



# Systemstudie Overijssel

Energietransitie

Systemstudie Overijssel

62575 – Openbaar

December 2020

**Berenschot**



**QUINTEL**  
INTELLIGENCE

# Stroomstudie Overijssel

Stroomstudie Overijssel

Berenschot: Jan Warnars, Max Coenen  
Quintel: Dorine van der Vlies, Roos de Kok

December 2020

## Inhoudsopgave

<b>1. Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1 Introductie	8
1.2 Aanleiding voor de systeemstudie	8
1.3 Doel	8
1.4 Methode	8
1.5 Leeswijzer	9
<b>2. De scenario's</b>	<b>10</b>
2.1 Gebruik van de scenario's	11
2.2 Scenario's op hoofdlijnen	11
<b>3. Ontwikkeling van vraag en lokale productie</b>	<b>16</b>
3.1 Samenvatting: Inzichten uit ontwikkeling van vraag en lokale productie	16
3.2 Ontwikkeling van vraag	17
3.3 Ontwikkeling van de lokale productie	19
<b>4. Infrastructuur: knelpunten</b>	<b>25</b>
4.1 Samenvatting knelpunten in de infrastructuur	25
4.2 Huidige infrastructuur Overijssel	26
4.3 Knelpunten in infrastructuur	29
4.4 Knelpunten in het elektriciteitsnet	29
4.5 Knelpunten in het gasnet	37
4.6 Een andere verhouding zon-pv en wind op land	43
<b>5. Overzicht mogelijke oplossingen</b>	<b>46</b>
5.1 Samenvatting inzichten mogelijke knelpunten	47
5.2 Oplossingen voor knelpunten in het elektriciteitsnet	48
5.3 Oplossingen voor het gasnet	62
5.4 Eerste doorrekening Enexis met oplossingen	63
5.5 Conclusie: oplossingen voor Overijssel	66
<b>6. Conclusie en aanbevelingen</b>	<b>70</b>
Bijlage 1. Methode	72
Bijlage 2. Energietransitiemodel	75
Bijlage 3. Klimaatneutrale energiescenario's 2050	76
Bijlage 4. Specifieke invulling provincie Overijssel	80
Bijlage 5. Uitwerking scenario's finale energievraag per sector	86
Bijlage 7. Vraag en aanbod in de RESsen	91
Bijlage 8. Huidige infrastructuur in Overijssel	99
Bijlage 9. Doorrekeningen Enexis	104
Bijlage 10. Doorrekeningen TenneT	107
Bijlage 11. Karakteristieken HS/MS-stations in Overijssel	117
Bijlage 12. Karakteristieken HS/MS-stations in flexibiliteitsanalyse Overijssel	120
Bijlage 13. Overzicht geraadpleegde partijen	123
Bijlage 14. Bronnen	124

## Management samenvatting

### Aanleiding en doel

De provincie Overijssel bereidt zich voor op een grote verandering van het energiesysteem in de periode tot 2050, zoals deze zich ook in de rest van Nederland en omliggende landen zal voltrekken. Voor een succesvolle energietransitie in Overijssel is een robuust en adaptief energiesysteem een belangrijke randvoorwaarde. Inzicht in de mogelijke ontwikkelingen in de energiehuishouding van Overijssel is belangrijk om tijdig de goede keuzes te kunnen maken. Hiervoor is in Overijssel een regionale systeemstudie gestart, waarvan de resultaten in dit rapport samengevat zijn. De systeemstudie heeft als doel om voor de periode tot 2050 de mogelijke vraag- en aanbodontwikkeling van (duurzame) energie in Overijssel in kaart te brengen en te onderzoeken welke behoefte aan (aanvullende) energie-infrastructuur nodig zou zijn om deze ontwikkeling tijdig te kunnen faciliteren. Daarbij is een goed beeld nodig van de belangrijkste knelpunten, met mogelijke oplossingsrichtingen.

### Scenario's

De mogelijke ontwikkeling van vraag en aanbod van energiedragers in Overijssel hebben wij bekeken aan de hand van toekomstbeelden. Twee projecties zijn op de situatie in 2030 toegespitst, welke gebaseerd zijn op de concept-Regionale energiestrategieën (RESsen) en het Klimaatakkoord. De vier scenario's richten zich op 2050 en zijn gebaseerd op de Klimaatneutrale energiestrategieën 2050, die ook de basis vormen voor de landelijke integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 van de regionale netbeheerders en Gasunie en TenneT. De scenario's moeten niet als normatief gezien worden. In plaats daarvan is sprake van hoekvlagscenario's die de ruimte van mogelijkheden omvatten. Hierbij zijn aannames gedaan omtrent economische groei en andere relevante ontwikkelingen voor het energiesysteem. De scenario's gaan dus niet om voorkeuren of keuzes. Maar deze scenario's maken duidelijk wat in extremis de impact op het energiesysteem en de infrastructuur kan zijn.

Uit deze projecties en scenario's komt het volgende beeld naar voren: ontwikkelingen aan de vraagzijde wijken in Overijssel niet significant af van de landelijke scenario's. In de gebouwde omgeving zien we wel minder ruimte voor warmtenetten door de lagere dichtheid van bebouwing, in vergelijking met Nederland als geheel. Ook de vraag naar energie voor transport is iets lager dan het landelijk gemiddelde. Overijssel is daarnaast een provincie met weinig energie-intensieve industrie. De zwaardere industrie die Overijssel heeft bevindt zich meer in Twente, dan in West-Overijssel.

### Ontwikkeling van vraag en lokale productie

De finale energievraag neemt af richting 2030. Na 2030 zet deze daling zich verder voort, maar is wel afhankelijk van de richting waarin de energietransitie zich begeeft. Er is een duidelijke elektrificatietrend zichtbaar in alle scenario's. In de zelfvoorzienende scenario's Regionale sturing en Nationale sturing is het aandeel van elektriciteit in de energiemix groter dan in de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing. In alle scenario's is het elektriciteitsgebruik minimaal anderhalf keer zo groot als nu. De vraag naar energie in de vorm van gas neemt sterk af. In het scenario Regionale sturing is de afname met een factor vijf het grootst. Terwijl in het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing de afname beperkt blijft tot een factor anderhalf.

Door de grote potentie voor zon-pv en lage potentie voor wind in relatie tot andere provincies, verondersteld deze studie voor alle scenario's dat Overijssel een bovengemiddeld aandeel zon-pv en een ondergemiddeld aandeel wind zal realiseren, van de opwek zoals voorzien in de nationale scenario's. Dit resulteert in een groot aandeel van zon-pv in de lokale opwek van elektriciteit in alle vier de scenario's. De lokale productie in de provincie Overijssel karakteriseert zich door een grote potentie voor groen gas. In de scenario's Regionale sturing en Europese CO<sub>2</sub>-sturing wordt deze potentie volledig gebruikt, in Internationale sturing blijft de productie van groen gas beperkt. Voor zon-pv is de potentie in Overijssel ten opzichte van wind op land relatief hoog is. Door de grote hoeveelheid zon-pv ontstaat er veel onbalans tussen aanbod en vraag en dus veel uitwisseling van elektriciteit met de omgeving. In de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing wordt de provincie een netto exporteur van elektriciteit, doordat er ook stevig ingezet wordt op besparing en vraagreductie. Door onbalans in vraag en aanbod komt ook in de scenario's waarin Overijssel netto exporteur van elektriciteit is 30% tot 45% van de gebruikte elektriciteit van buiten de provincie. In de zelfvoorzienende scenario's kan ruim de

helpt van de geproduceerde elektriciteit niet (direct) in Overijssel gebruikt worden. In de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing is dit ongeveer een kwart.

### **Knelpunten in de infrastructuur**

Al deze veranderingen in vraag en aanbod leiden tot een andere wens voor transport en distributie. Dit leidt tot knelpunten in de huidige infrastructuur. Op dit moment werken de netbeheerders al aan versterking van de huidige infrastructuur om de knelpunten door met name de toename van duurzame opwek in te passen. Overijssel heeft namelijk van oudsher een lagere elektriciteitsvraag door de iets lagere bevolkingsdichtheid en een minder energie-intensieve industrie vergeleken met Nederland als geheel. Hierbij hoort een relatief lichte infrastructuur. In 2030 zien we dat de vraag naar elektriciteit toegenomen is, maar dat het vermogen voor duurzame opwek nog harder gestegen is. Voor groen gas geldt dat de netten gekoppeld worden door de netbeheerders zodat de lokale productie van groen gas zijn weg kan vinden naar genoeg afnemers in de regio.

### **Knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur**

In de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing voor 2050 waarin Overijssel netto exporteur is van elektriciteit, vormt vrijwel ieder huidig elektriciteitsstation een knelpunt en zijn vrijwel al deze knelpunten niet op te lossen met uitbreidingen binnen de bestaande infrastructuur. Overschrijding van capaciteit door aanbod is veel groter (gemiddeld ongeveer drie tot vier keer) dan overschrijding van capaciteit door vraag (gemiddeld ongeveer tien tot twintig procent). In de scenario's Europese-CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing voor 2050 met minder opwek ontstaan ook knelpunten bij zestig tot tachtig procent van de HS/MS stations, maar is de overschrijding zo'n tachtig tot honderd procent door aanbod ten opzicht van de huidige capaciteit en de overschrijding door vraag zo'n twintig tot veertig procent. Twee derde van de knelpunten is dan oplosbaar met uitbreidingen binnen de bestaande infrastructuur. De impact van aanbod is ook dan groter dan de impact van vraag, maar dan liggen piekvraag en piekaanbod wel dicht bij elkaar. De overheersende knelpunten in de scenario's voor 2050 liggen aan de aanbodkant en treden met name op door de grote vermogens zon-pv.

De vermogens zon-pv en wind op land zijn opgesteld aan de hand van potentiekaarten en de ambities van de concept-RESsen. De exacte ambitie en verdeling tussen zon-pv en wind worden in de RESsen 1.0 voor 2030 bepaald, met een doorkijk naar 2050 waarvoor keuzes nog gemaakt moeten worden. Verschuiving van de duurzame opwek van zon-pv naar wind op land kan de knelpunten substantieel verkleinen, doordat wind op land een gelijkmatigere productie over het jaar kent.

Knelpunten die door extra vraag tot 2030 ontstaan, zijn kleiner dan de knelpunten in 2050. De versterkingen die tot 2030 nodig zijn, zullen dus in de periode 2030-2050 ook bijdragen om de knelpunten op te lossen. Hierdoor lijkt het logisch om de knelpunten tot 2030 met netverzwaring op te lossen. Oplossingen die binnen de huidige infrastructuur in te passen zijn, kunnen bijdragen om de kosten en de doorlooptijd voor deze verzwaring te beperken. Een resterend aandachtspunt is of het maatschappelijk verantwoord is om een netwerk alleen te verzwaren om een overaanbod te accommoderen aan duurzame elektriciteitsopwekking voor slechts een beperkt deel van de dag (en het jaar). In de provincie Overijssel moet de ontwikkeling van zon-pv nauwlettend gevolgd worden, zodat grote zonneweides niet allemaal op hetzelfde station aangesloten worden. Door hier slim mee om te gaan zouden onnodige uitbreidingen van stations voorkomen kunnen worden. Curtailment kan daarnaast mogelijkheden bieden om de impact van zon-pv op de infrastructuur te verkleinen, dit wordt tot op zekere hoogte al door ontwikkelaars toegepast.

### **Knelpunten in de gasinfrastructuur**

Rond de gasinfrastructuur zijn weinig vraagknelpunten te verwachten tot 2030, in alle scenario's daalt het gasverbruik. Het verbruik zal door hybride warmtepompen en piekvoorzieningen van warmtenetten wel een relatief grotere winterpiek laten zien. De huidige gasinfrastructuur is er op toegerust om de piekvraag op te vangen, met deze capaciteit kan ook in 2050 in de piekgasvraag worden voorzien. De gasvraag wordt in 2030 ten dele met groen gas ingevuld, waterstof zal maar een zeer beperkte rol spelen. Er wordt wel rekening gehouden met investeringen richting 2030 om het regionale gasnet verder te koppelen; hierdoor ontstaat meer mogelijkheid om vraag en aanbod in balans te houden. Lokaal opgewekt groen gas kan dan relatief eenvoudig in de bestaande netten worden geacommodeerd. Voor waterstof voorzien we beleving via tankwagens aan tankstations en een eventuele landelijke backbone. In beide projecties voor 2030 lijkt de verzwaringsopgave te overzien en voor het overgrote deel op te vangen met uitbreidingen binnen de huidige infrastructuur. De uitbreiding van de netten kan daarmee tot 2030 beperkt blijven en overige oplossingen lijken daarbij nog niet aan de orde.

### **Oplossingen voor knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur**

In de periode 2030-2050 worden de knelpunten in het elektriciteitsnet groter. Oplossingen voor de knelpunten gerelateerd aan zon-pv hebben grote impact. Het afvlakken van de piekvermogens van zon-pv via curtailment is een goede oplossing voor deze knelpunten en draagt in alle scenario's bij. Daarnaast zouden opslag via batterijen en conversie met power-to-gas de knelpunten kunnen verkleinen. Deze drie grote oplossingen kunnen ook gecombineerd worden toegepast. Curtailment, power-2-gas en batterijen kunnen op grote schaal bijdragen aan het oplossen van de grote en omvangrijke knelpunten die in de 2050 scenario's worden gezien. Andere oplossingen kunnen locatie specifiek ingezet worden om een bijdrage aan het oplossen van knelpunten te leveren.

In het geval van Regionale sturing en Nationale sturing lijken de drie grote maatregelen, curtailment, power-2-gas en batterijen zeer nuttig. De behoefte blijft echter wel bestaan aan verdere uitbreiding van de netten. De investeringen in de elektriciteitsnetten zal dan ook groot zijn. Bij Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing kan de inzet van deze drie grote oplossingen de grootste aanbodknelpunten oplossen. Verzwaring van de infrastructuur blijft in ieder geval voor de vraagzijde waarschijnlijk nodig. Aan de aanbodzijde is de bandbreedte van mogelijke knelpunten en oplossingen groter. Bij Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing zullen de investeringen in de elektriciteitsnetten substantieel zijn, maar wel veel kleiner zijn dan bij de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing. Gezien de hoogte van maximale verzwaring en de logistieke uitdaging die daarbij hoort, is het nodig de langetermijnontwikkeling op de voet te blijven volgen zodat tijdig keuzes gemaakt kunnen worden.

### **Oplossingen voor knelpunten in de gasinfrastructuur**

Op de lange termijn hangt het beeld voor de gasinfrastructuur ook af van de ontwikkelingen na 2030. Doordat Overijssel voldoende biomassapotentieel heeft om groen gas te produceren en de vraag naar gasvormige energiedragers sterk afneemt richting 2050, ontstaan er in alle scenario's piekmomenten waar netto methaan wordt geëxporteerd. Hiervoor zal de huidige infrastructuur moeten worden aangepast door het plaatsen van boosters. Met deze boosters kan het distributienet ontlast worden doordat het groene gas in het regionale net op de juiste druk gebracht kan worden voor het landelijke net. Hierdoor wordt het mogelijk om groen gas bij overschotten de regio uit te transporteren.

In alle scenario's wordt waterstof ingezet, maar de inzet verschilt per scenario. De vraag naar waterstof als brandstof voor de vervoerssector levert in de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing ook in 2050 weinig knelpunten op in de huidige infrastructuur, omdat we uitgaan van levering via een waterstofbackbone en met tankwagens. In de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing ontstaat er een situatie dat waterstof en groen gas naast elkaar getransporteerd en gedistribueerd worden. Om het aanleggen van dubbele gasinfrastructuur te voorkomen, kan er voor worden gekozen om lokaal de gasinfrastructuur voor een van de twee duurzame gassen aan te wijzen. Het aanwijzen van verzorgingsgebieden voor waterstof en groen gas is een oplossing om met beperkte uitbreiding van de huidige infrastructuur in de behoefte van de twee duurzame gassen te voorzien. In het meest extreme alternatief zou de infrastructuur op veel plaatsen voor beide gassen moeten worden aangelegd, dit wordt als onwenselijk en onnodig gezien. Anderzijds zou middels bijmengen een alternatief gas geleverd kunnen worden, mits de afnemers hierop voorbereid kunnen worden. In het scenario Internationale sturing ontstaan knelpunten voornamelijk door invoeding van groen gas bij een gasnet dat volledig voor waterstoftransport wordt gebruikt. Fysiek bijmengen is ook hier een optie met dezelfde kanttekening.

In het toekomstige energiesysteem zullen elektriciteit en gas ook meer verbonden met elkaar raken. Door het gebruik van waterstof kan via power-to-gas de grote capaciteit van het gasnet gebruikt worden om knelpunten in het elektriciteitsnet op te lossen. Daarnaast kan waterstof via waterstofcentrales, elektriciteit leveren op de beperkte momenten dat er niet genoeg stroom uit zon en wind beschikbaar is; deze centrales staan in deze studie buiten Overijssel. Buiten het gebruik van power-to-gas en batterijen voor het oplossen van knelpunten in de infrastructuur, hebben deze flex-opties een functie in het totale energiesysteem. Het is daarmee logisch dat deze opties een plek zullen hebben in Overijssel.

### **Conclusies vanuit de systeemstudie**

Dat gezegd hebbende: uit deze studie is gebleken dat de belangrijkste onzekerheden, die van invloed op het Overijsselse energiesysteem zijn, afhangen van keuzes in de ambitie van de regio en mix van duurzaam opgewekte elektriciteit, al dan niet in combinatie met het toepassen van flex-opties. Uiteraard zijn er diverse

onzekerheden in de toekomst (o.a. innovatie, economische groei) die de vier geschetste toekomstbeelden sterk kunnen beïnvloeden en die onzekerheid moet ook meegenomen worden bij keuzes voor toekomstige ontwikkelingen. Aanpassingen en uitbreidingen van de infrastructuur zijn in alle toekomstbeelden noodzakelijk. Het is belangrijk locaties, type technieken en flex-opties zorgvuldig te kiezen. Hierdoor kan de uitbreiding van de infrastructuur een minder grote opgave worden en kan het energiesysteem gebalanceerd, kosten-efficiënt en realiseerbaar blijven.

# 1. Inleiding

## 1.1 Introductie

Dit rapport van Berenschot en Quintel Intelligence beschrijft de uitkomsten van systeemstudie energie-infrastructuur Overijssel. Hierbij dienen de nationale Klimaatneutrale Energiescenario's 2050 als basis voor de systeemstudie. De studie richt zich op ontwikkelingen in vraag en aanbod van energie en distributie van energie vanaf 2020 tot en met 2050. Eveneens biedt de studie inzicht in waar mogelijke knelpunten in de energie-infrastructuren kunnen ontstaan en wat de mogelijke oplossingsrichtingen zijn. Het feitenmateriaal uit deze studie laat wel zien welke beleids- en systeemkeuzes gemaakt kunnen worden.

## 1.2 Aanleiding voor de systeemstudie

Overijssel bereidt zich voor op een grote verandering van het energiesysteem in de periode tot 2050, zoals deze ook in de rest van Nederland en omringende landen zich zal voltrekken. In Overijssel wordt reeds in een intermaatschappelijk programma Nieuwe Energie Overijssel gewerkt aan de energietransitie. De huidige doelstelling is om in 2023 20% van het Overijsselse energieverbruik met duurzame energiebronnen in te vullen. Daarnaast wordt er in Twente en West-Overijssel, in lijn met de afspraken in het Klimaatakkoord, gewerkt aan het opstellen van Regionale Energiestrategieën (RESsen) voor 2030 met een doorkijk naar 2050.

Voor een succesvolle energietransitie in Overijssel is een robuust en adaptief energiesysteem een belangrijke randvoorwaarde. De ontwikkeling van energie-infrastructuur is in Nederland kostenintensief en, mede door de huidige wet- en regelgeving en geldende beleidskaders, veelal reactief op de capaciteitsvraagontwikkeling. Door de vaak lange doorlooptijd die de ontwikkeling en ruimtelijke inpassing van energie-infrastructuur vergt, ontstaan nu ook in Overijssel situaties waarin het uitbreiden van het elektriciteitsnetwerk niet het tempo kan volgen van de vraag naar extra aansluit- en transportcapaciteit.

Om inzicht te krijgen in hoe het Overijsselse energiesysteem er in 2050 uit kan zien, en de RESsen te voorzien van een goede doorkijk richting 2050, is er besloten om voor Overijssel een systeemstudie te starten, zoals deze ook reeds uitgevoerd is/wordt voor diverse andere provincies.

## 1.3 Doel

De systeemstudie heeft als doel om voor de periode tot 2050 de mogelijke vraag- en aanbodontwikkeling van (duurzame) energie in Overijssel in kaart te brengen en te onderzoeken welke behoefte aan (aanvullende) energie-infrastructuur nodig zou zijn om deze ontwikkeling te kunnen faciliteren. Daarbij is een goed beeld nodig van de belangrijkste knelpunten, met mogelijke oplossingsrichtingen.

De systeemstudie levert daarmee een eenduidige kennisbasis die gebruikt kan worden bij de huidige besluitprocessen, maar ook als basis voor mogelijke systeemstudies in de toekomst.

Als laatste geeft de systeemstudie inzicht in het handelingsperspectief voor de betrokken partijen bij de Overijsselse energietransitie op het niveau van het energiesysteem. Dit wordt gedaan door inzicht te geven in hoe de (toekomstige) knelpunten via verschillende maatregelen opgelost kunnen worden.

## 1.4 Methode

Voor het tot stand komen van de systeemstudie hebben we een aantal stappen doorlopen. We zijn begonnen met het maken van scenario's voor Overijssel op basis van de Klimaatneutrale energiescenario's 2050, die begin 2020 door Berenschot en Kalavasta gepubliceerd zijn in opdracht van de netbeheerders. Deze Klimaatneutrale energiescenario's 2050 maken deel uit van de integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 waar op landelijk niveau wordt gekeken naar de ontwikkeling van de energie-infrastructuur. Deze scenario's zijn allen in lijn met het Klimaatakkoord en hebben allemaal in 2050 een klimaatneutraal eindbeeld, wat wil zeggen dat Nederland geen



broeikasgasemissies uitstoot (netto). Deze scenario's zijn naar Overijssel vertaald en verrijkt met informatie uit de RESsen. Deze scenario's zijn opgesteld met behulp van het EnergieTransitieModel van Quintel (ETM)

De scenario's moeten niet als normatief gezien worden. In plaats daarvan is sprake van hoekvlagscenario's die de ruimte van mogelijkheden omvatten. Hierbij zijn aannames gedaan omtrent economische groei en andere relevante ontwikkelingen voor het energiesysteem. De scenario's gaan dus niet om voorkeuren of keuzes. Maar deze scenario's maken duidelijk wat in extremis de impact op het energiesysteem en de infrastructuur kan zijn.

Deze scenario's hebben we geregionaliseerd op buurniveau. Dat wil zeggen dat vraag en aanbod per buurt is bepaald. Vervolgens hebben de betrokken netbeheerders een doorrekening uitgevoerd waarmee toekomstige transport knelpunten zijn geïdentificeerd. De onbalans op jaarbasis tussen vraag en aanbod is hierbij niet direct meegenomen, omdat deze op landelijk niveau speelt. De uitkomsten van de doorrekeningen van de netbeheerders hebben we samen met de netbeheerders geanalyseerd.

Tenslotte hebben we gekeken naar welke oplossingen (inclusief flexibiliteitsoplossingen) ingezet zouden kunnen worden om de geïdentificeerde knelpunten op te lossen. Meer details over de gehanteerde methode zijn te vinden in Bijlage 1.

## 1.5 Leeswijzer

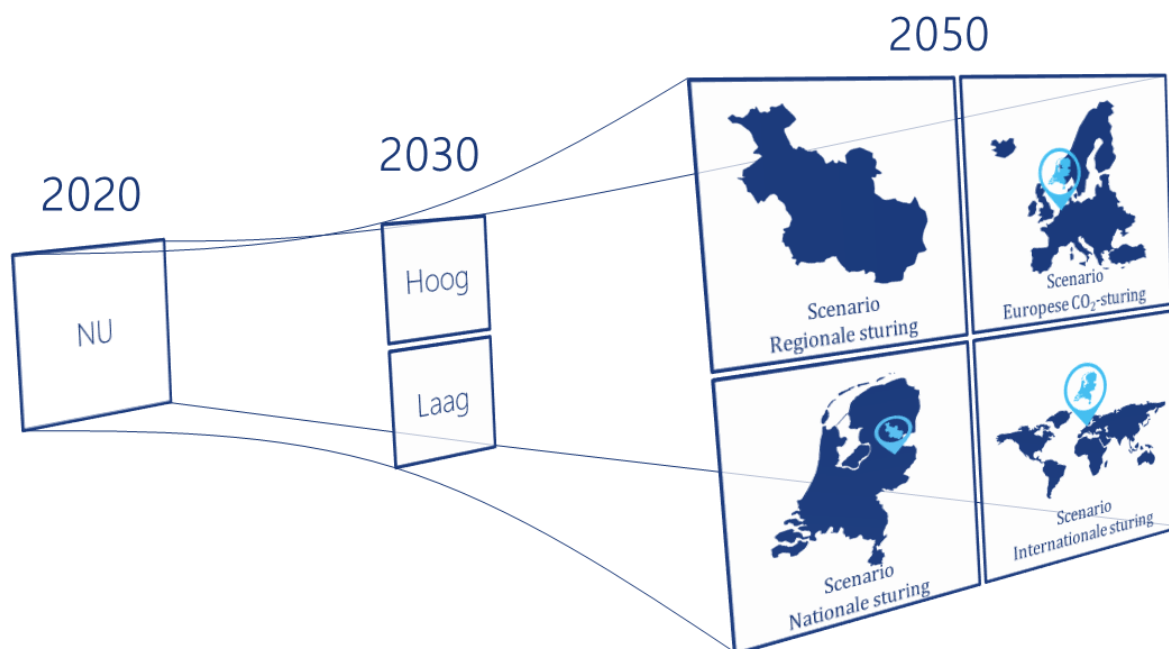
Dit rapport bevat zes hoofdstukken aangevuld met een aantal bijlagen.

- In hoofdstuk 1 beschrijven we hoe dit rapport tot stand is gekomen en wat dit document beoogt.
- In hoofdstuk 2 laten we zien hoe de scenario's voor 2030 tot stand zijn gekomen en hoe de landelijke Klimaatneutrale energiescenario 2050 vertaald zijn naar 2050 scenario's voor Overijssel.
- In hoofdstuk 3 presenteren we de uitkomsten van de scenario's. In dit hoofdstuk besteden we specifiek aandacht aan de ontwikkeling van vraag naar en aanbod van energie in Overijssel.
- In hoofdstuk 4 behandelen we de knelpunten die ontstaan in de huidige energie-infrastructuur wanneer de scenario's werkelijkheid zouden worden. Dit biedt een eerste inzicht in hoe de energie-infrastructuur binnen Overijssel robuust gemaakt kan worden voor de toekomst.
- In hoofdstuk 5 beschrijven we alle oplossingen die aangewend kunnen worden om de druk op de energie-infrastructuur te ontlasten. Daarnaast schetsen we in dit hoofdstuk een voorbeeldroute welke in alle scenario's leidt tot een verminderde druk op de netten.
- In hoofdstuk 6 geven we de belangrijkste conclusies van dit rapport.

## 2. De scenario's

Om een inschatting te maken van de veranderingen die de energietransitie met zich meebrengt, moeten er verkenningen van de toekomst gemaakt worden. Voor de verdere toekomst naar 2050 is de onzekerheid groter en daarvoor zijn er nog verschillende mogelijkheden uitgewerkt in scenario's. Voor deze studie hebben we vier scenario's uitgewerkt voor Overijssel in 2050. Deze vier scenario's hebben we gebaseerd op de Klimaatneutrale energiescenario's 2050, die ook de basis vormen voor de landelijke integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 van de regionale netbeheerders en Gasunie en TenneT. Op de route naar 2050 hebben we twee projecties voor 2030 opgesteld.<sup>1</sup> De doelstellingen van het klimaatakkoord en de concept regionale energiestrategieën West-Overijssel en Twente vormen de basis voor deze 2030 projecties. Daarnaast is vanuit de Klimaatneutrale energiescenario's 2050 terug naar 2030 geredeneerd. Figuur 1 illustreert hoe deze projecties en scenario's elkaar opvolgen. Al deze projecties en scenario's hebben we opgesteld voor Overijssel, RES-regio West-Overijssel en RES-regio Twente.

Met deze projecties en scenario's krijgen we een beeld van het energieaanbod en de energievraag. In de volgende hoofdstukken bekijken we welke infrastructuur hiervoor benodigd is.



Figuur 1. Opzet van projecties en scenario's

<sup>1</sup> De projecties en scenario's zijn in de eerste helft van 2020 vastgesteld. De huidige (najaar 2020) discussie in Europa om het doel voor 2030 naar 55%-60% CO<sub>2</sub>-reductie bij te stellen, leidt er wellicht toe dat er zelfs rekening moet worden gehouden met een projectie die het Klimaatakkoord overstijgt. Deze discussie hebben wij helaas niet meer mee kunnen nemen in deze systeemstudie.

## 2.1 Gebruik van de scenario's

Met de projecties en scenario's schetsen we toekomstbeelden van de Overijsselse energievoorziening in 2030 en 2050. Hierbij hebben we voornamelijk gefocust op hoe vraag en aanbod van (hernieuwbare) energie er in 2030 en 2050 uit kan zien. Behalve een verhaallijn (kwalitatief) voor alle scenario's presenteren we ook een samenhangend kwantitatief beeld met behulp van het Energietransitiemodel (ETM). Het ETM stelt de lezer van dit rapport in staat om zelf te onderzoeken wat de invloed van andere aannames is op de uitkomsten van de scenario's. Van nieuwe inzichten kan zo bijvoorbeeld de invloed op de uitkomsten van de scenario's worden onderzocht. Deze scenario's zijn openbaar toegankelijk en te bereiken via de links in Bijlage 2.

Daarmee kunnen de scenario's ook bruikbaar zijn als 'speelveld' voor andere organisaties, die plannen maken voorbij het Klimaatakkoord 2030. Daarvoor willen we nog enkele zaken onder de aandacht brengen:

- De 2030 projecties geven geen uitersten, maar identificeren variatie, wanneer in één projectie wel het concept van de concept-Regionale Energiestrategie gevolgd wordt en in de andere projectie niet.
- De scenario's geven vier verschillende uiterste toekomstbeelden in 2050, maar zijn niet bedoeld om tussen te kiezen en kunnen ook gecombineerd worden.
- De projecties en scenario's zijn daarnaast wel anders in te vullen wat betreft de precieze technische invulling en schaalgrootte op diverse terreinen, zoals back-up vermogen, opslagmogelijkheden en duurzame warmtebronnen. Andere technieken (ook wanneer deze niet expliciet genoemd worden in dit rapport) zijn ook goed denkbaar zolang deze maar dezelfde functionaliteit betreffen en dus dezelfde soort omzetting, opwek of verbruik per sector geven. Er is dus nog alle ruimte voor verdere inhoudelijke invulling met andere alternatieven.
- De projecties en scenario's zijn gesimuleerd met het Energietransitiemodel (ETM), waarbij rekening moet worden gehouden met de mogelijkheden en beperkingen van dit model.
- De scenario's hebben diverse uitgangspunten en aannames over toekomstige ontwikkeling van enerzijds het energiesysteem (opwek van kernenergie in Nederland is bijvoorbeeld in geen scenario aanwezig) en anderzijds over de maatschappelijke ontwikkelingen (groei economie, woninggroei etc.). Deze zijn op nationale schaal vastgesteld en voor deze regionale systeemstudie is expliciet aangesloten bij deze aannames.

## 2.2 Scenario's op hoofdlijnen

Waar bestaan de projecties en scenario's dan precies uit? Deze paragraaf geeft een beknopte beschrijving van de projecties en scenario's, waarbij de belangrijke punten uit de verhaallijnen en de aanpassingen voor Overijssel worden toegelicht.<sup>2</sup>

### 2.2.1 Projectie 2030 Hoog

Deze projectie is een tussenstation tussen het heden en 2050. De gestelde doelen in het klimaatakkoord worden verondersteld te worden bereikt. De basis voor de vraagzijde van beide 2030-scenario's is het 'Klimaatakkoordscenario (technisch streefbeeld) voor 2030'. De vraagzijde van dit landelijke scenario is geprojecteerd op Overijssel. Overijssel produceert ongeveer zeventig miljoen kuub groen gas en verbruikt bijna één PJ aan waterstof. De plannen van de regionale energiestrategieën hebben nadrukkelijk betrekking op het vergroten van de lokale productie van duurzame elektriciteit. In projectie 2030 Hoog is de aanbodzijde gelijk aan

---

<sup>2</sup> In Bijlage 2 zijn de verhaallijnen van de landelijke 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050' te vinden. Hoewel de landelijke scenario's als basis dienen voor deze systeemstudie zijn er aanpassingen gedaan, om de landelijke scenario's te laten voldoende aan het beeld van Overijssel. Deze aanpassingen zijn in detail beschreven op sectorniveau in Bijlage 4, en in dit hoofdstuk slechts kort benoemd.

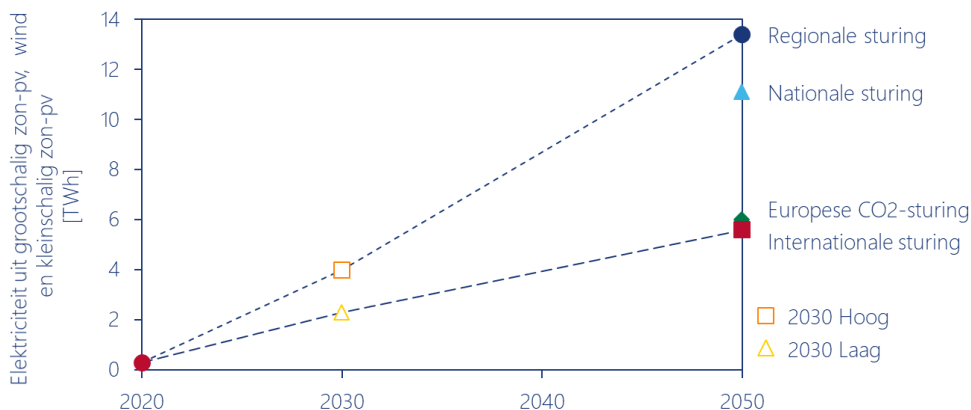
de concept-RES van West-Overijssel en Twente. In deze projectie wordt dus verondersteld dat de plannen van de regionale energiestrategieën van West-Overijssel en Twente gerealiseerd zijn in 2030.

In Overijssel wekken we dan 3 TWh duurzame elektriciteit op met grootschalige zon-pv en wind op land en daarnaast nog één TWh met kleinschalige zon-pv installaties. Dat is bij elkaar meer dan de helft van het verwachte elektriciteitsverbruik in 2030 in Overijssel. Deze projectie ligt qua tempo van ontwikkeling van duurzame energie in lijn met het 2050-scenario Regionale sturing en Nationale Sturing.

### 2.2.2 Projectie 2030 Laag

De vraag naar energie is gelijk aan projectie 2030 Hoog. Overijssel produceert dus ongeveer zeventig miljoen kuub groen gas en verbruikt bijna één PJ aan waterstof. Het doel van deze variant is om richting 2050 wat betreft aanbod van grootschalig zon en wind op land een lagere realisatie aan te nemen dan in de projectie 2030 Hoog. De projectie 2030 Laag is opgesteld door terug te redeneren vanuit het 2050-scenario met het laagste opgesteld vermogen, scenario Internationale sturing. De groei van grootschalige zon-pv en wind op land kent in deze projectie hetzelfde tempo als tot 2050 nodig is om te komen tot het opgesteld vermogen in scenario Internationale sturing. Dit wordt geïllustreerd door de stippelijijn in Figuur 2 die 2020 met 2030 Laag en het scenario Internationale sturing verbindt.

In deze projectie wordt dan 1,3 TWh aan duurzame elektriciteit opgewekt met grootschalige zon-pv en wind op land en daarnaast nog eens één TWh met kleinschalige zon-pv installaties. Dat is zo'n 30% van het verwachte elektriciteitsverbruik in 2030 in Overijssel. Dat is zo'n 60% lager dan de lokale productie in project 2030 Hoog.



Figuur 2. Elektriciteitsproductie uit grootschalig zon en wind in de verschillende scenario's.

### 2.2.3 Regionale sturing 2050

In dit scenario geeft de Nederlandse overheid de sturing van de energietransitie grotendeels in handen van de lokale en regionale overheidsorganen. Nederland haalt het doel om klimaatneutraal te worden en stoot netto geen CO<sub>2</sub> meer uit. In Overijssel ontstaan lokale initiatieven waarbij de inwoners actief betrokken worden. Duurzame opwek vanuit zon en wind op land is daarbij zeer belangrijk. Overijssel heeft ten opzichte van het landelijk gemiddelde meer ruimte voor zon op basis van harde restricties. Zon wordt daarmee een van de primaire energiebronnen in de regio. Energie wordt zoveel mogelijk lokaal opgewekt en verbruikt, waardoor kleinschalige initiatieven eerder tot stand komen en importen van energie zo klein mogelijk worden gehouden. Bedrijven en burgers worden ondersteund door de decentrale overheid om hun duurzame initiatieven te realiseren. Bijvoorbeeld met het faciliteren van laadinfrastructuur voor elektrisch vervoer en met ondersteuning van isolatiemaatregelen in huizen en gebouwen. Hierdoor worden burgers en bedrijven ondersteund om te investeren in duurzaamheid. De druk vanuit de samenleving en regio's op de nationale overheid om strikte regels op te leggen aan de industrie, wat betreft duurzaamheid en circulariteit, zal toenemen. Een gevolg hiervan is onder andere dat de energie-intensieve industrie krimpt en daarmee de beschikbare restwarmte. Lokale oplossingen zorgen ook voor een meer lokaal karakter van de consumptie en productie. Hierdoor zijn er minder

transportkilometers nodig. Het openbaar vervoer is een sector waar regionale overheden veel zeggenschap over hebben. Dit betekent dat er veel geïnvesteerd wordt in het openbaar vervoer, waardoor het op korte termijn volledig geëlektrificeerd zal worden.

Vanwege een lagere woningdichtheid en mindere beschikbaarheid van warmtebronnen, spelen warmtenetten een kleinere rol in Overijssel dan in de landelijke scenario's. Wel zijn in het scenario Regionale sturing de meeste warmtenetten aanwezig, welke onder andere gevoed worden door restwarmte uit de industrie (Nouryon) en afvalcentrale (Twence). In het scenario Regionale sturing voor Overijssel zijn lage-temperatuur warmtenetten op basis van thermische energie uit oppervlakte- en/of afvalwater toegevoegd.

Overijssel produceert dan 0,35 miljard kuub aan groen gas per jaar en exporteert hiervan zo'n 55% naar de rest van Nederland en is dus zelfvoorzienend in haar jaarlijkse gasbehoefte. Het waterstofverbruik is bijna één PJ per jaar. Dit scenario is daarmee het scenario met een kleine vraag naar gasvormige energiedragers bestaande uit vooral groen gas. Ten opzichte van de andere scenario's verbruikt Overijssel weinig energie in gasvorm in 2050. In Overijssel wekken we dan acht TWh duurzame elektriciteit op met grootschalige zon-pv en wind op land en daarnaast nog bijna vijf TWh met kleinschalige zon-pv installaties. Dat is bij elkaar bijna 40% meer dan het verwachte elektriciteitsverbruik in 2050 in Overijssel. Dit overschot is echter landelijk nodig om tot een volledige energiebalans van waterstof en elektriciteit te komen.

#### 2.2.4 Nationale sturing 2050

In dit scenario neemt de rijksoverheid het voortouw en Nederland haalt het doel om klimaatneutraal te worden en stoot netto geen CO<sub>2</sub> meer uit. Nederland is hierin koploper binnen Europa. De energietransitie is voornamelijk een taak van het Rijk. Zij streeft daarbij in hoge mate te komen tot een zelfvoorzienend, duurzaam en circulair Nederland. Het gevolg hiervan is wel een reductie in het aantal kleinschalige initiatieven dat tot stand komt vanuit burgers en bedrijven in Overijssel in vergelijking met het scenario Regionale sturing. Grootschalige nationale projecten vormen namelijk de boventoon. Hierdoor zullen projecten met hoge aanloopkosten gemakkelijker tot stand komen. Zo worden bijvoorbeeld grootschalige wind op zee-parken, al dan niet met energiehub, in de Noordzee ontwikkeld om in dit scenario zelfvoorzienend te kunnen zijn. Energie-importen worden geminimaliseerd doordat zoveel mogelijk energie binnen Nederland wordt opgewekt. Hierbij zal ook gestuurd worden op lokale duurzame opwek. Wind op land en grootschalige zon-pv worden in de regio gerealiseerd. Overijssel heeft ten opzichte van het landelijk gemiddelde meer ruimte voor zon op basis van harde restricties. Zon wordt daarmee een van de primaire energiebronnen in de regio. Het uiteindelijke doel om autonoom te zijn in hernieuwbare energieopwekking heeft daarom ook grote gevolgen voor het ruimtelijke beleid van regionale overheden.

Doordat het Rijk de touwtjes in handen heeft, kan zij beslissingen maken, die lokaal veel impact kunnen hebben op de burgers en industrie. De energie-intensieve industrie behoudt de huidige grootte, maar wordt wel verplicht tot elektrificatie, inzet van hernieuwbare grondstoffen en circulariteit.

Vanwege een lagere woningdichtheid en mindere beschikbaarheid van warmtebronnen spelen warmtenetten een kleinere rol in Overijssel dan in de landelijke scenario's. In het scenario Nationale sturing wordt dit opgevangen door een grotere inzet van hybridewarmtepompen op groengas.

Overijssel produceert dan 0,23 miljard kuub aan groen gas per jaar en exporteert hiervan zo'n 30% naar de rest van Nederland en is dus zelfvoorzienend in haar jaarlijkse gasbehoefte. Het waterstofverbruik is meer dan vier PJ per jaar. Dit scenario is daarmee het scenario met de kleinste vraag naar gasvormige energiedragers bestaande uit vooral groen gas. In Overijssel wekken we dan zeven TWh duurzame elektriciteit op met grootschalige zon-pv en wind op land en daarnaast nog bijna vier TWh met kleinschalige zon-pv installaties. Dat is bij elkaar het verwachte elektriciteitsverbruik in 2050 in Overijssel. Hiermee is Overijssel voor haar elektriciteitsverbruik op jaarbasis zelfvoorzienend.

#### 2.2.5 Europese CO<sub>2</sub>-sturing 2050

In dit scenario laat de nationale overheid veel vrijheden toe op het gebied van de invulling van de energievoorziening. In Europees verband wordt er wel sterk gestuurd op CO<sub>2</sub>-reductie, via bijvoorbeeld belasting

en heffingen aan de grenzen. Deze maatregelen hebben invloed op alle sectoren en gaan dus verder dan het huidige ETS. Om een level playing field te houden met de rest van de wereld wordt een algemene CO<sub>2</sub>-heffing ingevoerd evenals een importheffing en compensatie aan de Europese grens. De energie-intensieve industrie groeit daarmee. De industrie kan daarbij ook gebruik maken van de Europese en wereldwijde waterstof- en biomassamarkt.

Europa haalt de CO<sub>2</sub>-doelen en is tevens koploper in de wereld. Maatregelen vinden daar in Europa plaats waar dat het meeste nut heeft en de businesscase het meest gunstig is. Europa ondersteunt de eigen industrieën en onderlinge solidariteit tussen landen is hoog. Nederland zal energie importeren uit het buitenland, met een voorkeur voor duurzame energie van Europese oorsprong.

Dit beleid heeft tot gevolg dat lokale duurzame opwek minder groot is dan in de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing. Overijssel zal daarom ook minder duurzame energie opwekken. Ook zon-pv op huizen en gebouwen is minder voor de hand liggend in Nederland in vergelijking met Zuid-Europa en wordt daarmee in minder mate aangelegd ten opzichte van de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing.

Hoewel de klimaatkosten meegenomen worden in investeringsbeslissingen, hoeft in aanloop naar 2050 niet altijd een CO<sub>2</sub>-neutrale techniek te worden gekozen. Alle energieoplossingen die op enig moment nog een onrendabele top lijken te hebben, ook na de CO<sub>2</sub>-beprijzing, vallen daardoor af. Hybridetechnologieën zijn hierbij in het voordeel, omdat deze minder gevoelig zijn voor prijsstijgingen en wel grote CO<sub>2</sub>-reductie behalen. Dit geldt onder andere voor de gebouwde omgeving waar veel ingezet wordt op hybridewarmtepompen met groen gas. Ook voor het vervoer worden de goedkoopste opties in eerste instantie gekozen. Op de route naar 2050 zouden daarom fossiele brandstoffen langere tijd onderdeel van de mix kunnen blijven.

Overijssel produceert dan zo'n 0,35 miljard kuub aan groen gas per jaar en exporteert hiervan zo'n 5% naar de rest van Nederland en is dus zelfvoorzienend in haar jaarlijkse gasbehoefte. Het waterstofverbruik is meer dan 13 PJ per jaar. Dit scenario is daarmee een scenario dat een grote vraag heeft naar gasvormige energiedragers bestaande uit 45% groen gas en 55% waterstof. Hiermee is in Overijssel wekken we dan vier TWh duurzame elektriciteit op met grootschalige zon-pv en wind op land en daarnaast nog bijna twee TWh met kleinschalige zon-pv installaties. Dat is bij elkaar ongeveer de helft van het verwachte elektriciteitsverbruik in 2050 in Overijssel.

### 2.2.6 Internationale sturing 2050

Dit scenario gaat uit van een volledig open internationale markt op mondiaal niveau, waarbij er tevens op mondiaal niveau een krachtig klimaatbeleid wordt gevoerd. In het scenario Internationale sturing streeft de hele wereld de CO<sub>2</sub>-doelen na voor klimaatneutraliteit. Om dit mogelijk te maken wordt vrije handel gestimuleerd en de handelsinfrastructuren bevorderd. Er is een wereldwijde waterstof- en biomassamarkt aanwezig om ieder land te kunnen voorzien van duurzame energiedragers. Door de mondiale schaal kan hernieuwbare energie opgewekt worden op locaties waar dit het meest rendabel is. Nederland is niet zelfvoorzienend, waardoor het afhankelijk is van importen.





Prijstechnisch worden hernieuwbare energiedragers vanwege toenemende volumes steeds interessanter richting 2050. In de aanloop naar 2050 zullen verschillende businesscases tegen elkaar afgewogen worden; in verschillende nichemarkten kunnen daarmee andere technieken logisch blijven. Zo is dit bijvoorbeeld terug te zien in zowel het personen- als vrachtovervoer: hoewel elektrisch vervoer dominant is, zal er ook gebruik gemaakt worden van waterstof, biogas en biobrandstoffen. Door import wordt voorzien in deze behoefte aan deze grotere diversiteit van energiedragers. De industrie groeit in dit scenario om te voorzien in de groeiende nationale, Europese en internationale vraag en zal zich in eerste instantie focussen op kosteneffectieve oplossingen.

In Nederland wordt de gebouwde omgeving verwarmd met warmtenetten, all-electric warmtepompen en hybride warmtepompen op groen gas en waterstof. In de gebouwde omgeving van Overijssel wordt naast de huidige warmtenetten en all-electric warmtepompen juist gebruik gemaakt van hybridewarmtepompen op waterstof vanwege de lagere woningdichtheid in Overijssel ten opzichte van het Nederlandse gemiddelde.

Overijssel produceert dan zo'n 0,05 miljard kuub aan groen gas per jaar en is zelfvoorzienend in haar jaarlijkse gasbehoefte. Het waterstofverbruik is bijna twintig PJ per jaar. Dit scenario is daarmee het scenario met de

grootste vraag naar gasvormige energiedragers bestaande uit vooral waterstof. In Overijssel wekken we dan vier TWh duurzame elektriciteit op met grootschalige zon-pv en wind op land en daarnaast nog iets meer dan één TWh met kleinschalige zon-pv installaties. Dat is bij elkaar ongeveer de helft van het verwachte elektriciteitsverbruik in 2050 in Overijssel.

## 2.2.7 Samenvatting

	Regionale sturing	Nationale sturing	Europese CO2-sturing	Internationale sturing
Gebouwde omgeving 	Isolatie label A/B 22% warmtenet (restwarmte) 8% LT-warmtenet 32% hybride WP groengas 38% all-electric	Isolatie label A 14% warmtenet (restwarmte) 20% hybride WP groengas 66% all-electric	Isolatie label B 6% warmtenet (restwarmte) 57% hybride WP groengas 36% all-electric	Isolatie label B 6% warmtenet (restwarmte) 57% hybride WP waterstof 36% all-electric
	Minder warmtenetten in alle scenario's (vanwege minder hoge woningdichtheid)			
	~10% TEO/TEA			
Mobiliteit 	Personenvervoer: Elektrisch Vrachtovervoer: Elektrisch	Personenvervoer: Elektrisch Vrachtovervoer: Waterstof	Personenvervoer: E/H2 Vrachtovervoer: Mix	Personenvervoer: Mix Vrachtovervoer: Mix
Industrie 	Krimp Elektrificatie + groen gas Circular	Gelijk Elektrificatie + waterstof Circular	Groei Elektrificatie + waterstof Fossiele feedstocks	Groei E + H2 + CCS Fossiele feedstocks
Landbouw 	Minder geothermie voor warmtelevering, vanwege kleinere potentie en grotere warmtevraag afkomstig van veeteelt i.p.v. glastuinbouw			
Elektriciteitsproductie 	Zon-PV +++ Wind-op-land ++	Zon-PV ++ Wind-op-land ++	Zon-PV + Wind-op-land +	Zon-PV + Wind-op-land +
	In scenario's Overijssel geen regelbare elektriciteitsproductie			
Flexibiliteit, opslag en conversie 	In scenario's Overijssel in eerste instantie geen flexibiliteit, opslag en conversie meegenomen			

Figuur 3. 2050 scenario's met uitgelicht de grote aanpassingen voor Overijssel

In Figuur 3 zijn de grote wijzigingen te zien ten opzichte van de Klimaatneutrale energiescenario's die ingegeven zijn door de Overijsselse situatie, Bijlage 4 geeft een toelichting op deze wijzigingen. Een totaaloverzicht van de parameters per scenario's is gegeven in Bijlage 4, Tabel 9. Deze tabel laat voor elk scenario zien welke invulling is gekozen per sector.

### 3. Ontwikkeling van vraag en lokale productie

De scenario's die in hoofdstuk 2 zijn beschreven, leiden ieder tot een andere ontwikkeling van de energietransitie in Overijssel, zowel voor de energievraag als de lokale productie van energie in 2050. In dit hoofdstuk bespreken we deze beelden. Vanuit deze beelden kunnen we een aantal belangrijke conclusies trekken over de ontwikkeling van de energietransitie in Overijssel.

In dit hoofdstuk behandelen we de provincie Overijssel en de ontwikkeling van vraag en aanbod van de RES regio's West-Overijssel en Twente.<sup>3</sup> Verdere uitkomsten per sector zijn te vinden in Bijlage 7.

#### 3.1 Samenvatting: Inzichten uit ontwikkeling van vraag en lokale productie

De systeemstudie heeft de volgende inzichten opgeleverd, die later in dit hoofdstuk verder toegelicht worden:

- We verwachten dat de ontwikkelingen aan de vraagzijde in Overijssel grotendeels in lijn liggen met de landelijke scenario's.
- De finale energievraag neemt af richting 2030 ten opzichte van de huidige situatie. Na 2030 zet deze daling zich verder voort, maar de mate waarin is wel afhankelijk van de richting waarin de energietransitie zich begeeft. Het aardgasverbruik daalt sterk en het gebruik van groen gas neemt toe.
- Er is een duidelijk elektrificatietrend zichtbaar in alle scenario's, met een groei van 50% tot bijna 100% tussen nu en 2050. In de zelfvoorzienende scenario's Regionale sturing en Nationale sturing is het aandeel van elektriciteit in de energiemix groter dan in de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing.
- De lokale productie in Overijssel aan de elektriciteitszijde wordt in alle scenario's gedomineerd door het groot veronderstelde aandeel zon-pv.
- De productie van groen gas is het grootst in de scenario's Regionale sturing en Europese CO<sub>2</sub>-sturing, waarbij de volledige potentie van de provincie wordt benut. In Nationale sturing wordt twee derde van de potentie benut en in Internationale sturing is de productie van groen gas zeer beperkt.
- Daarnaast verbruiken alle 2050 scenario's veel minder gas. Groen gas en waterstof zullen juist wel op piekmomenten in grote hoeveelheden beschikbaar moeten zijn voor hybride warmtepompen en piekvoorzieningen in warmtenetten. Er ontstaan hierdoor vier verschillende eindbeelden. Het scenario Regionale sturing kent een hoge productie van groen gas, maar gebruikt ook voornamelijk groen gas. Nationale sturing produceert minder groen gas, maar verbruikt ook voornamelijk groen gas. Europese CO<sub>2</sub>-sturing produceert veel groen gas, en verbruikt een mix van groen gas en waterstof op distributie niveau. Internationale sturing, produceert weinig groen gas en verbruikt voornamelijk waterstof.
- Het is belangrijk om te vermelden dat in géén van alle scenario opslag, flexibiliteitsopties en back-up in de regio zijn meegenomen. De volgende conclusies moeten in dat licht beschouwd worden. Het meenemen van opslag, flex, en back-up zal leiden tot een kleinere onbalans in vraag en aanbod en minder uitwisselingen met de regio's buiten Overijssel. In hoofdstuk 5 bekijken we de mogelijkheden voor opslag, flex en back-up om knelpunten in de infrastructuur te voorkomen.
- Mede doordat het aandeel zon in elektriciteitsproductie groot is, is er veel onbalans tussen lokale productie en vraag en dus veel uitwisseling van elektriciteit met de omgeving.
- In de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing wordt netto elektriciteit geëxporteerd.
- Door onbalans in vraag en lokale productie komt ook in de scenario's waarin Overijssel netto exporteur van elektriciteit is 30% - 45% van de gebruikte elektriciteit van buiten de provincie.

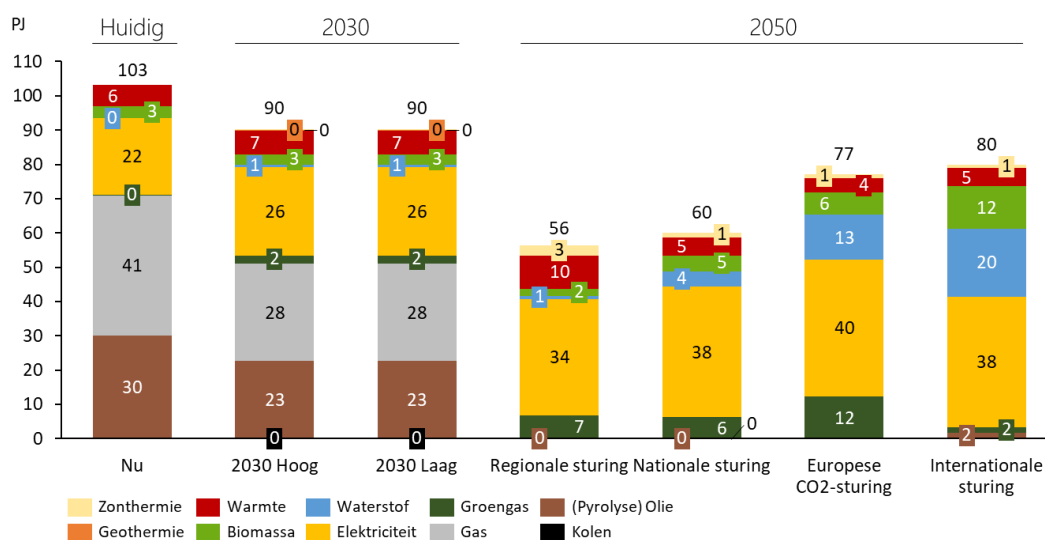
<sup>3</sup> In geen van alle projecties en scenario's is de feedstock meegenomen, omdat uit interviews naar voren is gekomen dat de industrie nauwelijks gebruikt maakt van de gemodelleerde energiedragers als feedstock.



- In de zelfvoorzienende scenario's kan ruim de helft van de geproduceerde elektriciteit niet (direct) in Overijssel gebruikt worden. In de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing is dit ongeveer een kwart.

### 3.2 Ontwikkeling van vraag

We beginnen bij de vraag, oftewel wat is de behoefte aan energie en welke energiedragers worden hiervoor gevraagd?



Figuur 4. Totale finale energievraag provincie Overijssel

Figuur 4 geeft de ontwikkeling van de finale energievraag weer voor 2030 (Hoog en Laag zijn voor dit aspect gelijk) en voor de vier scenario's voor 2050. Hierbij is tevens de huidige situatie in kaart gebracht ter referentie. De finale energievraag wordt gevormd door de vraag naar energie door de eindgebruiker en moet niet verward worden met de primaire energiebehoefte.<sup>4</sup>

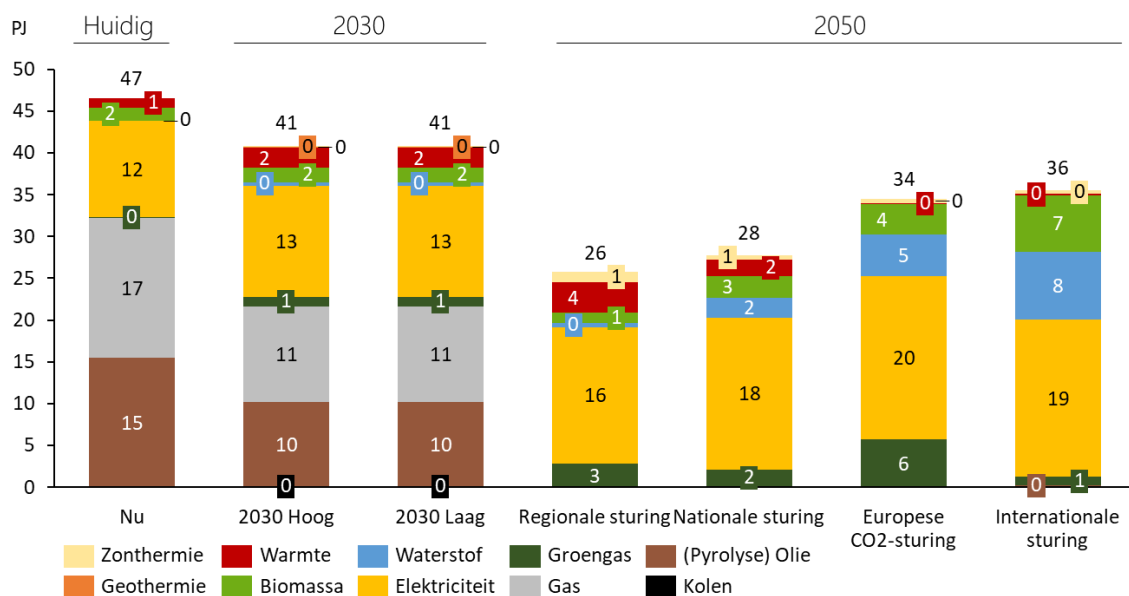
De eerste kolom geeft de huidige situatie weer. De finale vraag naar energiedragers is nu circa 103 PJ per jaar en bestaat voornamelijk uit aardgas, aardolie en elektriciteit.

De tweede kolom in Figuur 4 geeft de projectie voor de 2030 situatie weer, in beide scenario is de vraag naar energiedragers gelijk, evenals de verdeling naar energiedrager. De totale vraag naar energiedragers neemt af ten opzichte van de huidige situatie. Dit komt grotendeels door een reductie van de vraag naar aardgas als gevolg van energiebesparingen in de gebouwde omgeving. Ook de vraag naar aardolie neemt af doordat het gebruik van

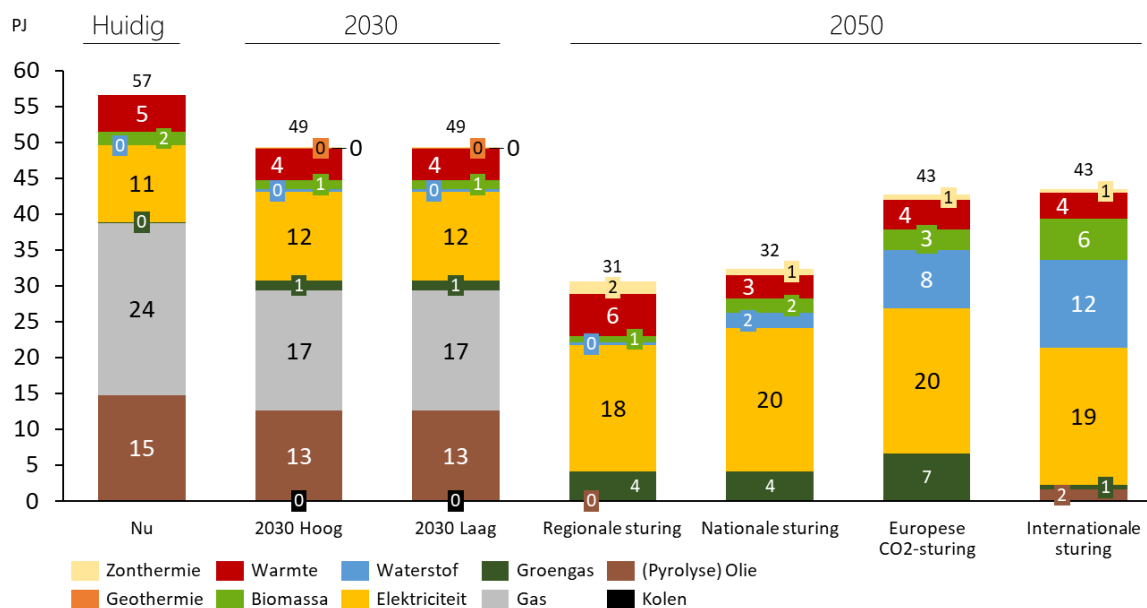
<sup>4</sup> Het volgende voorbeeld dient ter verduidelijking van finale energievraag en primaire energiebehoefte. Een huis verbruikt elektriciteit, wat er in het huis met deze elektriciteit gebeurt laten we expliciet buiten beschouwing. De hoeveelheid elektriciteit die het huis nodig heeft, wordt de finale energievraag genoemd. De elektriciteit die het huis vraagt, kan echter vanuit verschillende bronnen worden opgewekt. Stel dat deze elektriciteit wordt opgewekt in een gascentrale dan is de primaire energiebehoefte een hoeveelheid methaan. De primaire energiebehoefte aan methaan zal groter zijn dan de finale energievraag in elektriciteit, door de omzettingsverliezen. De finale vraag is in dit voorbeeld een aantal megajoule elektriciteit en de primaire energiebehoefte is een aantal megajoule methaan.

het openbaar vervoer toeneemt en auto's met verbrandingsmotor worden ingewisseld voor elektrische auto's. De vraag naar elektriciteit stijgt door veranderingen in de mobiliteitssector en het gebruik van andere warmtebronnen in de gebouwde omgeving. Het relatieve belang van elektriciteit neemt toe in deze 2030 projecties door deze elektrificatie trend. Het aardgasverbruik daalt sterk en het gebruik van groen gas neemt toe.

De laatste vier kolommen in Figuur 4 zijn gericht op 2050. Tussen de scenario's zijn grote verschillen zichtbaar welke worden veroorzaakt door het karakter van elk scenario. Het regionale scenario heeft een lage vraag naar energiedragers, terwijl het scenario Internationale sturing bijna vergelijkbaar is met de situatie in 2030. Tussen de scenario's is ook een andere verdeling naar energiedrager zichtbaar. In het scenario Regionale sturing wordt relatief veel warmte gebruikt, terwijl in het scenario Europese CO2-sturing veel biomassa en groen gas ingezet wordt. In het scenario Internationale sturing wordt weer meer nadruk gelegd op waterstof. In alle vier de scenario's is echter een zeer duidelijke elektrificatietrend zichtbaar. Daarnaast verbruiken alle scenario's veel minder gas. Maar groen gas en waterstof zullen juist wel op piekmomenten in grote hoeveelheden beschikbaar moeten zijn voor hybride warmtepompen en piekvoorzieningen in warmtenetten.



Figuur 5. Totale finale energievraag RES West-Overijssel



Figuur 6. Totale finale energievraag RES Twente

Figuur 5 en Figuur 6 geven de ontwikkeling van de finale energievraag weer in de twee projecties voor 2030 en de vier 2050-scenario's voor respectievelijk RES West-Overijssel en RES Twente. Over het algemeen is het beeld tussen de RES-regio's gelijk. Wel zijn er kleine verschillen welke kunnen worden verklaard aan de hand van de specifieke situatie in de RES-regio's.

West-Overijssel heeft een iets kleinere energiebehoefte dan Twente. In Twente is bijvoorbeeld meer industrie aanwezig dan in West-Overijssel, waardoor de vraag naar waterstof met name in de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing groter is. Ook het gebruik van warmte is in Twente groter door de aanwezigheid van meer warmtenetten voor restwarmte in dit deel van Overijssel en de grotere vraag naar warmte in en door de industrie.

In West-Overijssel wordt relatief gezien meer elektriciteit gebruikt dan in Twente. Dit komt met name doordat mobiliteit en gebouwde omgeving een groter aandeel hebben in de energievraag en deze sectoren richting 2050 sterk elektrificeren. Ook met hybride elektrificatie in de gebouwde omgeving maakt elektriciteit het grootste aandeel in de jaarlijkse energievraag uit. De industrie in West-Overijssel kenmerkt zich voornamelijk door haar behoefte aan elektriciteit. De industrie heeft hier minder behoefte aan waterstof en groen gas. De 'zwaardere' industrie in Twente gebruikt in 2050, naast elektriciteit juist meer waterstof en warmte.

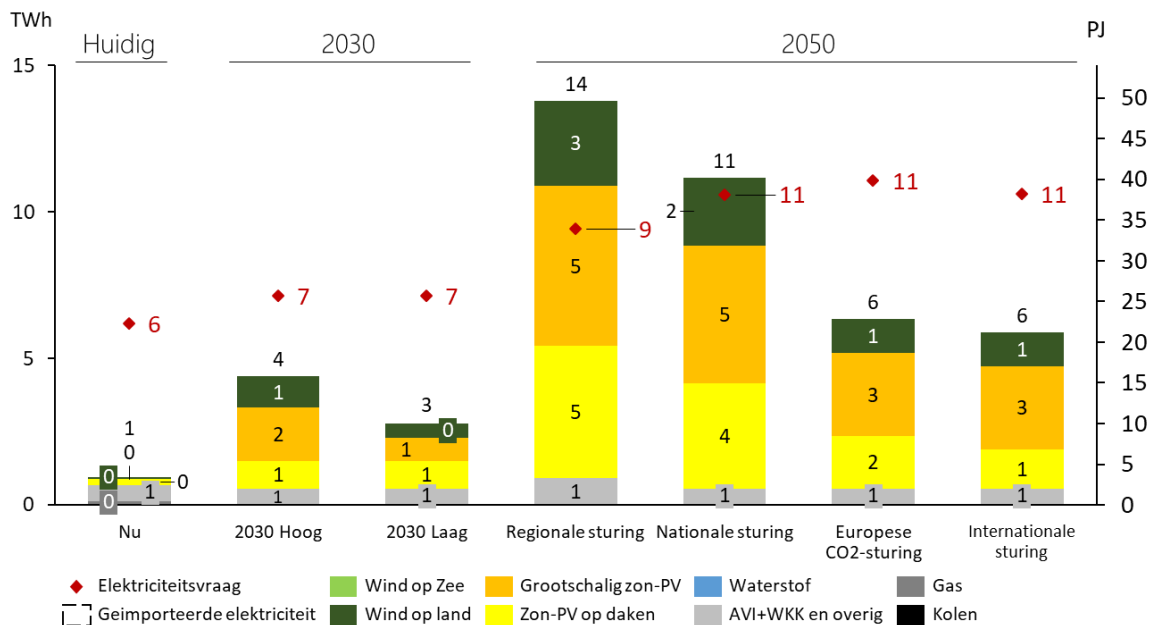
De licht grotere landbouwsector in West-Overijssel ten opzichte van Twente zorgt voor het kleine verschil in inzet biomassa voor gas. In de vorm van biogas in een deel van Twente en in de vorm van groen gas in de rest van Overijssel.

Twente heeft dus met name meer vraag naar warmte in alle scenario's en meer vraag naar waterstof in de industrie, in de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing, dan West-Overijssel.

### 3.3 Ontwikkeling van de lokale productie

De vraag naar energie die in paragraaf 3.2 is toegelicht, wordt geleverd door de opwekking van energie. Komt de energie op dit moment voor het overgrote merendeel nog uit fossiele bron, in een klimaatneutraal 2050 zal energie uit duurzame bron moeten komen. Hiernavolgend gaan we verder in op waar de elektriciteit vandaan komt waar door de eindgebruikers in Overijssel naar gevraagd wordt. Daarnaast gaan we in op het aanbod van duurzame gassen: waterstof en groen gas.

### 3.3.1 Elektriciteit



Figuur 7. Aanbod van elektriciteit in Overijssel (TWh) vergeleken met de vraag naar elektriciteit. Getallen zijn afgerond voor leesbaarheid, grootte van de kolommen en datapunten is echter nauwkeuriger weergegeven.

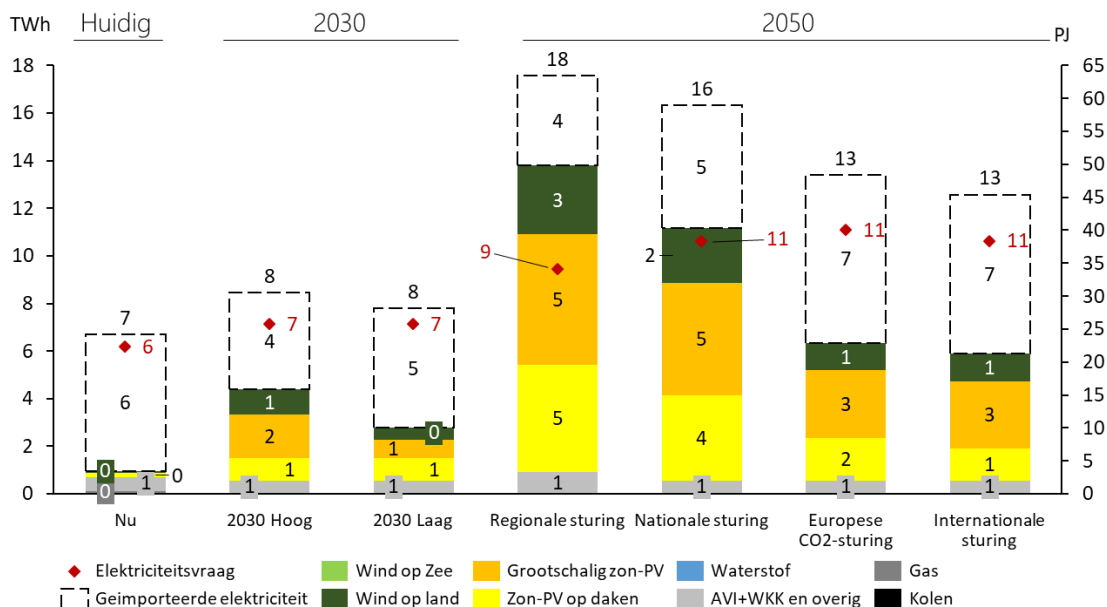
De huidige vraag naar elektriciteit is circa 22 PJ, ofwel 6 TWh. Het grootste gedeelte daarvan wordt opgewekt buiten Overijssel. Dit is nadrukkelijk te zien in Figuur 7 waar de vraag vele malen groter is dan de lokale productie. Richting 2030 verschuift de opwek van centraal naar decentraal. Hierbij zijn twee duidelijke richtingen zichtbaar. Het totale opgestelde regelbare vermogen neemt af en het aandeel duurzaam neemt toe. De ontwikkeling van het aandeel duurzaam is afhankelijk van de 2030-projectie. De 2030 Hoog projectie is in lijn met de concept versie van de regionale energie strategieën uit Twente en Overijssel. Op korte en middellange termijn wordt vooral een sterke toename verwacht van grootschalige zon-pv in de projectie 2030 Hoog. Ook zon-pv op daken en wind op land speelt een belangrijke rol in deze projectie. De projectie 2030 Laag geeft een pessimistischer beeld. Het totale opgestelde duurzaam vermogen is aanzienlijk lager, doordat er minder grootschalige zon-pv is opgesteld evenals wind op land.

Wanneer naar 2050 wordt gekeken ziet de situatie er anders uit. Elke elektriciteitsopwekking dient hernieuwbaar te zijn, of wanneer gebruik wordt gemaakt van fossiele energiedragers, plaats te vinden met CCS (carbon capture and storage). In het scenario Regionale sturing is gekozen voor opties die kunnen ontstaan uit lokale initiatieven. Zon op daken en wind op land hebben hierin een hoofdrol: overal waar zon op daken mogelijk is, wordt dit toegepast. Daarnaast worden zonneweides aangelegd.

In het landelijke scenario Nationale sturing ligt de nadruk op het opgestelde vermogen wind op zee en grootschalige zonneparken. Dit komt omdat wind op zee en grote zonneparken goed nationaal geïnitieerd en georganiseerd kunnen worden. Grootschalige zon-pv heeft hierdoor nationaal een hoger aandeel ten opzichte van wind op land dan in het scenario Regionale sturing. Overijssel heeft relatief gezien een hogere potentie voor zon dan voor wind. Hierdoor is het aandeel zon-pv in de elektriciteitsproductie in alle scenario's groot verondersteld ten opzichte van ander lokale productie. Op dagen dat er te weinig zon en wind is, wordt de elektriciteitsvraag verzorgd via import van elektriciteit afkomstig van waterstofcentrales buiten Overijssel.

In deze studie is ervoor gekozen om geen (waterstof-) back-upcentrale binnen Overijssel mee te nemen, omdat er momenteel ook geen grote elektriciteitscentrales in Overijssel aanwezig zijn. Het is overigens niet uit te sluiten dat er één of meerdere back-up/pieklastcentrales gebouwd zullen worden in Overijssel als gevolg van ingrijpende veranderingen in de Nederlandse energievoorziening. Bijvoorbeeld door de komst van power-to-gas in de regio (zie paragraaf 5.2.2 en 5.4).

In het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing wordt er een deel wind op zee kosteneffectief gerealiseerd. De piekvraag wordt in dit scenario opgevangen door gascentrales buiten Overijssel op groen gas, deels met CCS - dus met negatieve emissies - om daarmee de CCS van industrie en blauwe waterstofproductie volledig CO<sub>2</sub>-neutraal te maken. Ook hier is het niet uitgesloten dat er ooit een back-up/peiklastcentrale aanwezig zal zijn in Overijssel. Voor Overijssel impliceert de toepassing van kosteneffectieve oplossingen dat grootschalige zon-pv gerealiseerd



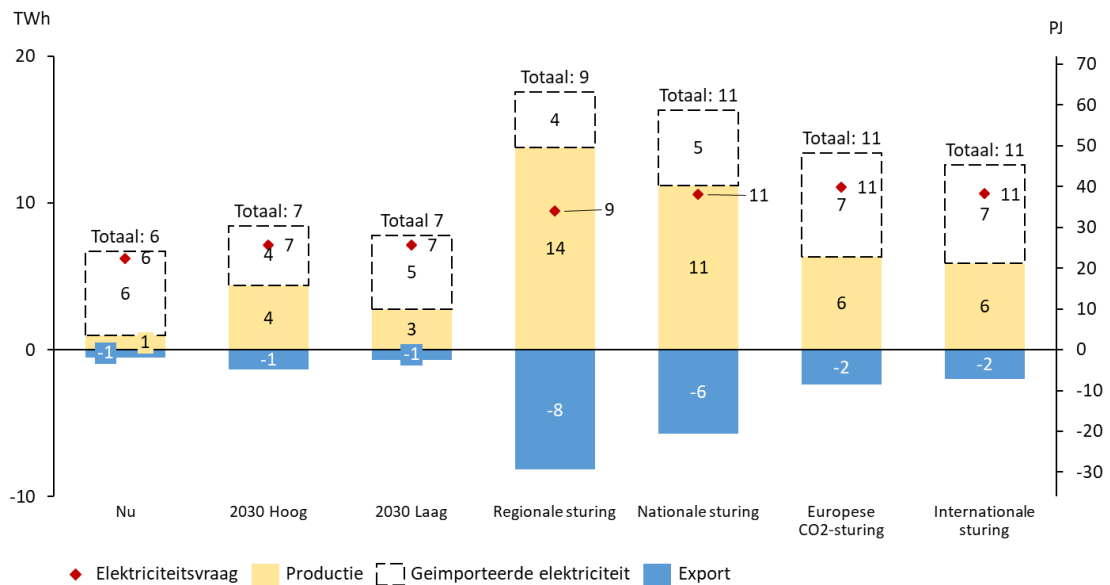
Figuur 8. Productie van elektriciteit inclusief import in Overijssel (TWh). Getallen zijn afgerond voor leesbaarheid, grootte van de kolommen en datapunten is echter nauwkeuriger weergegeven.

zal worden zolang dit rendabel is. Import van energiedragers buiten Nederland is mogelijk in dit scenario.

In het scenario Internationale sturing wordt er meer geïmporteerd. Naast een grote afhankelijkheid van elektriciteitsimporten wordt er veel biomassa en waterstof geïmporteerd. In dit scenario zal de piekvraag worden opgevangen met behulp van waterstofcentrales. In verhouding tot de vraag naar energie, wordt er in het scenario Internationale sturing relatief weinig opgewekt binnen Overijssel.

Het huidige opgesteld vermogen van afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) blijft in alle scenario's aanwezig. In het scenario Regionale sturing, waar de grootste rol voor warmtenetten is, is zelfs een kleine uitbreiding van AVI's opgenomen (conform RES-plannen). Daarnaast is in enkele scenario's nog een beperkt aandeel tuinbouw-WKK op groen gas opgenomen (dit is gedaald ten opzichte van het huidige aandeel).

In geen van de scenario's zijn (back-up/peiklast) centrales in Overijssel meegenomen of andere flex-opties toegepast, waardoor er op momenten van weinig hernieuwbare opwek en/of grote vraag elektriciteit geïmporteerd zal moeten worden vanuit andere regio's. Dit wordt geïllustreerd door Figuur 8. In deze figuur is zowel de totale vraag naar elektriciteit als de lokale productie weergegeven. Zelfs scenario's waar de jaarlijkse lokale productie de jaarlijkse vraag overschrijdt, is er sprake van import van ongeveer de helft van het totale elektriciteitsverbruik. Dit is een gevolg van verschillen in vraag en lokale productie van elektriciteit op uurbasis (Figuur 21 illustreert dit op maandbasis).

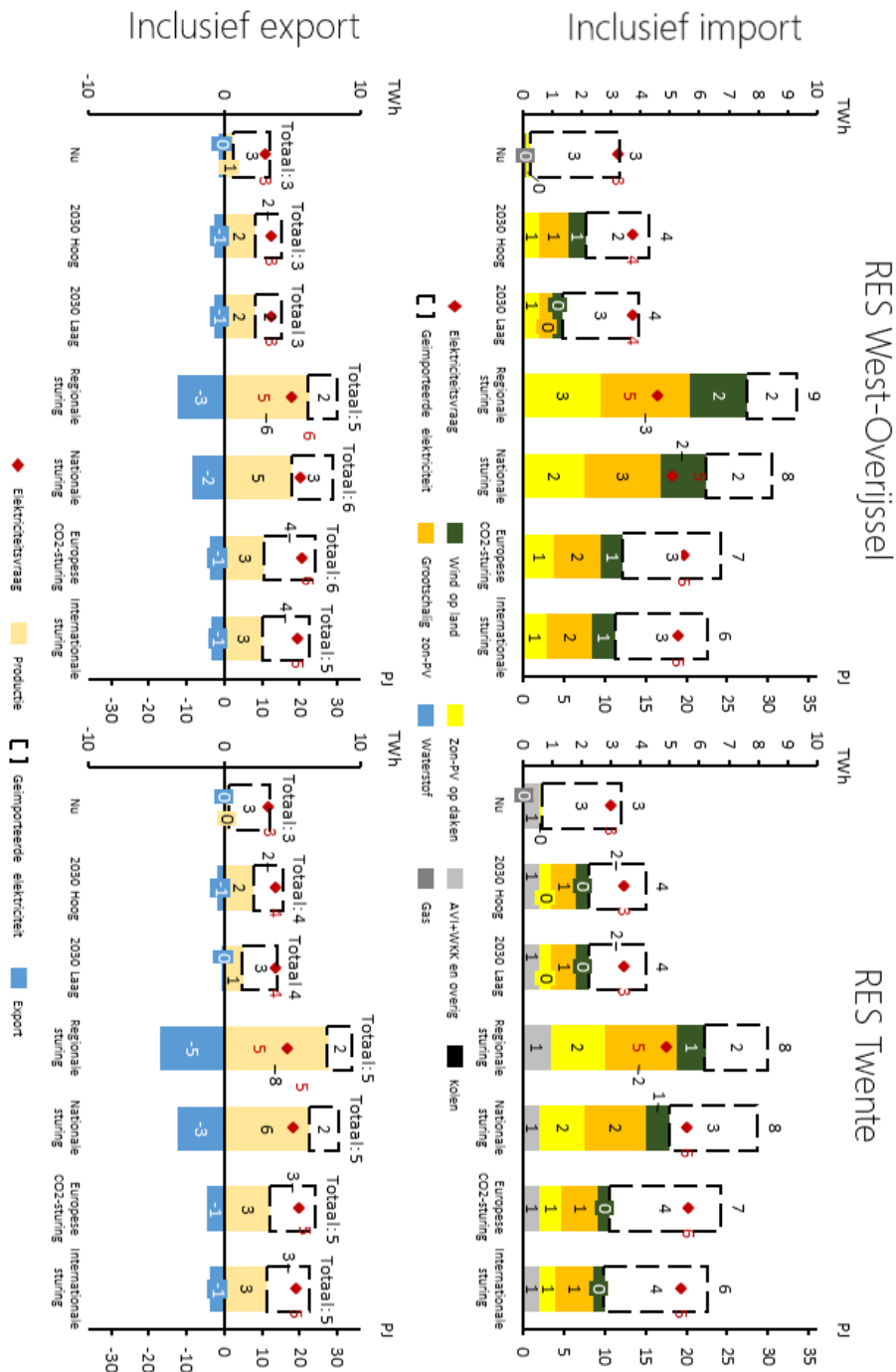


Figuur 9. Productie van elektriciteit inclusief import in Overijssel (TWh). Getallen zijn afgerond voor leesbaarheid, grootte van de kolommen en datapunten is echter nauwkeuriger weergegeven.

In alle scenario's wordt ook elektriciteit geëxporteerd op de momenten dat de lokale productie groter is dan de vraag. Dit wordt weergegeven in Figuur 9. Met name in de zelfvoorzienende scenario's (Regionale sturing en Nationale sturing) is de lokale productie van elektriciteit zeer groot, waardoor er veel momenten per jaar op zullen treden dat de lokale productie de vraag overschrijdt. In het scenario Regionale sturing wordt op jaarbasis 8 TWh geëxporteerd, terwijl er 4 TWh geïmporteerde wordt. In het scenario Nationale sturing is dit ook het geval, maar is het verschil kleiner. Voor beide scenario's geldt dat er netto elektriciteit wordt geëxporteerd.

Een deel van de momenten dat Overijssel elektriciteit zal exporteren gaan waarschijnlijk gepaard met gelijktijdige overschotten in andere regio's. In de landelijke scenario's is hiervoor in ieder geval rekening gehouden met waterstofproductie via elektrolyse. Hetzelfde geldt voor importen, op een deel van deze momenten van tekorten zullen centrales of batterijen bijspringen om de behoefte aan elektriciteit te voorzien.

De grafieken in Figuur 10 laten de opwek en de jaarbalans zien in RES-regio's West-Overijssel en Twente. In West-Overijssel zijn geen afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) aanwezig. In Twente is dit wel het geval. Alleen West-Overijssel is in het regionale en nationale scenario een exporteur van elektriciteit. RES Twente exporteert alleen in het scenario Regionale sturing elektriciteit. Dit komt doordat er in West-Overijssel meer duurzame opwek mogelijk is en de vraag naar elektriciteit kleiner is ten opzichte van Twente.



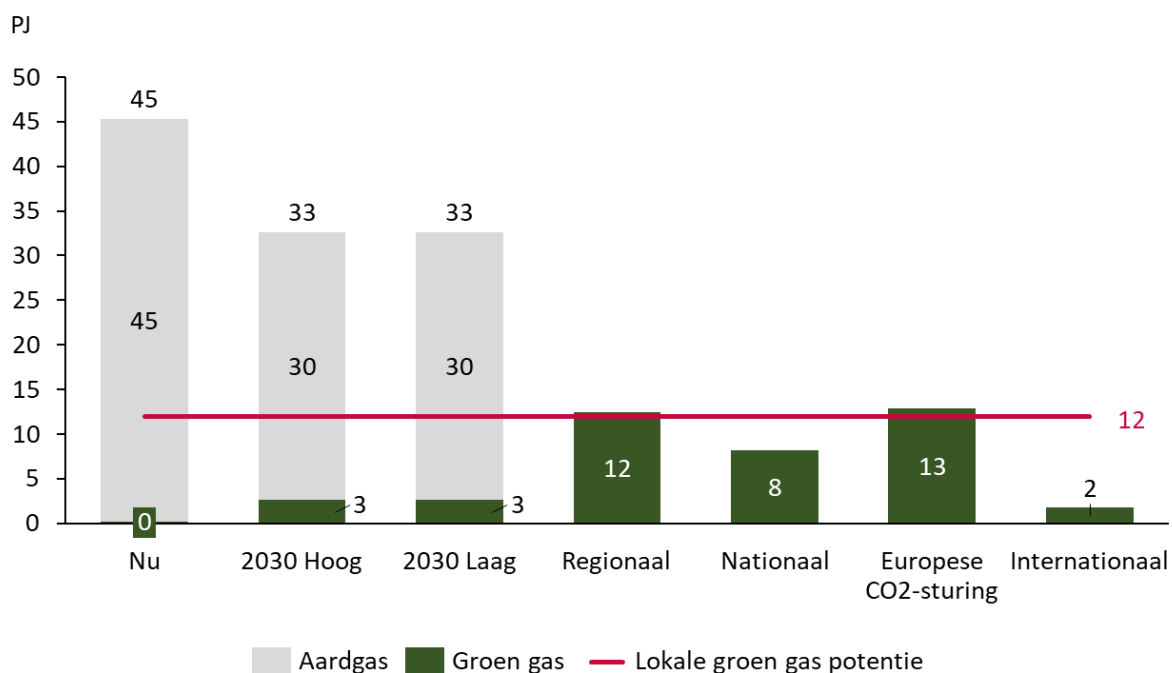
Figuur 10. Aanbod van elektriciteit en jaarbalans (TWh) voor de RES regio's (boven West-Overijssel, onder Twente, links inclusief export, rechts inclusief import)

### 3.3.2 Aardgas, groengas en waterstof

De huidige vraag naar aardgas bedraagt momenteel circa 45 PJ in Overijssel, inclusief de aardgasvraag voor WKK. Hernieuwbaar gas speelt momenteel een al een rol in Overijssel, op verschillende locaties wordt groen gas

geproduceerd en de gasnetten worden aangepast om deze productie te accommoderen. Maar de productie zal gezien het biomassapotentieel toenemen richting 2030 en 2050, afhankelijk van het scenario. De productie van groen gas zal voornamelijk in de regio plaatsvinden, waarbij we ervan uitgaan dat de provincie Overijssel de behoefte aan groen gas in het scenario Regionale sturing en Nationale sturing bijna volledig in de regio opwekt. In het scenario Internationale sturing wordt er zelfs meer groen gas geproduceerd dan er vraag naar is. Alleen in het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing zal Overijssel ook ten dele afhankelijk zijn van productie van groen gas buiten de provincie.

Er ontstaan hierdoor vier verschillende eindbeelden voor gasverbruik en productie. Het scenario Regionale sturing kent een hoge productie van groen gas, maar gebruikt ook voornamelijk groen gas. Nationale sturing produceert minder groen gas, maar verbruikt ook voornamelijk groen gas. Europese CO<sub>2</sub>-sturing produceert veel groen gas, en verbruikt relatief veel gas in de vorm van groen gas en waterstof op distributie niveau. Internationale sturing, produceert weinig groen gas en verbruikt voornamelijk waterstof.



Figuur 11. Vraag naar methaan (PJ)

Waterstof speelt momenteel alleen een rol binnen de industrie, waar waterstof ingezet wordt als grondstof. Tot 2030 zal de situatie niet significant veranderen. Wel zal er geëxperimenteerd worden met waterstof als energiedrager, zodat dit eventueel na 2030 op grote schaal uitgerold kan worden.

Waterstof kan uit verschillende bronnen komen. In de landelijke scenario's wordt rekening gehouden met verschillende mixen van waterstof: groene waterstof vanuit elektrolyse/power-to-gas in de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing, import van waterstof en groene waterstof in het scenario Internationale sturing en een mix van groene, blauwe en import van waterstof in het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing. In deze studie is er voornamelijk vanuit gegaan dat de waterstofvraag in Overijssel wordt gedekt door productie en levering vanuit andere delen van het land.

Groene waterstof kan in de provincie worden opgewekt, maar heeft een dubbelrol binnen deze systeemstudie. Dit komt omdat groene waterstof een product is van elektrolyse/power-to-gas en deze technologie gezien wordt als een manier om de druk op de elektriciteitsnetten te ontlasten. Deze technologie is daarom niet meegenomen in de scenario's ten behoeve van de 'kale' doorrekening. Een gevolg hiervan is dat de lokale productie van groene waterstof niet meegenomen is in de scenario's maar in de analyse voor oplossingen voor knelpunten in de infrastructuur (zie hoofdstuk 5).



## 4. Infrastructuur: knelpunten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de huidige energie-infrastructuur in Overijssel. Er wordt specifiek aandacht besteed aan het distributienet, het transportnet en de gasnetten. Eerst wordt algemene informatie gegeven over de huidige netten. Vervolgens wordt er ingegaan op de knelpunten in de huidige infrastructuur wanneer de scenario's werkelijkheid zouden worden. De definitie van een knelpunt die wij hierbij hanteren is: de aanbod- of vraagpiek overschrijdt de huidige beschikbare capaciteit in 2020. Een knelpunt is oplosbaar als deze met uitbreidingen binnen de huidige infrastructuur kan worden voorkomen. Voor de overige knelpunten zullen andere oplossingen gevonden moeten worden om deze knelpunten aan te kunnen pakken.

### 4.1 Samenvatting knelpunten in de infrastructuur

- Op dit moment wordt er al gewerkt aan versterking van de huidige infrastructuur om de knelpunten door met name de toename van duurzame opwek in te passen. Vrijwel alle Overijsselse stations kunnen geen nieuwe initiatieven aansluiten als deze nog geen capaciteitsbeschikking hebben gehad.
- In 2030 zien we dat de vraag naar elektriciteit toeneemt, maar dat het vermogen voor duurzame opwek nog harder toeneemt en het vermogen voor de vraag overschrijdt. In beide projecties voor 2030 lijkt de verzwaringsopgave te overzien (in vergelijking met de opgave richting 2050). 1-3 HS/MS-stations hebben een onoplosbaar knelpunt, en op één hoogspanningslijn en trafostation ontstaat een groot knelpunt.
- In de scenario's voor 2050 waarin Overijssel netto-exporteur is, vormt vrijwel ieder station een knelpunt en zijn vrijwel al deze knelpunten niet op te lossen met uitbreidingen. Overschrijding van capaciteit door aanbod is veel groter (gemiddeld vier maal) dan overschrijding van capaciteit door vraag.
- In de scenario's voor 2050 met minder opwek ontstaan ook knelpunten bij 60 tot 80% van de HS/MS-stations. Twee derde van deze knelpunten is dan oplosbaar met uitbreidingen. Het merendeel van de knelpunten ontstaat nog steeds door aanbodpieken, maar in deze scenario's spelen wel meer vraagknelpunten een rol dan in de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing.
- De overheersende knelpunten in de scenario's van 2050 liggen aan de aanbodkant en treden met name op door de grote vermogens zon-pv. Een andere verhouding wind en zon-pv kan de ernst van de knelpunten in het elektriciteitsnet sterk doen verminderen.
- Tot 2030 vallen de knelpunten in het gasnet mee, mede doordat het transportvolume van aardgas afneemt. Voor de invoeding van groen gas zal het net op sommige plekken wel geschikt gemaakt moeten worden.
- In 2050 neemt de behoefte voor invoeding van groen gas in de meeste scenario's toe. Daarnaast wordt de gasinfrastructuur steeds meer als piekvoorziening gebruikt. Dit hoeft niet tot grote knelpunten te leiden, maar vraagt wel om aanpassingen. Om de productie het hele jaar in te kunnen voeden, kunnen afzetgebieden worden vergroot door de lokale gasnetten te koppelen of door met een booster het overschot aan groen gas te injecteren in het GTS net.
- Indien naast methaan ook waterstof een belangrijke rol gaat spelen in de gasinfrastructuur ontstaan knelpunten. Zo zal bijvoorbeeld in het scenario Internationale sturing waar waterstof de overheersende energiedrager wordt de invoeding van groen gas in de knel komen. En in het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing met een substantiële vraag naar beide gasvormige energiedragers – bij afnemers op distributieniveau – ontstaat een behoefte aan een dubbele infrastructuur, die door clustering mogelijk voorkomen kan worden.

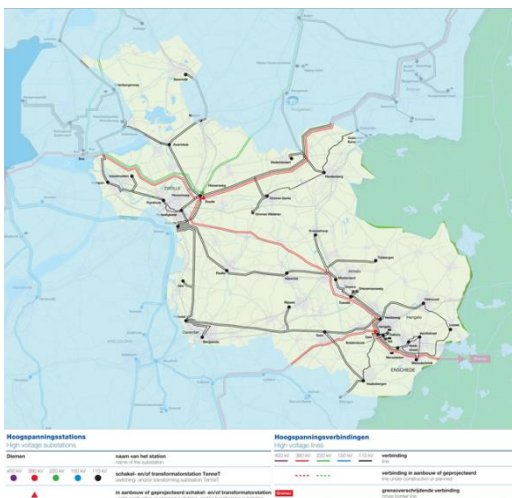
Projectie/ Scenario	Knelpunten elektriciteitsnet	Knelpunten gasnet
2030 Hoog	Knelpunten voornamelijk door aanbod, enkele knelpunten niet oplosbaar binnen de huidige infrastructuur	Geen onoplosbare knelpunten
2030 Laag	Enkele knelpunten voornamelijk door aanbod, enkel knelpunt niet oplosbaar binnen huidige infrastructuur	Geen onoplosbare knelpunten

Projectie/ Scenario	Knelpunten elektriciteitsnet	Knelpunten gasnet
2050 Regionale sturing	Groot aantal aanbodknelpunten, belasting door vraag neemt toe, nagenoeg alle knelpunten onoplosbaar	Gasvraag daalt sterk, invoeding groen gas neemt sterk toe, gasnet wordt gebruikt voor piekvoorziening. Waterstof voor mobiliteitstoepassingen kan met minimale infrastructuur beleverd worden.
2050 Nationale sturing	Groot aantal aanbodknelpunten, belasting door vraag neemt toe, nagenoeg alle knelpunten onoplosbaar	Invoeding groen gas voornaamste obstakel, gasnet wordt gebruikt voor piekvoorziening. Waterstof voor mobiliteitstoepassingen kan met minimale infrastructuur beleverd worden.
2050 Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Aanbodknelpunten overheersen, maar ook aantal vraagknelpunten	Grootste gasvraag van de scenario's. Lokale vraag naar waterstof en lokale vraag naar groen gas concurreren, hierdoor ontstaan knelpunten.
2050 Internationale sturing	Aanbodknelpunten en vraagknelpunten. Aanbodknelpunten zijn verhoudingsgewijs groter	Waterstof wordt door het huidige gasnet getransporteerd en gedistribueerd, knelpunten ontstaan omdat ook kleine hoeveelheden groen gas getransporteerd moeten worden.

## 4.2 Huidige infrastructuur Overijssel

Knelpunten in de infrastructuur worden gezien vanuit de huidige infrastructuur. Hoe ziet deze infrastructuur eruit in Overijssel en wat zijn de huidige ontwikkelingen?

### Het elektriciteitsnet



Figuur 13. Overzichtskartaal hoogspanningsnet beheerd door TenneT



Figuur 12. HS/MS-stations in Overijssel en stations waar vanuit assets in Overijssel aansluitingen op uitkomsten, Meppel, Hoogeveen, Coevorden.

De huidige elektriciteitsinfrastructuur in Overijssel is - zoals in heel Nederland - uitgelegd op de vraag naar elektriciteit. De regionale elektriciteitsnetten liggen dan met name ook richting de dorpen en steden in Overijssel en de industriegebieden. Rondom de dichtbebouwde gebieden in Overijssel liggen meer elektriciteitsstations. Dit is het geval rondom Hengelo, Almelo, Enschede en Zwolle. Het hoogspanningsnet in Overijssel is onderdeel van de landelijke hoogspanningsring. En daarnaast takt in Overijssel het hoogspanningsnet richting Noord-Nederland af. De verbinding met Duitsland wordt gebruikt voor de import en export van elektriciteit en de stabilisatie van de elektriciteitsmarkt in Europa.

In deze systeemstudie wordt specifiek aandacht besteed aan het 110 kV hoogspanningsnet en de HS/MS-stations in het distributienet. In Overijssel zijn momenteel 31 HS/MS-stations aanwezig. In deze studie zijn echter 34 HS/MS-stations meegenomen, omdat sommige assets in Overijssel ook aangesloten zijn op HS/MS-stations buiten Overijssel. De drie HS/MS-stations waar dit voor geldt zijn Meppel, Hoogeveen en Coevorden. Op het station in Deventer is een enkele aansluiting vanuit Gelderland. Deze belasting is niet meegenomen, het effect wordt echter als zeer klein gezien.

### Ontwikkelingen in het elektriciteitsnet

Op dit moment wordt het hoogspanningsnet al uitgebreid om te voorzien in de groei van duurzame opwek in de regio. Onderdeel hiervan is de zogenaamde 'pocket-structuur' in het 110 kV-net. De bestaande 110 kV-lijnen worden opengebrouwen, waardoor er kortere lijnen ontstaan en "sluipverkeer" wordt tegengehouden. Deze 'pocket-structuur', ook wel deelnetten genoemd, zorgt ervoor dat de functie van het 110 kV-net verschuift van transport naar distributie. Hierdoor wordt het distributienet (de lagere netvlakken) ontlast. Als gevolg van deze 'pocket-structuur' kan er meer elektriciteit van het distributienet op het 110 kV-net worden gebracht.

TenneT is de komende jaren bezig met de realisatie van pockets rondom Harculo, Goor en Almelo. Verdere uitbreidingen van de 110kV-hoogspanningsinfrastructuur naar 2030 toe worden onderzocht rondom Oele, Hengelo en Zwolle. Ook de 380 kV-verbindingen worden uitgebreid, de opwaardering van de verbinding Ens-Zwolle zit in de pre-realisatie fase en wordt in 2024 gereed verwacht. Daarnaast wordt gekeken naar opwaardering van de verbinding Zwolle-Hengelo. Dit zal pas in de tweede helft van het decennium opgeleverd kunnen worden.<sup>5</sup>

Enexis, Coteq en RENDO zijn op dit moment al bezig om een deel van het elektriciteitsnet van Overijssel uit te breiden. Met name vanwege de productie van duurzame elektriciteit in de regio en elektrificatie. Bij Almelo Mosterdpot, Goor, Hengelo Bolderhoek, IJsselmuiden, Losser, Ommen Dante, Rijssen, Raalte, Steenwijk, Tubbergen, Vroomshoop, Vollenhove, Zwolle Hessenweg worden de stations verzaagd in de komende jaren. Dit zijn dus 13 van de 31 stations waar al verzaaging gerealiseerd gaat worden. Daarnaast heeft Enexis in haar investeringsplan voorzien dat er bij Zwolle Hessenweg ook een nieuw station gebouwd zal gaan worden.<sup>6</sup>

#### 4.2.1 Gasnetten

Het Nederlandse gastransportnet wordt beheerd door GTS. Het gedeelte van het net aanwezig in Overijssel is weergegeven in Figuur 14<sup>7</sup>. Onder hoge druk wordt het gas getransporteerd door heel Nederland via het hoofdtransportleidingnet (HTL). Vanwege verschillende calorische waarden van gassen bestaat het hoofdtransportleidingnet uit meerdere leidingen die elk een bepaald type gas transporteren. Vervolgens wordt het gas verder getransporteerd via het regionale transportleidingnet (RTL). Deze netten worden beheerd door Enexis, Coteq (grotendeels Twente en deel van West-Overijssel) en RENDO (delen in West-Overijssel), zij beheren naast de gasinfrastructuur ook de elektriciteitsinfrastructuur.

---

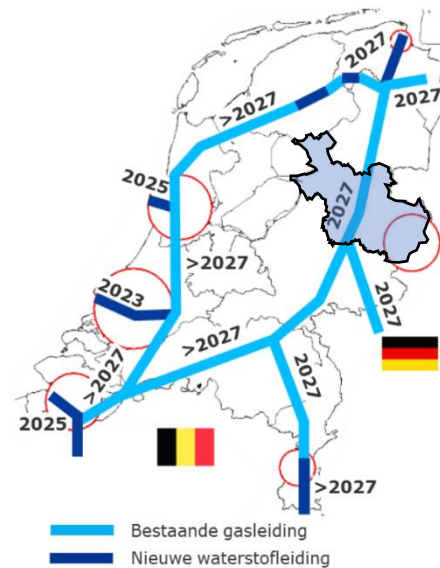
<sup>5</sup> Ontwerpinvesteringsplan Net op land 2020 – 2029, TenneT, 2020

<sup>6</sup> Investeringsplan Enexis Netbeheer 2020 - 2030 Elektriciteit, Enexis, 2020

<sup>7</sup> GTS (2015). Kaart leidingsysteem GTS-HR



Figuur 14: Schematische overzichtskarta gastranspport net. Grijs zijn de G-gasleidingen en geel zijn de H-gasleidingen.<sup>7</sup>



Figuur 15: Schematische weergave waterstofbackbone in 2030<sup>8</sup>

Vanuit Groningen loopt het hoofdtransportleidingnet naar het zuiden. Op dit tracé bevindt zich knooppunt Ommen. Op deze locatie worden meerdere leidingen gesplitst. Zo is er een aftakking richting Hengelo/Enschede, waar tevens interconnectie is met Duitsland. Vanuit Ommen is er eveneens een aftakking richting het westen. Bij knooppunt Ommen wordt tevens hoogcalorisch gas omgezet in laagcalorisch gas door de toevoeging van stikstof.

### Ontwikkelingen in het gasnet

**Groen gas:** door invoeding van groen gas verandert het karakter van het gasnet naar een meer decentraal systeem. Rondom Hardenberg leidt dit al tot knelpunten met name in de zomer (wanneer de gasvraag laag is, terwijl de productie van groen gas grotendeels constant blijft) om groen gas in te kunnen voeren. Coteq heeft in haar investeringplan voorzien om de gasnetten van Hardenberg met Vroomshoop te koppelen en richting 2030 nog verder het gasnet te vermazen om groengas invoeding mogelijk te maken. Uit de Investeringsplannen van de netbeheerders blijkt dat voor de groei in groengas richting 2030 dergelijke uitbreidingen van het gasnet op meer plaatsen gedaan worden.

**Waterstof:** momenteel zijn er geen gereguleerde gasleidingen waarin waterstof getransporteerd wordt. De verwachting is dat waterstof een steeds prominentere rol krijgt binnen het Nederlandse energiesysteem. Naast methaan zal dan ook waterstof getransporteerd moeten worden binnen Nederland. Hiervoor is infrastructuur benodigd, die op verschillende manieren tot stand kan komen. Een mogelijkheid is het aanleggen van een nieuwe waterstofinfrastructuur. Een andere mogelijkheid is het beschikbaar maken van de huidige aardgasleidingen voor het transport van waterstof. Hoe deze infrastructuur er exact uit gaat zien is onduidelijk. Echter, er worden verschillende mogelijkheden op het moment van schrijven verkend. Figuur 15 illustreert een mogelijke toekomstige infrastructuur<sup>8</sup>. Deze infrastructuur wordt ook wel de waterstofbackbone genoemd en loopt naar alle grote industriële clusters binnen Nederland. Tevens is er interconnectie met buurlanden.

<sup>8</sup> DNV-GL (2020). Taskforce infrastructure klimaatakkoord industrie

### 4.3 Knelpunten in infrastructuur

De infrastructuur wordt al aangepast om de huidige ontwikkelingen bij te benen. Zoals in hoofdstuk 3 beschreven, verandert er naar 2030 en daarna tot 2050 nog veel meer in de energiehuishouding. Hierdoor ontstaan knelpunten in de infrastructuur om de veranderde vraag en aanbod van energie te transporteren en distribueren.

Knelpunten kunnen ontstaan door een overvloedig aanbod van energiedragers of als gevolg van een overvloedige vraag naar energiedragers. In de volgende paragrafen wordt eerst ingegaan op knelpunten binnen het elektriciteitsnet en vervolgens op knelpunten in het gasnet. In het elektriciteitsnet wordt onderscheid gemaakt tussen het hoogspanningsnet in beheer van TenneT en het distributienet in beheer van Enexis, Coteq en Rendo.

### 4.4 Knelpunten in het elektriciteitsnet

Electriciteit vormt een steeds belangrijker deel van de energiemix naar de toekomst toe (zie hoofdstuk 3). Er treden hierdoor knelpunten op in de elektriciteitsnetten. Hoe groot zijn deze knelpunten en zijn deze binnen het huidige elektriciteitsnet op te lossen?

#### 4.4.1 Knelpunten in elektriciteitsnet van de regionale netbeheerders

Enexis heeft de impact van de scenario's op de stations tussen het hoogspannings- en middenspanningsnet doorgerekend en vervolgens de mogelijke knelpunten geïdentificeerd.<sup>9</sup>

Om deze mogelijke knelpunten het hoofd te kunnen bieden, is gekeken naar oplossingen binnen bestaande HS/MS-stations. De maximale uitbreidingsmogelijkheden zijn vastgesteld met de betreffende netverantwoordelijke. Hierbij zijn alleen N-1-oplossingen<sup>10</sup> meegenomen.

Er is een aantal aannames gedaan om de bovenstaande methodiek tot stand te brengen en toe te kunnen passen:

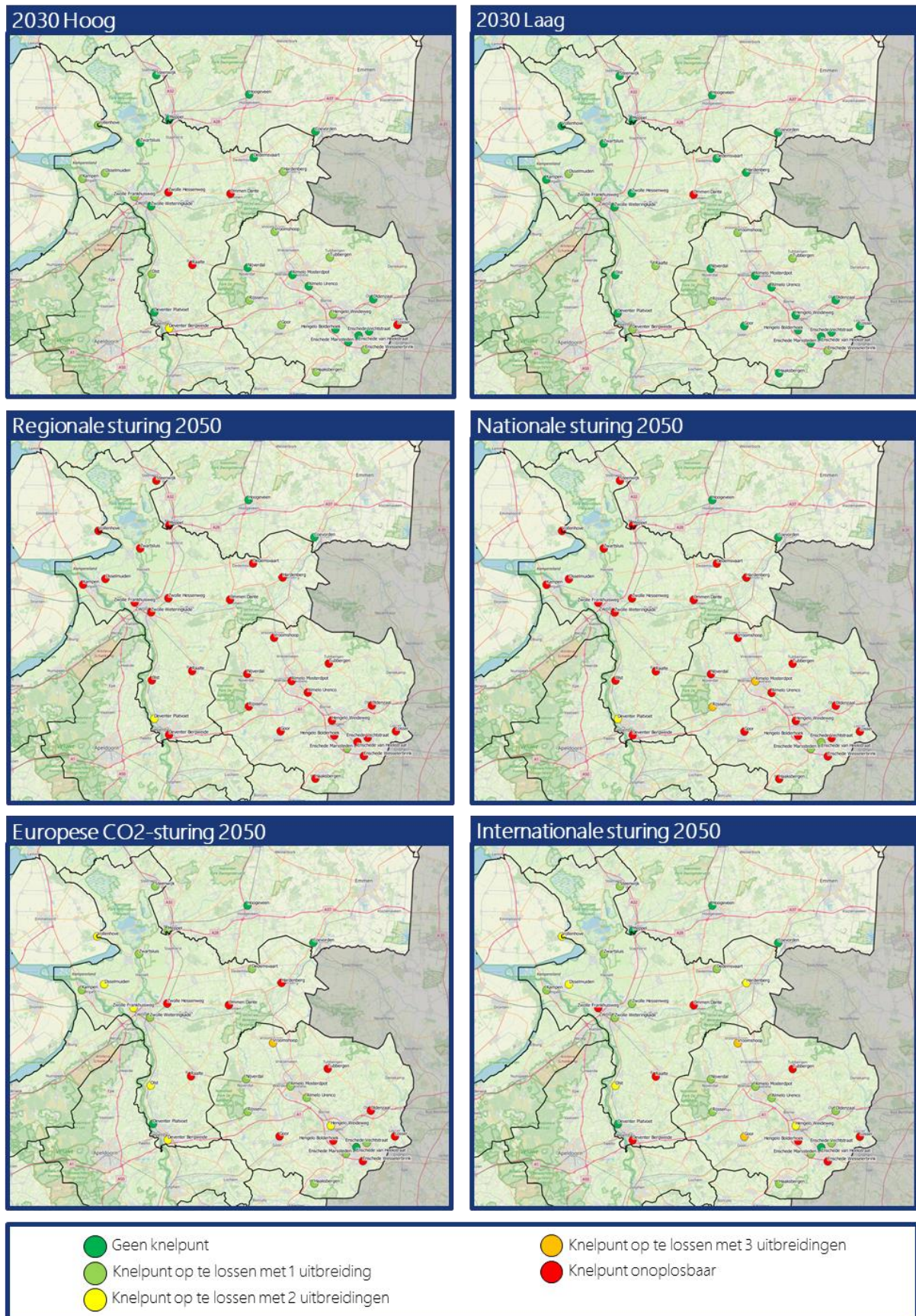
- De definitie van een knelpunt op een HS/MS-station: de aanbod- of vraagpiek overschrijdt de huidige beschikbare capaciteit.
- Het uitbreiden van bestaande HS/MS-stations kan met de volgende technieken:
  - Subblok (MS-installatie) plaatsen (45 MW extra capaciteit).
  - Trafo verzwaren (maximaal 70 MW extra capaciteit).
  - Subblok (MS-installatie) plaatsen en trafo verzwaren (maximaal 70 MW extra capaciteit).
  - Subblok (MS-installatie) plaatsen, trafo verzwaren en TenneT-veld erbij (45 MW extra capaciteit).

<sup>9</sup> Hiervoor is de volgende methodiek gehanteerd: De regionalisering van de scenario's dient hierbij als basis. Deze data op buurtniveau zijn uitgelijnd naar de HS/MS-stations op basis van de huidige voedingsgebieden van bestaande stations i.e. er is bepaald welke vraag en aanbod van elektriciteit aan elk HS/MS-station is toebedeeld. Met behulp van profielen, afkomstig van het ETM, is het piekvermogen per HS/MS-station bepaald. Er is hierbij rekening gehouden met tijdigheid, door de vraag- en aanbodpieken op elkaar in mindering te brengen wanneer deze gelijktijdig optreden. Vervolgens is de maximale vraag- of aanbodpiek vergeleken met de huidige beschikbare capaciteit. Wanneer de maximale vraag- of aanbodpiek de huidige beschikbare capaciteit overschrijdt ontstaat een knelpunt.

<sup>10</sup> N-1-oplossingen zijn oplossingen waarbij er voldoende redundantie is om bij grootschalige uitval of onderhoud stroom te blijven leveren. Hierbij zijn alle onderdelen van het net dubbel uitgevoerd, waardoor er bij uitval van 1 set van deze onderdelen nog steeds geleverd kan worden.

- Alle oplossingen zijn N-1 en 10 kV aangesloten, want 20 kV is nog niet rendabel in Overijssel.
- Met de genoemde uitbreidingsmogelijkheden ('knelpunt op te lossen met x uitbreidingen') kan de capaciteit van het HS/MS-station vergroot worden door het station fysiek uit te breiden. Hiermee zouden mogelijk het verwachte aanbod- en de vraagpieken verwerkt kunnen worden op het HS/MS-station. N.B. De genoemde uitbreidingsmogelijkheden zijn indicatief; Er zijn geen garanties dat deze daadwerkelijk zijn gerealiseerd vóór 2030. Er is uitgegaan van volle beschikbaarheid van man en materiaal bij het bepalen van de oplossingen.
- Indien een knelpunt niet ondervangen kan worden door fysieke uitbreidingen van het HS/MS-station ('knelpunt onoplosbaar') moet gekeken worden naar N-0 of flexibiliteitsoplossingen. Indien ook dit geen uitkomst biedt is een nieuw station noodzakelijk. Een dergelijk station heeft een capaciteit van maximaal 360 MW.

In de doorrekening van Enexis zijn 34 HS/MS-stations meegenomen. 31 van deze stations liggen in Overijssel, drie daarvan in Drenthe. Voor de stations die in Drenthe gelegen zijn, is alleen de belasting van Overijsselse gebieden aangesloten op het betreffende station meegenomen. De belasting van de buurten gelegen in Drenthe op dezelfde stations is dus niet meegenomen. Deze stations geven daarom een vertekend beeld in de doorrekeningen van Enexis, omdat de daadwerkelijk belasting van deze stations hoger is. Hoogveen en Meppel zijn nu zelfs aangewezen als congestiegebieden.



Figuur 16. Impact van de scenario's op de huidige HS/MS-stations in Overijssel. Een grote weergave van elk scenario is te vinden in Bijlage 8, waarop ook de namen van de stations af te lezen zijn.

Tabel 1 geeft een overzicht van de knelpunten per scenario die ontstaan op de huidige HS/MS-stations. Tevens zijn in Bijlage 8 topografische kaarten op paginabreed formaat. In het scenario 2030 Hoog treden er in iets meer dan de helft van HS/MS-stations knelpunten op. Voor veertien van deze HS/MS-stations kan het capaciteitstekort opgelost worden met één of meer uitbreidingen. Bij vier HS/MS-stations is dit echter niet mogelijk en moet naar andere mogelijkheden gezocht worden. De oorzaken hiervan zijn verschillend. Zo is één voorbeeld Ommen Dante, waar het capaciteitstekort verklaard wordt door het relatief grote voedingsgebied van dit station, dat historisch zo gegroeid is.

Tabel 1: Knelpunten in HS/MS-stations per scenario<sup>11</sup>

Scenario	Geen knelpunt	Knelpunt op te lossen met uitbreidingen	Knelpunt onoplosbaar
2030 Hoog	16	14	4
2030 Laag	25	8	1
Regionale sturing	2	2	30
Nationale sturing	2	5	27
Europese CO <sub>2</sub> -sturing	4	20	10
Internationale sturing	5	21	8

In de projectie 2030 Laag treden er minder knelpunten op. Dit komt omdat het hernieuwbare opwekvermogen kleiner is dan in de projectie 2030 Hoog. Richting 2050 verandert het beeld nadrukkelijk. Er treden veel knelpunten op in de scenario's waar de nadruk ligt op zelfvoorzienend zijn. In het scenario Regionale sturing resulteert dit in onoplosbare knelpunten op vrijwel alle HS/MS-stations. De HS/MS-stations waar géén knelpunten optreden liggen in Drenthe en worden in de doorrekening alleen belast door buurten gelegen in Overijssel, waardoor de capaciteit meestal voldoende lijkt. In de praktijk treedt op twee van deze stations in Drenthe nu al congestie op. In de meer internationaal georiënteerde scenario's is de belasting op de HS/MS-stations minder groot. In veel gevallen is er uitbreiding nodig, omdat de huidige capaciteit niet toereikend is. Echter, het aantal onoplosbare knelpunten is kleiner, omdat het opgestelde hernieuwbaar vermogen substantieel kleiner is dan in de zelfvoorzienende scenario's. Wel zijn er in de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing meer knelpunten als gevolg van een toenemende vraag, maar ook deze zijn vaak oplosbaar met uitbreidingen op de bestaande stations. De verschillen tussen de scenario zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Verdeling vraag- en aanbodknelpunten per scenario

Scenario	Geen knelpunt	Aanbod knelpunt	Vraag knelpunt
2030 Hoog	16	15	3
2030 Laag	25	7	2
Regionale sturing	2	32	0
Nationale sturing	2	32	0
Europese CO <sub>2</sub> -sturing	4	21	9
Internationale sturing	5	14	15

<sup>11</sup> Verschillen met de doorrekeningen van de RES zijn mogelijk. Dit komt waarschijnlijk door een iets afwijkende vraagzijde en aanbodprofielen die gebruikt zijn in deze systeemstudie ten opzichte van de RES-doorrekeningen.



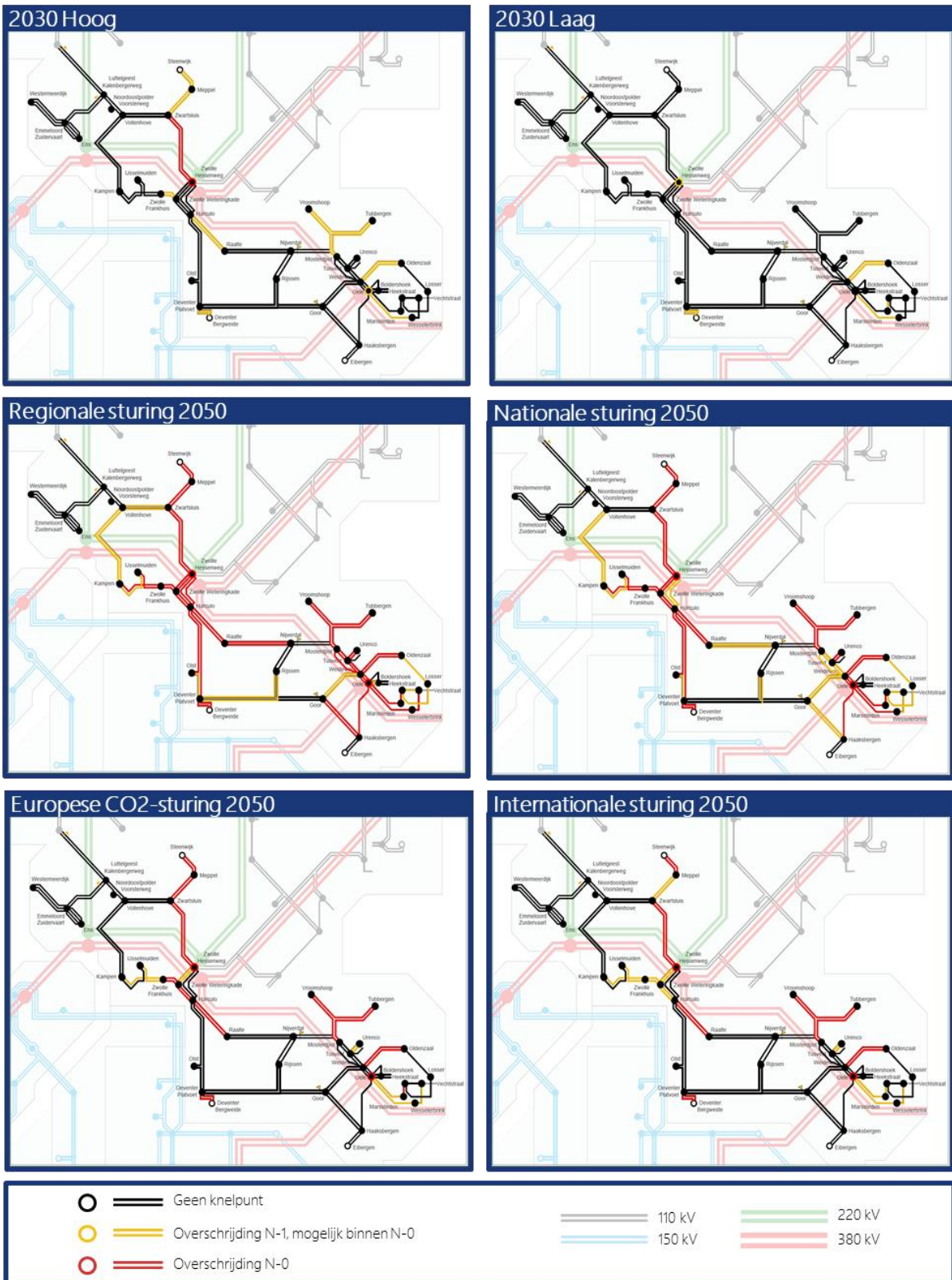
Uit Tabel 3 wordt ook duidelijk dat voor de 2030 scenario's de knelpunten relatief beperkt zijn. Bij het 2030 Laag-scenario zijn de knelpunten het kleinst. Gemiddeld worden de HS/MS-stations op maximaal 56% van hun capaciteit belast door het netto aanbod van elektriciteit, bij de netto vraag is de maximale belasting gemiddeld 78% van de capaciteit. Ook de overschrijdingen vinden gemiddeld slechts op negen uur in het jaar plaats aan de aanbodzijde en 97 uur voor de vraagzijde. Dit beeld is iets vertekend doordat op enkele stations wel knelpunten optreden, maar op de meeste stations niet. Bij het 2030 Hoog-scenario valt ook de duur van de piekbelasting mee met gemiddeld over alle stations 170 uur per jaar en loopt de langste aanbodpiek op tot gemiddeld over alle stations vijf uur achter elkaar. Wel is de gemiddelde overschrijding door aanbod groter dan in het 2030 Laag-scenario, door het grotere vermogen aan duurzame opwek. De knelpunten in 2030 zijn dus relatief beperkt en komen slechts een aantal uur in het jaar voor. Meer vermogen aan duurzame opwek leidt tot meer aanbodknelpunten en op sommige stations tot onoplosbare knelpunten binnen de huidige infrastructuur. Andere oplossingen dienen hiervoor te worden gevonden.

Voor de 2050 scenario's is zichtbaar dat de knelpunten in grootte toenemen en dat de grootste knelpunten aan de aanbodzijde liggen. De absolute belasting stijgt verder tot gemiddeld 510% over alle stations in het scenario Regionale sturing, met enkele stations die significant zwaarder worden belast. Dit betekent dat er als je de capaciteit van alle stations bij elkaar optelt er meer dan vijf keer zo veel capaciteit beschikbaar moet zijn in 2050 dan er nu is. Daarbij neemt ook de duur van de aanbodpieken toe tot 1800 uur in het jaar. De aanbodpieken blijven relatief kort van duur met achttien uur. Dit komt met name doordat deze gedreven worden door zon-pv. Van de 2050 scenario's kent het scenario Internationale sturing de kleinste aanbodknelpunten, in capaciteit, aantal uur en langste duur. Daar tegenover staat dat juist de vraagzijde in dit scenario grotere knelpunten kent dan in de andere scenario's. Voor Internationale sturing overstijgt de vraag de huidige capaciteit van de HS/MS-stations met gemiddeld 138% en geldt dit voor 1261 uur in het jaar en houdt dit als langste 57 uur gemiddeld aan. De specifieke belasting per HS/MS-station is te vinden in Bijlage 11.

Tabel 3. Typering van de knelpunten op basis van vraag en aanbod. Gemiddeld betekent een middeling over alle stations van de betreffende parameter.

	Gemiddelde aanbod-belasting t.o.v. capaciteit (%)	Gemiddelde vraag-belasting t.o.v. capaciteit (%)	Gemiddelde aanbod-overschrijding capaciteit (# uur)	Gemiddelde vraag-overschrijding capaciteit (# uur)	Gemiddeld langste duur aanbodpiek (# uur)	Gemiddeld langste duur vraagpiek (# uur)
2030 Hoog	122%	78%	170	63	5	2
2030 Laag	56%	78%	9	97	0	4
Regionale sturing	510%	107%	1800	273	18	7
Nationale sturing	410%	118%	1389	672	15	20
Europese CO <sub>2</sub> -sturing	203%	123%	496	860	6	28
Internationale sturing	181%	138%	400	1261	5	57

### 4.4.2 Knelpunten in hoogspanningsnet



Figuur 17. Impact van de scenario's op het huidige hoogspanningsnet in Overijssel. Een grote weergave van elk scenario is te vinden in Bijlage 10, waarop ook de namen van de stations af te lezen zijn.

Naast de analyse van de HS/MS-stations door Enexis, is ook een doorrekening uitgevoerd voor het hoogspanningsnet. TenneT heeft deze doorrekening gedaan volgens de hiernavolgende methodiek:

De aangeleverde profielen en regionalisering data voor vraag en aanbod in Overijssel (met uitzondering van de Noordoostpolder) zijn ingevoerd in het model dat is gebruikt voor de jaarrondberekeningen in het IP 2020. Om de berekening succesvol te laten verlopen zijn aanpassingen aan het model noodzakelijk geweest.

De resultaten geven een representatief beeld van de effecten van de verschillende scenario's op het 110 kV-net in Overijssel inclusief de hiermee verbonden 220/380/110 kV-transformatoren. In Overijssel bevinden zich geen clusters van grootschalige conventionele opwek en aanlanding van wind op zee, zoals in Groningen. Om deze reden is de invloed van de scenario's in Overijssel op het 380/220 kV-net relatief beperkt ten opzichte van de systeemstudie Groningen-Drenthe.<sup>12</sup>

De uitkomsten van de doorrekeningen zijn schematisch weergegeven in Figuur 17. De focus van deze systeemstudie ligt nadrukkelijk op het 110 kV-net in Overijssel. Op zwarte gekleurde circuits of zwart omcirkelde trafo's vindt geen overschrijding plaats, wanneer de huidige infrastructuur belast wordt met de vraag of het aanbod van elektriciteit van het betreffende scenario. Op geel gekleurde circuits of geel omcirkelde trafo's vindt overschrijding plaats van het N-1 criterium (redundantie in geval van storing), maar de belasting wordt waarschijnlijk niet zo groot, dat er in absolute zin te weinig netcapaciteit is voor het benodigde transport (zonder redundantie). Wanneer overschrijding optreedt bij het betreffende component (trafo of circuit) bij uitval van een ander component elders in het net zal per situatie specifiek onderzocht moeten worden of het loslaten van het N-1 criterium acceptabel is en in welke mate dit een oplossing biedt voor het knelpunt. Dit is afhankelijk van de wijze waarop N-0 kan worden toegepast. De 380/110 en 220/110 kV-transformatoren zullen altijd N-1 veilig bedreven worden. Wanneer een trafo rood omcirkeld is of een circuit rood gekleurd is, is het onmogelijk om de toename in vraag en aanbod in te passen in de huidige capaciteit. Er vindt dan zelfs overschrijding plaats bij een N-0 criterium.

Het beeld op hoogspanningsniveau komt redelijk overeen met het beeld van de HS/MS stations. Voor de projecties van 2030 valt de opgave te overzien. Slechts in de projectie 2030 Hoog wordt een lijn en trafo van Zwolle Hessenweg naar Zwartsluis dusdanig belast dat hiervoor uitbreidingen van het net noodzakelijk zijn. De gebieden waar veel duurzaam vermogen staat opgesteld in deze projectie laten ook zien dat er behoefte is aan een grotere capaciteit. Bijvoorbeeld bij Vroomshoop en Tubbergen. In 2030 kunnen deze knelpunten nog relatief eenvoudig opgelost worden. In het scenario 2030 Laag is duidelijk te zien dat de druk op het hoogspanningsnet minder groot is. Dit is met name het gevolg van de lagere hoeveelheid opgesteld duurzaam vermogen.

In de scenario's voor 2050 waarin Overijssel netto exporteur is (Regionale sturing en Nationale sturing) vormt vrijwel ieder verbinding op 110kV een knelpunt en zijn deze knelpunten slechts op te lossen met verdere uitbreiding van de capaciteit of eventueel andere oplossingen. In de scenario's voor 2050 met minder opwek (Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing) ontstaan ook knelpunten, maar is de impact minder groot. De overheersende knelpunten in de 2050 scenario's liggen aan de aanbodkant en treden met name op door de grote vermogens zon-pv.

---

<sup>12</sup> Daarnaast bevat het model voor het IP 2020 ook een set profielen waarmee het 380/220 kV-net wordt doorgerekend. Omdat de flow door het 380/220 kV-net sterk wordt beïnvloed door internationale transporten, bevat de set ook profielen voor de omliggende landen. Deze profielen zijn niet aangepast voor deze systeemstudie, en daarom zijn de resultaten van de 380/220 kV-componenten wellicht niet representatief voor de verschillende scenario's. Voor het 380/220 kV-net is het aan te raden om de systeemstudie landelijk, of beter nog Europees, op te zetten. De landelijke integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 zal hier een scherper beeld van laten zien.

### 4.4.3 Conclusie knelpunten in het elektriciteitsnet

In 2030 zien we dat de vraag naar elektriciteit toeneemt, maar dat het vermogen voor duurzame opwek nog harder toeneemt en de overhand neemt (in absolute vraag naar vermogen). In beide projecties voor 2030 lijkt de verzwaringsopgave te overzien (in vergelijking met de opgave richting 2050). 1-3 HS/MS stations hebben een onoplosbaar knelpunt en op 1 hoogspanningslijn en trafostation ontstaat een groot knelpunt.

In de scenario's voor 2050 waarin Overijssel netto exporteur is (Regionale sturing en Nationale sturing) vormt vrijwel ieder station een knelpunt en zijn vrijwel al deze knelpunten niet op te lossen met uitbreidingen. Overschrijding van capaciteit door aanbod is veel groter (gemiddeld ongeveer drie tot vier keer) dan overschrijding van capaciteit door vraag (gemiddeld ongeveer tien tot twintig procent). In de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing voor 2050 met minder opwek ontstaan ook knelpunten bij zestig tot tachtig procent van de HS/MS stations, maar is de overschrijding zo'n tachtig tot honderd procent door aanbod ten opzicht van de huidige capaciteit en de overschrijding door vraag zo'n twintig tot veertig procent. In de scenario's voor 2050 met minder opwek ontstaan ook knelpunten bij 60-80% van de HS/MS stations. Twee derde van de knelpunten is dan oplosbaar met uitbreidingen. De impact van aanbod is ook dan groter dan impact van vraag, maar dan ligt de piekbelasting dicht bij elkaar. De overheersende knelpunten in de 2050 scenario's liggen aan de aanbodkant en treden met name op door de grote vermogens zon-pv.

Projectie/Scenario	Knelpunten elektriciteitsnet
2030 Hoog	Knelpunten voornamelijk door aanbod, enkelen knelpunt niet oplosbaar binnen huidige infrastructuur
2030 Laag	Enkele knelpunten voornamelijk door aanbod, enkel knelpunt niet oplosbaar binnen huidige infrastructuur
2050 Regionale sturing	Groot aantal aanbodknelpunten, belasting door vraag neemt toe, nagenoeg alle knelpunten onoplosbaar
2050 Nationale sturing	Groot aantal aanbodknelpunten, belasting door vraag neemt toe, nagenoeg alle knelpunten onoplosbaar
2050 Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Aanbodknelpunten overheersen, maar het zijn er minder en deze zijn minder groot dan in Regionale sturing en Nationale sturing. Daarnaast ontstaan er ook aantal vraagknelpunten
2050 Internationale sturing	Aanbodknelpunten overheersen, maar het zijn er minder en deze zijn minder groot dan in Regionale sturing en Nationale sturing. Aanbodknelpunten zijn verhoudingsgewijs groter dan in andere scenario's.

## 4.5 Knelpunten in het gasnet

In alle toekomstscenario's neemt de vraag naar methaan af, wat impliceert dat de huidige gasinfrastructuur toereikend is voor alle toekomstbeelden. Het hiervoor vermelde houdt stand wanneer men alleen redeneert vanuit de vraag naar aardgas. De toekomstbeelden laten echter zien dat de vraag naar gassen niet alleen bestaat uit aardgas. Op de middellange termijn zal de vraag naar groen gas sterk toenemen. De productie hiervan vindt lokaal plaats, wat impact heeft op de gasinfrastructuur. Momenteel wordt gas op een aantal centrale punten geproduceerd en ingevoerd op het transportnet van GTS. Bij groen gas is de productie versnipperd. Veelal zal biomassa naar een nabijgelegen punt gebracht worden waar de biomassa vergast of vergist en uiteindelijk opgewaardeerd wordt tot groen gas. Omdat het niet rendabel is om biomassa over lange afstanden te transporteren zal de productie van groen gas dus decentraal plaatsvinden.

Groen gas heeft dezelfde kwaliteit als aardgas en kan daarmee zonder beperkingen ingevoerd worden in het bestaande gasnet. Een gevolg van decentrale productie van groen gas is dat er op een groot aantal punten dan ook groen gas ingevoerd wordt in het distributienet. Dit heeft zijn weerslag op het gasnet. In regio's met een relatief lage methaanvraag in de zomer, maar met een hoge productie van groen gas zal er transport plaats moeten vinden van het distributienet naar het transportnet van GTS. Hoewel dit mogelijk is, moet er locatieafhankelijk bekeken worden waar het verstandig is om groen gas in te voeren.

Behalve de toename van decentrale productie van groen gas wordt er ook een groei in de vraag naar waterstof verwacht op de lange termijn. De inzet van waterstof is disruptief. De overgang naar waterstof en/of de combinatie van methaan en waterstof in het transportnet en de distributienetten is niet zomaar gemaakt. Op hoofdlijnen treden er namelijk een aantal complexe problemen op waarmee rekening gehouden dient te worden:

- Waterstof en methaan zijn verschillende gassen met verschillende eigenschappen en toepassingen. Hoewel het mogelijk is om een mengsel van waterstof en methaan te transporteren wordt dit minder kansrijk geacht door de participerende partijen.<sup>13</sup> Dit impliceert dat transport van waterstof en methaan zal plaatsvinden in afzonderlijke leidingen.
- De energie-inhoud per volume-eenheid van waterstof is een factor drie lager dan die van methaan. Hierdoor moeten er grotere volumes getransporteerd worden om dezelfde hoeveelheid energie te kunnen leveren.

Waterstof zal getransporteerd moeten worden van de productielocatie naar waar de waterstof zal worden verbruikt. Dit betekent dat er behoefte is aan transportcapaciteit. Momenteel is er nog geen landelijke infrastructuur aanwezig waarmee deze waterstof verspreid kan worden. Ook binnen Overijssel is deze infrastructuur niet aanwezig. Naarmate de vraag naar waterstof toeneemt, wordt de behoefte voor een dergelijke infrastructuur groter.

Op landelijke schaal wordt er daarom nu nagedacht over een waterstofbackbone. Voor het realiseren van de backbone zouden de huidige gasleidingen gebruikt kunnen worden. Aangezien het de ambitie is om na 2030 geen Gronings gas meer te gebruiken, zouden deze leidingen aangepast kunnen worden voor het transport van waterstof. In eerste instantie zou deze waterstof dan gebruikt worden door de grote industriële clusters, maar bij aanleg van een waterstofbackbone ontstaan ook kansen voor aangrenzende gebieden en andere sectoren. De mogelijke waterstofbackbone zou vanuit Groningen via het compressorstation Ommen naar het zuiden en westen van het land gaan lopen en loopt daarmee dwars door Overijssel.

Op regionaal niveau zijn er nog geen concrete plannen hoe de waterstofinfrastructuur eruit zal gaan zien. In deze studie is daarom in samenwerking met GTS, Coteq, RENDO en Enexis een aanpak geformuleerd waarmee inzicht gecreëerd wordt in hoe een regionale waterstofinfrastructuur er in Overijssel uit zou kunnen gaan zien. Deze aanpak is slechts een vingeroefening en biedt geen enkele garantie voor de toekomst. De geformuleerde aanpak

<sup>13</sup> Uit expertsessie met netbeheerders is gebleken dat bijmenging van waterstof in de methaanleidingen mogelijk is, maar dat dit niet als opportuun wordt beschouwd.

bestaat uit de hiernavolgende stappen en is toepasbaar op elk scenario. De vraag naar waterstof en methaan (exclusief mobiliteit) wordt bekeken op postcode 4 niveau. Om regionaal kosteneffectief aan de gasvraag te voldoen, is de wens om in gebieden een keuze te maken in het aanbod: of volledig waterstof of volledig methaan. De waterstofvraag uit het scenario wordt toebedeeld aan de gebieden in Overijssel met het hoogste relatieve H<sub>2</sub>-aandeel in de gasvraag. De overige gebieden krijgen hun hele gasvraag ingevuld met methaan. Om versnippering tegen te gaan en de kostenefficiëntie verder te verhogen, is vervolgens met experts bepaald hoe dit verder geclusterd kan worden tot grote clusters die aansluiten bij de huidige GTS leidingen. Voor mobiliteit gaan we ervan uit dat de tankstations altijd met waterstof-tankwagens beleverd kunnen worden als er geen waterstofleidingen in de buurt liggen.

De clustering van methaan en waterstof is scenario-afhankelijk (waarbij in deze scenario's geen lokale waterstofproductie is meegenomen). In de scenario's van 2030 is de vraag naar waterstof gering, waardoor de noodzaak voor een regionaal waterstofdistributienet laag is. In 2050 verandert de vraag naar waterstof echter. Het is aannemelijk dat er in 2050 een waterstofbackbone gerealiseerd is en dat de mobiliteitssector wordt bediend met waterstoftrucks. Met name in de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing neemt de vraag naar waterstof toe. Bij de clustering is daarom gekeken naar de specificaties van elk scenario. Hiernavolgend volgen de overwegingen per scenario voor 2050. Daarnaast laat Figuur 18 de verschillen in inzet tussen de scenario's aan de hand van een aantal grafieken zien.



Figuur 18. Overzicht van de methaan- en waterstofvraag per 2050 scenario

## Regionale sturing 2050

Het scenario Regionale sturing heeft de kleinste relatieve inzet van gasvormige energiedragers. Slechts 14% van de totale hoeveelheid energievraag bestaat uit gasvormige energiedragers. Daarnaast wordt waterstof alleen ingezet voor mobiliteit, waardoor de distributienetten volledig beschikbaar zijn voor groen gas. Wel zouden GTS-leidingen ingezet kunnen worden ten behoeve van waterstof voor mobiliteit. Een voorbeeld hiervan zijn lokale waterstofhubs gekoppeld aan GTS voor tankstations. In gebieden waar de methaanvraag nihil is, kan het regionale gasnet verwijderd worden. Echter, in het merendeel van de gebieden zal het regionale distributienet blijven liggen voor zowel de levering van methaan als invoeding van lokaal geproduceerd groen gas.

Een belangrijke reden voor het operationeel blijven van de distributiegasnetten is de piekvraag uit de gebouwde omgeving en industrie. Vanwege elektrificatie in het scenario Regionale sturing wordt een groot deel van de energie geleverd door elektriciteit. Op momenten van piekvraag (veel vermogen) kan dit tot problemen leiden. Methaan biedt hier een uitstekende oplossing voor bijvoorbeeld bij hybride warmtepompen. Dit betekent dat het jaarlijkse transportvolume van methaan zal reduceren ten opzichte van nu, terwijl dit maar in beperkte mate geldt voor de piekvraag.

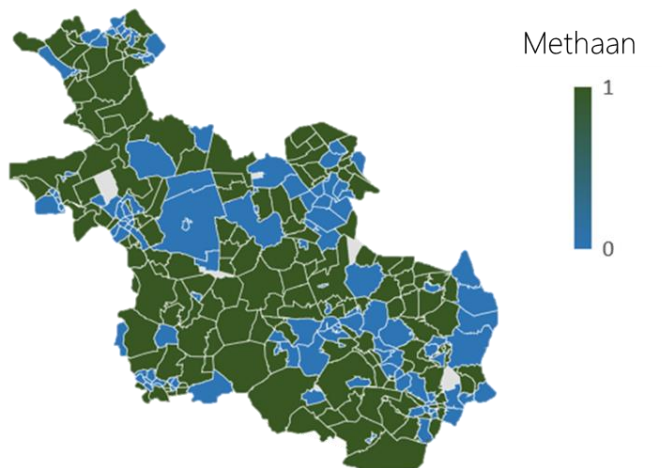
Het jaarlijkse verbruik van methaan is gelijk aan 13,5 miljoen GJ, terwijl de productie van groen gas 11,6 miljoen GJ bedraagt. Het verbruik kent een piek in de winterperiode, terwijl de productie van groen gas gelijkmatig is. Het piekoverschot in Twente bedraagt circa 12.800 m<sup>3</sup> per uur en in West-Overijssel 12.600 m<sup>3</sup> per uur.

## Nationale sturing 2050

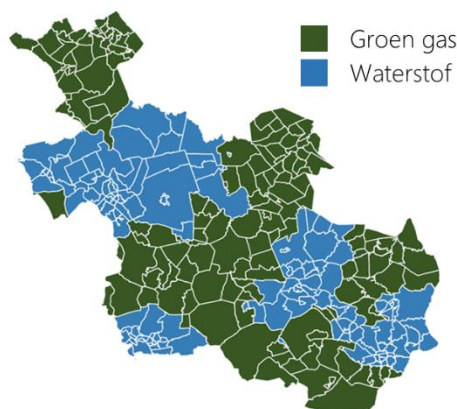
Het nationale scenario heeft een beperkte vraag naar gasvormige energiedragers. Slechts 17% van de totale hoeveelheid energievraag in GJ bestaat uit gasvormige energiedragers. Ook in dit scenario geldt dat waterstof uitsluitend wordt ingezet voor mobiliteit. Dit impliceert dat gasdistributienetten volledig beschikbaar zijn voor groen gas. Wel zouden GTS-leidingen ingezet kunnen worden ten behoeve van distributie van waterstof direct naar tankstations voor mobiliteit.

In gebieden waar de methaanvraag nihil is, kan het regionale gasnet verwijderd worden. Echter, in het merendeel van de gebieden zal het regionale distributienet blijven liggen voor zowel de levering van methaan als invoeding van lokaal geproduceerd groen gas. Ook voor het invullen van de piekvraag blijft methaan van belang. De totale jaarlijkse vraag neemt wel af ten opzichte van nu. Ook in dit scenario verschuift de waarde van gasnetten dus van energielevering naar pieklevering (vermogen).

Het nationale scenario is bijna zelfvoorzienend in de vraag naar methaan. De jaarlijkse vraag naar methaan bedraagt circa 7,2 miljoen GJ, terwijl het verbruik gelijk is aan 8 miljoen GJ. Het piekoverschot in Twente bedraagt circa 6.200 m<sup>3</sup> per uur en in West-Overijssel 4.600 m<sup>3</sup> per uur.



Figuur 20. Verdeling van methaan en waterstof op PC4- niveau wanneer alleen rekening wordt gehouden met de fractie methaan in het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing. Er is in dit figuur niet geclusterd. De figuur geeft slechts een eerste indruk. Andere varianten zijn niet uitgesloten.



Figuur 19. Clustering van buurten in het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing. Dit is slechts een vingeroefening waarin de mogelijkheden van clustering verkend zijn. De huidige initiatieven rondom waterstof zijn hierbij niet meegenomen.

### Europese CO<sub>2</sub>-sturing

In het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing is de relatieve inzet van gasvormige energiedragers het grootst. 32% van de energievraag is in de vorm van moleculen. Het verbruik van methaan en waterstof is ongeveer gelijk. Van de totale hoeveelheid waterstof wordt circa de helft ingezet binnen de mobiliteitssector. Hierbij moet worden opgemerkt dat slechts een deel van de waterstof voor mobiliteit door de distributienetten gaat.

Methaan wordt voornamelijk ingezet binnen de gebouwde omgeving. Het intact houden van de distributienetten is daarom van belang. Op een beperkt aantal locaties in Overijssel zouden de distributienetten wel verwijderd kunnen worden, omdat de vraag naar gasvormige energiedragers nihil is. Vooral in landelijke gebieden zal gebruik worden gemaakt van methaan en het huidige distributienet. Op een aantal locaties zal echter ook waterstof toegepast worden binnen de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld in steden. De vraag naar waterstof vanuit industrie en mobiliteit kan dan leiden tot een levering van uitsluitend waterstof via het gasnet. De eerder genoemde clusteringsmethodiek is toegepast op het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing, omdat de vraag naar moleculen in dit scenario het grootst is. Gebieden worden toegekend aan waterstof of methaan. Vanuit maatschappelijke kosten bezien is het namelijk mogelijk niet wenselijk beide gassen overal beschikbaar te maken.



Vanwege de hoge vraag naar methaan is het overschot kleiner dan in de zelfvoorzienende scenario's. In Twente is het piekoverschot groen gas 3.250 m<sup>3</sup>/uur, terwijl er in West-Overijssel geen sprake is van een overschot.

### Internationale sturing

In het scenario Internationale sturing is de relatieve inzet van gasvormige energiedragers een stuk groter dan in de zelfvoorzienende scenario's. 24% van de energievraag is in de vorm van moleculen. Dit scenario is sterk georiënteerd op waterstof; circa 90% van totale vraag naar moleculen in GJ bestaat uit waterstof. Het overgrote deel van de waterstofvraag komt uit de industrie. Het resterende deel komt vanuit de landbouw (tuinbouw).

Alle distributienetten binnen Overijssel zullen intact blijven en volledig overgaan op waterstof. Hierdoor wordt invoeding van groen gas een uitdaging evenals levering van methaan aan de landbouw (tuinbouw) en de industrie. Om invoeding van groen gas toch mogelijk te maken, zal er een lokale gasinfrastructuur gerealiseerd moeten worden. Mogelijk voorbeelden hiervan zijn:

- lokale biogasnetten om centraal groen gas in te voeden in GTS netten
- lokale biogasnetten om biogas rechtstreeks in de industrie in te zetten
- lokale netten groen gas voor industrie en landbouw (tuinbouw).

In Twente is er geen sprake van een piekoverschot van groen gas. In West-Overijssel is dit wel het geval, maar slechts zeer beperkt, namelijk 700 m<sup>3</sup>/uur. Dit komt voornamelijk doordat in dit scenario de groen gas productie beperkt is.

### Transitie naar waterstof

De omschakeling hoeft niet in een heel gebied tegelijk plaats te vinden. Dit kan in kleine stappen gedaan worden, bijvoorbeeld per blok of straat. Dit kan gedaan worden door een zogenoemde 'ballon' in de leiding te plaatsen. Hiermee kan een leiding tijdelijk geblokkeerd worden. Vervolgens kan aan de ene kant van de ballon groengas en aan de ander kant waterstof worden ingevoerd. Vervolgens kan elke dag de blokkade in de leiding (de ballon) verplaatst worden en kan er weer een nieuw deel overgezet worden.

Daarnaast is er een ontwikkeling gaande bij branders dat ze een breder gasspectrum goed kunnen verbranden; het gas mag dus afwijken van de aardgasspecificatie. Sommige cv-ketelontwikkelaars zijn zelfs bezig met de ontwikkeling van branders die zowel waterstof als aardgas kunnen verbranden. Daarmee zou de overschakeling een stuk makkelijker gaan. Dan kunnen namelijk in de maanden/jaren voorafgaand aan de overschakeling deze branders geplaatst worden en kan de overstap gemaakt worden zonder verdere ingrepen achter de voordeur.

Op dit moment is het toepassen van waterstof in veel sectoren nog een kip-ei-vraagstuk. Geen vraag zonder aanbod en geen aanbod zonder vraag. Om dit te doorbreken wordt bijvoorbeeld gepleit voor het starten met bijmengen van waterstof in de gasnetten. Dit is technisch gezien mogelijk, zeker bij lage percentages waterstof. Momenteel is dit echter wettelijk nog niet toegestaan in de gaswet; er moet strikt voldaan worden aan de gasspecificatie. Er wordt momenteel wel gewerkt aan een AMvB die het voor de netbeheerders mogelijk maakt om hiermee te experimenteren en ervaring op te doen. Als dit wel mogelijk zou zijn, kan praktisch overal waterstof ingevoerd worden. De rijksoverheid onderzoekt op dit moment de mogelijkheden voor een bijmengverplichting. Hierbij worden drie vormen onderzocht; fysiek, virtueel of een mix.

### Consequenties van clustering

Mocht waterstof een rol van betekenis gaan spelen in de distributienetten dan heeft dit een aantal consequenties.

- Het distributienet wordt complexer, omdat er twee energiedragers apart van elkaar gedistribueerd moeten worden.
- De huidige gasnetten worden opgeknipt en er ontstaan kleinere gebieden. Afgelopen jaren is er, en komende jaren wordt er, juist geïnvesteerd om de gasnetten aan elkaar te knopen. Dit is met name ingegeven vanuit de groeiende invoeding van groengas. In sommige netvlakken is momenteel meer invoeding gewenst dan er gedurende 8000 uur per jaar wordt afgenomen. Door de netten aan elkaar te knopen ontstaat er een groter

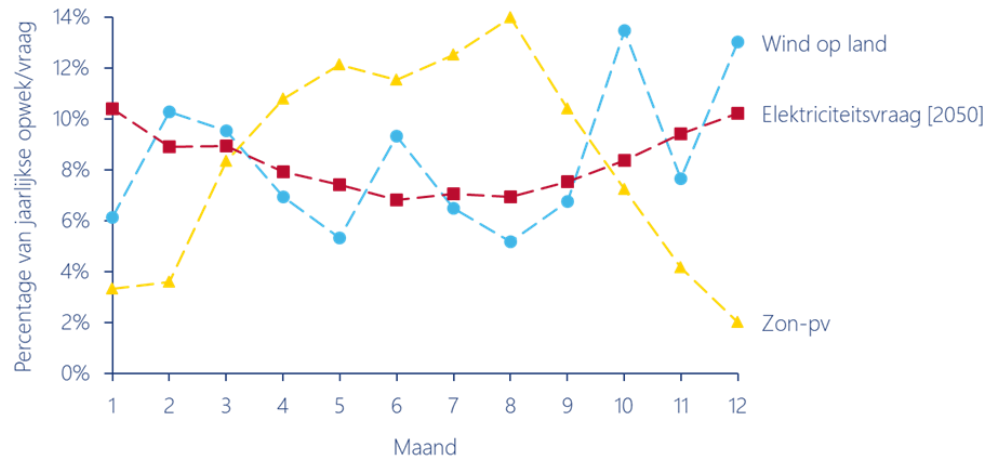
afzetgebied voor de invoeders. Door gebieden aan te wijzen als groengas/waterstof ontstaan er juist weer kleinere gebieden. Daarnaast heeft de huidige clusteringsmethodiek als gevolg dat juist de steden met een grote energievraag overstappen op waterstof en het platteland op groengas. Dit heeft als voordeel dat het groengas deels lokaal afgezet kan worden. Door de kleinere gebieden en de grotere productie van groen gas zullen er meer momenten zijn dat de vraag naar methaan kleiner is dan het aanbod. Dit betekent dat er meer gas ingevoerd wordt in het net van GTS vanuit regionale netten.

- Door het toebedelen van gebieden is er in elk gebied maar één duurzaam gas beschikbaar. Dit heeft als voordeel dat er geen dubbele netten aangelegd hoeven te worden. Bestaande netten worden ingezet voor óf waterstof óf groengas/duurzaam methaan.
- Waarschijnlijk zullen er extra investeringen plaatsvinden in de hogedruk transportnetten van de regionale netbeheerders, om de toewijzing mogelijk te maken. Dit is momenteel niet exact te voorspellen, maar investeringen kunnen zich richten op bijvoorbeeld:
  - Het creëren van nieuwe voedingsringen voor leveringszekerheid.
  - Veiligstellen van leveringszekerheid in delen die nu vanuit beide kanten van een leiding gevoed worden en daardoor niet meer voldoende capaciteit hebben als één kant afgesloten wordt (grens met waterstof gebied).
  - Invoeding van groen gas mogelijk maken in waterstofgebied.

#### 4.5.1 Conclusie knelpunten in de gasinfrastructuur

Tot 2030 vallen de knelpunten in het gasnet mee. Voor een verdere invoeding van groen gas zal het net op sommige plekken geschikt gemaakt moeten worden. Het transportvolume van aardgas neemt af tot 2030. In 2050 neemt de behoefte voor invoeding van groen gas in de meeste scenario's toe. Dit hoeft niet tot grote knelpunten te leiden. Echter, er zullen knelpunten ontstaan in de gevallen dat naast methaan ook waterstof een belangrijke rol gaat spelen in de gasinfrastructuur. Er ontstaat een knelpunt als er vraag is naar beide gasvormige energiedragers op distributieniveau. Clustering kan een dubbele infrastructuur dan mogelijk voorkomen. Ook ontstaat er een knelpunt als waterstof de overheersende energiedrager wordt. Dan komt namelijk de invoeding van groen gas in de knel.

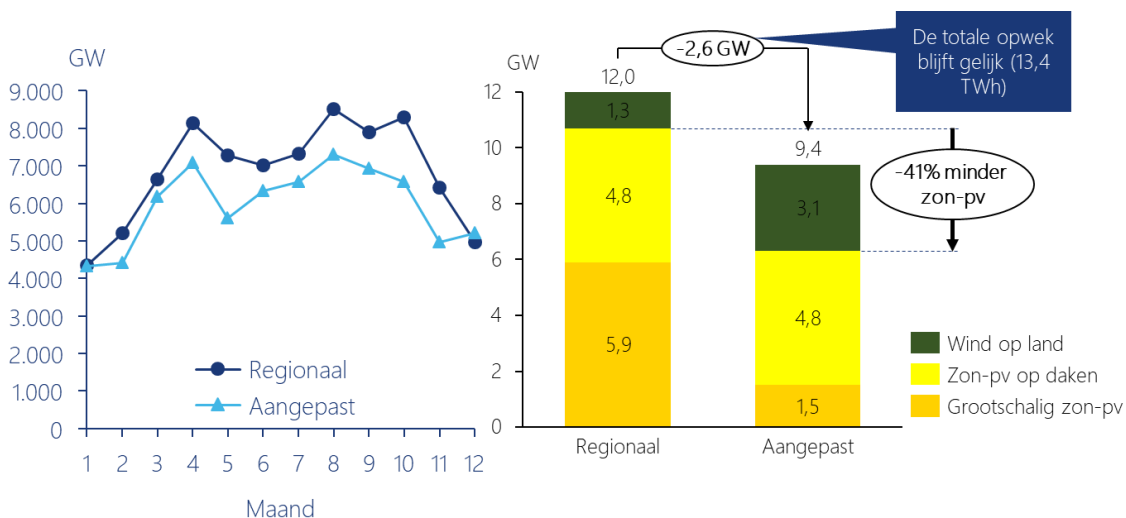
Projectie/Scenario	Knelpunten gasnet
2030 Hoog	Geen onoplosbare knelpunten
2030 Laag	Geen onoplosbare knelpunten
2050 Regionale sturing	Invoeding groen gas voornaamste obstakel. Het gasnet wordt gebruikt voor piekvoorziening. Waterstof voor mobiliteitstoepassingen kan met minimale infrastructuur beleverd worden.
2050 Nationale sturing	Invoeding groen gas voornaamste obstakel. Het gasnet wordt gebruikt voor piekvoorziening. Waterstof voor mobiliteitstoepassingen kan met minimale infrastructuur beleverd worden.
2050 Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Lokale vraag naar waterstof en lokale vraag naar groen gas concurreren. Hierdoor ontstaan knelpunten.
2050 Internationale sturing	Waterstof wordt door het huidige gasnet getransporteerd en gedistribueerd. Knelpunten ontstaan omdat ook kleine hoeveelheid groen gas getransporteerd moet worden.



Figuur 21. Genormaliseerde profielen van duurzame opwek en vraag naar elektriciteit per maand in 2050. De zomer is een periode met de grootste opwek voor zon-pv, maar een relatief lage vraag naar elektriciteit, in de winter is dit precies omgekeerd. Bij wind op land is de productie over het jaar heen meer gelijk aan de vraag, maar verschillen komen voor op maandbasis.

#### 4.6 Een andere verhouding zon-pv en wind op land

Een van de belangrijke uitgangspunten in deze systeemstudie met substantiële impact op de conclusies is de invulling van de duurzame opwek. De invulling van de duurzame opwek staat niet per se vast. Daarom hebben wij ook gekeken naar een andere verhouding tussen wind op land en zon-pv. Zon-pv-installaties en windturbines zijn deels complementair.<sup>14</sup> Dit komt omdat beide hernieuwbare elektriciteitsbronnen een ander opwekprofiel hebben.



Figuur 22. Links: het maximale uurlijkse vermogen per maand. Rechts: de verschuiving in vermogen. Een verschuiving in de energiemix van zon-pv naar wind op land verlaagt het maximale piekvermogen, terwijl de totale jaarlijkse opwek gelijk blijft (13,4 TWh). Regionaal geeft de waarden weer zoals gehanteerd is in het scenario Regionale sturing. Aangepast laat zien wat er gebeurt met het opgestelde vermogen wanneer er minder zon-pv en meer wind op land is opgesteld. Berekening op basis van het ETM.

<sup>14</sup> Zappa, W., van den Broek, M. (2018). Analysing the potential of integrating wind and solar power in Europe using spatial optimisation under various scenarios.

In de winter waait het over het algemeen harder dan in de zomer, terwijl de zon juist minder schijnt.<sup>15</sup> Dit wordt geïllustreerd door Figuur 21. Hierdoor vullen zon-pv en wind op land elkaar goed aan.

Wanneer de verhouding richting zon-pv schuift zorgt dit in het bijzonder voor grote druk op het net, omdat zon-pv veel minder vollasturen heeft dan wind op land en daarmee minder efficiënt gebruik maakt van het netwerk. Hierdoor is meer vermogen nodig om een gelijke hoeveelheid elektriciteit op te wekken. Een andere verhouding tussen zon-pv en wind op land zou de druk op het elektriciteit kunnen verminderen. Figuur 22 geeft deze impact weer. Wanneer in het scenario Regionale sturing een verschuiving plaats zou vinden van zon-pv naar wind op land dan resulteert dit in een vermindering van het maximale piekvermogen van 2,6 GW.

Dit voordeel werkt verder door in het energiesysteem. Doordat wind op land voor een gelijkmatigere verdeling van hernieuwbare elektriciteit zorgt, is er minder behoefte aan seizoenopslag. Grote overschoten in de zomer en tekorten in de winter worden door meer wind op land afgevlakt.

Verschuivingen in de mix van zon-pv en wind op land kan een goede oplossing bieden voor de elektriciteitsinfrastructuur, omdat het zorgt voor een meer gebalanceerde hernieuwbare energievoorziening.

#### 4.6.1 Knelpunten analyse Enexis bij andere verhouding wind en zon-pv

Enexis heeft op dezelfde wijze als voor de andere scenario's, voor het scenario Regionale sturing ook een doorrekening gemaakt waarbij 1,4 TWh die in het scenario door grootschalige zon-pv opgewekt wordt vervangen wordt door een vergelijkbare opwekking uit wind. De resultaten van de doorrekening worden hieronder getoond.

Tabel 4. Variant op het scenario Regionale Sturing voor andere verhouding wind en zon-pv.

Scenario	ETM-link	Omschrijving
Andere verhouding wind en zon (en curtailment zonneparken)	<a href="https://pro.energytransiti.onmodel.com/saved_sce_narios/9471">https://pro.energytransiti.onmodel.com/saved_sce_narios/9471</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>75% minder zonneparken, energetisch vervangen door windturbines op dezelfde locatie.</li> <li>Grootschalige zon-PV (zonneparken en PV met vermogen &gt;15 kWp) wordt met 33% curtailment op 67% van het geïnstalleerd vermogen aangesloten.</li> </ul>

Tabel 5. Impact van een andere verhouding wind op land en zon-pv op de knelpunten voor de HS/MS stations

Scenario	Geen knelpunt	Knelpunt op te lossen	Knelpunt onoplosbaar
Andere verhouding wind en zon en curtailment	2	4	28
2050 Regionale Sturing	2	2	30

Bij het gebruik van meer windmolens in plaats van zonnepanelen, zijn twee extra knelpunten die wel oplosbaar worden in de provincie Overijssel in de variant scenario Regionale sturing. De overschrijding van de huidige capaciteit neemt gemiddeld over alle stations af naar 410% van de huidige capaciteit ten opzichte van 510% in het standaard scenario Regionale sturing. Dit betekent een daling van 19% gemiddeld, met op sommige stations een grotere afname tot maximaal 30% ten opzichte van het standaard scenario Regionale sturing.

<sup>15</sup> Liander (2016). Zon en wind perfecte match op energienet

Tabel 6. Karakteristieken van de piekbelasting bij een andere verhouding wind op land en zon-pv op de knelpunten voor de HS/MS stations

	Andere verhouding wind en zon en curtailment	2050 Regionale Sturing
Gemiddelde vermogensbehoefte ten opzichte van huidige capaciteit	410%	510%
Gemiddelde afname piekbelasting	19%	0%
Maximale afname piekbelasting	30%	0%
Gemiddeld Aanbod piekfrequentie (# uur)	1870	1800
Gemiddeld langste duur aanbodpiek (# uur)	58	18

Bij de verschuiving van wind naar zon is te zien dat de pieken in karakter veranderen. De piekfrequentie neemt toe van 1800 uur tot 1870 uur. Dit komt omdat piekmomenten ook op momenten kunnen optreden zonder dat de zon schijnt. Er is in deze variant tenslotte meer wind op land geplaatst. Ook de duur van de langste piek neemt gemiddeld toe tot 58 uur. Op sommige stations zal er vaker en langer een overschrijding plaatsvinden. Op andere stations neemt deze echter ook af. Dit komt voornamelijk door de afname van zon-pv vermogen op die stations. Aan de vraagzijde zien we een daling van de pieken door een sterkere gelijktijdigheid tussen aanbod en vraag. Dit betekent dat bij de verschuiving van zon naar wind er vaker overlap is tussen vraag en aanbod.

Door een andere verhouding tussen wind en zon-pv neemt de gemiddelde overschrijding op alle HS/MS-stations af. Dit effect zal in alle scenario's optreden bij een verschuiving van zon-pv naar wind. Bij verschuiving naar wind zal ook de toevoeging van flexibiliteitsopties met een grote opslagcapaciteit interessanter kunnen worden. P2G kan bijvoorbeeld vaker en langduriger ingezet worden, waardoor de druk op het elektriciteitsnet vermoedelijk verder afneemt. Bij batterijen ligt dit ingewikkelder, omdat de capaciteit van batterijen vaak beperkter is, waarbij bij langdurige overschotten de batterijen vol kunnen raken.

## 5. Overzicht mogelijke oplossingen

De doorrekening van de netbeheerders laat zien, dat er door de energietransitie in de provincie Overijssel verschillende knelpunten optreden (zie hoofdstuk 4). Hoe kunnen deze knelpunten opgelost worden, welke oplossingen zijn hier voor denkbaar? In dit hoofdstuk bespreken we de mogelijke oplossingen voor de knelpunten.

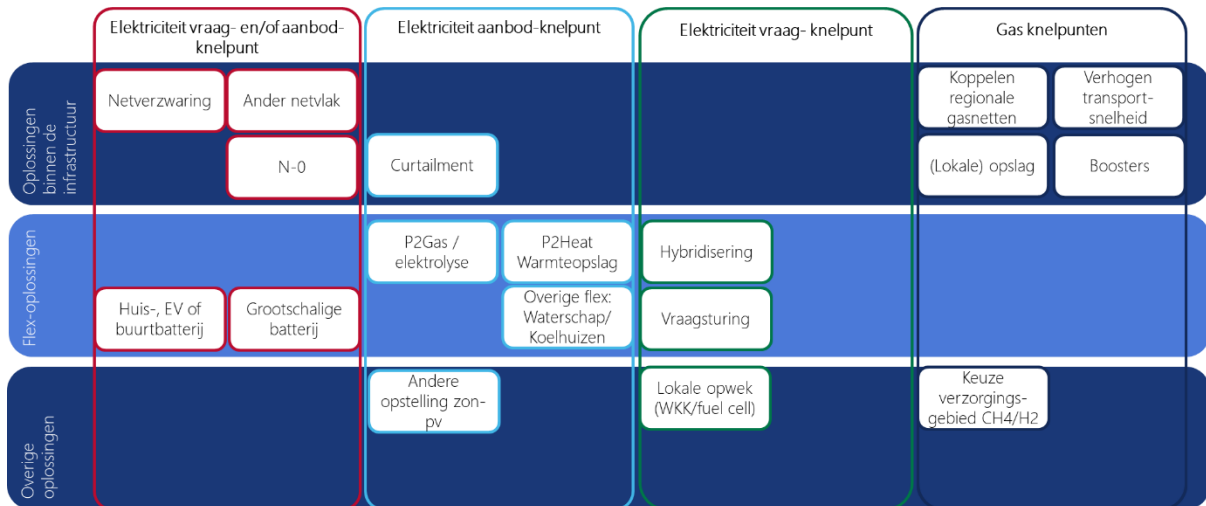
De knelpunten in het elektriciteitsnet ontstaan voornamelijk door lokale productie van duurzame elektriciteit en met name door zon-pv. Dit levert naast dagelijkse overschotten in de zomer, ook over het jaar een onbalans op. Hoge productie in de zomer, bij een lagere vraag naar elektriciteit. De vraag naar elektriciteit is constanter, bij de enkele vraagknelpunten is dit voornamelijk een voorspelbaar dagelijks ritme van vraagoverschrijdingen. Door de inzet van elektriciteit voor ruimteverwarming zal de problematiek in de winter wel wat groter zijn dan in de zomer. Bij vraagknelpunten zal de piekvraag ook dichterbij de gemiddelde vraag liggen, dan bij aanbodknelpunten waarbij het aanbod vele malen hoger kan zijn dan het gemiddeld aanbod. In deze systeemstudie richten we ons op de knelpunten die dit oplevert voor de infrastructuur, en in dit hoofdstuk beschouwen we de oplossingen die daarvoor zijn.

In het gasnet treden knelpunten voornamelijk op door overschotten groen gas, bij een vraag naar waterstof en groen gas op distributieniveau en bij productie van groen gas als er voornamelijk behoefte is aan waterstof.

Eerst geven we een algemene beschrijving van elke oplossing, vervolgens gaan we dieper in op de specificaties ervan. In eerste instantie analyseren we alle geïdentificeerde oplossingen op technische parameters. Dit zijn vermogen en capaciteit, die samen de impact van de oplossing bepalen. Daarnaast kijken we naar de kosten van de oplossing en de randvoorwaarden voor implementatie, omdat de inzet van oplossingen niet uitsluitend een technisch vraagstuk is.

Kosten spelen een belangrijke rol wanneer een keuze gemaakt moet worden tussen meerdere oplossingen, omdat het creëren van flexibiliteit in het energiesysteem aanzienlijke investeringen met zich meebrengt. Daarnaast spelen allerlei andere randvoorwaarden ook een rol. Voorbeelden hiervan zijn de ruimtelijk ordening of realisatiesnelheid. Ook kunnen wettelijke belemmeringen een barrière vormen. Een aantal oplossingen is gericht op conversie van elektriciteit naar een gasvormige energiedrager of warmte. Voor de toepassing van dergelijke oplossingen is het van belang dat er ook vraag naar de energiedrager aanwezig is op de locatie waar de oplossing wordt geïmplementeerd, en/of infrastructuur voor het transport van deze energiedragers.

In deze systeemstudie zijn de oplossingen onderverdeeld in drie categorieën voor het elektriciteitsnet, en één categorie voor de gasnetten. Binnen de eerste categorie vallen alle oplossingen die mogelijk uitkomst bieden voor knelpunten veroorzaakt door een overvloedig aanbod of een overvloedige vraag naar energie. In de tweede categorie vallen oplossingen waarmee uitsluitend knelpunten als gevolg van een groot aanbod van energie opgelost kunnen worden. De derde categorie betreft oplossingen die alleen knelpunten, veroorzaakt door een grote vraag naar energie, kunnen ontlasten. De laatste categorie richt zich op de knelpunten in de gasnetten. Verder wordt er onderscheid gemaakt tussen oplossingen die gerealiseerd kunnen worden binnen de bestaande infrastructuur, flexibiliteitsoplossingen en overige oplossingen. Deze onderverdeling wordt geïllustreerd in Figuur 23.

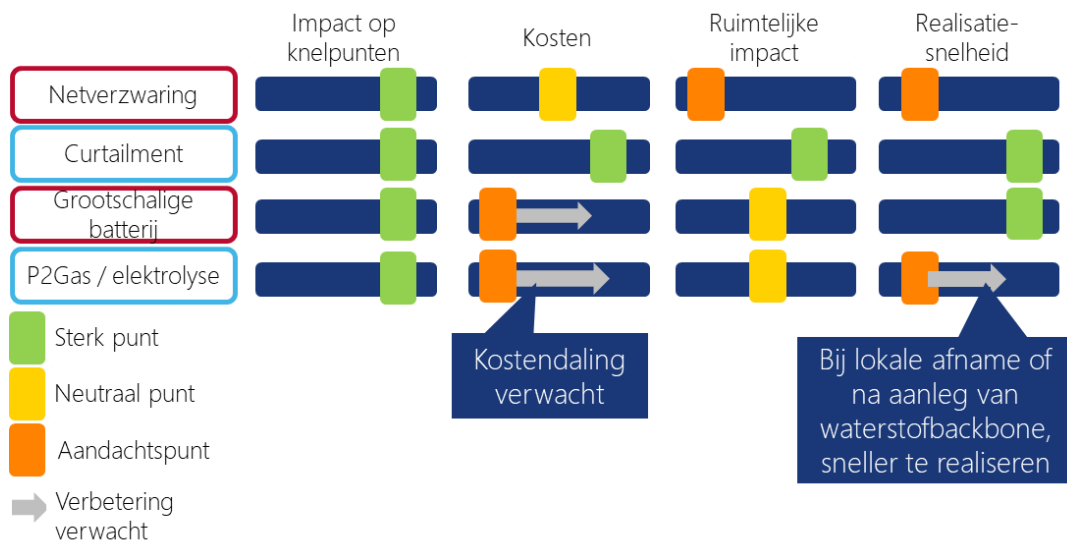


Figuur 23. Type knelpunten in het elektriciteitsnet en het gasnet en de mogelijke oplossingen

## 5.1 Samenvatting inzichten mogelijke knelpunten

Uit voorgaande hoofdstukken blijkt dat tot 2030 knelpunten ontstaan in het elektriciteitsnet door toenemende vraag en toenemende productie van zon-pv. Richting 2050 worden de knelpunten in het elektriciteitsnet groter.

- Oplossingen die de knelpunten gerelateerd aan zon-pv verkleinen hebben grote impact in Overijssel.
- Figuur 24 bevat het overzicht van de belangrijkste oplossingsrichtingen die we voorzien. Curtaiment heeft een grote impact en draag in alle scenario's bij. Daarnaast zouden opslag via batterijen en conversie met P2G de problemen kunnen verkleinen. In het geval van de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing lijken deze maatregelen zeer nuttig. Bij de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing kan de inzet van deze oplossingen de grootste aanbodknelpunten oplossen. Verzwaring van de infrastructuur blijft in alle



Figuur 24. Vier oplossingen met de grootste impact gescoord op kosten, ruimtelijke impact en realisatiesnelheid op basis van expertinschatting Berenschot.

- gevallen logisch ook met het oog op de toenemende vraag en de knelpunten die daaruit voortvloeien.
- Voor het gasnet zijn de knelpunten relatief eenvoudig oplosbaar (o.a. koppelen leidingen van 8 bar regionale netten, boosters, beleving H<sub>2</sub> met tankwagens en/of via een waterstofbackbone). In Europese CO<sub>2</sub>-sturing kan een dubbele fijnmazige infrastructuur (voor methaan en H<sub>2</sub>) worden opgelost door het maken van scherpe keuzes voor verzorgingsgebieden. Door dit lokaal te doen is het mogelijk om snel kleine delen van

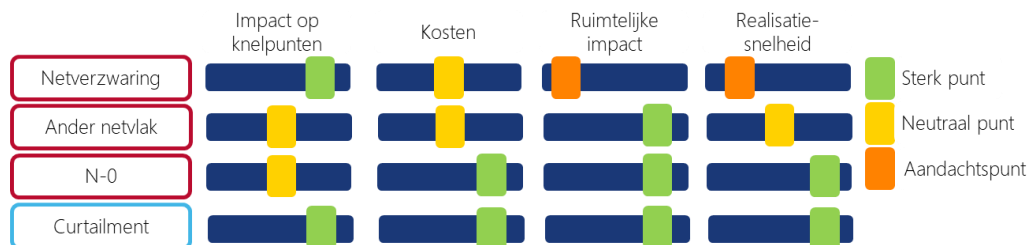
het gasnet om te zetten, hierdoor zal men flexibel blijven gedurende de energietransitie. Het is echter de vraag of het kiezen van verzorgingsgebieden voor één gas wenselijk is.

## 5.2 Oplossingen voor knelpunten in het elektriciteitsnet

In deze paragraaf beschrijven we de verschillende oplossingen, hun eigenschappen en hoe deze ingezet kunnen worden. Dit wordt in de tekst beschreven en daarnaast worden de oplossingen per eigenschap gescoord en weergegeven in een figuur per oplossingscategorie. Figuur 25 geeft het totaal overzicht van deze scoring weer.

### 5.2.1 Oplossingen binnen het elektriciteitsnet

Onder oplossingen binnen het elektriciteitsnet bekijken we naast netverzwaring: het aansluiten op een ander netvlak, n-0 aansluitingen en curtailment. Deze oplossingen hebben we gescoord op de punten mogelijke impact op knelpunten, kosten, ruimtelijke impact en realisatie snelheid (zie Figuur 27). Deze scoring en andere punten worden verder toegelicht in de paragrafen hieronder.



Figuur 25. Impact van de verschillende ‘oplossingen binnen het elektriciteitsnet’ op de knelpunten in het elektriciteitsnet op basis van expertinschatting Berenschot

#### Netverzwaring – vraag- en aanbod knelpunten

De huidige standaardoplossing voor knelpunten is netverzwaring. Hierbij worden stations en tracés uitgebreid, zodat de capaciteit wordt vergroot. Deze oplossing biedt uitkomst voor zowel de vraag- als aanbodknelpunten. De tijdschaal waarop deze oplossing van netverzwaring kan worden ingezet, is onbeperkt, omdat de transportcapaciteit in de regel altijd kan worden vergroot.

Er zit ook een aantal nadelen aan de oplossing netverzwaring: het is een kapitaalintensieve oplossing (hoge investeringen), vergt ruimte en heeft een aanzienlijke doorlooptijd om gerealiseerd te worden. De investeringskosten worden gedragen door de netbeheerders die dit doorberekenen in hun tarieven. Deze kosten worden dus uiteindelijk door de maatschappij gedragen. Indien de investeringen slechts worden gemaakt om een aantal piekmomenten op te vangen, kan dit tot hoge investeringen leiden. Het verzwaren van een (onder)station of een tracé neemt veel doorlooptijd in beslag en vergt veelal ruimte, zowel onder als boven de grond. Deze ruimte moet uiteraard wel beschikbaar zijn. Netverzwaring heeft wel een lange levensduur, dit vraagt aan de ene kant om prudentie, aan de andere kant kunnen de investeringen over een zeer lange periode worden afgeschreven, waardoor de kosten meevallen.

In deze studie is gezocht naar alternatieven voor deze oplossing. Door de toenemende vraag naar elektriciteit en de verwachte groei in duurzame opwek na 2030, zal netverzwaring tot 2030 hoogstwaarschijnlijk nuttig blijven. Na 2030 kunnen alternatieven mogelijk een deel van de benodigde netverzwaring voorkomen.

#### Verplaatsen naar een ander netvlak – vraag- en aanbod knelpunten

Als er een knelpunt ontstaat in een bepaald netvlak zou het zinvol kunnen zijn om de elektriciteit naar een ander netvlak te brengen waar nog wel capaciteit beschikbaar is. Een netvlak wordt gedefinieerd als een stuk elektriciteitsinfrastructuur dat bedreven wordt op een gelijke spanning, bijvoorbeeld 380 kV, 50 kV of 400 V.



Wanneer in een hoger of lager netvlak wel capaciteit beschikbaar is, zou de elektriciteit over dit andere netvlak getransporteerd kunnen worden. Hiervoor is het wel cruciaal dat stations, waarin de elektriciteit naar een ander netvlak wordt gebracht, voldoende capaciteit hebben. Deze oplossing kan zowel aanbod- als vraagknelpunten oplossen.

De tijdsduur waarop deze flexibiliteitsoptie ingezet kan worden is onbeperkt, mits er voldoende capaciteit beschikbaar is op een ander netvlak en in de benodigde stations. Het vermogen is eveneens afhankelijk van hoeveel capaciteit er nog beschikbaar is elders. De kosten van deze oplossing zijn nihil, omdat de benodigde infrastructuur al aanwezig is.

Op plaatsen waar de hoogspanningsinfrastructuur minder zwaarbelast wordt dan de middenspanningsinfrastructuur kan dit uitkomst bieden. In het scenario Regionale sturing is dit mogelijk het geval in Rijssen en Nijverdal.

### N-0 (aansluiten met lagere zekerheid) – vraag- en aanbod knelpunten

Netbeheerders zijn momenteel verplicht om aansluitingen te realiseren met hoge betrouwbaarheid, en zo dat ook elektriciteit van het net afgenomen kan worden en op het net gebracht kan worden tijdens onderhoudswerkzaamheden en storingen (dit wordt technisch aansluiten met N-1 zekerheid genoemd). Dit houdt in dat alle elektriciteitsnetten dubbel zijn uitgelegd om leveringszekerheid te kunnen garanderen. Dit wordt gerealiseerd door twee circuits, waarbij geldt dat één circuit in principe voldoende is bij maximale belasting. Beide circuits hoeven onder normale omstandigheden daardoor nooit meer dan 50% van hun nominale capaciteit te transporteren.

Dit impliceert dat er meer transportcapaciteit beschikbaar is wanneer er aangesloten wordt als men dit principe loslaat en met een lagere zekerheid (N-0) het net ontwerpt. Er zou hierdoor meer getransporteerd kunnen worden over de bestaande infrastructuur. Hierdoor loopt echter de leveringszekerheid teveel risico, waardoor het slechts op een aantal onderdelen van de infrastructuur toegestaan is om de infrastructuur N-0 te bedrijven. In het hoogspanningsnet zullen de 380/110 en 220/110 kV-transformatoren altijd N-1 veilig bedreven worden. De leveringszekerheid voor afnemers dient geborgd te blijven. Het verlagen van de redundantie mag voor hen daarom geen consequenties hebben. Daarom moet bij knelpunten in het net steeds worden onderzocht of het – na aanpassingen op de stations - technisch mogelijk is om de redundantie voor opwekkers te verlaten zonder dat dit consequenties heeft voor de afnemers. Het vermogen van deze oplossing is dus afhankelijk van de netcapaciteit en de mate waarin invoeders op een lagere zekerheid kunnen en willen aansluiten.

Deze oplossing kan zowel tijdelijk als langdurig ingezet worden, de tijdschaal is hierdoor onbeperkt. Er treden pas problemen op onder abnormale omstandigheden. Het vermogen van deze oplossing is afhankelijk van de netcapaciteit en de (lagere) zekerheid waarop men wil aansluiten. De investeringskosten van deze oplossing zijn laag. Alle benodigdheden zijn tenslotte al aanwezig. Echter, wanneer er abnormale omstandigheden optreden zou het kunnen voorkomen dat producenten hun elektriciteit niet op het net kunnen brengen, waardoor zij opbrengsten mislopen. Hierover zullen afspraken gemaakt moeten worden met de netbeheerders.

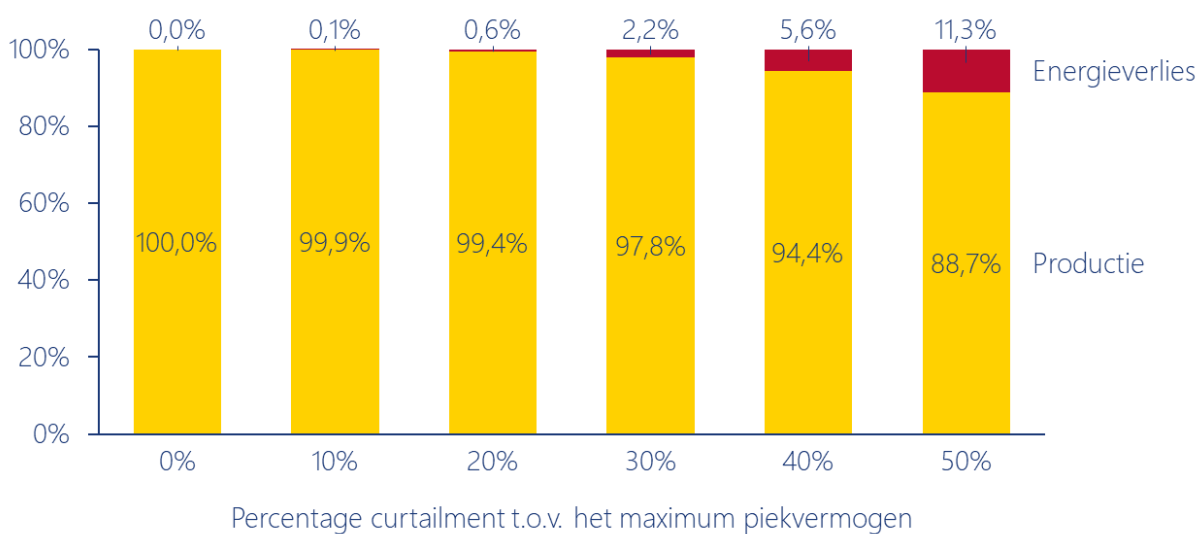
Enexis heeft in een eerste verkenning voor de verschillende scenario's gekeken wat N-0 in Overijssel kan betekenen. N-0 kan een oplossing zijn voor knelpunten met een aanbodpiek; grootschalige opwek mag reeds N-0 aangesloten worden. Voor deze eerste verkenning zijn daarom de stations bekeken met een aanbodpiek en met knelpunten die onoplosbaar bleken met uitbreidingen. Er worden al gesprekken gevoerd over mogelijke nieuwe stations in de omgeving van sommige stations met onoplosbare knelpunten (Meppel en Zwolle Hessenweg), dus we gaan er hier daarom vanuit dat de knelpunten op die stations met de nieuwe stations opgelost zullen worden. Uit die gesprekken volgen een aantal stations waarop de mogelijkheden van N-0 bekeken kunnen worden. De mogelijkheden van N-0 zijn vervolgens gekwantificeerd: de extra vermogens die gerealiseerd kunnen worden met N-0 en N-0 aangesloten e-houses zijn bepaald.

	Stations met aanbodpiek	Nieuw station gepland	N-0 mogelijkheden bekijken	N-0 als oplossing
2030 Hoog	8	1	4	1
2030 Laag	1	0	1	0
2050 Regionale Sturing	32	2	30	0
2050 Nationale Sturing	31	2	27	2
2050 Europese Sturing	17	1	10	2
2050 Internationale Sturing	11	0	8	0

N-0 aansluitingen kunnen op een aantal aansluitingen het knelpunt direct oplossen. Voor andere knelpunten kan een N-0 aansluiting door het vermogen van een station te vergroten (max. 90 MW), ook de inpassing van andere oplossingen mogelijk maken. N-0 aansluitingen kunnen ook een oplossing bieden voor de tijdige realisatie van uitbreidingen, doordat een knelpunt mogelijk later ontstaat na toepassing van N-0. In combinatie met andere oplossingen kan N-0 mogelijk interessant zijn om knelpunten tegen beperkte kosten te voorkomen of pas later in de tijd op te hoeven lossen.

#### Curtaiment (aansluiten met een lagere capaciteit) – aanbodknelpunten

Bij curtaiment wordt een grens gesteld aan het maximale vermogen dat mag worden ingevoerd op het net. Dit is in de praktijk alleen zinvol bij zon-PV installaties. Zo zou bijvoorbeeld een zonnepark met een piekvermogen van 10 MW kunnen worden aangesloten door middel van een aansluiting met transportvermogen voor 7 MW. Wanneer het piekvermogen groter is dan het transportvermogen, zal de producent van elektriciteit af moeten schakelen. Een gevolg hiervan is dat het netwerk niet verzwaaard hoeft te worden tot het piekvermogen van een elektriciteitsproducent. Curtaiment is daarom een eenvoudige oplossing om flexibiliteit te realiseren in het energiesysteem. Echter, curtaiment kan alleen worden toegepast wanneer het een aanbodknelpunt betreft.



Figuur 26. Effect curtaiment op jaarbasis op basis van geaggregeerde profielen zon-PV

Curtaillment kan op ieder moment worden toegepast voor een onbeperkte tijdsduur en vermogen. De capaciteit van deze vorm van flexibiliteit is slechts beperkt door het vermogen aan zon-pv. Hierbij moet de kanttekening worden gemaakt dat bij het afschakelen van de producent elektriciteit verloren gaat. Dit roept daarom ook de vraag op wie verantwoordelijk is voor de gedeerde inkomsten.

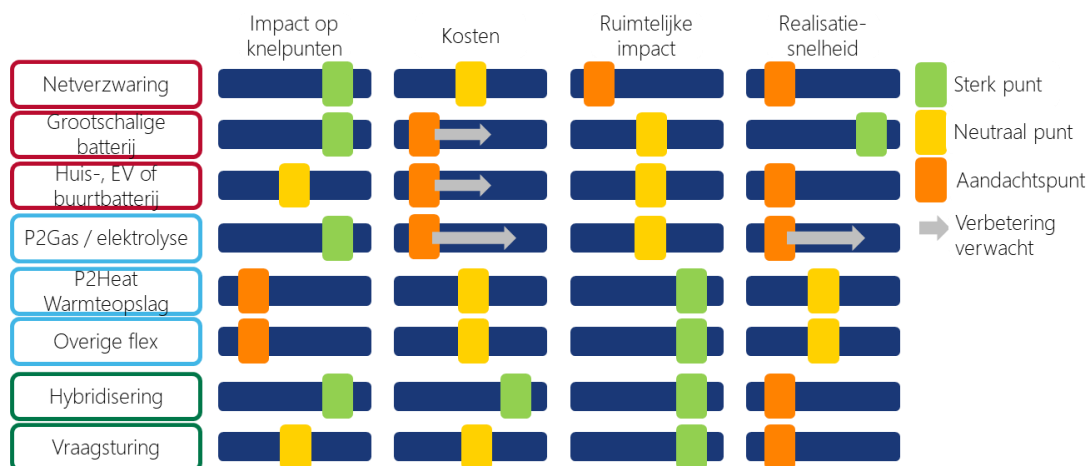
Binnen de scenario's voor Overijssel wordt een grote productie van elektriciteit via zonnepanelen voorzien. Het maximale vermogen is daarbij hoog in vergelijking met het gemiddeld vermogen. Zonnepanelen dragen daarom voor een groot deel bij aan de knelpunten die de netbeheerders signaleren (zie hoofdstuk 4). Curtaillment kan bij zonnepanelen een interessante optie zijn.

Figuur 26 illustreert het effect van curtaillment op de totale opwek van elektriciteit op jaarbasis bij een zon-pv-installatie. De toepassing van curtaillment resulteert niet noodzakelijk in grote elektriciteitsverliezen, omdat het piekvermogen slechts een aantal keer per jaar wordt gehaald voor kortstondige periodes. Een bijkomend voordeel is dat een installatie met curtaillment een groter deel van de tijd de geheel beschikbare (aansluit)capaciteit benut, en daarmee bijdraagt aan een efficiënter gebruik van de infrastructuur. Naast de beperkte aansluiting is ook de reservering die op het transport en distributienet lager, en worden dus ook verzwaringen voorkomen.

Vooralsnog zijn regionale netbeheerders verplicht om de aansluiting te realiseren die gevraagd wordt. In het verleden was dat vaak de piekcapaciteit, dus was er geen sprake van curtaillment. Momenteel zijn er echter producenten die aan curtaillment doen. Enexis en Liander voeren hier pilots op uit.<sup>16</sup> Zo zijn er projectontwikkelaars die nadenken over een kleinere netaansluiting (<6 MVA), omdat dit gepaard gaat met lagere kosten.<sup>17,18</sup> Deze projectontwikkelaars laten daarom zelf in feite al curtaillment plaatsvinden. Het is daarom van belang dat goed gecommuniceerd wordt met de netbeheerder. Er hoeven geen extra investeringen te worden gedaan voor deze vorm van flexibiliteit. De gedeerde inkomsten kunnen echter wel gezien worden als kosten.

## 5.2.2 Flexoplossingen

Onder flexoplossingen bekijken we een grootschalige en kleinschalige batterijen, power-to-gas/elektrolyse, power-to-heat, overige flex, hybridisering en vraagsturing. Ook deze oplossingen hebben we gescoord ten



Figuur 27. Impact van de verschillende 'flexoplossingen' op de knelpunten in het elektriciteitsnet op basis van expertinschatting Berenschot.

<sup>16</sup> <https://www.enexisgroep.nl/nieuws/enexis-netbeheer-en-liander-onderzoeken-potentie-van-dimmen-zonneparken/>

<sup>17</sup> Pondera Consult (2018). Haalbaarheidsonderzoek grootschalige wind- en zonne-energie De Kempen

<sup>18</sup> Berenschot en Kalavasta (2020). MKBA inpassing van zonne-energie.

opzichte van netverzwaring op de punten mogelijke impact op knelpunten, kosten, ruimtelijke impact en realisatie snelheid (zie Figuur 27). Deze scoring en andere punten worden verder toegelicht in de paragrafen hieronder.

### Power-to-Gas (P2G) - aanbodknelpunten

De verwachting is dat koolstofvrije gassen, waarvan waterstof één van de voornaamste is, een steeds nadrukkelijker rol zullen gaan spelen. In de landelijke klimaatneutrale energiescenario's wordt een deel van de waterstofvraag ingevuld door productie via elektrolyse. Verschillende sectoren hebben behoefte aan directe inzet van waterstof, bijvoorbeeld voor mobiliteit en bij hoge temperatuurprocessen in de industrie. Daarnaast vormen in de meeste scenario's waterstofcentrales een cruciale back-up/peikvoorziening voor de elektriciteitsbehoefte.

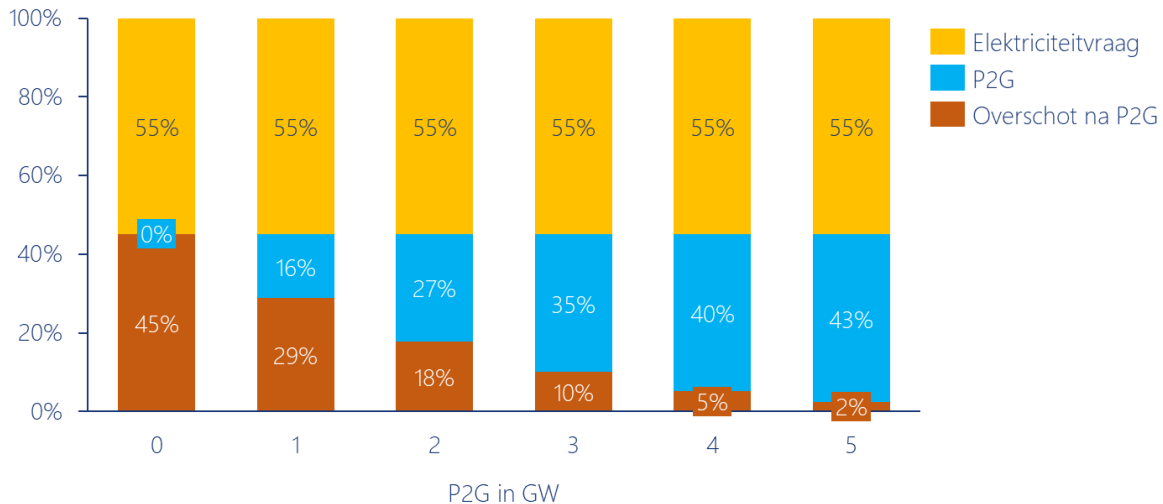
In het volgende stuk kijken we specifiek naar inzet van waterstofproductie via elektrolyse voor het oplossen van knelpunten in de elektriciteitsinfrastructuur. De inzet van lokale waterstofproductie om de jaarbalans voor waterstof te garanderen worden dus niet meegenomen, maar kan de keuze voor P2G als flexoplossing te ondersteunen.

Door de opgewekte elektriciteit dichtbij de productielocatie om te zetten in waterstof wordt het elektriciteitsnetwerk ontlast. De opgewekte elektriciteit hoeft immers niet getransporteerd te worden. Deze oplossing kan zelf alleen aanbodknelpunten ontlasten. Brandstofcellen die elektriciteit in waterstof omzetten en weer terug naar elektriciteit worden in paragraaf 5.2.3 behandeld.

Binnen deze studie wordt met name het systeem binnen de provinciegrenzen van Overijssel verkent. De energie-infrastructuur in Overijssel maakt echter deel uit van het landelijke (en Europese energiesysteem). Het is daarom van belang om ook aandacht te besteden aan wat er buiten de provinciegrenzen gebeurt. Op de lange termijn is het aannemelijk dat waterstof een belangrijke rol gaat spelen in Nederland en daar buiten. Deze waterstof zal ergens geproduceerd moeten worden. Productie van waterstof in Overijssel is daarom aannemelijk, ook al wordt niet alle waterstof gebruikt in Overijssel.

In alle scenario's zijn de knelpunten in de provincie Overijssel voornamelijk aanbodgedreven. In alle scenario's is er op jaarbasis voor de provincie weliswaar behoefte aan elektriciteit van buiten de provincie, maar op vele andere uren zal er elektriciteit de provincie uit getransporteerd moeten worden. Voornamelijk in de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing zullen er in de zomermaanden grote overschotten aan duurzame elektriciteit zijn, door het grote vermogen aan zon-pv-installaties. Deze overschotten kunnen middels P2G omgezet worden in waterstof. Deze waterstof kan direct gebruikt worden in de mobiliteitssector of opgeslagen worden buiten Overijssel voor gebruik op een later moment. In de landelijke scenario's wordt deze waterstof dan met name ingezet in energiecentrales die tijdens de koude windstille winterdagen Nederland van elektriciteit voorzien. Binnen het Europese en Internationale scenario wordt er echter veel meer waterstof verbruikt. Deze scenario's hebben echter ook minder opgesteld vermogen zon-pv, waardoor de toegevoegde waarde van P2G kleiner is.

Figuur 28 geeft aan welk gedeelte van de opgewekte elektriciteit in het scenario Regionale sturing wordt gebruikt voor het invullen van de reguliere elektriciteitsvraag, welk gedeelte van de elektriciteit wordt omgezet in waterstof wanneer P2G plaatsvindt met een bepaald vermogen en welk overschot aan elektriciteit er nog resteert. Hieruit kan men opmaken dat meer vermogen aan elektrolyse steeds minder elektriciteitsoverschotten kan omzetten in waterstof.



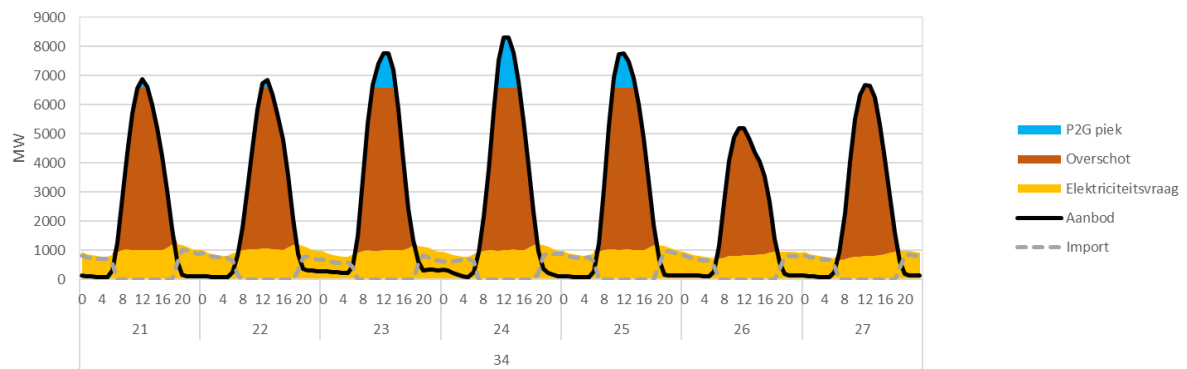
Figuur 28. Inzet van opgewekte elektriciteit op jaarbasis in het scenario Regionale sturing afhankelijk van het P2G-vermogen en waarbij de P2G-tussenvorm wordt gehanteerd, zoals in Figuur 31. Verliezen die optreden zijn niet meegenomen in de analyse.

De tijdschaal (uren/dagen/weken/maanden) waarop P2G kan worden ingezet is in principe onbeperkt, zolang de geproduceerde waterstof opgeslagen of getransporteerd kan worden. Het vermogen is afhankelijk van het elektrolysevermogen. Dit vermogen kan opgeschaald worden, omdat grote elektrolyzers vaak modulair worden opgeleverd. De capaciteit is dus wel afhankelijk van hoeveel waterstof die opgeslagen of getransporteerd kan worden.

Door deze grote capaciteit is power-to-gas een relatief goede oplossing voor aanbodknelpunten, maar de kosten voor deze elektrolyzers zijn echter wel hoog. Power-to-gas zal de komende jaren duurder blijven dan netverzwaring. De waterstof die deze elektrolyzers produceren zal ook duur zijn, omdat de benuttingsgraad van deze elektrolyzers die draaien om netverzwaring te voorkomen laag is.

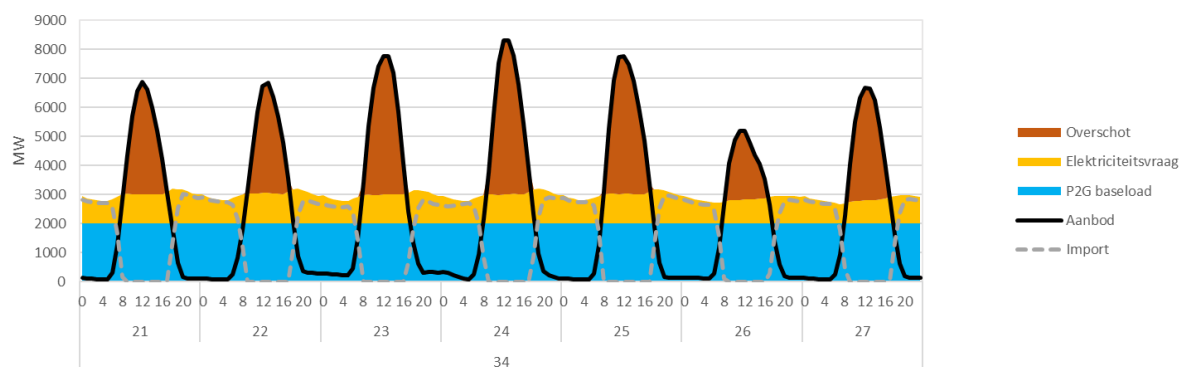
Er zijn echter ook een aantal andere belangrijke overwegingen bij de inzet van P2G. Ten eerste heeft P2G een grotere impact op knelpunten als het dichterbij de elektriciteitsproductielocatie staat. Ten tweede moet de geproduceerde waterstof op locatie verbruikt, opgeslagen of getransporteerd worden. In veel gevallen kan het huidige gasnet voor transport gebruikt worden tegen beperkte kosten. Ten derde treedt er verlies op bij de omzetting van elektriciteit naar waterstof. Tenslotte zijn er aanzienlijk investeringskosten mee gemoeid en is voldoende ruimte nodig om de P2G-installatie te kunnen realiseren.

Ook de manier waarop P2G wordt ingezet is van belang. Een reden om P2G in te zetten is om een aanbodknelpunt te ontlasten. In dit geval zal er alleen waterstofproductie plaatsvinden wanneer het aanbod van elektriciteit erg groot is. Dit om piekbelasting van het net te voorkomen. Dit heeft als gevolg dat de totale opbrengst van waterstof gering is en de elektrolyser maar weinig draaiuren maakt. Deze manier wordt weergegeven in Figuur 29 en is dus geschikt om het elektriciteitsnet te ontlasten, maar is niet per se geschikt voor de productie van waterstof. Ook is het van belang dat het resterende overschot nuttig wordt gebruikt, anders is het niet zinvol P2G aan de bovenkant van de aanbodpiek in te zetten.



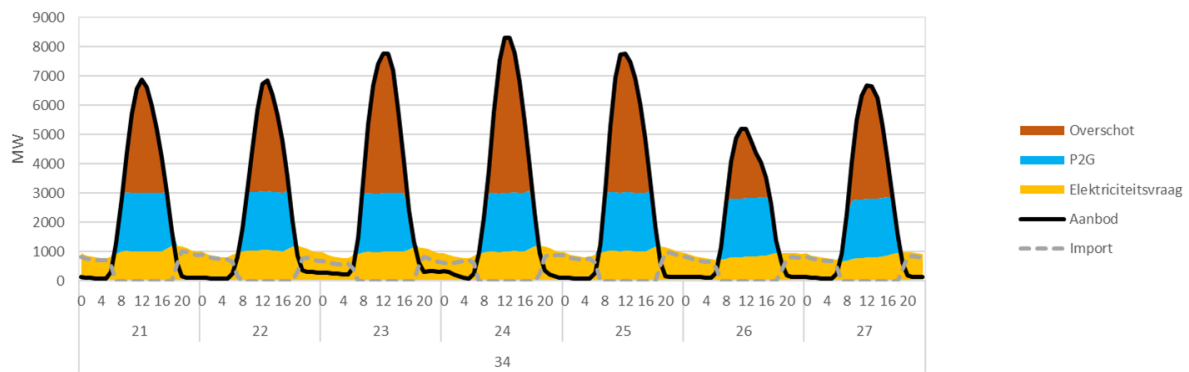
Figuur 29. Power-to-gas bij peak-shaving met 2GW elektrolysevermogen in een zomerse week met zeer veel hernieuwbare elektriciteit opwek.

Wanneer het doel is om zoveel mogelijk waterstof te produceren kan P2G beter ingezet worden aan de 'onderkant' door 'baseload' te produceren. Dit betekent dat elektrolyzers altijd als eerste voorzien worden van elektriciteit. Figuur 30 illustreert dit. Door de elektrolyzers altijd als eerste te voorzien van elektriciteit vindt er waterstofproductie plaats in grote volumes. De elektrolyzers draaien tenslotte volcontinu. Echter, op momenten dat de opwek van hernieuwbare elektriciteit onvoldoende is om te voorzien in de vraag van de elektrolyzers en de reguliere elektriciteitsvraag zal de elektriciteit van elders moeten komen. In veel gevallen betekent dit import van elektriciteit en extra transport in de daluren.



Figuur 30. Power-to-gas bij baseloadproductie met 2GW elektrolyser vermogen in een zomerse week met zeer veel hernieuwbare elektriciteit opwek.

In Figuur 30 is aangenomen dat elektriciteit altijd geïmporteerd kan worden. Het elektriciteitstekort wordt in dit figuur buiten Overijssel opgelost. Een andere mogelijke vorm is de inzet op momenten van elektriciteitsoverschotten. Deze tussenvorm wordt weergegeven in Figuur 31. Het voordeel van deze tussenvorm is dat import van elektriciteit alleen noodzakelijk is wanneer het aanbod van hernieuwbare elektriciteit niet kan voorzien in de reguliere elektriciteitsvraag. Bij tekorten worden elektrolyzers direct afgeschakeld. De opbrengst van waterstof is vele malen groter dan wanneer P2G wordt ingezet voor peak-shaving, maar kleiner dan wanneer P2G wordt ingezet voor baseload waterstofproductie.



Figuur 31. Power-to-gas tussenvorm met 2GW elektrolyser vermogen in een zomerse week met zeer veel hernieuwbare elektriciteit opwek.

### Power-to-heat (P2H) - aanbodknelpunten

Conversie van elektriciteit naar warmte wordt power-to-heat (P2H) genoemd. Door de opgewekte elektriciteit dichtbij de productielocatie om te zetten in warmte wordt het elektriciteitsnetwerk ontlast. De opgewekte elektriciteit hoeft immers niet getransporteerd te worden. Ook deze oplossing kan in de regel alleen aanbodknelpunten ontlasten en werkt in die zin vergelijkbaar met Power-to-Gas, maar is veel minder kapitaalintensief en hoeft daarom niet bijna vol-continue te draaien.

De tijdschaal waarop P2H kan worden ingezet is in principe onbeperkt, zolang de geproduceerde warmte opgeslagen of getransporteerd kan worden. Het vermogen is afhankelijk van de schaal waarop P2H wordt toegepast. De capaciteit is afhankelijk van hoeveel warmte er opgeslagen of getransporteerd kan worden. Het voordeel van P2H is dat er relatief weinig energie verloren gaat wanneer deze vorm van flexibiliteit wordt ingezet. Ook zijn de kosten laag in vergelijkingen met andere vormen van de flexibiliteit, mits andere voorzieningen al aanwezig zijn.

Bij P2H is het echter noodzakelijk dat de omzetting van elektriciteit naar warmte plaatsvindt relatief dichtbij de locatie waar elektriciteit wordt opgewekt om knelpunten te voorkomen. Dit betekent ook dat de gecreëerde warmte redelijk dichtbij deze locatie moet worden verbruikt, omdat warmtetransport over grote afstanden leidt tot grote verliezen en daardoor niet meer rendabel is. Wanneer een warmtenet in een buurt ligt van een aanbodknelpunt zou P2H uitkomst kunnen bieden.

P2H om knelpunten in het elektriciteitsnet te voorkomen kan in Overijssel interessant zijn op plekken waar duurzame opwek dichtbij afnemers ligt, bijvoorbeeld bij industrieterreinen of bij warmtenetten met warmteopslag. Het aantal van dit soort punten is echter beperkt en P2H zal dus niet een algemene oplossing worden voor aanbodknelpunten.

### Grootschalige batterijen – vraag- en aanbodknelpunten

Grootschalige batterijen kunnen uitkomst bieden voor zowel aanbod- als vraagknelpunten. Wanneer een aanbodknelpunt ontstaat door overvloedige productie kan een grootschalige batterij opladen. Hierbij is het van belang dat de grootschalige batterijen geplaatst worden tussen het aanbodknelpunt en de productielocatie van elektriciteit. In dit geval kan er aangesloten worden met een lagere capaciteit. Wanneer er een vraagknelpunt ontstaat doordat er onvoldoende elektriciteit getransporteerd kan worden naar de locatie waar de vraag naar elektriciteit optreedt, kunnen batterijen ook uitkomst bieden. In deze situatie moet de batterij geplaatst worden tussen het vraagknelpunt en de locatie waar vraag naar elektriciteit optreedt.

Over het algemeen worden batterijen op een korte tijdschaal ingezet. Batterijen kunnen op zeer korte termijn op- en ontladen en lenen zich daarom voor het opvangen van kortstondige onbalans in het elektriciteitsnet. Op dit moment worden batterijen nuttig ingezet voor het stabiliseren van de netfrequentie; hier is hooguit 100 MW vermogen voor nodig.

De verwachting is dat de kostprijs van batterijen sterk zal dalen.<sup>19</sup> Als batterijen goedkoper worden, kan ook de business case op de tijdschaal van een dag positief worden. Dat wil zeggen als batterijen worden ingezet om tekorten en overschoten over een dag in te vullen. De verwachting is dat batterijen vooral voor deze dag-nacht-balans een belangrijke rol gaan spelen in het klimaatneutrale energiesysteem. Ook in combinatie met P2G kunnen batterijen interessant zijn om te komen tot kosteneffectieve oplossingen voor de energiebalans. Hiermee zullen batterijen een essentieel onderdeel worden van het energiesysteem.

Batterijen kunnen ook gebruikt worden om elektriciteit voor langere periodes op te slaan, om daarmee netverzwaring te voorkomen. Grotere batterijen brengen echter hogere investeringskosten met zich mee. De inzet van batterijen is daarom techno-economisch gezien interessant, als er regelmatig wordt op- en ontladen. Bij de inzet voor langere periodes met een grote capaciteit, kan de batterij maar beperkt worden ingezet. Hierdoor is er voorlopig geen business case voor opslag op langere termijn met grotere capaciteit.

Figuur 32 geeft grafisch weer waarom batterijen vooral zinvol zijn als flexibiliteitsoplossing voor de korte termijn. Batterijen kunnen op korte termijn veel elektriciteit leveren of juist aan het elektriciteitsnet onttrekken. De opslagcapaciteit van batterijen is echter beperkt, waardoor batterijen snel volledig opgeladen of ontladen zijn.

In Figuur 32 is bijvoorbeeld 3000 MW aan batterijen met een totale capaciteit van 3870 MWh gesimuleerd, waarbij het elektriciteitsnet in Overijssel beschouwd is als 'koperen plaat'. Echter, met het grote overschot aan elektriciteit afkomstig uit zon-pv zijn de batterijen snel volledig opgeladen. Om de volledige piek op te vangen, zou daarom meer batterijcapaciteit geïnstalleerd moeten worden. Dit is echter zeer kostbaar omdat de hoogste pieken maar een aantal keer per jaar voorkomen. Wanneer er voldoende batterijcapaciteit geïnstalleerd wordt om de volledig aanbodpiek op te kunnen vangen, neemt het aantal 'round trips' i.e. het aantal keer dat een batterij volledig opgeladen en ontladen wordt, sterk af.

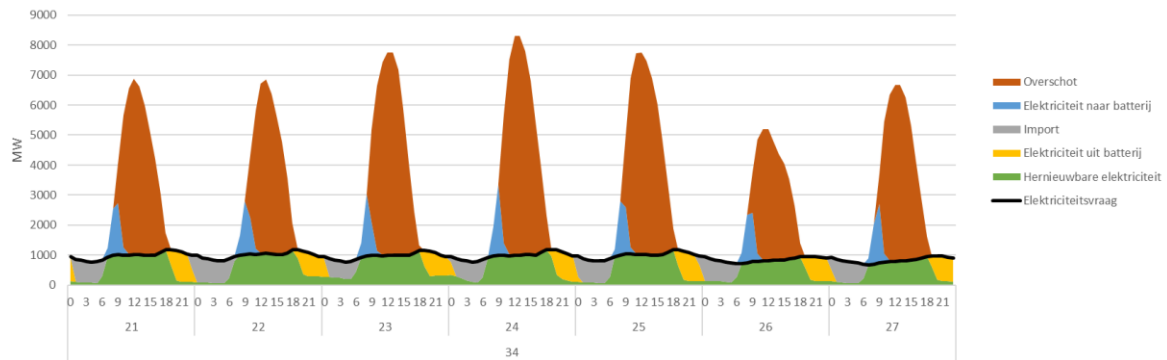
Een simpel rekenvoorbeeld illustreert dit: een zonnepark van 10 MW produceert jaarlijks zo'n 10.000 MWh aan elektriciteit. Afnemers in de regio nemen gedurende het jaar ook 10.000 MWh af, maar zij doen dit vrijwel constant met een vermogen van 1,25 MW. In de zomer heeft dit zonnepark ongeveer 8 uur op een dag een overschot aan elektriciteit. Als dit allemaal in een batterij opgeslagen wordt, heb je een batterij nodig van zo'n 35 MWh en een vermogen van 8,75 MW (uitgaande van een driehoekig productieprofiel over de dag). Het zonnepark heeft echter 1000 vollasturen per jaar. Dit betekent dat de batterij minder dan 12% van het jaar energie aan het opslaan is.

Door de batterijen op een andere manier in te zetten, kan het piekaanbod gereduceerd worden. Dit kan door de batterijen alleen aan de bovenkant van het piekaanbod te gebruiken. Hiermee wordt hetzelfde resultaat bewerkstelligd als in Figuur 29. In dit geval wordt er echter gebruik gemaakt van batterijen in plaats van P2G. Ook nu is het van belang dat het overschot aan elektriciteit tussen elektriciteitsvraag en opslag van de piek in batterijen nuttig wordt gebruikt.

---

<sup>19</sup> IEA (2018) World Energy Outlook.

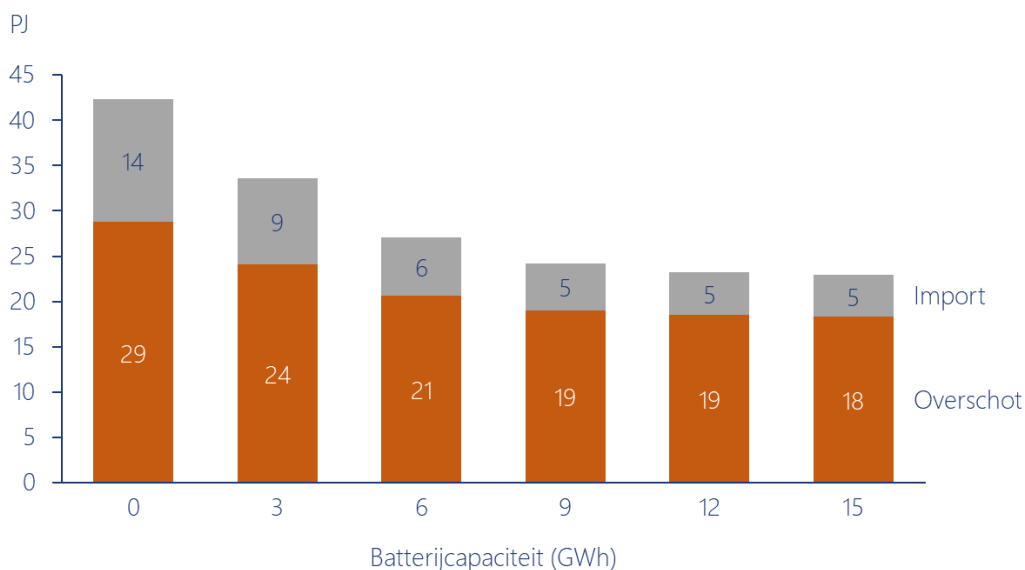




Figuur 32. Inzet van grootschalige batterijen met 3870 MWh- capaciteit en een vermogen van 3000 MW in het scenario Regionale sturing scenario. Het elektriciteitsnet in Overijssel wordt als 'koperen plaat' beschouwd.

Batterijen hebben niet alleen waarde omdat kortstondige overschotten van elektriciteit direct kunnen worden opgevangen. Ook kunnen batterijen direct elektriciteit leveren wanneer er tekorten ontstaan. Figuur 32 illustreert een zomerse week in het scenario Regionale sturing. In deze week is de opwek van hernieuwbare elektriciteit zeer groot. Deze elektriciteit is voornamelijk afkomstig van zon-pv, waardoor gedurende de nacht tekorten ontstaan. Deze tekorten moeten ingevuld worden door import van elektriciteit of bijvoorbeeld batterijen. Idealiter zou er daarom voldoende batterijcapaciteit beschikbaar zijn om het tekort aan hernieuwbare elektriciteit op te vangen met batterijen. Wanneer ingezet wordt op batterijen om de dag-/nachtbalans op te vangen, neemt de jaarlijkse hoeveelheid import en export van elektriciteit af. De import van elektriciteit neemt af, omdat tekorten gedurende de nacht worden opgevangen door batterijen. Deze batterijen worden opgeladen met overschotten gedurende de dag, waardoor de export van elektriciteit eveneens reduceert.

Figuur 33 geeft het effect van batterijen op de jaarlijkse import van en overschot aan elektriciteit in het scenario Regionale sturing weer op basis van berekeningen in het ETM. Door meer batterijcapaciteit op te stellen wordt een betere dag-/nachtbalans tot stand gebracht en is er minder import nodig. Meer batterijcapaciteit kan na verloop van tijd alleen nog extra worden benut in sporadisch voorkomende pieken van aanbod, hierdoor neemt de toegevoegde waarde van meer batterijcapaciteit in deze berekening af. Voordelen van extra batterijcapaciteit kunnen op de schaal van de specifieke stations natuurlijk anders verdeeld zijn en in vergelijking met andere oplossingen eerst nog wel toenemen.



Figuur 33. Het effect van batterijen op de jaarlijkse import van en overschot aan elektriciteit in het regionale scenario. Het elektriciteitsnet in Overijssel wordt als 'koperen plaat' beschouwd.

### Kleinschalige batterijen (V2G, huis of buurtbatterij) – vraag- en aanbod knelpunten

Ook kleinschalige batterijen vormen een goede oplossing, voor zowel aanbod- als vraagknelpunten. Deze batterijen worden alleen in het laagspanningsnetvlak geplaatst, waar deze vaak dichtbij zowel de vrager naar energie als aanbod van energie geplaatst zijn. Voorbeelden hiervan zijn kleinschalige batterijen in huishoudens of V2G. Wanneer een huishoudens overdag met zonnepanelen meer elektriciteit produceert dan het verbruikt, kan met deze elektriciteit de batterij opgeladen worden. Wanneer er 's nachts geen elektriciteit wordt opgewekt kunnen de batterijen ontladen worden.

Ook voor kleinschalige batterijen geldt dat deze vaak op een korte tijdschaal worden ingezet. Dat wil zeggen lang genoeg om tekorten en overschotten gedurende een dag in te vullen. Batterijen kunnen ook gebruikt worden om elektriciteit voor langere periodes op te slaan. Dit is echter niet aan te bevelen omdat de investeringskosten van batterijen hoog liggen. De inzet van batterijen is daarom techno-economisch gezien interessant wanneer er regelmatig wordt opgeladen- en ontladen. Het vermogen en capaciteit van de kleinschalige batterijen is afhankelijk van het type batterij. Wanneer het om batterijen gaat die gebruikt worden in huishoudens zal de capaciteit afgestemd worden op het vermogen van zonnepanelen die op het dak van het huis liggen. Bij V2G is het vermogen en de capaciteit afhankelijk van het type elektrische auto. In het geval van buurtbatterijen zal er voldoende vermogen en capaciteit gerealiseerd moeten worden voor meerdere huishoudens.

Zoals eerder genoemd zijn de investeringskosten van kleinschalige batterijen hoog. Het optimaal benutten van deze batterijen is daarom van belang. Dit gebeurt vaak efficiënt door een dag-nachtbalans te realiseren. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van V2G liggen de investeringskosten een stuk lager, omdat de batterijen al aanwezig zijn. Hierbij geldt wel dat niet de gehele capaciteit van de batterij benut kan worden, omdat de eigenaar altijd een voldoende opgeladen elektrische auto tot zijn beschikking wil hebben. Ook speelt tijdigheid een rol. Wanneer overdag veel elektriciteit wordt geproduceerd aan huis, moet de elektrische auto wel op deze locatie aanwezig zijn om te kunnen fungeren als batterij. Met enige regelmaat is dit niet het geval, waardoor V2G niet altijd uitkomst biedt.

Lokale batterijen in de woonkernen kunnen een deel van het aanbod van de zonnepanelen op daken opvangen. In de zomer zullen nog steeds de grote pieken van de zonnepanelen niet volledig opgeslagen kunnen worden en hierdoor zullen de knelpunten blijven bestaan en groot blijven.

### Hybridisering (fuel shift) - vraagknelpunten

Bij hybridisering wordt gebruikt gemaakt van meerdere energiedragers. De primaire energiedrager is elektriciteit, maar op momenten dat het net volledig belast wordt, zal overgeschakeld worden naar een andere energiedrager. Voorbeelden hiervan zijn te vinden in de gebouwde omgeving waar huizen en kantoorpanden worden verwarmd met hybridewarmtepompen op aardgas en in de toekomst wellicht waterstof. Ook binnen de industrie zijn gehybridiseerde processen te vinden. Hybridisering heeft betrekking op de vraag naar elektriciteit en biedt daardoor alleen uitkomst voor vraagknelpunten.

De tijdschaal waarop deze oplossing ingezet kan worden, is onbeperkt. Hybridetechnologieën kunnen tenslotte schakelen tussen energiedragers voor onbeperkte duur. Het vermogen van deze oplossing is afhankelijk van het vermogen van de hybridetechnologie. Het gaat in dit geval om het vermogen wanneer een andere energiedrager wordt gebruikt.

De grootste belemmering die hybridisering in de weg staat, zijn de nettarieven. Doordat hybridetechnologieën gebruik maken van twee energiedragers moet voor beide energiedragers betaald worden voor de maximale capaciteit. Dit is ongunstig omdat de primaire energiedrager veel gebruikt wordt, terwijl de secundaire energiedrager slechts op momenten dat er piekbelasting optreedt in het net wordt ingezet. Ook kunnen hybridetechnologieën niet overal worden toegepast. Zeker binnen de industrie is dit zeer specifiek.

### Vraagsturing (demand response) - vraagknelpunten

Bij vraagsturing wordt de vraag naar elektriciteit afgestemd op basis van de beschikbare transportcapaciteit van het net. Wanneer er een knelpunt optreedt kan een vrager naar elektriciteit de vraag reduceren, waardoor het net

niet overbelast wordt. Mocht er meer ruimte op het net ontstaan, dan kan de vrager naar elektriciteit weer meer elektriciteit afnemen van het net. Deze oplossing is alleen toepasbaar op vraagknelpunten.

De tijdschaal waarop deze oplossing ingezet kan worden, is afhankelijk van de periode waarin de vrager naar elektriciteit met een gereduceerde elektriciteitslevering vooruit kan. Om dit te verduidelijken beschouwen we het eerder genoemde voorbeeld van een koelhuis. Voor de koeling is elektriciteit nodig. Wanneer er een piekvraag optreedt in het net kan een koelhuis voor een bepaalde tijd geen elektriciteit afnemen van het net. Het net wordt hierdoor ontlast. Echter, de periode waarin het koelhuis zonder elektriciteit kan, is beperkt. Het vermogen van deze oplossing is afhankelijk van de installatie die afschakelt. De capaciteit van de oplossing is afhankelijk van de periode waarin de installatie zonder elektriciteit kan en het vermogen dat wordt afgeschakeld of verminderd. Een praktijkvoorbeeld van vraagsturing is Aldel in Delfzijl. Aldel zet soms de elektrische ovens voor het smelten van aluminium een uurtje uit.<sup>20</sup>

De investeringskosten van deze oplossing zijn nihil. Er hoeven namelijk geen aanpassingen gedaan te worden aan het net of aan installaties. Een nadeel is echter wel dat de inzet van deze oplossing onzeker is. Niet alle processen en installaties kunnen zomaar stil worden gelegd. Als er een piekvraag optreedt op een zeer warme dag is het mogelijk dat het eerder genoemde koelhuis toch niet kan afschakelen, omdat het maximale koelvermogen benodigd is. Er zullen hiervoor zeer goede afspraken gemaakt moeten worden tussen netbeheerders en degene die hun vraag naar elektriciteit variëren om het net in balans te houden. Een compensatie is hierbij ook denkbaar, omdat er in feite een service wordt geleverd aan de netbeheerders.

De verwachting is dat de impact van vraagsturing beperkt is. Het gaat namelijk meer om verplaatsing van vraag dan om vermindering van vraag. De groei van de vraag is 50%-80%. Een grove inschatting is dat vraagsturing de piekbelasting maximaal met 20% zal kunnen verminderen.

### Overige flexibiliteit - aanbodknelpunten

Onder overige flexibiliteit vallen oplossingen waarbij elektriciteit verbruikt wordt op momenten waarop dit eigenlijk later pas nodig is. Voorbeelden hiervan zijn extra koeling in koelhuizen op momenten dat er een te groot aanbod van elektriciteit is of het in werking laten treden van gemalen.<sup>21</sup> Met deze oplossingen wordt op een eerder moment elektriciteit verbruikt, zodat dit later niet meer hoeft te gebeuren. Ook bij deze vorm van flexibiliteit geldt dat de opwekte elektriciteit dichtbij de locatie van opwek verbruikt moet worden.

De tijdsschaal waarop overige flexibiliteit kan worden ingezet is afhankelijk van het type flexibiliteit. In een koelhuis kan niet onbeperkt worden gecoeld, terwijl een gemaal in principe eindeloos zou kunnen blijven pompen. Het theoretische vermogen is afhankelijk van de gebruiker. In een koelhuis zal dit het maximale vermogen van de koelinstallatie zijn, terwijl dit bij een gemaal het maximale vermogen van de pomp betreft. In de praktijk zal het extra vermogen over langere tijd lager zijn. De kosten voor deze vorm van flexibiliteit zijn laag, omdat er geen investeringen gedaan hoeven te worden. De afnemers van elektriciteit bestaan immers al. De beschikbaarheid kan echter wel voor problemen zorgen. Er hoeft tenslotte niet altijd gecoeld of water opgepompt te worden.

Een ander belangrijk aspect is het maken van afspraken. Wanneer een nabijgelegen afnemer extra elektriciteit zal gaan verbruiken om een aanbodknelpunt op te lossen, zal deze afnemer een vergoeding vragen. Deze vorm wordt ook wel congestiemanagement genoemd.

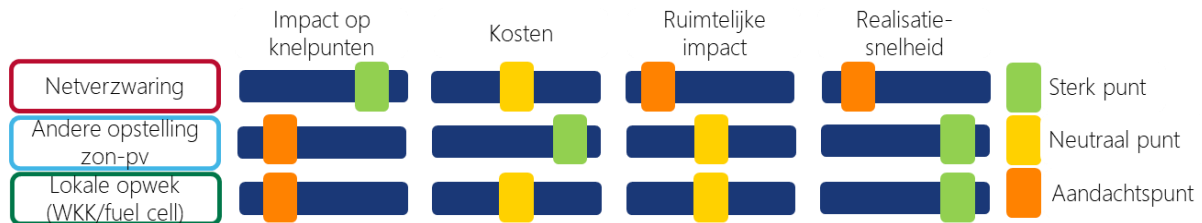
---

<sup>20</sup> Solar solutions (2020). Stimuleer gebruik batterij bij zonnepark

<sup>21</sup> CE Delft (2014). Denktank Vernieuwing Energiemarkt

### 5.2.3 Andere oplossingen

Onder andere oplossingen bekijken we een andere opstelling zon-pv en lokale opwek. Ook deze oplossingen hebben we gescoord ten opzichte van netverzwaring op de punten mogelijke impact op knelpunten, kosten, ruimtelijke impact en realisatie snelheid (zie Figuur 34). Deze scoring en andere punten worden verder toegelicht in de paragrafen hieronder.



Figuur 34. Impact van de verschillende 'andere oplossingen' op de knelpunten in het elektriciteitsnet op basis van expertinschatting Berenschot

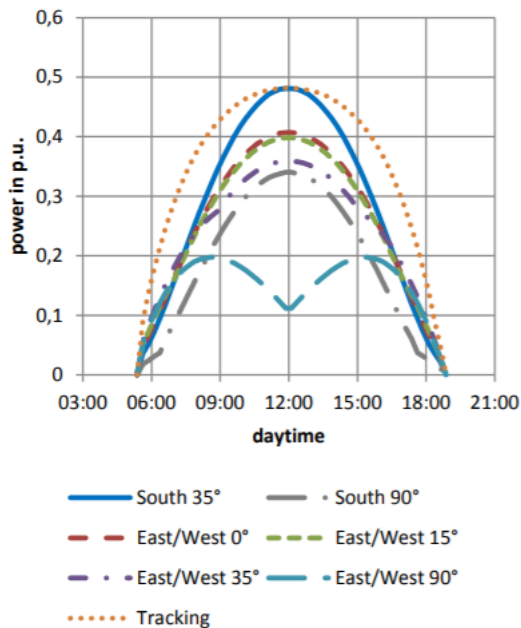
#### Andere opstelling zon-pv - aanbodknelpunten

De energetische opbrengst van zon-pv is afhankelijk van de oriëntatie en hoek waaronder zonnepanelen worden gemonteerd. In Nederland wordt de hoogste opbrengst gerealiseerd door zonnepanelen zuidelijk georiënteerd te plaatsen onder een hoek van 35 graden.<sup>22</sup> Dit heeft gevolgen voor het elektriciteitsnet, omdat piekproductie door zon-pv tegelijkertijd plaatsvindt wanneer een groot deel van alle zonnepanelen op het zuiden georiënteerd is. Door zonnepanelen te monteren met een andere oriëntatie en hoek kan het piekvermogen gereduceerd worden en in extreme gevallen zelfs verschoven worden naar een ander tijdstip. Dit wordt geïllustreerd door Figuur 35. Door zonnepanelen verticaal te monteren i.e. onder een hoek van 90 graden met een oost-west-opstelling wordt het piekvermogen aanzienlijk verlaagd en het tijdstip waarop piekproductie plaatsvindt verschoven.

Dit lijkt een goede oplossing om piekproductie te voorkomen, maar het kent ook nadelen. Door een andere oriëntatie en montagehoek worden zonnepanelen niet optimaal benut. De totale energieopbrengst is hierdoor lager. Ook dit wordt weergegeven in Figuur 35 door het totale oppervlak onder de lijnen in de grafiek. Het is evident dat de totale oppervlakte onder de grafiek van een zuidelijke-opstelling onder een hoek van 35 graden groter is dan de totale oppervlakte onder de grafiek van een oost-west-opstelling onder een hoek van 90 graden. Om toch dezelfde hoeveelheid energie op te wekken zullen dus meer zonnepanelen benodigd zijn bij een oost-west-opstelling onder een hoek van 90 graden. Dit geldt overigens voor alle opstellingen waarbij zonnepanelen niet zuidelijk georiënteerd zijn onder een hoek van 35 graden.

Het monteren van zonnepanelen met een andere oriëntatie en onder een andere hoek kan hierdoor gezien worden als een vorm van curtailment, omdat de zonnepanelen niet optimaal benut worden. Hierdoor is er in feite geen verschil tussen een zuid opstelling onder een hoek van 35 graden met curtailment en een oost-west opstelling onder een bepaalde hoek zonder curtailment.

<sup>22</sup> Tröster and Schmidt (2012). Evaluating the impact of PV module orientation on grid operation.



Figuur 35. Effect van oriëntatie en hoek waaronder zonnepanelen worden opgesteld op het piekvermogen<sup>22</sup>.

Een voordeel van een oost-west opstelling onder een hoek van 15 graden is dat er meer zonnepanelen op hetzelfde perceel/dak geplaatst kunnen worden dan met een oriëntatie op het zuiden onder een hoek van 35 graden.<sup>22</sup> Dit komt vanwege de schaduwval van andere zonnepanelen. Hoe groter de hoek waaronder zonnepanelen gemonteerd worden, hoe groter de schaduwval. Hierdoor kan de totale opbrengst van het perceel/dak verhoogd worden. Dit biedt echter geen soelaas voor aanbodknelpunten, omdat de piekproductie alsnog op hetzelfde moment plaatsvindt.

#### Lokale opwek (WKK/brandstofcel/regelbaarvermogen) - vraagknelpunten

Lokale opwek van elektriciteit kan een uitkomst bieden bij vraagknelpunten. Er hoeft namelijk geen elektriciteit getransporteerd te worden over grote afstanden wanneer elektriciteit wordt opgewekt dichtbij de vraag naar elektriciteit. Er kan dus voldaan worden aan de piekvraag, zonder dat het net overbelast wordt.

De tijdschaal waarop deze oplossing kan worden ingezet, is afhankelijk van het type lokale opwek. Mogelijke vormen zijn een warmtekrachtkoppeling (regelbaarvermogen) of een brandstofcel. Ook het vermogen en de capaciteit is hiervan afhankelijk, evenals de investeringskosten. Er moet eveneens voldoende ruimte aanwezig zijn om deze elektriciteit te kunnen opwekken en wanneer er elektriciteit opgewekt wordt door middel van een warmtekrachtkoppeling zal ook de warmte nuttig ingezet moeten worden.

Als lokale opwek naast hernieuwbare opwek worden geplaatst zal de impact op knelpunten in het elektriciteitsnet naar verwachting gering zijn omdat de productie van deze installaties complementair zal zijn aan die van hernieuwbare bronnen. Aanbodknelpunten kunnen hierdoor dus in de regel niet opgelost worden. In het geval van een brandstofcel kunnen aanbodknelpunten opgevangen worden, als er voldoende opslag beschikbaar is. Vraagknelpunten op andere momenten kunnen dan worden opgelost. De round-trip verliezen zijn echter aanzienlijk en hierdoor nemen de kosten voor dit soort oplossingen ook vaak sterk toe.

## 5.3 Oplossingen voor het gasnet

### Koppelen gasnetten

Door invoeding van groen gas verandert het karakter van het gasnet naar een meer decentraal systeem. Wanneer de gasvraag laag is, kan de productie van groen gas blijven bestaan. Op dit moment voorzien de netbeheerders in hun investeringsplannen in een koppeling van de regionale acht bar gasnetten om zo het afzetgebied voor een producent van groen gas te vergroten. Hiermee komt overschrijdt de productie de vraag gedurende het hele jaar niet meer. Uit de investeringsplannen van de netbeheerders blijkt dat voor de groei in groengas richting 2030 dergelijke uitbreidingen van het gasnet op meer plaatsen gedaan worden.

In de analyse van de netbeheerders is er uitgegaan van een volledig gekoppeld gasnet in West-Overijssel en Twente. Hierdoor is er geen behoefte om groen gas productie via het GTS net te transporteren zolang deze niet de vraag in Overijssel overschrijdt.

### Verhogen transportsnelheid

Door de transportsnelheid in gasleidingen te verhogen kan een groter volume gas getransporteerd worden per tijdseenheid. Deze flexibiliteitsoplossing ontlast daardoor zowel aanbod als vraagknelpunten.

De energiedichtheid per volume-eenheid van methaan is circa drie keer zo groot als die van waterstof. Dit betekent dat er driemaal zoveel waterstof in volume getransporteerd moet worden op een gelijke hoeveelheid energie te leveren. Door de transportsnelheid te verhogen van circa 10 meter per seconde naar 30 meter per seconde zou dit probleem opgelost kunnen worden.

Onderzoek van DNV-GL toont aan dat het verhogen van de transportsnelheden van waterstof in GTS leidingen mogelijk is. Hiermee is de verwachting dat het transporteren van waterstof door gasleidingen kan, maar dat dit extra onderzoek vergt om dit definitief vast te stellen.<sup>23</sup> Te hoge transportsnelheden kunnen namelijk leiden tot trillingsproblemen en erosie. DNV GL schrijft in haar rapport: *“Trillingen kunnen ontstaan bij interferentie met aftakkingen en insteekhuizen. Dit is afhankelijk van de snelheid en de dichtheid van het te transporteren gas en de geluidssnelheid. De dichtheid van waterstof is 1/9 van die van aardgas en daardoor wordt het effect van de hogere snelheid grotendeels gecompenseerd. Hoewel een detailanalyse zou moeten worden verricht, is de verwachting dat overgang van aardgas naar waterstof niet of nauwelijks effect heeft op het ontstaan van trillingsproblemen.”*<sup>23</sup>

### Plaatsen van boosters

Richting 2050 vindt er een verschuiving plaats van vraag naar aanbod van methaan in Overijssel. De vraag neemt langzaam af, terwijl het aanbod groeit. Hierdoor verschuift de inzet van het distributienet van levering naar transport in een aantal gebieden. Om groen gas van het distributienet naar het transportnet van GTS te brengen zijn zogenaamde ‘boosters’ nodig.<sup>24</sup> Deze installaties verhogen de druk van groen gas tot dezelfde druk als die wordt gehanteerd in het transportnet. Hierdoor kan het gas ‘stroomopwaarts’ getransporteerd worden naar andere regio’s.

### Dubbele infrastructuur, verzorgingsgebieden of bijmengen

In paragraaf 4.5 wordt toegelicht dat er knelpunten kunnen ontstaan door de vraag naar dan wel het aanbod van twee verschillende energiedragers: waterstof en groen gas. Hiervoor is een verdeling in verzorgingsgebieden te

<sup>23</sup> DNV-GL (2017). Verkenning waterstofinfrastructuur.

<sup>24</sup> Enexis (2019). Eerste groen gas booster officieel in gebruik genomen.

maken zoals in paragraaf 4.5. Alternatief is het uitleggen van een dubbele infrastructuur. Een andere optie is het bijmengen van waterstof of groen gas.

De rijksoverheid onderzoekt de mogelijkheid voor een bijmengverplichting van waterstof als een van de opties om kostenreductie en opschaling te bereiken.<sup>25</sup> De verkenning richt zich op drie vormen: een fysieke bijmengverplichting, een virtuele bijmengverplichting of een mix. De voor- en nadelen worden op dit moment in kaart gebracht en per vorm wordt afgewogen bij welke sector(en) de verplichting zou moeten komen te liggen. De juridische en technische mogelijkheden voor een bijmengverplichting worden tevens onderzocht.<sup>26</sup>

Door bijmenging wordt een nieuw mengsel verkregen. De gaskwaliteit is hierbij wel belangrijk. Door het bijmengen ontstaat een mengsel met eigenschappen die afhangen van de exacte samenstelling. Verschilt deze samenstelling over het jaar heen dan zullen afnemers apparatuur moeten hebben dat deze verschillen kan opvangen. Daarnaast zal het logisch zijn als ruimere gaskwaliteitsnormen landelijk wordt gereguleerd.

Knelpunten door verschillen van gaskwaliteit per locatie kunnen hierdoor ontstaan. Daarnaast is het de vraag of iedere eindgebruiker wil betalen voor het waterstof-/groen gasmengsel. Dit zal nader onderzocht moeten worden.

## 5.4 Eerste doorrekening Enexis met oplossingen

Op basis van voorgaande analyse is Enexis gevraagd om een tweetal oplossingen door te rekenen. Hierdoor kan de netimpact van deze oplossingen op een dieper niveau bekeken worden. Voor deze eerste doorrekening van Enexis wordt er gekeken naar het scenario met de grootste knelpunten: het scenario 2050 Regionale sturing.

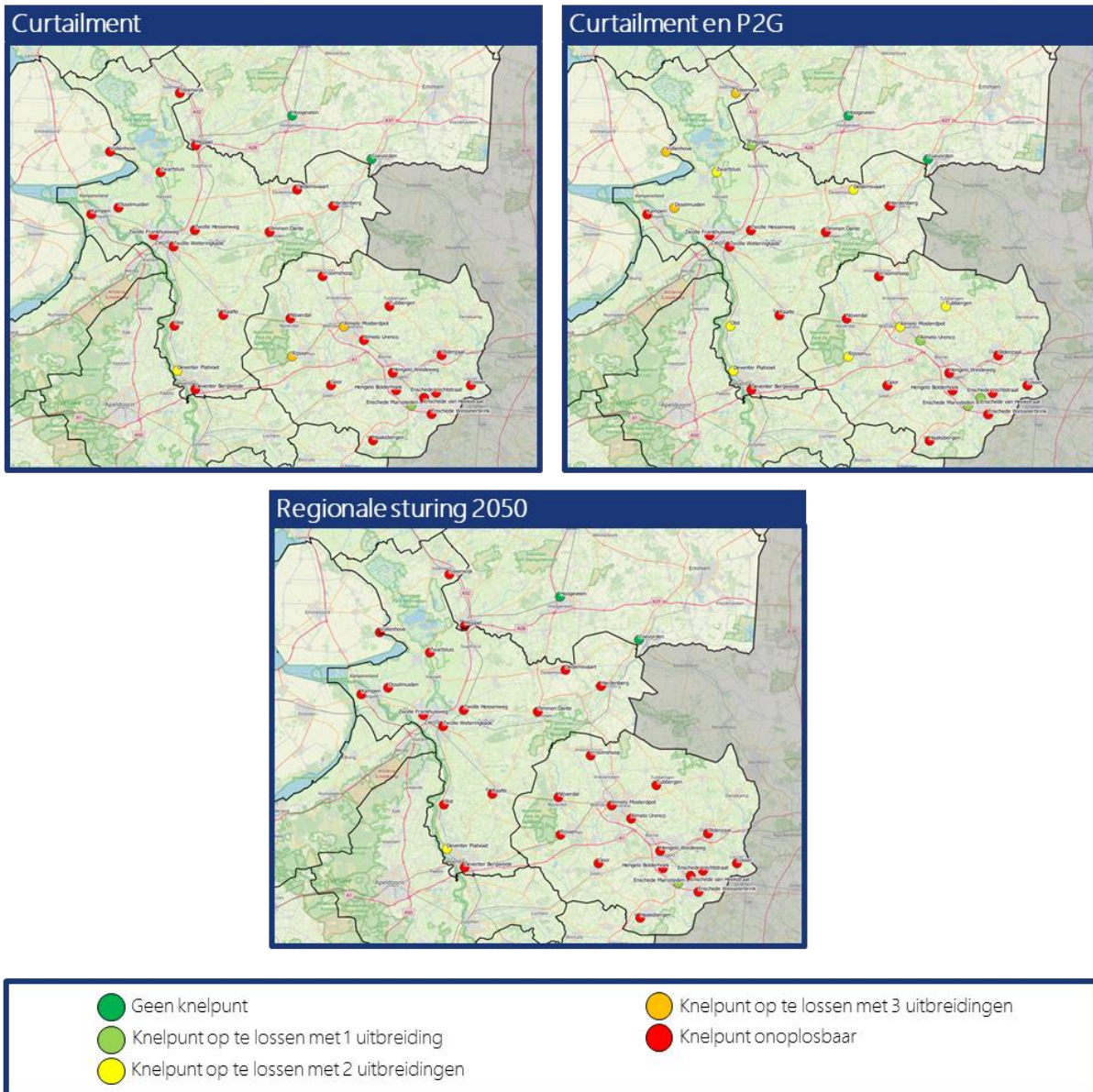
Op dit scenario zijn twee varianten toegepast: curtailment en curtailment met P2G. In Tabel 7 worden deze varianten verder toegelicht. Voor deze varianten heeft Enexis eenzelfde doorrekening gemaakt als voor de scenario's van deze systeemstudie.

Tabel 7. Varianten op het scenario Regionale Sturing met de omschrijving van de aanpassingen.

Scenario	ETM-link	Omschrijving
Curtailment	<a href="https://pro.energytransiti.onmodel.com/saved_sce_narios/9469">https://pro.energytransiti.onmodel.com/saved_sce_narios/9469</a>	Grootschalige zon-pv (zonneparken en pv met vermogen > 15 kWp) wordt met 33% curtailment aangesloten (67% van het geïnstalleerd vermogen). Deze mate van curtailment is in lijn met de scenario's die I13050 in fase 2 heeft opgesteld.
Curtailment en P2G	<a href="https://pro.energytransiti.onmodel.com/saved_sce_narios/9470">https://pro.energytransiti.onmodel.com/saved_sce_narios/9470</a>	Grootschalige zon-pv (zonneparken en pv met vermogen > 15 kWp) wordt met 33% curtailment aangesloten (67% van het geïnstalleerd vermogen). Ten tijde van provinciale overschotten wordt bij zonneparken zon-pv door elektrolyse omgezet in waterstof in plaats van getransporteerd via het elektriciteitsnet.

<sup>25</sup> [Kamerbrief kabinetsvisie Waterstof](#)

<sup>26</sup> [Beantwoording kamervragen](#)



Figuur 36: impact van verschillende oplossingen op de belasting van de HS/MS-stations

	Geen knelpunt	Knelpunt op te lossen	Knelpunt onoplosbaar
Curtailement	2	4	28
Curtailement en P2G	2	14	18
2050 Regionale Sturing	2	2	30

Door toevoeging van curtailement kunnen in het scenario Regionale sturing vier onderstations uitgebreid worden zodat deze geen knelpunt vormen in plaats van slechts twee in het standaard scenario Regionale sturing zonder curtailement. Er blijven echter nog 28 (in plaats van dertig) onderstations over waarbij het knelpunt onoplosbaar blijft. Dit komt met name doordat het aanbod in 2050 vele malen de huidige capaciteit van de stations overstijgt. De gemiddelde piekbelasting neemt met zo'n 14% af bij curtailement, met op sommige stations een grotere afname tot maximaal 23%. De gemiddelde overschrijding van de huidige capaciteit over alle stations is met 440% in plaats van 510% wel een stuk lager, maar de overschrijding is nog steeds zeer hoog.



Door naast curtailment lokaal power-to-gas in te zetten, hoeft de opgewekte elektriciteit niet verder getransporteerd te worden. Het aantal en vermogen van de power-to-gas installaties is gebaseerd op technische aspecten, en laat daarmee het effect van deze oplossing zien. Door power-to-gas grootschalig in te zetten daalt het aantal onoplosbare knelpunten van 28 tot 18. Hiernaast neemt de gemiddelde belasting met 38% af met maximaal een 68% lagere piekbelasting op een HS/MS-station. Daarbij daalt de gemiddelde vermogensbehoefte van 510% in het standaard scenario Regionale Sturing tot 270% van de huidige capaciteit.

	Gemiddelde afname piekbelasting	Maximale afname piekbelasting	Gemiddelde vermogensbehoefte ten opzichte van huidige capaciteit
Curtailment	14%	23%	440%
Curtailment en P2G	38%	68%	270%
2050 Regionale Sturing	0%	0%	510%

Als we kijken naar het type overschrijding dat optreedt dan zorgt curtailment niet voor verandering in het aantal piekuren en blijft ook de langste piekduur gelijk aan het standaardscenario. Dit komt omdat de gemiddelde overschrijding van de piekbelasting groter is dan de mate van curtailment.

Bij toevoeging van P2G wordt het aantal overschrijdingen wel kleiner: van 1800 uur tot 1120 uur gemiddeld over de stations. De langste piekduur daalt licht naar 16 uur. Wel is het zichtbaar dat de toevoeging van P2G niet op alle plaatsen evenveel doet. In het maximale geval wordt het aantal piekuren met 97% gereduceerd; in het minimale geval met 13%.

	Gemiddeld Aanbod piekfrequentie (# uur)	Gemiddeld langste duur aanbodpiek (# uur)	Gemiddelde afname piekuren	Afname piekuren Maximaal	Afname piekuren Minimaal
Curtailment	1800	18	0%	0%	0%
Curtailment en P2G	1120	16	41%	97%	13%
2050 Regionale Sturing	1800	18	0%	0%	0%

#### 5.4.1 Batterijen en P2G

De variant curtailment en P2G geeft ook een goed beeld van de inzet van batterijen. Hiermee verwachten we een zelfde impact te kunnen realiseren. Het verschil tussen P2G of batterijen zit hem in de kosten, de inpasbaarheid en de onzekerheden.

Voor beide technieken verwachten we een kostendaling, maar deze oplossingen zijn op dit moment nog duurder dan netverzwing. Wel kan de doorlooptijd kleiner zijn en kunnen ze elkaar versterken door de benuttingsgraad van P2G te verhogen door 's nachts stroom te leveren. Batterijen hebben het voordeel dat deze bij alle zonneparken inpasbaar zijn, omdat er geen andere infrastructuur nodig is. Bij P2G zal er een waterstofnet, lokale afname of de mogelijkheid tot bijmengen in het aardgasnetwerk mogelijk/aanwezig moeten zijn. Een bijmengverplichting of een vrijwillige mogelijkheid tot bijmenging kan het inpassen van P2G op korte termijn vergemakkelijken. Een waterstofbackbone heeft ook bij lokale afname voordelen om leveringszekerheid te bieden. Verder weg van de hogedrukleidingen van de waterstofbackbone zal aanleg van lokale waterstofinfrastructuur de inpassing bemoeilijken. Extra compressiekosten om de waterstof op te slaan, zullen daarbij meegerekend moeten worden. Tot slot, zal deze P2G waterstof in de verdere toekomst mogelijk concurreren op de waterstofmarkt.

## 5.4.2 Reflectie

Verzwaring van de infrastructuur blijft waarschijnlijk nodig naast de inzet van de hiervoor genoemde algemene oplossingen, omdat de belasting nog steeds 270% bedraagt van de huidige capaciteit. Curtailment en P2G (of batterijen) kunnen de vermogensbehoefte in 2050 voor het scenario Regionale sturing binnen het bereik van de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing brengen. Inzet van andere oplossingen zou de druk op het elektriciteitsnet verder kunnen verlagen, maar waarschijnlijk in mindere mate. Dit alles is met name het gevolg door het lange termijn perspectief op de lokale opwek in combinatie met de aanname dat deze grotendeels ingevuld zal worden met zon-PV. Door de weersafhankelijkheid geeft dit een dusdanig onevenwichtig patroon op het net, dat enkelvoudige oplossingen tekort schieten.

De voorgaande resultaten zijn alleen doorgerekend voor het scenario Regionale sturing, maar geven ook inzicht in de impact van deze oplossingen op de andere scenario's. De resultaten voor het scenario Nationale sturing zullen zeer gelijk zijn, omdat ook hier een groot overschot van zon-pv aanwezig is. Door de inzet van curtailment zal de capaciteitsbehoefte dus ook met zo'n 15% dalen en met inzet van P2G of batterijen kunnen de grootste knelpunten verder gereduceerd worden.

Binnen de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing is de impact van de hiervoor vermelde varianten ook aanwezig. Bij deze scenario's is curtailment ook logisch om de aanbodpieken te voorkomen. Bij inzet van P2G of batterijen op de grootste aanbodknelpunten kunnen deze aanbodpieken binnen een redelijke bandbreedte worden gebracht. Op sommige plaatsen zullen na deze oplossingen de vraagknelpunten waarschijnlijk dominanter worden.

## 5.5 Conclusie: oplossingen voor Overijssel

Voor de oplossingen voor de provincie Overijssel onderscheiden we evenals in de scenario's twee stippen op de tijdshorizon. Ten eerste verkennen we oplossingen voor 2030. Hierin zien we dat de druk op het elektriciteitsnet toeneemt, terwijl de druk op het gasnet geleidelijk afneemt. Dit gebeurt in het elektriciteitsnet zowel op het transportnet (TenneT) als het distributienet (Enexis). Ten tweede beschrijven we de oplossingen voor 2050. In de periode van 2030 tot 2050 neemt verduurzaming een hoog tempo aan dat zijn weerslag heeft op de energie-infrastructuur.

### 5.5.1 Elektriciteitsnet

In alle scenario's groeit de elektriciteitsvraag. In de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing groeit de elektriciteitsvraag met circa 50%. Voor de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing is de groei zelfs 80%. Naast een groeiende vraag moet ook rekening gehouden worden met het groeiende aanbod van elektriciteit. Door de sterke ontwikkeling van zon-pv zoals voorzien in de concept RESsen, met name buiten stedelijk gebied, neemt de druk op zowel het distributienet als het hoogspanningsnet toe. Dit is niet alleen in de provincie Overijssel het geval, maar ook in andere provincies waar het potentieel voor zon-pv op land groot is. De verzwaring die nodig is voor 2030, zal na 2030 goed gebruikt kunnen worden als de productie van duurzame elektriciteit stijgt en de vraag naar elektriciteit verder toeneemt. De eenvoudige uitbreidingen van het elektriciteitsnet binnen de huidige infrastructuur zijn goedkoper dan veel alternatieven. Hierdoor is een zekere mate van netverzwaring nuttig gedurende de levensduur en daarmee no-regret.

De behoefte aan extra vermogen door een grotere vraag naar elektriciteit zal in het scenario Regionale sturing in de regel gedekt worden door de extra behoefte aan netcapaciteit door productie van duurzame elektriciteit. Voor de extra vraag kan uitbreiding van de netten kosteneffectief zijn. Er moet echter wel slim verzward/aangesloten worden. Dit kan op verschillende manieren, onder andere:

- door ervoor te zorgen dat capaciteit vaak benut wordt en niet slechts dient om zeldzame piekvermogens te transporteren;
- door soms aan te sluiten op iets verder gelegen stations, zodat de belasting verdeeld wordt over meerdere stations. Of door duurzame opwek te ontwikkelen bij (nieuwe) stations met ruimte voor capaciteitsuitbreiding. Hierdoor voorkomt men dat één station zwaar overbelast wordt en daardoor herbouwd moet worden;

- door een pocketstructuur te gebruiken waardoor de decentraal opgewekte energie gemakkelijker getransporteerd kan worden.

Naast netverzwaring is curtailment een oplossing die meteen ingezet kan worden. Vooral in het scenario Regionale sturing en Nationale sturing is de inzet van curtailment cruciaal doordat een groot vermogen aan zon-pv is opgesteld. Een groot deel van het piekvermogen kan hiermee worden vermeden, terwijl slechts een klein deel van de geproduceerde energie verloren gaat. Hoewel curtailment effectief is, toont de flexibiliteitsanalyse aan dat 33% curtailment bij zon-pv de druk op de HS/MS-stations weliswaar verlaagt, maar dat dit onvoldoende is om knelpunten te voorkomen. Er zou nog meer curtailment plaats kunnen vinden, bijvoorbeeld 50%. Hierdoor neemt de totale jaarproductie wel af met meer dan 10%. Dit verschil zal dan elders moeten worden gecompenseerd. In het Europese en internationale scenario zal 33% curtailment wellicht wel voldoende zijn om een deel van de aanbodknelpunten te voorkomen. Dit vergt nader onderzoek.

Wanneer men curtailment als oplossing ziet, moet men echter wel nagaan of dit niet al gehanteerd is door de exploitant van een betreffende zonneweide. Sommige exploitanten kiezen namelijk voor een kleinere netaansluiting dan benodigd zou zijn voor het totale vermogen van het zonnepark. Hierdoor vindt er in feite al curtailment plaats.

N-0 aansluiten is ook een oplossing die momenteel technisch haalbaar is, maar niet altijd gewenst. In geval van zon-pv is N-0 aansluiten haalbaar, omdat op momenten van storing of onderhoud een zonneweide of de zonnepanelen afgeschakeld kunnen worden. Bij vraagknelpunten biedt N-0 aansluiten geen uitkomst, omdat de leveringszekerheid dan in gevaar komt. Wanneer men toch kiest voor aansluiten met N-0 criterium moet er duidelijke regulering plaatsvinden om netzekerheid te garanderen. Ook in het hoogspanningsnet zou gewerkt kunnen worden met het N-0 criterium. Echter, dit verlaagd wel de netzekerheid, wat kan leiden tot meer risico op stroomuitval. Dit is zeker in het hoogspanningsnet ongewenst, omdat de kans dat grote gebieden zonder elektriciteit komen te zitten toeneemt. Bovendien worden 380/110 en 220/110 kV-transformatoren altijd N-1-veilig bedreven, waardoor N-0 niet overal toepasbaar is. Toepassing van het N-0 criterium heeft daarom maar beperkte impact.

Een structurele oplossing om aanbodknelpunten in de provincie Overijssel te vermijden, is het hanteren van een andere mix van zon-pv en wind op land. Normaliter zijn zon-pv en wind op land complementair. Echter, in Overijssel verschuift de balans in de scenario's sterk naar zon-pv. Vooral in de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing is dit een probleem, omdat piekbelasting voornamelijk in de zomer rond het middaguur plaatsvindt. Door een andere mix te hanteren kan deze piek gereduceerd worden met eenzelfde hoeveelheid energie-opwek. Bijvoorbeeld door iets minder zon-pv-vermogen te realiseren en iets meer wind op land. Dit zorgt voor een vlakker opwekprofiel, waardoor er op jaarbasis minder elektriciteit geïmporteerd en geëxporteerd hoeft te worden i.e. het zorgt voor een betere jaarbalans. Hiervoor dienen wel meer windturbines op land gerealiseerd te worden. Doordat dit ingrijpende veranderingen in de fysieke omgeving met zich meebrengt, is dit niet eenvoudig te realiseren. Daarom wordt een andere zon-pv/wind op land-verhouding gezien als mogelijke oplossing, maar niet als oplossing waarmee de knelpunten in het energiesysteem zomaar opgelost kunnen worden. Dit is namelijk een oplossing waarmee op het moment van schrijven al rekening gehouden moet worden.

Richting 2050 verandert de energiemix nog sterker ten opzichte van de huidige situatie. Het aandeel elektriciteit neemt toe en afhankelijk van het scenario neemt ook waterstof een nadrukkelijker rol in. Doordat het aandeel elektriciteit toeneemt, wordt de druk op het distributienet groter. De vraag naar waterstof groeit ook. Dit vergt grote hoeveelheden elektriciteit wanneer de waterstof duurzaam geproduceerd dient te worden. P2G is één van de meest voor de hand liggende flexibiliteitsoplossingen om aanbodknelpunten op te lossen en tevens het teveel aan elektriciteit op een nuttige manier in te zetten. Er zijn echter wel wat voorwaarden waaraan voldaan moet worden. Ten eerste heeft P2G meer impact hoe dichter P2G bij de locatie van opwek wordt ingezet. Ten tweede moet er een waterstofinfrastructuur en/of opslag aanwezig zijn. Ten derde is P2G relatief duur wanneer een dergelijke installatie gevoed wordt met elektriciteit afkomstig van zon-pv als gevolg van een laag aantal vollasturen. Vooral het tweede punt is in het scenario Regionale sturing een probleem. De vraag naar waterstof binnen de provincie is immers laag, waardoor de urgentie van een (regionale) waterstofinfrastructuur laag is. Dit wil overigens niet zeggen dat P2G geen goede oplossing is. In de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing is namelijk wel meer vraag naar waterstof voor bijvoorbeeld de industrie of de productie van synthetische brandstoffen.

De verwachting is dat batterijen ook een belangrijke rol gaan spelen in het klimaatneutrale energiesysteem. Dit komt omdat er een sterk dalende trend zichtbaar is in de kostprijs van batterijen.<sup>27</sup> Hierdoor wordt het steeds aantrekkelijker om batterijopslag in te zetten vooral om een evenwichtige dag/nachtbalans te realiseren. Met andere woorden: overschotten die overdag voorkomen worden opgeslagen in batterijen om de nachtelijke tekorten op te vangen. Dit zou eventueel kunnen in combinatie met P2G. De inzet van batterijen om netverzwaring te voorkomen, achten wij minder van belang. Dit komt doordat de opslagcapaciteit van batterijen vaak een beperkende factor is, zoals is toegelicht in paragraaf 5.2. Het opvangen van grote pieken kan hierdoor economische gezien slechts kortstondig plaatsvinden. Inzet van (grootschalige) batterijen zal daarom situatiespecifiek bekeken moeten worden om te bepalen of dit daadwerkelijk uitkomst biedt voor het knelpunt. Wel kan door het groeiende aandeel van elektrische voertuigen op een voordelige wijze veel batterijcapaciteit beschikbaar komen, ook wel V2G genoemd. Hiervoor moet naast wet- en regelgeving uiteraard wel de benodigde laadinfrastructuur gerealiseerd worden.

Het verschil tussen batterijen en P2G zit in de jaarlijkse kosten en benodigde infrastructuur. De investeringskosten voor batterijen zijn hoog door de grote opslagcapaciteit die nodig is om netverzwaring te voorkomen. Batterijen kunnen wel snel geplaatst en geïntegreerd worden in het elektriciteitsnet. P2G heeft bij een zelfde vermogen lagere kosten dan batterijen ingezet voor het voorkomen van netverzwaring, omdat de opslagcapaciteit zeer groot is. Dit vereist dan wel een landelijke waterstof-infrastructuur met voldoende afname en opslagcapaciteit. De daling van het aardgasverbruik schept ruimte in de gasnetten voor waterstoftransport. Voor de opslag van waterstof kunnen ondergrondse zoutcavernes gebruikt worden, die momenteel gebruikt worden voor aardgasopslag. De behoefte naar opslag zal echter sterk toenemen door de seizoensafhankelijke productie van waterstof. De P2G installatie zal lokaal op deze landelijke infrastructuur moeten worden aangesloten.

Welke oplossing of welke combinatie van P2G en batterijen de voorkeur geniet bij het oplossen van een knelpunt, is locatiespecifiek en vereist additioneel onderzoek. Beide oplossingen zullen naast het voorkomen van knelpunten, in het totale energiesysteem sowieso een rol vervullen in het verzorgen van de jaarbalans.

Door toenemende elektrificatie binnen de industrie, zal mogelijk meer vermogen aan vraagsturing (demand response) gerealiseerd worden. Dit geldt overigens ook voor hybridisering binnen de industrie. Hoe dit zich zal ontwikkelen en wat het effect hiervan is op de netbelasting is uitermate onzeker en afhankelijk van meerdere factoren:

- Technisch: de installatie moet gehybridiseerd/geëlektrificeerd kunnen worden. Deze technologieën zullen zich bewezen moeten hebben en op grote schaal beschikbaar zijn.
- Economisch: de businesscase moet rendabel zijn.
- Processen moeten anders ingericht worden, zodat er omgegaan kan worden met een variërend aanbod van elektriciteit.

### 5.5.2 Gasnetten

De verwachting is dat het aandeel elektriciteit in de energiemix groter wordt in de toekomst, gassen zullen een belangrijke rol blijven spelen in het energiesysteem. Ook neemt de finale energievraag langzaam af in alle scenario's. Een gevolg hiervan is dat de vraag naar gasvormige energiedragers reduceert richting 2030, aangezien waterstof op de korte termijn geen grote rol zal spelen in het energiesysteem. Het is daarom onwaarschijnlijk dat er op korte termijn vraagknelpunten op zullen treden. Gas zal steeds meer als piekvoorziening worden gebruikt in plaats van als basislast. Het aandeel groen gas neemt richting 2030 echter toe, waardoor er nu lokaal aanbodknelpunten zouden kunnen ontstaan. Dit gebeurt vooral in het scenario Regionale en Nationale sturing, omdat groen gas waarschijnlijk geproduceerd zal worden op locaties waar de vraag naar methaan gering is. De gasnetten moeten hier wel op berekend zijn en tevens moeten er locaties gerealiseerd worden waar het geproduceerde groene gas ingevoed kan worden in het distributienet. Door de lokale regionale netten verder te koppelen kan de groen gas productie in een groter gebied gebruikt worden. Door het plaatsen van 'boosters'

<sup>27</sup> IEA (2018) World Energy Outlook.

kunnen overschotten aan geproduceerd groen gas van het distributienet ingevoed worden in het transportnet van GTS. Hierdoor kan het groene gas naar andere regio's worden getransporteerd of worden opgeslagen.

In alle scenario's speelt gas een belangrijke rol. In zowel het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing als in het scenario Internationale sturing wordt meer gebruik gemaakt van gasvormige energiedragers dan in de zelfvoorzienende scenario's. De energetische vraag naar gasvormige energiedragers is lager dan in de huidige situatie. In het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing wordt groen gas en waterstof gebruikt, wat voor complexiteit zorgt in de gasnetten. Hoewel waterstofbijmenging in het gasnet mogelijk een oplossing is, moet dit ook voor afnemers van gas acceptabel zijn. Op dit moment kunnen afnemers slechts zeer beperkt een andere gaskwaliteit accepteren. Verruiming van de mogelijkheden voor waterstofbijmenging gaan dan ook gepaard met aanpassingen aan de kant van de afnemers. Er blijven daarnaast twee opties over: alle gasnetten dubbel uitvoeren of deelnetten aanwijzen voor waterstof en methaan. Hoe meer lokaal deze deelnetten worden aangewezen, hoe meer opties er zijn om de specifieke wensen in te vullen. Hiermee kunnen knelpunten en grootschalige uitbreiding van de gasinfrastructuur worden voorkomen. In het scenario Internationale sturing is waterstof de primaire gasvormige energiedrager. De energiedichtheid van waterstof is lager dan die van methaan, waardoor er een groter volume waterstof getransporteerd moet worden om dezelfde hoeveelheid energie te leveren. Door de transportsnelheid te verhogen, kan er vrijwel evenveel waterstof als aardgas door een gasleiding getransporteerd worden.

## 6. Conclusie en aanbevelingen

De energietransitie heeft een grote impact op het energiesysteem in de provincie Overijssel. Om de impact in beeld te brengen, hebben we aan de hand van toekomstscenario's -gericht op 2030 en 2050- de uiterste hoeken van een mogelijk energiesysteem verkend. In eerste instantie hebben we gekeken naar de ontwikkeling van de vraag naar energiedragers in 2030 en 2050 en vervolgens hebben we ook de ontwikkeling van het aanbod verkend.

De finale vraag naar energiedragers neemt af richting 2030. Dit komt door energiebesparingen en de inzet van efficiëntere technologieën. Deze trend zet zich na 2030 voort. In alle 2050-scenario's is de totale energievraag lager dan in de huidige situatie, zelfs als er forse groei in de mobiliteitssector en industrie plaatsvindt. Naast een afname van de finale vraag, verschuift de energiemix richting elektriciteit. Hierdoor stijgt in alle scenario's het elektriciteitsverbruik flink (50% - 80%). De vraag naar aardgas gaat naar nul, maar daarvoor komen ten dele groen gas en waterstof in de plaats. De piekvraag stijgt harder door toename van seizoensafhankelijkheid door inzet bij hybride warmtepompen en piekvoorzieningen van warmtenetten.

Het verschuiven van de energiemix richting elektriciteit heeft gevolgen voor het energiesysteem. Voor de provincie Overijssel impliceert dit een sterke toename van het vermogen zon-pv op zowel het land als op het dak en in kleinere mate een toename in de hoeveelheid wind op land. Door de sterke toename van het aanbod neemt de druk op het elektriciteitsnet toe. In gebieden waar veel ruimte is voor zonneweides leidt dit tot aanbodknelpunten. Hoe groot deze problemen zijn, is afhankelijk van het toekomstscenario. Vooral in de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing waar Nederland (grotendeels zelfvoorzienend is) en elektriciteit een zeer belangrijke rol als energiedrager speelt, zijn de aanbodknelpunten zeer groot. De aanbodknelpunten zijn in de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing veel kleiner, doordat er meer gebruik wordt gemaakt van gasvormige energiedragers en er minder duurzame energieproductie in Nederland is, omdat er een grotere afhankelijkheid van energie uit het buitenland wordt verondersteld.

Door in te zetten op curtailment en daarnaast P2G en/of batterijen kunnen de knelpunten verkleind worden. Maar ook dan blijven er in sommige delen van het elektriciteitsnet nog knelpunten bestaan. Kanttekening hierbij is ook dat netverzwaring vaak goedkoper is dan P2G of batterijen. Een reden om tóch deze opties in te zetten zou kunnen zijn omdat deze sneller inzetbaar zijn. Een andere belangrijke reden voor inzet van deze opties is om de energiebalans te garanderen over de maanden heen, omdat P2G bijvoorbeeld een deel van de vraag naar waterstof gedurende het jaar invult zoals wordt verondersteld in de landelijke klimaatneutrale energiemixscenario's.

Aan de vraagzijde neemt de druk op het elektriciteitsnet ook toe. Dit is in alle scenario's zichtbaar. Een aantal oplossingen kan de druk van een grotere vraag doen afnemen. Maar in alle scenario's zal verzwaring van het elektriciteitsnet bij de grootste vraagknelpunten nodig blijven.

De verwachting is dat de waterstofvraag na 2030 zal toenemen, afhankelijk van het toekomstscenario. De provincie Overijssel zou in het regionale en nationale scenario door het grote aanbod van hernieuwbare elektriciteit kunnen fungeren als waterstofproducent; de kostprijs van deze waterstof kan echter hoog liggen bij een lage bezettingsgraad van de elektrolyzers. In de scenario's waarin de elektriciteitsoverschotten in Overijssel het grootst zijn, is de provinciale vraag naar waterstof echter het kleinst; de waterstof moet dan dus (ver) getransporteerd worden naar de landelijke afnemers of naar opslaglocaties. Hiervoor moet dan wel een waterstofinfrastructuur gerealiseerd worden, dit is bij langere afstanden goedkoper dan transport over de weg. De regionale gasnetten in de provincie Overijssel, waarin momenteel methaan getransporteerd en gedistribueerd wordt, zouden geschikt gemaakt kunnen worden voor waterstof. De afname in vraag naar methaan zorgt voor ruimte in de gasinfrastructuur, maar er dient echter wel rekening gehouden te worden met de vraag naar groen gas.

Door het biomassapotentieel in Overijssel is de verwachting dat het aanbod groen gas zal stijgen. Daartegenover staat een reductie in de vraag naar methaan. Daarnaast zal door hybride warmtepomp en piekvoorzieningen voor warmtenetten juist in de winter een grotere vraag naar groen gas ontstaan. Door de regionale gasnetten verder te koppelen kan de vraag en productie van groen gas in balans worden gehouden. Bij een verdere groei van de

productie van groen gas kunnen momenten ontstaan met te weinig vraag naar methaan en een te groot aanbod. Hierdoor wordt Overijssel op deze momenten een netto exporteur van methaan. Om deze export en levering in de winter mogelijk te maken, zijn op strategische locaties 'boosters' vereist waarmee groen gas van het distributienet naar het transportnet van GTS kan worden gebracht en andersom. In het meest extreme geval zal er gekozen moeten worden voor lokaal dubbel uitvoeren van de gasinfrastructuur, speciale verzorgingsgebieden voor groen gas en waterstof kunnen dit voorkomen. Een ander alternatief is fysiek bijmengen, waardoor overal een mengsel van groen gas en waterstof geleverd wordt. Op dit moment is dat slechts zeer beperkt mogelijk, voor grootschalige bijmenging van waterstof zijn namelijk ook aanpassingen nodig aan de afnemerszijde.

Uit deze studie is gebleken dat de belangrijkste onzekerheden, die van invloed op het Overijsselse energiesysteem zijn, afhangen van keuzes in de ambitie van de regio en mix van duurzaam opgewekte elektriciteit, al dan niet in combinatie met het toepassen van flex-opties. Uiteraard zijn er diverse onzekerheden in de toekomst (o.a. innovatie, economische groei) die de vier geschetste toekomstbeelden sterk kunnen beïnvloeden en die onzekerheid moet ook meegenomen worden bij keuzes voor toekomstige ontwikkelingen. Aanpassingen en uitbreidingen van de infrastructuur zijn echter in alle toekomstbeelden nodig. Het is belangrijk locaties, type technieken en oplossingen voor knelpunten zorgvuldig te kiezen. Hierdoor kan de uitbreiding van de infrastructuur een minder grote opgave worden en kan het energiesysteem gebalanceerd, kosten-efficiënt en realiseerbaar blijven.

## Bijlage 1. Methode

In dit hoofdstuk lichten we de methodiek toe die gebruikt is voor de totstandkoming van de systeemstudie Overijssel. Voor de studie hebben we een aantal stappen doorlopen. De eerste stap behelsde het opstellen van energiescenario's. Deze scenario's waren nodig zodat we de toekomstige vraag en aanbod van energiedragers konden bepalen, wat essentiële input is voor vervolgstappen. Met behulp van deze scenario's hebben we toekomstvoorspellingen gedaan van de ontwikkelingen per sector op buurtniveau. De ontwikkelingen op buurtniveau dienen als input voor de doorrekeningen van de netbeheerders. Participerende netbeheerders in deze systeemverkenning zijn TenneT, Enexis, Gasunie, RENDO en Coteq. Met de doorrekeningen van de netbeheerders hebben we de impact van de scenario's op de huidige energie-infrastructuur geanalyseerd en hebben we knelpunten geïdentificeerd.

Op basis van de doorrekeningen hebben we oplossingen geïdentificeerd waarmee knelpunten mogelijk verholpen zouden kunnen worden. Vervolgens hebben we een aantal geschikte flexibiliteitsoplossingen geselecteerd en toegepast op het scenario Regionale sturing, het meest extreme scenario voor de energie-infrastructuur. Met deze stap hebben we eerste inzichten geboden in het effect van flexibiliteit op de energie-infrastructuur in Overijssel. Alle hiervoor vermelde stappen lichten we hiernavolgend uitgebreid toe.

### B.1.1 Scenario's

Energiescenario's zijn nodig om toekomstbeelden te schetsen. Deze toekomstbeelden geven een schatting van de vraag naar en het aanbod van energiedragers. In deze systeemstudie hebben we hoofdzakelijk elektriciteit, waterstof, methaan (aardgas en groen gas) en warmte (warm water) in beschouwing genomen, omdat deze energiedragers getransporteerd worden door de netten van de netbeheerders en warmtebedrijven. De schatting van het vraag en het aanbod hebben we tevens sectorspecifiek gemaakt, waarbij de volgende sectoren in beschouwing zijn genomen: gebouwde omgeving (huishoudens en utiliteiten), mobiliteit, industrie en landbouw/glastuinbouw. Door deze sectorale verdeling kunnen we eenvoudig duiden waar en waardoor er verschuivingen plaatsvinden in het gebruik van energiedragers. Het is belangrijk om te vermelden dat in géén van alle scenario flexibiliteit is meegenomen.

Voor deze systeemstudie hebben we twee scenario's gemaakt voor 2030 en vier voor 2050. De scenario's op middellange termijn (2030) hebben we gebaseerd op het pad richting de scenario's voor 2050, het concept van regionale energiestrategieën West-Overijssel en Twente en het klimaatakkoord 2030. Voor de scenario's op lange termijn (2050) dienen de landelijke Klimaatneutrale Energiescenario's 2050 als basis.<sup>28</sup>

Alle scenario's hebben we doorgerekend in het Energietransitiemodel (ETM) van Quintel<sup>29</sup>. Het ETM stelt de gebruiker in staat om, uitgaande van de huidige situatie, per toepassing en per verbruikssector in het energiesysteem de wijzigingen in de vraag naar energie te kwantificeren en te relateren aan onderliggende processen zoals bevolkingsgroei, nieuwbouw/sloop van huizen, efficiëntieverbeteringen, toepassing nieuwe technieken, etc. Hiermee ontstaat een samenhangende invulling van de mogelijke energievraag van de provincie Overijssel en RES-regio's in de toekomst, alsook systeemveranderingen waarbij dwarsverbanden tussen energiedragers en functionaliteiten (zoals mobiliteit en ruimteverwarming) automatisch worden meegenomen.

Het ETM kwantificeert voor de energiedragers (elektriciteit, gas en waterstof) op uurbasis hoe de vraag en het aanbod gebalanceerd worden. Deze kwantificering vindt plaats voor de volumes en de totale vermogens van de

<sup>28</sup> Berenschot en Kalavasta (2020). Klimaatneutrale energiescenario's 2050.

<sup>29</sup> <https://energytransitionmodel.com>



diverse energiedragers, aanbod, eindgebruik en conversies in de verschillende scenario's. Het ETM is 'open source' en openbaar beschikbaar. Hierdoor is de uitwerking van de scenario's in deze studie voor iedereen beschikbaar en herleidbaar.

### **B.1.2 Regionalisering**

De uitkomsten van scenario's dienen weer als basis voor de regionalisering. Om de impact van de scenario op de energie-infrastructuur te bepalen willen de netbeheerders hun netten op een zo laag mogelijk niveau doorrekenen. Om dit te kunnen doen, zijn de uitkomsten van de Overijsselse scenario's uit het ETM vertaald naar gemeente- en buurniveau.

Voor de gebouwde omgeving hebben we daarom gekeken naar de bekende transitievisies warmte en hierop hebben we de warmtevraag naar buurniveau vertaald. Daarnaast hebben we met de ETM-warmtemodule een inschatting gemaakt van de logische verdeling van type warmtevoorziening per buurt op basis van type woning, bouwjaar en aanvullende randvoorwaarden per scenario (denk hierbij aan een maximum inzet van hybride warmtepompen). Voor industrie en transport hebben we de regionalisering gedaan in overleg met sectorexperts uit de klankbordgroep.

De regionalisering hebben we voor de hierna resterende (deel-) sectoren uitgevoerd op een gelijksoortige wijze als voor de Klimaatneutrale energiescenario's 2050. Door gebruik te maken van verdeelsleutels hebben we de energetische uitkomsten van het ETM gealloceerd naar buurten. Deze verdeelsleutels hebben we opgesteld uit publiek toegankelijke data. Voor sommige delen van de regionalisering was het slechts mogelijk om op gemeenteniveau een allocatie uit te voeren, omdat de toekenning naar buurten vanuit landelijke data te onzeker zou zijn. Deze regionalisering dient ter input van de netwerkberekening van de netbeheerders.

### **Doorrekening**

De uitkomsten van de regionalisering dienen als input voor de doorrekening door de netbeheerders. De betrokken netbeheerders zijn voorzien van regionaliseringscijfers, waarmee zij de impact van de ontwikkelingen op hun netwerk kunnen bepalen. Enexis en TenneT hebben de doorrekening uitgevoerd voor het elektriciteitsnet in Overijssel. Hierbij heeft Enexis zich gericht op de impact van de scenario's op HS/MS-stations. TenneT heeft zich gericht op zowel stations als lijnen op het hoogspanningsnet.

Gasunie, Rendo en Coteq zijn betrokken geweest bij de doorrekeningen van de gasnetten. Hierbij is gekeken naar het verbruik van methaan en waterstof. Bij methaan heeft men specifiek gekeken naar de afname van aardgas en het toenemende gebruik en productie van groen gas.

De doorrekeningen zijn uitgevoerd door de betreffende netbeheerders zonder tussenkomst van Quintel en Berenschot. De berekening zijn tot stand gekomen door gebruik te maken van reeds bestaande rekenmodellen van de netbeheerders. Voor alle doorrekening geldt dat dit 'kale' doorrekeningen betreffen. Doordat in de scenario's in eerste instantie geen enkele vorm van flexibiliteit is meegenomen.

### **Analyse doorrekening**

De uitkomsten van de netwerk doorrekeningen zijn vervolgens door de netbeheerders opgeleverd aan Berenschot en Quintel. In een aantal digitale sessies zijn de uitkomsten geduid met experts van de netbeheerders. Hierbij is aandacht besteed aan knelpunten die optreden in de scenario's en redenen die hieraan ten grondslag liggen.

### **Mogelijke oplossingen voor Overijssel**

De doorrekeningen en de analyse daarvan laten zien waar de knelpunten in de energie-infrastructuur binnen de provincie Overijssel ontstaan. Doordat dit een 'kale' doorrekening betreft, kunnen flexibiliteit en aanverwante oplossingen uitkomst bieden. Door alle mogelijke oplossingen te inventariseren en deze vervolgens te projecteren op Overijssel hebben we een eerste beeld gevormd van mogelijke oplossingen die de impact op de energie-

infrastructuur zouden kunnen verlagen. In een expertsessie, waarbij verschillende partijen aanwezig waren hebben we gekeken naar welke geïdentificeerde oplossingen toegepast zouden kunnen worden in de provincie Overijssel.

Vervolgens zijn een drietal kansrijke oplossingen toegepast in een tweede berekening van de distributienetten op HS/MS niveau door Enexis. De keuze is gemaakt om alleen een tweede doorrekening inclusief (flexibiliteits-) oplossingen te doen voor het scenario Regionale sturing, omdat dit scenario de meest extreme impact laat zien op de netten. De noodzaak voor flexibiliteit in dit scenario is daarom het hoogst. Een tweede doorrekening inclusief flexibiliteit laat goed zien wat het effect kan zijn van de toepassing van bepaalde (flexibiliteits-) oplossingen op de elektriciteitsinfrastructuur in de provincie Overijssel.

## Bijlage 2. Energietransitiemodel

Tabel 8. Overzicht van projecties en scenario's voor Overijssel, West-Overijssel en Twente en de bijbehorende links naar het ETM.

Regio	Projectie/Scenario	ETM-link
Overijssel	2030 Hoog - Concept regionale energiestrategieën wordt gevolgd	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747440">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747440</a>
	2030 Laag – Concept regionale energiestrategieën worden niet gevolgd.	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/750755">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/750755</a>
	2050: Regionale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747427">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747427</a>
	2050: Nationale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747428">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747428</a>
	2050: Europese CO <sub>2</sub> -sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747429">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747429</a>
	2050: Internationale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747430">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747430</a>
West-Overijssel	2030 Hoog - Concept regionale energiestrategieën wordt gevolgd	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747441">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747441</a>
	2030 Laag – Concept regionale energiestrategie worden niet gevolgd.	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/750756">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/750756</a>
	2050: Regionale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747431">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747431</a>
	2050: Nationale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747432">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747432</a>
	2050: Europese CO <sub>2</sub> -sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747433">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747433</a>
	2050: Internationale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747434">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747434</a>
Twente	2030 Hoog - Concept regionale energiestrategieën wordt gevolgd	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747442">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747442</a>
	2030 Laag – Concept regionale energiestrategie worden niet gevolgd.	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/750757">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/750757</a>
	2050: Regionale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747435">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747435</a>
	2050: Nationale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747436">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747436</a>
	2050: Europese CO <sub>2</sub> -sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747438">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747438</a>
	2050: Internationale sturing	<a href="https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747439">https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/747439</a>

## Bijlage 3. Klimaatneutrale energiescenario's 2050



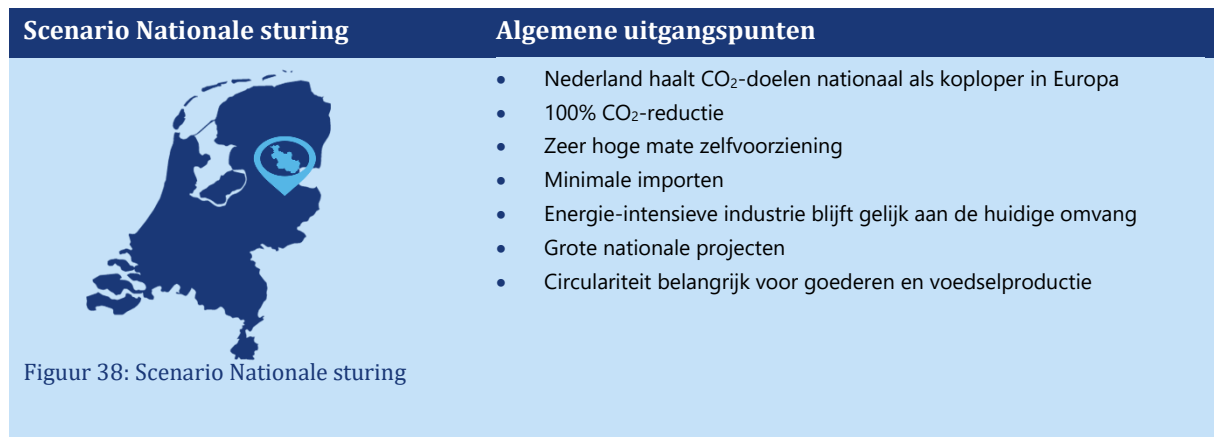
In dit scenario geeft de Nederlandse overheid de sturing van de energietransitie grotendeels aan de lokale en regionale overheidsorganen. De opdracht is om als Nederland volledig te verduurzamen en zelfvoorzienend te worden. Regionale overheden krijgen de middelen en de verantwoordelijkheid om de energietransitie te leiden. De regionale overheden nemen veel initiatieven om het regionale potentieel maximaal te benutten, maar regio's zijn niet noodzakelijk autonoom in hun energievoorziening. Daar waar de activiteiten bij uitstek een nationaal karakter hebben, zoals de industrieclusters en de luchthavens, werken regionale overheden samen met de nationale overheid.

Omdat er veel op lokaal niveau gebeurt, zijn burgers zich bewust van de initiatieven en resultaten van de regionale overheden. Dit werkt vanuit twee kanten. Ten eerste worden bedrijven en burgers actief betrokken bij projecten geïnitieerd door lokale overheidsorganen. Er worden energiecorporaties opgericht, waarin de overheden, bedrijven en burgers nauw samenwerken om duurzame initiatieven op korte termijn te realiseren. Denk hierbij aan zon-pv-oplossingen, collectieve warmtenetten, geothermie en wind op land. Ten tweede worden bedrijven en burgers ondersteund door de decentrale overheid om hun duurzame initiatieven te verwezenlijken. Burgers worden bijgestaan wanneer zij hun huis isoleren en de vrijwillige overgang op elektrisch vervoer wordt vergemakkelijkt, bijvoorbeeld door het faciliteren van een laadinfrastructuur.

Burgers veranderen hun levensstijl waardoor zij meer behoefte hebben aan duurzame producten. 'Consuminderen' is onderdeel van die levensstijl. Dit betekent dat de vraag naar duurzame producten stijgt en de vraag naar traditionele fossiele producten daalt. Op deze manier oefenen de burgers druk uit om de industrie te verduurzamen ('Buyer-power'). De druk vanuit de samenleving en regio's op de nationale overheid om strikte regels op te leggen aan de industrie, wat betreft duurzaamheid en circulariteit, zal toenemen. Op dezelfde wijze wordt ook de kringlooplandbouw een feit. De vraag naar kunstmest verdwijnt hierdoor grotendeels in Nederland. De productie van kunstmest voor de export blijft deels bestaan. Daarnaast zullen fossiele industrieën genoodzaakt zijn over te stappen naar circulaire pyrolyseolie, te sluiten of naar het buitenland te verhuizen. Ook is er in zekere mate sprake van 'vliegschaamte'. Hierdoor krimpt de energie-intensieve industrie in Nederland.

Vanwege de regionale sturing zijn energieprojecten met grote investeringskosten minder voor de hand liggend. Het openbaar vervoer is een sector waar regionale overheden veel zeggenschap over hebben. Dit betekent dat er veel geïnvesteerd wordt in het openbaar vervoer, waardoor het openbaar vervoer op korte termijn volledig geëlektrificeerd zal worden.

Doordat de regionale overheden veel inzetten op het zelfvoorzienend zijn, is opslag in dit scenario op grote schaal aanwezig. Mocht er voor een langere tijd een verlaagd elektriciteitsaanbod zijn, dan wordt dit opgevangen met geproduceerde waterstof (en groen gas), waarvoor reserves zijn aangelegd.



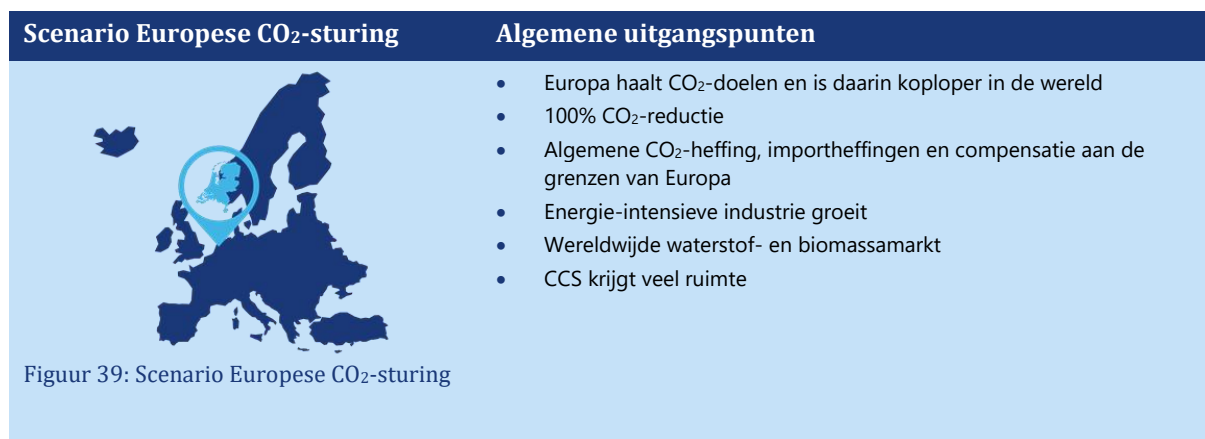
In dit scenario neemt de rijksoverheid het voortouw. De energietransitie wordt hierdoor een taak van het Rijk. Het Rijk streeft in hoge mate naar een zelfvoorzienend, duurzaam en circulair Nederland. Het gevolg hiervan is een reductie van het aantal kleinschalige initiatieven, dat tot stand komt vanuit burgers en bedrijven.

De krachtige sturing vanuit het Rijk zorgt voor een duidelijke transitie richting een autonome energievoorziening. Door een duidelijke klimaatneutrale visie tot 2050 komen grootschalige projecten tot stand waar het Rijk de risico's afdekt. Hierdoor zullen projecten met hoge aanloopkosten tot stand komen. Grootschalige wind op zee, al dan niet met energiehubs, in de Noordzeeregio is één van de streefpunten in dit scenario om zelfvoorzienend te kunnen zijn. Daarnaast zal het Rijk sturen op projecten die indirect gemoeid zijn met de energietransitie, zoals de overgang naar elektrisch personenvervoer en een landelijke waterstofinfrastructuur met tankpunten om waterstofaangedreven vrachtovervoer tot stand te brengen.

Het uiteindelijke doel om autonoom te zijn in hernieuwbare energieopwekking heeft grote gevolgen voor het ruimtelijke beleid van regionale overheden. Doordat het Rijk de touwtjes in handen heeft, kan het Rijk beslissingen nemen, die lokaal veel impact kunnen hebben op de burgers en industrie. De bouw van grootschalige windparken op zee, windparken op land en zonneweides zijn voorbeelden van maatregelen die ruimtelijk veel impact kunnen hebben.

Door de industrie te verplichten tot elektrificatie en circulariteit en het werken met hernieuwbare grondstoffen, met daarnaast ondersteuning door middel van subsidies voor verduurzaming, stuurt het Rijk de industrie, maar dekt het Rijk ook gedeeltelijk de risico's af. Hierdoor wordt de industrie vanuit met beloning en bestraffing meegenomen in de energietransitie. De industrie groeit in omvang nauwelijks.

Onbalans in het energieaanbod wordt in dit scenario ook opgevangen door nationale opslag onder andere door middel van waterstof.



In dit scenario laat de nationale overheid veel vrijheden toe over hoe de energievoorziening er in 2050 uit zou moeten zien. In Europees verband wordt er wel een algemene CO<sub>2</sub>-belasting ingevoerd. Deze belasting geldt voor alle sectoren en gaat dus verder dan het huidige ETS, dat alleen voor de energie-intensieve industrie en elektriciteitsproducenten geldt. Deze CO<sub>2</sub>-heffing neemt progressief toe richting 2050, waardoor CO<sub>2</sub>-emitterende producten en processen steeds onaantrekkelijker worden en uiteindelijk verdwijnen. De snelheid van de energietransitie is daardoor direct gecorreleerd met de toename van de CO<sub>2</sub>-belasting en de beschikbaarheid en prijs van hernieuwbare alternatieven.

Maatregelen vinden daar in Europa plaats waar dat het meeste nut heeft en de businesscase het meest gunstig is. Europa ondersteunt de eigen industrieën en de onderlinge solidariteit tussen landen is hoog. Daardoor wordt de pentalaterale elektriciteitsmarkt versterkt. Nederland zal energie importeren uit het buitenland, met een voorkeur voor duurzame energie van Europese oorsprong.

Projecten en initiatieven zullen alleen tot stand komen wanneer dit onderbouwd kan worden door een positieve businesscase. Met andere woorden, alleen wanneer een duurzaam alternatief voordeliger is dan de huidige aanpak, zal dit alternatief verkozen worden boven de huidige aanpak. Hoewel de klimaatkosten meegenomen worden in investeringsbeslissingen, wordt dus niet altijd een CO<sub>2</sub>-neutrale techniek verkozen. Alle energieoplossingen die op enig moment nog een onrendabele top lijken te hebben, ook na de CO<sub>2</sub>-beprijzing, vallen daardoor af. Dit zal ertoe leiden dat er in de nabije toekomst ook hybride technologieën en CCS toegepast zullen worden, daar waar deze techniek relatief goedkoop is en kan schakelen tussen meerdere energiedragers. Hybride technologieën zijn daarom minder gevoelig voor prijsstijgingen van zowel fossiele als hernieuwbare energiedragers.

Ook voor het vervoer betekent dit dat de goedkoopste opties worden gebruikt. In de eerste jaren als de CO<sub>2</sub>-taks nog laag is, zal er nog veel gebruik worden gemaakt van fossiele brandstoffen. Maar naarmate deze taks omhoog gaat, zal elektrisch vervoer en vervoer met waterstof als brandstof aantrekkelijker worden en zal dit vervoer de markt overnemen.

Om te voorkomen dat de concurrentiepositie van de Europese industrie verslechtert ten opzichte van de rest van de wereld als gevolg van de CO<sub>2</sub>-belasting, worden de opbrengsten van de CO<sub>2</sub>-belasting gecompenseerd aan de grens van de EU. Ook wordt de opbrengst van de CO<sub>2</sub>-belasting teruggegeven aan de betrokken sectoren. In de industrie gebeurt dit door duurzame processen, feedstock en circulariteit te subsidiëren. De industrie groeit in dit scenario gestaag.

In dit scenario zal er tot aan 2050 gebruik worden gemaakt van gas met CCS, aangezien er wordt aangenomen dat dit goedkoper is dan veel alternatieve technologieën. Een ander deel van de installaties die op gas draaien, zullen uiteindelijk overgaan op groen gas (mogelijk geïmporteerd). Dit zal ook als back-up worden gebruikt als er op korte of langere termijn problemen zijn met de energievoorziening.



Dit scenario gaat uit van een volledig open internationale markt op mondiaal niveau, waarbij er tevens op mondiaal niveau een krachtig klimaatbeleid wordt gevoerd. Dit betekent dat er geen invoertarieven, quota's of andere maatregelen binnen of buiten Europa van kracht zijn die de handel kunnen belemmeren. Nederland is niet zelfvoorzienend, waardoor het afhankelijk is van import. Ook zal er in dit scenario sprake zijn van sterke internationale samenwerkingen. Het resultaat hiervan is een geavanceerde internationale infrastructuur (binnen Europa) voor de uitwisseling van energiedragers (waterstof, biomassa, biobrandstof). Om leveringszekerheid hierin te kunnen garanderen zal het Rijk zich richten op het onderhouden van internationale handelsrelaties. Daarnaast krijgt Nederland state-of-the-art infrastructures met strategische reserves om het transport en de opslag van verschillende hernieuwbare energiedragers in zeer grote volumes mogelijk te maken.

Nederland focust zich op zijn kennis-economie, zodat de technieken die hier ontwikkeld worden in het buitenland ingezet kunnen worden. Hierdoor behoudt Nederland zijn (goede) concurrentiepositie, waardoor het als marktleider kennis exporteert en hernieuwbare energiedragers op grote schaal importeert. Op technologisch strategische locaties wereldwijd wordt hierdoor hernieuwbare energie grootschalig opgewekt. Binnen Nederland betekent dit dat er vooral wind op zee gerealiseerd zal worden, omdat deze vorm van energie vanwege de gunstige omstandigheden op de Noordzee internationaal kan concurreren op prijs. Buiten Nederland resulteert dit bijvoorbeeld in grootschalige zonneweides en/of biomassa-productie in dunbevolkt gebied.

Burgers en bedrijven zullen zich vanwege het internationale karakter met name richten op het ontwikkelen van nieuwe technologieën, omdat het aanbod van fossiele energie sterk gereduceerd wordt. Prijstechnisch worden hernieuwbare energiedragers vanwege grote volumes steeds interessanter richting 2050. In de nabije toekomst zal het aanbod traag toenemen, maar naarmate er mondiaal meer overeenstemming is bereikt en grootschalige projecten zijn gerealiseerd, neemt dit volume exponentieel toe. Import zorgt voor een grote diversiteit aan energiedragers, wat is terug te zien in zowel het personen- als vrachtovervoer. Hoewel elektrisch vervoer dominant is, zal er ook gebruik gemaakt worden van waterstof, biogas en biobrandstoffen.

De groeiende industrie zal zich in eerste instantie focussen op aardgas + CCS vanwege prijstechnische overwegingen (laagste CAPEX en OPEX). Later wordt hier ook waterstof aan toegevoegd, wanneer dit in grote hoeveelheden voorhanden is. De huidige fossiele feedstock zal in veel industrieën blijven bestaan.

## Bijlage 4. Specifieke invulling provincie Overijssel

Tabel 9. Samenvatting van parameters per scenario

	2030 (hoog/laag)	Regionale sturing	Nationale sturing	Europese CO <sub>2</sub> - sturing	Internationale sturing
Gebouwde omgeving	Isolatie label C 58% cv-ketel 10% warmtenet 18% hybride WP groengas 13% all-electric 1% biomassa 1,0 GW kleinschalig zon-PV op daken	Isolatie label A/B 22% warmtenet (restwarmte) 8% LT-warmtenet 32% hybride WP groengas 38% all-electric 4,8 GW kleinschalig zon-PV op daken LED-verlichting, inductiekoken, efficiëntie-verbetering apparaten, groei aantal apparaten	Isolatie label A 14% warmtenet (restwarmte) 20% hybride WP groengas 66% all-electric 3,9 GW kleinschalig zon-PV op daken LED-verlichting, inductiekoken, efficiëntie-verbetering, apparaten, groei aantal apparaten	Isolatie label B 6% warmtenet (restwarmte) 57% hybride WP groengas 36% all-electric 1,9 GW kleinschalig zon-PV op daken LED-verlichting, inductiekoken, efficiëntie-verbetering, apparaten, groei aantal apparaten	Isolatie label B 6% warmtenet (restwarmte) 57% hybride WP waterstof 36% all-electric 1,5 GW kleinschalig zon-PV op daken LED-verlichting, inductiekoken, efficiëntie-verbetering, apparaten, groei aantal apparaten
Mobiliteit	Personenvervoer: 24% elektrisch, 4% waterstof 72% fossiel Vrachtovervoer: 91% fossiel 6% waterstof 3% elektrisch	Personenvervoer: 100% elektrisch Vrachtovervoer: 75% elektrisch, 15% waterstof, 10% groengas	Personenvervoer: 95% elektrisch, 5% waterstof Vrachtovervoer: 50% waterstof, 25% elektrisch, 25% biobrandstof	Personenvervoer: 70% elektrisch, 30% waterstof Vrachtovervoer: 25% elektrisch, 25% waterstof, 25% groengas, 25% biobrandstof	Personenvervoer: 50% elektrisch, 40% waterstof, 10% biobrandstof Vrachtovervoer: 50% biobrandstof, 25% waterstof, 25% elektrisch
Industrie	Krimp 1% per jaar Efficiency 1% per jaar Geen grote aanpassingen in technologie	Krimp 1% per jaar Efficiency 1% per jaar Sterke elektrificatie, aangevuld met groen gas Extra gebruik restwarmte afvalcentrale	Gelijk aan huidig Efficiency 1% per jaar Sterke elektrificatie, aangevuld met groen gas	Groei 1% per jaar Efficiency 1% per jaar Elektrificatie en inzet van waterstof	Groei 1% per jaar Efficiency 1% per jaar Elektrificatie en inzet van waterstof en (in mindere mate) pyrolyse-olie.
Landbouw	Combinatie van gas en geothermie (glastuinbouw (Koekoekspolder))	Geothermie in glastuinbouw (Koekoekspolder) biomassa en -gas bij veeteelt	Geothermie in glastuinbouw (Koekoekspolder) biomassa en -gas bij veeteelt	Geothermie in glastuinbouw (Koekoekspolder) biomassa en -gas bij veeteelt	Geothermie in glastuinbouw (Koekoekspolder) biomassa en -gas bij veeteelt



	2030 (hoog/laag)	Regionale sturing	Nationale sturing	Europese CO <sub>2</sub> - sturing	Internationale sturing
Elektriciteit	Hoog: 1,9 GW grootschalig zon 0,5 GW wind op land  Laag: 0,8 GW grootschalig zon 0,2 GW wind op land	5,9 GW grootschalig zon 1,3 GW wind op land	5,1 GW grootschalig zon 1,1 GW wind op land	3,0 GW grootschalig zon 0,5 GW wind op land	3,0 GW grootschalig zon 0,5 GW wind op land
Biomassa	-	Regionaal beschikbare biomassa	Regionaal beschikbare biomassa	Regionaal beschikbare biomassa aangevuld met import	Regionaal beschikbare biomassa aangevuld met import

De landelijke scenario's zijn geprojecteerd op Overijssel en aangepast op basis van lokale informatie. Hieronder zijn de overwegingen per sector uitgelicht.

#### B.4.1 Gebouwde omgeving

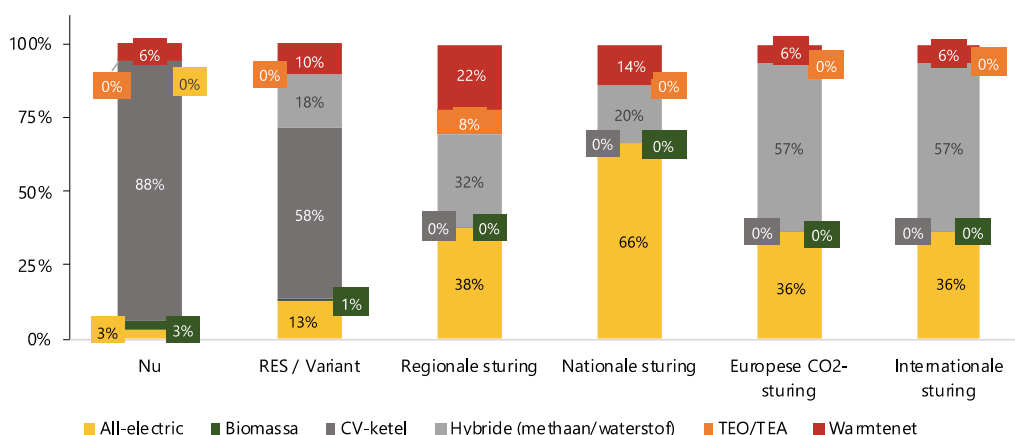
De hoofdlijnen van de scenario's zijn gebaseerd op de Klimaatneutrale Energiescenario's 2050. Vanwege een lagere woningdichtheid en mindere beschikbaarheid van warmtebronnen spelen in alle scenario's voor de provincie Overijssel warmtenetten een kleinere rol dan in de landelijke scenario's. In het scenario Regionale sturing zijn na discussie met lokale experts lage-temperatuur warmtenetten op basis van thermische energie uit oppervlakte- en/of afvalwater toegevoegd. In scenario Internationale sturing zijn alle hybridewarmtepompen in de gebouwde omgeving gestookt met waterstof. In de andere scenario's geschied dit door middel van groen gas.

**Transitieviesies Warmte (TvW)** – In de provincie Overijssel zijn al voor meerdere gemeentes concept-TvW's beschikbaar. Deze verschillen in status en detailniveau. De concept-TvW's zijn als input gebruikt voor de scenario's. In alle scenario's zijn buurten 'vastgezet' op basis van de informatie van de concept-TvW. In scenario Regionale sturing zijn dit de meeste buurten (155). In dit scenario hebben we buurten geïdentificeerd die kansrijk zijn voor lage-temperatuur warmtenetten op basis van thermische energie uit oppervlakte- en/of afvalwater. In de andere scenario's is voor circa honderd buurten de technologie, genoemd in de TvW's, overgenomen.

**ETM-module Warmte** – Om de invulling van de warmtevraag in de gebouwde omgeving voor alle scenario's te complementeren is de ETM-module Warmte ingezet. Deze module bepaalt op basis van de woningvoorraad, enkele buurtkarakteristieken en de beschikbaarheid van warmtebronnen op CBS-buurniveau, een voorkeurstechologie en energiegebruik voor ruimteverwarming. Het isolatieniveau is op buurniveau aangepast aan de warmtetechnologie.

**Warmtebronnen en hernieuwbaar gas** – De basisvoeding van de warmtenetten is restwarmte uit de industrie (Nouryon) en afvalcentrale (Twence). De piekketels voor warmtenetten maken gebruik van groen gas en in scenario Internationale sturing van waterstof. De beschikbaarheid van hernieuwbaar gas voor de gebouwde omgeving is gebaseerd op de totale provinciale beschikbaarheid van hernieuwbaar gas per scenario (zie B.4.5) met aftrek van verbruik in andere sectoren.

**Overig** – De totale vraag naar koude is overgenomen uit de landelijke scenario's. Hoe deze wordt ingevuld (met warmtepomp of airconditioning is per buurt en scenario afhankelijk van warmtetechnologie). De bevolkingsomvang is gebaseerd op CBS-prognoses. De overige energievraag (apparaten, koken, verlichting en gedrag) is overgenomen uit de landelijke scenario's. Ook benutting van potentieel voor zon-pv en zonthermie op dak zijn overgenomen uit de landelijke scenario's. Figuur 41 geeft de verdeling van technologieën voor warmte van de verschillende scenario's weer.



Figuur 41. Verdeling warmtetechnologieën in de scenario's

## B.4.2 Mobiliteit

De ontwikkelingen in de mobiliteitssector volgen de landelijke scenario's. Voor laadprofielen van elektrische auto's is een combinatie van het 'regulier laden'- en het 'slim laden'-profiel van ELaad<sup>30</sup> gebruikt. De verdeling tussen deze twee profielen volgt uit de achterliggende studie waarin laadsessies in circa 70% van de gevallen 'slim' en 30% van de gevallen 'regulier' is.

## B.4.3 Industrie

Voor deze studie is de huidige situatie van de grote bedrijven gedetailleerd in kaart gebracht. Technologie-aannames zijn in overleg met lokale experts gespecificeerd. Water & Energy Solutions heeft een voorzet gedaan voor mogelijke technologische ontwikkelingen. De invulling van de scenario's is getoetst met de klankbordgroep en specifiek met het cluster industrie van Nieuwe Energie Overijssel (NEO).

**Huidige situatie** - Water & Energy Solutions heeft het huidige energieverbruik van de twintig grootste industriebedrijven in Overijssel in kaart gebracht. Deze bedrijven vertegenwoordigen ongeveer 55% van het totale energieverbruik van de industriële sector in Overijssel. Deze data geven een accurater beeld dan de publieke data. Deze data zijn zo geaggregeerd dat geen bedrijfsgevoelige informatie te herleiden is.

**Groei en krimp** - De industrie in Overijssel bestaat vooral uit chemische industrie, voedsel en overig. De groei- en krimpercentages zijn overgenomen uit de landelijke scenario's. Omdat in Overijssel relatief veel familiebedrijven zijn gevestigd en de industrie locatiegebonden is, hebben we overwogen om deze groei en krimp te matigen. De wens om de hoek van het speelveld op te zoeken, heeft er echter toe geleid om voor groei en krimp van de industrie toch aan te sluiten bij de landelijke scenario's.

**Technologieën elektrificatie** - De industrie in de provincie Overijssel gebruikt een relatief lage temperatuur. Hierdoor is technisch gezien elektrificatie mogelijk in de hele sector. Dit geeft de mogelijkheid om in de scenario's

<sup>30</sup> Deze profielen horen respectievelijk bij type laadsessie Regulier dan wel Slim Laden van de studie [Impact of Smart Charging on EVs Charging Behaviour Assessed from Real Charging Events](#) van ELaad and Jedlix hoort. Deze studie analyseert 10.000 laadsessies van 140 automobilisten.

technieken die in Overijssel niet mogelijk zijn of niet voor de hand liggen (denk aan kleine hoeveelheden waterstof in een scenario waarin verder geen gebruik wordt gemaakt van waterstof of van een warmtenet voor de papier- of voedselsector) in te vullen met elektriciteit.

**Technologieën restwarmte** - Restwarmte (van Twence) speelt met name een rol in de chemiesector in Twente. In alle scenario's is het relatieve huidige gebruik van restwarmte (restwarmte ten opzichte van totaal energieverbruik) als minimum aangehouden. In het scenario Regionale sturing is het relatieve verbruik van restwarmte in de industrie anderhalf keer groter dan nu. Op basis van de landelijke scenario's speelt restwarmte voor warmtevoorziening in de industrie een grotere rol dan uit regionale gegevens mogelijk is gebleken. Deze restwarmte is in de scenario's voor de systeemstudie vervangen door een mix van elektrische ketels en hernieuwbaar methaan in de scenario's Regionale sturing en Nationale sturing, en door een mix van waterstof en elektrische ketels (in scenario's voor de Europese CO<sub>2</sub>-sturing) én een mix van waterstof, elektrische ketels en (pyrolyse)olie (scenario's Internationale sturing).

**Technologieën waterstof** - Waterstof speelt in de industriesector alleen een rol in de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing. Omdat de industriesector relatief kleinschalig is in Overijssel leek het niet voor de hand te liggen in alle scenario's uit te gaan van een waterstofinfrastructuur ten behoeve van de industrie. Gebaseerd op de landelijke scenario's zou ook in de scenario's Regionale en Nationale sturing een klein aandeel ingeruimd zijn voor waterstof. Deze kleine hoeveelheid waterstof hebben we in die scenario's vervangen door een mix van extra hernieuwbaar methaan, warmtenetten (voor de chemiesector in Overijssel kunnen deze een grotere rol kan spelen dan landelijk) en elektriciteit.

**Landbouw en glastuinbouw** - De energievraag in de landbouwsector in de provincie Overijssel komt, naast de glastuinbouw in West-Overijssel (Koekoekspolder), voornamelijk voort uit veeteelt.

**Veeteelt** – De warmtevraagbeperking is voor de veeteelt iets gematigder dan in de glastuinbouw. De warmtevraag van de veeteelt wordt in 2050 ingevuld met biomassa en groen gas (c.q. biogas).

**Glastuinbouw** – De warmtevraag van het cluster bij de Koekoekspolder wordt in de scenario's voor 2030 gedeeltelijk en in die voor 2050 geheel ingevuld door geothermie.

#### B.4.4 Elektriciteit

In de basis is in de scenario's de opgave van de landelijke scenario's toegekend aan de provincie Overijssel op basis van potentie<sup>31</sup>. Echter, Overijssel heeft relatief gezien lage vollasturen voor windmolens. Hierdoor is het plaatsen van windmolens in de provincie Overijssel minder rendabel dan in andere gebieden in Nederland. Daarom hebben we voor de opgave van wind, een vermindering van 20% toegepast voor de scenario's Nationale sturing, Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing. De visuele weergave van opgesteld vermogen en productie staat vermeld in paragraaf 3.3.1 .

**2030 Klimaatakkoord, wind en zon** – In dit scenario is direct aangesloten bij de Concept-RESsen. Voor West-Overijssel is in overleg scenario A gebruikt, voor Twente scenario 3.

**2030 Variant, wind en zon** – Het opgesteld vermogen van zon en wind in dit scenario is opgesteld door terug te redeneren vanuit het scenario voor 2050 met het laagste opgesteld vermogen, scenario Internationale sturing. Dit wordt geïllustreerd door figuur 2.

**Regionale sturing, wind** - De opgave van de landelijke scenario's wordt verdeeld aan de hand van energiepotentie. In de energiepotentie is al verwerkt dat in de provincie Overijssel minder vollasturen zijn dan in de andere delen

---

<sup>31</sup> Hier is de potentie van de analysekaarten van NP-RES (versie oktober 2019) gebruikt.

van Nederland. We gaan er in dit scenario vanuit dat regio's opgeroepen worden een bijdrage te leveren op basis van potentie.

**Regionale sturing, zon** - De opgave van de landelijke scenario's wordt verdeeld aan de hand van energiepotentie. Gekeken is naar een verdeling op basis van eigen verbruik. Maar omdat in dit scenario vrijwel alle zonpotentie benut moet worden, is het geen optie dat sommige regio's relatief minder doen dan anderen.

**Nationale, Europese CO<sub>2</sub>- en Internationale sturing, wind** - De opgave van de landelijke scenario's wordt verdeeld aan de hand van energiepotentie en met 20% verminderd voor Overijssel. Dit omdat vollasturen in Overijssel lager zijn en het daardoor economisch minder rendabel is windmolens in Overijssel te plaatsen dan in andere delen van Nederland.

**Nationale, Europese CO<sub>2</sub>- en Internationale sturing, zon** - De opgave van de nationale scenario's wordt verdeeld aan de hand van energiepotentie. Er is overwogen om in het scenario Nationaal wat extra zon in Overijssel te plaatsen om te compenseren voor het lagere aantal vollasturen van wind op land in Overijssel. Omdat er (tijdelijk) al veel overproductie is in Overijssel is dit niet doorgevoerd.

**Vollasturen** – De vollasturen volgen de waarden die het Nationaal Programma RES in haar potentiekaarten aangeeft voor de RES-regio's in Overijssel. Vollasturen voor zon (950 uur per jaar) zijn gebaseerd op de analysekaarten van NP-RES<sup>32</sup>. De vollasturen voor wind op land (2420 uur per jaar) op het eindadvies basisbedragen SDE+ 2019 van RVO<sup>33</sup>.

**Locatie** – Voor de verdeling van aanbod over onderstations is dezelfde koppeling tussen gemeenten en onderstations gebruikt als in de doorrekening van de RESsen.

**Mogelijke andere verdeelsleutels** - We hebben de opgave voor opwek nu verdeeld aan de hand van potentie. Daarmee komt ongeveer 5% van de landelijke windproductie en ongeveer 10% van de landelijke zonproductie uit grootschalig zon-pv uit Overijssel. Een andere mogelijke verdeling is vastgesteld op basis van elektriciteitsverbruik. In de scenario's vertegenwoordigt Overijssel ongeveer 4,5 % van het landelijke elektriciteitsverbruik. Details van beide verdelingen staan in Tabel 10. Deze verdeelsleutel op basis van verbruik is niet gebruikt omdat deze in regio's met groot verbruik en weinig potentie tot een onrealistische opgave leidt. Wel is de vergelijking tussen beide verdeelsleutels interessant omdat deze mogelijk onderdeel zijn van onderhandeling tussen regio's.

Tabel 10. elektriciteitsverbruik en -opwek in Overijssel als percentage van het totale landelijk verbruik en de totale landelijke opwek per scenario.

	Regionale sturing	Nationale sturing	Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Internationale sturing
Elektriciteitsverbruik	4,7%	4,9%	4,6%	4,3%
Potentie grootschalig zon-pv	9,5%	9,5%	9,5%	9,5%
Potentie wind	5,5%	4,5%	4,5%	4,5%

<sup>32</sup> <https://www.regionale-energiestrategie.nl/ondersteuning/analysekaarten+np+res/default.aspx>

<sup>33</sup> <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/01/Eindadvies%20basisbedragen%20SDE%202019.pdf>

### B.4.5 Aardgas en groengas

De potentie van biomassa is om twee redenen relevant. In de eerste plaats geeft dit aan hoeveel biomassa ingezet kan worden in de scenario's. In de tweede plaats geeft het aan hoeveel biogas lokaal ingevoed kan worden in de scenario's.

Een deel van het gas wordt ingezet als biogas. Dat is wat efficiënter dan wanneer het opgewaardeerd wordt tot groengas. Dit is met name in het scenario Regionale sturing relevant. Want in dit scenario is het aannemelijk dat biomassa lokaal wordt verwerkt. We hebben echter geen correctie voor de hogere efficiëntie van inzet van gasvormige biomassa aangebracht, want dit wordt gecompenseerd door lagere potentie van gasvormige biomassa door waarschijnlijke extra krimp van de veestapel in dit scenario.

**Regionale en Nationale sturing** - De basis voor de beschikbaarheid van biomassa op landelijk niveau is de inschatting van PBL<sup>34</sup>. Deze inschatting stelt dat er in totaal 248 PJ biomassa beschikbaar is. Dit hebben we in het scenario Regionale sturing op basis van gemeentelijke potentiedata van TNO<sup>35</sup> geregionaliseerd naar de provincie Overijssel en opgesplitst in natte, droge en vloeibare biomassa. In het scenario Nationale sturing is de landelijke potentie verdeeld aan de hand van het huidige verbruik.

**Europese CO2- en Internationale sturing** – Naast landelijke potentie wordt in deze scenario's ook biomassa geïmporteerd. De totale landelijke beschikbare biomassa is gebaseerd op het biomassaverbruik in de landelijke scenario's. Het deel van de landelijke biomassa dat voor Overijssel beschikbaar is, hebben we bepaald op basis van huidig energieverbruik.

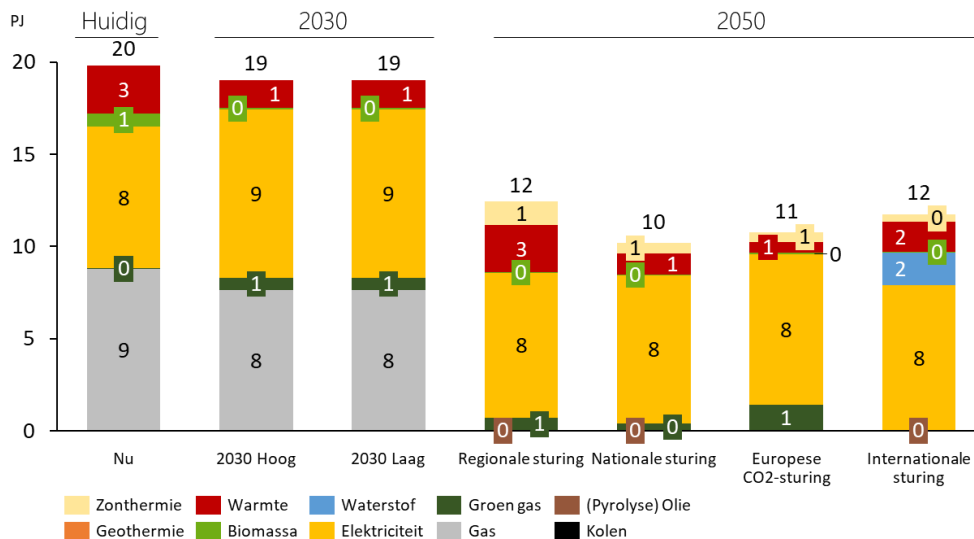
---

<sup>34</sup> <https://refman.energytransitionmodel.com/publications/2111>

<sup>35</sup> <https://docs.energytransitionmodel.com/main/biomass/> en <https://refman.energytransitionmodel.com/publications/2100>

## Bijlage 5. Uitwerking scenario's finale energievraag per sector

### B.5.1 Gebouwde omgeving



Figuur 42. Finale energievraag utiliteiten

In deze paragraaf wordt dieper ingegaan op de ontwikkeling van de vraag naar energiedragers in de gebouwde omgeving. De gebouwde omgeving is bestaat uit utiliteiten en huishoudens. Alle gebouwen zonder woonbestemming vallen onder de eerste genoemde categorie. Alle gebouwen met een woningbestemming vallen onder de laatste categorie. De totale energievraag van de gebouwde omgeving is nu circa 48 PJ in de provincie Overijssel. Ten opzichte van huidige situatie zullen er incrementele veranderingen plaatsvinden richting 2030. Echter, in de periode tussen 2030 en 2050 gaat de gebouwde omgeving een grote transformatie doormaken. Dit geldt zowel voor utiliteiten als voor huishoudens.

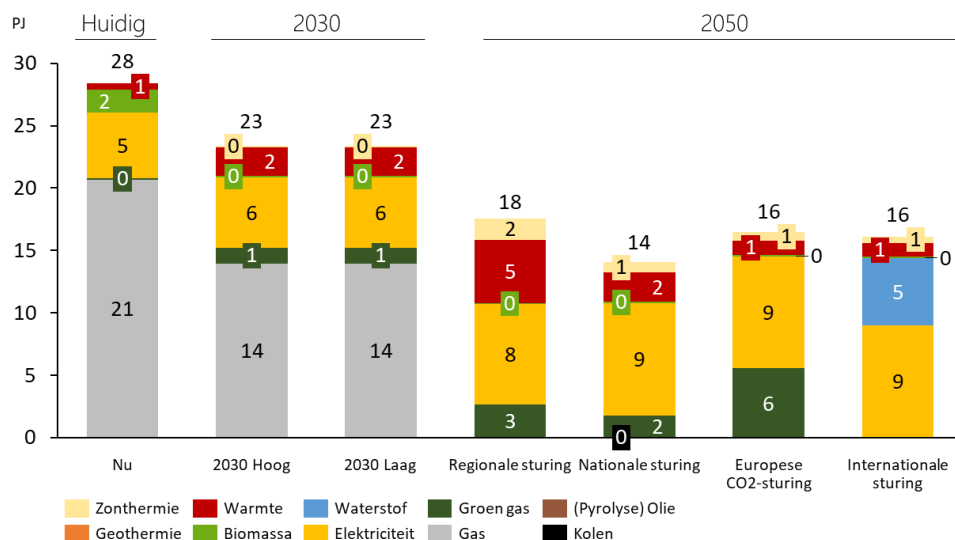
Figuur 42 geeft de energievraag van utiliteiten weer in alle scenario's. De huidige vraag bestaat voornamelijk uit aardgas en elektriciteit. Aardgas wordt gebruikt voor ruimteverwarming, terwijl elektriciteit met name gevraagd wordt voor apparatuur aanwezig in de utiliteiten. Ten opzichte van nu verandert er weinig in 2030, maar in de periode naar 2050 vinden er grote veranderingen plaats. De warmtevraag wordt gereduceerd, de warmtebron wordt hernieuwbaar en de elektrische apparaten worden zuiniger.

In het scenario Regionale sturing wordt de warmtevraag gereduceerd door alle utiliteiten te isoleren naar een gemiddeld label A/B. De nog resterende warmtevraag wordt grotendeels voorzien door warmtepompen in combinatie met een WKO of hybridewarmtepompen op groen gas. Ook zal een gedeelte van de utiliteiten aangesloten worden op een warmtenet. Door al deze maatregelen valt de vraag naar aardgas compleet weg. De vraag naar elektriciteit blijft wel bestaan, doordat de warmtevraag deels wordt ingevuld door technologieën die elektriciteit vragen.

In het scenario Nationale sturing is de warmtevraag het laagst doordat utiliteiten naar gemiddeld label A worden geïsoleerd. Vrijwel alle utiliteiten worden voorzien van warmte middels een warmtepomp met WKO. Warmte in de resterende utiliteiten is afkomstig van een warmtenet.

Alle utiliteiten in het scenario Europese CO2-sturing worden geïsoleerd naar label B. Ook in dit scenario wordt de vraag om warmte voornamelijk ingevuld door warmtepompen met WKO's. Wel wordt in dit scenario een gedeelte van de utiliteiten voorzien van warmte door een hybridewarmtepomp op groen gas of het warmtenet.

Alle utiliteiten in het scenario Internationale sturing worden geïsoleerd naar label B. In dit scenario wordt een groot deel van de ruimteverwarming geleverd door hybridewarmtepompen op waterstof. Ook wordt een groot deel van de ruimteverwarming voorzien door all-electric warmtepompen.



Figuur 43. Finale energievraag huishoudens

Figuur 43 geeft de vraag naar energiedragers van huishoudens weer. De huidige vraag bestaat voornamelijk uit aardgas ten behoeve van ruimteverwarming. Daarnaast wordt vraag naar elektriciteit veroorzaakt door elektrische apparaten. Richting 2030 reduceert de warmtevraag, omdat een gedeelte van de huishoudens wordt geïsoleerd. Het gemiddelde isolatielabel stijgt van D naar C. Een klein deel van de huishoudens zal de overstap maken naar andere warmtebronnen, waardoor de vraag naar warmte en elektriciteit toeneemt. Richting 2050 vinden de grootste veranderingen plaats.

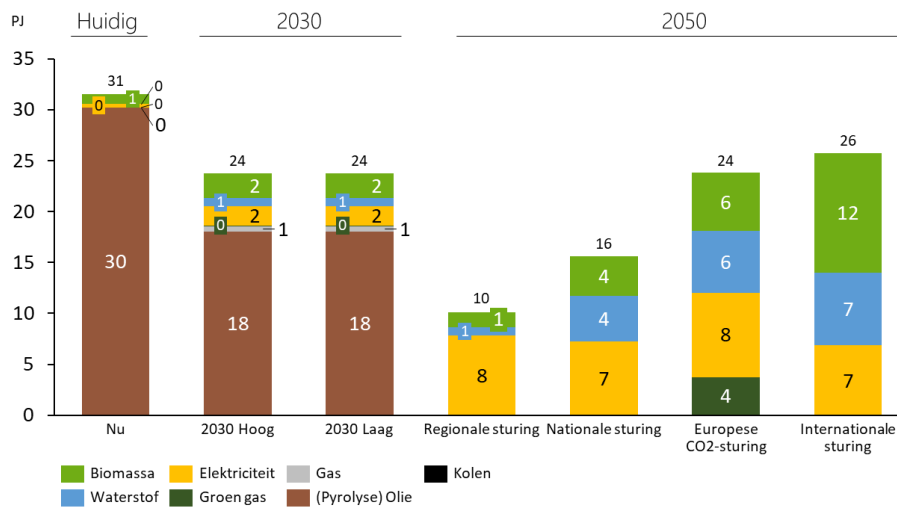
De warmtevraag in het scenario Regionale sturing reduceert als gevolg van een isolatie naar gemiddeld label A/B. Ook valt de vraag naar aardgas weg, omdat ingezet wordt op hernieuwbare warmtebronnen. In de huishoudens worden grotendeels dezelfde technologieën gebruikt als in de utiliteiten. Voor het scenario Regionale sturing betekent dit dat er zoveel mogelijk ingezet wordt op warmtenetten. Aangezien Overijssel een relatief kleine woningdichtheid heeft, zullen huishoudens die niet aangesloten kunnen worden op een warmtenet verwarmd worden door warmtepompen en hybridewarmtepompen op groen gas.

Huishoudens in het scenario Nationale sturing hebben een gemiddeld isolatielabel A. Hierdoor kan in het overgrote deel van de huishoudens een warmtepomp toegepast worden. Huishoudens waar dit geen mogelijkheid is, zullen verwarmd worden door een hybridewarmtepomp op groengas of waar mogelijk een warmtenet.

In het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing worden huishoudens voornamelijk verwarmd door warmtepompen of hybridewarmtepompen op groen gas. Een klein gedeelte van de huishoudens is aangesloten op een warmtenet. Evenals de utiliteiten hebben de huishoudens een gemiddeld isolatielabel B.

Voor huishoudens in het scenario Internationale sturing geldt vrijwel hetzelfde als voor huishoudens in het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing met uitzondering van de energiedrager van hybridewarmtepompen. In het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing worden hybridewarmtepompen gevoed door groen gas. In het scenario Internationale sturing is dit waterstof.

## B.5.2 Mobiliteit



Figuur 44. Finale energievraag mobiliteitssector

Onder de mobiliteitssector vallen in Overijssel het passagiers- en vrachtvervoer. In de huidige situatie gebruikt vrijwel de gehele mobiliteitssector aardoliederivaten, voornamelijk benzine en diesel. Een klein percentage biobrandstoffen wordt toegevoegd aan deze aardoliederivaten. Richting 2030 verandert dit. Het gebruik van aardoliederivaten halveert bijna, omdat auto's efficiënter worden en aandrijving deels elektrisch zal geschieden. De verschuiving van fossiele brandstoffen naar elektriciteit zorgt zowel voor een andere energiemix als voor een verlaging van de finale energievraag van de mobiliteitssector, omdat elektrische aandrijvingen efficiënter zijn dan verbrandingsmotoren. De finale energievraag in 2030 daalt hierdoor naar 24 PJ. Richting 2050 zet deze trend zich door, zie Figuur 44. Fossiele brandstoffen zullen in 2050 niet meer gebruikt worden in Overijssel.

In het scenario Regionale sturing zal de mobiliteitssector voornamelijk elektriciteit verbruiken. Dit is een gevolg van een grote transitie die is doorgemaakt binnen het passagiersvervoer. Vrijwel alle vormen van passagiersvervoer binnen de provincie Overijssel maken gebruik van elektriciteit. Voor het zwaardere transport wordt ook grotendeels ingezet op elektriciteit en zal waar nodig waterstof of een biobrandstof worden ingezet. De lage finale energievraag van 10 PJ ten opzichte van de andere 2050 scenario's is een gevolg van een vermindering in het aantal vervoerskilometers ten opzichte van de huidige situatie<sup>36</sup>. Dit geldt voor het passagiers- en vrachtvervoer.

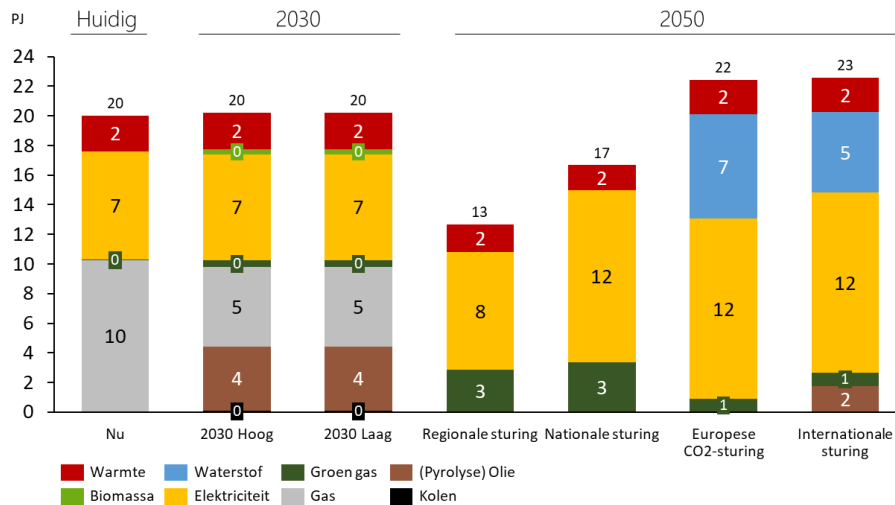
In het scenario Nationale sturing blijft het aantal passagiers- en vrachtvervoerkilometers gelijk aan huidige situatie<sup>36</sup>. Hierdoor is de finale energievraag hoger dan in het scenario Regionale sturing, namelijk 16 PJ. De energiemix is eveneens anders, doordat verhoudingsgewijs meer wordt ingezet op zowel waterstof als biobrandstoffen.

In het Europese en internationale scenario stijgt het aantal passagiers en transportkilometers ten opzichte van de huidige situatie<sup>36</sup>. Een direct gevolg hiervan is een grotere finale energievraag, 24 en 26 PJ respectievelijk. In beide scenario's wordt elektriciteit voornamelijk gebruikt voor passagiersvervoer, terwijl waterstof en biobrandstoffen dienen voor het zwaardere transport.

<sup>36</sup> Voor lock-down beperkingen door corona.



### B.5.3 Industrie



Figuur 45. Finale energievraag industrie

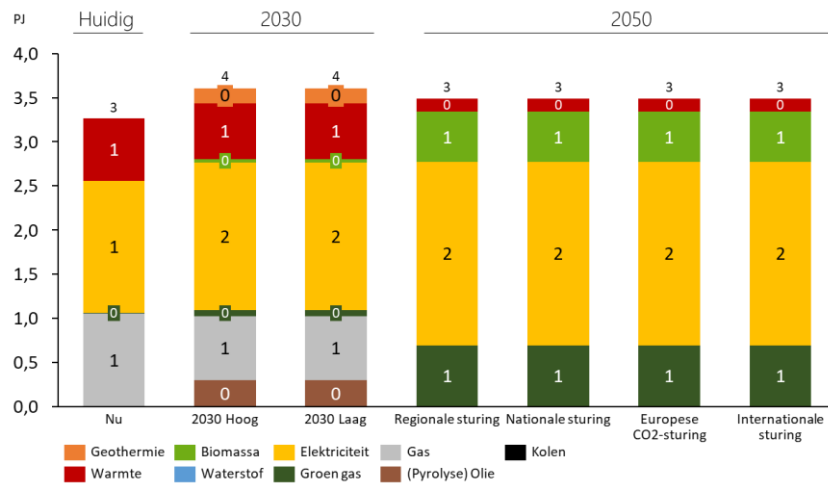
Figuur 45 geeft finale energievraag weer van de industrie in Overijssel voor alle scenario's. De vraag naar energiedragers als grondstof is niet meegenomen in deze studie. De huidige energievraag bestaat voornamelijk uit aardgas en elektriciteit. Verder is er een kleine vraag naar warmte. In 2030 groeit de industrie, maar neemt de finale energievraag niet toe omdat procesefficiëntieverbeteringen de toegenomen vraag compenseren. Richting 2050 wordt er binnen de industrie ingezet op elektrificatie, waardoor de vraag naar elektriciteit toeneemt.

In het scenario Regionale sturing is de finale energievraag circa 13 PJ. De energievraag is laag in dit scenario, omdat de industrie zal krimpen ten opzichte van de huidige situatie<sup>36</sup>. Een groot deel van de industrie maakt gebruik van elektriciteit. Voor processen die lastig te elektrificeren zijn, zal groen gas ingezet worden. Daarnaast wordt een klein deel van industrie van warmte voorzien.

In het scenario Nationale sturing wordt dezelfde energiemix gebruikt als in het scenario Regionale sturing. De nadruk ligt in dit scenario echter nog meer op elektrificatie, waardoor elektriciteit nog nadrukkelijker vertegenwoordigd is in de energiemix. De finale energievraag ligt met 17 PJ ook hoger in dit scenario, omdat de industrie een gelijke omvang heeft als de huidige situatie<sup>36</sup>.

In zowel het scenario Europese CO<sub>2</sub>-sturing als in het scenario Internationale sturing wordt groei van de industrie in de provincie Overijssel verondersteld. Hierdoor ligt de finale energievraag hoger dan in het regionale en nationale scenario, namelijk respectievelijk 22 en 23 PJ. Tevens ziet de energiemix er anders uit in deze twee scenario's doordat gebruik wordt gemaakt van waterstof.

## B.5.4 Landbouw en glastuinbouw



Figuur 46. Finale energievraag landbouw

Binnen de agrarische sector in Overijssel zullen incrementele veranderingen plaatsvinden. De finale energievraag blijft ongeveer gelijk in alle scenario's en heeft dezelfde grootte als in de huidige situatie. Wel zullen fossiele energiedragers plaatsmaken voor duurzame alternatieven. Aardgas zal vervangen worden door groen gas en biomassa. De geothermie in de scenario's voor 2030 wordt rechtstreeks geleverd aan de glastuinbouw, zonder tussenkomst van een groot gedeeld warmtenet. In 2050 zijn deze geothermie-bronnen aangesloten op een warmtenet, waardoor ze niet meer aangeduid worden als geothermie in zoals in Figuur 46, maar als warmte.

## Bijlage 7. Vraag en aanbod in de RESsen

### Finale vraag naar energiedragers in RES West-Overijssel

De huidige finale vraag naar energiedragers in de RES West-Overijssel is circa 47 PJ. Deze vraag is grotendeels afkomstig van de mobiliteitssector, industrie en gebouwde omgeving. Binnen de gebouwde omgeving wordt momenteel veel aardgas gebruikt voor ruimteverwarming. Tevens is er vraag naar elektriciteit voor apparaten. Binnen de mobiliteitssector wordt overwegend gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen, circa 9 PJ. De huidige vraag naar energiedragers van de industrie bedraagt momenteel 7 PJ, welke bestaat uit vraag naar elektriciteit en aardgas.

In 2030 neemt de finale energievraag af naar 41 PJ. Deze afname is vooral te wijten aan verduurzaming binnen de mobiliteitssector. Er wordt meer gebruik gemaakt van het openbaar vervoer. Ook wordt het wagenpark zuiniger en is de transitie naar elektriciteit voor mobiliteit ingezet. Binnen de gebouwde omgeving wordt de finale energievraag voornamelijk gereduceerd door het isoleren van gebouwen en woningen. Dit heeft een positief effect op finale energievraag.

In 2050 is de finale energievraag van West-Overijssel nog verder gereduceerd in alle andere scenario's. In het scenario Regionale sturing vindt de grootste reductie plaats. In de gebouwde omgeving wordt geen gebruik meer gemaakt van aardgas. Het overgrote deel van de ruimteverwarming wordt geleverd door elektriciteit. Daarnaast wordt er in dit scenario ook gebruik gemaakt van warmtenetten. Ook de finale energievraag van de mobiliteitssector is sterk gekrompen. Het overgrote deel van het vervoer zal elektrisch aangedreven zijn. Alleen zwaar transport zal nog gebruik maken van brandstoffen. Deze brandstoffen zijn uiteraard wel duurzaam. De finale energievraag van de industrie is eveneens kleiner, omdat de omvang van de industrie reduceert ten opzichte van nu.

In het scenario Nationale sturing is de finale energievraag van West-Overijssel iets groter dan in het scenario Regionale sturing. Dit komt onder andere doordat de industrie een grotere omvang heeft en er meer passagiers- en transportkilometers worden gemaakt in dit scenario. De finale energievraag van de gebouwde omgeving is het laagst, omdat de gebouwen en woningen in dit scenario het beste geïsoleerd worden. Daarnaast wordt er overwegend gebruik gemaakt van efficiënte technologieën voor ruimteverwarming.

Het Europese en internationale scenario hebben een grotere finale energievraag in West-Overijssel. Ook deze stijging wordt met name veroorzaakt door de mobiliteitssector en industrie. Zowel het aantal passagiers- en transportkilometers als de omvang van de industrie is groter dan in het regionale en nationale scenario. Ook wordt er meer gebruik gemaakt van gasvormige energiedragers in plaats van elektriciteit, wat leidt tot een lagere efficiëntie en dus een hogere finale energievraag.

Tabel 11. Finale vraag naar energiedragers RES regio West-Overijssel

	2020	2030		2050			
	Nu	Hoog	Laag	Regionaal	Nationaal	Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Internationaal
<b>Totaal</b>	<b>47</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>34</b>	<b>37</b>
<i>Methaan</i>	17	12	12	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	1	1	3	2	6	1
<i>Elektriciteit</i>	12	13	13	16	18	20	19
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	2	5	7
<i>Warmte</i>	1	2	2	4	2	0	2
<i>Biomassa</i>	2	2	2	1	3	4	7
<i>Overig</i>	15	10	10	1	1	0	1
<b>Gebouwde omgeving</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<i>Aardgas</i>	13	8	8	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	1	1	1	1	3	0
<i>Elektriciteit</i>	7	7	7	8	8	8	8
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	0	0	4
<i>Warmte</i>	0	2	2	3	2	0	0
<i>Biomassa</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Zonthermie</i>	0	0	0	1	0	0	0
<b>Mobiliteit</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<i>Fossiel</i>	15	9	9	0	0	0	0
<i>Aardgas</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	0	0	0	0	2	0
<i>Elektriciteit</i>	0	1	1	4	4	4	4
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	2	3	4
<i>Biobrandstof</i>	0	1	1	1	2	3	6

<b>Industrie</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<i>Fossiel</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Aardgas</i>	3	2	2	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	0	0	1	1	1	1
<i>Elektriciteit</i>	4	4	4	3	5	5	5
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	0	2	2
<i>Biomassa</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Warmte</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Overig</i>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Landbouw</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<i>Aardgas</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elektriciteit</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Warmte</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Geothermie</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Biomassa</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Overig</i>	0	0	0	0	0	0	0

### Aanbod van energiedragers in RES West-Overijssel

Het aanbod van duurzame moleculen en elektronen neemt toe in de toekomst in RES West-Overijssel. Momenteel is het aanbod van duurzame moleculen beperkt. Er wordt lokaal wel biogas/groen gas geproduceerd, maar de volledige potentie wordt niet benut. Van groene waterstofproductie is momenteel geen sprake, omdat het opgestelde vermogen van wind op land en zon-pv beperkt is. Het huidige vermogen aan wind op land en zon-pv kan direct ingevoed worden in het elektriciteitsnet.

Richting 2030 neemt het aanbod van hernieuwbare elektriciteit toe in RES West-Overijssel. De toename is afhankelijk van het toekomstige scenario in 2030. De sterkste toename vindt plaats in het scenario 2030 Hoog, waar 1,6 GW aan zon-pv is opgesteld en 0,3 GW aan wind op land. In het scenario 2030 Laag is de toename minder sterk. In dit scenario wordt 1,1 GW aan zon-pv en 0,2 GW aan wind op land verondersteld. Naast elektronen neemt de productie van duurzame moleculen toe in de vorm van groen gas. Hoewel de productie van groene waterstof ook tot de mogelijkheden behoort is Power-to-gas (P2G) niet meegenomen in de scenario's, omdat dit gezien wordt als flexibiliteitsoplossing in deze studie.

De trend richting 2050 is duidelijk. Hoewel er sterke verschillen zijn in de 2050 scenario's onderling neemt in alle vier de scenario de productie van duurzame moleculen en elektronen toe. Met name in het scenario Regionale sturing is het opgestelde vermogen van zon-pv en wind op land groot in de RES West-Overijssel. De spreiding van het opgestelde vermogen zon-pv loopt van 2,6 GW in het scenario Internationale sturing tot 6,2 GW in het scenario Regionale sturing. Voor duurzame moleculen geldt hetzelfde. In het scenario Internationale sturing wordt een constante groen gasproductie van ruim 4.000 m3 per uur verondersteld. In het scenario Regionale sturing is dit bijna 18.000 m3 per uur. Ook hier is geen vermogen aan P2G verondersteld, omdat dit binnen deze studie gezien wordt als één van de flexibiliteitsoplossingen. Het is echter aannemelijk dat er een zeker vermogen aan P2G in een scenario opgenomen wordt om te voorzien in de vraag naar waterstof. Dit is niet meegenomen in deze studie.

Tabel 12. Aanbod van energiedragers in West-Overijssel

	2020	2030		2050			
	Nu	Hoog	Laag	Regionaal	Nationaal	Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Internationaal
Groen gasproductie (PJ/jaar)		1.1	1.1	5.5	3.1	3.7	1.3
Waterstofproductie (PJ/jaar)	Afhankelijk van vermogen P2G						
Elektriciteitsproductie (TWh/jaar)	0.2	2.3	1.4	8.0	6.5	3.5	3.3
Elektriciteit import (TWh/jaar)	3.0	2.1	2.6	1.7	2.2	3.3	3.2

Tabel 13. Productie vermogen in West-Overijssel

	2020	2030		2050			
	Nu	Hoog	Laag	Regionaal	Nationaal	Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Internationaal
Methaan							
Groen gasproductie (m3/uur)		3674	3676	17991	10154	10154	4152
Waterstof							
Waterstofproductie (GW)	Afhankelijk van vermogen P2G						
Elektriciteit							
Zon-pv huishoudens (GW)	0.1	0.3	0.3	1.6	1.6	0.6	0.5
Zon-pv gebouwen (GW)	0.1	0.3	0.3	1.3	0.6	0.5	0.4
Zon-pv grootschalig (GW)	0.0	1.0	0.5	3.3	2.8	1.7	1.7
Wind op land (GW)	0.0	0.3	0.2	0.9	0.7	0.4	0.4

Import (GW)	0	0	0	0	0	0	0
-------------	---	---	---	---	---	---	---

### Finale vraag naar energiedragers in RES Twente

De huidige finale vraag naar energiedragers in de RES Twente is circa 57 PJ. Deze vraag is grotendeels afkomstig van de gebouwde omgeving (27 PJ). Binnen de gebouwde omgeving wordt momenteel veel aardgas gebruikt voor ruimteverwarming. Tevens is er vraag naar elektriciteit voor apparaten. Binnen de mobiliteitssector wordt overwegend gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen, circa 15 PJ. Binnen de industrie bedraagt de huidige vraag naar energiedragers 13 PJ, welke bestaat uit vraag naar elektriciteit en aardgas. Ook is er vraag naar warmte.

In 2030 neemt de finale energievraag af naar 49 PJ. Deze afname is vooral te wijten aan verduurzaming binnen de mobiliteitssector. Er wordt meer gebruik gemaakt van het openbaar vervoer. Ook wordt het wagenpark zuiniger en is de transitie naar elektriciteit vervoer ingezet. Binnen de gebouwde omgeving wordt de finale energievraag voornamelijk gereduceerd door het isoleren van gebouwen en woningen. Dit heeft een positief effect op de finale energievraag.

In 2050 is de finale energievraag van Twente nog verder gereduceerd in alle 2050 scenario's. In het scenario Regionale sturing vindt de grootste reductie plaats. In de gebouwde omgeving wordt geen gebruik meer gemaakt van aardgas, wel van groen gas. Het overgrote deel van de ruimteverwarming wordt ingevuld door elektriciteit. Daarnaast wordt er in het scenario Regionale sturing ook gebruik gemaakt van warmtenetten, waardoor er een relatief grote vraag naar warmte aanwezig is. Ook de finale energievraag van de mobiliteitssector is sterk gekrompen. Het overgrote deel van het vervoer zal elektrisch aangedreven zijn. De finale energievraag van de industrie is eveneens kleiner, omdat de omvang van de industrie reduceert ten opzichte van nu.

In het scenario Nationale sturing is de finale energievraag van Twente iets groter dan in het scenario Regionale sturing. Dit komt onder andere doordat de industrie een grotere omvang heeft en er meer passagiers- en transportkilometers worden gemaakt in dit scenario. De finale energievraag van de gebouwde omgeving is het laagst, omdat de gebouwen en woningen dit scenario het beste geïsoleerd worden. Daarnaast wordt er overwegend gebruik gemaakt van efficiënte technologieën voor ruimteverwarming.

De scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing hebben een grotere finale energievraag in de RES Twente. Ook deze stijging wordt met name veroorzaakt door de mobiliteitssector en industrie. Zowel het aantal passagiers- en transportkilometers als de omvang van de industrie is groter dan in het regionale en nationale scenario. Ook wordt er meer gebruik gemaakt van gasvormige energiedragers in plaats van elektriciteit, wat leidt tot een lagere efficiënt en dus een hogere finale energievraag.

Tabel 14. Finale vraag naar energiedragers RES regio Twente

	2020	2030		2050			
	Nu	Hoog	Laag	Regionaal	Nationaal	Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Internationaal
<b>Totaal</b>	<b>57</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>43</b>	<b>46</b>
<i>Aardgas</i>	24	17	17	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	1	1	4	4	7	1
<i>Elektriciteit</i>	11	12	12	18	20	20	19
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	2	8	11
<i>Warmte</i>	5	4	4	6	3	4	8
<i>Biomassa</i>	2	1	1	1	2	3	6
<i>Overig</i>	15	13	13	2	1	1	2
<b>Gebouwde omgeving</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<i>Aardgas</i>	17	13	13	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	1	1	2	1	4	0
<i>Elektriciteit</i>	6	7	7	8	9	9	8
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	0	0	7
<i>Warmte</i>	3	2	2	4	2	2	0
<i>Biomassa</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Zonthermie</i>	0	0	0	1	0	0	0
<b>Mobiliteit</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<i>Fossiel</i>	15	9	9	0	0	0	0
<i>Aardgas</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	0	0	0	0	2	0
<i>Elektriciteit</i>	0	1	1	4	4	4	3
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	2	3	3
<i>Biobrandstof</i>	0	1	1	1	2	3	6



<b>Industrie</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<i>Fossiel</i>	0	4	4	0	0	0	2
<i>Aardgas</i>	7	3	3	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	0	0	2	3	0	0
<i>Elektriciteit</i>	4	3	3	5	7	7	7
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	0	5	4
<i>Biomassa</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Warmte</i>	2	2	2	2	2	2	2
<i>Overig</i>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Landbouw</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<i>Aardgas</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Groen gas</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elektriciteit</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Waterstof</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Warmte</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geothermie</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Biomassa</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Overig</i>	0	0	0	0	0	0	0

### Aanbod van energiedragers in RES Twente

Ook in RES Twente is de productie van hernieuwbare energiedragers momenteel gering. In de regio Twente is er voldoende biomassapotentieel beschikbaar om meer groen gas te produceren. Afhankelijk van het scenario kan ook biomassa afkomstig van elders aangewend worden voor de productie van groen gas. Ook het potentieel voor zon-pv laat veel ruimte voor groei in de lokale productie van zonne-energie in Twente. Dit is lijn met de landelijke trend van groei in het opgesteld vermogen aan zonnepanelen.

Hoeveel van het biomassa potentieel en het potentieel voor zon-pv wordt benut, is afhankelijk van het scenario. In RES Twente neemt het vermogen zon-pv in beide scenario's voor 2030 toe tot 1,4 GW. Het vermogen wind op land bedraagt circa 0,2 GW. Naast elektronen neemt het aanbod van duurzame moleculen ook toe in 2030. Er is een productiecapaciteit van circa 1,4 PJ per jaar aan groen gas verondersteld in 2030. Ook waterstof speelt een kleine rol in de scenario's voor 2030. Hier geldt echter ook dat power-to-gas (P2G) niet is meegenomen in de scenario's, omdat dit gezien wordt als flexibiliteitsoplossing in deze studie.

De scenario's voor 2030 zijn nog niet klimaatneutraal. Alle scenario's in 2050 zijn dat wel. Om dit te bereiken moet het aanbod van hernieuwbare energie in RES Twente vergroot worden. De mate waarin dit gebeurt is afhankelijk

van het scenario. Het regionale en nationale scenario streven naar zelfvoorzienend zijn. Dit geldt niet voor de scenario's Europese CO<sub>2</sub>-sturing en Internationale sturing. Het aanbod van zon-pv varieert in deze scenario's daarom van 2 GW tot 4,6 GW. Voor wind op land loopt de spreiding van 0,2 GW tot 0,5 GW. Aangezien Twente tegen de Duitse grens aanligt, is er ook interconnectiecapaciteit verondersteld. In geen van de scenario is afgeweken van de huidige interconnectiecapaciteit van 2 GW. De productie van groen gas neemt eveneens toe van 2030 tot 2050. In het scenario Regionale sturing neemt de groen gasproductie toe tot circa 19.500 m<sup>3</sup> per uur. In het andere scenario is dit aanzienlijk lager. Omdat hier gebruik wordt gemaakt van andere energiedragers of importmogelijkheden.

Tabel 15. Aanbod van energiedragers in Twente

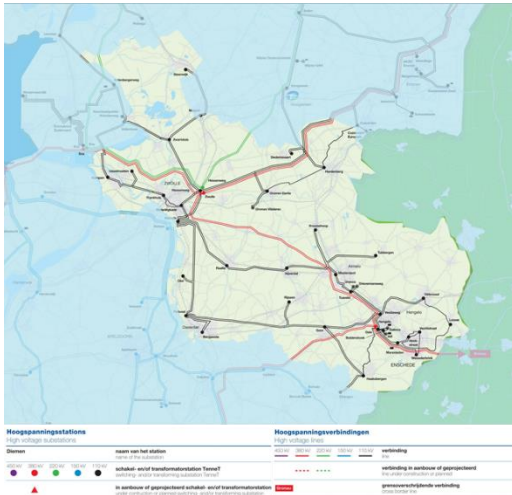
	2020	2030		2050			
	Nu	Hoog	Laag	Regionaal	Nationaal	Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Internationaal
Groen gasproductie (PJ/jaar)		1.4	1.4	6.0	4.1	4.8	0.9
Waterstofproductie (PJ/jaar)	Afhankelijk van vermogen P2G						
Elektriciteitsproductie (TWh/jaar)	0.1	1.8	1.8	5.5	4.6	2.5	2.3
Elektriciteit import (TWh/jaar)	2.7	1.9	1.9	2.1	3.0	3.8	3.5

Tabel 16. Productie vermogen in Twente

	2020	2030		2050			
	Nu	Hoog	Laag	Regionaal	Nationaal	Europese CO <sub>2</sub> -sturing	Internationaal
Methaan							
Groen gasproductie (m <sup>3</sup> /uur)		4628	4631	19582	13311	13311	3025
Waterstof							
Waterstofproductie (GW)	Afhankelijk van vermogen P2G						
Elektriciteit							
Zon-pv huishoudens (GW)	0.1	0.3	0.3	1.3	1.3	0.5	0.4
Zon-pv gebouwen (GW)	0.0	0.2	0.2	0.7	0.3	0.3	0.2
Zon-pv grootschalig (GW)	0.0	0.9	0.9	2.6	2.3	1.4	1.4
Wind op land (GW)	0.0	0.2	0.2	0.5	0.4	0.2	0.2
Import (GW)	2	2	2	2	2	2	2

## Bijlage 8. Huidige infrastructuur in Overijssel

### B.8.1 Hoogspanningsnet



Figuur 47. Overzichtskaart hoogspanningsnet beheerd door TenneT.

Het hoogspanningsnet wordt beheerd door TenneT en is weergegeven in Figuur 47<sup>37</sup>. Het netwerk binnen de provinciegrenzen van Overijssel bestaat uit tracés van 380 kV, 220 kV en 110 kV en is op hoofdlijnen als volgt te beschrijven:

- Er komt een 380 kV- (2x2635 MVA)-tracé vanuit Eemshaven via Emmen de provincie Overijssel binnen. Het tracé loopt richting Zwolle waar het gesplitst is in twee richtingen. Vanuit Zwolle loopt er een tracé naar Diemen via Lelystad (2x1645 MVA) en er loopt een tracé naar Hengelo (2x1645 MVA). Het tracé naar Hengelo loopt eveneens verder in twee richtingen. Enerzijds is er interconnectie met Duitsland bij Gronau (2x1790 MVA) en anderzijds vanuit Hengelo naar Doetinchem (2x1645MVA).
- Vanuit Hoogeveen loopt er een 220 kV (2x950 MVA)-tracé naar Zwolle, welke vervolgens doorgaat naar Ens.
- Binnen de provinciegrenzen van Overijssel lopen meerdere 110 kV-tracés. Deze tracés hebben over het algemeen een capaciteit tussen 60 en 300 MVA. Op meerdere plaatsen takken deze 110 kV-tracés van het 380 kV-net af. Het 110 kV is een transportnet, maar zorgt al voor fijnmazigere transport van elektriciteit. Het 110 kV-net moet daarom gezien worden als een koppeling tussen het transport en de daadwerkelijke distributie van elektriciteit door regionale netbeheerders. Er loopt daarom vaak een 110 kV-tracé naar plaatsen met veel inwoners waar geen 380 kV-tracé langs loopt. Voorbeelden hiervan zijn Deventer, Hardenberg, Raalte en Oldenzaal.

<sup>37</sup> TenneT (2020). Nederlands Transportnet

## B.8.2 Ontwikkelingen in het hoogspanningsnet



Figuur 48. HS/MS-stations in Overijssel en stations waar Overijsselse aansluitingen op uit komen (Meppel, Hoogeveen, Coevorden)

Op dit moment wordt het hoogspanningsnet al uitgebreid. Onderdeel hiervan is de zogenaamde 'pocket-structuur' in het 110 kV-net. De bestaande 110 kV-lijnen worden opengeboken, waardoor er kortere lijnen ontstaan. Deze 'pocket-structuur', ook wel deelnetten genoemd, zorgt ervoor dat de functie van het 110 kV-net verschuift van transport naar distributie. Hierdoor wordt het distributienet (de lagere netvlakken) ontlast. Als gevolg van deze 'pocket-structuur' kan er meer elektriciteit van het distributienet op het 110 kV-net worden gebracht.

TenneT is de komende jaren bezig met de realisatie van pockets rondom Harculo, Goor en Almelo. Verdere uitbreidingen van de 110kV-hoogspanningsinfrastructuur naar 2030 toe worden onderzocht rondom Oele, Hengelo en Zwolle. Ook de 380 kV-verbindingen worden uitgebreid. De opwaardering van de verbinding Ens-Zwolle zit in de pre-realisatie fase en wordt in 2024 gereed verwacht. Daarnaast wordt gekeken naar opwaardering van de verbinding Zwolle-Hengelo. Dit zal pas in de tweede helft van het decennium opgeleverd kunnen worden.<sup>5</sup>

## B.8.3 Elektricitetsnet regionale netbeheerders

Het distributienet in Overijssel wordt beheerd door drie netbeheerders: Enexis, Coteq (delen in Twente) en RENDO (delen in West-Overijssel). Het distributienet bestaat op hoofdlijnen uit het middenspanningsnet (spanning tussen 50 kiloVolt en 400 Volt) en laagspanningsnet (spanning lager dan 400 Volt). Tussen het hoogspanningsnet en het middenspanningsnet zitten HS/MS-stations waar de spanning op- of afgeregeld wordt. Ook tussen het middenspanningsnet en het laagspanningsnet zijn stations geplaatst om de spanning op of af te regelen.

In deze systeemstudie wordt specifiek aandacht besteed aan de HS/MS-stations in het distributienet. In Overijssel zijn momenteel 31 HS/MS-stations aanwezig. In deze studie zijn echter 34 HS/MS-stations meegenomen, omdat sommige assets in Overijssel ook aangesloten zijn op HS/MS-stations buiten Overijssel. De drie HS/MS-stations waar dit voor geldt zijn Meppel, Hoogeveen en Coevorden.

Figuur 48 geeft de locatie van alle HS/MS-stations in Overijssel weer. De drie HS/MS-stations in Drenthe zijn eveneens weergegeven. Rondom de dichtbebouwde gebieden in Overijssel liggen meer stations. Dit is het geval rondom Hengelo, Almelo, Enschede en Zwolle.

## Ontwikkelingen in het elektricitetsnet van de regionale netbeheerders

Enexis is op dit moment al bezig om een deel van het elektricitetsnet van Overijssel uit te breiden. Met name vanwege de productie van duurzame elektriciteit in de regio en elektrificatie. Bij Almelo Mosterdpot, Goor, Hengelo Bolderhoek, Jisselmuiden, Losser, Ommen Dante, Rijssen, Raalte, Steenwijk, Tubbergen, Vroomshoop,

Vollenhove, Zwolle Hessenweg worden de stations verzwaard in de komende jaren. Dit zijn dus dertien van de 31 stations waar al verzwaring gerealiseerd gaat worden. Daarnaast wordt bij Zwolle Hessenweg ook een nieuw station gebouwd.<sup>6</sup>

#### B.8.4 Gasnetten

Het Nederlandse gastransportnet wordt beheerd door GTS. Het gedeelte van het net aanwezig in Overijssel is weergegeven in Figuur 14<sup>7</sup>. Onder hoge druk wordt het gas getransporteerd door heel Nederland via het hoofdtransportleidingnet (HTL). Vervolgens wordt het gas verder getransporteerd via het regionale transportleidingnet (RTL). Deze netten worden beheerd door Enexis, Coteq (grotendeels Twente en deel van West-Overijssel) en RENDO (delen in West-Overijssel). Vanwege verschillende calorische waarden van gassen bestaat het hoofdtransportleidingnet uit meerdere leidingen die elk een bepaald type gas transporteren. Op hoofdlijnen kan onderscheid gemaakt worden tussen hoog- en laagcalorisch gas. Laagcalorisch gas wordt onder andere in de gebouwde omgeving gebruikt en hoogcalorisch gas in de industrie. Dit komt omdat met hoogcalorisch gas hogere temperaturen kunnen worden bereikt.

Laagcalorisch gas is afkomstig uit het Groningen-gasveld en bevat minder koolstof en meer stikstof dan hoogcalorisch gas. Hoogcalorisch gas wordt geïmporteerd. Doordat er steeds minder gas uit het Groningen-gasveld gewonnen mag worden, neemt het aandeel geïmporteerd gas toe. Dit gas is hoogcalorisch en is daarom voor sommige eindgebruikers niet bruikbaar. Hoogcalorisch gas kan echter omgezet worden in laagcalorisch gas door het percentage stikstof in hoogcalorisch gas te verhogen.

Vanuit Groningen loopt het hoofdtransportleidingnet naar het zuiden. Op dit tracé bevindt zich knooppunt Ommen. Op deze locatie worden meerdere leidingen gesplit. Zo is er een aftakking richting Hengelo/Enschede, waar tevens interconnectie is met Duitsland. Vanuit Ommen is er eveneens een aftakking richting het westen. Bij knooppunt Ommen wordt tevens hoogcalorisch gas omgezet in laagcalorisch gas door de toevoeging van stikstof.

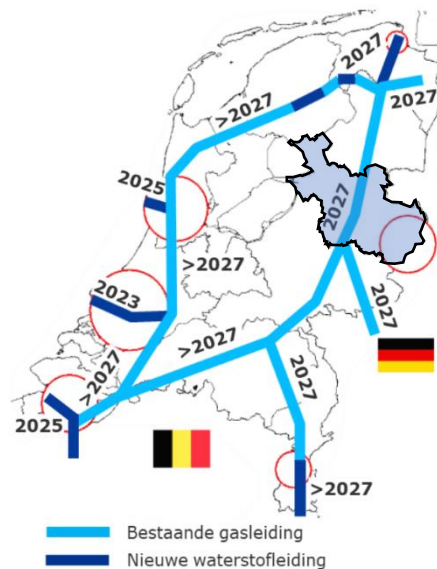


Figuur 49. Overzichtskartaat gastransportnet<sup>7</sup>

#### Ontwikkelingen in het gasnet

**Groen gas:** door invoeding van groen gas verandert het karakter van het gasnet naar een meer decentraal systeem. Rondom Hardenberg leidt dit al tot knelpunten met name in de zomer (wanneer de gasvraag laag is, terwijl de productie van groen gas grotendeels constant blijft) om groen gas in te kunnen voeren. Een koppeling van Hardenberg naar Vroomshoop wordt aangelegd om het afzetgebied te vergroten. Hierdoor ontstaat een verder vermaasd gasnet, waarin gemakkelijker ingevoerd kan worden.

**Waterstof:** momenteel zijn er geen gasleidingen waarin waterstof getransporteerd wordt. De verwachting is dat waterstof een steeds prominentere rol krijgt binnen het Nederlandse energiesysteem. Naast methaan zal dan ook waterstof getransporteerd moeten worden binnen Nederland. Hiervoor is infrastructuur benodigd, die op verschillende manieren tot stand kan komen. Een mogelijkheid is het aanleggen van een nieuwe waterstofinfrastructuur. Een andere mogelijkheid is het beschikbaar maken van huidige methaan leidingen voor het transport van waterstof. Hoe deze infrastructuur er exact uit gaat zien is onduidelijk. Echter, er worden verschillende mogelijkheden op het moment van schrijven verkend. Figuur 50 illustreert een mogelijke toekomstige infrastructuur. Deze infrastructuur wordt ook wel de waterstofbackbone genoemd en loopt naar alle grote industriële clusters binnen Nederland. Tevens is er interconnectie met buurlanden.

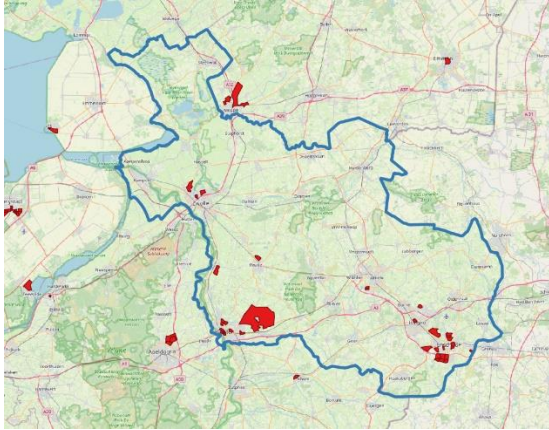


Figuur 50. Schematische weergave waterstofbackbone in 2030<sup>8</sup>

### B.8.5 Warmtenetten

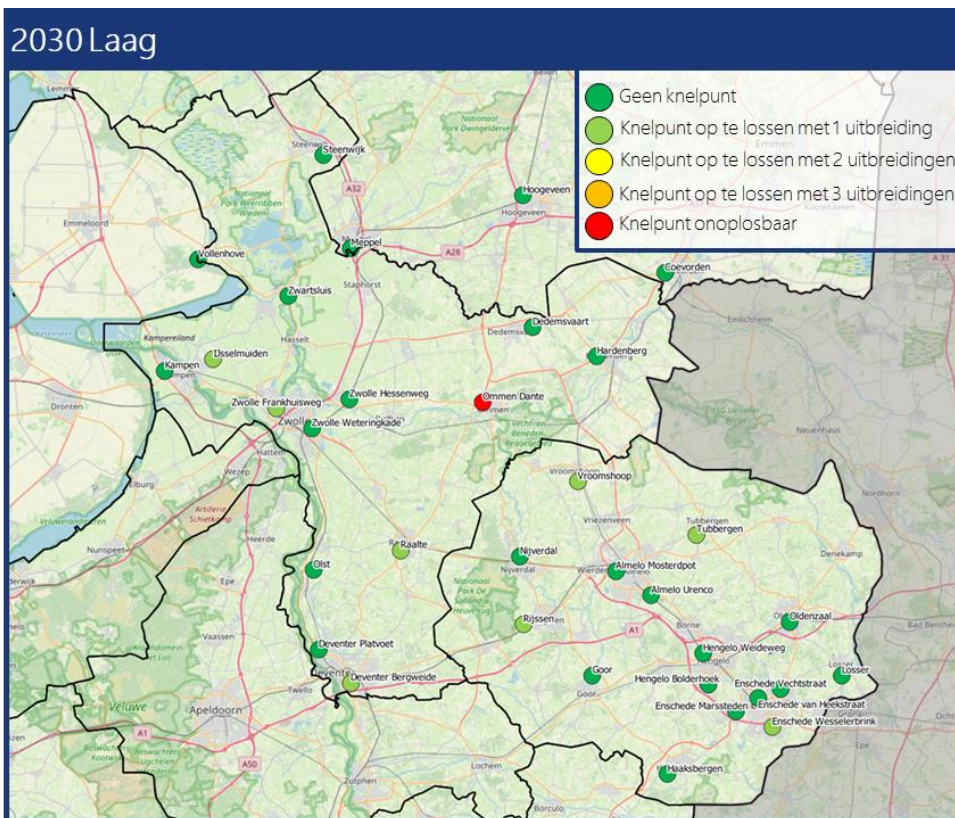
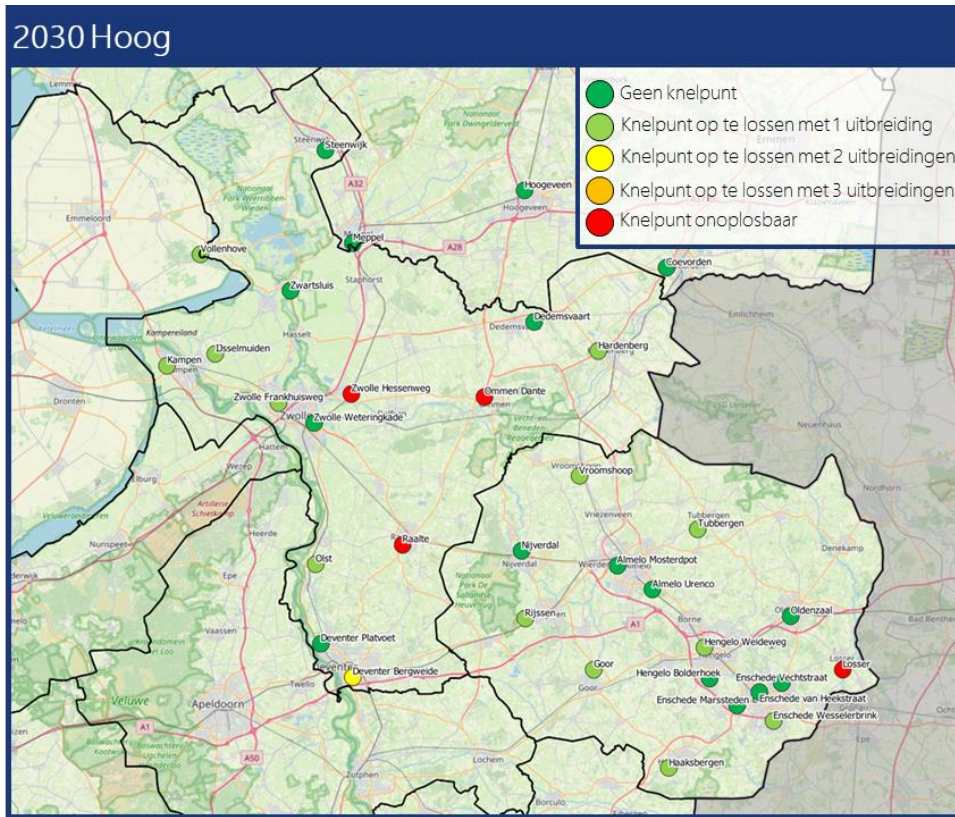
In Overijssel zijn momenteel een aantal warmtenetten operationeel. Figuur 51 geeft de locatie van deze warmtenetten<sup>38</sup>. Rode vlekken betekenen dat er warmtenetten aanwezig zijn binnen deze buurt. Dit wil echter niet zeggen dat de gehele warmtevraag ook ingevuld wordt door warmtenetten.

<sup>38</sup> Provincie Overijssel (2019). Bestaande warmtenetten

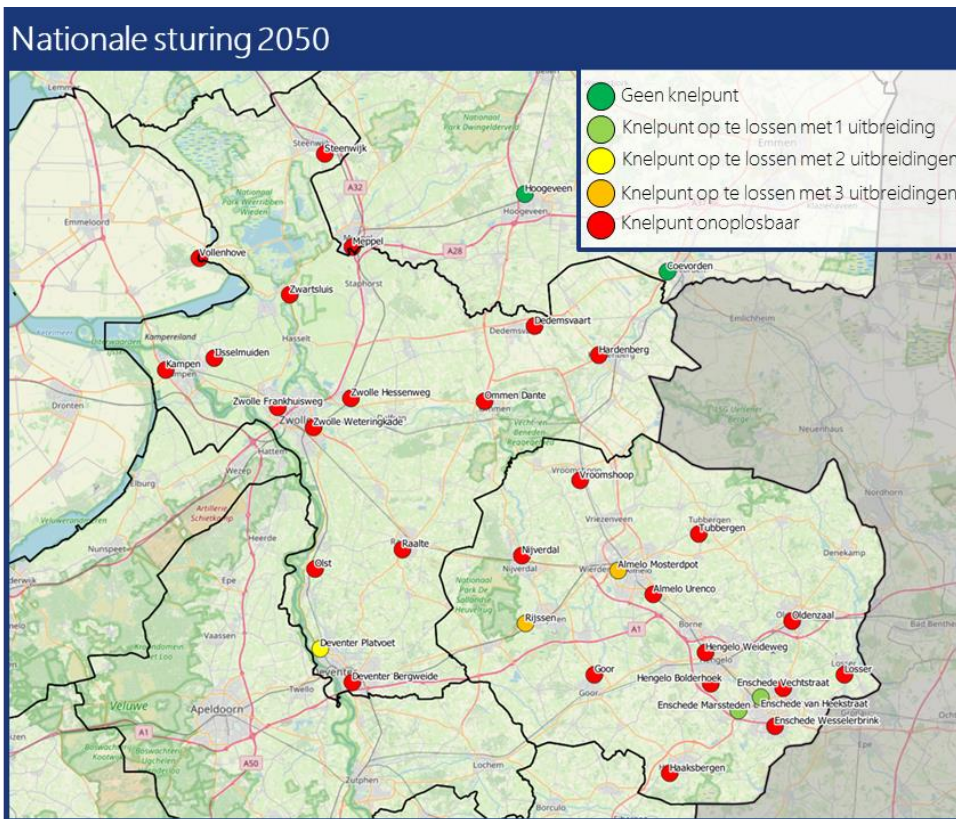
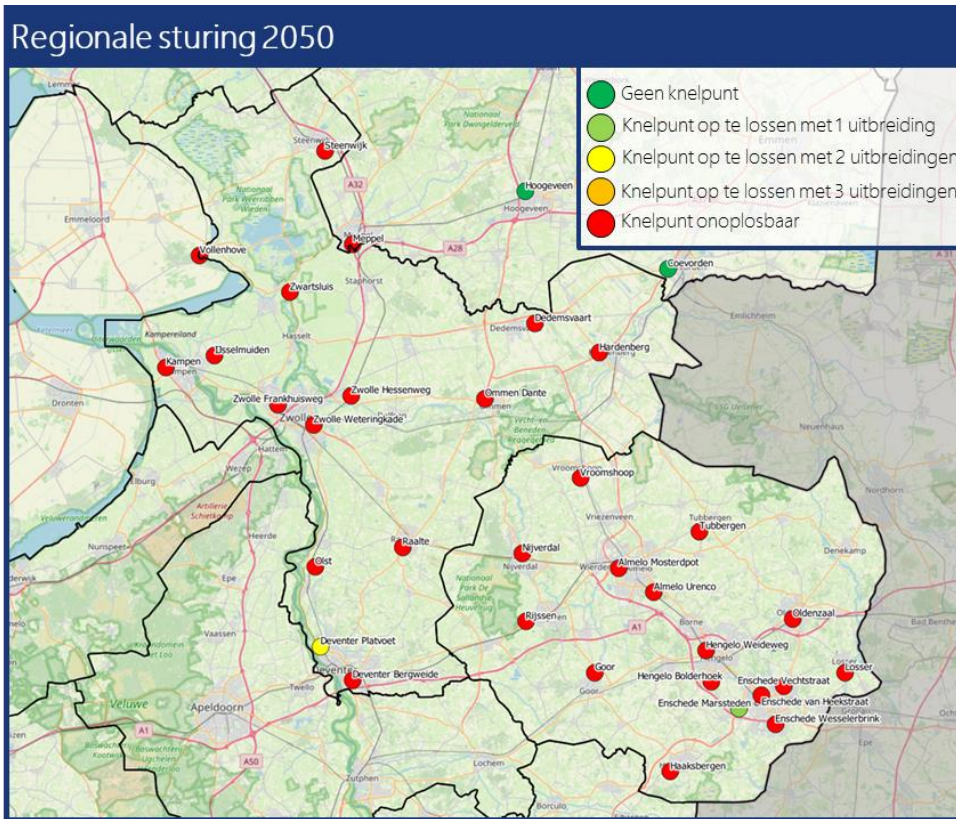


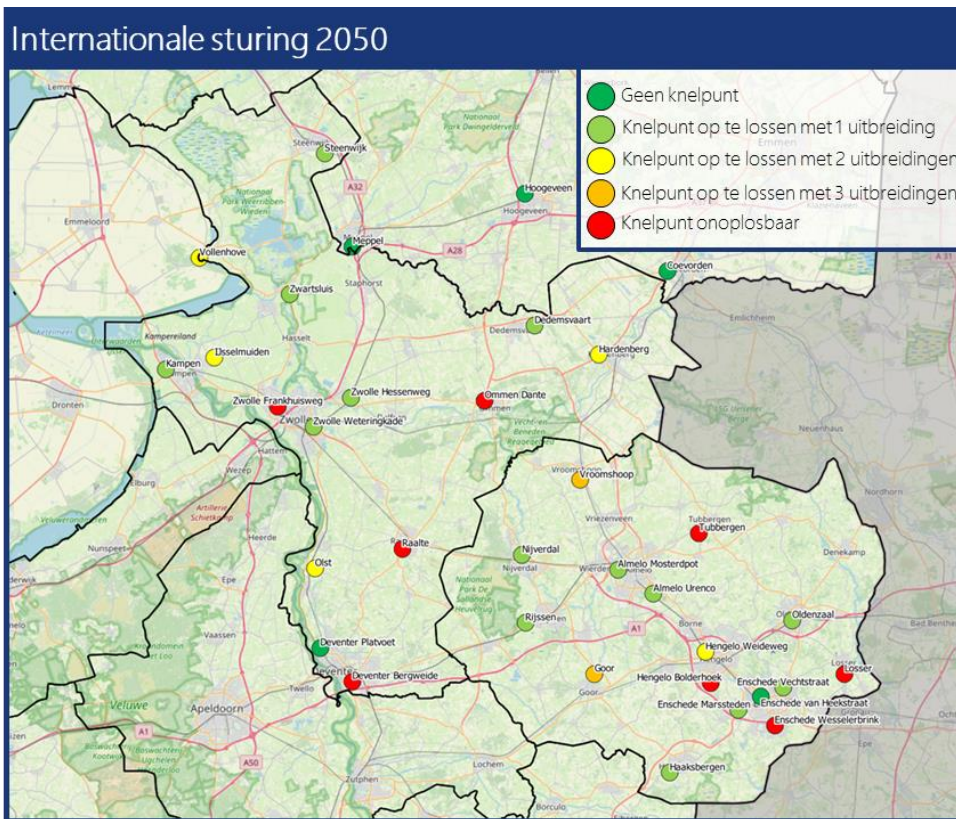
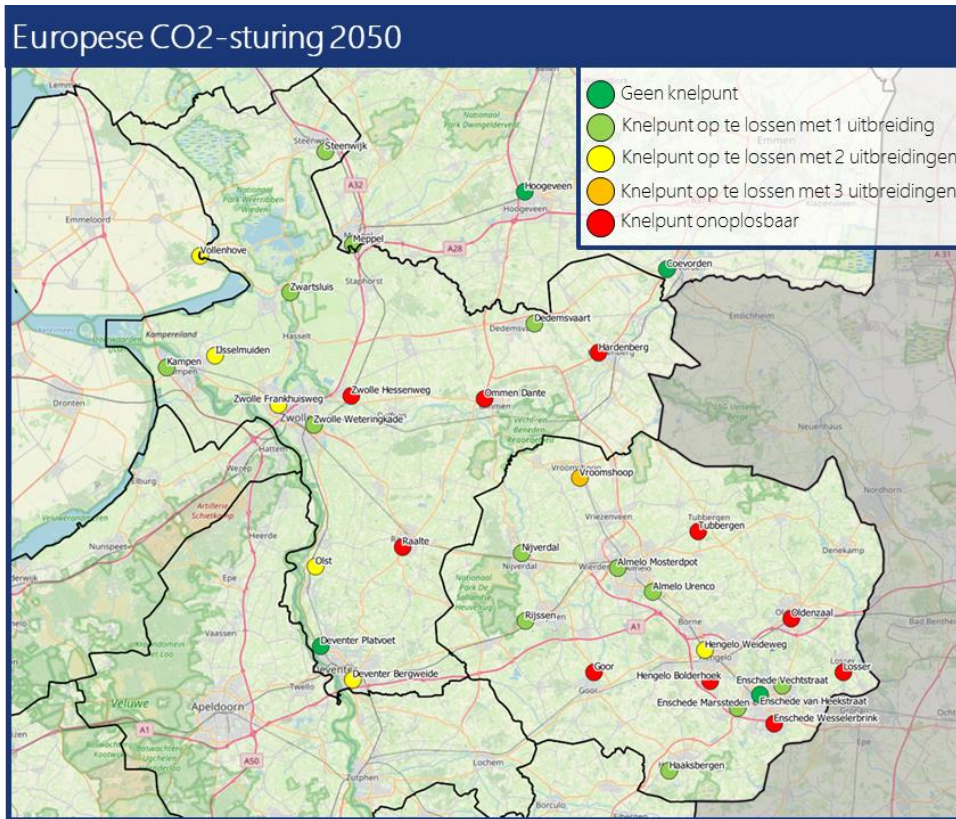
Figuur 51. Overzichtskaarten van de warmtenetten in Overijssel op basis van CBS. Rode vlakken geven gebieden weer waar warmtenetten aanwezig zijn.

## Bijlage 9. Doorrekeningen Enexis

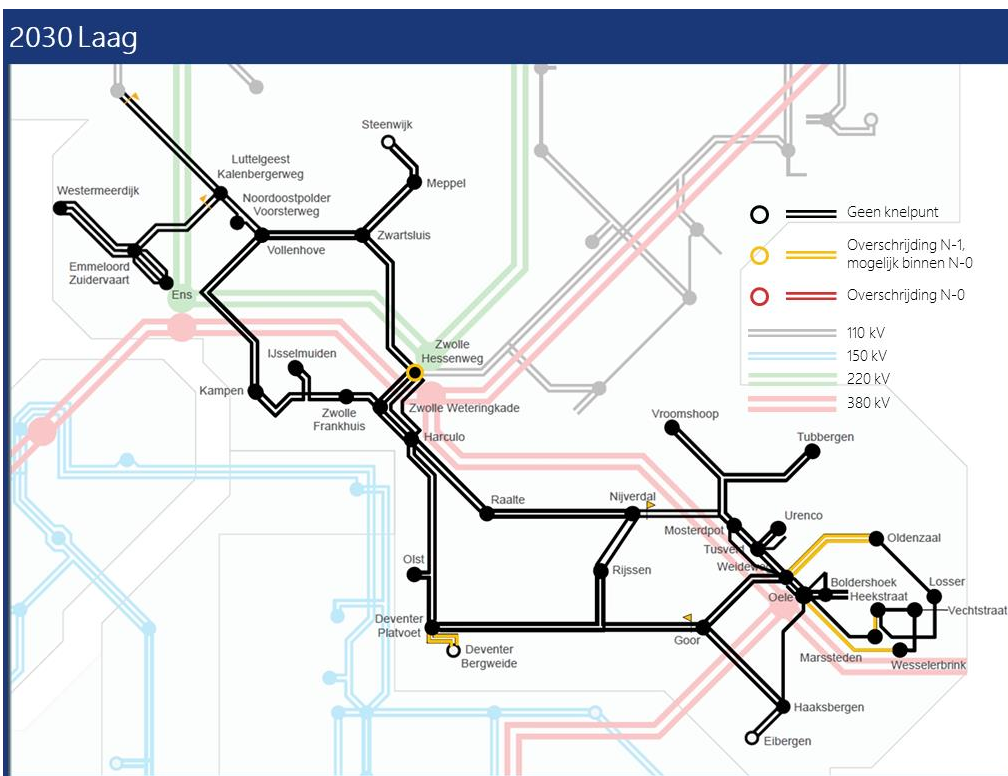
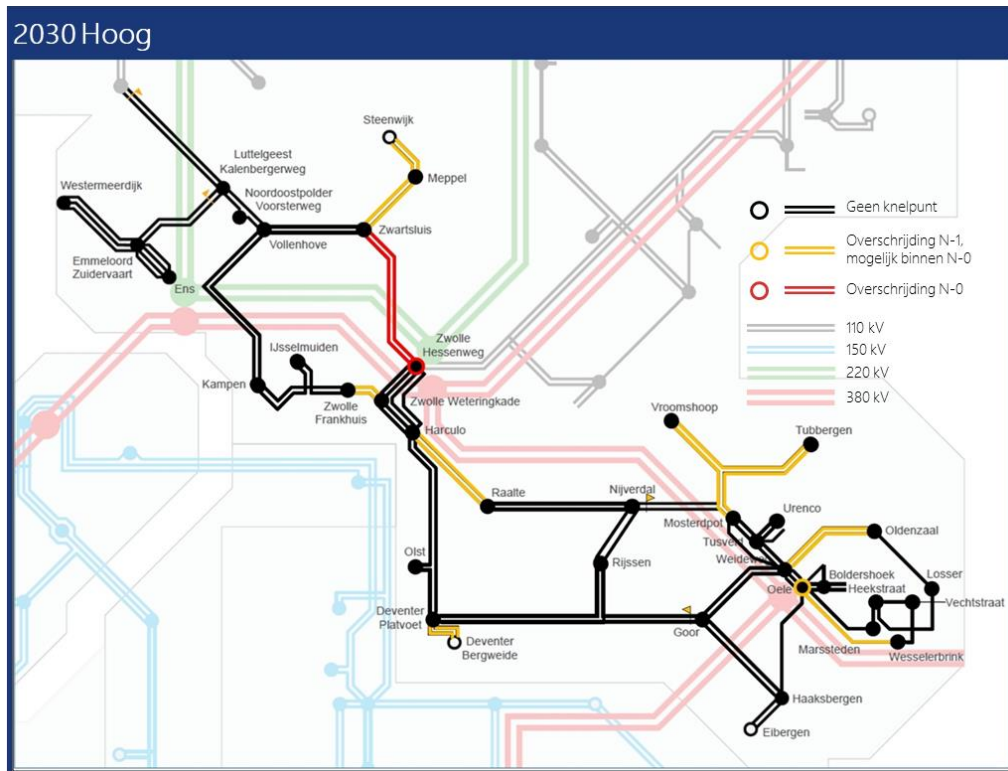


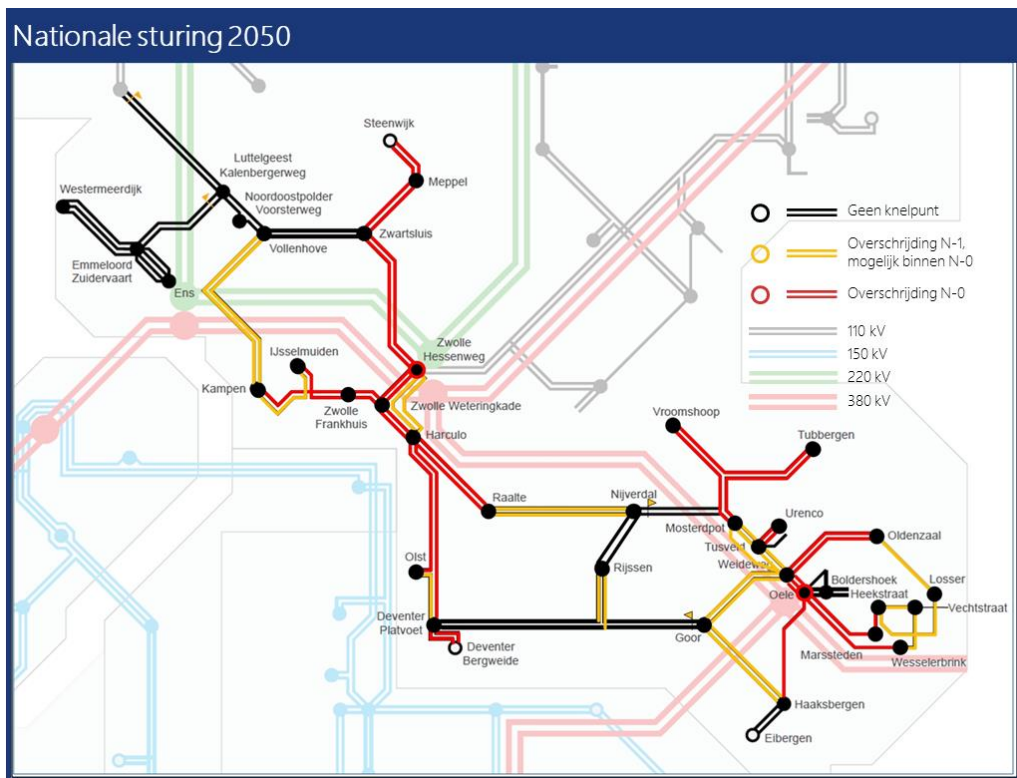
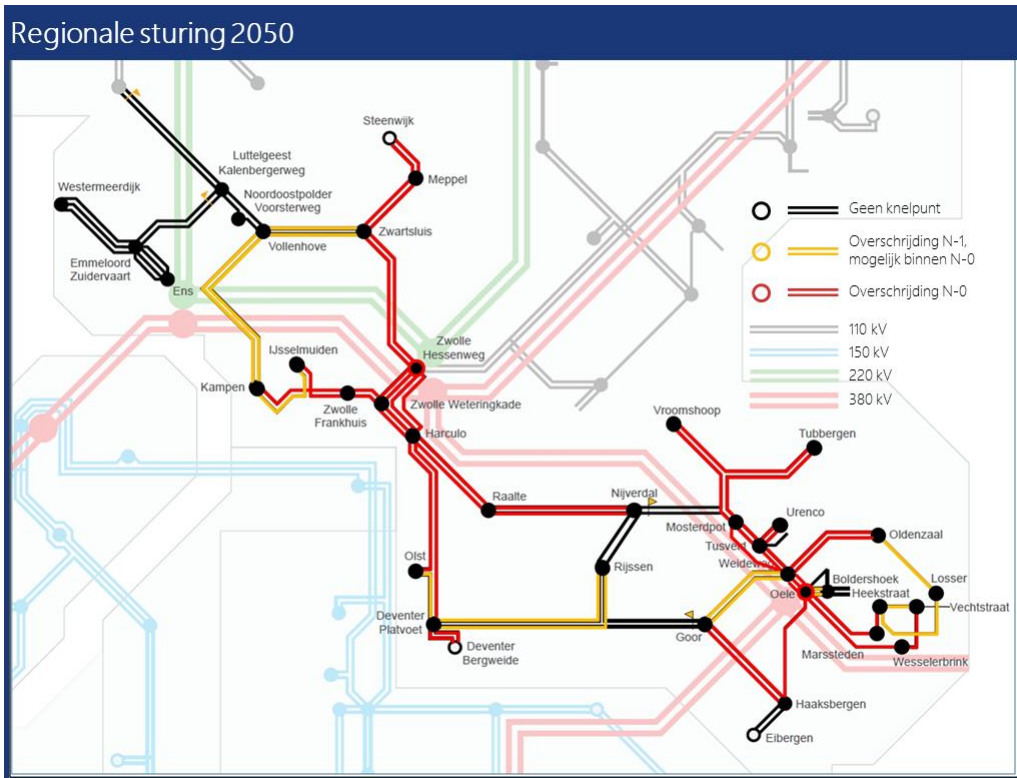


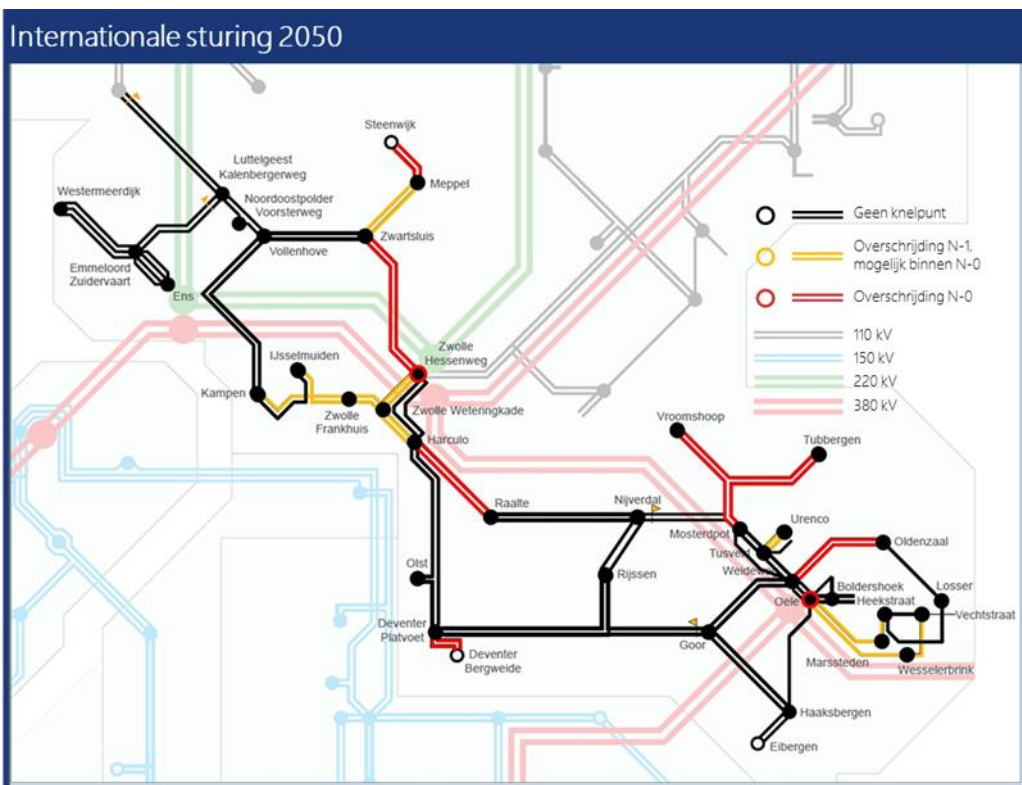
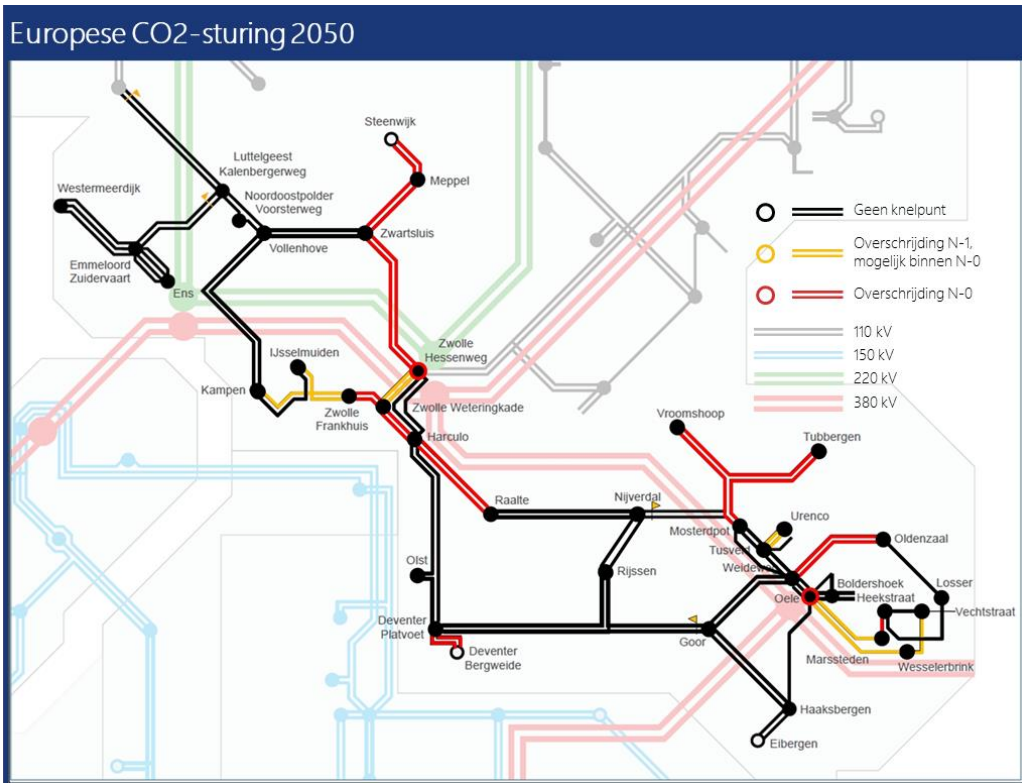




## Bijlage 10. Doorrekeningen TenneT







## Beschrijving van de knelpunten in de scenario's:

Scenario	Tijd	Omschrijving	Oplossing
2030 Hoog, 2030 Laag, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Almelo Mosterdpot - Aftakpunt Nijverdal. Almelo Mosterdpot - Aftakpunt Nijverdal Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt zowel op door verbruik als in een periode met veel opwek door zon-pv. In alle scenario's behalve 2030KA Laag is er sprake van een overbelasting bij een normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren.</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau.</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Almelo Mosterdpot - Almelo Tusveld. Almelo Mosterdpot - Almelo Tusveld. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Almelo Mosterdpot - Hengelo Weideweg. Almelo Mosterdpot - Hengelo Weideweg Deze verbinding bestaat uit één kabelcircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	110kV-verbinding Almelo Tusveld - Almelo Urenco. Almelo Tusveld - Almelo Urenco Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Almelo Tusveld - Hengelo Weideweg. Almelo Tusveld - Hengelo Weideweg. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren.</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau.</li> </ol>
2030 Hoog, 2030 KV, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Deventer Bergweide - Deventer Platvoet. Deventer Bergweide - Deventer Platvoet. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt zowel op door verbruik als in periode met veel opwek door zon-pv Bij alle 2050 scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>

Scenario	Tijd	Omschrijving	Oplossing
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Deventer Platvoet - Harculo. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau.</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Deventer Platvoet - Aftak Rijssen. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Deventer Platvoet - Olst. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	110kV-verbinding Enschede van Heekstraat - Enschede Marssteden. Enschede van Heekstraat - Enschede Marssteden. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met hoog verbruik. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte waterstof naar elektriciteit. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Gebruik van opgeslagen duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Enschede van Heekstraat - Enschede Vechtstraat. Deze verbinding bestaat uit twee kabelcircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Enschede van Heekstraat - Losser. Enschede van Heekstraat - Losser. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Enschede Marssteden - Hengelo Oele. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt op door zowel opwek in perioden met veel zon-pv als in periode met hoog verbruik. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>

Scenario	Tijd	Omschrijving	Oplossing
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	110kV-verbinding Enschede Vechtstraat - Enschede Wesselerbrink. Deze verbinding bestaat uit één kabelcircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met hoog verbruik. Alleen in scenario 2050 Regionale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte waterstof naar elektriciteit. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Gebruik van opgeslagen duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2030 Laag, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Enschede Wesselerbrink - Hengelo Oele. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met hoog verbruik. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte waterstof naar elektriciteit. Deze waterstof via het gasnet transporteren.</li> <li>3) Gebruik van opgeslagen duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Goor - Haaksbergen. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren.</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Goor - Hengelo Weideweg. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Haaksbergen - Hengelo Oele. Deze verbinding bestaat uit één kabelcircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Harculo - Olst. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Harculo - Raalte. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In alle 2050 scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>



Scenario	Tijd	Omschrijving	Oplossing
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	110kV-verbinding Harculo - Zwolle Hessenweg. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale-, Nationale-, en 2050 Europese sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur indelen in kleinere deelnetten achter nieuw te bouwen 220/380kV-stations</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Harculo - Zwolle Weteringkade. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur indelen in kleinere deelnetten achter nieuw te bouwen 220/380kV-stations</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	380/110 kV-transformator Hengelo Oele transformator. Hengelo Oele transformator. Er staan drie transformatoren Het knelpunt treedt zowel op door verbruik als in een periode met veel opwek door zon-pv. In alle 2050 scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur indelen in kleinere deelnetten achter nieuw te bouwen 220/380kV-stations</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau.</li> </ol>
2050 RS,	LT	110kV-verbinding Hengelo Boldershoek - Hengelo Oele. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Hengelo Oele - Hengelo Weideweg. Deze verbinding bestaat uit drie dubbele lijnskabelcircuits en één enkel kabelcircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur indelen in kleinere deelnetten achter nieuw te bouwen 220/380kV-stations</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2030 Laag, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Hengelo Weideweg - Oldenzaal. Deze verbinding bestaat uit deel kabel-, deel lijncircuits. Het knelpunt treedt zowel op door verbruik als in periode met veel opwek door zon-pv In alle 2050 scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2030 Laag, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	220/110 kV-transformator Hessenweg transformator. Er staan drie transformatoren Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In alle scenario's behalve 2030KA Laag is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur indelen in kleinere deelnetten achter nieuw te bouwen 220/380kV-stations</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>

Scenario	Tijd	Omschrijving	Oplossing
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding IJsselmuiden - Kampen. Deze verbinding bestaat uit één kabelcircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	110kV-verbinding IJsselmuiden - Zwolle Frankhuis. Deze verbinding bestaat uit één kabelcircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Kampen - Vollenhove. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	110kV-verbinding Kampen - Zwolle Frankhuis. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Losser - Oldenzaal. Deze verbinding bestaat uit één kabelcircuit. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Meppel - Steenwijk. Deze verbinding bestaat uit 2 lijn circuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In alle 2050 scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren.</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau.</li> </ol>
2030 Hoog, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Meppel - Zwartsluis. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur indelen in kleinere deelnetten achter nieuw te bouwen 220/380kV-stations</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>

Scenario	Tijd	Omschrijving	Oplossing
2050 RS, 2050 NS,	LT	110kV-verbinding Nijverdal - Raalte. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES,	LT	110kV-verbinding Rijssen - Aftakpunt Rijssen. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren.</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Tubbergen - Aftak Nijverdal. Deze verbinding bestaat uit 1 lijn circuit. Het knelpunt treedt zowel op door verbruik als in periode met veel opwek door zon-pv. In alle 2050 scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	110kV-verbinding Tubbergen - Vroomshoop. Tubbergen - Vroomshoop. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt zowel op door verbruik als in periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Vroomshoop - Aftak Nijverdal. Deze verbinding bestaat uit één lijncircuit. Het knelpunt treedt zowel op door verbruik als in periode met veel opwek door zon-pv. In alle 2050 scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS	LT	110kV-verbinding Vollenhove - Zwartsluis. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Zwolle Frankhuis - Zwolle Weteringkade. Deze verbinding bestaat uit twee kabelcircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale-, Nationale-, en 2050 Europese sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur opwaarderen</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>

Scenario	Tijd	Omschrijving	Oplossing
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	110kV-verbinding Zwolle Hessenweg - Zwolle Weteringkade. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur indelen in kleinere deelnetten achter nieuw te bouwen 220/380kV-stations</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2030 Hoog, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	110kV-verbinding Zwolle Hessenweg - Zwartsluis. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel opwek door zon-pv. In alle scenario's behalve 2030KA Laag is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 110kV-infrastructuur indelen in kleinere deelnetten achter nieuw te bouwen 220/380kV-stations</li> <li>2) Conversie van duurzaam opgewekte elektriciteit naar waterstof. Deze waterstof via het gasnet transporteren</li> <li>3) Grootschalige opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit op gemeenteniveau</li> </ol>
2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	LT	220kV-verbinding Ens - Hessenweg. Ens - Hessenweg. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. Het knelpunt treedt voornamelijk op in een periode met veel duurzame opwek. Alleen in scenario 2050 Regionale- en 2050 Nationale sturing is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	
2050 RS	LT	380kV-verbinding Ens - Zwolle. Ens - Zwolle. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. In geen van de scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	
2030 Hoog, 2030 Laag, 2050 RS, 2050 NS, 2050 ES, 2050 IS	MT	380kV-verbinding Zwolle - Hengelo. Zwolle - Hengelo. Deze verbinding bestaat uit twee lijncircuits. In alle scenario's is er sprake van een overbelasting bij normaal bedrijf.	

## Bijlage 11. Karakteristieken HS/MS-stations in Overijssel

### B.11.1 Relatieve belasting van de HS/MS-stations in Overijssel (in % van maximum capaciteit)

HS/MS-station	2030 RES	2030 VAR	2050 REG	2050 NAT	2050 EU	2050 INT
Almelo Mosterdpot	85%	73%	305%	237%	121%	133%
Almelo Urenco	99%	67%	258%	199%	122%	134%
Coevorden	6%	3%	42%	34%	18%	17%
Dedemsvaart	100%	61%	644%	529%	276%	249%
Deventer Bergweide	149%	110%	466%	362%	180%	194%
Deventer Platvoet	52%	53%	187%	147%	83%	89%
Enschede van Heekstraat	69%	69%	203%	157%	75%	85%
Enschede Marssteden	92%	92%	120%	150%	153%	157%
Enschede Vechtstraat	88%	76%	349%	273%	127%	140%
Enschede Wesselerbrink	139%	141%	467%	365%	163%	181%
Goor	139%	96%	883%	718%	373%	347%
Haaksbergen	105%	79%	446%	352%	168%	148%
Hardenberg	135%	70%	659%	544%	285%	265%
Hengelo Bolderhoek	92%	93%	251%	182%	179%	190%
Hengelo Weideweg	101%	66%	434%	347%	168%	149%
Hoogeveen	1%	0%	2%	2%	1%	1%
IJsselmuiden	208%	106%	744%	602%	297%	274%
Kampen	133%	81%	439%	349%	165%	141%
Losser	202%	99%	938%	767%	404%	372%
Meppel	66%	33%	242%	197%	101%	96%
Nijverdal	94%	95%	338%	261%	154%	172%
Oldenzaal	96%	64%	405%	329%	160%	140%
Olst	182%	93%	743%	605%	313%	284%
Ommen Dante	384%	202%	1306%	1077%	571%	538%
Rijssen	149%	100%	441%	347%	159%	174%
Raalte	230%	122%	1234%	1010%	526%	490%
Steenwijk	81%	41%	354%	285%	144%	131%
Tubbergen	270%	113%	1604%	1337%	727%	693%
Vroomshoop	150%	152%	583%	445%	263%	288%
Vollenhove	169%	79%	815%	666%	348%	332%
Zwolle Frankhuisweg	116%	116%	411%	321%	160%	172%
Zwolle Hessenweg	163%	84%	352%	289%	152%	142%
Zwolle Weteringkade	90%	92%	328%	260%	120%	132%
Zwartsluis	78%	64%	378%	297%	140%	129%

### B.11.2 Piekfrequentie van de HS/MS-stations in Overijssel (aantal uren piek > maximale capaciteit per jaar)

HS/MS-station	2030 RES	2030 VAR	2050 REG	2050 NAT	2050 EU	2050 INT
Almelo Mosterdpot	0	0	1179	711	194	635
Almelo Urenco	0	0	950	480	201	522
Coevorden	0	0	0	0	0	0
Dedemsvaart	0	0	2405	2104	1095	855
Deventer Bergweide	118	73	1620	2447	3093	3613
Deventer Platvoet	0	0	488	171	0	0
Enschede van Heekstraat	0	0	534	190	0	0
Enschede Marssteden	0	0	321	3191	3700	4012
Enschede Vechtstraat	0	0	1364	947	75	735
Enschede Wesselerbrink	560	806	1591	1347	1374	2587
Goor	79	0	2762	2295	1341	1574
Haaksbergen	2	0	1814	1351	208	548
Hardenberg	50	0	2543	2164	1094	927
Hengelo Bolderhoek	950	58	3042	1209	258	136
Hengelo Weideweg	1	0	1762	1414	331	596
Hoogeveen	0	0	0	0	0	0
IJsselmuiden	719	8	3119	2507	955	758
Kampen	52	0	1778	1379	317	611
Losser	375	0	2866	2399	1474	1619
Meppel	0	0	1133	616	2	0
Nijverdal	0	0	1266	844	1154	2310
Oldenzaal	0	0	1734	1419	247	99
Olst	312	0	2502	2120	1143	922
Ommen Dante	2068	302	4222	3767	2087	1899
Rijssen	69	1	1654	1256	1013	1971
Raalte	572	358	3651	2910	2053	2771
Steenwijk	0	0	1956	1331	114	56
Tubbergen	736	47	3566	3096	2252	2726
Vroomshoop	1219	1874	2937	4180	5521	5981
Vollenhove	355	0	4040	3579	1685	1475
Zwolle Frankhuisweg	98	143	1605	1164	1524	2066
Zwolle Hessenweg	229	0	1712	1368	254	156
Zwolle Weteringkade	0	0	1240	850	215	750
Zwartsluis	0	0	1607	1064	71	126

### B.11.3 Langste piekduur van de HS/MS-stations in Overijssel (langste periode in uren dat belasting > maximum piekcapaciteit)

HS/MS-station	2030 RES	2030 VAR	2050 REG	2050 NAT	2050 EU	2050 INT
Almelo Mosterdpot	0	0	10	8	7	16
Almelo Urenco	0	0	9	8	6	10
Coevorden	0	0	0	0	0	0
Dedemsvaart	0	0	13	11	9	9
Deventer Bergweide	6	5	17	93	114	161
Deventer Platvoet	0	0	8	6	0	0
Enschede van Heekstraat	0	0	8	6	0	0
Enschede Marssteden	0	0	8	139	213	236
Enschede Vechtstraat	0	0	10	9	6	16
Enschede Wesselerbrink	14	14	11	33	22	120
Goor	5	0	16	17	23	107
Haaksbergen	2	0	11	10	7	18
Hardenberg	7	0	15	13	9	9
Hengelo Bolderhoek	9	5	16	10	7	6
Hengelo Weideweg	1	0	11	10	6	16
Hoogeveen	0	0	0	0	0	0
IJsselmuiden	38	4	42	40	9	21
Kampen	7	0	11	10	10	20
Losser	9	0	16	17	17	35
Meppel	0	0	11	9	2	0
Nijverdal	0	0	10	22	23	91
Oldenzaal	0	0	11	10	7	6
Olst	8	0	13	16	9	21
Ommen Dante	40	9	87	81	14	22
Rijssen	7	1	11	18	22	43
Raalte	8	14	42	40	47	109
Steenwijk	0	0	23	11	7	6
Tubbergen	10	5	41	20	21	94
Vroomshoop	42	78	84	109	202	378
Vollenhove	7	0	90	86	20	22
Zwolle Frankhuisweg	6	13	11	10	42	116
Zwolle Hessenweg	8	0	11	10	7	6
Zwolle Weteringkade	0	0	10	9	7	16
Zwartsluis	0	0	12	10	6	7

## Bijlage 12. Karakteristieken HS/MS-stations in flexibiliteitsanalyse Overijssel

### B.12.1 Relatieve belasting van de HS/MS-stations in Overijssel (in % van maximum capaciteit)

HS/MS-station	2050 REG	2050 REG CURT	2050 REG CURT & P2G	2050 REG CURT & W/Z
Almelo Mosterdpot	305%	253%	182%	237%
Almelo Urenco	258%	221%	176%	209%
Coevorden	42%	35%	19%	32%
Dedemsvaart	644%	553%	342%	516%
Deventer Bergweide	466%	386%	260%	362%
Deventer Platvoet	187%	169%	154%	160%
Enschede van Heekstraat	203%	181%	161%	169%
Enschede Marssteden	120%	120%	120%	120%
Enschede Vechtstraat	349%	309%	274%	288%
Enschede Wesselerbrink	467%	420%	378%	399%
Goor	883%	738%	381%	675%
Haaksbergen	446%	387%	257%	364%
Hardenberg	659%	555%	301%	511%
Hengelo Bolderhoek	251%	194%	151%	175%
Hengelo Weideweg	434%	375%	309%	356%
Hoogeveen	2%	2%	2%	2%
IJsselmuiden	744%	650%	430%	611%
Kampen	439%	397%	306%	381%
Losser	938%	786%	412%	720%
Meppel	242%	210%	129%	196%
Nijverdal	338%	291%	208%	277%
Oldenzaal	405%	354%	259%	337%
Olst	743%	630%	365%	584%
Ommen Dante	1306%	1119%	653%	1037%
Rijssen	441%	388%	286%	370%
Raalte	1234%	1042%	575%	960%
Steenwijk	354%	316%	230%	301%
Tubbergen	1604%	1300%	521%	1164%
Vroomshoop	583%	518%	408%	499%
Vollenhove	815%	719%	477%	676%
Zwolle Frankhuisweg	411%	367%	303%	356%
Zwolle Hessenweg	352%	295%	155%	270%
Zwolle Weteringkade	328%	282%	220%	270%
Zwartsluis	378%	322%	186%	298%



### B.12.2 Piekfrequentie van de HS/MS-stations in Overijssel (aantal uren piek > maximale capaciteit per jaar)

HS/MS-station	2050 REG	2050 REG CURT	2050 REG CURT & P2G	2050 REG CURT & W/Z
Almelo Mosterdpot	1179	1179	528	926
Almelo Urenco	950	950	496	730
Coevorden	0	0	0	0
Dedemsvaart	2405	2405	1546	2967
Deventer Bergweide	1620	1620	964	1402
Deventer Platvoet	488	488	293	382
Enschede van Heekstraat	534	534	292	398
Enschede Marssteden	321	321	317	283
Enschede Vechtstraat	1364	1364	1135	1282
Enschede Wesselerbrink	1591	1591	1385	1514
Goor	2762	2762	1559	3419
Haaksbergen	1814	1814	909	1941
Hardenberg	2543	2543	1276	3099
Hengelo Bolderhoek	3042	1024	1018	747
Hengelo Weideweg	1762	1762	1402	1661
Hoogeveen	0	0	0	0
IJsselmuiden	3119	3119	2301	3203
Kampen	1778	1778	1221	1777
Losser	2866	2866	1755	3587
Meppel	1133	1133	130	1211
Nijverdal	1266	1266	591	1010
Oldenzaal	1734	1734	1087	1593
Olst	2502	2502	1519	3107
Ommen Dante	4222	4222	3606	4370
Rijssen	1654	1654	1057	1489
Raalte	3651	3651	2763	3944
Steenwijk	1956	1956	997	2153
Tubbergen	3566	3566	2420	4225
Vroomshoop	2937	2937	2921	2740
Vollenhove	4040	4040	3153	3951
Zwolle Frankhuisweg	1605	1605	1231	1483
Zwolle Hessenweg	1712	1712	204	1750
Zwolle Weteringkade	1240	1240	711	1039
Zwartsluis	1607	1607	306	1667

### B.12.3 Langste piekduur van de HS/MS-stations in Overijssel (langste periode in uren dat belasting > maximum piekcapaciteit)

HS/MS-station	2050 REG	2050 REG CURT	2050 REG CURT & P2G	2050 REG CURT & W/Z
Almelo Mosterdpot	10	10	8	11
Almelo Urenco	9	9	8	10
Coevorden	0	0	0	0
Dedemsvaart	13	13	11	88
Deventer Bergweide	17	17	17	40
Deventer Platvoet	8	8	7	9
Enschede van Heekstraat	8	8	7	9
Enschede Marssteden	8	8	8	9
Enschede Vechtstraat	10	10	10	11
Enschede Wesselerbrink	11	11	10	13
Goor	16	16	14	111
Haaksbergen	11	11	10	82
Hardenberg	15	15	13	103
Hengelo Bolderhoek	16	11	11	11
Hengelo Weideweg	11	11	10	13
Hoogeveen	0	0	0	0
IJsselmuiden	42	42	42	110
Kampen	11	11	10	81
Losser	16	16	14	111
Meppel	11	11	7	42
Nijverdal	10	10	9	15
Oldenzaal	11	11	9	42
Olst	13	13	11	103
Ommen Dante	87	87	87	145
Rijssen	11	11	9	42
Raalte	42	42	42	145
Steenwijk	23	23	20	83
Tubbergen	41	41	40	146
Vroomshoop	84	84	83	92
Vollenhove	90	90	89	145
Zwolle Frankhuisweg	11	11	10	14
Zwolle Hessenweg	11	11	7	42
Zwolle Weteringkade	10	10	9	11
Zwartsluis	12	12	9	83

## Bijlage 13. Overzicht geraadpleegde partijen

Samenstelling begeleidingscommissie	
Coen Hanschke	Provincie Overijssel
M. Volkers-Schokker	Nieuwe Energie Overijssel
D. van Deursen	RES Twente/West-Overijssel
R. Marty	Enexis
P. Nieuwenhuise	TenneT
R. Cornelissen	Coteq
E. Flohr	Flohr beheer
P. Nienhuis	Gasunie

Samenstelling klankbordgroep	
Rendo	RES West-Overijssel
TenneT	RES Twente
Gasunie	Universiteit Twente
Coteq Netbeheer	Provincie Overijssel
Enexis Netbeheer (Expertiseteam)	BEON
Enexis Netbeheer (West-Overijssel)	Industrie
Enexis Netbeheer (Innovatie)	Twence
NEO cluster Industrie	Elaad
NEO cluster Infra & Warmte	
NEO cluster mobiliteit	

Samenstelling expertsessie flexibiliteit
Provincie Overijssel
Enexis
Gasunie
Enpuls
Energy21
Elaad
Berenschot
Quintel

## Bijlage 14. Bronnen

- Analysekaarten NP RES (2020). <https://www.regionale-energiestrategie.nl/ondersteuning/analysekaarten+np+res/default.aspx>
- Berenschot en Kalavasta (2020). Klimaatneutrale energiescenario's 2050.
- Berenschot en Kalavasta (2020). MKBA inpassing van zonne-energie.
- CE Delft (2014). Denktank Vernieuwing Energiemarkt
- DNV-GL (2017). Verkenning waterstofinfrastructuur.
- DNV-GL (2020). Taskforce infrastructure klimaatakkoord industrie
- Enexis (2020). Investeringsplan Enexis Netbeheer 2020 - 2030 Elektriciteit
- Enexis (2019). Eerste groen gas booster officieel in gebruik genomen.
- Enexis (2020). <https://www.enexisgroep.nl/nieuws/enexis-netbeheer-en-liander-onderzoeken-potentie-van-dimmen-zonneparken/>
- ETM (2020). <https://docs.energytransitionmodel.com/main/biomass/>
- ETM (2020). <https://refman.energytransitionmodel.com/publications/2100>
- ETM (2020). <https://refman.energytransitionmodel.com/publications/2111>
- GTS (2015). Kaart leidingsysteem GTS-HR
- IEA (2018). World Energy Outlook.
- Liander (2016). Zon en wind perfecte match op energienet
- Pondera Consult (2018). Haalbaarheidsonderzoek grootschalige wind- en zonne-energie De Kempen
- Provincie Overijssel (2019). Bestaande warmtenetten
- RVO (2018). Eindadvies basisbedragen SDE+ 2019, <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/01/Eindadvies%20basisbedragen%20SDE%202019.pdf>
- Solar solutions (2020). Stimuleer gebruik batterij bij zonnepark
- TenneT (2020). Nederlands Transportnet
- TenneT (2020). Ontwerp investeringsplan Net op land 2020 – 2029
- Tröster and Schmidt (2012). Evaluating the impact of PV module orientation on grid operation.
- Zappa, W., van den Broek, M. (2018). Analysing the potential of integrating wind and solar power in Europe using spatial optimisation under various scenarios.



## Berenschot

Berenschot is een onafhankelijk organisatieadviesbureau met 350 medewerkers wereldwijd. Al 80 jaar verrassen wij onze opdrachtgevers in de publieke en private sector met slimme en nieuwe inzichten. We verwerven ze en maken ze toepasbaar. Dit door innovatie te koppelen aan creativiteit. Steeds opnieuw. Klanten kiezen voor Berenschot omdat onze adviezen hen op een voorsprong zetten.

Ons bureau zit vol inspirerende en eigenwijze individuen die allen dezelfde passie delen: organiseren. Ingewikkelde vraagstukken omzetten in werkbare constructies. Door ons brede werkterrein en onze brede expertise kunnen opdrachtgevers ons inschakelen voor uiteenlopende opdrachten. En zijn we in staat om met multidisciplinaire teams alle aspecten van een vraagstuk aan te pakken.

### **Berenschot B.V.**

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG Utrecht

Postbus 8039, 3503 RA Utrecht

030 2 916 916

[www.berenschot.nl](http://www.berenschot.nl)

[in/berenschot](https://www.linkedin.com/company/berenschot)