als door aanbod.

Figuur 23 - Belasting per station in relatie tot capaciteit (2030)



Figuur 24 - Belasting per station in relatie tot capaciteit (2050)



4.1.2 Hoogspanningsnet

TenneT heeft de impact van alle scenario's op het hoogspanningsnet doorgerekend. De doorrekening en analyse heeft tot nu toe plaatsgevonden voor de situatie in 2030. Hieruit blijkt dat de geplande investeringen in het kader van de KCD's onvoldoende zijn om het verwachte gebruik van de hoogspanningsverbindingen te kunnen leveren. Niet alleen is het doortrekken van de 380 kV-lijn naar Geleen van belang. Ook verder doortrekken naar Zuid-Limburg is noodzakelijk. Daarnaast is versterking van het knooppunt Boxmeer via zogenaamde pockets van belang. Hiermee kan de noodzakelijke capaciteit worden geleverd.

In de volgende opsomming zijn de 22 knelpunten in het TenneT-net aangegeven. In Figuur 25 zijn de locaties weergegeven. In deze figuur is er bij oranje verbindingen en stations sprake van overbelasting bij n-1 aansluiting. Deze knelpunten doen zich niet voor bij n-0 aansluiting. Bij de rode verbindingen en stations is er ook sprake van een knelpunt bij n-0 configuratie. Bij de groene aansluitingen is er geen sprake van een knelpunt. Hieruit blijkt dat in heel Limburg problemen ontstaan, met name in het scenario 2030 Klimaatakkoord Plus met veel elektrificatie en veel zonne-energie:

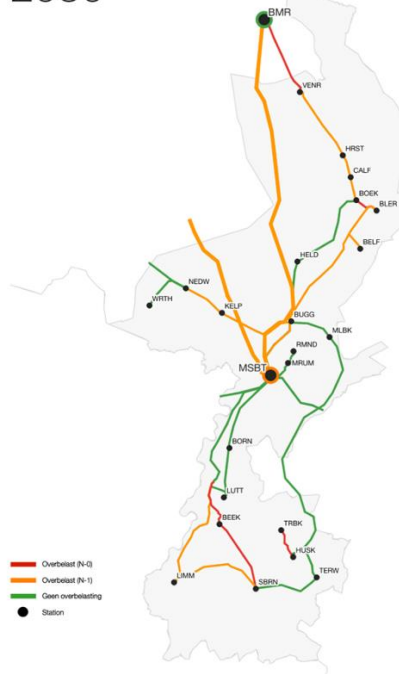
- 150 kV-verbinding Beek - Graetheide;
- 150 kV-verbinding Blerick - Belfeld - Buggenum;
- 150 kV-verbinding Boekend - Blerick;
- 380 kV-verbinding Dodewaard - Boxmeer - Maasbracht;
- 150 kV-verbinding Haps - Boxmeer - Venray;
- Transformator 380/150 kV Boxmeer;
- 150 kV-verbinding Venray - Horst - Californië - Boekend;
- 150 kV-verbinding Maasbracht - Born - Lutterade;
- 150 kV-verbinding Beersdal - Treebeek;
- 150 kV-verbinding Buggenum - Kelpen - Nederweert;
- 150 kV-verbinding Buggenum - Maasbracht;
- 380 kV-verbinding Eindhoven - Maasbracht;
- 150 kV-verbinding Graetheide - Limmel;
- 150 kV-verbinding Graetheide - Schoonbron;
- Transformatoren 380/150 kV Maasbracht;
- 150 kV-verbinding Schoonbron - 'harde' aftak Terwinselen;
- 150 kV-verbinding Venray - Boxmeer.

Figuur 25 - Knelpunten 2030 in het 150/380 kV-net

Klimaatakkoord 2030



Klimaatakkoord Plus 2030



4.2 Gasnet (methaan, waterstof en CO₂)

Door de afnemende vraag naar aardgas in alle scenario's ontstaan er geen knelpunten in het aardgasnet, noch van Gasunie, noch van Enexis. Hierbij maakt het niet uit dat het aardgas vervangen zal worden door groengas, dat heeft dezelfde eigenschappen als aardgas, beide zijn methaan.

Wel is de vraag hoe de aardgasnetten gefaseerd omgebouwd zouden kunnen worden voor transport of distributie van waterstof. Enerzijds gaat het dan om het voldoen aan de eisen van waterstoftransport/distributie, anderzijds gaat het om de vraag of gelijktijdig aardgas/methaan en waterstof kunnen worden getransporteerd/gedistribueerd. Dit laatste geldt met name in 2030.

4.3 Warmtenetten

Warmtenetten kunnen een deel van de oplossing vormen voor de transitie van de gebouwde omgeving en glastuinbouw. Ze zijn geschikt op plekken dichtbij aanbod van warmte, wat de kosten van transport drukt, en met een hoge dichtheid van bebouwing, wat de kosten van distributie drukt. Daarnaast kunnen ze zorgen voor een minder grote druk op de elektriciteitsvoorziening en speciaal de laagspanningsnetten.

Maar ze moeten meestal nog worden aangelegd of worden uitgebreid. De huidige warmtenetten zijn beperkt van omvang en met name in het scenario Regionale Sturing zal de warmtevraag in Limburg vooral met warmtelevering uit geothermie en restwarmte worden voorzien.

4.4 Overzicht knelpunten

In Tabel 10 zijn de knelpunten overzichtelijk weergegeven.

Tabel 10 - Knelpunten in alle energie-infrastructuur

Knelpunten Limburg	2030	2030+	Regionaal	Nationaal	Europees	Mondiaal
Elektriciteit						
Onvoldoende capaciteit voor levering aan industrie			X	X	X	
Onvoldoende capaciteit voor levering aan gebouwde omgeving (woningen, overige gebouwen, mobiliteit)		X	X	X		
Onvoldoende capaciteit voor invoeding van zonneparken	X	X	X	X	X	X
Onvoldoende regelbaar vermogen elektriciteit		X	X	X	X	X
Gasnetten						
Transport waterstof		X	X	X	X	X
Distributie waterstof						X
Warmtenetten						
Onvoldoende transportnetten van industrie naar warmteleveringsgebieden	X		X			
Onvoldoende distributienetten voor warmtelevering	X		X		X	
Transport CO ₂					X	

Uit het overzicht blijkt dat er een aantal robuuste knelpunten is:

- LS-netten elektriciteit;
- invoeding decentrale productie elektriciteit;
- levering elektriciteit aan de industrie;
- onvoldoende regelbaar vermogen elektriciteit;
- gas/waterstoftransport.

Dat laatste knelpunt lijkt echter al te zijn opgelost door de beslissing om de waterstof backbone aan te gaan leggen (planning 2027).

De andere knelpunten zijn afhankelijk van het soort energievraag dat ontstaat:

- waterstofgebruik in de gebouwde omgeving;
- warmtelevering in de gebouwde omgeving;
- transport van CO₂ voor afvang van CO₂ in de industrie, en al dan niet in combinatie met transport vanuit Duitsland.

Wat verder opvalt is dat er veel knelpunten bij invoeding ontstaan doordat in Limburg gekozen wordt voor veel zonne-energie en relatief minder windenergie. Voor een kWh zonne-energie moet ongeveer drie keer zoveel netcapaciteit worden gereserveerd als voor een kWh elektriciteit uit windenergie. Dat komt doordat het aantal uren bruikbare zonne-energie een factor 3 lager is dan van windenergie. Bovendien zijn de zonneparken veelal gesitueerd op locaties waar relatief weinig vraag is.

5 Analyse van oplossingen

In dit hoofdstuk gaan we verder in op mogelijke oplossingen voor knelpunten die kunnen ontstaan in de Limburgse energie-infrastructuur. We inventariseren een breed scala aan oplossingen. Vervolgens maken we die concreet voor Limburg; welke oplossingen zijn het meest geschikt bij de knelpunten die naar voren zijn gekomen voor Limburg. Ten slotte zullen we ingaan op de belemmeringen bij het oplossen van de knelpunten. Dit alles is uitgebreider beschreven in Bijlage F.

En zeer belangrijk bij het realiseren van de oplossingen is dat er een goede governance is, dat alle partijen hun rol spelen, er voldoende afstemming is zodat zoveel en zo snel mogelijk de knelpunten kunnen worden opgelost. De governance komt hier beknopt aan de orde en wordt uitgebreider behandeld in Bijlage G.

5.1 Elektriciteit

5.1.1 Verzwaring van stations en kabels/lijnen

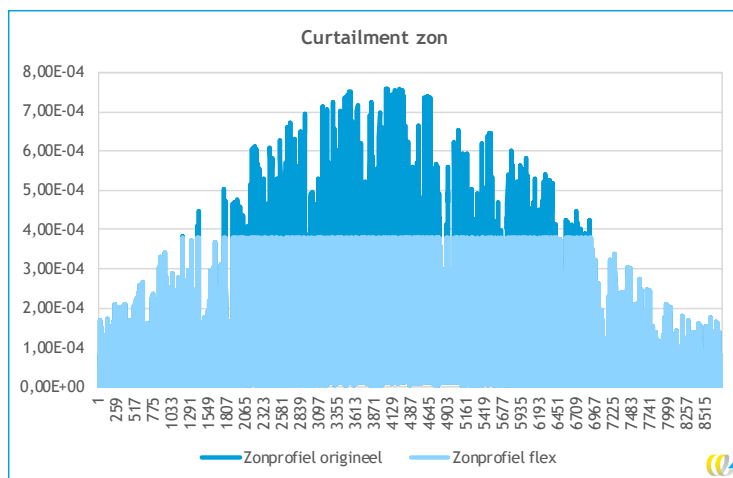
Enexis heeft enerzijds gekeken op welke zijde de knelpunten op de 27 onderstations kunnen worden opgelost binnen het onderstation. Toch blijven er nog hardnekkige knelpunten over bij 11 stations. In Paragraaf 5.1.2 zijn oplossingen hiervoor beschreven zowel met verzwaring als met flexmaatregelen.

TenneT heeft op basis van de knelpunten aangegeven dat verzwaring van lijnen en stations voor de hand ligt en verder gaat dan de huidige investeringsplannen. Zie Paragraaf 5.1.3 voor deze oplossingen.

5.1.2 Mogelijke flexoplossingen 20/50 kV

Door Enexis zijn de scenario's met en zonder flexmaatregelen doorgerekend. Als flexmaatregel is aan de aanbodkant uitgegaan van aansluiting van zonneparken op de helft van het piekvermogen. Het effect van curtailment op het productieprofiel van zonneparken is weergegeven in Figuur 26.

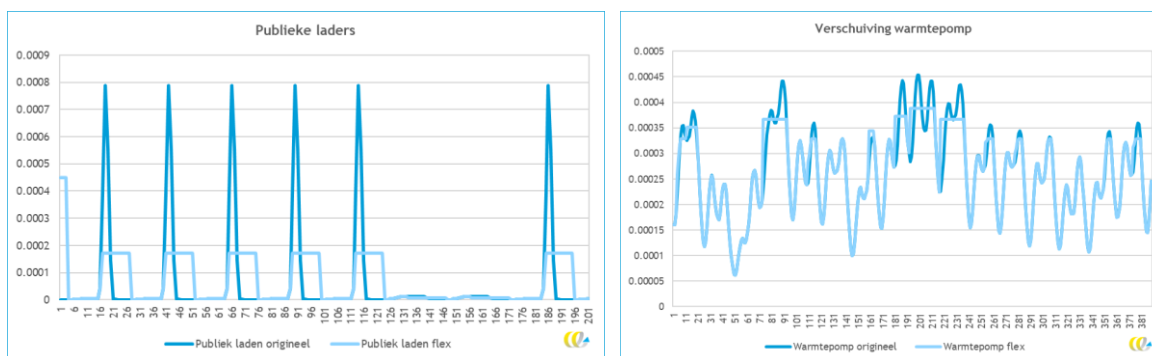
Figuur 26 - Aftopping van productiepiek zonneparken



Aan de vraagzijde zijn twee flexmaatregelen doorgevoerd gericht op verandering van het patroon van elektriciteitsgebruik. Het effect van deze maatregelen op de vraagprofielen is weergegeven in Figuur 27. Hoe de gebruikers beïnvloed moeten worden is nog wel een punt van aandacht omdat de huidige nettarieven hier geen prikkels voor geven:

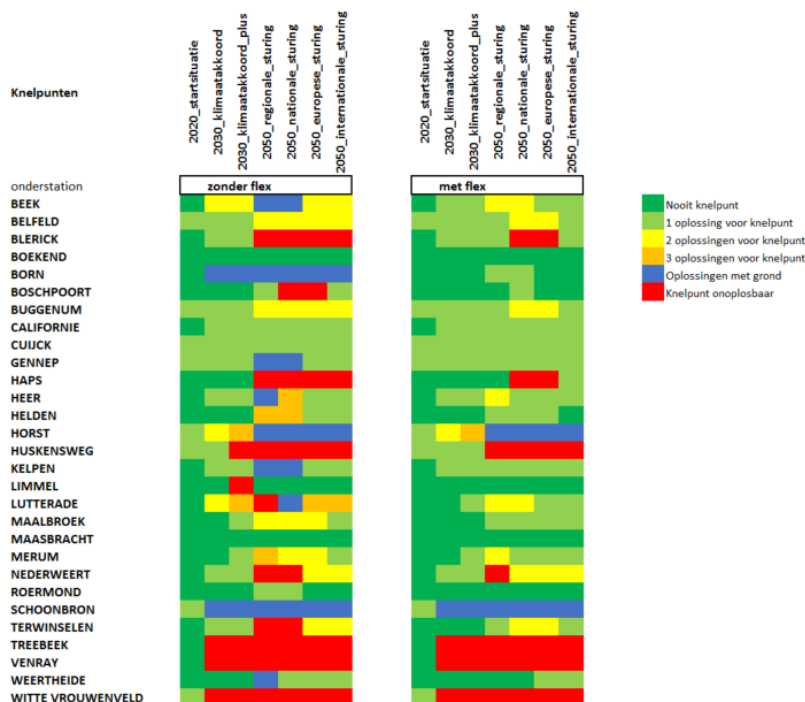
- Verschuiving van de laadpiek van elektrische voertuigen naar een later tijdstip met afvlakking van het patroon.
- Afvlakking van het patroon van elektrische warmtepompen. De donkerblauwe lijn in de volgende figuren is de oorspronkelijke patroon. De lichtblauwe lijn is het nieuwe patroon.

Figuur 27 - Illustratie vraagverschuiving publieke laadpalen en warmtepompen



Duidelijk is te zien in Figuur 28 dat het aantal knelpunten sterk afneemt door het toepassen van flexmaatregelen. In deze figuur is weergegeven voor elk station of er sprake is van een knelpunt en hoeveel oplossingen nodig zijn om deze knelpunten op te lossen (indien mogelijk), zowel met als zonder flex.

Figuur 28 - Knelpunten in onderstations Enexis, met en zonder flex



Uit de analyse blijkt dat in de onderstations Boschpoort, Limmel, Lutterade, Terwinselen geen onoplosbare knelpunten meer ontstaan. En in de andere onderstations veel minder knelpunten opgelost hoeven te worden. Het oplossen van de knelpunten zal in nauwe samenhang moeten gebeuren met TenneT die ook zijn bijdrage moet leveren.

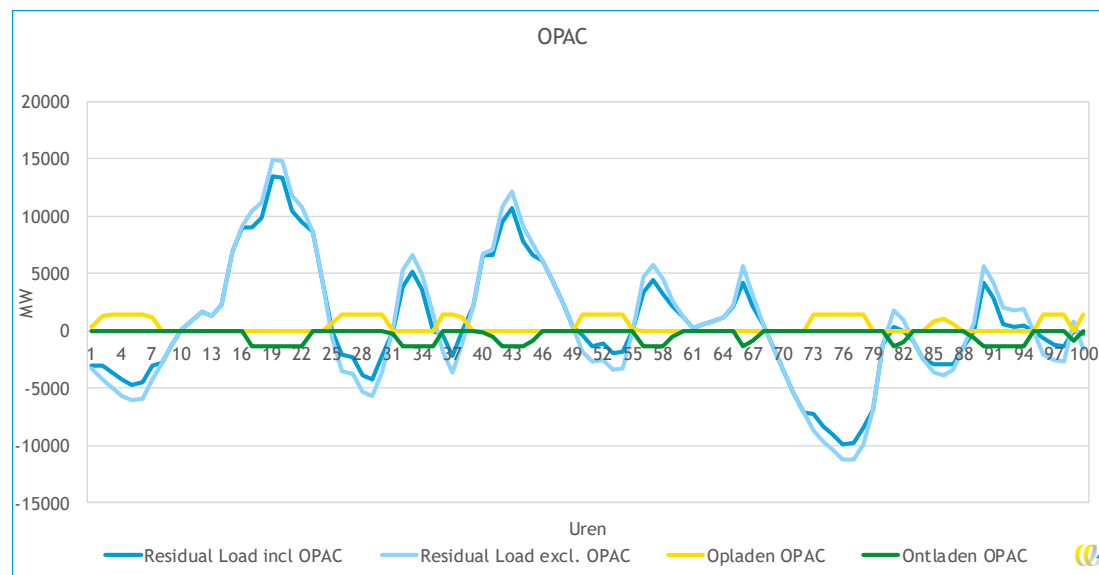
5.1.3 Mogelijke flexoplossingen 150/380 kV

Oplossingen om de knelpunten in het 150/380 kV-net op te lossen bestaan enerzijds uit verzwaring, maar ook uit het egaliseren van pieken, met name die van de productie van zonneparken. De flexmaatregelen op 50 kV werken ook door naar 150/380 kV. Een van de Limburgse maatregelen om pieken op te vangen is een O-PAC.

Naast verzwaring zijn er enkele flexoplossingen die ook de knelpunten kunnen oplossen. Dat zijn het omzetten van de overschotten aan elektriciteit naar waterstof. Dat is echter zeer kostbaar gezien de lage bedrijfstijd van de elektrolyzers. Een andere mogelijkheid is het gebruik van batterijen om de pieken, vooral veroorzaakt door zonne-energie te verschuiven naar het einde van de middag en avond. Hiervoor zouden ook de batterijen van elektrische voertuigen kunnen worden gebruikt.

Met Powerflex is het effect van een O-PAC in Limburg doorgerekend. In Bijlage I is de modellering beschreven. De resultaten zijn te zien in Figuur 29 en Tabel 11. In de figuur is te zien dat de O-PAC gaat opladen als de residuele vraag negatief is en ontladen als de residuele vraag positief is, aangezien de residuele vraag het stuursignaal is. Hierdoor worden de pieken dus lager.

Figuur 29 - Werking O-PAC eerste 100 uur van het jaar



Het is te zien in de analyse van 2030 dat de O-PAC bij optimale inzet in staat is om de pieken van de overschotten en de tekorten beiden met 1,4 GW te verlagen. Op jaarbasis wordt 1,7 TWh aan elektriciteit opgeslagen en weer ontladen, wat overeenkomt met ruim 200 cycli. Dit betekent dat de O-PAC 3% van de tekorten en 11% van de landelijke overschotten kan opvangen. In 2050 kan dat nog meer zijn.

Tabel 11 - Invloed O-PAC op residuele vraag (2030)

	Residuele vraag excl. O-PAC	Residuele vraag incl. O-PAC	O-PAC	Eenheid
Maximum (tekort)	31,3	29,9	1,4	GW
Minimum (overschot)	-30,3	-28,9	-1,4	GW
Totaal tekort per jaar	55,1	53,4	1,7	TWh
Totaal overschot per jaar	16,9	15,2	1,7	TWh
Aantal cycli			200	

Door het gebruik van een O-PAC worden zowel de overschotten als de tekorten verminderd. Dit betekent enerzijds dat er minder regelbare centrales nodig zijn en anderzijds dat er minder overschotflexibiliteit, zoals batterijen en Power-to-X nodig zijn. De eerste analyse van de kosteneffectiviteit van de O-PAC laat zien dat de kosten in dezelfde orde van grootte liggen als van een batterij.

5.2 Gasnetten

5.2.1 Transport van methaan, waterstof en CO₂

Gasunie heeft berekeningen uitgevoerd aan de ombouw van het gastransportnet van aardgas naar waterstof. Hierbij zijn vier gassen relevant: hoogcalorisch aardgas, laagcalorisch aardgas, waterstof en CO₂. De scenario's voor 2050 maken hierin duidelijke keuzes, zodat de benodigde separate buisleidingen en capaciteiten voldoende zullen zijn. Voor 2030 ligt dit anders en is het een kritieke puzzel.

Gasunie heeft samen met CE Delft onderzocht welke opties bestaan voor toedeling van gassen aan bestaande buisleidingen, zowel voor 2030 als 2050, en hoe de beschikbare capaciteit zich dan verhoudt tot de volumes van vraag en aanbod in de verschillende scenario's.

Zonder keuzes kan waterstof naast aardgas worden gedistribueerd naar de GOS'sen. Tot aan de GOS'sen lopen parallelle buizen waarvan de één methaan en de ander waterstof kan transporteren. Vanaf de GOS'sen moet een keuze worden gemaakt tussen waterstof of methaan.

5.2.2 Distributie van waterstof

In met name het scenario Mondiale Sturing is waterstof voorzien als vervanger van aardgas voor verwarming van de gebouwde omgeving, vooral hybride met een warmtepomp. De netbeheerders hebben onderzocht of het distributienet geschikt kan worden gemaakt voor waterstof.

Waterstof gedraagt zich anders dan methaan, bovendien is voor dezelfde energie bij dezelfde druk drie keer het volume nodig. Men kan ofwel de druk verhogen ofwel het gas met hogere snelheden door het net laten stromen. De eerste optie is niet mogelijk in het gasnet, de tweede optie wel. Kritische factor is niet zozeer de buiscapaciteit, maar de stations en de verliezen in het net.

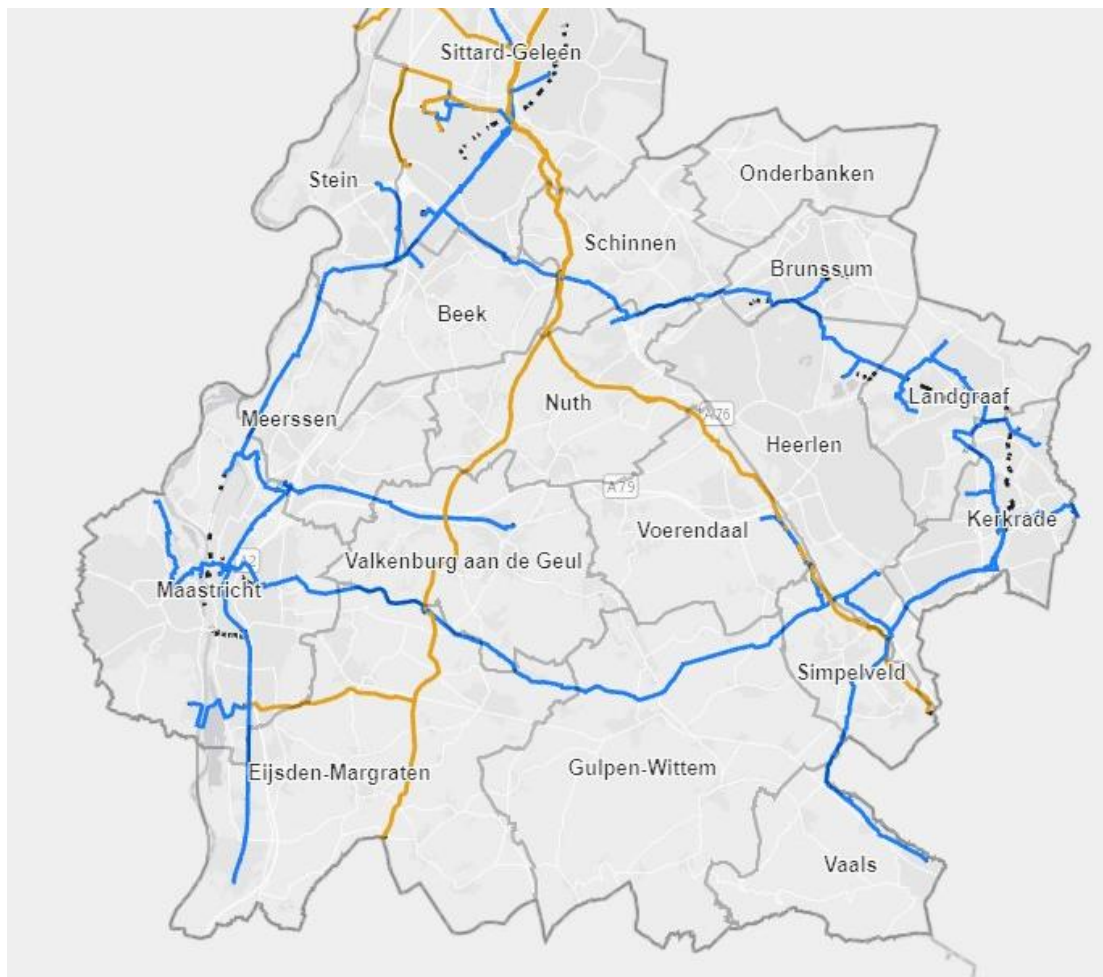
De conclusies van de doorrekening zijn:

- drukverliezen zijn vergelijkbaar met huidige verliezen met aardgas;

- voor 1-3% van leidingwerk zijn de benodigde snelheden buiten huidige ontwerpcriteria, op enkele kritieke trajecten zullen extra leidingen nodig zijn, met name hogedruk transportleidingen of uitgaande distributieleidingen;
- voor 10-50% van distributiestationen zijn volumes nodig buiten nominale capaciteit, daar zijn extra of nieuwe stations nodig;
- het meest waarschijnlijk is de onderkant van deze bandbreedtes, want waterstofvraag in gebouwde omgeving zal lager zijn dan huidig gasverbruik omgerekend.

In de distributiegebieden zal wel een keuze gemaakt moeten worden tussen de distributie van waterstof of van methaan. Het is niet eenvoudig mogelijk, of heel duur, om in een beperkt gebied waterstof aan gebouwen te gaan leveren. Figuur 30 laat zien welke gebieden per GOS beleverd worden en dus in zijn geheel moeten omschakelen op waterstof, of op methaan (groengas) moeten blijven.

Figuur 30 - Voorzieningsgebieden per GOS



Bron: Gasunie.

5.3 Warmtenetten

In Limburg zijn meerdere warmtenetten aanwezig. Uit analyse onder andere van CE Delft met het CEGOIA-model, blijkt dat in veel gebieden warmtelevering de goedkoopste manier is om klimaatneutraal te verwarmen en betekent het dat elektriciteitsnetten minder snel verzaamd hoeven te worden.

Een belangrijke belemmering voor de komende jaren is dat warmtenetten nog moeten concurreren met (goedkoop) aardgas en niet alleen met andere klimaatneutrale oplossingen. Daardoor komen warmtenetten moeizaam tot stand.

In de gemeente Sittard-Geleen zijn meerdere warmtenetten aanwezig, namelijk het Groene Net en Sittard Hoogveld. Deze netten maken gebruik van warmte geproduceerd door de biomassacentrale in Sittard (BES). Daarnaast wordt gebruikgemaakt van gasketels voor de piekvraag. Er zijn plannen om in de toekomst gebruik te maken van restwarmte van de naftakraker van SABIC op Chemelot.

Momenteel wordt er warmte geleverd aan ongeveer 1.200 woningen en enkele bedrijven in Sittard. Er zijn plannen om in de toekomst restwarmte van de kraker van SABIC te gebruiken voor warmtelevering aan woningen in Geleen, Stein en Beek via een nieuw warmtenet. Daarnaast worden de huidige warmtenetten uitgebreid. Het is de bedoeling dat in de toekomst 12.000 woningen in Sittard-Geleen, Beek en Stein aangesloten zijn op dit net¹⁵.

In Heerlen wordt gebruikgemaakt van mijnwater. Er wordt water uit de voormalige steenkolenmijnen gebruikt voor warmte- en koudelevering aan gebouwen. Op dit net zijn momenteel 270 woningen en verschillende andere gebouwen aangesloten en in de toekomst zullen er nog meer aangesloten worden¹⁶.

In Maastricht is een warmtenet aanwezig dat gebruik maakt van restwarmte van de papierfabriek van Sappi¹⁷ en in Venlo zijn enkele wijken aangesloten op een warmtenet dat warmte gebruikt van een biomassacentrale. In Swalmen en Reuver zijn warmtenetten met warmte- en koudeopslagsystemen (wko) aanwezig.

Voor de toekomst wordt gekeken naar de mogelijkheid om het Groene Net uit te breiden naar de rest van de regio zodat er efficiënt gebruik gemaakt kan worden van alle restwarmte die geproduceerd wordt op het terrein van Chemelot. Hiervoor moet een transportleiding aangelegd worden van Chemelot tot Maastricht. In potentie kunnen op deze manier 250.000 woningen verwarmd worden⁵.

Daarnaast zijn er plannen voor een nieuw warmtenet in Roermond, welke gebruik moet gaan maken van restwarmte van papierfabriek Smurfit Kappa¹⁸, en een nieuw warmtenet in Weert waar restwarmte van zinkfabriek Nyrstar in Budel gebruikt kan worden¹⁹.

¹⁵ [Duurzame warmte voor Adviescentrum Rabobank Westelijke Mijnstreek](#)

¹⁶ [Mijnwater : circulair energienetwerk van de toekomst](#)

¹⁷ [Ennatuurlijk : Warmtenet Maastricht](#)

¹⁸ [Smurfit Kappa stap verder met restwarmte in Roermond](#)

¹⁹ [Geld Rijk brengt warmtenet voor Weert stuk dichterbij](#)



5.5 Overzicht oplossingen van de knelpunten

Op basis van de analyse zijn de volgende oplossingen mogelijk voor de eerder gesignaleerde knelpunten:

Tabel 12 - Knelpunten en oplossingen in de diverse energie-infrastructuren

Knelpunten	Oplossingen
Elektriciteit	
Onvoldoende capaciteit voor levering aan industrie	Verzwaren: Pocketstructuur 380 kV Verzwaren: Upgraden 150 kV-lijn naar 380 kV-lijn Regelbare CO ₂ -vrije centrales
Onvoldoende capaciteit voor levering aan gebouwde omgeving (woningen, overige gebouwen, mobiliteit)	Verzwaren LS-net Aanleg slimme laadinfrastructuur Voorkomen elektrificatie warmtevraag Vraagverschuiving EV en WP Verzwaren onderstation (intern) Verzwaren onderstation - buiten bestaand station
Onvoldoende capaciteit voor invoeding van zonneparken	Aansluiten met lagere zekerheid Aansluiten met 30-50% lagere capaciteit Gecombineerd aansluiten (Cable pooling)
Onvoldoende regelbaar vermogen elektriciteit	O-PAC/batterijen Regelbare CO ₂ -vrije centrales
Gasnetten	
Ombouw gasnetten	Ombouw deel aardgasnet naar waterstof backbone Distributie van waterstof in huidig lage druk gasnet Levering waterstof aan industrie Levering waterstof aan tankstations
Warmtenetten	
– Onvoldoende transportnetten van industrie naar warmteleveringsgebieden	Aanleg warmtetransportnet
– Onvoldoende distributienetten voor warmtelevering gebouwde omgeving	Aanleg warmtedistributienetten
CO₂	
Transportleiding voor CO ₂	Aanleg CO ₂ -leiding van Ruhrgebied naar Rotterdam Transport van CO ₂ per schip naar Rotterdam

Uit het overzicht blijkt dat er een aantal robuuste knelpunten is:

- LS-netten elektriciteit;
- invoeding decentrale productie elektriciteit;
- levering elektriciteit aan de industrie
- onvoldoende regelbaar vermogen elektriciteit’;
- gas/waterstoftransport.

Dat laatste knelpunt lijkt echter al te zijn opgelost door de beslissing om de waterstof-backbone aan te gaan leggen (planning 2027).

De invoeding van elektriciteit van zonneparken legt een groot beslag op de netcapaciteit. In vergelijking met windenergie is het beslag op de netcapaciteit drie keer zo hoog omdat de bedrijfstijd van een zonnepark circa 950 uur per jaar is, terwijl dat voor windenergie op land 2.500-3.000 uur per jaar is.

De andere knelpunten zijn afhankelijk van het soort energievraag dat ontstaat:

- waterstofgebruik in de gebouwde omgeving;
- warmtelevering in de gebouwde omgeving;
- transport van CO₂ voor afvang van CO₂ in de industrie, en al dan niet in combinatie met transport vanuit Duitsland.

5.6 Belemmeringen bij het oplossen van de knelpunten

Oplossingsrichtingen kennen op hun beurt weer belemmeringen om ze te kunnen realiseren. Veel aandacht wordt op dit moment besteed aan het versnellen van de energietransitie waarbij de huidige tekorten aan netcapaciteit voor veel frustratie zorgen bij ontwikkelaars van met name zonneprojecten. In deze systeemstudie is het accent vooral gericht op de langetermijnoplossingen door nu al in beeld te brengen wat er nodig kan zijn aan infrastructuur om te voorkomen dat initiatiefnemers, bedrijven en netbeheerders geen stappen kunnen zetten. De belangrijkste belemmering voor de korte termijn is dat de netten door de wezenlijke veranderingen van vooral het aanbod van elektriciteit, niet snel geschikt kunnen worden gemaakt.

In Bijlage F zijn de belemmeringen verder toegelicht.

Tabel 13 - Belemmeringen bij het oplossen van knelpunten

Belemmering	Hoogspanning	Midden- en laagspanning	Gasnetten	Warmtenetten
Regulatorisch kader	X	X	X	X
Lange doorlooptijden	X	X		X
Geen ruimte	X	X		
Ouderdom installaties		X		
Split incentives	X	X		
Nettarief: aansluitkosten max.		X		
Speculatie		X		
Geen uitvoeringscapaciteit		X		X
Andere belangen prevaleren		X		X
Kosten/baten		X		X

5.7 Oplossingen samen met Duitsland en/of België?

In Bijlage E is uitgebreid ingegaan op de ontwikkelingen in de energievraag, -aanbod en infrastructuur in België en Duitsland. Voor de zekerheid van de Limburgse energievoorziening is versterking van de aansluitingen met België en/of Duitsland niet nodig. Wel kan België belang hebben bij verdere verzwaring van de aansluiting op het 380 kV-net van TenneT om de problemen met de beschikbare productiecapaciteit te verkleinen. De minister heeft recent (juli 2020) nog duidelijk gesteld dat aansluiting van de Claus-centrale direct op het Belgische net niet aan de orde is.

Ook al zou het technisch goed mogelijk zijn om delen van het Nederlandse net op MS-niveau aan te sluiten op het Duitse net (Kerkrade), dan nog is het geen structurele oplossing die noodzakelijk is om de voorziening in Nederland te versterken. Alle gebruikers in Nederland kunnen zeker in 2050 met voldoende capaciteit worden aangesloten als de knelpunten die zijn gedetecteerd tijdig worden aangepakt, daar zijn geen aansluitingen op MS-niveau voor nodig.

5.8 Governance

Deze systeemstudie maakt duidelijk dat, met de energietransitie naar klimaatneutraal, de vraag aan energie-infrastructuren zal veranderen en welke vraagstukken specifiek ontstaan afhankelijk van een sterk accent op waterstof of elektrificatie of groengas, veel lokale energiebronnen of juist energie van buiten. Overleg en coördinatie zijn nodig om de transitie steeds verder uit te tekenen, belemmeringen tijdig in beeld te krijgen en partijen niet voor voldongen feiten te stellen. Het gaat dan om zowel vraagpartijen, aanbodpartijen alsook netbeheerders Enexis, TenneT en Gasunie, en overheden (gemeenten, provincie, Rijk).

We zien drie belangrijke randvoorwaarden om de noodzakelijke aanpassingen van de energie-infrastructuur zoals die in deze systeemstudie zijn beschreven, goed te laten verlopen:

- blijvend inzicht is nodig in de ontwikkelingen van de energietransitie en de effecten op noodzakelijke infrastructuur;
- alle partijen moeten goed samenwerken om de snelheid van handelen te maximaliseren;
- voor veel oplossingen zijn aanpassingen van wet- en regelgeving nodig.

5.8.1 Blijvend inzicht

Het opstellen van systeemstudies is geboren uit noodzaak om inzicht te krijgen in aanpassingen in de verschillende provincies. Tegelijkertijd hebben de netbeheerders na het ‘Net voor de Toekomst’ ingezien dat het noodzakelijk is om de inzichten in de ontwikkelingen van vraag en aanbod actueel te houden. Tweejaarlijks zal door Gasunie, TenneT en de regionale netbeheerders een Integrale Infrastructuurverkenning (‘doorrekening’) worden uitgevoerd, waarbij met de meest actuele inzichten vanuit de ‘levende datasets over 2030 en 2050’ een nieuwe doorrekening wordt gedaan door de netbeheerders. Hieruit volgt een infrastructuur ontwikkelpad, dat de basis vormt voor de investeringsplannen van de netbeheerder en de investeringsvoorstellen van de infrastructuurbedrijven. Aansturing en coördinatie van het actueel houden van deze ‘levende datasets’ zou de Provincie kunnen coördineren, omdat géén van de andere partners voldoende mandaat of overzicht heeft om dit te doen.

5.8.2 Goed samenwerken

Op dit moment zijn er al regelmatig overleggen, vaak casusgewijs, maar niet strategisch, bijvoorbeeld op directieniveau tussen de netbeheerders en gedeputeerden. Een structureel overleg onder regie van de Provincie met een heldere agenda en een concrete lijst van lopende acties waarbij enerzijds de noodzaak, en de voortgang en anderzijds noodzakelijke inspanningen van het Rijk aan bod moeten komen. Dit kan ervoor zorgen dat de snelheid van noodzakelijke oplossingen wordt gemaximaliseerd.

Wij adviseren de Provincie een regierol op zich te nemen. Alle betrokken partijen spreken elkaar ad hoc en in klein verband regelmatig. Wat nodig is dat alle betrokkenen gezamenlijk en met enige regelmatig met elkaar bespreken hoe ze elkaar kunnen en moeten helpen. Het voorstel is om dit uit te splitsen in twee sporen:

1. Energie-infra-overleg 1: Vanuit de RES’sen, met Enexis. Focus op distributie van elektriciteit, gas en warmte; focus op de sectoren gebouwde omgeving, mobiliteit en lokale opwek.
2. Energie-infra-overleg 2: Vanuit LEA en Chemelot, met TenneT, Gasunie en Rijksoverheid. Focus op transport van elektriciteit, gas en CO₂; focus op de sectoren industrie, glastuinbouw en regelbare CO₂-vrije centrales.

De Provincie levert de secretaris en gezamenlijk wordt gezocht naar een voorzitter waarbij bij het eerste overleg een wethouder die ook actief is in een RES-regio een optie is, en voor het tweede overleg een bestuurder van LEA of Chemelot.

De overleggen worden goed voorbereid te starten met een actielijst vanuit deze systeemstudie. De actielijst wordt door elke overleggroep besproken en zal uitmonden in een programma van aanpak dat houvast biedt voor de overleggen en regelmatig wordt geactualiseerd.

Natuurlijk zijn er ook dwarsverbanden. Deze zullen expliciet aan bod moeten komen in beide sporen, waarbij de Provincie zorgt dat relevante zaken bij beide overleggen worden ingebracht.

5.8.3 Aanpassing wet/regelgeving

De energietransitie is gebaseerd op het Klimaatakkoord waarin alle partijen zich hebben verplicht om vele stappen te zetten, onder andere met de energie-infrastructuur. Maar de huidige wet/regelgeving is allerm minst toegesneden op de aanpassingen die nodig zijn. Vanuit de lokale/regionale praktijk waar er de wens is om werkelijk te acteren zullen de hindernissen helder gemaakt moeten worden.

Afstemming met het Rijk is daarom nodig om provinciale ontwikkelingen en nationaal beleid met elkaar in de pas te laten lopen en belemmeringen te adresseren ten aanzien van investeringen in het net en regelgeving rondom flexmaatregelen. Ook hier is een centrale rol weggelegd voor de Provincie. Het Plan voor de Energiehoofdstructuur (PEH) dat in 2022 moet verschijnen is hiervoor een goed aanknopingspunt, maar ook de Omgevingswet (waarbinnen PEH één van de programma's is).

Alle partijen hebben hun eigen lobby-trajecten via hun brancheorganisaties en komen elkaar daar regelmatig tegen. Vanuit de provinciale praktijk zouden de noodzakelijke aanpassingen van regulering, tarieven en dergelijke aan bod kunnen komen. Vervolgens kunnen deze op de agenda van alle brancheorganisaties in Den Haag gezet worden. Een halfjaarlijks overleg tussen de Gedeputeerde RO en de Gedeputeerde Energie met de directie van Enexis, Gasunie en TenneT, waar de strategische aspecten uit de beide sporen worden besproken, helpt de knelpunten vanuit de praktijk te benoemen en vervolg te geven. Dit kan leiden tot het gezamenlijk handelen richting Den Haag of via de eigen brancheorganisaties.

6 Conclusies en aanbevelingen

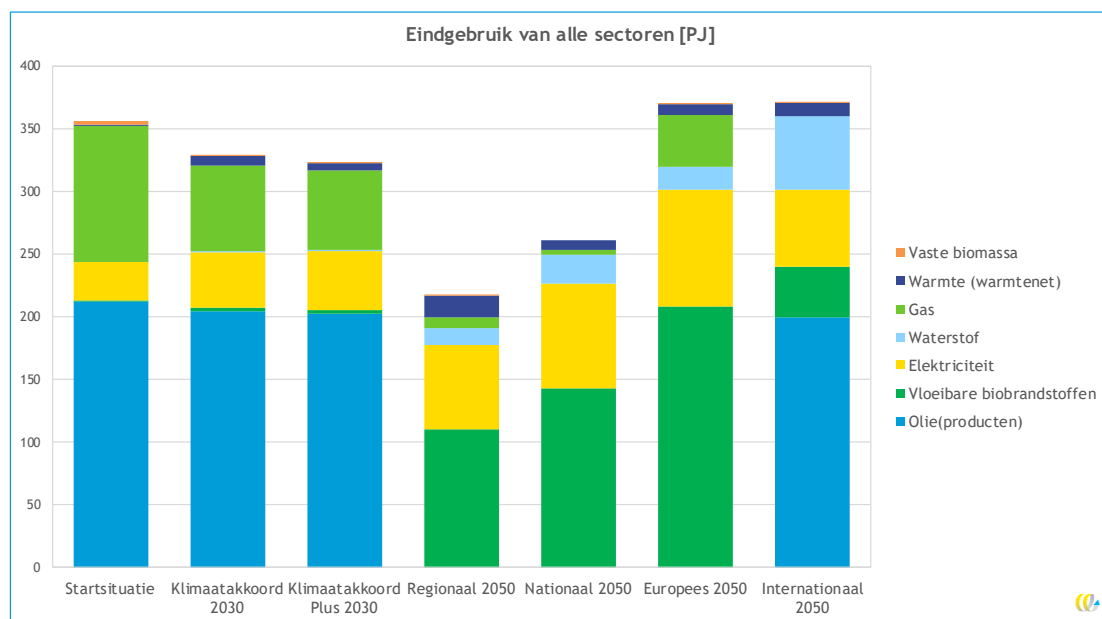
6.1 Energievraag

De vraag naar elektriciteit neemt sterk toe, in alle scenario's. Als klimaatneutraal de norm wordt betekent dat een grote verandering in het energiesysteem. Aardgas wordt vervangen door efficiencyverbetering, elektriciteit en waterstof. Aardolie (benzine/diesel voor de mobiliteit) wordt vervangen door elektriciteit en waterstof, en de feedstock door bio-olie of waterstof.

Warmtelevering is een maatschappelijk verantwoorde manier om in een deel van Limburg de druk op het elektriciteitsnet niet verder te vergroten. Het is voor een aantal gebieden de goedkoopste manier om klimaatneutraal te verwarmen.

Een CO₂-net is alleen zinvol als het onderdeel is van een verbinding tussen Duitsland en Rotterdam. Alleen voor transport van CO₂ van Chemelot zou transport per schip (0,8 Mton per jaar) voldoende kunnen zijn.

Figuur 31 - Overzicht totale energievraag in Limburg (in PJ)



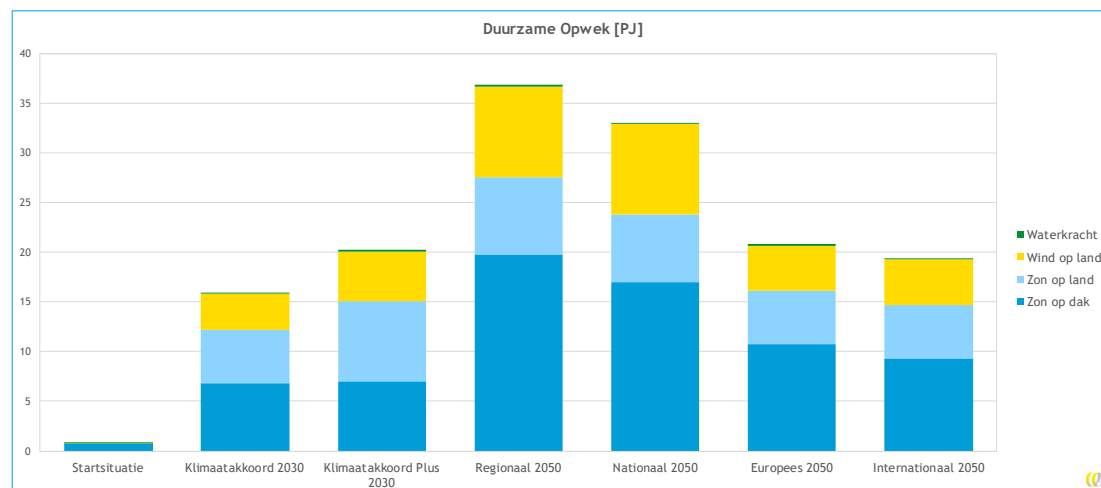
6.2 Energieaanbod

Zonne-energie is de belangrijkste hernieuwbare energiebron in Limburg. De RES'sen hebben zwaar ingezet op zonneparken. Dit levert nu al problemen op vanwege de schaarste aan transportcapaciteit.

Omdat fluctuerende energiebronnen als zon en wind niet altijd beschikbaar zijn, zullen voldoende regelbare elektriciteitscentrales en/of opslagsystemen beschikbaar moeten komen. Regelbare centrales gevoed door waterstof zijn mogelijk op locaties in Buggenum, Cuijk (Brabant), Maasbracht en Chemelot.

Waterstof zal via de backbone van Gasunie de Limburgse vraag gaan voorzien, eigen productie van waterstof lijkt niet kansrijk.

Figuur 32 - Overzicht duurzame opwek (in PJ)



6.3 Knelpunten

Omdat het energiesysteem drastisch verandert, zal ook de energie-infrastructuur drastisch moeten veranderen.

Tabel 14 - Knelpunten in alle energie-infrastructuur

Knelpunten Limburg	2030	2030+	Regionaal	Nationaal	Europees	Internationaal
Elektriciteit						
Onvoldoende capaciteit voor levering aan industrie			X	X	X	
Onvoldoende capaciteit voor levering aan gebouwde omgeving (woningen, overige gebouwen, mobiliteit)		X	X	X		
Onvoldoende capaciteit voor invoeding van zonneparken	X	X	X	X	X	X
Onvoldoende regelbaar vermogen elektriciteit		X	X	X	X	X
Gasnetten						
Transport waterstof		X	X	X	X	X
Distributie waterstof						X
Warmtenetten						
Onvoldoende transportnetten van industrie naar warmteleveringsgebieden	X		X			
Onvoldoende distributienetten voor warmtelevering	X		X		X	
Transport CO ₂					X	

De robuuste knelpunten zijn in Tabel 14 geel gemaakt. De andere komen slechts in enkele scenario's voor.

6.4 Oplossingen

Wat zijn de mogelijke oplossingen voor deze knelpunten, oftewel wat zijn de opgaven voor de energie-infrastructuur in Limburg? En wat voor aanbevelingen kunnen we doen over meer of minder geschikte oplossingen en te ondernemen stappen?

Elektriciteitsnet regionale netbeheerder

Verzwaring van de elektriciteitsvoorziening is overal noodzakelijk. Tien onderstations zullen tijdig moeten worden aangepakt omdat de oplossing buiten het bestaande station moet worden gezocht, en dit vergt lange doorlooptijden.

Wanneer de warmtevraag van de gebouwde omgeving wordt geëlektrificeerd, dan kan verzwaring van het netwerk noodzakelijk worden. Hetzelfde geldt voor elektrificatie van mobiliteit. Slim laden kan de noodzaak voor verzwaring vanuit mobiliteit verlichten. Alternatieven zijn verwarming met groengas of waterstof, en mobiliteit met waterstof. Kiest men voor elektrificatie, dan is voorbereiding van verzwaring van midden- en laagspanningsnet met de regionale netbeheerder noodzakelijk, ook al voor 2030. Dit vraagt intensieve afstemming tussen Enexis en lokale overheden.

Er is meer potentie voor lokale opwek dan nu door de netten kan worden verwerkt. Bij groei boven de huidige ambities van de RES zal flexibiliteit een deel van de oplossingen moeten vormen. Aansluiting op lagere zekerheid, waar in geval van een storing de afname niet meer verzekerd is, vormt een eerste alternatief voor verzwaring. Deze optie is momenteel nog niet in de netcode vastgelegd. Kleinere aansluitingen in combinatie met batterijen kan het aanbod van zonneparken spreiden over de tijd. Dit kan maatschappelijk zinvol zijn, maar wordt door de huidige structuur van nettarieven niet gestimuleerd.

Hoogspanningsnet

Het 150 kV-net geeft aanbodknelpunten bij een sterke groei van lokale opwek en door toenemende vraag door elektrificatie. Het is zaak voor TenneT om hier, samen met regionale netbeheerder Enexis, de vinger aan de pols te houden. Aansluiting op lagere zekerheid of kleinere capaciteit dan piekvermogen kunnen ook op het hoogspanningsnet bijdragen om knelpunten te voorkomen. Verzwaring van het 150/380 kV-net tot in Zuid-Limburg is onvermijdelijk.

Gasnet (methaan, waterstof en CO₂)

Lokale overheden en bewoners staan voor keuzes omtrent de gebouwde omgeving: verwarmen met groengas of waterstof, met warmtepompen, of warmtelevering? En dus via het gasnet, het elektriciteitsnet, of een warmtenet? Voor het gasnet voor distributie betekent dit gecontinueerd gebruik, ombouw of amoveren.

Voor het transportnet van gassen is capaciteit niet het voornaamste probleem, wel de planning. In een overgangperiode is er vraag naar transport van vier gassen: hoogcalorisch en laagcalorisch aardgas, waterstof en CO₂. Dit vraagt gelijktijdige capaciteit in meerdere buisleidingen.

Warmtenet

Er is potentie voor (uitbreiding van) warmtenetten in Maastricht, Venlo, Roermond, Parkstad, gezien de nabijheid van bronnen en de dichtheid van bebouwing. Warmtenetten vereisen aanleg van infrastructuur voor transport en distributie, en governance over levering en afname. Expertise moet verder worden opgebouwd voor besluitvorming op hetzelfde niveau als bij gas- en elektriciteitsnetten. Dit is mede afhankelijk van de ontwikkeling van de Warmtewet 2.0.

Maar het allerbelangrijkste is dat goedkoop aardgas, met CO₂-emissie, niet langer de concurrentie bepaalt.

Overzicht

Op basis van de analyse zijn de volgende oplossingen mogelijk voor de eerder gesignaleerde knelpunten:

Tabel 15 - Knelpunten en oplossingen in de diverse energie-infrastructuren

Knelpunten	Oplossingen
Elektriciteit	
Onvoldoende capaciteit voor levering aan industrie	Verzwaren: Pocketstructuur 380 kV Verzwaren: Upgraden 150 kV-lijn naar 380 kV-lijn Regelbare CO ₂ -vrije centrales
Onvoldoende capaciteit voor levering aan gebouwde omgeving (woningen, overige gebouwen, mobiliteit)	Verzwaren LS-net Aanleg slimme laadinfrastructuur Voorkomen elektrificatie warmtevraag Vraagverschuiving EV en WP Verzwaren onderstation (intern) Verzwaren onderstation - buiten bestaand station
Onvoldoende capaciteit voor invoeding van zonneparken	Aansluiten met lagere zekerheid Aansluiten met 30-50% lagere capaciteit Gecombineerd aansluiten (Cable pooling)
Onvoldoende regelbaar vermogen elektriciteit	O-PAC/batterijen Regelbare CO ₂ -vrije centrales
Gasnetten	
Ombouw gasnetten	Ombouw deel aardgasnet naar waterstofbackbone Distributie van waterstof in huidig lage druk gasnet Levering waterstof aan industrie Levering waterstof aan tankstations
Warmtenetten	
– Onvoldoende transportnetten van industrie naar warmteleveringsgebieden	Aanleg warmtetransportnet
– Onvoldoende distributienetten voor warmtelevering gebouwde omgeving	Aanleg warmtedistributienetten
CO₂	
Transportleiding voor CO ₂	Aanleg CO ₂ -leiding van Ruhrgebied naar Rotterdam Transport van CO ₂ per schip naar Rotterdam

6.5 Aanbevelingen

Gezien de veelheid aan oplossingen die nodig zijn in alle energienetten en vaak ook nog met de nodige haast, is het noodzakelijk om de direct betrokken partijen structureel te laten overleggen. Dat gaat enerzijds om de hoofdinfrastructuur met de landelijke netbeheerders Gasunie en TenneT, de Provincie en de vertegenwoordigers van de industrie en vertegenwoordigers van de gemeenten. Anderzijds gaat het om de meer lokale/regionale netten (elektriciteit, distributie waterstof, warmtenetten) waar provincie, gemeenten en Enexis regelmatig samen de oplossingen voor komende en reeds bestaande knelpunten kunnen bespreken.

We zien drie belangrijke randvoorwaarden om de noodzakelijke aanpassingen van de energie-infrastructuur zoals die in deze systeemstudie zijn beschreven, goed te laten verlopen:

- blijvend inzicht is nodig in de ontwikkelingen van de energietransitie en de effecten op noodzakelijke infrastructuur;
- alle partijen moeten goed samenwerken om de snelheid van handelen te maximaliseren;
- voor veel oplossingen zijn aanpassingen van wet- en regelgeving nodig om snelheid te kunnen krijgen.

Blijvend inzicht

Tweejaarlijks zal door Gasunie, Tennet en de regionale netbeheerders een Integrale Infrastructuurverkenning ('doorrekening') worden uitgevoerd. Aansturing van het actueel houden van de 'levende datasets' zou de Provincie goed kunnen coördineren.

Goed samenwerken

De Provincie wordt geadviseerd een regierol te spelen, zonder de rol van andere partijen over te nemen, uit te splitsen in twee sporen:

- Energie-infra-overleg 1: Vanuit de RES'sen, met Enexis. Focus op distributie van elektriciteit, gas en warmte; focus op de sectoren gebouwde omgeving, mobiliteit en lokale opwek.
- Energie-infra-overleg 2: Vanuit LEA en Chemelot, met TenneT, Gasunie en Rijksoverheid. Focus op transport van elektriciteit, gas en CO₂; focus op de sectoren industrie, glastuinbouw en regelbare CO₂-vrije centrales.

Aanpassing wet/regelgeving

Afstemming met het Rijk is nodig om provinciale ontwikkelingen en nationaal beleid met elkaar in de pas te laten lopen en belemmeringen op te lossen. Geadviseerd wordt een halfjaarlijks overleg te starten tussen de Gedeputeerde RO en de Gedeputeerde Energie met de directie van Enexis, Gasunie en TenneT waar de strategische aspecten uit de beide sporen worden besproken.

Literatuur

- ACM, 2018. *Besluit maximumprijs levering warmte 2019*. [Online]
Available at: <https://www.acm.nl/nl/publicaties/besluit-maximumprijs-levering-warmte-2019>
[Geopend 2019].
- Berenschot & Kalavasta, 2020. *Klimaatneutrale energiescenario's 2050*, Utrecht: Berenschot.
- CBS, 2016. *Kerncijfers wijken en buurten*. sl:sn
- CBS, 2017. *Energieverbruik particuliere woningen; woningtype en regio's*. [Online]
Available at:
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81528NED/table?fromstatweb>
[Geopend 2020].
- CBS, 2020a. *Energieverbruik particuliere woningen; woningtype en regio's peiljaar 2017*. [Online]
Available at:
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81528NED/table?fromstatweb>
[Geopend 2020].
- CBS, 2020b. *Kerncijfers wijken en buurten 2017*. [Online]
Available at:
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83765NED/table?ts=1594295762962>
[Geopend 2020].
- CE Delft en Generation.Energy, 2019. *Analysekaarten NP RES : verantwoording bronnen en methoden*. [Online]
Available at: <https://www.regionale-energiestrategie.nl/toolbox/analysekaarten+np+res/default.aspx>
[Geopend 2019].
- CE Delft, 2015. *Visie 2030 Glastuinbouw : Energie en Klimaat ; rapportage fase 1*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017a. *Net voor de Toekomst*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017b. *Net voor de Toekomst : Achtergrondrapport*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017c. *Net voor de toekomst*, <https://www.ce.nl/publicaties/2030/net-voor-de-toekomst>: Netbeheer Nederland.
- CE Delft, 2018. *Elektrificatiepotentieel SDR-bedrijven in de Kanaalzone : Verkenning van de mogelijke lange termijn ontwikkelingen in industriële elektriciteitsbehoefte bij verschillende beleidsontwikkelingen*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2018. *Roadmap towards a climate neutral industry in the Delta region*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2018. *Weg van gas- kansen voor de nieuwe concepten LTA en Mijnwater*, sl: sn
- CE Delft, 2019. *CELINE rekenmodel Laadbehoefte elektrische auto's*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2020. *Potentieel van lokale biomassa en invoedlocaties van groengas*. Delft, CE Delft.
- DES BV, 2019. *Samenwerkingsverband telers in Sirjansland realiseert een uniek duurzaam energie project*. [Online]
Available at: <http://www.des-bv.nl/home/>
[Geopend 2019].
- DNV GL, 2020. *Taskforce Infrastructuur Klimaatakkoord Industrie- Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat 0.1*, Arnhem: DNV GL Netherlands B.V..
- DOW, sd *De ELSTA centrale behoort tot de schoonste gasgestookte centrales van Europa*. [Online]



Available at: <https://www.elstacogen.nl/>
 [Geopend 2019].

ECN, 2013. *Verbetering referentiebeeld utiliteitssector*, sl: sn

Enexis, 2019b. *Gebieden met schaarste voor teruglevering op het energienet*. [Online]
 Available at: <https://www.enexis.nl/zakelijk/duurzaam/bepaalde-capaciteit/gebieden-met-schaarste>
 [Geopend 2 28 2020].

Enexis, 2019. *Dataset liggingsgegevens elektriciteitsnetten*. [Online]
 Available at: <https://www.enexis.nl/over-ons/wat-bieden-we/andere-diensten/open-data>
 [Geopend 2020].

EPZ, sd *Kerncentrale*. [Online]
 Available at: <https://epz.nl/themas/kerncentrale>
 [Geopend 2020].

Gasunie TenneT, 2019. *Infrastructure Outlook 2050*, sl: sn

Gasunie, 2018. *Verkenning 2050*, sl: sn

Gemini , lopend. *Gemini : About Gemini wind park*. [Online]
 Available at: <https://www.geminiwindpark.nl/about-gemini-wind-park.html>
 [Geopend 2019].

GTS, 2019. *Gasunie Transport Services : Jaarverslag 2018* , Groningen: Gasunie Transport Services (GTS).

Klimaatakkoord.nl, 2019. *Klimaatakkoord*, Den Haag: Rijksoverheid.

Klimaatmonitor, 2017. *Database- Energieverbruik Totalen*. [Online]
 Available at: <https://klimaatmonitor.databank.nl/Jive>
 [Geopend 18 3 2020].

Klimaatmonitor, 2018. *Vermogen geregistreerde zonnepanelen*. [Online]
 Available at: <https://klimaatmonitor.databank.nl/Jive>
 [Geopend 3 2020].

Meijer Energie & Milieumanagement B.V, 2008. *SWING*, Den Haag: Meijer Energie & Milieumanagement B.V.

NGR, 2015. *Bestand Bodemgebruik 2015 (CBS Data)*. [Online]
 Available at:
<http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwerk/srv/dut/catalog.search#/metadat>
 [Geopend 13 12 2019].

NPRES, 2019. *Analysekaarten NP RES (Nationaal Programma Regionale Energie Strategie)*. [Online]
 Available at: <https://www.regionale-energiestrategie.nl/ondersteuning/analysekaarten+np+res/default.aspx>
 [Geopend 3 2020].

Ørsted, sd *Borssele 1+2 : Algemene informatie windpark Borssele 1+2*. [Online]
 Available at: <https://orsted.nl/Onze-windparken/Borssele-1-and-2>
 [Geopend 2019].

Over Morgen, 2019. *Factsheets Prognose Elektrisch Vervoer per Gemeente (Provincie Zeeland)* , sl: sn

PBL, 2019a. *Effecten ontwerp klimaatakkoord*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL, 2019b. *Achtergronddocument Effecten Ontwerp Klimaatakkoord: Elektriciteit*, https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-achtergrondrapport-effecten-ontwerp-klimaatakkoord-elektriciteit_3685.pdf: PBL.

Provincie Zeeland, lopend. *Zeeland land in zee : Open Data portaal Zeeland*. [Online]
 Available at: <https://dataportaal.zeeland.nl/dataportaal/srv/dut/catalog.search#/home>
 [Geopend 2020].

Rijksoverheid, 2020. *HyWay 27*. [Online]
 Available at: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/06/15/hyway-27-gaat->

van-start-ezk-gasunie-en-tennet-onderzoeken-inzet-landelijk-gasnet-voor-de-ontwikkeling-van-waterstofinfrastructuur

[Geopend 13 8 2020].

Rijksoverheid, sd *Emissieregistratie*. [Online]

Available at: <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/selectie/criteria.aspx>

[Geopend 15 oktober 2019].

Rijksoverheid, sd *Noordzeeloket, functies en gebruik : Windenergie op zee*. [Online]

Available at: <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie-zee/>

[Geopend 2019].

Rijkswaterstaat, lopend a. *Klimaatmonitor: Landbouw, Bosbouw en Visserij (fysieke eenheden) 2018 : Gemeenten van Zeeland*. [Online]

Available at: https://klimaatmonitor.databank.nl/Jive?workspace_guid=7c008637-4f3a-44e1-80b0-3d14e665c1c7

[Geopend 2019].

Rijkswaterstaat, lopend g. *Vermogen geregistreerde zonnepanelen 2018 : Gemeenten van Zeeland*. [Online]

Available at: https://klimaatmonitor.databank.nl/Jive?workspace_guid=3fe005a5-fd10-4e14-8e81-fd9838b86cde

[Geopend 2019b].

Royal HaskoningDHV; M-tech; sitech; CE Delft, 2019. *Onderzoek Clean Underground Sustainable Transport (CUST): Verkenning naar de haalbaarheid, vormgeving en realisatie van grootschalige pijpleidinginfrastructuur voor klimaatneutrale industrie in North Sea Port*, Amersfoort: HaskoningDHV Nederland BV.

Royal HaskoningDHV; M-tech; sitech; CE Delft, 2019. *Onderzoek Clean Underground Sustainable Transport (CUST): Verkenning naar de haalbaarheid, vormgeving en realisatie van grootschalige pijpleidinginfrastructuur voor klimaatneutrale industrie in North Sea Port*, Amersfoort: HaskoningDHV Nederland BV.

RVO, 2018a. *Monitor Wind op Land 2017*, Utrecht: RVO.

RVO, 2018b. *Windsnelheid per gemeente SDE+*. [Online]

Available at:

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/12/Windsnelheid%20per%20gemeente%20SDE%20december%202018.pdf>

[Geopend 2019].

RVO, 2020. *Projecten in beheer SDE+, peildatum 6 januari 2020*. [Online]

Available at: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/sde/feiten-en-cijfers/feiten-en-cijfers-sde-algemeen>

[Geopend 2020].

RVO, 2020. *Warmteatlas*. [Online]

Available at: <https://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>

[Geopend 4 2020].

RVO, lopend. *EPBD*. [Online]

Available at: <https://www.ep-online.nl/ep-online/>

[Geopend 2019].

Sloecentrale, sd *Our Power, Your Energy*. [Online]

Available at: <https://www.sloecentrale.nl/nl/#Home>

[Geopend 2019].

Sunvest, 2019. *Energiepark Duurkenakker*. [Online]

Available at: <https://sunvest.nl/energiepark-duurkenakker/>

[Geopend 2019].

TenneT, 2020. *Hoogspanningsnet Nederland - Asset gegevens TenneT TSO B.V.* [Online]

Available at:

<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=646a6dee22bf485587bc4daf98da1306>

[Geopend 2020].

TNO; EBN, 2018. *Ondergrondse Opslag in Nederland: Technische verkenning*, Utrecht: TNO.

Van Oord, 2018. *Borssele III/IV van Blauwwind consortium bereikt Financial Close*. [Online] Available at: <https://www.vanoord.com/nl/nieuws/2018-borssele-iiiiv-van-blauwwind-consortium-bereikt-financial-close> [Geopend 2019].

Velden, N. v. d., Smit, P. & Buurma, J., 2018. *Prognoses CO2-emissie glastuinbouw 2030*, Wageningen: Wageningen Economic Research.

WamCO2, 2018. *Duurzame glastuinbouw door gebruik van restwarmte en rest CO2*. [Online] Available at: <https://www.warmco.nl/page/warmco/> [Geopend 2019].

Windstats, 2019. *Statistieken*. [Online] Available at: <https://windstats.nl/statistieken/> [Geopend 3 2020].

WK2020, 2013. *WoningKwaliteit 2020 Factsheet 7.5 : Verschil tussen theoretisch en werkelijk energiegebruik voor woningverwarming*. [Online] Available at: <http://www.wk2020.nl/documents/Factsheet7.5.pdf> [Geopend 2019].

Zeeuws Energieakkoord, 2019a. *Parijs op z'n Zeeuws*. [Online] Available at: <https://www.zeeuwsenergieakkoord.nl/> [Geopend 2019].

Zeeuws Energieakkoord, 2019b. *Bouwsteen RES Zeeland Gebouwde Omgeving (concept)*, sl: Zeeuws Energieakkoord.

Zeeuws Energieakkoord, 2019c. *Bouwsteen RES Zeeland Mobiliteit (concept)*, sl: Zeeuws Energieakkoord.

Zeeuws Energieakkoord, 2019d. *Bouwsteen RES Zeeland Elektriciteit (concept)*, sl: Zeeuws Energieakkoord.

A Deelnemers

De begeleidingscommissie bestond uit:

Naam	Organisatie
Jan Jaap van Halem, Mireilla Partouns	Provincie Limburg
René Slaghek	Chemelot
Thijs van Dael, Viktor Beelen	Enexis
Patrick Pitors	TenneT
Marijke Kellner, Jarig Steringa, Martijn Douwes	Gasunie

De uitvoerders waren:

Naam	Organisatie
Frans Rooijers, Joeri Vendrik, Thijs Scholten, Sjoerd van der Niet, Marijke Meyer	CE Delft
Michiel den Haan, Alexander Wirtz	Quintel Intelligence
Sebastiaan Hers	TNO

Door de coronacrisis hebben de meeste sessies via videoconferencing plaatsgevonden, onder andere met de gemeenten/RES-regio's op 28 mei, twee sessies.

Met de industrie op 3 juni.

Met gedeputeerden en directie Provincie onder andere op 2 juni.

B Begrippenlijst

Maattermen	
kilo	duizend, 1.000 (10^3)
Mega	miljoen, 1.000.000 (10^6)
Giga	miljard, 1.000.000.000 (10^9)
Tera	biljoen, 1.000.000.000.000 (10^{12})
Peta	biljard, 1.000.000.000.000.000 (10^{15})
bcm	<i>billion cubic meters</i> : miljard kubieke meter
ha	hectare, oppervlak van 100 x 100 meter

Vermogen	
W	Watt: maat voor vermogen om energie te leveren
kW	kilowatt: 10^3 Watt aan vermogen
MW	megawatt: 10^6 Watt aan vermogen
GW	gigawatt: 10^9 Watt aan vermogen
MWe, GWe	megawatt of gigawatt vermogen specifiek aan de elektrische zijde van een installatie, bijvoorbeeld het outputvermogen van een centrale of het inputvermogen van een elektrolyser

Energie	
J	Joule: maat voor energie, 1 J = 1 W vermogen gedurende 1 seconde
GJ	gigajoule: 10^9 Joule aan energie
TJ	terajoule: 10^{12} Joule aan energie
PJ	petajoule: 10^{15} Joule aan energie
Wh	Wattuur: maat voor energie, 1 Wh = 1 W vermogen gedurende 1 uur = 3.600 J
MWh	megawattuur: 10^6 Wh aan energie
GWh	gigawattuur: 10^9 Wh aan energie
TWh	terawattuur: 10^{12} Wh aan energie

Categorieën	
GO	Gebouwde omgeving
MOB	Mobiliteit
IND	Industrie
LBW	Landbouw inclusief glastuinbouw
E	Elektriciteit
CH ₄	Methaan
H ₂	Waterstof
WOZ	Wind op zee
WOL	Wind op land
ZON	Zon-pv
Z+W	Zonne- en windenergie
W	Warmte
B	Biomassa

Technische termen en afkortingen	
STEG	Stoom- en gasturbine: voor elektriciteitsproductie.
Wkk	Warmtekrachtkoppeling: bij het maken van warmte ook elektriciteit maken, bijvoorbeeld door met de hete stoom een turbine aan te drijven.
COP	<i>Coefficient Of Performance</i> : maat voor efficiëntie, hoeveel nuttige energie er geproduceerd wordt per deel aangeleverde energie als input. Bijvoorbeeld een warmtepomp heeft een COP groter dan 1, want die haalt meer warmte uit de omgeving dan die daarvoor aan elektriciteit nodig heeft.
Residual load	Vraag min niet regelbaar aanbod, bijvoorbeeld uit zon en wind. De residual load kan zowel positief zijn (meer vraag dan aanbod) als negatief (meer aanbod dan vraag). Een positieve residual load vraagt om tekortflexibiliteit, met name van centrales. Een negatieve residual load vraagt om overschotflexibiliteit, bijvoorbeeld Power-to-Gas, Power-to-Heat of batterijen.
Power-to-Heat (P2H)	Conversie van elektriciteit in warmte. Dit kan wenselijk zijn om het elektriciteitsnet te ontlasten, om in warmtevraag te voorzien of voor seizoensopslag, aangezien warmte goed is op te slaan.
Power-to-Gas (P2G)	Conversie van elektriciteit naar een gas, met name waterstof. Dit kan wenselijk zijn om het elektriciteitsnet te ontlasten, om in waterstofvraag te voorzien of voor seizoensopslag van de energie, aangezien een gas goed is op te slaan.
CCS	<i>Carbon Capture and Storage</i> : afvang en opslag van CO ₂ .
CCU	<i>Carbon Capture and Usage</i> : afvang en hergebruik van CO ₂ .
Methaan	Aardgas bestaat voor circa 90% uit methaan. Biogas is een mengsel van methaan en koolstofdioxide uit vergisting van biogene bronnen. Groengas is biogas wat op dezelfde kwaliteit is gebracht als aardgas. Netbeheerders mogen geen biogas transporteren.
LHV	<i>Lower Heating Value</i> : onderwaarde, de energie die vrijkomt bij verbranding zonder de energie die daarbij nog gehaald kan worden uit condensatie van restproducten. Voor aardgas is de onderwaarde 31,65 MJ/m ³ .
HHV	<i>Higher Heating Value</i> : bovenwaarde, de energie die vrijkomt bij verbranding inclusief de energie uit condensatie van restproducten. Voor aardgas is de bovenwaarde 35,17 MJ/m ³ .
Grijze waterstof	Waterstof geproduceerd uit fossiele energie.
Blauwe waterstof	Waterstof geproduceerd uit fossiele energie met CCS.
Groene waterstof	Waterstof geproduceerd uit duurzame energie, dus zonder enige CO ₂ .
Elektrolyse	Productie van waterstof uit water en elektriciteit.
SMR	Stoommethaanreform: productie van waterstof uit stoom en methaan.
RES	Regionale Energiestrategie.
Weq	Woningequivalent: 1 weq is gedefinieerd als 1 woning of 150 m ² utiliteitsbouw .

C Energiescenario's

Separate notitie

Het onderzoek naar het energiesysteem in Limburg heeft tot doel om in beeld te brengen hoe de energievraag en het energieaanbod zich de komende decennia tijdens de energietransitie naar een klimaatneutrale energievoorziening kan ontwikkelen, en of het energiesysteem van kabels, leidingen, productie-installaties dat aan kan en welke aanpassingen nodig zijn, met een grote onzekerheid en robuustheid.

Hoe energievraag en -aanbod zijn opgebouwd in 2050 is nog een open vraag. Dit geldt ook voor 2030, maar in mindere mate. Daarom gebruiken we de systematiek van scenario's om mogelijke toekomstbeelden uit te werken. Toekomstbeelden waarin zowel de energievraag zich ontwikkelt, maar ook de productie van warmte, elektriciteit en dergelijke.

In deze bijlage zijn de scenario's beschreven die de basis zijn voor de analyse van de energienetten voor 2030 en 2050.

[Hyperlink naar rapportenpagina](#)

D Sectorbeschrijving

Separate notitie

Voor alle sectoren is voor elk scenario beschreven hoe de energievraag zich ontwikkelt en welke technieken zullen worden toegepast. Ook is aangegeven welke productie waar is te verwachten.

[Hyperlink naar rapportenpagina](#)

E Limburgse energienetten

Separate notitie

Vanwege de ligging van Limburg, ingesloten door België in het zuidwesten en Duitsland in het oosten, is het niet voldoende om het energiesysteem alleen vanuit nationaal perspectief te bekijken. Het Limburgse systeem is naast de afhankelijkheid van de aansluitingen met Brabant en namelijk mede afhankelijk van het Belgische en Duitse energiesysteem. Zo is het hoogspanningsnet in Limburg verbonden met Belgische en Duitse hoogspanningsnet en staat ook het aardgastransportnet in verbinding met het buitenland.

In de toekomst kan verdergaande integratie, eventueel ook op lagere netniveaus, voordelen opleveren voor zowel Limburg als België en Duitsland. Om op deze mogelijke synergievoordelen in te kunnen spelen, is het belangrijk om de relevante ontwikkelingen over de grens in beeld te krijgen. In deze notitie wordt een overzicht gegeven van de huidige situatie. Daarnaast worden verwachte ontwikkelingen over de grens in kaart gebracht en wordt de mogelijke impact op het Limburgse energiesysteem geanalyseerd.

De focus van deze bijlage ligt op het in kaart brengen van de huidige situatie en verwachte ontwikkelingen. Mogelijke synergievoordelen en oplossingen van knelpunten door middel van integratie met Duitsland en België worden behandeld in de analyse van de infrastructuurknelpunten.

[Hyperlink naar rapportenpagina](#)

F Knelpunten en oplossingen

Separate notitie

In deze bijlage worden eerst de knelpunten beschreven gebaseerd op de doorrekening van de netbeheerders en de bijbehorende oplossingsrichtingen van de verschillende energiedragers en netvlakken. Vervolgens komen de belemmeringen voor deze oplossingsrichtingen aan bod. Deze belemmeringen kunnen voortkomen uit regulering, ruimtelijke beperkingen, technologische beperkingen of financiële aspecten.

[Hyperlink naar rapportenpagina](#)

G Governance

Separate notitie

[Hyperlink naar rapportenpagina](#)



H Energietransitiemodel

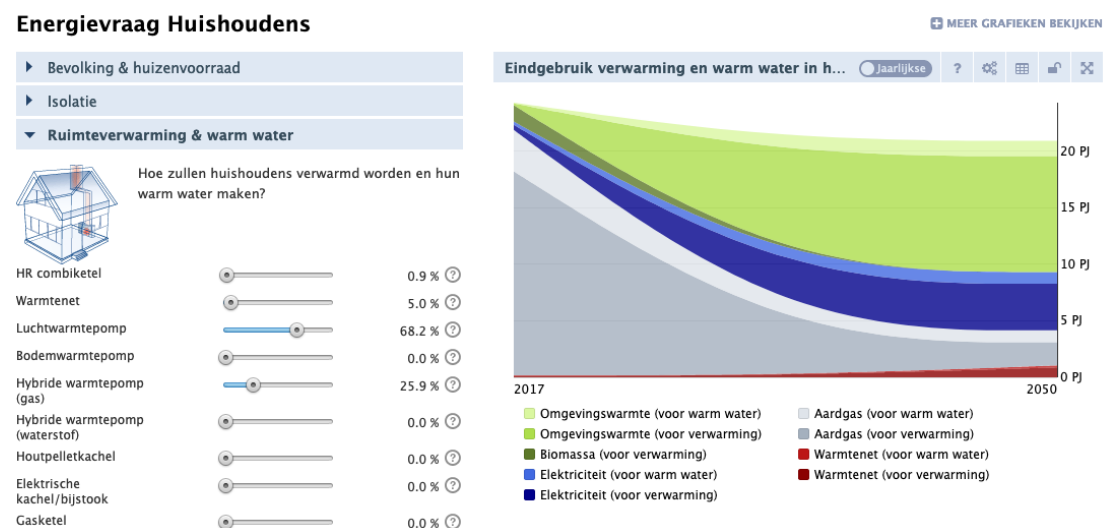
Het Energietransitiemodel (ETM) is een onafhankelijk, integraal energiemodel dat gebruikt wordt om het energiesysteem van gemeenten, provincies, regio's en landen door te rekenen. Het model is volledig *open source*, vrij toegankelijk en wordt gebruikt door overheden, bedrijven, NGO's en onderwijsinstellingen in verschillende landen. Het model wordt ontwikkeld door Quintel en ondersteund door meer dan veertig partners, waaronder EBN, Gasunie, TenneT, Enexis en het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

In het ETM kunnen aannames en plannen ingesteld worden over de ontwikkeling van energievraag, energieaanbod, flexibiliteit en energieprijzen in een regio. Het model rekent vervolgens op uurbasis door wat de impact van deze ontwikkelingen is op het energiesysteem: wat gebeurt er met de energievraag, hoeveel energie wordt er binnen de regio opgewekt en hoeveel komt van buiten, is het systeem in balans, wat zijn de kosten en wat is de CO₂-voetafdruk? Het ETM maakt het mogelijk om plannen voor verschillende sectoren, dragers en gebieden te combineren tot één integraal, transparant en deelbaar beeld.

Voor de Stroomstudies Limburg zijn de zes toekomstscenario's (2x 2030, 4x 2050) vertaald naar het ETM, zowel voor de Provincie Limburg als de twee Limburgse RES-regio's. Via de hyperlinks aan het eind van dit document kunnen de scenario's geopend en gedeeld worden.

In deze scenario's komen alle aannames over de verschillende sectoren bij elkaar tot een consistent geheel. Het is mogelijk om de gemaakte scenario's te gebruiken als context voor gemeentelijke plannen zoals Transitievisies Warmte (TvW's).

Figuur 33 - Bekijk de verandering in energievraag voor verwarming in huishoudens tussen nu en 2050. Wat moet er de komende jaren gebeuren? Met de schuifjes kun je de aangenomen warmtemix veranderen en bekijken welke impact dit heeft op de CO₂-uitstoot, kosten en vraag en aanbod van energie.



Figuur 34 - Bekijk de productie van elektriciteit op uurbasis in 2050 en hoe dit matcht met de uurlijkse vraag. Hoe verandert dit als er meer ingezet wordt op windenergie, batterijopslag of waterkracht?

Hernieuwbare elektriciteit

MEER GRAFIEKEN BEKIJKEN

Windmolens

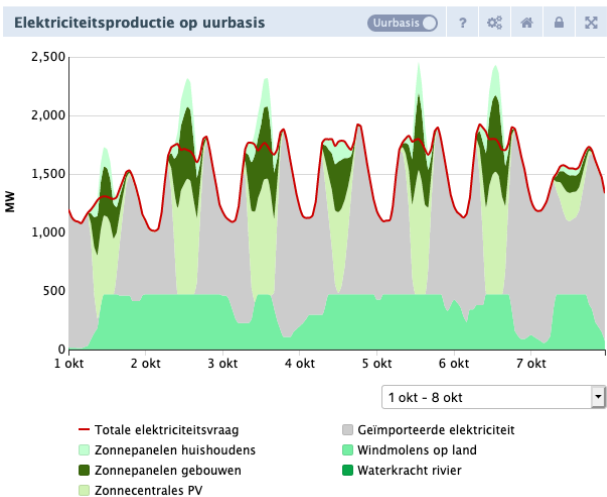
Gebruik de PICO kaartlaag voor windenergie om de potentie voor windmolens op land en aan de kust te verkennen. [Verken de potentie van wind op land en aan de kust.](#)

De vollasturen voor wind en zon kunnen worden ingesteld in bij 'Weersomstandigheden'.

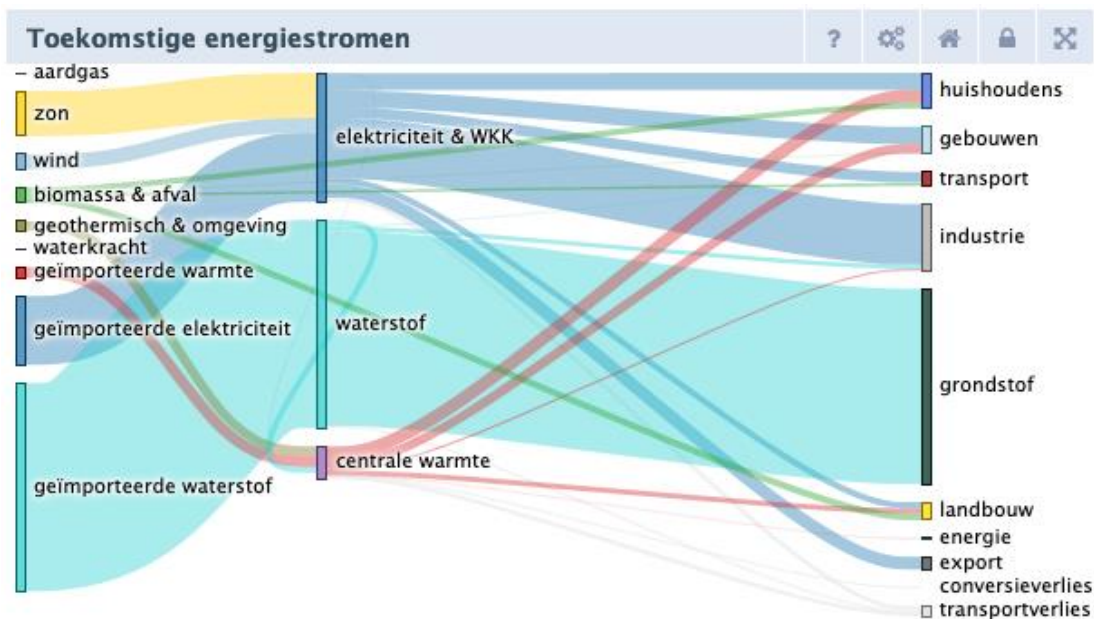
Op land 468 MW

Op zee 0 MW

- Zonne-energie
- Waterkracht
- Biomassacentrales
- Afvalverbrandingscentrales
- Waterstofcentrales
- Geothermisch



Figuur 35 - Bekijk de energiestromen per scenario. Waar komt de gebruikte energie vandaan en welke energiedrager is dominant?



Provincie Limburg

Scenario Klimaatakkoord (2030):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756228>

Scenario Klimaatakkoord Plus (2030):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756229>

Scenario Regionale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756230>

Scenario Nationale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756231>

Scenario Europese Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756232>

Scenario Internationale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756233>

RES Noord- en Midden-Limburg

Scenario Klimaatakkoord (2030):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756222>

Scenario Klimaatakkoord Plus (2030):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756223>

Scenario Regionale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756224>

Scenario Nationale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756225>

Scenario Europese Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756226>

Scenario Internationale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756227>

RES Zuid-Limburg

Scenario Klimaatakkoord (2030):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756216>

Scenario Klimaatakkoord Plus (2030):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756217>

Scenario Regionale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756218>

Scenario Nationale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756219>

Scenario Europese Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756220>

Scenario Internationale Sturing (2050):

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/756221>

I Doorrekening met Powerflex

Separate notitie

In deze bijlage wordt de potentiële rol van flexibiliteit in Limburg geanalyseerd als oplossing voor de handhaving van de systeembalans op het elektriciteitsnet, oftewel het matchen van vraag en aanbod van elektriciteit. De rol van flexibiliteitsmaatregelen als oplossing voor congestieproblemen wordt behandeld in Bijlage F ‘Knelpunten en oplossingen’. Deze notitie is hierop een aanvulling.

Voor de analyse van de systeembalans is het niet voldoende om Limburg afzonderlijk te beschouwen, aangezien het Limburgse elektriciteitsnet in verbinding staat met de rest van Nederland en er constant uitwisseling van elektriciteit plaatsvindt. Daarnaast is het Limburgse hoogspanningsnet verbonden met het Duitse en het Belgische hoogspanningsnet. Daarom is systeembalans binnen de provincie niet noodzakelijk. Overschotten en tekorten kunnen getransporteerd worden van/naar de rest van Nederland en van/naar België en Duitsland. Daarom wordt bij deze analyse het complete elektriciteitssysteem van Nederland, België en Duitsland gemodelleerd met het Powerflex-model. Vervolgens worden de uitkomsten van deze modellering gebruikt om conclusies te kunnen trekken voor Limburg.

[Hyperlink naar rapportenpagina](#)