



Openingsbod Groningen

Aanpak en bevindingen



Openingsbod Groningen

Aanpak en bevindingen

Dit rapport is geschreven door:

Maarten Afman (CE Delft), Marijke Meyer (CE Delft), Dorine van der Vlies (Quintel), Chael Kruij (Quintel)

Delft, CE Delft, februari 2019

Publicatienummer: 19.5256.023

Energievoorziening / Provincies / Beleid / Energieverbruik/ Vraag / Aanbod / Toekomst / Besluitvorming
VT: Rekenmodellen

Opdrachtgever: Gemeente Groningen

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maarten Afman (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

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



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding en projectbeschrijving	6
	1.1 Doel	6
	1.2 Projectbeschrijving	7
	1.3 Resultaten	7
	1.4 Volgende stappen	8
	1.5 Leeswijzer	8
2	Inhoudelijke uitkomsten - buurtniveau	9
	2.1 Hoe komen 'Energietransitiemodel' en 'CEGOIA' tot resultaten?	9
	2.2 Uitkomsten per buurt	10
	2.3 Uitkomsten analyse CEGOIA	11
	2.4 Uitkomsten analyse ETM	12
	2.5 Top-25 van overeenkomstige uitkomsten	13
	2.6 Top-25 verschillende uitkomsten	14
3	Inhoudelijke uitkomsten - perspectief nationale energiesysteem	15
	3.1 Bottom-up versus top-down: het omgaan met schaarse energiebronnen	16
	3.2 Bandbreedteanalyse eindgebruik van energie (ETM)	17
	3.3 Bandbreedteanalyse belasting elektriciteitsnetten (ETM)	19
	3.4 Afstemming tussen vraag, aanbod en de behoefte aan opslag (ETM)	20
4	Lessen uit de 'openingsbod'-aanpak	24
	4.1 Geleerde lessen met betrekking tot het openingsbod	24
	4.2 Geleerde lessen uit het werken met twee modellen	27
	4.3 Geleerde lessen - gevoeligheden	28
5	Ten slotte	31
	Bijlagen	32
A	Stuurgroep en begeleidingsgroep	33
B	Gebruikte databronnen	34
	B.1 Huidige situatie	34
	B.2 2035	34
C	CEGOIA-model in meer detail	35
	C.1 CEGOIA	35
	C.2 Buurtniveau als basis	35
	C.3 Totale keten-kosten	36



	C.4 Van investering naar jaarlijkse kosten	37
	C.5 De gebouwde omgeving	37
	C.6 Aanpak CEGOIA t.b.v. het Openingsbod	38
	C.7 Methode 'ranking' resultaten en robuustheid: normering per techniek	38
D	Aanpak Energietransitiemodel (ETM)	39
	D.1 Contextscenario en hoekvlagscenario's	39
	D.2 Stappen om tot openingsbod per buurt te komen	40
	D.3 Methode ranking resultaten	42
E	ETM - vergelijking openingsbod routekaart Groningen en 'Net voor de Toekomst'	43
	E.1 Eindgebruik	43
	E.2 Netwerkbelasting elektriciteit	44
F	Netwerkbelasting elektrisch scenario Oosterhaar	47
G	ETM-elektriciteitsproductie	48
H	Routekaart scenario	49



Samenvatting

In de gemeente Groningen is een bijzonder project uitgevoerd. Twee onderzoeksbureaus hebben met twee energietransitierekenmodellen samengewerkt om ‘bottom-up’ te rekenen aan de energietransitie in de gebouwde omgeving op buurniveau. Dit in opdracht van de actief betrokken opdrachtgevers - gemeente Groningen, Enexis, en GTS - en samen met een brede klankbordgroep. Deze rapportage behandelt de belangrijkste inhoudelijke inzichten en de ervaringen met de openingsbodaanpak (en het werken met modellen).

Hoofddoel van het ‘Openingsbod Groningen’

De hoofddoelstelling van het project is een startpunt ontwikkelen van de Transitievisie Warmte en de wijkenergieplannen voor alle buurten. Met het ‘openingsbod’ voor de wijk wordt een startpunt voor de transitie aangereikt: per wijk, de verduurzamingsrichting die op basis van de nu bekende informatie, het beste past bij de situatie in en om de wijk. De duidelijkheid die daardoor ontstaat versnelt het proces om te komen tot definitieve plannen per wijk.

Het openingsbod geeft een eerste invulling en staat niet vast. De gemeente, de bewoners, corporaties, installateurs, bedrijven, financiers, netbeheerders en andere stakeholders kunnen ermee aan de slag om uiteindelijk samen de ‘Transitievisie Warmte’ te maken.

Of het openingsbod altijd en voor iedere wijk klopt weten we niet. We ontkomen er niet aan om aannames te doen over verwachte ontwikkelingen. Dat hoeft ook niet erg te zijn - immers we kunnen en hoeven ook niet met alle wijken en buurten vandaag al te beginnen, de start zal zijn in de wijken waar we zeker(der) zijn over voorkeursoptie voor de warmtetransitie in die buurt.

Inzichten openingsbodaanpak en het werken met twee modellen

Het tweede doel van het project is te leren over de openingsbodaanpak en het werken met twee modellen. In dit project is ervoor gekozen om het openingsbod met twee energietransitie-rekenmodellen (CEGOIA en ETM) in te vullen. Dit omdat we weten dat het openingsbod onzeker is. Zo kunnen we de robuustheid van uitkomsten nader onderzoeken en onderbouwen.

In het project is een groot aantal lessen geleerd. De meest belangrijke inzichten zijn:

- Zowel robuuste als onzekere uitkomsten zijn zeer leerzaam en geven input voor de plannen op buurniveau.
- Het werken met meerdere modellen, ieder met een eigen proces en insteek, biedt duidelijk meerwaarde om die zekerheden en onzekerheden gestructureerd te verkennen.
- Een goed uitgewerkt omgevingsscenario is belangrijk voor het vaststellen van randvoorwaarden waarmee modellen gaan rekenen. Het is belangrijk om ervoor te zorgen dat de maatregelen op buurniveau passen in de plannen van de omgeving.
- Veel van de rekenmodeluitkomsten zijn gevoelig voor aannames, verwachte ontwikkelingen van energieprijzen, techniekkosten en dergelijke. Deze kunnen voor een deel volgen uit een dergelijk omgevingsscenario. Aannames en gevoeligheden zijn belangrijk om in acht te nemen, omdat op de langere tijdschalen de onzekerheden wezenlijk zijn. Voor de impact van de buurten op het energiesysteem is het ook belangrijk om bandbreedtes te verkennen rond de modeluitkomsten.
- Modellen kunnen de toekomst niet volledig uitrekenen.

Inzichten over uitkomsten per buurt

Beide modellen hebben voor alle buurten een voorkeurstechnologie aangewezen met een indicatie van zekerheid van die voorkeur. Tevens is hiermee een top-25 van overeenkomstigste uitkomsten en een top-25 van verschillende uitkomsten gemaakt.

Figuur 1 - Uitkomsten CEGOIA met zekerheid (links) en ETM-openingsbodscenario (rechts)



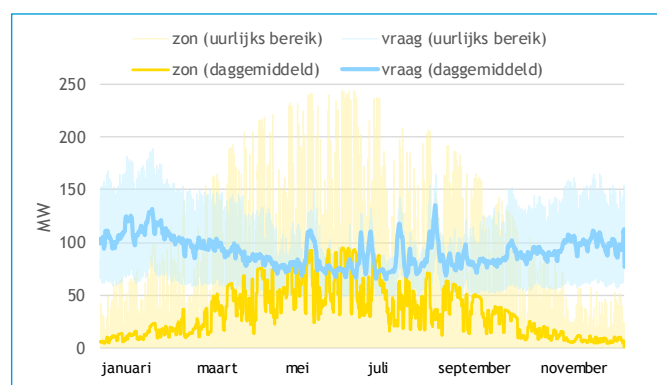
Inzichten over impact op energie-infrastructuur in de buurten

Ongeacht de gekozen verwarmingstechnologie lijkt netverzwaring voor elektriciteit in alle buurten nodig, dit komt met name door de beoogde zon-PV. De impact van (veel) meer all electric-buurten op de vraag naar elektriciteit is verhoudingsgewijs relatief klein. Gaan de onzekere buurten echter hybride warmtepompen gebruiken of een warmtenet, dan zorgt dat, t.o.v. toepassing van all electric, voor een flink hogere vraag naar respectievelijk (groen) gas en warmte. Bij warmte moet een warmtenet aangelegd worden. Voor de gasnetten is de capaciteit van de gasnetten voldoende, maar voor duurzame gassen moeten wel (beperkte) aanpassingen worden gedaan.

Inzichten over impact op het regionale en landelijke energiesysteem

De oplossingen die op buurtniveau worden gekozen hebben impact op het energiesysteem in de omgeving van de buurt (op hogere schaalniveaus) en keuzes die daar moeten worden gemaakt. In het doorgerekende scenario is aangenomen dat er veel zon-PV op de daken zal zijn opgesteld. Het seizoensafhankelijke karakter hiervan maakt import van elektriciteit tijdens verreweg de meeste uren in de winter en lente/herfst nodig om aan de vraag naar elektriciteit te voldoen (Figuur 2).

Figuur 2 - Mismatch vraag/aanbod elektriciteit buurten



In het project is de aandacht vooral uitgegaan naar het invullen van het openingsbod, bottom-up vanuit de buurt. Er is niet in beeld gebracht hoeveel van die afstemming op buurtniveau kan worden gerealiseerd met flexibiliteitsopties binnen de stad (opslag, etc.) iets dergelijks kan in volgende 'openingsbodstudies' of 'energiesysteemstudies' wel meer aandacht krijgen.

1 Inleiding en projectbeschrijving

Versnelling van de energietransitie in de gebouwde omgeving is nodig. Het is mogelijk te versnellen als duidelijk wordt wáár (in welke buurten) het beste kan worden begonnen met deze transitie. Maar dat niet alleen. Door de veelheid aan mogelijke opties weten bewoners en bedrijven niet waar ze op moeten voorsorteren, en daardoor weet bijvoorbeeld ook de netbeheerder niet welke infrastructuresen zij moet aanleggen.

Daarom is het belangrijk om duidelijkheid te creëren: welke oplossingen zijn kansrijk? Dit vraagstuk moet op buurtniveau worden bekeken, omdat het sterk samenhangt met de situatie in de buurt. De geschikte oplossingen hangen samen met het soort bebouwing (met factoren als omvang, schilkwaliteit, huidige warmtetechnieken, eigendom en ouderdom), de dichtheid van de bebouwing, beschikbare ruimte boven- en ondergronds, de afstand tot eventuele warmtebronnen en sociale, sociaaleconomische aspecten (lopen er initiatieven, enthousiaste wijkbewoners of juist weinig draagvlak, hoe houden we het betaalbaar).

1.1 Doel

Het project 'Openingsbod Groningen' wil invulling geven aan het te automatiseren deel van het maken van plannen voor de buurten. Per buurt wordt een startpunt voor de transitie aangereikt: de verduurzamingsrichting die, op basis van de nu bekende informatie, het beste past bij de situatie in en om de wijk. De duidelijkheid die daardoor ontstaat versnelt het proces om te komen tot definitieve plannen per wijk.

Het openingsbod geeft een eerste invulling en staat niet vast. De gemeente, de bewoners, corporaties, installateurs, bedrijven, financiers, netbeheerders en andere stakeholders kunnen ermee aan de slag om uiteindelijk samen de 'Transitievisie Warmte' te maken.

Het openingsbod wordt opgesteld voor alle buurten in de gemeente Groningen (inclusief Ten Boer en Haren). We onderzoeken hierbij de hoofdscenario's (oplossingsrichtingen) voor de buurt-energiesystemen.

Aanvullende doelstellingen zijn:

- Duiden en uitwerken van de samenhang tussen lokale/regionale en bovenregionale aspecten: welke zijn meegenomen, welke niet en hoe beïnvloedt dat de 'bottom-up' mogelijkheden van de buurten?
- Leren uit dit project als een eerste casus voor de 'openingsbodaanpak' waarin de uitkomsten van meerdere modellen worden gebruikt: welke mate van automatisering is er mogelijk?; wat zijn de onzekerheden die blijven?; welke mate van lokaal maatwerk is nodig?; wat zijn de inzichten die het werken met meerdere modellen oplevert?
- Bijdragen aan optelbare en vergelijkbare resultaten, in het kader van de landelijke energietransitiescenario's (bijvoorbeeld 'Net voor de Toekomst'), de uitwerking van de gebouwde omgeving in het kader van regionale energiestrategieën en systeemstudies, en de reeds genoemde Transitievisie Warmte.

Of het openingsbod altijd en voor iedere wijk klopt weten we niet. We ontkomen er niet aan om aannames te doen over verwachte ontwikkelingen. Dat hoeft ook niet erg te zijn - immers we kunnen de transitie starten in wijken waar we zeker(der) zijn over voorkeurs-optie voor de warmtetransitie in die buurt. Om verder grip te krijgen op de relatieve zeker- en onzekerheden en te leren voor de openingsbodaanpak, is gekozen om te werken met twee energietransitie rekenmodellen in parallel: CEGOIA en ETM.

1.2 Projectbeschrijving

Opdrachtgevers zijn de gemeente Groningen, Enexis en Gasunie Transport Services, die allen vanuit verschillende invalshoeken naar dit vraagstuk kijken en gezamenlijk opdracht aan Quintel en CE Delft hebben verstrekt. Groningen was de algemene projectleider. De gemeente wil aan de slag met de Transitievisie Warmte - wijkenergieplannen op buurt-niveau. Enexis en GTS zijn geïnteresseerd in de energie-infrastructuurbehoefte, hoe infrastructuur wordt meegenomen in de plannen, en hoe de samenhang met de regionale en nationale energietransitie eruitziet.

Een stuurgroep van de opdrachtgevers heeft meegedacht met de projectopzet. Gedurende het project zijn een tweetal bijeenkomsten van de klankbordgroep georganiseerd en tussentijdse (telefonische) bijeenkomsten. Aan de klankbordgroepbijeenkomsten heeft een bredere groep van de gemeente Groningen, Enexis en GTS, Quintel en CE Delft ook Enduris, Stedin, Alliander en Enpuls deelgenomen.

Figuur 3 - Tweede klankbordgroepbijeenkomst



1.3 Resultaten

Het project heeft geresulteerd in concrete input voor de transitieplannen op wijk/buurt-niveau, via de inzet van twee energietransitie-rekenmodellen is een openingsbod per buurt gecreëerd.

Verder is er een groot aantal lessen geleerd, over onderwerpen als:

- Wat zijn de robuuste uitkomsten, en wat maakt een uitkomst robuust?
- Wat betekent een zekere modeluitkomst, en wat een onzekere?
- Wat zijn onderlinge afhankelijkheden tussen buurtenergieplannen?
- Welke bovenregionale aspecten en nationale systeem-aspecten zijn van wezenlijk belang? Hoe kunnen die worden meegenomen?
- Wat kunnen we leren van het werken met twee modellen?
- Wat zijn de grootste gevoeligheden in de modelberekeningen en modelresultaten?
- Hoe kunnen ontwikkelingen in 'onzekere' buurten met bandbreedtes worden verkend?

Dit rapport heeft als doel om de inzichten op deze punten kort weer te geven. Dit valt uiteen in inzichten op de aanpak, en inhoudelijke inzichten - beiden komen aan bod.

1.4 Volgende stappen

De volgende stap is de inzichten verder te brengen tot de Transitievisie Warmte en energieplannen op buurtniveau, en vervolgens aan te geven welke van de Groninger buurten nog vóór 2030 van het gas af gaan - dat is een onderdeel van de transitievisie warmte. In deze vervolgstappen moet per buurt nog een slag dieper ingegaan worden op de oplossingen, en dat samen met bewoners en stakeholders. Als zo een definitieve transitievisie warmte kan worden vastgesteld, dan hebben de gemeente, de bewoners, corporaties, installateurs, bedrijven, financiers, netbeheerders en andere stakeholders de gewenste duidelijkheid om aan de slag te gaan.

1.5 Leeswijzer

Als eerste gaan we de inhoud in: Hoofdstuk 2 behandelt de uitkomsten van de modelberekeningen voor de buurten - de inhoud van het Openingsbod. Daarbij gaan we ook in op de verschillen in de benadering tussen de modellen. Hoofdstuk 3 gaat in op de resultaten vanuit het perspectief van het gehele energiesysteem.

De belangrijkste lessen uit de openingsbodaanpak zijn het onderwerp van Hoofdstuk 4. Dit zijn lessen die voor alle partijen relevant zijn die met modellen rekenen aan de warmtetransitie en nadenken over een dergelijke modelaanpak.

De bijlagen gaan nader in op details en uitwerkingen met de modellen.

Naast de bijlagen is een rekentool gemaakt voor de gemeente Groningen waarmee de inzichten op buurtniveau zijn te bestuderen en waarmee aanvullende berekeningen kunnen worden gemaakt.

2 Inhoudelijke uitkomsten - buurtniveau

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van de modellen kort toegelicht. Als eerste staan we stil bij hoe CEGOIA en ETM tot resultaten komen. Vervolgens behandelen we de uitkomsten per model. Daarna gaan we in op een top-25 van overeenkomstige robuuste uitkomsten en tot slot op de belangrijkste verschillen.

Tevens is een rekentool van de modeluitkomsten aan de opdrachtgevers ter beschikking gesteld. In de rekentool zijn nadere analyses op de ETM- en CEGOIA-resultaten te maken en dit biedt meer inzicht in de berekeningen.

2.1 Hoe komen ‘Energietransitiemodel’ en ‘CEGOIA’ tot resultaten?

De methoden waarop de modellen tot een uitkomst per buurt komen verschilt. Bij het ETM zit de gebruiker aan de knoppen. De gebruiker stelt het model in en bewaakt of de uitkomsten, die door het model worden uitgerekend, binnen de randvoorwaarden vallen. CEGOIA optimaliseert op basis van zo laagst mogelijke totale kosten, binnen de beperkingen. Tabel 1 zet een aantal kenmerken van beide modellen op een rij. Meer informatie over de methodes is te vinden in de Bijlagen C en D.

Tabel 1 - Verschillen en overeenkomsten Energietransitiemodel en CEGOIA

	Energietransitiemodel	CEGOIA
Beschrijving	Het Energietransitiemodel (ETM) is een onafhankelijk, uitgebreid, en op openbaar beschikbare data gebaseerd open source energiemodel waarmee energiesystemen zijn door te rekenen.	Het CEGOIA-model is een technisch-/economisch en energetisch-ruimtelijk model dat een grote hoeveelheid aan mogelijke oplossingen voor duurzame buurtenergiesystemen doorrekent. Het model beoordeelt binnen de gestelde randvoorwaarden de kosten-efficiëntste klimaatneutrale invulling van de warmtevoorziening.
Methode	Gebruiker beredeneert op basis van lessen en uitkomsten van eerdere trajecten welke warmtetechnologie waar wordt ingezet. Het ETM rekent de gevolgen van keuzes uit.	Vergelijken van een groot aantal opties en vrijheidsgraden, en van daaruit optimaliseren tot de meest kostenefficiënte invulling van een klimaatneutrale warmtevoorziening, per buurt, waarbij het bredere energiesysteem wordt meegenomen.
Scope	Omvat het hele energiesysteem.	Nadruk op energievraagstuk gebouwde omgeving - speciaal warmte. Integrale kostenberekening over de ‘warmteketen’: opwek - infrastructuur - gebouwaanpassingen inclusief isolatie - gebouwopwek & afgiftesysteem.
Tijd	Zichtjaar, uurlijkse tijdsresolutie voor berekeningen netcapaciteit.	Zichtjaar of tijdspad, capaciteitsberekeningen infrastructuur met kentallen.
Data	Inventarisatie huidige situatie afgestemd met opdrachtgevers.	Inventarisatie huidige situatie afgestemd met opdrachtgevers.
CO ₂ -reductie	Diverse gradaties van CO ₂ -reductie in beeld te brengen.	Ontwikkeld voor perspectief op een CO ₂ -/klimaatneutrale warmtevoorziening.

Het is duidelijk dat het andere modellen zijn, met een andersoortige modelfilosofie. Wel is van belang dat we in dit project een aantal zaken hebben afgestemd. Dat zijn:

- Doel: klimaatneutrale, duurzame invulling van de energievraag van de gebouwde omgeving.
De rekenmodellen baseren zich op vergelijkbare, gedragen criteria. Dit zijn bijvoorbeeld een verstandig omgaan met de schaarse bronnen, volledig klimaatneutrale, duurzame oplossingen, lage milieuschadelijke emissies, zo laag mogelijke kosten voor het totaal van alle bewoners en eindgebruikers, en comfort voor de bewoner en eindgebruiker.
- Databronnen: energiegebruiksgegevens op buurtniveau; geplande stadsontwikkelingen, corporatiebezit, blokverwarming, zon-PV, etc.
- Contextscenario: beschikbaarheid groengas, restwarmte, geothermie.
- Afstemming technieken: doorrekening voor voornaamste 'hoekvlakscenario's' - groengas/hybride; all electric; HT-warmtenet.

De gebruikte data is grotendeels openbaar. Dit is aangevuld met specifieke informatie (bijvoorbeeld van gemeente Groningen). Aannames over 2035 zijn gebaseerd op ECN, PBL en CE Delft. Aannames over beschikbaarheid van brandstoffen zijn overgenomen uit de Routekaart Groningen energieneutraal.

De kosten van technieken, infrastructuur en dergelijke zijn niet geharmoniseerd; dit is niet noodzakelijk omdat deze geen directe invloed hebben op de voorkeur van het Energietransitiemodel.

2.2 Uitkomsten per buurt

Er zijn per buurt twee modeluitkomsten. Deze kunnen overeenstemmen of verschillen. Tevens is er voor beide uitkomsten ook een bepaalde robuustheid die ook inzichten biedt. Voor beide modellen is een methode ontworpen om een volgorde (ranking) van robuustheid van de uitkomsten te maken, steeds vanuit het perspectief van het betreffende model.

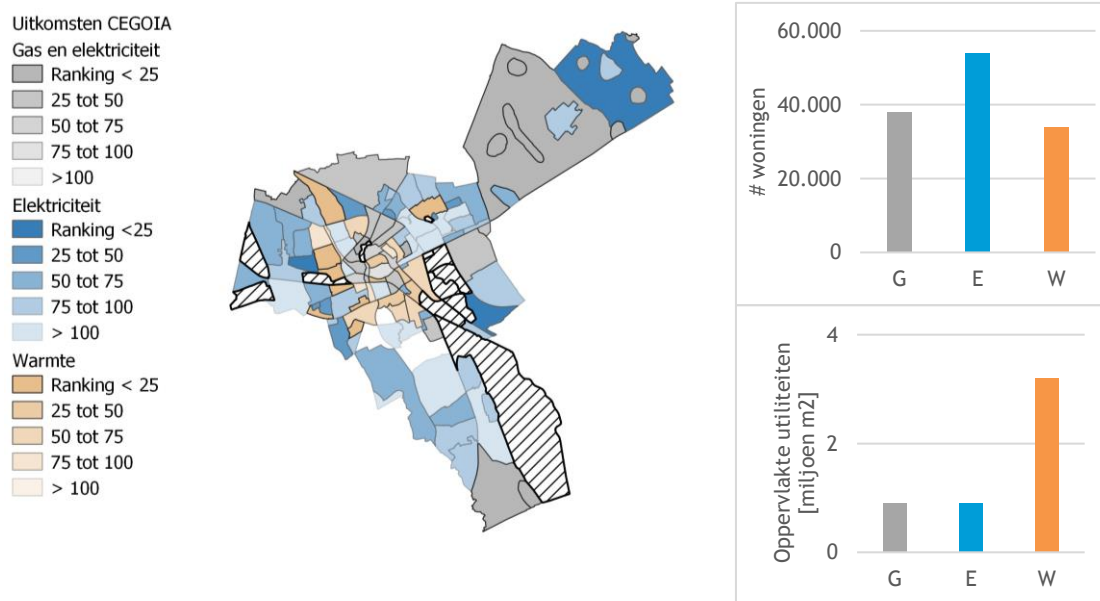
De manier waarop naar robuustheid wordt gekeken verschilt. Voor CEGOIA is gekeken naar de kostenafstand tussen de goedkoopste en één-na-goedkoopste optie per buurt. Voor het ETM is de zekerheid berekend op basis van de homogeniteit van de onderliggende buurt- en woningkarakteristieken die gebruikt is in de keuzematrices. Een homogene buurt wat betreft buurt- en woningkarakteristieken is bijvoorbeeld een buurt die alleen maar bestaat uit jaren '70-rijwoningen. Een niet-homogene buurt is een vooroorlogse buurt die voor een deel is verjongd, en diverse woningtypen bevat (gestapeld, rijwoning, portiek) én utiliteitsgebouwen bevat.

Hieronder behandelen we de resultaten per model, eerst de CEGOIA-resultaten, vervolgens die van het ETM. De resultaten van de modellen worden zo getoond in vijf segmenten, naar gelang de robuustheid van de uitkomst (de robuustheid wordt in de kaart getoond door duidelijker of minder duidelijke kleurnuances te gebruiken).

N.B. Er zijn 131 buurten; een ranking < 25 is het meest zeker (de 'top-25').

2.3 Uitkomsten analyse CEGOIA

Figuur 4 - Uitkomsten analyse CEGOIA

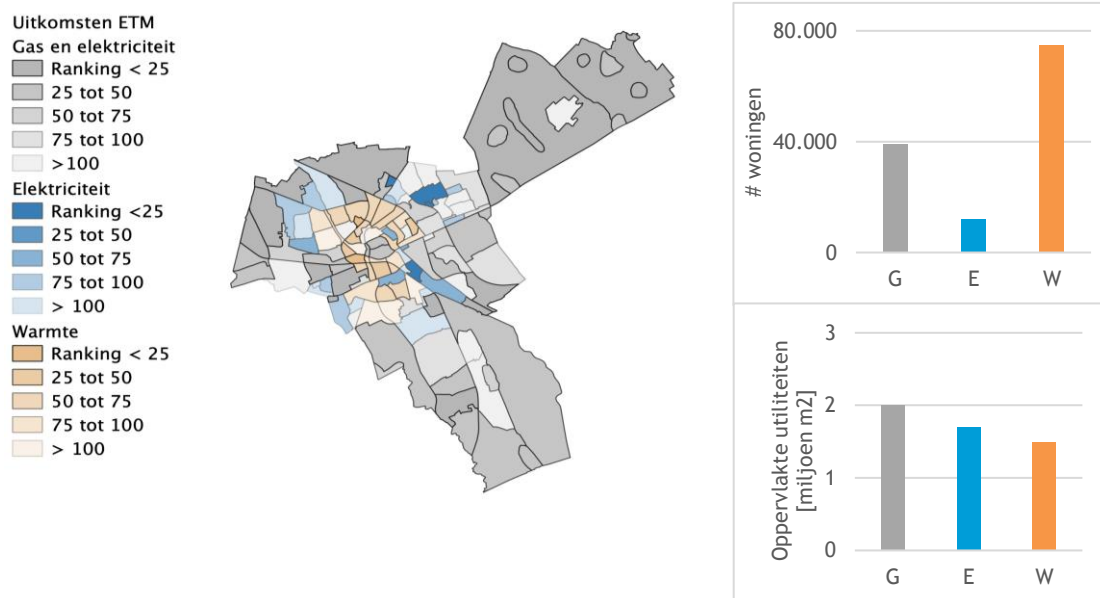


CEGOIA laat in de doorrekening voor 2035 een warmtenet in een ring om de stad zien, en kiest voor ongeveer de helft van de woningen een all electric-oplossing. Hybride (gas en elektriciteit) oplossingen zijn te vinden in de buurten rond de Noorderplantsoenbuurt, Hortusbuurt, en het buitengebied, waar deels ook wel voor all electric gekozen wordt. Bij CEGOIA wordt een groot deel van de utiliteit aangesloten op het warmtenet. De CEGOIA-kostenoptimalisatie neemt voor een warmtenet zowel woningen als utiliteit mee.

Noot: gearceerde gebieden is industrieterrein of een terrein met slechts enkele verspreide huizen. In deze CEGOIA-berekening konden deze niet worden doorgerekend.

2.4 Uitkomsten analyse ETM

Figuur 5 - Uitkomsten analyse ETM

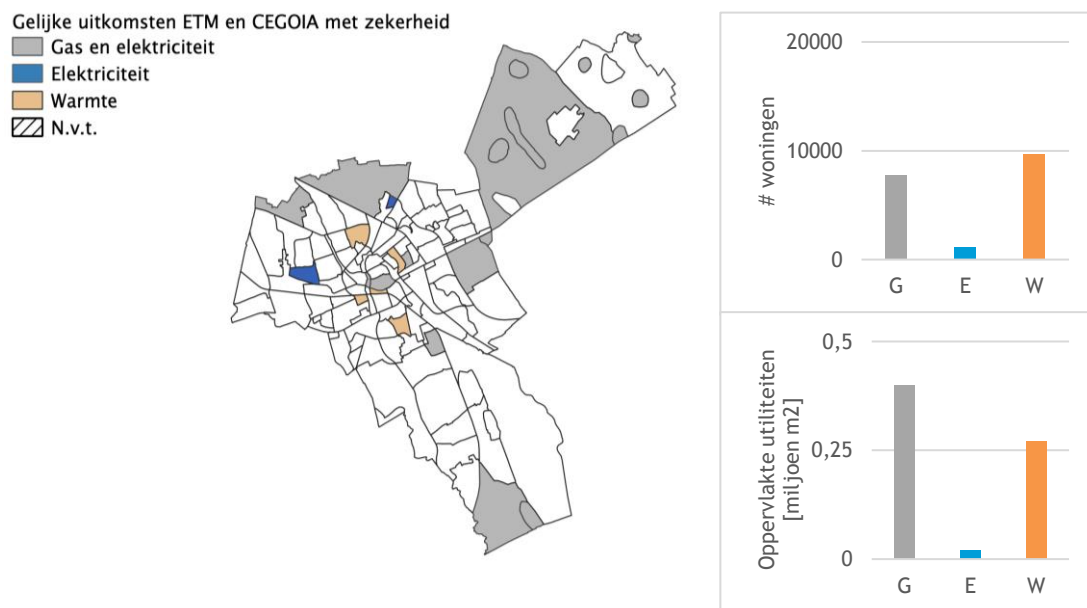


De methode waarbij het Energietransitiemodel is ingezet, komt op grond van op de routekaart gebaseerde keuzematrixes voor een warmtenetoplossing in een geconcentreerd gebied dicht op de oude stadskern. Elektriciteit wordt ingezet in buurten met nieuwe woningen en grote utiliteitspanden (zoals ziekenhuizen). Buurten met oudere woningen en dunnere gebouwdichtheid maken gebruik van hybride technologieën (elektriciteit en groengas).

2.5 Top-25 van overeenkomstige uitkomsten

De zekerheidsrankingen van de modellen zijn ook gebruikt om een gecombineerde ranking van de twee sets aan modellenresultaten te maken. We presenteren op basis daarvan een 'top-25' van de 131 buurten waarbij de modellen dezelfde voorkeur hebben en beiden vrij zeker zijn van die voorkeur.

Figuur 6 - Top-25 zekere uitkomsten

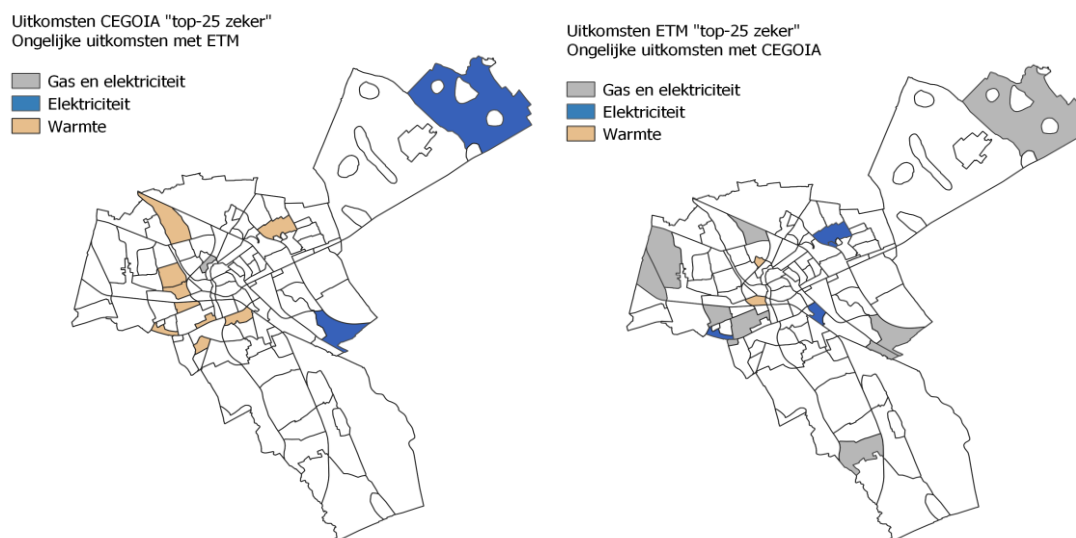


Er is relatief veel zekerheid over groengasuitkomst, en over ongeveer vijf warmtenetbuurten (10.000 woningen en ongeveer 1.600 utiliteit woningequivalenten van 150 m²).

2.6 Top-25 verschillende uitkomsten

Het is ook interessant om te kijken naar ongelijke uitkomsten. Voor beide modellen is voor de top-25 van meest zekere uitkomsten volgens de zekerheidsranking van het betreffende model gekeken naar de mismatch met het andere model.

Figuur 7 - Discrepantie tussen top-25 zekere uitkomsten van beide modellen en de uitkomst van het andere model



We zien een aantal belangrijke verschillen. Er zijn bij beide modellen circa 10-15 buurten als robuust beoordeeld, waar de uitkomst toch wezenlijk verschilt met het andere model. Tevens zijn er enkele buurten waar de robuustheid in beide modellen hoog is, maar de uitkomst toch verschilt (Kardingen, verspreide huizen ten noorden van het Eemskanaal, Roodehaan).

- In een buurt als Kardinga staan enkele grote utiliteitscomplexen (sport en bijeenkomst-functie). ETM kiest voor all electric omdat 3/4^e van de utiliteitsgebouwen een bouwjaar recenter dan 1995 hebben. In de CEGOIA-berekening wordt uitgerekend dat een warmtenetoplossing ongeveer 20% goedkoper per jaar kan zijn, en kiest dus voor een warmtenet. Daarbij is een factor dat de lengte van het tracé relatief beperkt is, de omvangrijke infrastructuurinvestering pakt goedkoper uit dan het vergaand isoleren van de complexen en realiseren van warmtepompen. CEGOIA rekent hier met gebruiksgegevens dat het vooral Label G utiliteit is.
- In de buurt 'Verspreide huizen ten noorden van het Eemskanaal' staan enkele tientallen woningen, in meerderheid vooroorlogs en slecht geïsoleerd. CEGOIA komt op all electric, het beschikbare groene gas kan beter in andere buurten ingezet worden. ETM komt voor dit type woningen op hybride op grond van de keuzematrix.

Wat leren we hieruit? Verschillen in uitkomsten van modellen komen voor. Dit betekent wat ons betreft niet dat het ene model tot een juistere uitkomst komt dan het andere model. Dit komt vanwege de verschillende rekenregels en benaderingen van modellen. Alle modellen laten bepaalde data buiten beschouwing, en rekenen met een ander perspectief aan hetzelfde vraagstuk. Als men slechts een enkel model zou gebruiken, ook als men heel veel tijd en energie in dat model stopt om zo goed mogelijke data te gebruiken, dan zal toch een bepaalde blindheid ontstaan.

3 Inhoudelijke uitkomsten - perspectief nationale energie- systeem

De transitie in de warmtevoorziening van de gebouwen in Groningen is onderdeel van de nationale energietransitie. Zij draagt bij aan de nationale energietransitie, maar wordt ook beïnvloed door mogelijkheden en onmogelijkheden, en randvoorwaarden, op landelijke schaal. Daarom kijken wij in dit hoofdstuk naar de resultaten van het openingsbod vanuit het perspectief van het landelijke energiesysteem.

Een eerste aspect heeft te maken met de verschillende perspectieven voor het kijken naar de energietransitie in een buurt:

- Een perspectief dat we ‘bottom-up’ noemen. Er wordt gekeken naar de eigenschappen van de buurt, de gebouwen in de buurt, de energieoplossing voor de buurt is geoptimaliseerd op de eigenschappen van die buurt en is financieel gunstig voor die buurt.
- Een perspectief dat we ‘top-down’ noemen. Welke oplossing van de buurt zou het meest verstandig zijn als we redeneren vanuit het slim inzetten van bepaalde bronnen, slim omgaan met beperkingen?

Deze perspectieven zullen vaak op andere uitkomsten komen. Het openingsbod is een ‘bottom-up’ perspectief waarbij elementen van ‘top-down’ zijn meegenomen (zoals dat er niet onbeperkt groengas beschikbaar zal zijn).

Een tweede relevant aspect dat we in dit hoofdstuk beschouwen is hoe de uitkomsten van het openingsbod het nationale energiesysteem raken. Partijen als nationale netwerkbeheerders en planbureaus willen de uitkomsten van de buurtenergieplannen eerst op regionale en dan op nationale schaal kunnen optellen, omdat zij hun infrastructuur geschikt moeten maken voor de transitie. Mochten bepaalde ontwikkeling voor grote uitdagingen zorgen, dan is het belangrijk om dat op tijd te weten. Dit is ook relevant voor de provincie of de gemeente.

Vragen die hier spelen:

- Wat is de opgetelde impact van het openingsbod op finaal energiegebruik?
- Wat is de impact op het gebruik van de elektriciteitsnetten (piekbelasting)?

Bij dit stuk analyse is het nodig om met bandbreedtes te werken. Het optellen van één set uitkomsten (van één model) levert immers maar beperkt inzicht op: voor een groot deel van de buurten is er nu (in dit stadium van de energietransitie) nog geen zekere keuze mogelijk. De bandbreedte is onderzocht door te kijken naar hoe de uitkomst verandert als buurten waarvoor de uitkomst het meest onzeker is, allemaal zouden kiezen voor warmtenet, de groengas hybrideoplossing, en de all electric-oplossing.

Opmerking: het gestructureerd gevoeligheden verkennen kan met één model, maar het werken met meerdere modellen levert een extra perspectief op de gevoeligheden, te weten degene die met de modeluitgangspunten te maken hebben. Dat aspect is in het vorige hoofdstuk al aan de orde geweest, de bandbreedtes in dit hoofdstuk met het ETM gegenereerd.



Een derde element dat belangrijk is voor de interactie tussen bottom-up en top-down is de afstemming tussen energievraag, en -aanbod, met name als er een grote mismatch zal ontstaan tussen het moment van energieopwekking en energieafname. Het is aannemelijk dat in Groningen en ook in de omgeving van Groningen volatiele bronnen (zon en wind) belangrijk worden in de elektriciteitsproductie. De elektriciteitsvraag (voor warmtepompen) volgt niet het patroon van de productie van zon-PV en wind, maar het patroon van de buitenluchttemperatuur. Hoe matchen vraag en aanbod dan? Hoeveel opslag (bijvoorbeeld in waterstof) is nodig voor gemeente Groningen?

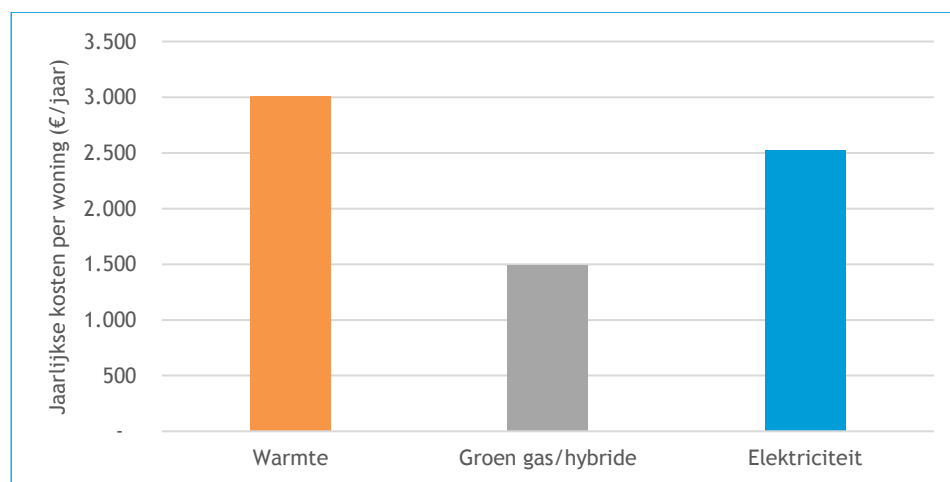
Daarnaast hebben we de uitkomsten van de routekaart en (bandbreedtes van) het openingsbod vergeleken met elkaar en met een projectie van 'Net voor de Toekomst'-scenario's op gemeente Groningen. Meer informatie hierover staat in het bijlagenrapport.

3.1 Bottom-up versus top-down: het omgaan met schaarse energiebronnen

Het eerste aspect in de categorie 'bottom-up' vs 'top-down' is het perspectief rond hoe met schaarse energiebronnen wordt omgegaan.

We beschouwen dit vraagstuk door naar groengas te kijken. Figuur 8 toont de mediane jaarlijkse kosten van de duurzame warmteoplossing voor alle buurten, zoals met het CEGOIA-model bepaald. Bij de huidige verwachtingen voor energieprijzen van groengas, elektriciteit en dergelijke, is de groengas/hybride-oplossing verreweg de goedkoopste oplossing. Dit geldt voor de integrale kosten die het model berekent, maar ook voor de kosten die de eindgebruiker moet maken.

Figuur 8 - Gemiddelde (mediane) jaarlijkse kosten per woning voor de verschillende soorten warmteoplossing (gemiddelde voor alle buurten in Groningen) (kosten zijn de jaarlijkse kosten)



Vanuit een bottom-up-perspectief, het perspectief van de buurt, is het financieel gezien dus het meest aantrekkelijk om voor een groengasoplossing (hybride of zelfs alleen groengas stoken) te kiezen.

Dat geldt voor eigenlijk alle buurten. Dus als er 'puur' en uitsluitend bottom-up wordt geredeneerd, is dat de uitkomst.

Het probleem hiermee is echter dat er zeer waarschijnlijk niet voldoende groengas beschikbaar zal zijn (tegen een aantrekkelijk tarief). Vanuit het top-down-perspectief is het dus niet mogelijk, en tevens niet wenselijk dat alle buurten denken dat zij groengas zullen gaan inzetten.

In het CEGOIA-model is hiervoor gecorrigeerd door de groengasoplossing alleen aan buurten toe te wijzen waar de kosten van alternatieve warmteoplossing relatief het hoogst zijn, dit is een optimalisatieslag op basis van totale maatschappelijke waarde. Ditzelfde is ook gedaan voor de verdeling van HT-restwarmte van de industrie. Dit is dus een combinatie maken van bottom-up-en top-down-perspectieven.

In de berekeningen voor ETM en CEGOIA zijn de schaarse bronnen als volgt beperkt:

- de hoeveelheid groengas voor de gehele gemeente: 1 PJ (LHV)¹;
- het HT-warmtenet wordt gevoed met geothermie²;
- toedeling op basis van kosten/toegevoegde waarde (CEGOIA);
- toedeling op basis van bebouwing in de buurten (ETM).

Om schaarse bronnen daar in te zetten waar zij de meeste toegevoegde waarde leveren, zal een verdelingsmechanisme nodig zijn. Groengas kan natuurlijk duurder worden dan nu verwacht, maar of dat als rechtvaardig wordt ervaren moet nog blijken.

(Groene) elektriciteit is in beide analyses niet beperkt.

3.2 Bandbreedteanalyse eindgebruik van energie (ETM)

Voor de analyse van bandbreedtes in totale finale energievraag is eerst de energievraag van alle buurten opgeteld, voor de voorkeursoplossing per buurt van de buurten (ETM-model-resultaten).

Daarnaast zijn enkele bandbreedtes onderzocht door te kijken naar hoe de uitkomst verandert als buurten waarvoor de uitkomst het meest onzeker is, allemaal zouden kiezen voor warmtenet, de groengas hybride-oplossing, of de all electric-oplossing. We zijn ervan uitgegaan dat alle buurten met een zekerheidsgraad van kleiner dan 75% 'onzeker' zijn.

Figuur 9 toont dit resultaat voor finaal energiegebruik: de som van het eindgebruik van de gebouwde omgeving voor het routekaartscenario, het openingsbod en de drie onderzochte bandbreedtes.

Het effect op eindgebruik van elektriciteit is relatief klein als de onzekere buurten naar all electric gaan. Een verklaring hiervoor is dat de stijging van elektriciteitsgebruik absoluut gezien laag is door de combinatie van isolatie en efficiënte elektrische warmtepompen als buurten all electric worden.

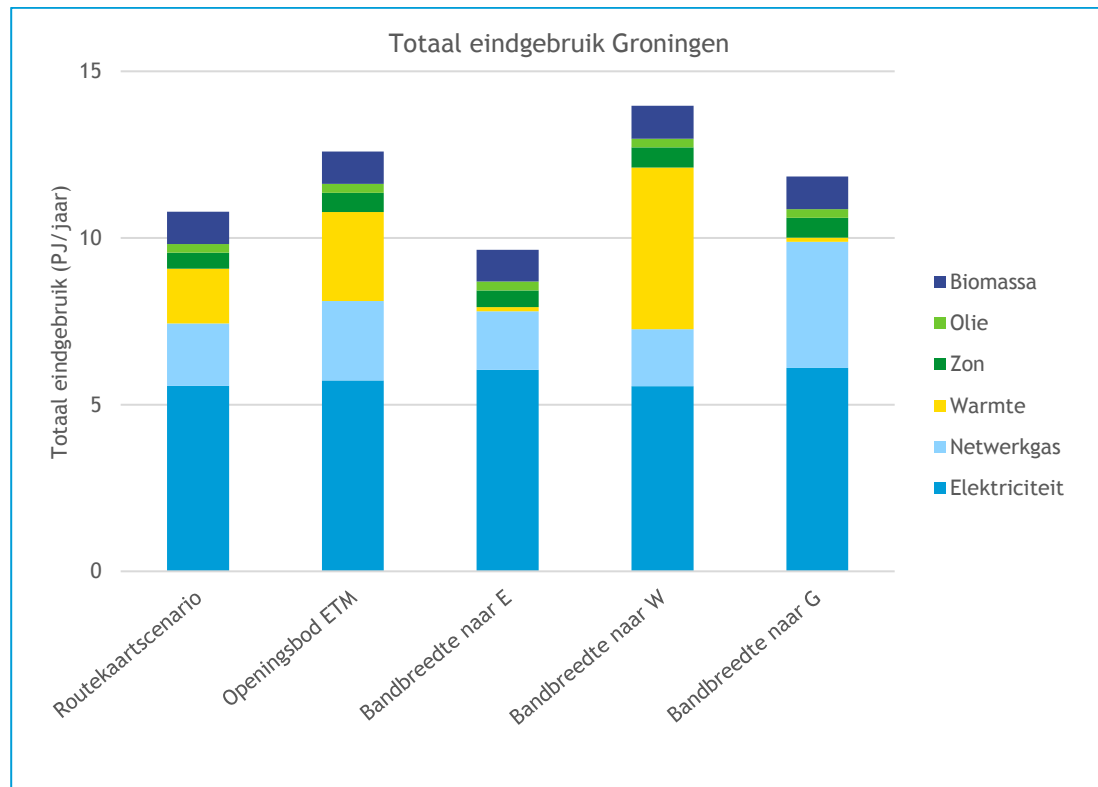
Daar komt bij dat elektriciteitsverbruik van warmtepompen relatief klein is tegenover gebruik in andere sectoren (elektrische auto's en industrie). Gaan de onzekere buurten echter hybride warmtepompen gebruiken of worden ze aangesloten op het warmtenet dan stijgt het gebruik van gas en warmte in de gemeente Groningen met respectievelijk een Factor 1,6 en 1,8 ten opzichte van het openingsbod. De stijging ten opzichte van het routekaartscenario is nog groter.

Zijn deze bronnen wel beschikbaar (voor lange termijn)?

¹ Deze beperking volgt uit de routekaart Groningen Energieneutraal 2035. Doordat we minder extreme instellingen van hybride warmtepompen hebben gebruikt is het gebruik van groengas iets hoger dan in het routekaartscenario.

² In dit project is net als in het routekaartscenario uitgegaan van een geothermisch warmtenet, dit lijkt met de huidige kennis het gunstigst, het is niet uitgesloten dat (meer) restwarmte van industrie toch ingezet kan worden (als kosten veranderen en de juiste gegevens over bronnen worden meegenomen).

Figuur 9 - Totaal eindgebruik energie voor de gemeente Groningen, gebouwde omgeving en de sectoren anders dan de gebouwde omgeving, deze volgens het eindgebruik van het routekaartscenario (alle gebruikerssectoren. Tevens: vergelijking van het Routekaartscenario met het Openingsbod ETM en de verschillende bandbreedtes

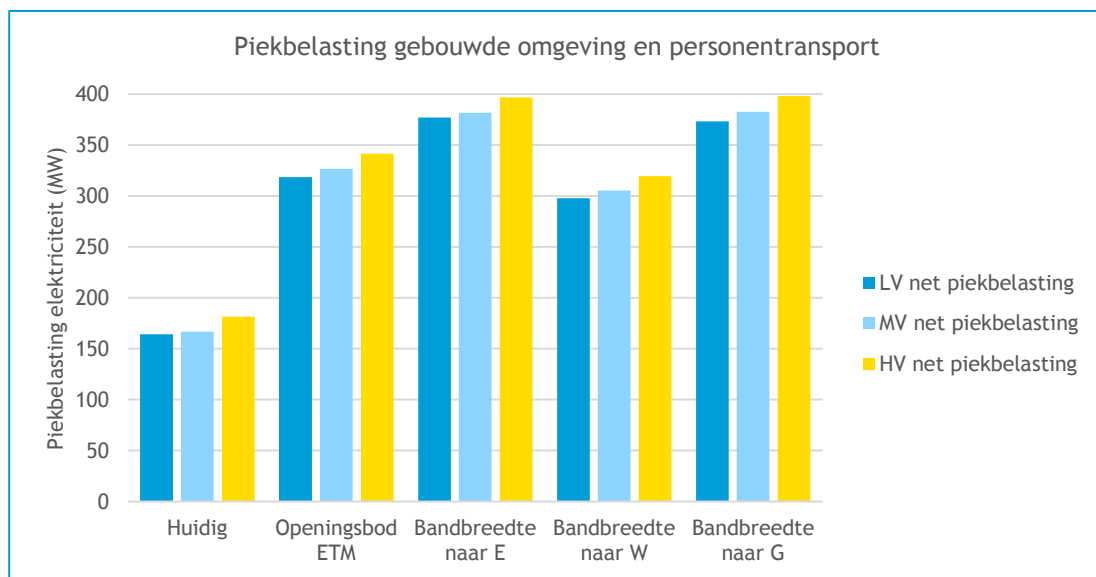


3.3 Bandbreedteanalyse belasting elektriciteitsnetten (ETM)

Figuur 10 toont het resultaat van de bandbreedteanalyse, voor de piekbelasting van de elektriciteitsnetten, voor het totaal van de buurten in Groningen, voor de gebouwde omgeving (elektriciteitsvraag en -aanbod) en personenvervoer.

De totale piekbelasting van het laagspanningsnet is gemiddeld gezien ongeveer tweemaal hoger voor het openingsbod dan in de huidige situatie, waarbij de invloed van de keuze van onzekere buurten relatief klein is. Dit is te verklaren doordat de impact van zon-PV en elektrisch vervoer in alle variaties gelijk is en dat deze een groot aandeel heeft op de pieknetbelasting.

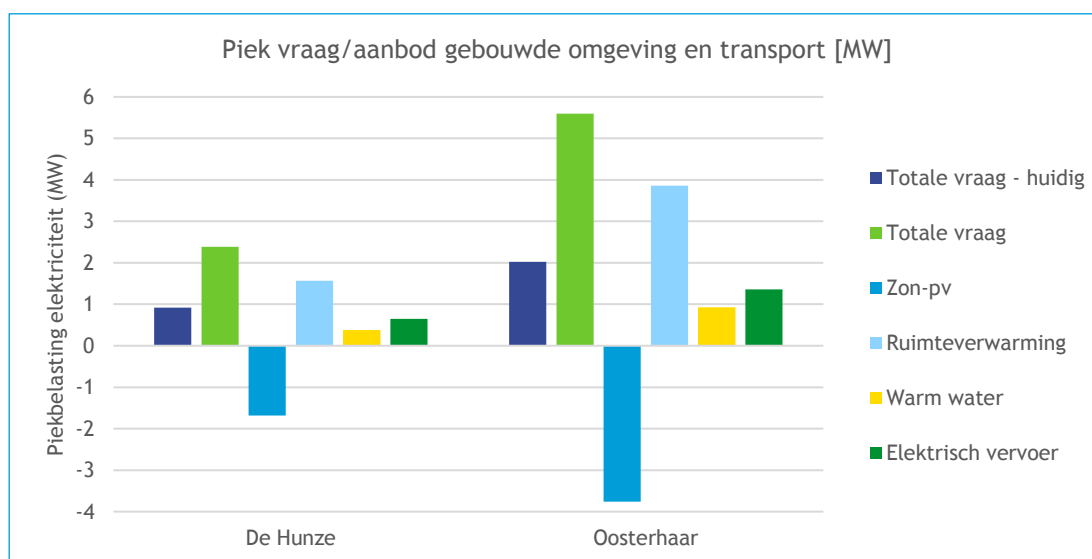
Figuur 10 - Piekbelasting van de gebouwde omgeving en personenvervoer voor verschillende variaties



Dat het aandeel van zon-PV relatief groot is, is ook te zien in een aparte analyse voor twee buurten die in het ETM op all electric uitkomen: de Hunze en Oosterhaar. Dit is weer-gegeven in Figuur 11. Voor deze buurten is de impact van zon-PV, ruimteverwarming, warm water en elektrisch vervoer apart in kaart gebracht. Hieruit blijkt dat de impact van zon-PV op de piekbelasting van elektriciteitsnetten vergelijkbaar is aan de impact van ruimteverwarming. In de bijlage zijn meer details te vinden van netbelasting voor de buurt Oosterhaar.

In Bijlage E is ook een vergelijking met de 'Net voor de Toekomst'-scenario's te vinden. Hieruit blijkt de piekbelasting flink groter wordt als hogere van opwek van zon en wind in buitengebieden gepaard gaat met meer opslag van overschotten in de gebouwde omgeving.

Figuur 11 - Pieken van elektriciteitsvraag en -aanbod voor twee (geselecteerde) buurten die in het ETM op 'all electric' uitkomen



3.4 Afstemming tussen vraag, aanbod en de behoefte aan opslag (ETM)

De gebouwde omgeving heeft als productie alleen zon-PV op daken, 300 MW volgens het routekaartscenario voor gemeente Groningen³.

Zon-PV is een technologie met een flink opwekpotentieel, maar ook met een grote seizoensgebondenheid: in de zomer is er veel aanbod van elektriciteit maar in de winter is er maar weinig productie.

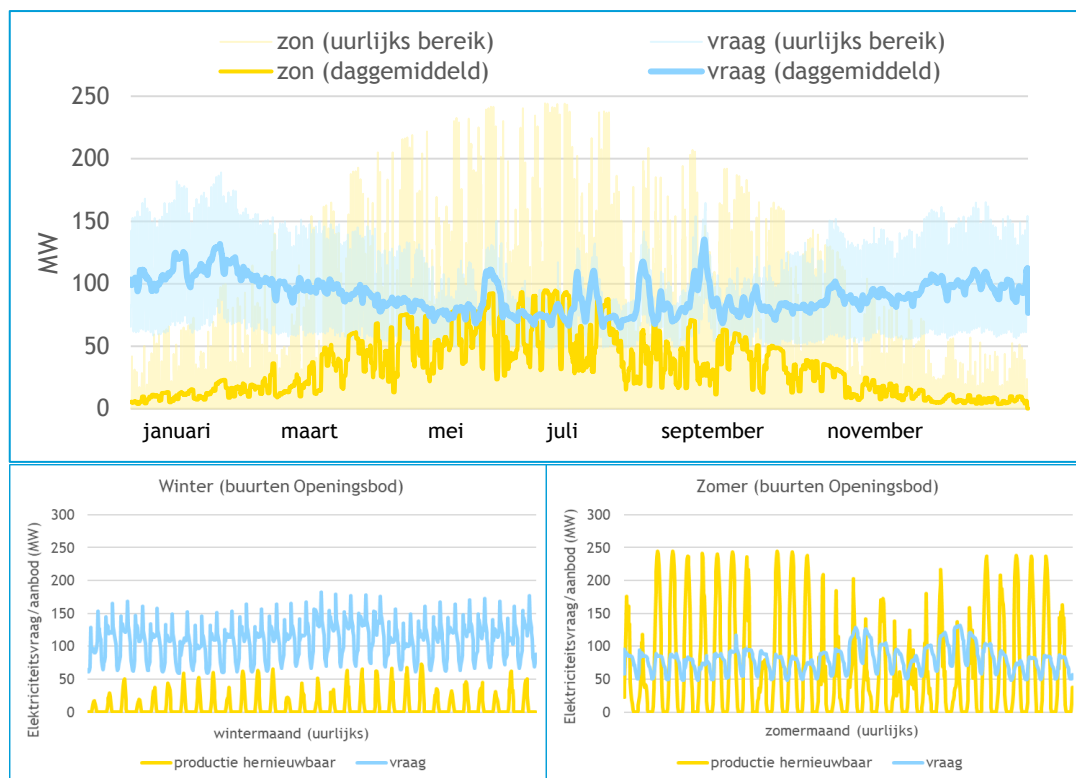
De warmtevraag is ook seizoensgebonden, maar dan met een tegenovergesteld profiel aan dat van zon-PV. Door de inzet van warmtepompen wordt de elektriciteitsvraag in de winter dus groter. Er is dus een mismatch tussen aanbod en vraag van elektriciteit, die groot wordt in een scenario waarin alles uit zon moet komen.

Deze mismatch is weergegeven in Figuur 12. De figuur toont voor de winter en de zomer het uurlijkse verloop van de elektriciteitsvraag- en aanbod voor de buurten met de verwarmingstechnologieën van het Openingsbod, en de opwek op de gebouwen in de buurten (300 MW zon-PV in totaal). De mismatch op seizoensschaal is goed te zien. In de zomer zijn er uurlijks forse overschotten (al valt dat op daggemiddelde basis erg mee), en in de winter schiet zon-PV tekort.

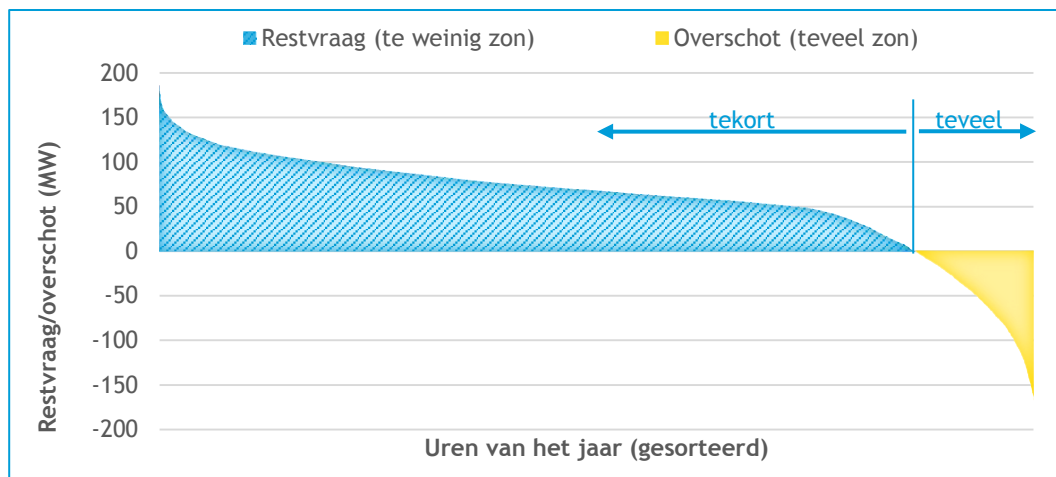
Figuur 13 toont het gehele jaar in de vorm van een durkromme (gesorteerd naar netto restvraag/netto overschot). Hier is de overschot/tekortsituatie nog eens duidelijk weergegeven.

³ [Routekaart Groningen CO₂-neutraal 2035](#)

Figuur 12 - Uurlijks verloop vraag en aanbod, Openingsbod⁴



Figuur 13 - Duurkromme van de residuele elektriciteitsvraag van de woningen en gebouwen



Twee inzichten volgen hieruit: (1) de opwek van zon-PV is onvoldoende voor een groot deel van de tijd van het jaar, er moet dus een andere bron van elektriciteit zijn voor de wintermaanden, voorjaar/najaar en de nachten; en 2) overdag (lente/zomer zijn er ook grote overschotten zon-PV. Dit alles vraagt dus om technieken - flexibiliteitsopties - om de

⁴ Scenario: [Energy Transition Model : Groningen buurten](#)

inpassing van zon-PV te verbeteren. Batterijen zijn een prima optie voor het opslaan van dag/nacht basis, maar bieden te weinig capaciteit voor de seizoensuitdaging. Hieronder staan we stil bij deze opslagbehoefte.

Opslagbehoefte op seizoensschaal bij zelfvoorziening met wind en zon (aanvulling 'Net voor de Toekomst'-scenario)

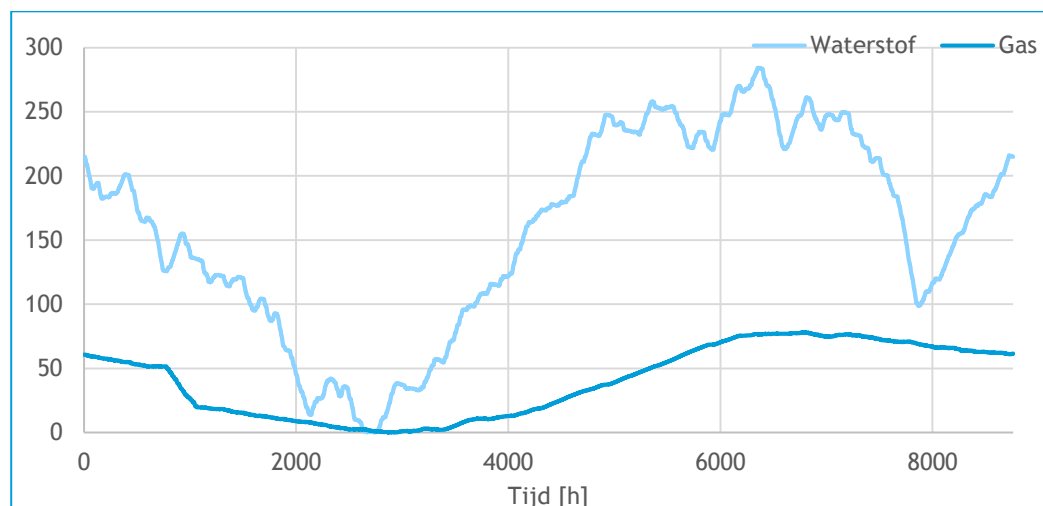
De gemeente Groningen voorziet in het routekaartscenario slechts deels in haar eigen elektriciteitsvraag. Voor het invullen van ruim de helft van de vraag is ze afhankelijk van de omgeving. In een toekomstbeeld waarbij ook dat volatiele bronnen zijn, is het interessant om te kijken naar de mate van matching van elektriciteitsvraag vanuit de gemeente Groningen en aanbod van buiten de gemeente. Daarvoor is een scenario⁵ voor de gemeente Groningen opgesteld conform het 'Routekaart + openingsbod'-scenario (zie ook Bijlage H), met daarbij de volgende aanvullingen:

- simulatie van een autarkisch systeem door de opwek vanuit de omgeving van Groningen figuurlijk binnen de gemeentegrenzen plaatsen;
- deze opwek binnen de gemeentegrenzen is aangevuld met de zon-PV en wind uit het scenario 'Net voor de Toekomst' - Regie Nationaal;
- overschotten worden omgezet in waterstof, opgeslagen en via waterstofcentrales weer omgezet in elektriciteit als er tekorten elektriciteit zijn (elektriciteit → waterstof → elektriciteit).

Uit de berekening volgt dat onder deze aannames, voor de gemeente Groningen dan 300 GWh opslagvolume voor waterstof nodig zou zijn. Dit is ongeveer één zoutcaverne. Daarnaast is voor groengas voor een autarkisch systeem óók opslag nodig. Als we uitgaan van constante productie van (groen)gas en een temperatuurafhankelijke vraag dan volgt voor groengas 80 GWh opslagvolume (ongeveer 1/3 van een zoutcaverne).

Het moge duidelijk dat batterijen geen optie zijn voor dergelijke energiehoeveelheden! (één zoutcaverne staat ongeveer gelijk aan 30 miljoen thuisaccu's).

Figuur 14 - Verloop opslagvolumes van waterstof en gas, als wordt verondersteld dat ook de omgeving van Groningen alleen fluctuerende bronnen gebruikt, en de opslag nodig is om de seizoensmismatch op te vangen



⁵ [Energy Transition Model : Routekaart Groningen - gebouwde](#)

Uiteraard zijn er diverse kanttekeningen bij de bovenstaande methode én idee voor een autarkisch energiesysteemconcept te maken:

1. De route elektriciteit → waterstof → elektriciteit omvat energetische verliezen. In de modellering in ETM is de efficiëntie (op onderwaarde) van elektriciteit naar waterstof 66%, en vervolgens de omzetting weer naar elektriciteit (middels een open-cycle gas turbine) 34%, waarmee een ketenefficiëntie van 22% ontstaat. Deze efficiëntie zou een stuk hoger kunnen zijn met een brandstofcelcentrale.
2. Een koppeling met een andere mix aan verwerkingstechnologieën is ook mogelijk. Het waterstof dat met de overschotten gemaakt kan worden, kan ook gebruikt worden voor extra hybride warmteopties zoals hybride warmtepompen of warmtenetten met piekketels op waterstof. Dit is ook onderzocht met aanvullende CEGOIA-berekeningen.
3. Daarnaast kan overwogen worden om in plaats van zoveel zon iets meer wind neer te zetten binnen de gemeentegrenzen. Dit vermindert de seizoensafhankelijkheid van het aanbod en verkleint de opslagbehoefte. Ook zijn andere opties mogelijk, bijvoorbeeld zonthermie in combinatie met grootschalige thermische buffers voor warmtenetten. Daar is echter niet aan gerekend.



4 Lessen uit de ‘openingsbod’-aanpak

Dit hoofdstuk behandelt de belangrijkste inzichten die we hebben opgedaan uit de gevolgde aanpak. In de eerste sectie behandelen we de lessen met betrekking tot het opstellen van het openingsbod met twee modellen; in de navolgende sectie de lessen die uit het werken met meerdere modellen kunnen worden getrokken; en in de laatste sectie de gevoeligheden die aan het licht zijn gekomen.

4.1 Geleerde lessen met betrekking tot het openingsbod

Wij zien de volgende inhoudelijke lessen die samenhangen met de resultaten.

4.1.1 Les 1: ‘Robuuste oplossingen’ kunnen worden geïdentificeerd

Het is met deze aanpak mogelijk om voor een aantal buurten tot een extra sterke overtuiging te komen dat een bepaalde oplossing van de grootste toegevoegde waarde is, voor die buurt. Kijken naar wat de modellen voor resultaat leveren, dan is het mogelijk dat de modellen het volledig met elkaar eens zijn, maar de modellen kunnen ook op andere (tegenstrijdige) uitkomsten komen. Tevens kunnen modellen zowel zeker als relatief onzeker zijn over de robuustheid van de uitkomst (voor de methode hiervoor, zie Paragraaf 2.2). Dit kan vereenvoudigd in een matrix worden weergegeven, zie Tabel 2.

Tabel 2 - Matrix van mogelijke uitkomsten van de modellen

	Er is overeenstemming tussen de modellen	De modellen laten een verschillend resultaat zien
De uitkomst is ‘relatief zeker’	<ul style="list-style-type: none">– Relatief zekere voorkeur, robuuste kans om te starten met de warmte-transitie in deze buurt.– Proces met bewoners en stakeholders in de buurt starten en prioriteit geven; kans verder verkennen.	<ul style="list-style-type: none">– Inzoomen op modeluitkomst: waarom ziet een model een bepaalde oplossing?– Na verkenning besluit nemen of er een aanknopingspunten voor een kans is, dan eventueel vervolgproces starten of ondersteunen.
De uitkomst is ‘relatief onzeker’	<ul style="list-style-type: none">– Onzekere uitkomst die neigt naar een bepaalde oplossing.– Eventueel proces met bewoners en stakeholders starten/ondersteunen om de kans verder te verkennen.	<ul style="list-style-type: none">– Geen duiding wat de oplossing kan zijn; vooralsnog geen duidelijke kansen.– Tenzij er om andere redenen een voorkeur is vooralsnog de groengas/ hybride-optie adviseren, en verder geen prioriteit geven aan deze buurt.

In het eerste kwadrant staan de robuuste uitkomsten: de modellen zijn het met elkaar eens, en kennen een hoge zekerheid toe. Maar ook de andere kwadranten leveren inzicht en zijn van belang.

4.1.2 Les 2: Ook onzekere uitkomsten hebben een toegevoegde waarde

Het blijft maatwerk: een onzekere uitkomst kan ook zinnig zijn. Dit geldt bijvoorbeeld in Paddepoel-Noord. Het ETM wijst daar een warmtenet als voorkeursoplossing aan, CEGOIA geeft aan dat all electric iets goedkoper is.

Gemeente Groningen ziet in deze buurt kansen voor een warmtenet. Deze kansen komen voort uit contacten met en wensen van bewoners en woningeigenaars (woningcorporatie). Ondanks dat de modellen hier geen eenduidige voorkeur hebben, geven de resultaten aan dat een warmtenet in deze buurt geen verkeerde keuze is.

4.1.3 Les 3: Het is belangrijk een robuust 'contextscenario' te ontwikkelen

Een goed ontwikkeld en doordacht contextscenario is belangrijk. Met een contextscenario of omgevingsscenario bedoelen we hier een scenario waarin randvoorwaarden en uitgangspunten staan die zijn afgestemd voor het gebied dat wordt onderzocht. Er moeten immers diverse keuzes gemaakt worden als de modellen worden uitgevoerd.

Voor Groningen is als contextscenario de Routekaart Groningen⁶ gebruikt.

Andere mogelijke contextscenario's zouden kunnen zijn regionale energiestrategieën, en voor sommige parameters kunnen ook landelijke studies (zoals 'Net voor de Toekomst') dienen. Dan kan wel een regionale toewijzing nodig zijn.

Voorbeelden van belangrijke elementen uit dit contextscenario:

- **Beperkingen:** op de hoeveelheden beschikbaar groengas, mate van beschikbaarheid bodemwarmte.
- **Techniekkeuzes:** welke technische opties gaan we uitwerken per buurt, welke technieken zijn daarbij mogelijk. Nemen we waterstof mee of niet? In deze studie zijn voor het ETM en CEGOIA drie 'hoekvlakscenario's' als hoofdscenario's uitgewerkt, en daarnaast voor CEGOIA een uitgebreidere set van technieken. Met hoekvlagscenario's wordt bedoeld dat er gekozen moet worden tussen warmte, all electric of duurzaam gas (gas/hybride warmtepomp). Mixscenario's per buurt zijn niet toegestaan.
- **Autonome ontwikkeling:** hoe is de ontwikkeling van bevolking, groeit de vraag, wat is het autonome bespaartempo?
- **Voor het meenemen van bovenregionale aspecten (in het ETM):** elementen van het nationale energiesysteem: waar komt de elektriciteit vandaan, wat is de opwekkingsmix?

Met het ontwikkelen van een dergelijk contextscenario kan tijd gemoeid zijn, maar de opgedane inzichten zijn belangrijk en helpen het denken voor een langere periode. Een contextscenario kan een levend document zijn, dat weer wordt geüpdatete door inzichten uit een bottom-up-aanpak (zoals de aanpak van het openingsbod, maar ook inzichten uit stakeholderprocessen). Een contextscenario kan periodiek worden geactualiseerd.

⁶ In het kader van [Routekaart Groningen](#) is samen met het Platform Groningen Energieneutraal 2035 een klimaatneutraal scenario voor gemeente Groningen opgesteld voor 2035. www.groningenenergieneutraal.nl/-modal-%2Fnieuws%2Froutekaart-groningen-2035



4.1.4 Les 4: Het optellen van uitkomsten en verkennen van bandbreedtes geeft inzicht in impact van (keuzes van) de gebouwde omgeving op het energiesysteem

Voor slechts een deel van de buurten is een robuuste voorkeurstechologie aan te wijzen. Deze onzekerheden in uitkomsten per buurt nopen tot een aanpak waarbij conclusies op hogere geografische schaal gerelateerd worden aan 'bandbreedtes'. Wat als de werkelijkheid afwijkt van het openingsbod en onzeker buurten allemaal naar een bepaalde technologie neigen? Zijn hier risico's en kansen?

- **Energiegebruik:** uit de bandbreedteanalyse uitgevoerd op de resultaten van het ETM blijkt dat het effect op eindgebruik van elektriciteit in de gemeente Groningen relatief klein is als de onzekere buurten naar all electric gaan. Gaan de onzekere buurten echter hybride warmtepompen gebruiken of worden ze aangesloten op het warmtenet dan stijgt het gebruik van gas en warmte in de gemeente Groningen met respectievelijk een Factor 1,6 en 1,8 ten opzichte van het openingsbod. Zijn die bronnen wel in die hoeveelheid beschikbaar?
- **Netbelasting elektriciteit:** ongeacht de manier waarop de warmtevraag wordt ingevuld is de totale piekbelasting van het laagspanningsnet gemiddeld gezien ongeveer twee keer hoger voor het openingsbod dan in de huidige situatie. Dit komt met name door zon-PV. De invloed op de netbelasting van de uiteindelijke keuze voor de warmteinvulling in de onzekere buurten is relatief klein. Het is wellicht verrassend dat de impact van (veel) meer all electric-buurten op de vraag naar elektriciteit relatief klein is. Dit komt omdat de netverzwarend al voor zon-PV nodig is en de belastingprofielen van warmtevraag en zonaanbod zijn complementair vanwege het tegenovergestelde seizoensprofiel. Zie ook Paragraaf 3.4 (meer details over de seizoensprofielen).
- **Afstemming vraag en aanbod:** Groningen produceert op eigen gebied niet alle benodigde elektriciteit. De productie op eigen bodem wordt aangevuld met productie van buiten de gemeente. Het is aannemelijk dat ook die productie volatiel is waardoor vraag en aanbod niet direct goed aansluiten. Met name in de zomer zijn er veel overschotten. Een mogelijkheid is om deze om te zetten naar waterstof en weer in te zetten als elektriciteit wanneer daar behoefte aan is. Dan is voor gemeente Groningen ~300 GWh opslag van waterstof nodig. Een andere mogelijkheid is om minder in te zetten op zon-PV en meer op technieken die in de winter een betere match met de warmtevraag hebben zoals wind. Zonthermie is ook een optie, mits gekoppeld met een warmtenet en in combinatie met seizoensopslag.

Verklaringen en verdiepingen staan in Hoofdstuk 2.

4.1.5 Les 5: Alles in detail uniformeren is niet nodig

Les 3 geeft aan dat het belangrijk is om belangrijke parameters af te stemmen. Maar, in deze les willen we aangeven dat niet alles hoeft te worden geuniformeerd. Bijvoorbeeld de kosten afstemmen hoeft niet in detail. Deze zijn zeer relevant voor de CEGOIA-berekening, maar spelen in de invulling van de keuzematrixes in het ETM alleen op een achtergrond een rol (zie verschillen in modelaanpak Paragraaf 2.1).

Voorbeelden van belangrijke aannames die wel afgestemd zijn:

- Modelleren van de hybride warmtepomp: welk deel van de warmtevraag kan met de warmtepomp worden ingevuld, en welk deel van de warmtevraag zal met de ketel gedaan worden?
- Wat is de beschikbaarheid van dragers als groengas, dit raakt beiden modellen.

4.2 Geleerde lessen uit het werken met twee modellen

Dit is de eerste keer dat met twee modellen parallel aan hetzelfde vraagstuk is gerekend.

4.2.1 Les 6: Het inzetten van meerdere modellen - ieder met een eigen proces en insteek - heeft meerwaarde, maar een warmtetransitieplan blijft maatwerk

In dit project is ervoor gekozen om het openingsbod met twee energietransitie rekenmodellen (CEGOIA en ETM) in te vullen. Dit omdat we weten dat het openingsbod onzeker is. Zo kunnen we de robuustheid van uitkomsten nader te onderzoeken en te onderbouwen.

Wij konden in dit project de meerwaarde van twee modellen op de volgende manieren aantonen:

- **Complementariteit:** omdat de modellen (en bijbehorende aanpak) verschillen, worden lessen geleerd die met één model niet naar voren zouden komen.
- **Robuustheid:** als er via verschillende routes, volgens een ander proces, met andere energetische scope dezelfde conclusie wordt bereikt vergroot dit het vertrouwen in die conclusie.
- **Leergeld:** door te onderzoeken waarom verschillen tussen modeluitkomsten ontstaan kunnen aannames en modelkeuzes worden verbeterd⁷.
- **Leergeld:** doordat adviseurs moeten uitleggen hoe verschillen ontstaan, begrijpt men ook aan de zijde van de opdrachtgevers steeds beter hoe de modellen werken én de afwegingen die moeten worden gemaakt bij het rekenen. Door een beter begrip van de modellen kan men de uitkomsten ervan beter op waarde schatten.

Het inzetten van meerdere modellen met verschillende methoden werkt tegelijkertijd verhelderend maar ook verwarrend.

Verhelderend:

- Een extra perspectief op zekerheden en onzekerheden.
- Voor het proces van nadenken over de warmtetransitie laat het goed zien dat je met één model niet tot een robuust toekomstbeeld voor alle buurten kunt komen.
- De robuuste modeluitkomsten van de twee modellen (de overlap van de modellen) geeft voor die buurten extra zekerheid.

Verwarrend:

- Als de uitkomsten voor een bepaalde buurt verschillen terwijl de ‘zekerheidsindicator’ van de beide modellen voor de buurt wel ‘hoog’ is. Wat is er dan aan de hand? Dat vergt steeds het nader bestuderen van h^oe de modellen rekenen, en dat kan verwarrend zijn. Dat is niet te volgen voor gewone burgers of beleidsmedewerker die geen kennis van het vraagstuk heeft.

Reeds geconstateerd is: of het openingsbod dat met de modellen is gemaakt altijd en voor iedere wijk klopt weten we niet. We ontkomen er niet aan om aannames te doen over verwachte ontwikkelingen. Deze onzekerheid hoeft niet erg te zijn - immers we kunnen en hoeven ook niet met alle wijken en buurten vandaag al te beginnen, de start zal zijn dat zullen we doen in de wijken waar we zeker(der) zijn over voorkeursoptie.

⁷ Een voorbeeld hiervan is de discussie over gedrag van hybridewarmtepompen en daaruit volgende aanpassingen van het hybridescenario dat is gebruikt in de ETM-berekeningen. Meer informatie hierover staat in de bijlage.



Het rekenen met modellen geeft handvatten om de discussies te voeren, maar voor een warmtetransitieplan is meer nodig dan een modelberekening. Per buurt moet nader gekeken gaan worden naar bijvoorbeeld corporatiebezit, netwerk en infrastructuur, draagvlak ook in relatie tot sociale aspecten, betaalbaarheid en stimuleringsmogelijkheden, bestaande initiatieven in de wijk. De gemeente, de bewoners, corporaties, installateurs, bedrijven, financiers, netbeheerders en andere stakeholders kunnen met het openingsbod aan de slag om uiteindelijk samen de ‘Transitievisie Warmte’ te maken.

4.3 Geleerde lessen - gevoeligheden

Het kritisch kijken naar de uitkomsten van beide modellen geeft inzichten in gevoeligheden.

4.3.1 Les 7: De jaarlijkse kosten van warmtenet- en all electric-oplossingen liggen in veel buurten dicht bij elkaar, de uitkomsten van CEGOIA zijn in deze regio dus gevoelig voor aannames over kosten die betrekking hebben op deze technologieën

In de huidige CEGOIA-berekeningen zijn er veel buurten waar de ‘kostenafstand’ tussen de warmtenetoptie en de all electric-optie klein is. Er hoeft maar weinig in de berekening te veranderen, of de rangvolgorde van de uitkomsten draait om. De grotere onzekerheden zitten in aspecten als:

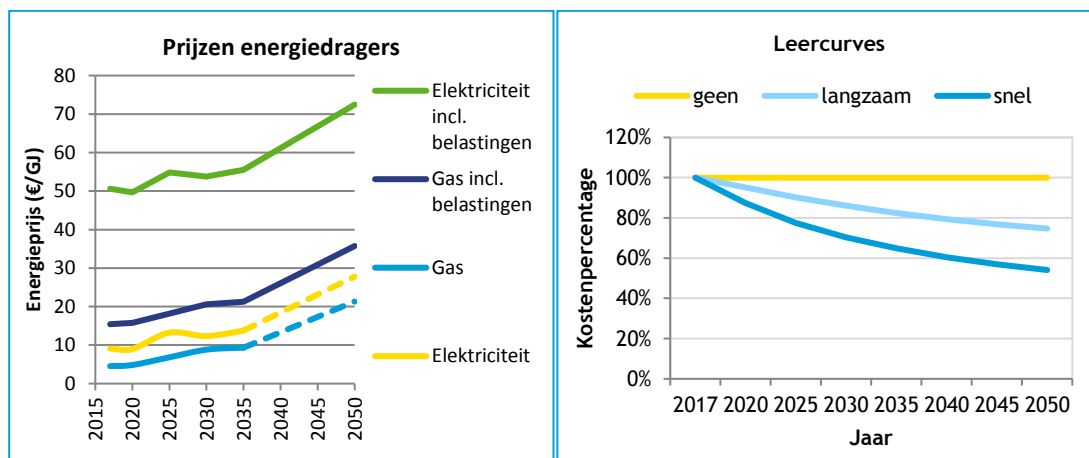
- Verwachte kostenontwikkelingen (leercurves) voor warmtetechnieken:
 - voor bijvoorbeeld warmtepompen is uitgegaan van de zogenaamde snelle leercurve (we verwachten dat de WP in 2035 35% goedkoper geïnstalleerd zal kunnen worden dan vandaag de dag);
 - voor afgiftesystemen en isolatiemaatregelen is uitgegaan van de langzame leercurve (we verwachten dat de kosten in 2035 18% lager zijn);
 - voor infrastructuren (elektriciteit, gas en warmtenetten) is geen leercurve gehanteerd, maar wel voor de kosten van het uitkoppelen van restwarmte en geothermie.

Verwachte kostenontwikkeling van elektriciteit, groengas, en andere energiedragers. Deze waarden waar CEGOIA meer rekt zijn weergegeven in Figuur 15. We gaan voor het tijdspad tot 2035 uit van de Nationale Energieverkenning en voor 2050 uit van de toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (CPB). In 2050 is gas alleen nog groengas, met een prijsniveau van 21 €/GJ. Dit soort prijzen zijn onzeker, en veranderingen hierin tikken door in de uitkomsten op buurtniveau.

Opmerking: in deze studie is exclusief belastingen en heffingen en BTW gerekend!

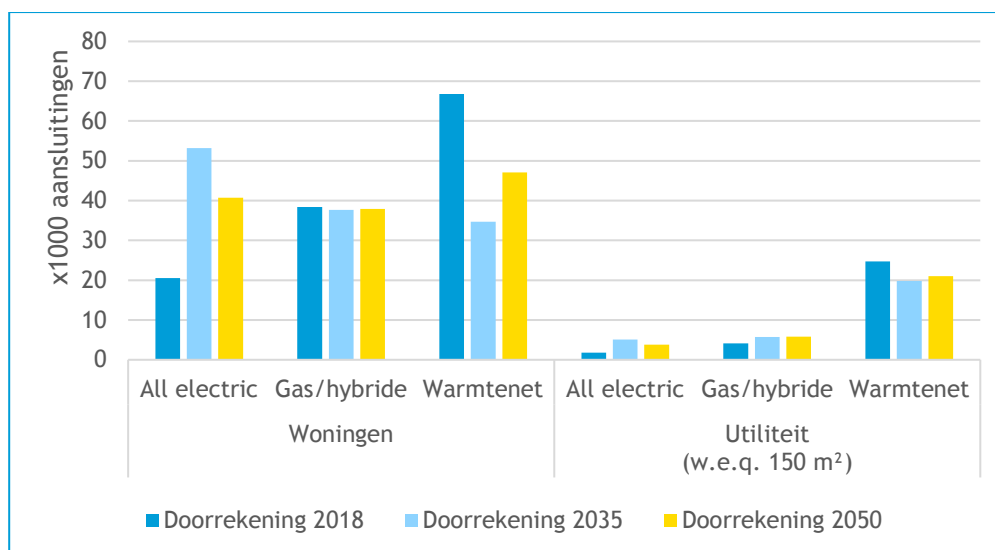
- Kosten van de energie-infrastructuren (E, G, W). De elektriciteitsnetverzwaaring is meegenomen en toegedeeld aan de kosten van de elektrische warmteoptie, maar het kan zijn dat het elektriciteitsnet toch moet worden verzwakt (voor bijvoorbeeld het geschikt maken van het laagspanningsnet voor de zon-PV op de daken) en dan zouden er geen extra laagspanning-netinvesteringen nodig zijn voor de warmtepompen. Voor de warmtenetoptie is een berekening gemaakt op basis van het aansluiten van alle woningen en de lengte van het gasnet per buurt. Als niet alle woningen in een buurt worden aangesloten, dan moet er per woning relatief meer warmtehoofdinfrastructuur worden aangelegd. Dit verandert de kosten per aansluiting.

Figuur 15 - CEGOIA-parameters voor energieprijzen en leercurves voor investeringen en operationele kosten



Met CEGOIA hebben we de gevoeligheid voor deze prijs/kostendynamiek in beeld gebracht door enkel het zichtjaar te variëren (Figuur 16). De basisinstelling voor het openingsbod is 2035. Twee variaties zijn in beeld gebracht: prijzen voor zichtjaar 2018 en prijzen voor zichtjaar 2050.

Figuur 16 - CEGOIA-resultaten afhankelijk van doorrekening voor zichtjaar



We zien dat door het zichtjaar op 2018 in te stellen, de all electric-oplossing minder vaak wordt gekozen en de warmtenetoptie meer. Dit komt omdat de all electric-oplossing een stuk duurder is geworden, in verhouding tot het warmtenet.

Door het zichtjaar op 2050 in te stellen wordt all electric ook duurder, en minder vaak verkozen dan in 2035. Dat heeft vooral te maken met de oplopende kosten voor elektriciteit. De kale prijs die hier dan wordt gehanteerd voor elektriciteit (vooral groene stroom) is een kale prijs van 10 €ct/kWh - het dubbele van vandaag de dag (deze kosten

dekken de integrale elektriciteitskosten: de grotere hoeveelheden windmolens, zonneparken én het back-upvermogen en batterijen etc. dat dan moet zijn opgesteld).

Verder constateren we dat het aantal gas/hybride-oplossingen vrij constant is. Dit is te verklaren doordat dit aantal is ‘gecapt’ door de beperking op de inzetmogelijkheden van groengas. In alle jaren is de gas/hybride-oplossing op buurtniveau de goedkoopste optie. (Zie Hoofdstuk 4).

We leren hieruit dat de inputgegevens voor prijzen en kosten van technieken dus inderdaad voor een deel van de buurten veel uitmaken voor het omslagpunt tussen het aanleggen van een warmtenet en de keuze voor all electric. Deze kosten zijn fundamenteel onzeker, dus dit betekent dat voor een deel van de buurten het niet mogelijk is om met het model een zekere uitspraak te doen over die buurten.

Zoals aangegeven: het openingsbod is een aanzet: het maken van een transitieplan op wijkniveau is maatwerk dat echt met de wijk moet worden gedaan. We zoeken met het openingsbod naar de buurten waar de zekerheid relatief hoog is doordat de kostenafstand tussen de verschillende opties ook groot is.

4.3.2 Les 8: De methode waarmee met het ETM tot een voorkeur is gekomen, met ‘type-bouwjaar-matrices’, is gevoelig voor invulling van deze matrices

De hier gebruikte ETM-methode om tot een voorkeur per buurt te komen bestaat uit drie stappen (zie voor de volledige beschrijving Bijlage D.2)

1. Vertalen routekaartscenario en bijbehorende redeneringen in ‘type-bouwjaar-matrices’ en deze projecteren op de buurten.
2. Aanpassen type-bouwjaar-matrices in overleg met gemeente Groningen.
3. We overschrijven voor enkele buurten de uitkomst van de type-bouwjaar-matrices.

Elke cel in de type-bouwjaar-matrices heeft een voorkeursoptie en bijbehorende ‘zekerheid’. In dit traject hebben we de redeneringen achter de routekaart gebruikt om tot een voorkeur te komen. Andere redeneringen zullen tot andere voorkeursopties per buurt leiden. Extra gevoel voor robuustheid kan gekregen worden door met meerdere variaties van type-bouwjaar-matrices te werken.

Stap 3 is in dit traject handmatig gedaan. Als in een volgend traject aan meer buurten wordt gerekend moet deze stap geautomatiseerd worden.

5 Ten slotte

Het hoofddoel van het Openingsbod zoals we dat hebben uitgevoerd is om concrete input te krijgen voor wijkenergieplannen op wijk/buurniveau dat moet leiden tot de Transitievisie Warmte. Het doel is meer duidelijkheid te bieden over de aantrekkelijkheid van verschillende verduurzamingsrichtingen op basis van de nu bekende informatie en de situatie in en om de wijk.

Het openingsbod heeft diverse inzichten opgeleverd. Het gaat om inhoudelijke resultaten, we hebben in dit project voor een deel van de wijken duidelijkheid kunnen bieden, maar bescheidenheid is belangrijk over die resultaten: er blijven een groot aantal onzekerheden. Een belangrijke winst is - bij zowel ons als bij de klankbordgroep rond dit project - een veel scherper inzicht in deze onzekerheden.

Dit hebben we in deze rapportage in de vorm van 'lessen' opgeschreven - zie Hoofdstuk 4. Wij denken dat deze lessen relevant zijn voor allen die in Nederland met modellen aan de warmtetransitie rekenen. Wij nemen deze lessen in ieder geval ter harte bij het uitvoeren van het Openingsbod voor het Stedin-gebied, een project waar CE Delft en Quintel nu mee van start gaan.

Voor de gemeente, bewoners en betrokkenen, is de volgende stap de inzichten verder te brengen tot de genoemde transitieplannen op buurniveau. Als zo een definitieve Transitievisie Warmte kan worden vastgesteld, dan hebben de gemeente, de bewoners, corporaties, installateurs, bedrijven, financiers, netbeheerders en andere stakeholders de gewenste duidelijkheid om aan de slag te gaan. Wij zijn zeer benieuwd hoe dit proces in Groningen zijn vervolg zal krijgen.

Als laatste danken wij allen die hebben bijgedragen aan dit project - de stuurgroep en de enthousiaste begeleidingsgroep.

Bijlagen



A Stuurgroep en begeleidingsgroep

Stuurgroep:

- Jan Peters/Peter Vermaat (Enexis);
- Marijke Kellner - van Tjonger (Gasunie);
- Wouter van Bolhuis (Gemeente Groningen).

Begeleidingsgroep:

- Maarten Mangnus (Alliander);
- Martijn Bongaerts (Alliander);
- Pieter van der Ploeg (Alliander);
- Arjen Jongepier (Enduris);
- Henk Schimmel (Enexis);
- Ralph de Graaf (Enpuls);
- Sjaak Schuit (gem. Groningen);
- Paul Corzaan (gem. Groningen);
- Anne Venema (gem. Groningen);
- Sophie Jongeneel (prov. Groningen);
- Martijn Douwes (GTS);
- Piet Nienhuis (GTS);
- Bouke Agema (GTS);
- Albert van der Molen (Stedin);
- Rob Cloosen (Stedin).

Projectteam CE Delft en Quintel Intelligence:

- Maarten Afman (CE Delft);
- Marijke Meyer (CE Delft);
- Benno Schepers (CE Delft);
- Michiel den Haan (Quintel);
- Chael Kruip (Quintel);
- Dorine van der Vlies (Quintel).

B Gebruikte databronnen

De gebruikte data is grotendeels openbaar. Dit is aangevuld met specifieke informatie (bijvoorbeeld van gemeente Groningen). Aannames over 2035 zijn gebaseerd op ECN, PBL en CE Delft. Aannames over beschikbaarheid van brandstoffen zijn overgenomen uit de Routekaart Groningen energieneutraal.

B.1 Huidige situatie

De informatie die is gebruikt voor het in kaart brengen van de huidige situatie is grotendeels gebaseerd op openbare bronnen. Deze zijn onder andere:

- CBS/Klimaatmonitor;
- BAG (Basisregistraties Adressen en Gebouwen, Kadaster): bouwjaar, functie, oppervlak, aantal gebouwen;
- Statline (CBS): energiegebruik huishoudens op buurtniveau (is gebaseerd op ‘Energie in Beeld’), eigendomsverhouding, type bouw (gestapeld/grondgebonden);
- informatie van Netbeheerders: brosse leidingen, kosten;
- EP-online: energielabels gebouwen;
- Diverse gegevens/aannames gebaseerd op eerdere projecten.

B.2 2035

- Verbetering referentiebeeld utiliteitssector (ECN, 2014): besparingspotentieel utiliteitsbouw.
- Vesta (PBL/CE Delft): investeringskosten, rendementen en levensduren technieken en besparingsmaatregelen.
- CE Delft: diverse gegevens/aannames gebaseerd op eerdere projecten.



C CEGOIA-model in meer detail

In deze bijlage wordt een beknopte uitleg gegeven van het CEGOIA-model.

C.1 CEGOIA

CE Delft heeft de afgelopen jaren het CEGOIA-rekenmodel ontwikkeld om berekeningen te maken van de totale ketenkosten van een klimaatneutrale warmtevoorziening. De berekeningen worden gemaakt op buurniveau. Met het CEGOIA-model worden voor elke buurt alle mogelijke kostencombinaties doorgerekend voor schilisolatie van de gebouwen en wijze van invulling van de resterende warmtevraag, inclusief de daarbij horende kosten van energie-infrastructuur.

We benadrukken dat het geen blauwdruk oplevert van hoe het **moet**, maar wel een transparante doorrekening geeft van de combinaties van bronnen, energie-infrastructuur-aanpassingen en gebouwaanpassingen en dus ook laat zien welke combinatie bij de huidige inzichten de laagste kosten over de keten heeft. En hoe de verschillende opties onderling vergelijken.

Een aantal punten zijn belangrijk om te noemen:

- De uitkomsten van de integrale ketenkostenaanpak kunnen verschillen van uitkomsten waarbij de zogenaamde **Trias Energetica** wordt gevolgd. Daarbij worden eerst rendabele besparingsinvesteringen gedaan die zichzelf terugverdienen over hun levensduur, waarna in een vervolgstap de resterende warmtevraag klimaatneutraal wordt ingevuld. Het kan zijn dat de totale kosten van die aanpak hoger uitkomen dan wanneer direct van het begin af aan een integrale afweging wordt gemaakt.
- **Prijzen voor de eindgebruiker** kunnen afwijken van **kosten**. Onder ander door subsidies, belastingmaatregelen, en dergelijke. CEGOIA kan met en zonder belastingen rekenen. In deze studie rekenen we **zonder belastingen**.
- De kosten van elektriciteits- en gasnetten zitten in de berekeningen, maar in werkelijkheid worden ze in hoge mate gesocialiseerd, hetgeen betekent dat ze over alle aangesloten worden omgeslagen ook als maar een beperkt deel van die aangesloten de feitelijke veroorzaker van de kosten is.

C.2 Buurniveau als basis

Er zijn verschillende soorten oplossingen om de warmtevraag van gebouwen klimaatneutraal in te vullen. Sommige oplossingen zijn 'individueel', zoals 'all electric' in combinatie met een forse na-isolatie en een laagtemperatuurwarmte-afgiftesysteem in het gebouw. Andere oplossingen zijn 'collectief', zoals de aanleg van warmtedistributienet.

Wat de kostenoptimale oplossing per buurt is, hangt sterk af van het type, de eigenschappen en mogelijkheden van de gebouwen in de buurt. Gaat het bijvoorbeeld om dichtbebouwde historische binnensteden, recente hoogbouw, een dorpskern, buitengebied of bedrijventerrein? En zijn er mogelijkheden voor restwarmte, geothermie, WKO of groengas? CEGOIA maakt daarom berekeningen op buurniveau (CBS-indeling), waarbij de karakteristieken van een buurt worden gebruikt als input voor het model. Hierbij valt te denken aan het type bebouwing (gestapeld, grondgebonden, gemiddeld oppervlak, woningtype), het bouwjaar van de gebouwen, de gebouwfuncties (woningen, kantoren, winkels, etc.) en de dichtheid van de bebouwing (aantal gebouwen per hectare).



Daarnaast wordt ook het huidige energieverbruik en het gemiddelde energielabel van de buurt gebruikt als input voor het model.

De beschikbare (rest)warmte in de omgeving van de buurt wordt ook meegenomen (incl. WKK-warmte); hierbij wordt de capaciteit van de bron en de afstand tot de bron meegenomen, en of het een lage- of hogetemperatuurbron is. De kosten die bij de bron horen zijn per bron aanpasbaar.

De mogelijkheden voor geothermische bronnen en/of WKO worden ook meegenomen, afhankelijk van de beschikbare data.

C.3 Totale keten-kosten

CEGOIA berekent de kosten over de gehele keten: distributie (de energie-infrastructuur), productie (energiegebruik), installaties (warmteopwektechnieken), gebouwmaatregelen (isolatie) en belastingen. Hierbij worden zowel de investeringskosten ('CAPEX') als de jaarlijkse kosten ('OPEX'; energiegebruik, onderhoudskosten, e.d.) meegenomen.

Er staan twee zaken centraal in de transitie: de investering in isolatie van de bouwschil en in de gebouwinstallatie, en de rol van de energie-infrastructuren die oplossingen mogelijk maken: gas-, elektriciteits- en warmtenetten. Het is dan ook essentieel dat deze schakels in de keten van de energievoorziening integraal meegenomen worden bij de afweging voor de keuze van een toekomstige warmtevoorziening. Zonder warmtenet kan een woning immers niet op een centrale warmtebron aangesloten worden.

En ook de kosten van de netverzwaring die nodig is bij een all electric-oplossing dienen inzichtelijk te zijn in de afweging, ook al worden die laatste via de netbeheerder door iedereen betaalt. Het model rekent met de werkelijke kosten voor de energie-infrastructuur. Dit wil zeggen dat bijvoorbeeld het onderhouden van een gasnet in het buitengebied per woning wezenlijk duurder is dan voor een buurt met recente hoogbouw, ook al is dat niet zichtbaar in de tarieven van de netbeheerder.

De energiekosten hangen samen met gebruikte techniek en het isolatieniveau van de gebouwen. Een klimaatneutrale HR-ketel draait op groengas, een hybride warmtepomp maakt daarnaast ook gebruik van elektriciteit om in de warmtebehoefte te voorzien. Het model berekent de energiekosten van alle gekozen technieken bij alle mogelijke schil-isolatieniveaus (G t/m A+ voor de woningen en drie isolatieniveaus voor utiliteitsbouw). Hierbij wordt het huidige gemiddelde energieverbruik en energielabel van de buurt als uitgangspunt gebruikt.

De installatiekosten hangen af de verwarmingstechniek. Voorbeelden van technieken die kunnen worden doorgerekend zijn:

- de HR-ketel (op groengas, of op waterstof);
- de hybride warmtepomp (op buitenlucht of op ventilatielucht; op groengas of op waterstof);
- de all electric-warmtepomp (in combinatie met vergaande besparing);
- de CV-ketel op vaste biomassa (houtpellets) (vaak niet in de binnensteden);
- HT, MT of LT-warmtenetten met als mogelijke bronnen:
 - restwarmte;
 - geothermie;
 - wijk-WKK;
 - WKO;
 - zonodig met boosterwarmtepomp bij de woning (lagere schilisolatie nodig) als de combinatie LW-warmtenet zonder boosterwarmtepomp (hoge schilisolatie en afgiftesysteem nodig).

Voor een uitleg van de technieken, en uitleg over wat deze technieken voor impact hebben op de woning, verwijzen wij graag naar: [Alle warmtetechnieken voor bewoners](#)

Bij warmtedistributie (restwarmte, geothermie, wijk-WKK) wordt de zogenaamde piek-warmte geproduceerd met hernieuwbaar gas, dus niet met aardgas. Alle technieken worden doorgerekend in combinatie met alle mogelijke besparingsniveaus van de gebouwen. Bij de elektrische warmtepomp wordt hierbij een minimale schileis van Label B verondersteld. Dit om een gelijkwaardig comfort van de warmtevoorziening te waarborgen.

De hybride warmtepomp op ventilatielucht wordt alleen doorgerekend voor woningen met huidig Label C en beter⁸. Dit in verband met de aanwezigheid van ventilatiekanalen, dat nodig is om de hybride warmtepomp toe te kunnen passen.

De belastingen worden door het model optioneel meegenomen. De belastingen bestaan uit BTW op alle kostenonderdelen, de energiebelasting op gas en elektriciteit, de opslag duurzame energie op gas en elektriciteit en de belastingvermindering op de energierekening van woningen. Hierbij worden de tarieven van 2016 gehanteerd.

C.4 Van investering naar jaarlijkse kosten

Het model berekent de jaarlijkse kosten, CAPEX en OPEX voor alle ketenonderdelen van de warmtelevering. Alle investeringskosten worden omgerekend naar jaarlijkse kosten, door middel van een specifieke discontovoet en afschrijftermijn. Hiermee wordt impliciet dus ook rekening gehouden met het doen van vervangingsinvesteringen.

C.5 De gebouwde omgeving

In dit onderzoek worden utiliteitsbouw en woningen aangeduid als ‘gebouwde omgeving’. De energievraag van de industrie en landbouw valt meestal buiten de scope. De berekeningen voor utiliteit worden uitgesplitst naar sector. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende utiliteitssectoren:

- kantoren;
- winkels;
- gezondheidszorg;
- logies;
- onderwijs;
- bijeenkomst;
- sport;
- cellengebouw.

De focus van de berekeningen is de bestaande bouw. Het merendeel van de gebouwen die er vandaag staan zullen er immers in 2050 nog steeds staan. Bovendien gelden er strenge eisen voor de energiezuinigheid van nieuwbouw (EPC-eisen) en vanaf 1 januari 2020 moeten alle nieuwe gebouwen in Nederland bijna energieneutrale gebouwen (BENG) zijn.

De bijkomende warmtevraag door nieuwbouw is daarom zeer gering in vergelijking tot de totale warmtevraag van de bestaande bouw. Nieuwbouwplannen worden meegenomen voor zover ze bekend zijn.

⁸ Er wordt in de modelberekeningen aangenomen dat deze optie te zijner tijd ook toepasbaar is in de gestapelde bouw.

C.6 Aanpak CEGOIA t.b.v. het Openingsbod

Voor het openingsbod zoals dat in dit rapport is uiteengezet is met drie ‘hoekvlag’-scenario’s gewerkt, omdat dat een voldoende breed perspectief op de oplossing per buurt geeft. De technieken die inbegrepen zijn, zijn voor all electric de bodemwarmtepomp, lucht/waterwarmtepomp en WKO, voor groengas de HR-ketel en de hybride warmtepomp op buitenlucht en op ventilatielucht, en tot slot het HT-warmtenet gevoed met geothermie of industriële restwarmte als bron.

Limieten: Voor de hybride optie is aangenomen dat het gaat om groengas met een limiet van 1.200 TJ op bovenwaarde. Dit is 1.080 TJ op onderwaarde, of 34 mln m³.

Zichtjaar en kosten, energieprijzen: De doorrekening is gedaan voor het jaar 2035, dit maakt uit voor de in het model inbegrepen leercurves voor bepaalde technieken en de energieprijzen. (Zie de gevoeligheidsanalyse in Paragraaf 4.3.1). Er wordt zonder belastingen en heffingen gerekend.

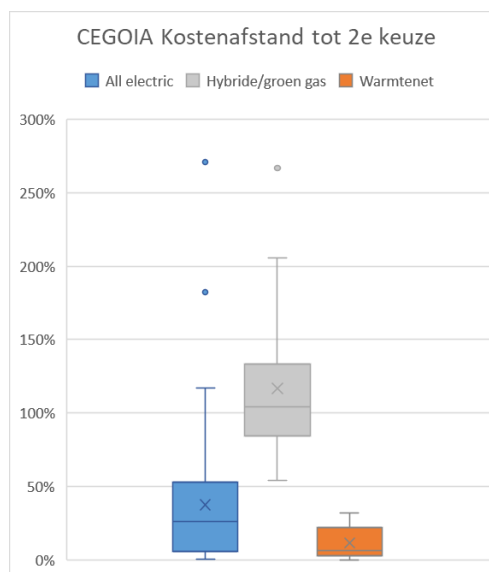
Naast de 2035 berekeningen voor de hoekvlagscenario’s zijn ook berekeningen met alle technieken doorgevoerd, onder andere om de mogelijkheden van waterstof te onderzoeken. Deze zijn nog niet opgenomen in deze rapportage.

C.7 Methode ‘ranking’ resultaten en robuustheid: normering per techniek

Het is erg belangrijk om te weten voor welke buurten de modeluitkomst robuuster en voor welke buurten minder robuust. Immers een kostenverschil van 20% zegt niet zoveel en valt ruim binnen de onzekerheidsbandbreedte met dit soort modellen en het soort tijdschalen waar we overpraten.

De methode die we hebben gehanteerd bestaat uit drie stappen:

1. Voor alle buurten: bereken het verschil tussen de basisuitkomst voor de buurt en de alternatieve uitkomst die daar net na komt. Dit als relatief verschil (bijvoorbeeld: uitkomst is all electric, tweedekeuze is warmtenet, deze optie is 10% duurder).
2. Voor alle techniekuitkomsten (warmtenet, all electric, groengas/hybride): wat is de gemiddelde en maximale relatieve kostenafstand (inzicht in verdeling van deze tweedekeuzeuitkomsten). Deze verdeling is weergegeven in de figuur hiernaast. Het inzicht is dat een tweedekeuze voor de buurten die uitkomen op groengas/hybride, een stuk duurder is dan de tweedekeuze voor de buurten die uitkomen op all electric of op het warmtenet.
3. Per buurt een normalisatiestap: de relatieve kostenafstand wordt gedeeld door de maximale kostenafstand per techniek. Deze stap levert een zekerheidsranking waarin de technieken kunnen worden vergeleken.



D Aanpak Energietransitiemodel (ETM)

Het Energietransitiemodel (ETM) is een simulatiemodel waarbij de gebruiker achter de knoppen zit. Het ETM omvat het hele energiesysteem van een gebied. Het brengt energiestromen in kaart van primaire bron tot nuttig gebruik, van huishoudens tot industrie. Het model rekent effecten door op onder andere energiegebruik, CO₂, kosten, leveringszekerheid, bio-voetafdruk. Vraag, aanbod, opslag en transport van 40+ energiedragers worden op jaarbasis in beeld gebracht. De berekeningen voor elektriciteit, warmte en waterstof zijn op uurbasis. Het model is volledig online, open source en gratis beschikbaar.

D.1 Contextscenario en hoekvlagscenario's

In het kader van routekaart Groningen is een klimaatneutraal scenario voor gemeente Groningen opgesteld voor 2035. Dit scenario is hier te vinden:

[Energy Transition Model : Routekaart Gemeente Groningen v1.0](#)

Meer informatie over de routekaart staat hier: [Routekaart Groningen](#)

Dit routekaartscenario is de basis geweest voor alle buurtscenario's. De volgende stappen zijn gezet:

1. Projecteren van de instellingen van het routekaartscenario op de buurten.
2. Instellen buurtspecifieke eigenschappen (verwachte sloop en nieuwbouw).
3. Opstellen van drie hoekvlagscenario's per buurt. Deze verschillen ten opzichte van het routekaartscenario op de volgende punten:

Tabel 3 - Specifieke instellingen per scenario

	Gas	Elektrisch	Warmtenet
Isolatie niveau woningen na 1992 (m ² K/W)	0,55	0,55	0,9
Isolatie niveau woningen na 1992 (m ² K/W)	2,6	3	2,5
Verwarming woningen	100% hybride warmtepomp	67% luchtwarmtepomp 33% bodemwarmtepomp	100% warmtenet (75% geothermisch 25% back-upketel)
Koeling woningen	100% luchtwarmtepomp	67% luchtwarmtepomp 33% bodemwarmtepomp	100% airconditioning
Isolatie utiliteiten	0,9	1,3	0,8
Verwarming utiliteiten	85% warmtepomp met WKO 10% zonthermisch 5% biomassaketel	60% gaswarmtepomp 15% warmtepomp met WKO 10% elektrisch 10% zonthermisch 5% biomassaketel	85% warmtenet 10% zonthermisch 5% biomassaketel
Koeling utiliteiten	100% airconditioning	90% warmtepomp met WKO 10% gaswarmtepomp	100% airconditioning

D.2 Stappen om tot openingsbod per buurt te komen

1. Vertalen routekaartscenario en bijbehorende redeneringen in 'type-bouwjaar-matrices' en deze projecteren op de buurten;
2. Aanpassen type-bouwjaar-matrices in overleg met gemeente Groningen;
3. We overschrijven voor enkele buurten de uitkomst van de type-bouwjaar-matrices.

D.2.1 Vertalen routekaartscenario en bijbehorende redeneringen in 'type-bouwjaar-matrices' en deze projecteren op de buurten

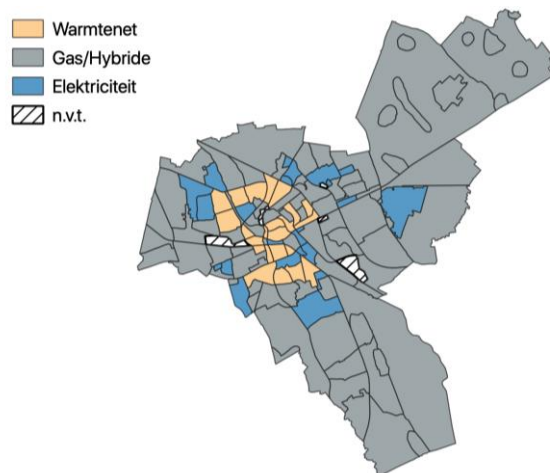
We hebben de instellingen van het routekaartscenario vertaald in een type-bouwjaar-matrix voor zowel woningen als voor utiliteiten. De gebouwsamenstelling van iedere buurt wordt geprojecteerd op de type-bouwjaar-matrices. Daaruit volgt per buurt een voorkeur.

Figuur 17 - type-bouwjaar-matrices voor woningen en utiliteiten - Stap 1

tb-matrix woningen						
	<1945	1945-1975	1976-1990	1991-2000	2001-2010	>2010
Vrijstaand	G	G	G	E	E	E
2o1k	G	G	G	E	E	E
Rijwoning	G	G	G	E	E	E
Boven- of benedenwoning	G	G	G	G	E	E
Appartement of flat	W	W	W	G	E	E
Onbekend	G	G	G	G	E	E

tb-matrix utiliteiten			
	<1974	1974 - 1995	>= 1995
Winkelfunctie	Volg woningen	Volg woningen	Volg woningen
Logiesfunctie	Volg woningen	Volg woningen	Volg woningen
Gezondheidszorgfunctie	E	E	E
Kantoorfunctie	W	W	E
Bijeenkomstfunctie	Volg woningen	Volg woningen	E
Onderwijsfunctie	G	G	E
Sportfunctie	G	G	E
Celfunctie	W	W	E
Overig	Volg woningen	Volg woningen	Volg woningen

Figuur 18 - Voorkeur per buurt - Stap 1



D.2.2 Aanpassen matrices in overleg met gemeente Groningen

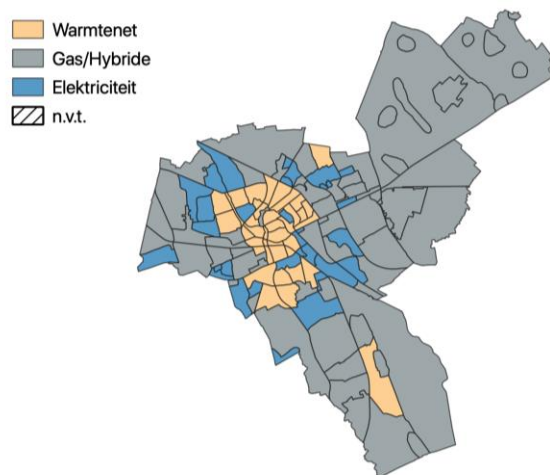
- Grotere rol voor warmtenet (in plaats van hybride).
- AE voor woningen gebouwd voor 2000 is een flinke stap. Dit wel laten staan in dit openingsbod, deze woningen zullen niet als eerst all electric gaan.
- In deze stap is ook een ‘zekerheid’ toegevoegd aan de velden van de type-bouwjaar--matrix voor woningen. De zekerheid van de voorkeur komt voort uit de projectie van de gebouwsamenstelling van de buurt op de matrices.

Figuur 19 - type-bouwjaar-matrices voor woningen en utiliteiten - Stap 2

tb-matrix woningen						
	<1945	1945-1975	1976-1990	1991-2000	2001-2010	>2010
Vrijstaand	G - 100%	G - 100%	G - 100%	E - 50%	E - 50%	E - 100%
2o1k	G - 100%	G - 100%	G - 100%	E - 50%	E - 50%	E - 100%
Rijwoning	G - 50%	G - 50%	G - 50%	E - 50%	E - 50%	E - 100%
Boven- of benedenwoning	W - 100%	W - 100%	W - 100%	G - 50%	E - 50%	E - 100%
Appartement of flat	W - 100%	W - 100%	W - 100%	G - 50%	E - 50%	E - 100%
Onbekend	G - 50%	G - 50%	G - 50%	G - 50%	E - 50%	E - 50%

tb-matrix utiliteiten			
	<1974	1974 - 1995	>= 1995
Winkelfunctie	Volg woningen	Volg woningen	Volg woningen
Logiesfunctie	Volg woningen	Volg woningen	Volg woningen
Gezondheidszorgfunctie	E	E	E
Kantoorfunctie	W	W	E
Bijeenkomstfunctie	G	Volg woningen	E
Onderwijsfunctie	G	Volg woningen	E
Sportfunctie	G	Volg woningen	E
Celfunctie	W	W	E
Overig	Volg woningen	Volg woningen	Volg woningen

Figuur 20 - Voorkeur per buurt - Stap 2

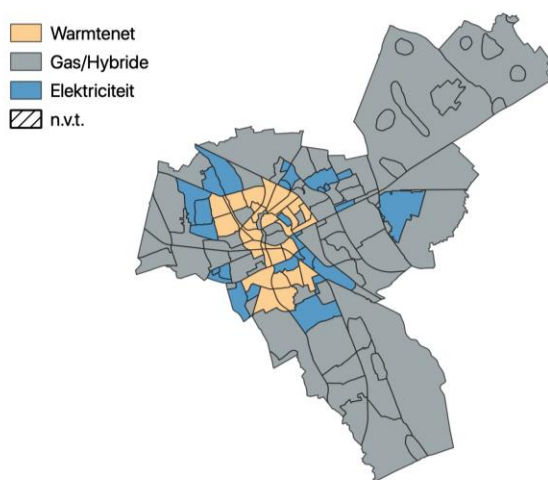


D.2.3 We overschrijven voor enkele buurten de uitkomst van de type-bouwjaar--matrices

Voor twaalf buurten is de uitkomst van de keuzematrix overschreven. Twee voorbeelden:

- Binnenstad binnen de grachten:
 - keuzematrix: warmtenet;
 - uit eerder onderzoek blijkt dat een warmtenet niet haalbaar is → gas (hybride).
- Verspreide huizen Onner Esch:
 - keuzematrix: warmtenet;
 - de buurt ligt ver van overige buurten met warmtenet als uitkomst af → gas (hybride).

Figuur 21 - Voorkeur per buurt - Stap 3



D.3 Methode ranking resultaten

Uit de projectie van de buurten op de type-bouwjaar--matrices komt zowel een voorkeur als een zekerheid. De ranking van de resultaten wordt gedaan op basis van zekerheid. De meest zekere buurt op plek 1, de minst zekere op plek 131.

E ETM - vergelijking openingsbod routekaart Groningen en ‘Net voor de Toekomst’

Wat kunnen we leren uit een vergelijking van het openingsbod met de routekaart Groningen en de NvdT-scenario's?

In 2017 heeft CE Delft in opdracht van Netbeheer Nederland vier CO₂-neutrale toekomstbeelden opgesteld. Deze vier scenario's zijn geprojecteerd op de dataset van gemeente Groningen⁹. Dit maakt het mogelijk de uitkomsten te vergelijken met de uitkomsten van dit openingsbod. We vergelijken het eindgebruik en de netwerkbelasting van het openingsbod met de NvdT-scenario's.

E.1 Eindgebruik

Hoe vergelijkt het eindgebruik van het openingsbod zich tot het routekaartscenario en de NvdT-scenario's?

E.1.1 Vergelijking openingsbod en routekaart

In de routekaart is uitgegaan van 2015-data waarop geen temperatuurcorrectie is toegepast. In dit openingsbod is uitgegaan van 2016-data waarop wel een temperatuurcorrectie is toegepast. Hierdoor is het verbruik in de huidige situatie wat hoger in het openingsbod dan het in de routekaart.

In het openingsbod verbruikt de gebouwde omgeving meer warmte en gas dan het routekaartscenario. Het is te verklaren doordat een groter deel van de buurten op warmtenet is aangesloten dan in de routekaart (zie Stap 2 van Paragraaf 3.2). 60% van de woningen en 30% van de utiliteiten in het openingsbod en 35% van de woningen en 30% van de utiliteiten in het routekaartscenario.

In het openingsbod verbruikt de gebouwde omgeving meer gas dan in het routekaartscenario. Dit komt doordat de hybride warmtepompen anders zijn gemodelleerd in het openingsbod. Er is uitgegaan van een omslag-COP van 3.7¹⁰. Hierdoor gebruiken de woningen met een hybride warmtepomp ongeveer 35% van de tijd het gasdeel van de warmtepomp voor ruimteverwarming. In de routekaart is dat ongeveer 10% van de tijd. Deze hogere omslag-COP leidt tot 60% meer gasgebruik van hybride warmtepompen. De in het openingsbod gebruikte instelling sluit gezien het aangenomen isolatieniveau realistischer en sluit beter aan bij CEGOIA-aannames over hybride warmtepompen. Het elektriciteitsverbruik is vergelijkbaar.

⁹ Links naar de scenario's: NvdT regionaal: <http://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/391752>
NvdT - nationaal: <http://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/391754>
NvdT - internationaal: <http://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/391755>
NvdT - generiek: <http://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/391756>

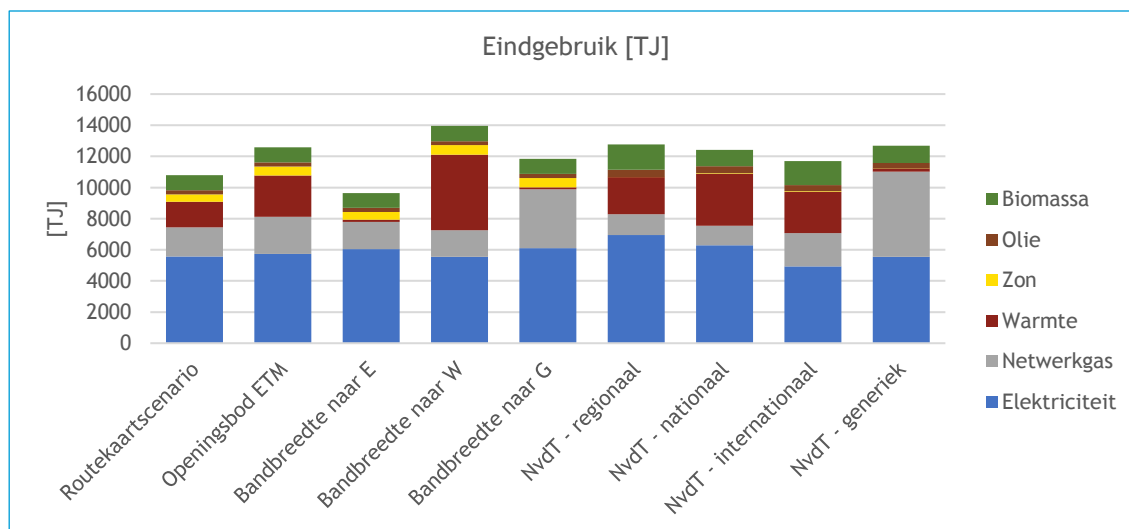
¹⁰ Voor meer informatie hierover zie: [Documentation - General - Heat pumps](#)



E.1.2 Vergelijking met 'Net voor de Toekomst'-scenario's

Figuur 22 toont het eindgebruik van gebouwde omgeving in personenvervoer voor verschillende variaties/scenario's. De orde grootte van totaalverbruik en verbruik van de verschillende energiedragers in de NvdT-scenario's is gelijk aan die van het openingsbod. In het openingsbod wordt iets meer netwerkgas gebruikt dan in de NvdT-regionaal en -nationaal scenario's. De rol van elektriciteit is in het openingsbod groter dan in het NvdT-internationaal-scenario. Het scenario NvdT-generiek wijkt het meest af van het openingsbod. In dat NvdT-scenario wordt veel meer netwerkgas ingezet in de gebouwde omgeving.

Figuur 22 - Som van eindgebruik gebouwde omgeving en personenvervoer van alle buurten, voor de projectie van de 'Net voor de Toekomst'-scenario's op gemeente Groningen



E.2 Netwerkbelasting elektriciteit

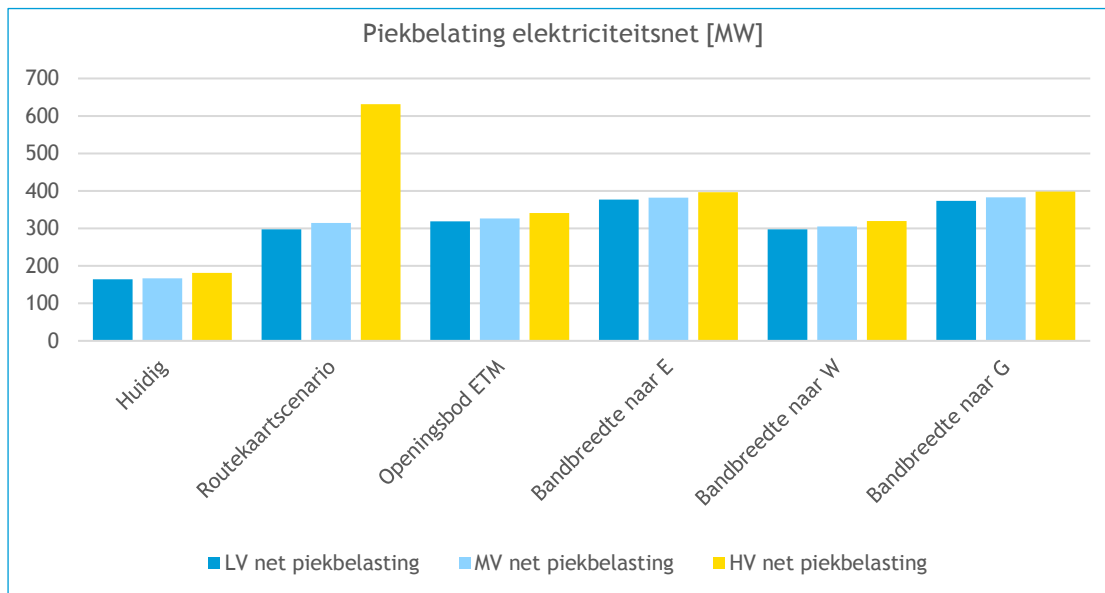
Hoe vergelijkt de netwerkbelasting van het openingsbod zich tot het routekaartscenario en de NvdT-scenario's?

E.2.1 Vergelijking openingsbod en routekaart

De LV-netwerkbelasting¹¹ is in zowel het routekaart-scenario als in alle variaties van het openingsbod flink hoger dan in de huidige situatie. Een belangrijk verschil is te zien op HV-niveau. Het routekaartscenario omvat de hele gemeente Groningen. Met name de opwek (zonneparken en windmolens) hebben grote impact op het HV-net. In het openingsbod is niet gekeken naar invloed van gebieden buiten de gebouwde omgeving op netbelasting in de gebouwde omgeving. Als bijvoorbeeld auto-accu's worden ingezet om overschotten van zon en wind in buitengebieden op te slaan dan zorgt dat voor hogere belasting van het netwerk in de gebouwde omgeving. In het routekaartscenario wordt dit wel meegenomen, ook daar is (beperkt) opslagmogelijkheid in de gebouwde omgeving: 25% van de auto-accu's is beschikbaar voor flexibiliteit. Dit lijkt geen grote invloed te hebben op de netwerkbelasting in de gebouwde omgeving. Beide studies geven niet direct gevoel voor de netwerkimpact van maatregelen binnen de gemeente Groningen op gebieden erbuiten.

¹¹ LV: low voltage (laagspanning); MV: medium voltage (middenspanning); HV: high voltage (hoogspanning)

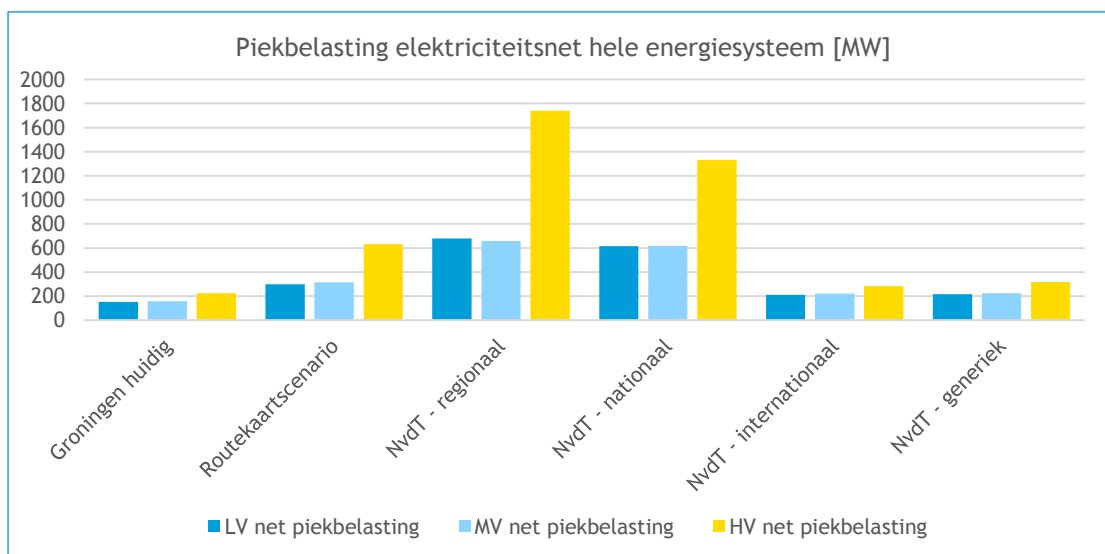
Figuur 23 - Netwerkbelasting van de gebouwde omgeving en personentransport voor de huidige situatie, het openingsbod en de bandbreedtes het routekaartscenario omvat de hele gemeente



E.2.2 Vergelijking met 'Net voor de Toekomst'-scenario's

De 'Net voor de Toekomst'-scenario's regionaal en nationaal laten significant hogere piekbelasting zien op alle netniveaus dan in het routekaartscenario. Dit is te verklaren door een combinatie van meer regionale opwek en meer inzet van flexibiliteitsopties in de gebouwde omgeving. In het NvdT-regionaal scenario heeft 62% van de huishoudens een thuisbatterij en is 80% van de auto-accu's beschikbaar voor opslag van overschotten. In het NvdT-nationaal scenario is dat respectievelijk 66 en 90%.

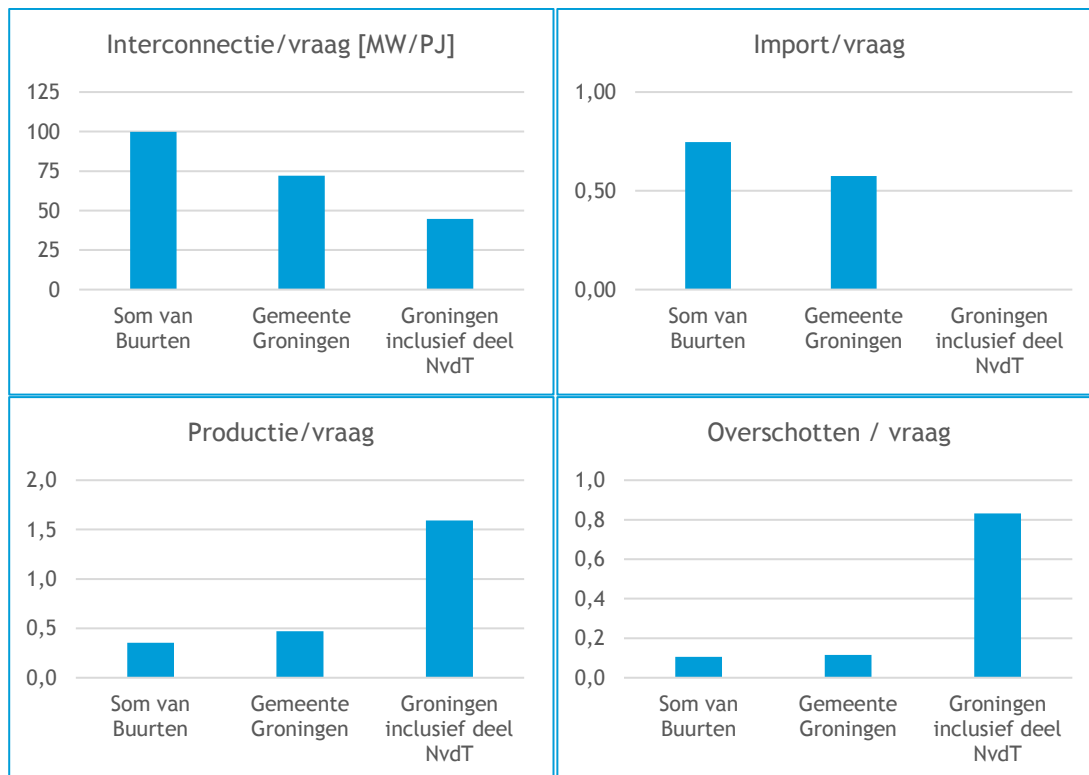
Figuur 24 - Netwerkbelasting van het hele energiesysteem voor de huidige situatie, het routekaartscenario en de NvdT-scenario's



E.2.3 Aanvullende data afstemming vraag, aanbod en opslag

Deze sectie bevat extra figuren bij de sectie 'Afstemming vraag, aanbod en opslag'.
Figuur 25 toont interconnectie, import, productie en overschotten van elektriciteit in de buurten, op het grondgebied van gemeente Groningen en in het geval ook het ommeland wordt meegenomen.

Figuur 25 - Interconnectie, import, productie en overschotten van elektriciteit in de buurten, op het grondgebied van gemeente Groningen en voor Groningen inclusief extra aanbod gelijk aan de mix van het 'Net voor de Toekomst' scenario nationaal



De buurten hebben relatief gezien (ten opzichte van de totale elektriciteitsvraag):

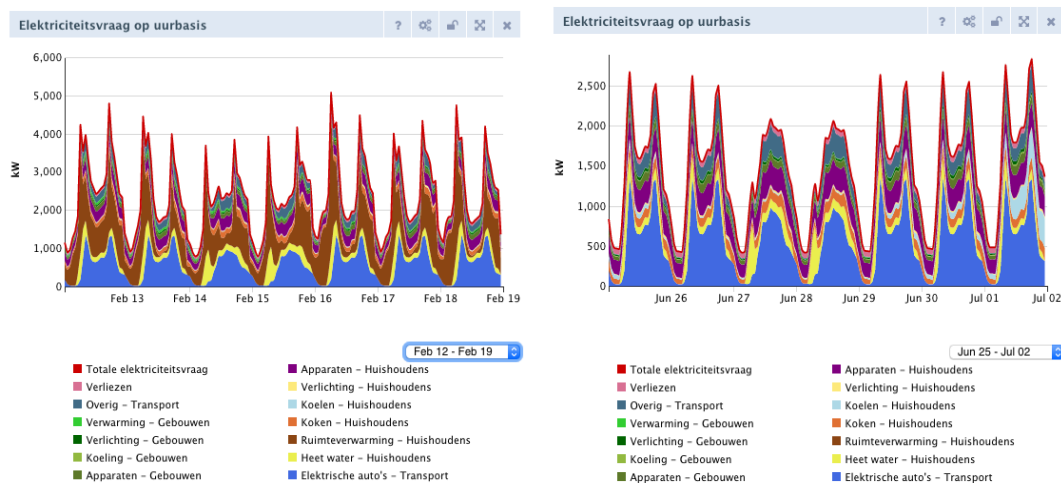
- 25% minder elektriciteitsproductie dan de gemeente als geheel;
- ongeveer evenveel elektriciteitsoverschotten als de gemeente als geheel;
- 40% hogere piekbelasting van interconnectiekabels dan de gemeente als geheel;
- 30% meer elektriciteitsimport dan de gemeente als geheel.

F Netwerkbelasting elektrisch scenario Oosterhaar

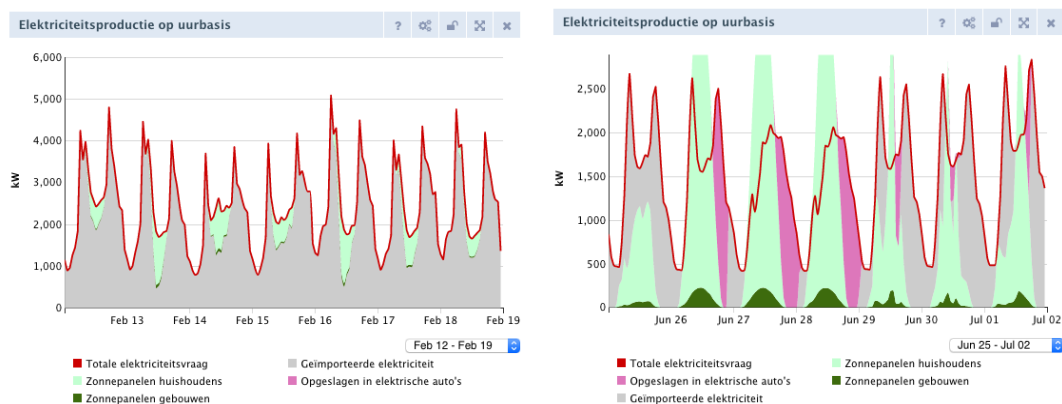
Figuur 26 en Figuur 27 zijn screenshots van uitkomsten van het all electric-scenario van de buurt Oosterhaar. Dit scenario is te openen via: pro.energytransitionmodel.com/scenarios/385241.

De screenshots geven de elektriciteitsvraag, -productie en inzet van flexibiliteitsopties gedurende een winter- en een zomerweek weer.

Figuur 26 - Elektriciteitsvraag op uurbasis van het elektrische scenario van de buurt Oosterhaar voor een winterweek (links) en een zomerweek (rechts)



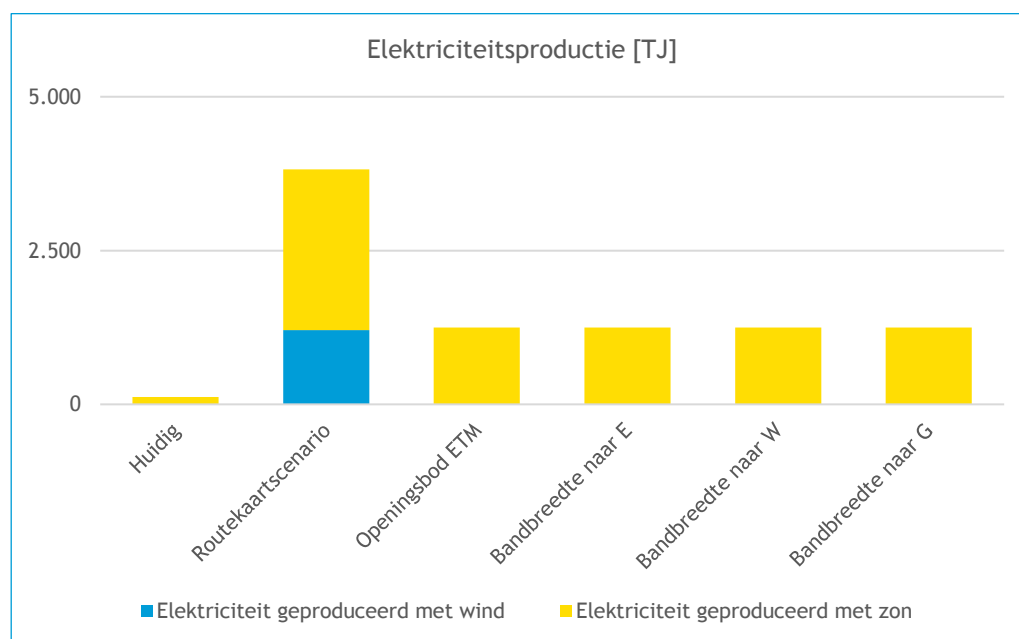
Figuur 27 - Elektriciteitsproductie op uurbasis van het elektrische scenario van de buurt Oosterhaar voor een winterweek (links) en een zomerweek (rechts)



G ETM-elektriciteitsproductie

De elektriciteitsproductie binnen de buurten is nog veel lager dan de productie in het routekaartscenario. Dit komt doordat grootschalige PV-parken en windmolens niet in de gebouwde omgeving (scope van het openingsbod) geplaatst worden.

Figuur 28 - Elektriciteitsproductie in de huidige situatie, het routekaartscenario (hele gemeente), het openingsbod en bijbehorende bandbreedtes (gebouwde omgeving)



H Routekaart scenario

In Paragraaf 3.4 is getoond hoe de match tussen vraag en aanbod van het Openingsbod scenario eruit ziet, bij 300 MW zon op daken. De 300 MW komt van het 'Routekaart-scenario van Groningen', maar we hebben dan nog niet de opwek die binnen de gemeentegrenzen is voorzien in dat scenario.

Hoe ziet de buurt-analyse van het Openingsbod-ETM eruit ten opzichte van het scenario 'Routekaart Groningen CO₂-neutraal 2035' voor de Gemeente Groningen, als we dat scenario aanpassen voor de mix aan verwarmings-technologieën van het openingsbod-ETM¹²?

Dan worden de gebouwen dus vergeleken met een energiesysteem met de gemeentegrenzen. De totale hernieuwbare opwek binnen de gemeentegrenzen is dan groter: naast 300 MW zon-PV op de daken van de gebouwen (1.000 TJ opbrengst), bestaat deze dan ook uit 500 MW zon-PV in veldopstellingen (600 ha, 1.600 TJ) en 12 windmolens (36 MW, 250 TJ). In het Routekaart-scenario zit ook 75 MW Wind op Zee, maar dat hebben we op nul gezet, we kijken voor nu alleen naar de opwek binnen de gemeentegrenzen. Verder zit in het routekaartscenario ook energievraag voor de andere sectoren: industrie, mobiliteit, landbouw.

De inzichten zijn dat puur kijken naar de buurten, ten opzichte van het gecombineerde routekaart + openingsbodscenario, een minder goede matching tussen vraag en aanbod hebben. Het routekaartscenario (dat dus het energiesysteem voor de hele gemeente beschrijft en dus 'groter' is dan alleen de gebouwen) geeft een betere match tussen vraag en aanbod, maar is nog steeds verre van in balans.

- alleen kijken naar buurten : dan is er relatief 25% minder elektriciteitsproductie dan de gemeente als geheel;
- kijken naar de buurten alleen: 40% hogere piekbelasting van interconnectiekabels dan de gemeente als geheel;
- kijken naar buurten alleen: 30% meer elektriciteitsimport dan de gemeente als geheel;
- de elektriciteitsoverschotten verschillen relatief gezien niet tussen de analyse van buurten en de gemeente als geheel.



¹² Zie: [Routekaart Groningen - scenario in ETM](#)