



# Brabants energiesysteem

Ontwikkelingen richting 2050 en  
ruimtelijke consequenties



# Brabants energiesysteem

Ontwikkelingen richting 2050 en ruimtelijke consequenties

Dit rapport is geschreven door:

Cor Leguijt, Joeri Vendrik, Lucas van Cappellen, Julius Király (CE Delft)

Taco Kuijers, Jet ten Voorde, Marianne Gatti (Generation.Energy)

Delft, CE Delft, april 2023

Publicatienummer: 22.220260.063

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant en Enexis

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Cor Leguijt (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 meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

# Inhoud

	Voorwoord opdrachtgevers	4
	Samenvatting	5
1	Inleiding	16
	1.1 Aanleiding	16
	1.2 Onderzoeksvragen en scope	17
	1.3 Samenhang met het Programma Energiehoofdstructuur	18
	1.4 Leeswijzer	19
2	Methodologie	20
	2.1 Stappen van het onderzoek	20
	2.2 Huidige situatie en vastgestelde ontwikkelingen	21
	2.3 <b>Opstellen scenario's 2050</b>	22
	2.4 <b>Verdiepen scenario's</b>	24
	2.5 Plaatsen in de tijd	29
3	Het huidige Brabantse energiesysteem	30
	3.1 Huidige energievraag	30
	3.2 Energieproductie	30
	3.3 Energie-infrastructuur	32
4	<b>De scenario's voor 2050</b>	39
	4.1 <b>Introductie scenario's</b>	39
	4.2 <b>Doel van scenario's</b>	41
	4.3 <b>Energetische invulling scenario's</b>	41
	4.4 <b>Ruimtelijke invulling scenario's</b>	45
5	Ontwikkelingen nationale energie-infrastructuur Brabant tot 2050	49
	5.1 Inleiding over Brabant, energiehoofdstructuren en regionale structuren	49
	5.2 Ontwikkelingen nationale energie-infrastructuur in Noord-Brabant	50
	5.3 Ruimtelijke consequenties ontwikkelingen nationale energie-infrastructuur	59
6	Ontwikkelingen regionale energie-infrastructuur Noord-Brabant tot 2050	61
	6.1 Geplande ontwikkelingen tot 2030	61
	6.2 Overzicht ontwikkelingen van 2030 tot 2050, per scenario	62
	6.3 Verdieping ontwikkelingen 2030-2050	76
7	Ruimtelijke bevindingen	80
	7.1 <b>Ruimte vraag van de scenario's</b>	80
	7.2 Ruimtelijke ontwikkelingen per omgevingstype	85
	7.3 Ruimtelijke ontwikkelingen per RES-regio	88

7.4	Ruimtelijke inpassing op de kleine schaal	91
7.5	Overige ruimtelijke ontwikkelingen	94
7.6	Beoordeling ruimtelijke keuzes	97
8	Kwalitatieve gevoeligheidsanalyses	107
8.1	Infrastructuur lokale waterstofvraag en aanbod CO <sub>2</sub>	107
8.2	Kernenergie in Noord-Brabant	108
8.3	Innovatieve manieren van energieopslag	109
8.4	Geschikte locaties nieuwe energie-intensieve industrie	111
9	Conclusies	113
9.1	Ontwikkelingen energiesysteem	113
9.2	Ruimtelijke ontwikkelingen	118
9.3	Overige conclusies	124
10	Bibliografie	126
A	Lijst van gebruikte afkortingen	128
B	Detail-invulling scenario's	129
C	Informatie ruimtebeslag van bouwstenen energiesysteem	130
D	Aanvullend kaartmateriaal	132
E	Grootste bijdrage aan knelpunt per station	133
F	Detailanalyse benodigde uitbreidingen HS/MS-stations	136
F.1	Methode	136
F.2	Resultaten per cluster van locaties	136
F.3	Geografische locatie van nieuwe HS/MS-locaties	138
F.4	Gevoeligheidsanalyse congestiemanagement/flexibiliteit	140
F.5	Gevoeligheidsanalyse batterijsystemen	141
G	Effectbeoordeling Milieu & Ruimte	144
G.1	Inleiding	144
G.2	Bouwstenen	144
G.3	Beoordelingskader	147
G.4	Uitwerking van het beoordelingskader	150
G.5	Beoordeling bouwstenen	156
G.6	<b>Vergelijking scenario's</b>	171

# Voorwoord opdrachtgevers

Voor de energietransitie in Brabant is ruimte nodig. Maar die ruimte is schaars. De provincie Noord-Brabant en Enexis hebben CE Delft en Generation.Energy gevraagd om de ruimte die het energiesysteem nodig heeft, in beeld te brengen. De resultaten **van dit onderzoek geven op basis van drie scenario's inzicht en kennis over de** mogelijke ontwikkeling van het Brabantse energiesysteem op lange termijn.

**Dit rapport beschrijft en visualiseert enkele mogelijke scenario's voor de ruimtelijke** ontwikkeling, omvang en opbouw van het Brabantse energiesysteem tot aan 2050. De bevindingen zijn ook bouwstenen voor bestuurlijke afspraken over de ruimtelijke inpassing van opgaven op het gebied van wonen, bereikbaarheid, energie, economie, landbouw en natuur. Omdat de energie-**infrastructuur een 'ordenend principe' in de** ruimtelijke puzzel is, gebruiken we de bevindingen om die puzzel later dit jaar te leggen.

Het uitgangspunt voor het onderzoek is dat onze energievoorziening in 2050 volledig **klimaatneutraal moet zijn. Daarbij gaan de scenario's uit van een energievoorziening in** 2050 op basis van bestaande technieken, zoals wind en zon. De kunst van het voorspellen hoe het energiesysteem zich evolueert, zit niet zo zeer in het inschatten van de technische ontwikkelingen, maar de keuzes die door stakeholders gemaakt worden. Door gebruik te **maken van meerdere extreme scenario's, ondervangt dit onderzoek het risico** dat maatschappelijke ontwikkelingen niet goed worden ingeschat.

**De uitkomsten geven een 'bandbreedte' waarbinnen de infrastructuur, die nodig is voor het** transport van energie in Brabant, zich waarschijnlijk ontwikkelt. In welke mate de **scenario's werkelijkheid** worden, is afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden door overheden, bedrijven, maatschappelijke organisaties en burgers. Het onderzoek brengt enkel de gevolgen van bepaalde keuzes voor de energie-**infrastructuur in beeld.**

Op basis van de ontwikkelingen tot 2030 op gebied van energiegebruik en productie van duurzame energie, zien we dat het elektriciteitsnet in Brabant fors moet worden verzwakt. Voor netbeheerders is het lastig om die ontwikkelingen bij te houden en tijdig in alle uitbreidingen te voorzien. Het bouwen van **HS/MS-stations kost namelijk zo'n 8 tot 10** jaar tijd. De meeste tijd gaat daarbij op aan de plan- en besluitvorming. Het bouwen van het station kan binnen 2 jaar gerealiseerd zijn. Als decentrale overheden - samen met netbeheerders - alvast zoeken naar locaties voor de nieuwe stations (naast de andere elementen van het energiesysteem), kunnen deze op tijd worden opgenomen in de bestemmingsplannen. Daarmee faciliteren decentrale overheden de netbeheerders in een vroeg stadium met het uitbreiden van het elektriciteitsnet. En voorkomen we dat de schaarse ruimte een knelpunt wordt voor de netcongestie van het volgende decennium.

Viktor Beelen (Enexis)  
Ton Bosman (Provincie Noord-Brabant)

# Samenvatting

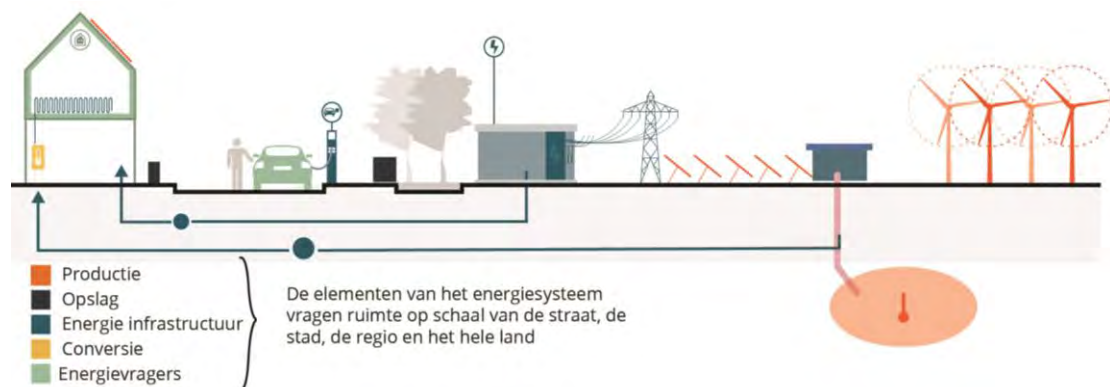
De transitie naar een klimaatneutraal Noord-Brabant zorgt ervoor dat het energiesysteem in Noord-Brabant grote veranderingen zal ondergaan. Hierdoor zal het ruimtebeslag van het energiesysteem fors toenemen richting 2050, mogelijk op andere locaties dan tot nu toe gebruikelijk. De belangrijkste conclusies over de verwachte ruimtelijke ontwikkelingen van het energiesysteem zijn:

1. Bij de ruimtelijke verkenning van het toekomstig energiesysteem liggen de uitdagingen ten eerste bij Moerdijk en Geertruidenberg, aangezien hier verschillende ontwikkelingen vanuit het nationale energiesysteem samenkomen. Dat betreft aanlanding van wind op zee, elektriciteitscentrales, industrie en mogelijke import van hernieuwbare brandstoffen.
2. Ten tweede zijn er uitdagingen bij detail-inpassing op het middenspannings- en laagspannings-elektriciteitsnetwerk van kabels en kasten in de stedelijke gebieden van Noord-Brabant. Hiervoor is nader onderzoek op kleinere schaal nodig, waarin naar specifieke tracés gekeken wordt en naar de inpassing in de openbare ruimte of in gebouwen.
3. Omdat er bij de ruimtelijke inpassing rekening moet worden gehouden met andere ruimtelijke claims en met potentieel lange besluitvormingsprocedures is het belangrijk om direct te starten met ruimtelijke reserveringen voor het energiesysteem, in samenwerking met de netbeheerders. Dit geeft ook de mogelijkheid om in te spelen op andere ruimtelijke ontwikkelingen in Noord-Brabant.

## Het energiesysteem in Noord-Brabant verandert flink richting 2050

Het energiesysteem bestaat uit vele elementen, die elk ruimte vragen. Er is ruimte nodig voor *productie van energie*, bijvoorbeeld met windmolens en zonnepanelen. Deze energie moet vervolgens getransporteerd worden door middel van *energie-infrastructuur* zoals elektriciteitskabels of warmteleidingen en ook hiervoor is ruimte nodig, zowel boven- als ondergronds. Via de energie-infrastructuur komt de energie terecht bij de *energievragers* en ook bij de afnemers is ruimte noodzakelijk, bijvoorbeeld voor warmtepompen. Tot slot is *opslag* en *conversie van energie*, bijvoorbeeld met batterijen of met een elektrolyser die elektriciteit omzet in waterstof, noodzakelijk om het energiesysteem betrouwbaar en efficiënt te houden. Uiteraard is ook hiervoor ruimte nodig.

Figuur 1 - Schematische weergave van productie, opslag, infrastructuur, conversie en energievragers. Al die onderdelen bij elkaar vormen gezamenlijk het energiesysteem





Om de energietransitie mogelijk te maken moet het energiesysteem grote veranderingen ondergaan. Duurzame elektriciteit, waterstof, warmte en groengas zullen fossiele energiedragers vervangen in alle sectoren (Industrie, Gebouwde omgeving, Mobiliteit en Landbouw). Deze duurzame energiedragers worden ten opzichte van het huidige systeem vaker decentraal geproduceerd en zijn minder goed stuurbaar vanwege het wisselende aanbod van wind en zon. Dit vraagt om nieuwe of aangepaste energie-infrastructuur, waaronder verzwaring van netten, energieopslag en conversie tussen energiedragers.

Hoe een klimaatneutraal energiesysteem in Noord-Brabant eruit gaat zien is nog onzeker. Wat wel duidelijk is: elektrificatie is in een groot deel van de sectoren de meest logische verduurzamingsoptie en dat leidt tot een forse groei van de elektriciteitsvraag. In sommige sectoren is het nog onduidelijk hoe de verduurzaming eruit gaat zien: gaan die sectoren vooral inzetten op elektrificatie of gaat bijvoorbeeld waterstof een grote rol spelen? Daarnaast spelen de vragen of de provincie zijn energie grotendeels zelf wil opwekken of veel energie gaat importeren, waar de nieuwe hernieuwbare productie geplaatst wordt en wat de rol van flexibiliteit op het energiesysteem gaat zijn. Dit zijn vragen waar nu nog geen eenduidig antwoord op is.

## De onzekerheden over het systeem in 2050 zijn **verwerkt in scenario's**

### Tekstkader 1 - **Over scenario's**

Een scenario geeft een mogelijke richting. **Scenario's worden gebruikt om** onzekere toekomst te verkennen. De energetische invullingen **in de scenario's in dit** rapport zijn zo gekozen dat ze de hoeken van een speelveld geven. De werkelijkheid zal in de toekomst ergens op dat speelveld liggen, met daarin bouwstenen vanuit **verschillende scenario's**. De hoekpunten zijn realistische uitersten van dat speelveld. Die uitersten zijn nadrukkelijk *niet* bedoeld om uit te kiezen. De scenario's en de doorrekeningen daarvan zijn wel bruikbaar om *richting* kunnen te geven bij beleidskeuzes.

Om de onzekerheid over de ontwikkelingen richting 2050 te ondervangen hebben we gebruik gemaakt van **verschillende scenario's voor het energiesysteem van 2050**. De **scenario's zijn gebaseerd op de vier Klimaatneutrale scenario's die gebruikt zijn voor de nationale integrale infrastructuurverkenning II3050** (Kalavasta & Berenschot, 2020). Deze **vier nationale scenario's hebben elk een andere verhaallijn over hoe de energievoorziening** tussen 2030 en 2050 kan veranderen en worden voor veel lokale en landelijke besluitvormingsprocessen als basis genomen. **De scenario's voor 2050 zijn zo opgesteld dat het energiesysteem klimaatneutraal is in 2050. Elk van de scenario's geven daar op een andere wijze invulling aan. Daardoor ontstaat een 'speelveld', waarvan de scenario's de hoeken weergeven.** De tabel hieronder geeft de hoofdpunten van elk van de II3050-scenario's weer.

Tabel 1 - Hoofdpunten energie**scenario's II3050**

Regionale Sturing	Nationale Sturing	Europese Sturing	Internationale Sturing
Nederland en Noord-Brabant zijn volledig klimaatneutraal in 2050.			
Nieuwbouw van woningen en nieuwe bedrijventerreinen zijn in alle scenario's hetzelfde gehouden.			
Focus op regionale ontwikkeling en lokaal zo zelfvoorzienend mogelijk. Veel hernieuwbare opwek op land. Veel inzet op elektrificatie en gebruik lokale warmtebronnen. Krimp energie-intensieve industrie	Focus op nationale ontwikkelingen en grootschalige projecten. Nederland grotendeels zelfvoorzienend, vooral door veel wind op zee. Veel inzet op elektrificatie, in alle sectoren. Omvang energie-intensieve industrie gelijk aan huidig	Veel import energie vanuit andere EU-landen, met name van groengas. Weinig nieuwe hernieuwbare opwek op land ná 2030. Grote rol voor hernieuwbare gassen. Veel ruimte voor CCS. Groei omvang energie-intensieve industrie	Veel import energie vanuit andere landen, met name waterstof. Weinig nieuwe hernieuwbare opwek op land ná 2030. Grote rol voor hernieuwbare gassen. Veel ruimte voor CCS. Groei omvang energie-intensieve industrie

Voor dit onderzoek hebben we zelf de ruimtelijke invulling (waar komt de energieproductie en de energievraag) **van de scenario's bepaald. Er zijn drie scenario's ontwikkeld, elk** gebaseerd op een I13050-scenario, maar met een eigen ruimtelijke invalshoek. Vanuit verschillende ruimtelijke principes is een geografische vertaling **gemaakt van de scenario's**, in overleg met de provincie en gevoed door bestaande documenten zoals de provinciale omgevingsvisie en de nationale omgevingsvisie.

#### **De drie scenario's die we in het onderzoek gehanteerd hebben zijn:**

1. Het scenario *Lokale kracht*. In dit scenario wordt ingezet op zoveel mogelijk op lokale zelfvoorzienendheid op energiegebied, kenmerk daarvan zijn vele kleine clusters. Dit scenario is gebaseerd op het I13050-scenario Regionale Sturing.
2. Het scenario *De grote opgaven gebundeld*. In dit scenario ligt de sturing van de energietransitie grotendeels bij de rijksoverheid, met grootschalige nationale projecten en windparken op zee als belangrijke kenmerken. Dit scenario is gebaseerd op het I13050-scenario Nationale Sturing.
3. Het scenario *Op grote schaal denken*. In dit scenario wordt binnen de provincie ingezet op import vanuit het buitenland van hernieuwbare brandstoffen, waardoor de haven een belangrijke energie-doorvoerlocatie wordt. Dit scenario is gebaseerd op de I13050-**scenario's Europese Sturing en Internationale Sturing**<sup>1</sup>.

Voor elk van deze scenario's is de benodigde ruimte voor verschillende elementen van het energiesysteem en de impact van de ontwikkelingen rondom vraag en aanbod van energie op de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur bepaald.

#### Tekstkader 2 - Datafreeze

De inputgegevens voor de scenario's zijn vastgelegd in oktober 2022 (*datafreeze*). Het vastleggen van de scenario-inputs was noodzakelijk om de impact van de scenario's op de energie-infrastructuur en de ruimtevraag te kunnen bepalen, aangezien het doorrekenen van de scenario's door Enexis een tijdsintensieve activiteit is en er daarom maar één keer een doorrekening mogelijk was binnen dit project.

Ontwikkelingen die plaatsgevonden hebben ná de datum van de datafreeze konden door deze opzet niet meer meegenomen worden in het onderzoek. Het gaat dan om recente lokale plannen zoals het woningarrangement Breda-Tilburg. Deze lokale ontwikkelingen vallen naar verwachting binnen het speelveld van de scenario's voor 2050, maar kunnen wel tot een versnelling van de benodigde uitbreidingen van het elektriciteitsnet leiden.

Het verschilt per scenario in hoeverre de provincie zelfvoorzienend is in de energievraag naar elektriciteit en gas. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* komt in de provincie een grote hoeveelheid elektriciteit aan land afkomstig van wind op zee. De omvang van de productie van energie (inclusief aanlanding wind op zee) is in dat scenario groter dan de energievraag binnen de provincie (120% van de energievraag), zodat de provincie in dat scenario netto doorvoerder is van energie naar het achterland. In het scenario *Lokale kracht* wordt ongeveer 70% van de energievraag ingevuld met energie die geproduceerd wordt binnen de provincie, in het scenario *Op grote schaal denken* wordt 35% van de energievraag binnen de provincie geproduceerd.

**De scenario's geven de hoekpunten van het toekomstige energiesysteem weer volgens de huidige verwachtingen.** De periode tot 2050 is echter lang en innovaties kunnen voor verschuivingen zorgen. Er zijn enkele innovaties die mogelijk impact kunnen hebben op de benodigde ruimte voor het energiesysteem, maar waarvan het nu nog lastig is om de

<sup>1</sup> De scenario's Europese Sturing en Internationale Sturing pakken we samen, aangezien de verschillen tussen deze scenario's weinig impact hebben op de benodigde ruimte.



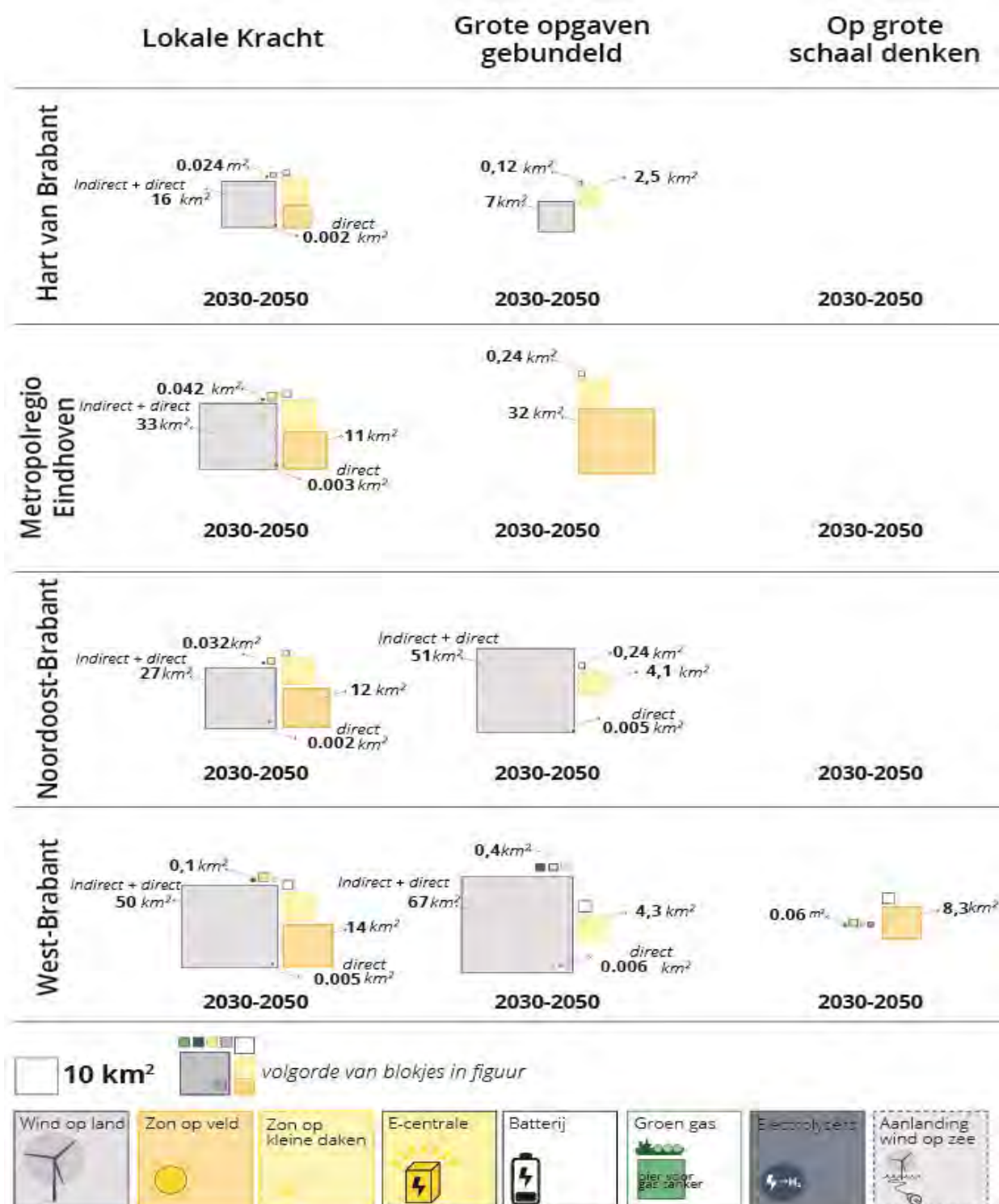
precieze impact in te schatten. Dit gaat bijvoorbeeld om kleinschalige kerncentrales (Small Modular Reactors) en om innovatieve vormen van energieopslag. In Hoofdstuk 8 is een inschatting gemaakt van de mogelijke effecten van deze innovaties.

## Extra ruimte voor het energiesysteem vraagt om slim combineren of transformeren van functies

De transitie naar een klimaatneutraal Noord-Brabant zorgt ervoor dat het ruimtebeslag van het energiesysteem fors zal toenemen richting 2050 en bovendien dat deze mogelijk op andere locaties gerealiseerd wordt. Er ontstaat een meer decentraal systeem, waardoor opwek, opslag en conversie niet meer altijd op centrale locaties plaatsvindt. Zo zal er veel ruimte nodig zijn voor hernieuwbare energieproductie op land, met zonnepanelen en windturbines. Daarnaast is een forse uitbreiding van de elektriciteitsnetten nodig om de groei van hernieuwbare elektriciteitsproductie en elektrificatie van de energievraag te **faciliteren. In alle regio's in de provincie is extra ruimte nodig, in steden, in industriële gebieden en in het buitengebied.** Een belangrijke factor daarbij is de lange doorlooptijd van de ruimtelijke procedures, die voorafgaat aan de fysieke aanleg van energie-infrastructuur. Hoe groter de omvang van de nieuwe tracés of stations, hoe ingewikkelder en langer deze procedures.

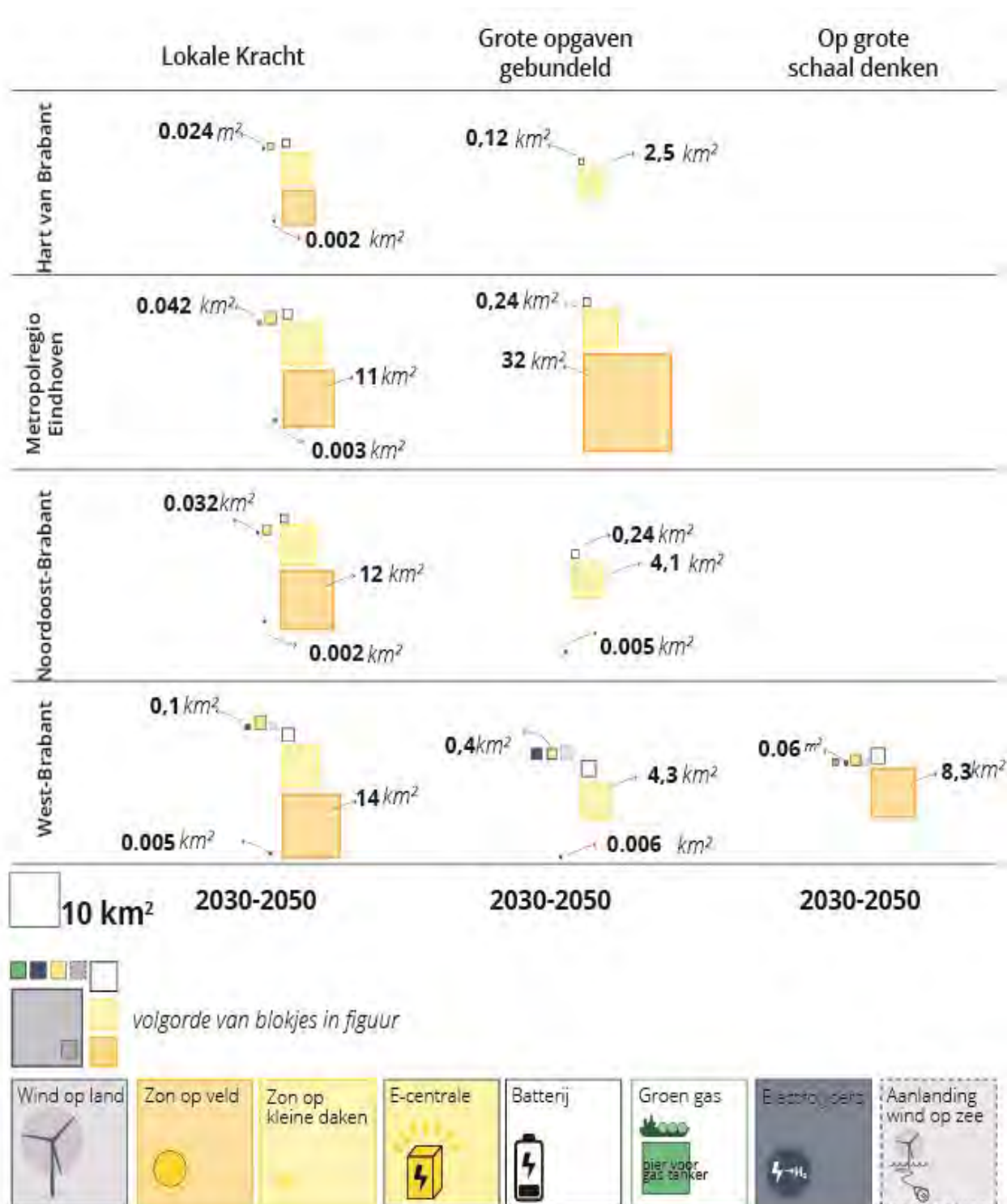
De omvang en de locaties voor het energiesysteem in 2050, verschillen per scenario en worden uiteindelijk bepaald door de beleidskeuzes die gemaakt worden. Zolang die keuzes niet gemaakt worden betekent dit dat er veel ruimtelijke reserveringen nodig zijn. Daardoor kunnen er geen andere ruimtelijke ontwikkelingen komen indien die conflicteren met een (mogelijk) onderdeel van het toekomstige energiesysteem. Alle ruimte die nodig is voor de uitbreidingen en veranderingen van het energiesysteem heeft ook nu een functie. Op de meeste locaties kan door het combineren van functies, of verdichten of transformeren, voldoende ruimte gemaakt worden voor het energiesysteem. Op specifieke locaties, zoals Geertruidenberg, Moerdijk en het binnenstedelijk gebied, kan dat lokaal wel knelpunten opleveren. Er moet bij de ruimtelijke inpassing rekening worden gehouden met andere ruimtelijke claims, zoals klimaatadaptatie, waterveiligheid, het circulair maken van de industrie en de woningbouwopgave. In de twee figuren hierna is te zien wat de ruimteclaim van de bouwstenen van het energiesysteem per RES-regio aan ruimte vragen. De eerste figuur bevat zowel de directe als de indirecte ruimtevraag. De indirecte ruimtevraag van met name windenergie levert weliswaar beperkingen op voor functies zoals woningbouw, maar kan vaak goed gecombineerd worden met ander ruimtegebruik, zoals landbouw en waterberging. In de tweede figuur staat daarom alleen de directe ruimtevraag getoond.

Figuur 2 - Direct en indirect ruimtegebruik<sup>2</sup> van het energiesysteem per RES-regio en per scenario, in de periode 2030-2050



<sup>2</sup> Een deel van het indirecte ruimtegebruik kan gecombineerd worden met andere functies zoals landbouw en waterberging. Deze ruimte kan, bijvoorbeeld bij windturbines niet gecombineerd worden met toepassingen als woningbouw.

Figuur 3 - Het directe ruimtegebruik van het energiesysteem. Het is goed te zien dat de directe ruimteclaim van 'wind' een stuk kleiner is dan het indirecte (in vergelijking met de figuur op de vorige pagina). NB: de schaal van deze figuur verschilt van de schaal van Figuur 2 om de leesbaarheid te vergroten





- de ruimteclaim die volgt uit PEH<sup>3</sup>
- ruimte voor nieuwe MS/LS-stations en bijbehorende ruimte in de ondergrond, met name in het stedelijk gebied.

Afhankelijk van de ruimtelijke invulling landen deze bouwstenen op andere geografische locaties, in verschillende orde van groottes (zoals bijvoorbeeld heel veel kleine batterijen in scenario *Lokale kracht* versus enkele grote batterijen in scenario *De grote opgaven gebundeld*).

De ruimteclaim van nieuwe energie-infrastructuur is in vergelijking met de totale beschikbare ruimte beperkt, maar de realisatie is uitdagend

Hernieuwbare opwek op land is verantwoordelijk voor het grootste deel van de ruimteclaim van het toekomstig energiesysteem. De totale ruimteclaim voor uitbreidingen van de energie-infrastructuur (zoals stations, bovengrondse lijnen en kabels) is ten opzichte van de totale beschikbare ruimte zeer beperkt. Toch kan de zoektocht naar nieuwe ruimte voor energie-infrastructuur een uitdaging zijn, vanwege de industriële uitstraling (inpassing) en de beperkte keuzevrijheid bij het plaatsen van nieuwe energie-infrastructuur. Hierdoor moet nieuwe energie-infrastructuur in sommige gevallen ingepast worden in gebieden met weinig beschikbare ruimte.

Er zijn forse uitbreidingen van HS/MS-stations<sup>4</sup> nodig. De meeste van die uitbreidingen kunnen worden gefaciliteerd binnen de bestaande stationslocaties, maar in sommige gevallen zijn stations op nieuwe locaties noodzakelijk. In Tabel 2 is te zien hoeveel nieuwe locaties voor HS/MS stations gezocht moeten worden per RES-regio per scenario, voor de periode tussen 2030 en 2050. Hierop is te zien dat er bij het scenario *Lokale kracht* de meeste nieuwe locaties voor HS/MS stations nodig zijn, in elk van de RES-regio's. Voor twee scenario's moet gezocht worden naar minimaal vier stationslocaties in West-Brabant en Metropoolregio Eindhoven. De nieuwe locaties voor stations zijn nodig om extra hernieuwbare opwek aan te sluiten die in die scenario's tussen 2030 en 2050 wordt gerealiseerd. Er zijn geen nieuwe stations nodig door de toename van de vraag naar elektriciteit, maar wel zijn daarvoor uitbreidingen nodig binnen de bestaande stationslocaties. Daarom zijn bij het scenario *Op grote schaal denken* (met weinig extra hernieuwbare opwek in de provincie ná 2030) géén nieuwe stations nodig. We verwachten dat in ieder geval die nieuwe HS/MS-stations nodig zijn die zowel in scenario *Lokale kracht* als in scenario *De grote opgaven gebundeld* uit de netdoorrekeningen volgen. Dit betreft één nieuw station in het cluster Roosendaal/Etten, en twee in het cluster Boxtel/Best/Hapert/Oirschot (boven op de reeds geplande uitbreiding bij Oirschot).

<sup>3</sup> Die is nog niet precies bekend omdat de Rijksoverheid nog nadere keuzes zal maken uit de verschillende onderzochte varianten.

<sup>4</sup> Dit zijn de koppelpunten tussen het regionale elektriciteitsnet van Enexis en het hoogspanningsnet van TenneT. Dit zijn de grootste stations waarvoor de provincie en gemeentes verantwoordelijk zijn voor de ruimtelijke inpassing.



Tabel 2 - Inschatting benodigd aantal nieuwe locaties HS/MS-stations (tussen 2030 en 2050)

Inschatting* aantal extra stations nodig (en ruimteclaim in hectares)	Lokale kracht		De grote opgaven gebundeld		Op grote schaal denken	
	ha	Aantal	ha	Aantal	ha	Aantal
Eenheid						
West-Brabant	12	3	8	2	0	0
Noordoost-Brabant	8**	2**	0***	0***	0	0
Metropoolregio Eindhoven	16**	4**	8***	2***	0	0
Hart van Brabant	4	1	0	0	0	0

(\*) Inschatting op de aannames, dit is een eerste inzicht.

(\*\*) Twee van de nieuwe stations bij het scenario *Lokale kracht* kunnen in twee RES-regio's landen. Deze zijn nu bij de metropoolregio Eindhoven meegenomen omdat het cluster bijna volledig in die regio ligt.

(\*\*\*) Twee van de nieuwe stations bij het scenario *De grote opgaven gebundeld* kunnen in twee RES-regio's landen. Deze zijn nu bij de metropoolregio Eindhoven meegenomen omdat het cluster bijna volledig in die regio ligt.

In elk scenario zijn hiernaast forse hoeveelheden nieuwe MS/LS-stations en kabels nodig. Hoeveel van deze assets nodig zijn verschilt per scenario. Het grootste deel van de nieuwe MS/LS-stations is nodig binnen de stedelijke omgeving, wat de ruimtelijke inpassing uitdagend maakt.

Er is nauwelijks nieuwe ruimte nodig voor ontwikkelingen van de regionale gas- en waterstofinfrastructuur. Er is ombouw van een deel van de bestaande aardgasinfrastructuur nodig naar waterstofinfrastructuur, maar dit leidt naar verwachting niet tot een significante additionele ruimteclaim. Een deel van de bestaande aardgasinfrastructuur wordt richting 2050 overbodig en kan verwijderd worden. Voor het scenario *De grote opgaven gebundeld* geldt dat er een uitbreiding komt van de bovenlokale warmte-infrastructuur. Dit vraagt om nieuwe buisleidingen die ruimte vragen in de ondergrond. Dit kan vooral in stedelijk gebied voor knelpunten in de ruimte in de ondergrond leiden. Hiervoor zal het specifieke tracé verder onderzocht moeten worden.

## Binnen de provincie is ook ruimte nodig voor de ontwikkeling van nationale energie-infrastructuur

Zo zijn er forse uitbreidingen aan het hoogspanningsnet nodig, tot 2030 en ook voor de periode 2030-2050. Er zijn tot 2030 reeds nieuwe 380 kV stations gepland bij Moerdijk, Tilburg en Halsteren en na 2030 is mogelijk uitbreiding van het bestaande of de aanleg van een nieuw 380 kV-station bij Eindhoven nodig. Daarnaast wordt momenteel gewerkt aan een nieuwe 380 kV-verbinding. Er wordt voor 2030 een nieuwe 380 kV-verbinding van Rilland naar Tilburg gerealiseerd met een nieuw tracé (100 meter brede strook).

Daarnaast zijn tussen 2030 en 2050 mogelijk uitbreidingen nodig bij bestaande 380 kV-tracés voor de doorvoer van elektriciteit. Uit de scenarioanalyses van de Integrale Effectenanalyses van het Programma Energiehoofdstructuur volgt dat bij een combinatie van wind op zee met grote hoeveelheden kernenergie in Zeeland mogelijk nieuwe 380 kV-verbindingen nodig zijn tussen Rilland (Zeeland) en Geertruidenberg (via de nieuwe 380 kV-stations Halsteren en Moerdijk) en tussen Rilland en Tilburg. Daarnaast zijn mogelijk nieuwe 380 kV-verbindingen nodig tussen Krimpen aan den IJssel (Zuid-Holland) en Eindhoven (via Tilburg en Geertruidenberg) indien grote hoeveelheden wind op zee aanlanden in Rotterdam. Ruimtelijk gezien heeft het de voorkeur om nieuwe verbindingen naast de bestaande masten te plaatsen (bredere strook).



Ook is ruimte nodig binnen de provincie voor de ontwikkeling van nationale buisleidingen, zoals de waterstofbackbone en de Delta Rhine Corridor. De ontwikkelingen van de hoofdleidingen van de waterstofbackbone en de Delta Rhine Corridor passen naar verwachting grotendeels binnen de bestaande nationale reserveringen. Mogelijke aftakkingen daarvan passen hoogstwaarschijnlijk niet binnen de bestaande reserveringen, tenzij het gaat om reeds bestaande buisleidingen.

De omvang van de benodigde ruimteclaim voor nationale energie-infrastructuur is afhankelijk van keuzes die veelal buiten de provincie gemaakt worden. De realisatie van deze projecten valt onder de rijkscoördinatieregeling van het Rijk.

Er zijn enkele gebieden waar veel ontwikkelingen van het energiesysteem samenkomen en waar de ruimtelijke inpassing van het energiesysteem grote aandacht vereist

Moerdijk en Geertruidenberg zijn belangrijke knooppunten in het nationale energiesysteem met elektriciteitscentrales, hoogspanningsstations, industrie, buisleidingstroken en in de toekomst ook aanlanding van wind op zee en mogelijk import van klimaatneutrale brandstoffen. Met name de aanlanding van wind op zee op deze locaties binnen de provincie Noord-Brabant kan een forse ruimtelijke claim opleveren. Voor aanlanding van wind op zee zijn convertorstations en uitbreidingen van een bestaand of de aanleg van nieuw 380 kV station nodig. Daarnaast is het vanuit het energiesysteem wenselijk om bij de aanlandingslocaties van wind op zee ook elektrolyzers en batterijen te plaatsen.

Figuur 5 illustreert dit voor de omgeving Moerdijk. De aanlanding van wind op zee vraagt ruimte, evenals elektrolyzers en batterijen. Op de foto is te zien dat de realisatie complex gaat worden. Veel ruimte is reeds vergeven, of is te versnipperd om de ontwikkelingen mogelijk te maken. Dit laat een knelpunt zien in de toekomstige ontwikkelingen. Er moet op kleine schaal in verder detail onderzocht worden wat de (on)mogelijkheden zijn.

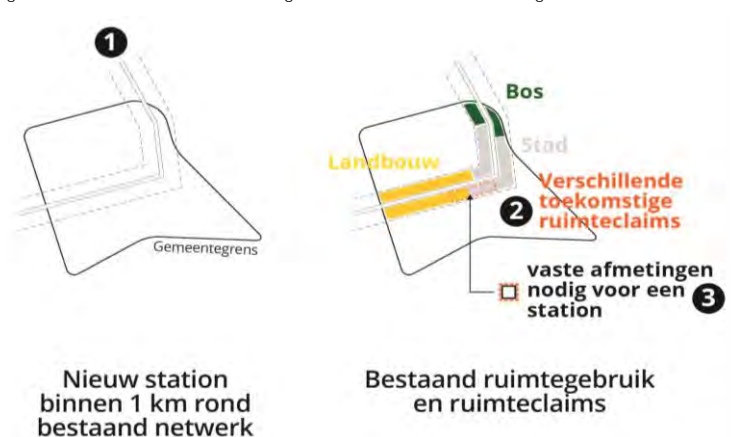
Figuur 5 - Illustratie maximaal ruimtebeslag energiesysteem in 2050 in Moerdijk en omgeving



Daarnaast komen veel potentiële ontwikkelingen samen bij hoogspanningsstations (380 kV) en HS/MS-stations. Dit zijn geschikte locaties voor het plaatsen van elektrolyzers, batterijen en kleine regelbare centrales. Dit betekent dat er mogelijk een aanzienlijke additionele ruimteclaim landt in de omgeving van deze stations, bovenop de (mogelijk) benodigde uitbreidingen van de stations zelf.

In andere gemeentes zal er gezocht moeten worden naar ruimte voor nieuwe HS/MS-stations en mogelijk MS/MS-stations. Hoewel de fysieke ruimteclaim van een station niet heel groot is (≈4 ha), zorgen extra uitgangspunten of ontwikkelingen ervoor dat de zoektocht naar een geschikte plek complex kan zijn. Het gaat om uitgangspunten zoals *de 'afstand tot bestaande netwerk moet beperkt zijn(1)'*. Bovendien is er een huidige ruimteclaim en huidig eigendom op de mogelijke locatie wat het proces extra complex kan maken. Daarnaast zijn er toekomstige ruimteclaims van andere opgaven die nu nog niet concreet gemaakt zijn (2). Tot slot wordt er een aansluitende ruimte van circa 4 ha gezocht, die niet versnipperd is (3).

Figuur 6 - Schematische weergave van zoektocht naar geschikte locatie voor een nieuw station



Er spelen verschillende afwegingen bij de ruimtelijke keuzes die gemaakt kunnen worden binnen de provincie

Er zijn verschillende ruimtelijke keuzes die binnen de provincie gemaakt kunnen worden die verschillende effecten hebben op verschillende aspecten. Een integrale effectenanalyse met een beoordeling op de aspecten welvaart, systeemefficiëntie en milieu & ruimte kan helpen om de verschillende effecten tegen elkaar af te wegen.

**Er zijn verschillende ruimtelijke keuzes verkend binnen de scenario's en hiervan zijn de effecten in kaart gebracht.** Een belangrijke keuze die gemaakt moet worden binnen de provincie en de RES-regio's is hoeveel hernieuwbare opwek op land tussen 2030 en 2050 geplaatst gaat worden en waar. Bij grote hoeveelheden extra hernieuwbare opwek op land treden altijd veel effecten op de omgeving op. Het is daarom belangrijk om de effecten op de omgeving mee te wegen bij de keuze voor locaties voor deze opwek. De nieuwe hernieuwbare opwek op land kan verspreid door de provincie geplaatst worden of juist geclusterd worden op enkele geschikte locaties. Het verspreid door de provincie plaatsen van nieuwe windmolens en zonneparken leidt tot een grotere kans op hinder voor de leefomgeving. Bij clustering van hernieuwbare opwek kunnen lokaal grote effecten op bijvoorbeeld natuur en recreatie ontstaan. Vanuit het perspectief van welvaart heeft clustering van hernieuwbare opwek op land de voorkeur boven spreiding. Dit is toe te schrijven aan het feit dat minder mensen visuele hinder ondervinden door hernieuwbare opwek te clusteren in wind- en zonneparken.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De energietransitie is nodig om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en daarmee de klimaatdoelen te halen. De energietransitie moet er toe leiden dat Nederland in 2050 volledig klimaatneutraal is. Dat betekent dat de verschillende vraag-sectoren - Gebouwde omgeving, Mobiliteit, Industrie en Landbouw - hun energievraag zullen beperken én anders invullen. Het betekent ook dat de energieproductie (het energieaanbod) zal verduurzamen.

Om de energietransitie mogelijk te maken moet het energiesysteem grote veranderingen ondergaan. Duurzame elektriciteit, waterstof, warmte en groengas zullen fossiele energiedragers vervangen in alle sectoren. Deze duurzame energiedragers worden vaker decentraal opgewekt en de productie is minder goed stuurbaar vanwege hun afhankelijkheid van weersomstandigheden. Voor een succesvolle energietransitie is een goed functionerende energie-infrastructuur essentieel. Dit vraagt om nieuwe of aangepaste energie-infrastructuur, waaronder verzwaring van netten, energieopslag en conversie tussen energiedragers.

Al deze ontwikkelingen zorgen ervoor dat het ruimtebeslag van het energiesysteem fors zal toenemen richting 2050 en bovendien mogelijk op andere locaties zal 'landen' dan dat we tot nu toe gewend zijn. Zo zal er veel ruimte nodig zijn voor hernieuwbare energieproductie op land, met zonnepanelen en windturbines. Daarnaast is een forse uitbreiding van de elektriciteitsnetten nodig om de groei van hernieuwbare energieproductie en elektrificatie **van de energievraag te faciliteren. In alle regio's in de provincie is extra ruimte nodig, in steden, in industriële gebieden en op het platteland.** Dit maakt de ruimtelijke inpassing van het toekomstige energiesysteem uitdagend. Een verdere uitdaging daarbij is dat aanleg van energie-infrastructuur lange doorlooptijden kent, met name vanwege de ruimtelijke procedures.

De provincie Noord-Brabant en Enexis willen inzicht verkrijgen in het ruimtelijke beslag van het toekomstige Brabantse energiesysteem. In dit onderzoek hebben we een integrale analyse gedaan van de ontwikkelingen van het Brabantse energiesysteem richting 2050, met focus op het ruimtebeslag daarvan. Hierbij kijken we naar ontwikkelingen in alle sectoren en bekeken we alle soorten energie-infrastructuur.

Tekstkader 3 - Wat is de status van dit onderzoek?

Dit onderzoek is een verkenning naar de toekomstige ruimtelijke ontwikkeling van het energiesysteem. Er wordt een inschatting gemaakt van de benodigde ruimte voor het energiesysteem bij verschillende toekomst-scenario's. **Met de scenario's zijn mogelijke ontwikkelrichtingen verkend, zodanig dat ze gezamenlijk een speelveld opspannen waarbij de scenario's fungeren als hoekpunten.** Hiermee geeft dit onderzoek inzicht in het ruimtebeslag van het toekomstige energiesysteem en de ruimtelijke effecten van keuzes die gemaakt kunnen worden bij de ontwikkeling richting een klimaatneutraal energiesysteem in 2050 in Noord-Brabant. De focus van de verkenningen ligt daarbij op de periode 2030-2050.

In deze studie wordt voor elk scenario een inschatting gemaakt van de benodigde nieuwe energie-infrastructuur van de netbeheerders Enexis (regionale elektriciteits- en gasnetten), TenneT (nationale elektriciteitsnetten) en Gasunie (nationale gasnetten), **voor elk van de scenario's.** Het maken van netwerkdoorrekeningen behoort tot het terrein van de netbeheerders. In dit onderzoek is een netwerkdoorrekening uitgevoerd door Enexis voor hun

netwerken. Voor de nationale energie-infrastructuur is gebruik gemaakt van eerdere netwerkdoorrekeningen die in het kader van het Programma Energiehoofdstructuur zijn uitgevoerd door TenneT en Gasunie. Er zijn voor de nationale energie-infrastructuur binnen dit onderzoek geen nieuwe doorrekeningen uitgevoerd.

Het doel van het maken van een inschatting van de benodigde nieuwe energie-infrastructuur is inzicht krijgen in de benodigde ruimte voor deze energie-infrastructuur. Er worden in dit onderzoek expliciet geen beslissingen genomen over uitbreidingen van de energie-infrastructuur. De uiteindelijke beslissing voor het investeren in nieuwe energie-infrastructuur wordt door de netbeheerders gemaakt in hun investeringsplannen. De inzichten uit deze studie kan één van de inputs zijn voor dat proces.

Een integrale analyse van de ontwikkelingen van het energiesysteem en de ruimtelijke inpassing daarvan is om de volgende redenen belangrijk:

- de energie-infrastructuur is één van de kritische succesfactoren voor het tijdig halen van klimaatdoelstellingen (het tijdig reserveren van voldoende ruimte);
- de ruimtedruk in Nederland is groot (integrale afweging nodig met andere opgaven en belangen);
- het energiesysteem wordt steeds meer een geïntegreerd energiesysteem (samenhang tussen bouwstenen);
- het onderzoeken van meerdere richtingen van de lange termijn kan sturing geven op beslissingen op de korte termijn.

Het energiesysteem is complex. Het systeem omvat alle economische sectoren (Gebouwde omgeving, Mobiliteit, Industrie en Landbouw). Bovendien is de provincie Noord-Brabant onderdeel van een groter Nederlands, Europees en mondiaal energiesysteem. Keuzes van overheden, bedrijven en burgers in het hele energiesysteem beïnvloeden de energievraag en -opwek, en daarmee de eisen voor de energie-infrastructuur van de toekomst. Het beeld tot 2030 wordt op basis van concrete initiatieven langzamerhand steeds duidelijker. Voor de periode tussen 2030 en 2050 zijn er nog veel grote onzekerheden. Om ondanks de complexiteit en de onzekerheden toch inzichten te verwerven, werken we met scenario's.

## 1.2 Onderzoeksvragen en scope

De hoofdvraag voor het onderzoek naar de ruimtelijke impact van het toekomstige Brabantse energiesysteem is:

*Hoe kan het Brabantse energiesysteem zich ontwikkelen richting 2050 en welke ruimte is nodig om deze ontwikkelingen te faciliteren?*

Om een antwoord te geven op de hoofdvraag, beantwoorden we de volgende onderzoeksvragen:

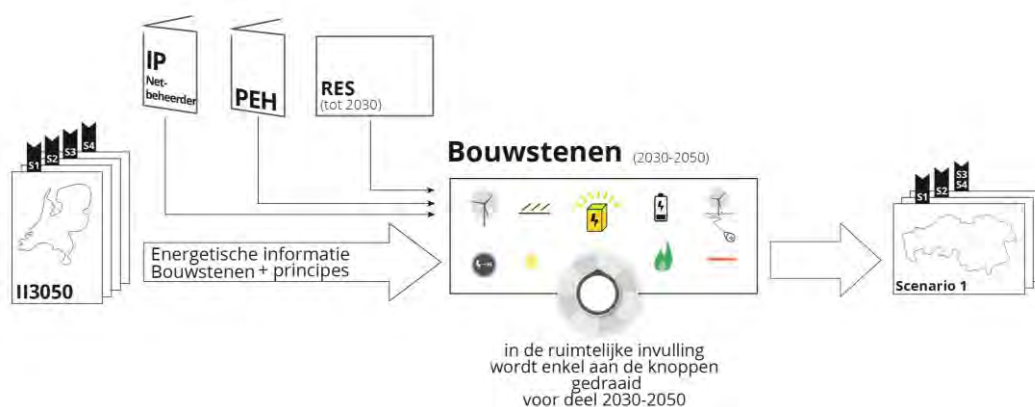
- Hoe ziet het huidige Brabantse energiesysteem eruit en wat is de ruimtelijke impact van het huidige systeem?
- Wat zijn mogelijke ontwikkelingen van vraag en aanbod van energie in locaties, volumes en energiemix tot 2050?
  - Hoe kan de totale energievraag en het totale energieaanbod van de provincie zich ontwikkelen richting 2050, met uitsplitsing naar energiedrager en bron?
  - Welke keuzes kunnen gemaakt worden voor de ruimtelijke invulling van vraag, aanbod, opslag en conversie van energie?
- Welke energie-infrastructuur is nodig om deze ontwikkelingen te faciliteren?
- Wat is de ruimtelijke impact van de ontwikkelingen van het energiesysteem?
- Wanneer is deze extra ruimte voor het energiesysteem nodig?

- Wat zijn overige ruimtelijke ontwikkelingen in de provincie en hoe raken deze aan de ruimtelijke opgave van het energiesysteem?

We kijken in dit onderzoek naar alle componenten van het energiesysteem. We nemen zowel vraag en opwek van energie mee, als opslag, conversie en energie-infrastructuur. We houden rekening met alle energiedragers (met name elektriciteit, methaan, waterstof en warmte) en nemen alle vraagsectoren mee (Gebouwde omgeving, Mobiliteit, Industrie en Landbouw).

De focus van het onderzoek ligt op de lange-termijn ontwikkelingen, richting een klimaatneutraal energiesysteem 2050. We kijken daarbij ook naar het tijdspad richting 2050. Voor de goede orde: deze studie levert geen handvatten voor het oplossen van de acute schaarste op het elektriciteitsnet.

Figuur 7 - Schematische weergave van de relatie tot andere trajecten. Dit onderzoek is verkennend!



### 1.3 Samenhang met het Programma Energiehoofdstructuur

In de loop van 2023 zal het (concept-)Programma Energiehoofdstructuur (PEH) vastgesteld worden door de rijksoverheid<sup>5</sup>. Het PEH is een ruimtelijk plan op hoofdlijnen dat gaat over de ontwikkeling van energie-infrastructuur van nationaal belang (hoofdstructuur) tussen 2030 en 2050 die nodig is voor een klimaatneutraal energiesysteem. Het doel van PEH is om tijdig ruimte te reserveren voor deze energie-infrastructuur.

Het PEH is een goed startpunt voor de globale ruimtelijke inrichting van het energiesysteem, maar heeft alleen betrekking op nationale energie-infrastructuur en geeft daarmee geen totaalbeeld van het ruimtelijke beslag van het toekomstige Brabantse energiesysteem. Binnen de provincie zal ook ruimte nodig zijn voor regionale energie-infrastructuur, zoals de elektriciteitsnetten en gasnetten van Enexis, en voor warmtenetten. Daarom is een provinciale verdieping nodig die leidt tot meer inzicht voor de provincie Noord-Brabant en Enexis.

In dit onderzoek zijn we voor de ontwikkelingen van de landelijke bouwstenen van het energiesysteem grotendeels aangesloten bij de bevindingen van de Integrale Effectenanalyse van het PEH. In deze studie onderzoeken we daarnaast de ontwikkelingen van regionale en provinciale energie-infrastructuur en regionale productie-, opslag- of conversielocaties. Daarmee is dit onderzoek een aanvulling op het PEH.

<sup>5</sup> [Programma Energiehoofdstructuur](#)

## 1.4 Leeswijzer

In dit rapport besteden we aandacht aan zowel aannames als de bevindingen van de analyses. Naast de hoofdtekst bevat het rapport bijlagen met detailinformatie over aannames, methodes en details over de uitkomsten.

Het rapport bevat de volgende hoofdstukken:

- *Hoofdstuk 2* beschrijft van de methodologie van het onderzoek.
- *Hoofdstuk 3* geeft een overzicht van het huidige Brabantse energiesysteem.
- *Hoofdstuk 4* **bevat een omschrijving van de scenario's voor 2050.**
- *Hoofdstuk 5* beschrijft de ontwikkelingen van de nationale energie-infrastructuur in Brabant richting 2050, op basis van de uitkomsten van de Integrale Effectenanalyse van het PEH.
- *Hoofdstuk 6* beschrijft de ontwikkelingen van het regionale energiesysteem in Brabant richting 2050.
- *Hoofdstuk 7* geeft een overzicht van de ruimtelijke bevindingen van het onderzoek.
- *Hoofdstuk 8* bevat gevoeligheidsanalyses.
- *Hoofdstuk 9* bevat de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek.

Daarnaast bevat het rapport de volgende bijlagen:

- *Bijlage A* bevat een lijst met gebruikte afkortingen.
- *Bijlage B* bevat een omschrijving van de detail-**invulling van de scenario's.**
- *Bijlage C* bevat de aannames over het ruimtebeslag van bouwstenen van het energiesysteem.
- *Bijlage D* bevat aanvullend kaartmateriaal.
- *Bijlage E* bevat een overzicht van de drivers voor knelpunten bij de regionale elektriciteitsnetten.
- *Bijlage F* bevat een gedetailleerde omschrijving van de analyses van de regionale elektriciteitsnetten.
- *Bijlage G* bevat een gedetailleerde omschrijving van de effectbeoordeling Milieu & Ruimte.

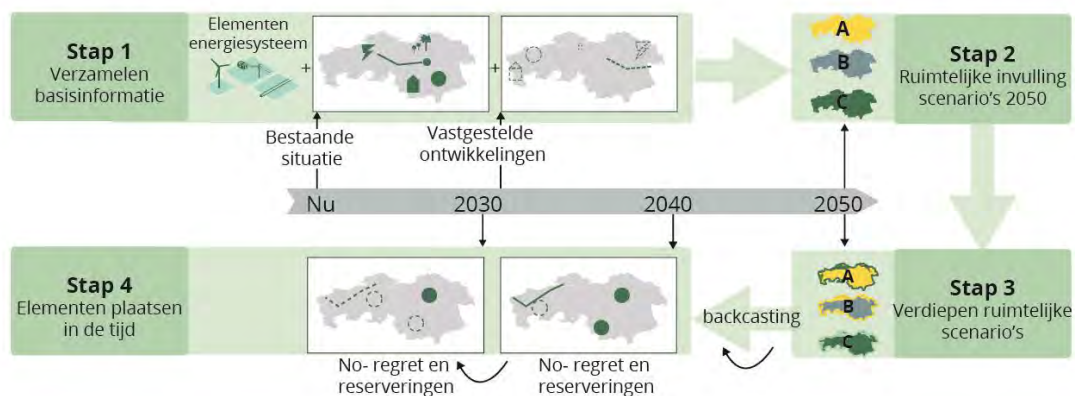


## 2 Methodologie

### 2.1 Stappen van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is om te bepalen welke ruimte nodig is voor ontwikkelingen van het energiesysteem in Noord-Brabant tot 2050. De figuur hieronder geeft een overzicht van de stappen die we in dit onderzoek doorlopen hebben om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden.

Figuur 8 - De vier stappen in het onderzoek



Grofweg onderscheiden we vier stappen in ons onderzoek:

- Stap 1: Verzamelen basisinformatie. In deze fase hebben we het huidige energiesysteem en de ruimtelijke impact daarvan in kaart gebracht. Daarnaast hebben we de reeds vastgestelde ontwikkelingen voor het energiesysteem tot 2030 en een aantal overige vastgestelde ruimtelijke ontwikkelingen in kaart gebracht.
- Stap 2: Opstellen **scenario's** 2050. In deze fase hebben we drie **scenario's** opgesteld voor het **Brabantse energiesysteem in 2050**. De **scenario's** die we opstellen hebben een energetische en een ruimtelijke invulling.
- Stap 3: Verdiepen **scenario's**. In deze fase hebben we bepaald welke energie-infrastructuur nodig is voor elk van de drie **scenario's** en welke slechts in één of twee van de **scenario's**. Daarnaast hebben we de ruimtelijke impact van het energiesysteem voor elk van de **scenario's** bepaald en geven we inzicht in de effecten van de ruimtelijke keuzes die gemaakt worden in de **scenario's**.
- Stap 4: Bouwstenen plaatsen in de tijd. De uitbreidingen die in alle **scenario's** voorkomen en de uitbreidingen die ruimtelijke reserveringen vergen zijn in de tijd uiteengezet door middel van back-casting

Figuur 9 - De no-regrets en ruimtelijke reserveringen van de **scenario's** in schematisch overzicht



## 2.2 Huidige situatie en vastgestelde ontwikkelingen

### 2.2.1 Energiesysteem

We hebben het huidige energiesysteem in kaart gebracht (Bijlage D) op basis van openbare gegevens. Het betreft de volgende elementen:

- Huidige locaties energieproductie. Op basis van zoveel als mogelijk publieke data (vanuit onder anderen netbeheerder, RVO, data portaal Noord-Brabant) hebben we gegevens verzameld. Deze is aangevuld met eigen opgebouwde datasets.
- Toekomstige energievraag en energieproductie. Dit is gebaseerd op de nationale **scenario's van de Integrale Infrastructuurverkenning** I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020). De nationale cijfers zijn binnen dit onderzoek door middel van verdeelsleutels vertaald naar cijfers voor de provincie Noord-Brabant.
- Huidige energie-infrastructuur. Op basis van openbare gegevens van de liggingsgegevens van de energie-infrastructuur van onder andere Enexis (Enexis, lopend) en TenneT (TenneT, lopend) en Gasunie (risicokaart) en (Ministerie Van I&M & Ministerie Van EI&I, 2012).
- Energiepotentie. Uitgaande van ruimtelijk-technische restricties is er gekeken naar de potentie van bijvoorbeeld zon op land, zon op daken, geothermie en windturbines zoals deze nu gelden. Er is aangesloten bij de energetische aannames van I13050.
- Beperkingen. Er gelden veiligheidsbeperkingen<sup>6</sup> en beleidsbeperkingen<sup>7</sup> voor opwek. Daarnaast gelden er toetsingsvlakken<sup>8</sup> om te zien of een ontwikkeling niet huidige functies (zoals radar) verstoort (analysekaarten NPRES, natura 2000 en open data Brabant). De toets op radar zorgt er in de huidige situatie voor dat veel locaties die binnen wettelijke restricties kunnen, toch niet realiseerbaar zijn. Het gaat hier nadrukkelijk over restricties die nu gelden. De huidige restricties kunnen veranderen in de toekomst (door nieuwe wetgeving, keuzes of bevindingen). Bij het opstellen van de ruimtelijke invulling is met de veiligheidsbeperkingen rekening gehouden. Om de **scenario's zoals ze nu genoemd zijn mogelijk te maken** is er een aanpassing nodig rondom de beleidsbeperkingen en toetsingsbeperkingen. Bij uiteindelijke realisatie moet de afweging met beleidsbeperkingen en toetsingsvlakken nog plaatsvinden.

De geplande ontwikkelingen van energie-infrastructuur worden door Enexis, Gasunie en TenneT vastgelegd in hun investeringsplannen. In 2022 is de laatste versie van de investeringsplannen van netbeheerders gepubliceerd. Hierin zijn de investeringen tot 2031 vastgelegd. Naast de ontwikkelingen uit de investeringsplannen nemen we overige ontwikkelingen van energie-infrastructuur mee waarvoor al een investeringsbeslissing genomen is, zoals de waterstofbackbone.

De geplande ontwikkelingen van grootschalige hernieuwbare opwek op land worden vastgelegd in de Regionale Energie-Strategieën (RES). Noord-Brabant heeft vier RES-regio's. **Elk van deze regio's heeft in de RES 1.0 de plannen en ambities voor de ontwikkeling van grootschalige hernieuwbare opwek in zijn regio vastgelegd.** Op dit moment wordt gewerkt aan de RES 2.0, maar deze is niet op tijd afgerond om mee te nemen in dit onderzoek. Daarom gaan we uit van de plannen en ambities van de RES 1.0.

<sup>6</sup> Veiligheidsbeperkingen zoals (beperkt) kwetsbare bebouwing, veiligheidsnormen rondom (spoor, water)wegen, risico-inrichtingen, buisleidingen, hoogspanningsleidingen, primaire waterkeringen, hoogtebeperkingen laagvlieggebieden en Luchthavens, geluidsnormen bebouwing en woonkernen.

<sup>7</sup> Beleidsbeperkingen zoals NNN, Werelderfgoed, Natura 2000, stiltegebieden

<sup>8</sup> Toetsingsvlakken voor radarverstoring zendmasten, luchtvaart, CNS, defensie, etc. Toets op externe veiligheid rondom munitiezones, buisleidingen. Toets op reserveringsruimtes en radarverstoring (gehele provincie). Deze toetsingsvlakken zullen vooral in scenario Grote opgaven gebundeld aangepast moeten worden.

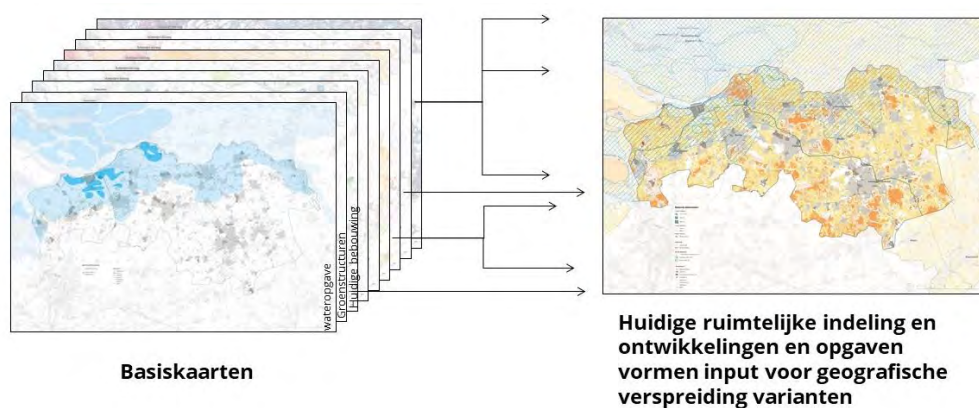
## 2.2.2 Overige ruimtelijke ontwikkelingen

Andere transitie of opgaven hebben ook een (toekomstige) ruimteclaim. Tijdens het proces is gezocht op welke ruimtelijke ontwikkelingen de ruimtelijke invulling kan aansluiten. Hiervan zijn de overstromingsgebieden en de landschapstypen uitgelicht die vooral input **zijn geweest bij de totstandkoming van de ruimtelijke invulling van de scenario's**. Sommige opgaven hebben een sterke relatie met het energiesysteem.

Het in kaart brengen van deze gegevens kan op twee manieren inzicht bieden:

1. Andere ontwikkelingen kunnen invloed hebben op de toekomstige energievraag (bijvoorbeeld uitbreidingslocaties bedrijventerreinen).
2. Daarnaast kan de ruimteclaim van andere ontwikkelingen botsen of juist synergie brengen met de ruimteclaim van het energiesysteem (bijvoorbeeld cultuurhistorische waarden die niet/wel samengaan met energieproductie).

Figuur 10 - De huidige situatie en de bekende ontwikkelingen of opgaven geven argumentatie om de bouwstenen ruimtelijk te variëren: waar landt wat?



## 2.3 Opstellen **scenario's** 2050

In 2050 moet het energiesysteem van Noord-Brabant klimaatneutraal zijn. Maar hoe **zo'n** klimaatneutraal energiesysteem eruit moet gaan zien is nog onzeker. Sommige dingen zijn wel zeker, bijvoorbeeld dat elektrificatie in een groot deel van de sectoren de meest logische verduurzamingsoptie is en dat er daardoor fors meer elektriciteitsvraag gaat komen. Maar in sommige sectoren is het nog onduidelijk hoe de verduurzaming eruit gaat zien. Gaan die sectoren vooral inzetten op elektrificatie of gaat bijvoorbeeld juist waterstof een grote rol spelen? Daarnaast speelt de vraag of de provincie zijn energie grotendeels zelf willen opwekken of veel energie gaat importeren. Dit zijn vragen waar nu nog geen eenduidig antwoord op is. Om de onzekerheid over de ontwikkelingen richting 2050 te ondervangen **maken we gebruik van verschillende scenario's voor het energiesysteem van 2050**. In deze scenario's bepalen we de invulling van de energievraag, energieaanbod en energieopslag, voor alle sectoren en van alle energiedragers.

Er zijn drie **scenario's** opgesteld voor het energiesysteem van 2050. Deze **scenario's** zijn gebaseerd op de vier Klimaatneutrale scenario's die gebruikt zijn voor de integrale

infrastructuurverkenning II3050 (Berenschot & Kalavasta, 2020)<sup>9</sup>. Elk scenario heeft een energetische invulling en een ruimtelijke invulling.

De energetische invulling van de scenario's (hoe groot is de energievraag, welke energievragers worden gebruikt, hoeveel hernieuwbare opwek wordt in de provincie zelf gerealiseerd) hebben we direct overgenomen vanuit II3050, behalve als we een duidelijke reden hebben om hiervan af te wijken<sup>10</sup>.

De ruimtelijke invulling van de scenario's voor Noord-Brabant (hoe slaat de energievraag, de energieopslag en het energieaanbod ruimtelijk neer) is deels overgenomen op de **scenario's van II3050**. Maar voor sommige bouwstenen van het energiesysteem hebben we in dit onderzoek zelf de ruimtelijke invulling met stakeholders onderzocht (zie Paragraaf 4.1). De ruimtelijke invulling van de nationale II3050-**scenario's**<sup>11</sup> is bij sommige bouwstenen namelijk te grof om de lokale dynamiek goed te omvatten. Daarnaast zijn de ruimtelijke principes voor de vier II3050-scenario's niet gevarieerd genoeg waardoor niet alle ruimtelijke mogelijkheden verkend worden. Door de ruimtelijke invulling te variëren **omspannen de scenario's beter de hoeken van het speelveld**.

Elk van de scenario's is op een ander ruimtelijk principe gebaseerd. Zo worden de hoeken van het speelveld opgezet. Het kunnen doorrekenen van de netinfrastructuren vereist dat de scenario's zijn uitgewerkt tot gedetailleerde cijfermatige datasets met de verschillende soorten vraag en aanbod, waarbij alle vraag en aanbod ook een duidelijke locatie heeft. Daarom hebben we vervolgens de detail-invulling van de scenario's voor elk element van het energiesysteem bepaald op basis van bestaande plannen, literatuuronderzoek, ruimtelijke analyses en interviews

**De scenario's geven de hoekpunten van het toekomstige energiesysteem** weer volgens de huidige verwachtingen. De periode tot 2050 is echter lang en innovaties kunnen voor verschuivingen zorgen. Er zijn enkele innovaties die mogelijk impact kunnen hebben op de benodigde ruimte voor het energiesysteem, maar waarvan het nu nog lastig is om de precieze impact in te schatten. Dit gaat bijvoorbeeld om kleinschalige kerncentrales (Small Modular Reactors) en om innovatieve vormen van energieopslag. In Hoofdstuk 8 is een inschatting gemaakt van de mogelijke effecten van deze innovaties.

De scenario's worden verder toegelicht in Hoofdstuk 4 van deze rapportage. Een uitgebreide omschrijving van de scenario's en de methodiek voor de detail-invulling van de verschillende bouwstenen van het energiesysteem is te vinden in Bijlage B. Een belangrijk disclaimer bij de ruimtelijke variatie: het is geen keuze voor een ruimtelijke invulling. De variatie is bedoeld om te zien of er en zo ja welke invloed dit heeft op het energiesysteem.

<sup>9</sup> De scenario's Europese Sturing en Internationale Sturing pakken we samen, aangezien de verschillen tussen deze scenario's weinig impact hebben op de benodigde ruimte. Beide scenario's gaan uit van een groot aandeel 'gas' in de energievoorziening: het Europese sturing scenario groengas en bij het internationale scenario gaat het om waterstofgas.

<sup>10</sup> De afwijking geldt voor de logistieke sector, de ontwikkeling van nieuwe bedrijventerreinen en de aanlanding van wind op zee. **Voor deze sectoren sluiten de scenario's van II3050 niet goed aan bij de verwachte ontwikkelingen in Noord-Brabant.**

<sup>11</sup> Ruimtelijke uitwerking **Energiescenario's**

([www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/03/31/ruimtelijke-uitwerking-energiescenarios](http://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/03/31/ruimtelijke-uitwerking-energiescenarios))

## 2.4 Verdiepen **scenario's**

In deze paragraaf bespreken we hoe we de impact van de energiescenario's op de benodigde energie-infrastructuur onderzoeken. Hierbij maken we onderscheid tussen nationale energie-infrastructuur en de regionale energie-infrastructuur. Onder de nationale energie-infrastructuur vallen het hoogspanningsnet, het landelijke gastransportnet en bovenregionale buisleidingen. Onder de regionale energie-infrastructuur vallen de regionale elektriciteits- en gasnetten, bovenlokale en lokale warmte-infrastructuren en aftakkingen van bovenregionale buisleidingen zoals de Delta Rhine Corridor en het landelijke gastransportnet. Bij de warmte-infrastructuur kijken we alleen naar de benodigde ruimte voor bovenlokale warmte-infrastructuren. We kijken niet naar de benodigde ruimte voor **lokale distributienetten. In de scenario's worden wel aannames gemaakt over het aantal** woningen dat aangesloten wordt op lokale warmtenetten. Daarmee worden de effecten van lokale distributienetten van warmte op bijvoorbeeld het elektriciteitsnet (minder elektriciteitsvraag) wel meegenomen.

Verder bespreken we in deze paragraaf hoe we de ruimtelijke impact van het totale energiesysteem (vraag, productie, opslag en energie-infrastructuur) inschatten en hoe we **de effecten van de ruimtelijke keuzes in de scenario's beoordelen.**

### 2.4.1 Verwachte ontwikkelingen nationale energie-infrastructuur tot 2050

In het Programma Energiehoofdstructuur (PEH), dat in de loop van 2023 vastgesteld wordt door de rijksoverheid, worden ruimtelijke ontwikkelrichtingen en ruimtelijke reserveringen vastgelegd voor ontwikkelingen van de nationale energie-infrastructuur. Voor de totstandkoming van het PEH is een Integrale Effectenanalyse (IEA) uitgevoerd door CE Delft, Pondera Consult en BRO. In deze Integrale Effectenanalyse is uitgebreid onderzocht welke uitbreidingen van nationale energie-infrastructuur nodig zijn, onder welke omstandigheden en welke ruimte hiervoor nodig is.

Bij de IEA van het PEH zijn ook de II3050-**scenario's als basis genomen**, net als bij dit onderzoek. Binnen dit onderzoek zijn scenario's die gebaseerd zijn op de II3050-energiescenario's. De aannames van **deze scenario's kunnen** lokaal afwijken van de **scenario's die gehanteerd zijn** bij de IEA van het PEH. Maar de impact van deze lokale keuzes op de nationale energie-infrastructuur is beperkt<sup>12</sup>. Dit betekent dat de bevindingen van de IEA van het PEH ook **geldig zijn voor de scenario's die we hanteren in dit onderzoek.** Daarom kiezen we ervoor om de bevindingen van de IEA van het PEH direct over te nemen en geen nieuwe analyses te doen voor de ontwikkelingen van nationale energie-infrastructuur. In Hoofdstuk 5 staat een overzicht van de belangrijkste bevindingen vanuit PEH voor Noord-Brabant.

### 2.4.2 Verwachte ontwikkelingen regionale energie-infrastructuur tot 2050

De ontwikkeling van de regionale energie-infrastructuur is erg afhankelijk van de lokale **keuzes die gemaakt worden en dus van de lokale invulling van de scenario's.** Het is daarom nodig om een inschatting te maken van het effect van de exacte invulling van **de scenario's** op de regionale energie-infrastructuur. In deze paragraaf bespreken we hoe we dit hebben

<sup>12</sup> Er zijn enkele verschillen met scenario's van het PEH die wel effect kunnen hebben op de landelijke energie-infrastructuur. Dit zijn de aannames rondom aanlanding van wind op zee, grootschalige clusters van hernieuwbare opwek op land, grootschalige elektriciteitscentrales en grootschalige elektrolyse of energieopslag. We hebben de verschillen tussen de scenario's die gebruikt voor het PEH en de scenario's uit dit onderzoek op deze punten geanalyseerd en maken een kwalitatieve inschatting gemaakt van de effecten van de verschillen op de nationale energie-infrastructuur.



gedaan. Hierbij maken we onderscheid tussen de elektriciteitsnetten van Enexis en de overige regionale energie-infrastructuren.

## Doorrekening elektriciteitsnetten Enexis

Figuur 11 - Voorbeeld van een HS/MS-station (Phase to Phase, 2020)

Om de impact van de **scenario's op de elektriciteitsnetten van Enexis in te schatten** is een detaildoorrekening gemaakt door Enexis. Enexis rekent de impact door op twee type assets:

- HS/MS-stations<sup>13</sup>. Dit zijn de stations waar het regionale elektriciteitsnet gekoppeld is aan het hoogspanningsnet van TenneT. Dit zijn grotere stations waarvan op dit moment enkele tientallen aanwezig zijn in Noord-Brabant.



Enexis heeft de impact berekend op de Enexis-kant van de stations. Voor deze doorrekening zijn vanuit dit project op buurtniveau gegevens aangeleverd van de vraag en de productie van elektriciteit, per (sub)sector. Op basis hiervan, en met behulp van uurlijkse profielen voor elke (sub)sector, heeft Enexis de belasting op elk van de HS/MS-stations voor elk uur van het jaar bepaald. Als de maximale belasting in het jaar hoger ligt dan de capaciteit van de HS/MS-transformator is uitbreiding (of een mitigerende maatregel) noodzakelijk. Enexis maakt in dat geval een inschatting van de mogelijkheden voor uitbreidingen binnen de beschikbare ruimte op de locaties.

- MS/LS-stations<sup>14</sup>. Dit zijn de transformators die het middenspanningsnet verbinden met het laagspanningsnet. Dit zijn **'hokjes'** die bijvoorbeeld aanwezig zijn in woonwijken. Hiervan zijn op dit moment duizenden aanwezig in Noord-Brabant.

Enexis heeft een inschatting gemaakt hoeveel nieuwe MS/LS-transformators nodig zijn en waar, voor elk scenario (zie Paragraaf 6.2.1). Ook hiervoor zijn vanuit dit project op buurtniveau gegevens geleverd van de vraag en productie van elektriciteit. Voor de uitbreidingen van de MS/LS-stations zijn alleen producten en afnemers die aangesloten zijn op het laagspanningsnet relevant. Dit zijn huishoudens en kleinere bedrijven. De belangrijkste drivers voor uitbreidingen van de MS/LS-stations zijn zonnepanelen op daken, **laadpalen voor elektrische auto's en (hybride) warmtepompen**.

Figuur 12 - Voorbeeld van een Middenspanningsruimte



Er wordt daarnaast ook een inschatting gemaakt van de hoeveelheid nieuwe LS-kabels die **nodig zijn bij elk van de scenario's**. Het was niet mogelijk om het MS-net door te rekenen.

<sup>13</sup> Hoogspannings/middenspanning

<sup>14</sup> Middenspanning/laagspanning



Op dit moment wordt door Enexis gewerkt aan een tooling om het volledige MS-net en alle MS-stations in de hele provincie door te rekenen. Op dit moment kan Enexis ook al een inschatting maken van de benodigde uitbreidingen op het MS-net en bij MS-stations, maar dit vergt handwerk per individueel station en was niet mogelijk voor deze studie.

## Analyses overige energie-infrastructuren

**De impact van de scenario's op de overige regionale energie-infrastructuren** (voor gas en warmte) is niet integraal doorgerekend. Daarom zijn losse analyses gemaakt om de impact op deze energie-infrastructuren te bepalen. Hieronder bespreken we per type energie-infrastructuur hoe bepaald is welke nieuwe energie-infrastructuur nodig is.

### *Gasinfrastructuur*

Onder de regionale gasinfrastructuur vallen regionale transportleidingen en de distributienetten. We hebben een kwalitatieve inschatting gemaakt van de ontwikkelingen van de regionale gasinfrastructuur op basis van expert judgement en in afstemming met Enexis.

### *Warmte-infrastructuur*

Bij de regionale warmte-infrastructuren kijken we naar bovenlokale warmteleidingen. Hierbij is op basis van bestaande plannen en eerdere onderzoeken een inschatting gemaakt welke configuraties van bovenlokale warmte-infrastructuren in Noord-Brabant tot de mogelijkheden behoren. Hiervoor hebben we eerst bekeken op welke locaties lokale warmtedistributienetten komen in elk scenario en welke bronnen hiervoor gebruikt kunnen worden. Vervolgens hebben we een inschatting gemaakt welke bovenlokale warmte-infrastructuur passend is bij de karakteristieken van elk scenario.

Er is geen inschatting gemaakt van de benodigde lokale warmtedistributienetten en de bijbehorende ruimteclaim in de onder- en bovengrond. Dat deze wel aanwezig is, is beschreven in Paragraaf 7.4. **In de scenario's worden wel aannames gemaakt over het aantal woningen dat aangesloten wordt op lokale warmtenetten.** Daarmee worden de effecten van lokale distributienetten van warmte op bijvoorbeeld het elektriciteitsnet (minder elektriciteitsvraag) wel meegenomen.

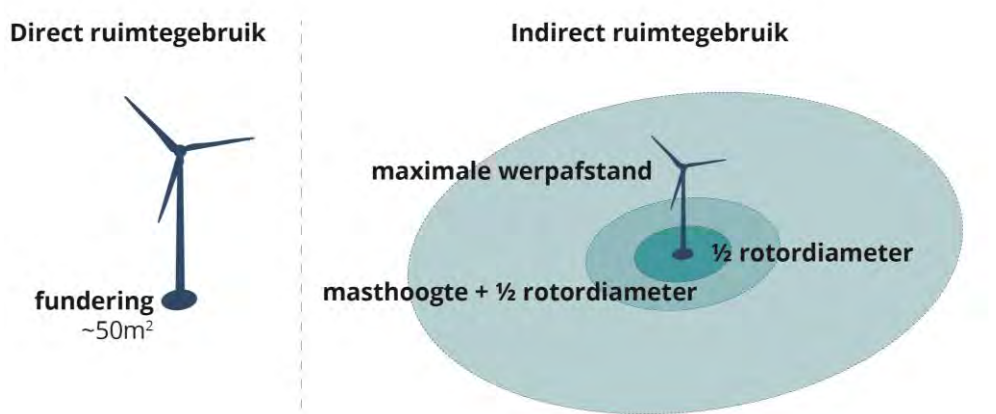
### *Aftakkingen bovenregionale buisleidingen*

Het is mogelijk dat er in de toekomst in Noord-Brabant aftakkingen komen van nationale buisleidingen. We hebben een kwalitatieve analyse uitgevoerd naar de mogelijkheden voor aftakkingen. Deze kwalitatieve analyse staat in Hoofdstuk 8.

## 2.4.3 Bepalen ruimtelijke impact energiesysteem

De technische doorrekening van de **scenario's** geeft inzicht in de benodigde extra bouwstenen binnen het energiesysteem (in termen van opwek, opslag, transport, etc.). Deze bouwstenen hebben een ruimtelijke impact. We maken deze inzichtelijk door de oppervlakte die nodig is voor de bouwsteen per scenario te tonen. We onderscheiden hierin het *directe* en het *indirecte* ruimtegebruik. Dat is hieronder geïllustreerd: een windturbine heeft een direct ruimtegebruik waar de mast de grond raakt (links) en een indirect ruimtegebruik door veiligheidsafstanden die gelden. Voor sommige bouwstenen is er geen onderscheid tussen het directe en indirecte ruimtegebruik (zoals bij zonnevelden). Dan is er in dit rapport met één oppervlakte gewerkt.

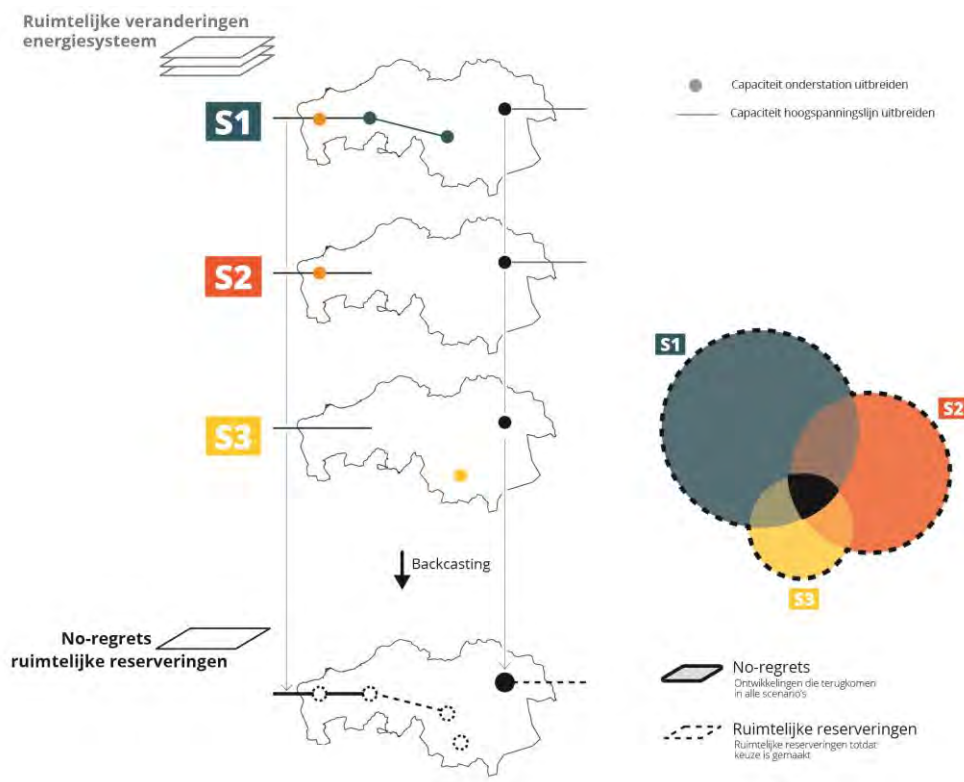
Figuur 13 - Illustratie direct en indirect ruimtegebruik



#### 2.4.4 No-regrets en scenario-afhankelijke ontwikkelingen

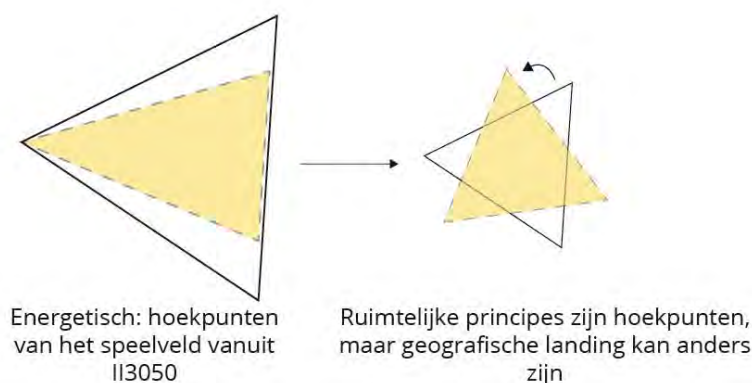
Het doel van de rapportage is om inzicht te krijgen in de nodige uitbreidingen in het energiesysteem. Door de impact op het energiesysteem tussen de **scenario's** te vergelijken krijgen we inzicht in no-regret ontwikkelingen en ruimtelijke reserveringen. No-regret ontwikkelingen komen voor in alle **scenario's**, terwijl er voor ruimtelijke reserveringen een keuze nodig is voor een scenario. Totdat die keuze gemaakt is, zal er ruimte gereserveerd moeten worden om de keuze voor de openstaande scenario's nog mogelijk te maken (zie Figuur 14). Als men dus minder ruimte wil reserveren moeten er eerder keuzes gemaakt worden.

Figuur 14 - Ruimtelijke reserveringen zijn nodig totdat er keuzes worden gemaakt



Energetisch gezien **zijn de scenario's hoekpunten van het speelveld**. Ruimtelijk gezien worden er principes gehanteerd die aansluiten bij de II3050-scenario's, maar de uiteindelijke locatie van de bouwstenen kan ook nog op andere plekken landen. Dit heeft **invloed op de bevindingen 'waar' een no-regret speelt**. Hoe eerder er keuzes gemaakt worden, hoe kleiner de hoeveelheid ruimtelijke reserveringen dus is.

Figuur 15 - **Energetisch gezien zijn de scenario's hoekpunten. Ook de ruimtelijke principes zijn hoekpunten** (zie Paragraaf 4.4). Toch kan het scenario geografisch anders landen: bijvoorbeeld een cluster op een andere locatie. De scenario's zijn zo goed als mogelijk volgens principes opgesteld



#### 2.4.5 Effectbeoordeling ruimtelijke keuzes

In de scenario's worden verschillende ruimtelijke keuzes, zoals waar hernieuwbare opwek op land geplaatst wordt, uitgewerkt. We hebben in kaart gebracht welke ruimtelijke keuzes **ten grondslag liggen aan de scenario's**. Op basis van de verdieping van de scenario's en de analyse van de ruimtelijke impact van de scenario's hebben we de overwegingen bij de ruimtelijke keuzes in kaart gebracht.

We sluiten hiervoor aan bij het beoordelingskader van IEA van het PEH. Bij dit beoordelingskader worden de effecten van ruimtelijke keuzes op systeemefficiëntie, milieu & ruimte en welvaart bepaald.

We hebben de uitkomsten van de effectbeoordeling voor de pijlers systeemefficiëntie en welvaart in de IEA van het PEH vertaald naar de ruimtelijke keuzes voor het energiesysteem in Noord-Brabant.

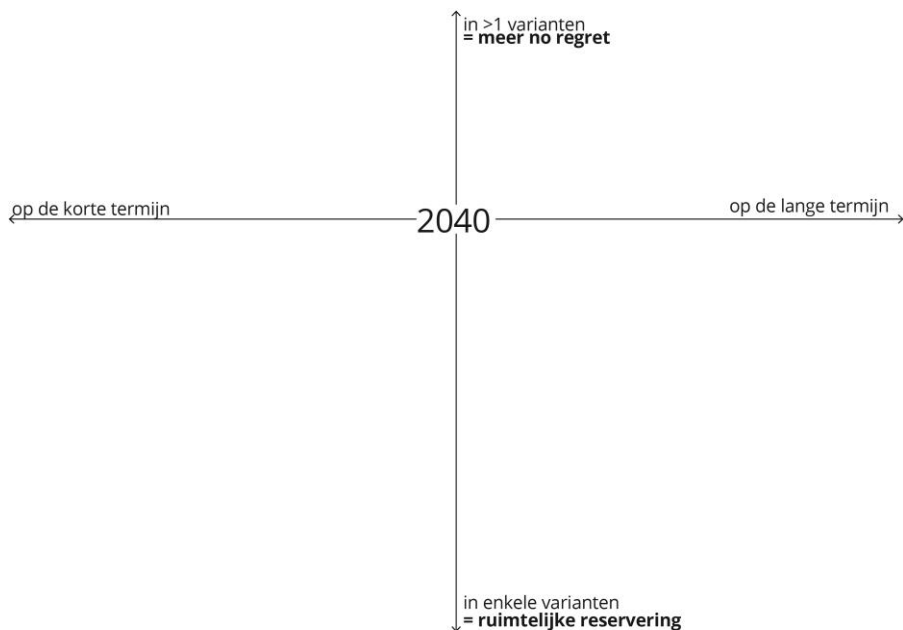
Voor de effecten op het gebied van milieu & ruimte is de precieze invulling van ruimtelijke keuzes (bijvoorbeeld de exacte locatie van hernieuwbare opwek op land) van belang. Daarom zijn voor die pijler aanvullende analyses uitgevoerd om de effecten van de precieze invulling van de ruimtelijke keuzes in kaart te brengen. Een uitgebreide omschrijving van het beoordelingskader en de beoordeling voor Milieu & Ruimte is te vinden in Bijlage G.

Binnen de IEA van het PEH is ook een beoordeling uitgevoerd op de pijler Uitvoerbaarheid & Doelbereik. Er is geen beoordeling van de individuele ruimtelijke keuzes mogelijk voor deze pijler aangezien deze pijler betrekking heeft op het complete nationale energiesysteem. Daarom nemen we deze pijlers niet mee bij de beoordeling.

## 2.5 Plaatsen in de tijd

**De energiescenario's kijken naar** het jaartal 2050. Dan zouden de doelstellingen bereikt moeten zijn en daarmee moet ook de energie-infrastructuur toereikend zijn. Door enerzijds te kijken op welke stations als eerste knelpunten komen en anderzijds te vergelijken hoe zeker het is dat een aanpassing nodig is kunnen we de uitbreiding gaan plaatsen in onderstaande assenstelsel.

Figuur 16 - Illustratie plaatsen in de tijd



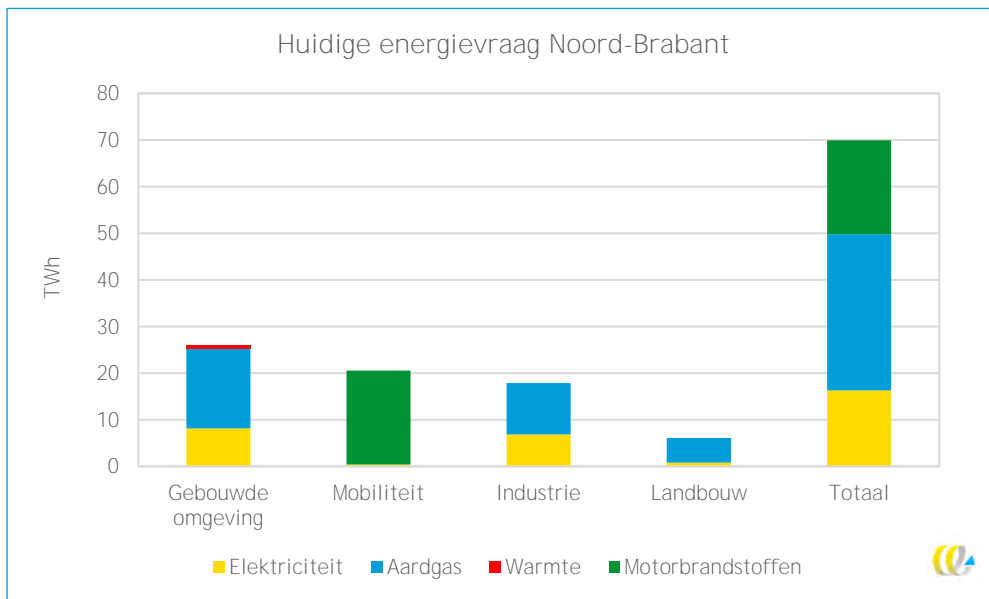
# 3 Het huidige Brabantse energiesysteem

## 3.1 Huidige energievraag

Figuur 17 geeft een overzicht van de huidige energievraag in Noord-Brabant (Rijkswaterstaat, lopend), per sector en per energiedrager. De figuur laat zien dat op dit moment het grootste deel van de energievraag in de provincie komt vanuit de Gebouwde omgeving, ongeveer 35%. Ook de sectoren Mobiliteit (30%) en Industrie (25%) nemen een groot deel van de energievraag voor hun rekening.

Het grootste gedeelte van de energievraag wordt op dit moment ingevuld door fossiele brandstoffen, namelijk aardgas en motorbrandstoffen (benzine en diesel). Deze vullen ruim driekwart van de huidige energievraag in.

Figuur 17 - Huidige energievraag Noord-Brabant (2020)<sup>15,16,17</sup>



## 3.2 Energieproductie

Een deel van de energie die gebruikt wordt in Noord-Brabant wordt in de provincie zelf opgewekt. Er wordt voornamelijk elektriciteit geproduceerd. Met hernieuwbare bronnen zoals zon en wind, maar ook met elektriciteitscentrales in Moerdijk en Geertruidenberg. Figuur 18 geeft een overzicht van de huidige opgestelde vermogens van verschillende

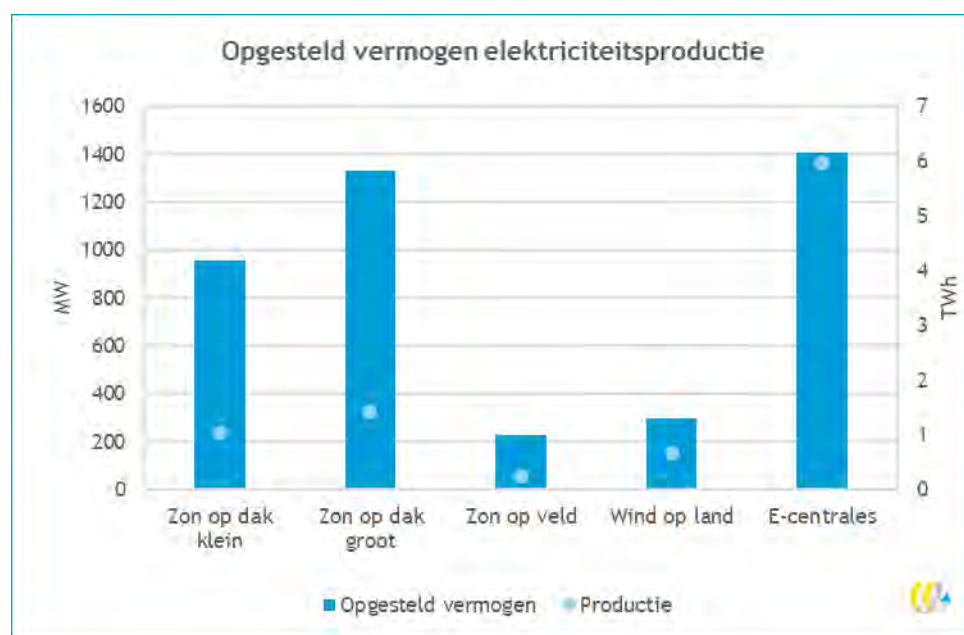
<sup>15</sup> Bij aardgas wordt uitgegaan van de onderste verbrandingswaarde van 31,65 MJ/m<sup>3</sup>.

<sup>16</sup> Dit is exclusief de vraag naar directe warmte, aangezien de omvang daarvan binnen de provincie niet bekend is.

<sup>17</sup> De energievraag van de Landbouw komt voornamelijk van de glastuinbouw.

bronnen van elektriciteit. Figuur 18 laat zien dat er al een fors vermogen aan zon op dak is in de provincie, in totaal meer dan 2.000 MW. Daarnaast is er ongeveer 200 MW aan zon op veld en 300 MW aan wind op land. Naast dit hernieuwbare vermogen is er ongeveer 1.400 MW opgesteld vermogen aan elektriciteitscentrales. Er staat een gascentrale in Moerdijk (centrale Moerdijk) en een centrale die steenkolen met biomassa stookt in Geertruidenberg (Amercentrale).

Figuur 18 - Opgesteld vermogen en productie elektriciteitsproductie Noord-Brabant (2021)



De figuur toont ook de productie van elektriciteit in de provincie. De figuur laat zien dat het grootste deel van de productie van de elektriciteitscentrales komt<sup>18</sup>. Dit komt doordat deze centrales een groot deel van het jaar draaien. Daardoor produceren deze centrales meer energie per MW opgesteld vermogen dan zonnepanelen en windmolens. De windmolens produceren een stuk meer elektriciteit per MW opgesteld vermogen dan zonnepanelen.

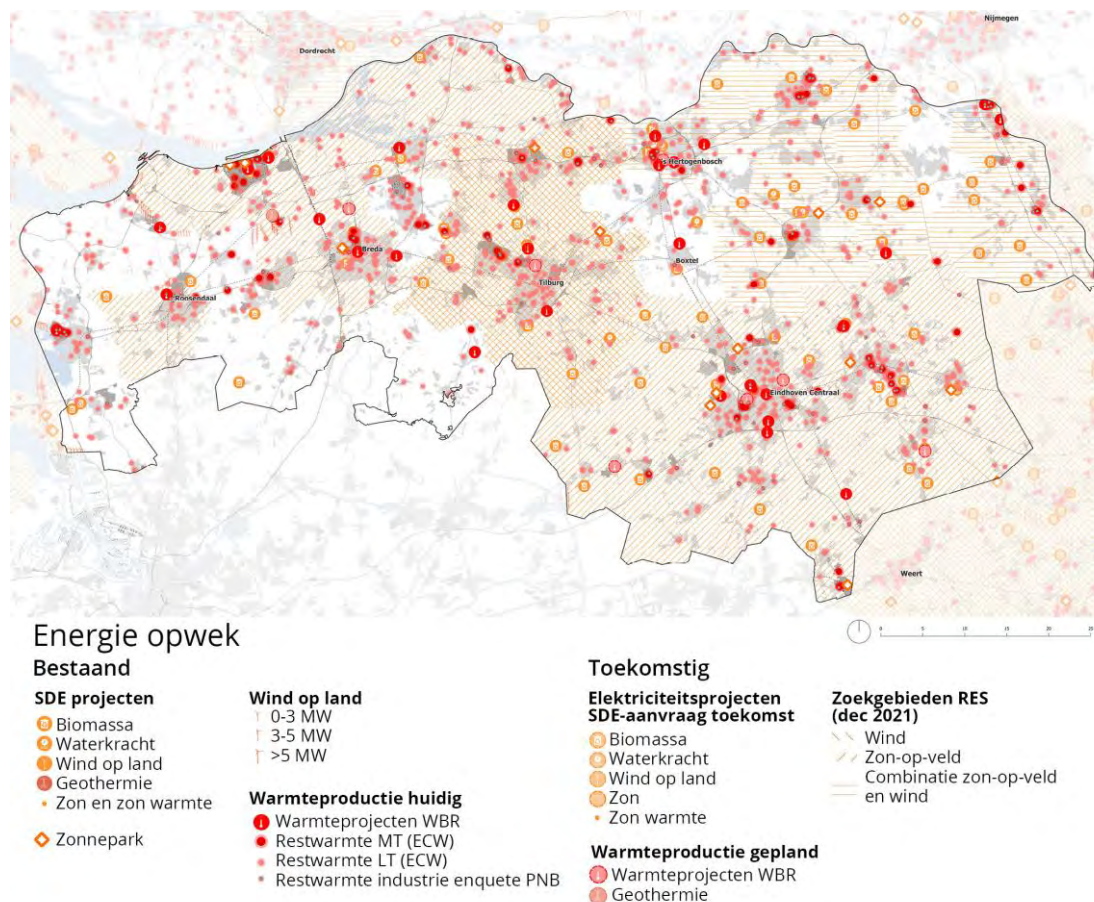
Een vergelijking met de energievraag in Figuur 17 laat zien dat ongeveer 55% van de in Brabant gebruikte elektriciteit van binnen de provinciegrenzen geproduceerd. Bij aardgas en motorbrandstoffen komt bijna alles van buiten de provinciegrenzen. In totaal wordt ongeveer 15% van de gebruikte energie binnen de provincie opgewekt.

Figuur 19 geeft weer waar de productie van elektriciteit plaatsvindt.

<sup>18</sup> De exacte productie van de elektriciteitscentrales in Moerdijk en Geertruidenberg is niet bekend. We gaan daarom uit van het gemiddeld aantal draaiuren voor gascentrales (voor de centrale in Moerdijk) en kolen-centrales (voor de Amercentrale in Geertruidenberg) (Entso-E, Iopend)



Figuur 19 - Huidige productielocaties elektriciteit



### 3.3 Energie-infrastructuur

Op dit moment is al veel energie-infrastructuur aanwezig in Noord-Brabant, zowel bovengronds als ondergronds. In deze paragraaf geven we een overzicht van de bestaande elektriciteitsnetten, gasnetten, warmtenetten en overige buisleidingen.

#### 3.3.1 Elektriciteitsnetten

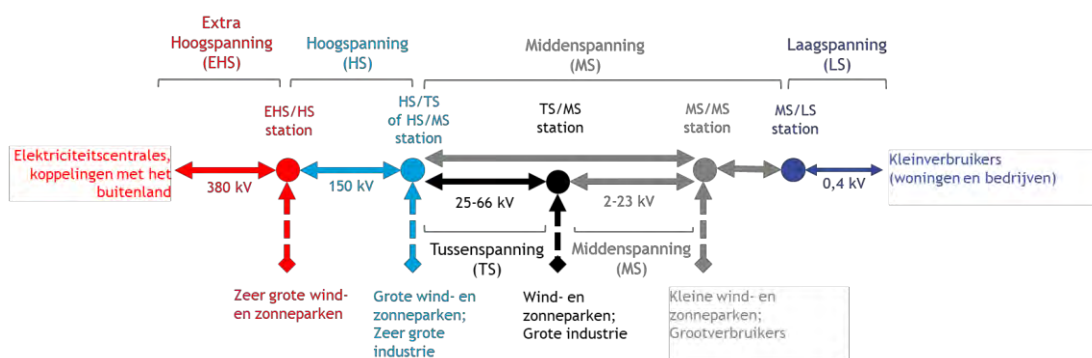
Het beheer van de elektriciteitsinfrastructuur is een gereguleerde activiteit en wordt uitgevoerd door verschillende netbeheerders. Het elektriciteitsnet bestaat grofweg uit twee verschillende onderdelen:

- Het hoogspanningsnet (HS-net) wordt beheerd door de landelijke netbeheerder TenneT. Het hoogspanningsnet wordt gebruikt voor elektriciteitstransport over langere afstanden. Daarnaast zijn grote producenten en afnemers direct aangesloten op het hoogspanningsnet. De verbindingen van het hoogspanningsnet worden vaak bovengronds aangelegd. Dit zijn de elektriciteitsmasten die op verschillende plekken in het landschap te zien zijn. Het hoogspanningsnet heeft een spanningsniveau van 380 kV (Extra Hoogspanning, EHS) en 150 kV (Hoogspanning, HS).
- Regionale distributienetten worden in Nederland beheerd door verschillende regionale netbeheerders die elk hun eigen voorzieningsgebied hebben. In Noord-Brabant wordt het regionale distributienet beheerd door Enexis. Het distributienet zorgt ervoor dat de benodigde elektriciteit bij alle eindgebruikers terecht komt en loopt dus tot aan

individuele woningen en bedrijven. Kleinere producenten, zoals eigenaren van zon op dak, voeden hun elektriciteit in op het regionale elektriciteitsnet. De regionale distributienetten hebben spanningsniveaus van 50 kV en lager.

Zowel het hoogspanningsnet als het regionale distributienet bestaan uit verschillende ‘netvlakken’, de onderlinge relatie is weergegeven in Figuur 20. Dit zijn netwerken van verbindingen met hetzelfde spanningsniveau. Hoe hoger het spanningsniveau, hoe meer elektriciteit getransporteerd kan worden en hoe groter de afstand die afgelegd wordt. Bij lagere spanningsniveaus worden steeds kortere afstanden afgelegd en wordt het net steeds fijnmaziger. De verschillende netvlakken zijn aan elkaar verbonden met transformatorstations. Zo kan elektriciteit van elektriciteitscentrales via het hoogspanningsnet uiteindelijk uit het stopcontact van huizen komen. Het hoogspanningsnet en het regionale distributienet zijn ook verbonden via transformatorstations. Deze stations noemen we hoog- en middenspanningstations (HS/MS-stations) of ‘koppelpunten’.

Figuur 20 - Overzicht van de relatie tussen de verschillende netvlakken van het elektriciteitsnet



Toelichting: Het hoogste netvlak staat links weergegeven en het laagste netvlak rechts. De figuur is gebaseerd op een publicatie van Netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, 2019).

## Hoogspanningsnetten

Het hoogspanningsnet bestaat uit twee netvlakken.

- Het extra hoogspanningsnet (380 kV). Met dit landelijke net worden **alle regio's in Nederland** met elkaar en met het buitenland verbonden. Het 380 kV-net wordt gebruikt voor transport van elektriciteit over lange afstanden, tussen provincies. Grote elektriciteitscentrales, windparken op zee en zeer grote industrie zijn direct op het 380 kV-net aangesloten. De verbindingen van het landelijke hoogspanningsnet worden bijna altijd bovengronds aangelegd<sup>19</sup>.
- Het hoogspanningsnet (150 kV). Hier vindt transport van elektriciteit over kortere afstanden, voornamelijk binnen de provincie, plaats. Grote hernieuwbare opwek op land, grote industrie en kleinere elektriciteitscentrales worden op dit spanningsniveau aangesloten. De verbindingen van het regionale hoogspanningsnet kunnen zowel boven- als ondergronds aangelegd worden. Bij nieuwe verbindingen is ondergronds aanleggen de standaard. Het nationale hoogspanningsnet en het regionale hoogspanningsnet zijn verbonden via 380 kV/150 kV stations.

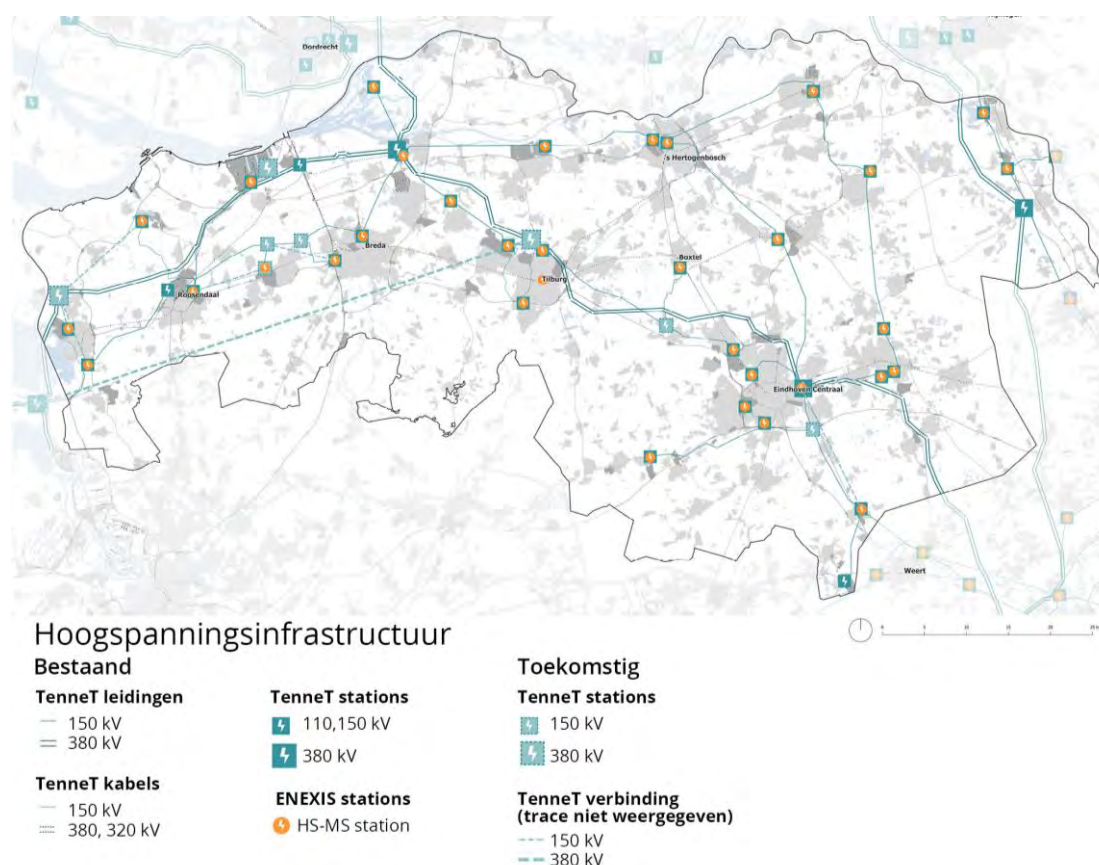
Figuur 21 toont het hoogspanningsnet in Noord-Brabant. Het Brabantse 380 kV-net is verbonden met Zeeland en Zuid-Holland. Vanaf Geertruidenberg lopen 380 kV verbindingen

<sup>19</sup> In sommige gevallen kunnen korte stukken, tot ongeveer 10 km, ondergronds aangelegd worden.

richting Crayestein (in Zuid-Holland bij Dordrecht) en via Moerdijk richting Rilland in Zeeland. Daarnaast loopt een 380 kV-verbinding door Noord-Brabant in oost-west richting, vanaf Geertruidenberg via Eindhoven naar Maasbracht in Limburg. Daarnaast loopt een 380 kV-verbinding vanaf Gelderland via Boxmeer richting Maasbracht. Er zijn in Noord-Brabant momenteel drie 380/150 kV stations; bij Geertruidenberg, Eindhoven en Boxmeer.

Daarnaast is een uitgebreid 150 kV-net aanwezig in Noord-Brabant. Vanaf Geertruidenberg lopen 150 kV-verbindingen richting Den Bosch en Oss (en vervolgens via een lus richting Eindhoven), naar Eindhoven via Tilburg) naar Moerdijk en via Breda en Rosendaal richting Zeeland. Daarnaast zijn er enkele aftakkingen. Het volledige 150 kV-net in Noord-Brabant is op dit moment onderling verbonden. Het 150 kV-net is via 35 HS/MS-stations verbonden met de regionale distributienetten van Enexis.

Figuur 21 - Hoogspanningsinfrastructuur Noord-Brabant



## Regionale distributienetten

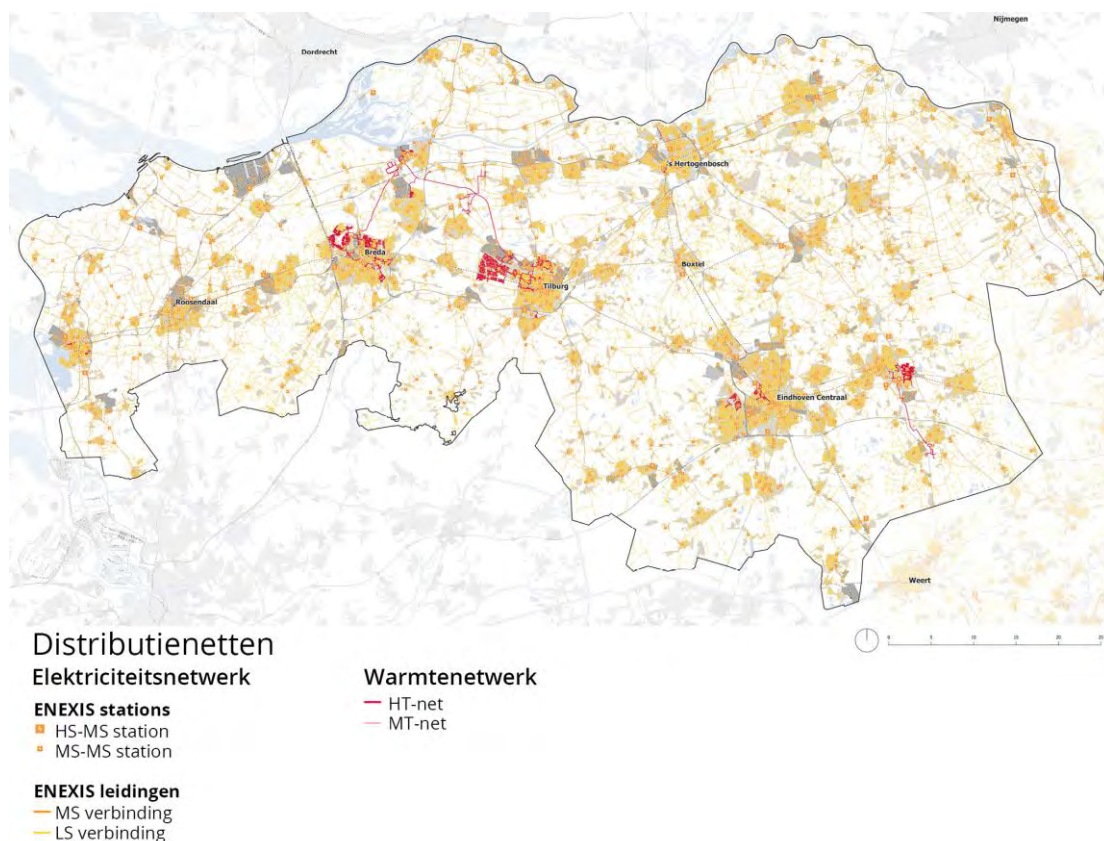
De regionale distributienetten bestaan ook uit meerdere netvlakken:

- Tussenspanning (TS, 50 kV). Dit is het hoogste netvlak van de regionale elektriciteitsnetten en loopt ondergronds. Het wordt gebruikt voor transport over kleinere afstanden, vaak binnen grote gemeenten of tussen kleinere gemeenten. Middelgrote zonneparken en windparken en middelgrote gebruikers kunnen direct op dit netvlak aangesloten worden. In Noord-Brabant is alleen in Tilburg een klein tussenspanningsnet tussen de stations Tilburg Centrum en Tilburg Noord.



- Middenspanning (MS, 20 en 10 kV). Dit net zorgt voor elektriciteitstransport tot aan de wijken. Ook dit net loopt ondergronds. Afzonderlijke windturbines, kleine zonneparken, laadstations en bedrijven hebben een aansluiting op dit netvlak. In de provincie zijn er 130 MS/MS-stations en ongeveer 15.000 transformatorstations tussen het midden-spanningsnet en het laagspanningsnet (MS/LS-transformatorstations).
- Laagspanning (LS, 0,4 kV). Dit is het laagste netvlak en verzorgt het transport van de MS/LS-transformatorstations naar individuele huishoudens. Individuele woningen, laadpalen en kleine bedrijven zijn aangesloten op dit netvlak.

Figuur 22 - Regionale distributienetten elektriciteit Noord-Brabant



### 3.3.2 Gasnetten

Het Nederlandse aardgasnet is een landelijk dekkend net waarop bijna elke woning is aangesloten. Het bestaat uit ondergrondse buizen waar op dit moment voornamelijk aardgas doorheen stroomt. Bij gasinfrastructuur geldt grofweg dezelfde structuur als bij het elektriciteitsnet. Het beheer van deze infrastructuur is eveneens gereguleerd. En ook hier wordt onderscheid gemaakt tussen een nationaal transportnet, beheerd door Gasunie Transport Services (GTS), en regionale distributienetten beheerd door verschillende regionale netbeheerders met een eigen voorzieningsgebied. In Noord-Brabant is Enexis ook de beheerder van het regionale gasnet.

Waar er bij het elektriciteitsnet netvlakken zijn met verschillende spanningsniveaus, daar zijn bij het gasnet netvlakken met verschillende drukkiveaus. Daarnaast stromen door het gasnet ook verschillende kwaliteiten gas. Er is laagcalorisch Groningen-gas (G-gas), dat voornamelijk gewonnen wordt/werd in het Groningen-gasveld of door bijmenging van stikstof bij hoogcalorisch gas en onder meer gebruikt wordt in de Gebouwde omgeving.

Daarnaast is er hoogcalorisch gas (H-gas) dat wordt gewonnen uit kleine gasvelden of wordt geïmporteerd. Dit gas wordt geleverd aan elektriciteitscentrales en de grote industrie. Ook kan H-gas bijgemengd worden met stikstof zodat het dezelfde verbrandingskwaliteit heeft als G-gas en dan kan worden getransporteerd en gedistribueerd in het G-gasnetwerk naar de Gebouwde omgeving. In Nederland wordt ook zogenaamd groengas gebruikt, dat is gas dat wordt geproduceerd uit biogene reststromen in vergisters en vergassers, en op aardgas-kwaliteit wordt gebracht waarna het wordt ingevoerd en bijgemengd in de aardgasnetten. In de toekomst kan ook waterstof getransporteerd worden door het gasnet. Belangrijk daarbij is dat een buisleidingsysteem gebruikt wordt voor één type gas, zodat geen menging optreedt en zodat de afnemers geleverd krijgen binnen de vastgestelde specificaties. Indien er een ander type gas door een (deel van het) leidingsysteem getransporteerd moet worden dan moet dat systeem worden omgeschakeld, inclusief de apparatuur van de afnemers.

Figuur 23 geeft een overzicht van de huidige aardgasinfrastructuur in Noord-Brabant. We onderscheiden de volgende netvlakken bij het gasnet:

- Hoofdtransportleiding (HTL). Dit transportnet, beheerd door GTS, heeft het hoogste drukniveau (66 tot 80 bar) en wordt gebruikt voor transport van gassen over lange afstanden. Vanuit binnenlandse productie, grenspunten en gasopslaginstallaties wordt gas ingevoerd op het HTL-net. Dit net is verdeeld in verschillende gasnetten op basis van de gassoort die door het net stroomt (op dit moment H-gas en G-gas). De HTL-netten zijn onderling verbonden met mengstations. Daarnaast bevat het HTL-net een groot aantal compressorstations die nodig zijn om gas op de benodigde druk voor transport te houden. Het HTL-net is verbonden met regionale transportleidingen met meet- en regelstations. In Noord-Brabant zijn er meet- en regelstations bij Ossendrecht, Zegge, Rijsbergen, Gilze, Oosteind, Moergestel, Boxtel, Zaltbommel, Best, Middelrode, Oss, Mierlo, Mill, Reek. Bij Hilvarenbeek en Ossendrecht/Zandvliet is het HTL verbonden met het Belgische aardgasnet.
- Regionale transportleiding (RTL). De regionale transportleidingen, ook beheerd door Gasunie GTS, hebben een lager drukniveau (40 bar) en zorgen voor gastransport van het HTL naar de distributienetten. In het RTL-net wordt vrijwel alleen maar G-gas getransporteerd, zo ook in Noord-Brabant. Gas wordt vanuit het RTL-net ingevoerd op de regionale distributienetten van Enexis via Gas Ontvangst Stations (GOS). Hiervan zijn er tientallen in de provincie.
- Regionaal distributienet. Het regionale distributienet zorgt voor het transport van gas naar eindgebruikers. In dit net wordt alleen G-gas getransporteerd. Bijna alle huishoudens zijn aangesloten op het regionale distributienet. In de toekomst kunnen ook andere gassoorten zoals waterstof getransporteerd worden via het regionale distributienet. Achter elk Gas Ontvangst Station kan echter maar één gassoort gebruikt worden.

Figuur 23 - Huidige gasinfrastructuur Noord-Brabant



Bron: (Esri Nederland, 2021).

### 3.3.3 Warmtenetten

Beheer van warmte-infrastructuur is geen activiteit die volledig gereguleerd is, in tegenstelling tot beheer van elektriciteits- en gasinfrastructuur. Dit betekent dat er geen aangewezen netbeheerders zijn, maar dat warmtenetten door commerciële partijen beheerd worden<sup>20</sup>. Zij zijn dan vaak verantwoordelijk voor zowel de warmteproductie, - distributie als -levering. Daarnaast is de warmte-infrastructuur niet landelijk dekkend, maar gaat het vaak om kleinere regionale warmtenetten die veelal niet onderling gekoppeld zijn. Warmtenetten zijn meestal uitgelegd op een specifiek temperatuurniveau. Er zijn warmtenetten die warmte leveren op hoge-, midden- en lage temperatuur. Het temperatuurniveau is afhankelijk van de aangesloten warmtebronnen en het isolatieniveau van de aangesloten woningen. Goedgeïsoleerde gebouwen kunnen aangesloten worden op lagetemperatuur-warmtenetten.

Een warmtenet bestaat, afhankelijk van haar omvang, uit een hoofdtransportnet dat de bronnen en distributienetten verbindt. Via een warmteoverdrachtsstations (WOS) koppelt dit net aan de distributienetten in de buurten die via onderverdeelsstations afnemers aansluiten. In de regel zorgen één of meer warmtebronnen voor de basislastwarmtevraag, voor de piekwarmtevraag zijn er piekinstallaties (nu vaak gasketels) aangesloten op het warmtenet. Warmtenetten bestaan binnen een tracé uit twee leidingen: een aanvoerleiding met heet water richting de gebouwen en een retourleiding met water dat van de gebouwen terugstroomt naar de warmtebronnen. De beide leidingen samen vormen een gesloten net.

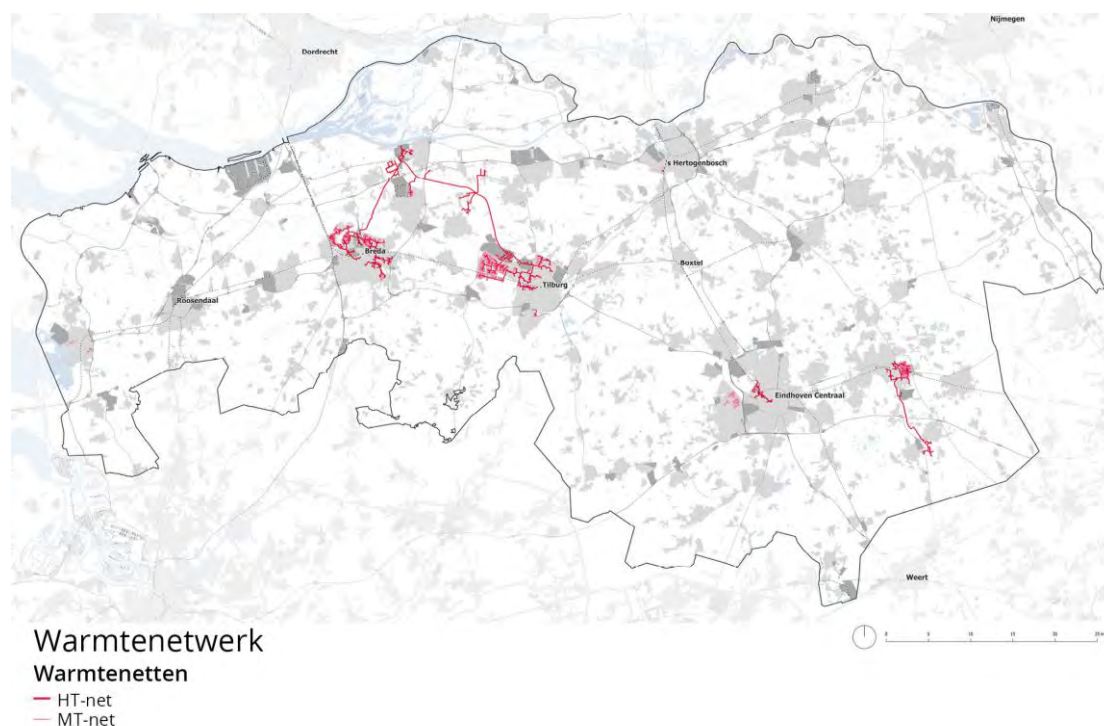
<sup>20</sup> Op dit moment speelt de discussie of het eigendom van warmte-infrastructuur verplicht (gedeeltelijk) in publieke handen moet komen. Hier is op dit moment van schrijven van dit rapport nog geen beslissing over genomen.



Warmtenetten, ook wel stadswarmte genoemd, worden met name ingezet voor warmtelevering aan woningen in de stedelijke bebouwde gebieden. Figuur 24 geeft een overzicht van de gebieden met warmtenetten in de provincie Noord-Brabant. Er zijn lokale warmtenetten in de gemeentes Bergen op Zoom, Boxtel, Den Bosch, Eindhoven, Roosendaal, Goirle en Helmond. Deze warmtenetten hebben lokale warmtebronnen zoals warmtekrachtcentrales, warmtekrachtkoppelingen en biomassacentrales (Ennatuurlijk, 2022b).

Daarnaast is een groot bovenlokaal warmtenet aanwezig, het warmtenet Midden- en West-Brabant (Amerinet). Hier zijn 51.000 huishoudens en 355 bedrijven op aangesloten in Breda, Tilburg, Oosterhout, Geertruidenberg, Drimmelen en Made. Het grootste deel van de geleverde warmte is afkomstig van de Amercentrale in Geertruidenberg (Ennatuurlijk, 2022b).

Figuur 24 - Huidige warmtenetten in Noord-Brabant



Bron: (RVO, ongoing).

### 3.3.4 Overige buisleidingen

Er lopen enkele stroken met buisleidingen voor overige brandstoffen (aardolieproducten, aardgasproducten, chemische stoffen) door Noord-Brabant. Er loopt een buisleidingstrook vanaf Rotterdam, door Noord-Brabant, richting Chemelot: de Pijpleiding Rotterdam-BEEK (PRB). Via de buisleidingen in deze strook wordt nafta en aardgascondensaat getransporteerd. Daarnaast lopen de buisleidingen vanaf de Rotterdamse haven richting Zeeland (DOW, Total), Duitsland (Rotterdam-Ruhr Pijpleiding, RRP) en België (Rotterdam-Antwerpen, RAPL) gedeeltelijk door Noord-Brabant.

# 4 De scenario's voor 2050

## 4.1 Introductie scenario's

In 2050 moet het energiesysteem van Noord-Brabant klimaatneutraal zijn (vanuit nationale doelstellingen). **Maar hoe zo'n klimaatneutraal energiesysteem eruit moet gaan zien is nog onzeker.** Sommige dingen zijn wel zeker, bijvoorbeeld dat elektrificatie in een groot deel van de sectoren de meest logische verduurzamingsoptie is en dat er daardoor fors meer elektriciteitsvraag gaat komen. Maar in sommige sectoren is het nog onduidelijk hoe de verduurzaming eruit gaat zien. Gaan die sectoren vooral inzetten op elektrificatie of gaat bijvoorbeeld juist waterstof een grote rol spelen? Daarnaast speelt de vraag of de provincie zijn energie grotendeels zelf willen opwekken of veel energie gaat importeren. Dit zijn vragen waar nu nog geen eenduidig antwoord op is. Om de onzekerheid over de ontwikkelingen richting 2050 te ondervangen maken we gebruik van verschillende scenario's voor het energiesysteem van 2050. In deze scenario's bepalen we de invulling van de energievraag, energieaanbod en energieopslag, voor alle sectoren en van alle energiedragers.

We hebben drie scenario's opgesteld voor het energiesysteem in 2050, gebaseerd op de II3050-scenario's. De II3050-scenario's gaan uit van een klimaatneutraal energiesysteem. In elk scenario wordt dus uitsluitend gebruik gemaakt van CO<sub>2</sub>-vrije energiedragers, maar het verschilt tussen de scenario's welke CO<sub>2</sub>-vrije energiedragers het meest gebruikt worden. Daarnaast verschillen bijvoorbeeld de energiebronnen en de hoeveelheid import tussen de scenario's. De vier scenario's hebben dus elk een andere verhaallijn over hoe de energievoorziening tussen 2030 en 2050 kan veranderen. De scenario's voor 2050 zijn zo opgesteld dat het energiesysteem klimaatneutraal is in 2050. Elk van de vier scenario's geven daar op een andere wijze invulling aan. Daardoor ontstaat een 'speelveld', waarvan de scenario's de hoeken opzoeken. In deze scenario's zijn de omvang van de energievraag, energieaanbod en energieopslag, voor alle sectoren en van alle energiedragers bepaald. De tabel hieronder geeft de hoofdpunten van elk van de II3050-scenario's weer.

Tabel 3 - Hoofdpunten energiescenario's II3050

Regionale Sturing	Nationale Sturing	Europese Sturing	Internationale Sturing
Nederland en Noord-Brabant zijn volledig klimaatneutraal in 2050			
<b>Nieuwbouw van woningen en nieuwe bedrijventerreinen zijn in alle scenario's hetzelfde gehouden</b>			
Focus op regionale ontwikkeling en lokaal zo zelfvoorzienend mogelijk. Veel hernieuwbare opwek op land. Veel inzet op elektrificatie en gebruik lokale warmtebronnen. Krimp energie-intensieve industrie	Focus op nationale ontwikkelingen en grootschalige projecten. Nederland grotendeels zelfvoorzienend, vooral door veel wind op zee. Veel inzet op elektrificatie, in alle sectoren. Omvang energie-intensieve industrie gelijk aan huidig	Veel import energie vanuit andere EU-landen, met name van groengas. Weinig nieuwe hernieuwbare opwek op land ná 2030. Grote rol voor hernieuwbare gassen. Veel ruimte voor CCS. Groei omvang energie-intensieve industrie	Veel import energie vanuit andere landen, met name waterstof. Weinig nieuwe hernieuwbare opwek op land ná 2030. Grote rol voor hernieuwbare gassen. Veel ruimte voor CCS. Groei omvang energie-intensieve industrie

Elk scenario heeft een energetische invulling en een ruimtelijke invulling. De energetische invulling van de scenario's bepaalt de totale energievraag en het totale energieaanbod voor de hele provincie, met uitsplitsing naar energiedrager en bron. De ruimtelijke invulling

bepaalt hoe deze energievraag en het energieaanbod ruimtelijk neerslaat binnen de provincie. **De scenario's die gebruikt worden binnen deze studie** hebben een andere ruimtelijke invulling dan de II3050-scenario's en de ruimtelijke invulling verschilt ook tussen **de scenario's**. De **ruimtelijke invulling volgt uit de principes die de scenario's hanteren** (gedachte vanuit lokale, nationale of Europese benadering). Er is hierbij geprobeerd vanuit die principes de geografische vertaling te maken, in overleg met de provincie en gevoed door bestaande documenten zoals de provinciale omgevingsvisie en de nationale omgevingsvisie. Andere ruimtelijke context die mee is genomen bij de ruimtelijke vertaling staat samengevoegd in Bijlage D.

De drie scenario's binnen dit onderzoek zijn:

1. Scenario *Lokale Kracht*. Dit scenario is gebaseerd op het II3050-scenario Regionale Sturing. De sturing van de energietransitie ligt in dit scenario grotendeels bij lokale en regionale overheden. Het regionale potentieel voor verduurzaming wordt maximaal benut en daarom wordt veel gebruik gemaakt van elektriciteit en lokale warmtebronnen. Nederland, **en de Nederlandse regio's**, zijn zoveel mogelijk energetisch zelfvoorzienend in dit scenario. Er wordt naar lokale autarkie gestreefd, waardoor de zoektocht naar opwek en opslag vanaf onderop gebeurt en de energietransitie ruimtelijk op veel verschillende plekken impact heeft.
2. Scenario *De grote opgaven gebundeld*. Dit scenario is gebaseerd op het II3050-scenario Nationale Sturing. De sturing van de energietransitie ligt grotendeels bij de rijksoverheid. Daardoor zijn er veel grootschalige nationale projecten, met name windparken op zee, in combinatie met waterstofproductie. Hierdoor wordt in dit scenario veel gebruik gemaakt van elektriciteit. Nederland is ook in dit scenario grotendeels energetisch zelfvoorzienend als land. Ruimtelijk landt de energietransitie op locaties waar een nationale opgave speelt. Voor dit scenario is de synergie gezocht met waterveiligheidsopgave in het rivierengebied (speelt ook buiten de provincie). Het grootschalige landschap (zie ook bijlage D) dat hier aanwezig is wordt ingezet voor clusters wind. Voor deze clustering zullen de huidige toetsingskaders rondom radar gewijzigd dienen te worden. Voor zon wordt koppeling gezocht met de nationale opgave van de landbouwtransitie rondom de Peel.
3. Scenario *Op grote schaal denken*. Dit scenario is gebaseerd op de II3050-scenario's Europese Sturing en Internationale Sturing<sup>21</sup>. Dit scenario gaat uit van een volledig open internationale mondiale markt en krachtig klimaatbeleid op Europees en mondiaal niveau. Er is in dit scenario veel import van duurzame energie ((bio)methaan en groene waterstof), vanuit andere landen in Europa en de rest van de wereld. Dit leidt in Nederland tot een groei van de energie-intensieve industrie en veel import van duurzame energie, met name van waterstof. Ruimtelijk betekent dit dat de nadruk van de impact rondom havengebieden spelen.

In de volgende paragrafen bespreken we de energetische en ruimtelijke invulling van de **scenario's**. Bijlage B bevat een uitgebreide omschrijving van de detail-invulling van de **scenario's**.

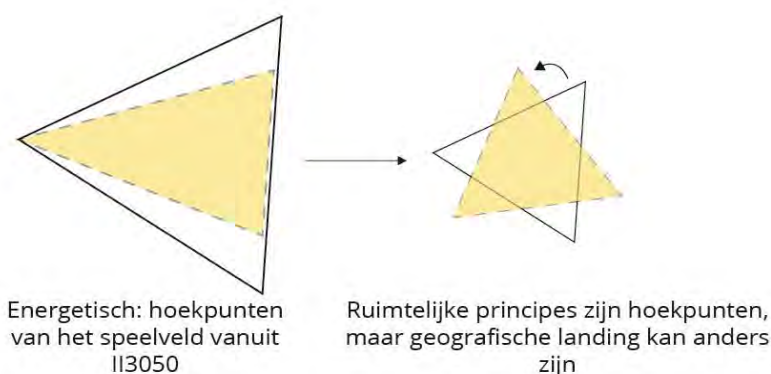
---

<sup>21</sup> De scenario's Europese Sturing en Internationale Sturing pakken we samen, aangezien de verschillen tussen deze scenario's weinig impact hebben op de benodigde ruimte.

## 4.2 Doel van scenario's

De drie scenario's geven de hoekpunten van het speelveld aan voor 2050. Dit zijn dus de verwachte uitersten van het energiesysteem zoals ze in I13050 zijn benoemd. De scenario's schetsen expliciet geen wensbeeld hoe het energiesysteem in de toekomst er in de toekomst uit moet zien en ze zijn ook niet bedoeld als keuzes. Het toekomstige energiesysteem zal vermoedelijk ergens in het midden tussen de scenario's liggen. Ook de ruimtelijke invulling is gevarieerd, volgens de principes van de scenario's (aansluiten bij een regionaal, nationaal of Europees systeem). Ook hierin schetst het geen wensbeeld.

Figuur 25 - Energetische hoekpunten van het speelveld en ruimtelijke invulling van scenario's



Het doel van het gebruik van scenario's om de hoekpunten van het toekomstige energiesysteem te bepalen is tweeledig. Enerzijds geeft dit inzicht in no-regret ontwikkelingen, die in elk van de scenario's plaatsvinden. Dit zijn ontwikkelingen waar in elk geval ruimte noodzakelijk voor is. Daarnaast geven de verschillen tussen de scenario's inzicht in de keuzes die gemaakt kunnen worden richting 2050 en de (ruimtelijke) effecten daarvan. Als die keuzes niet worden gemaakt, of worden uitgesteld, dan vergt dat ruimtelijke reserveringen voor energie-infrastructuur en voor energieproductielocaties. Het niet reserveren van die benodigde ruimte betekent immers dat een mogelijke ontwikkeling waarin die ruimte nodig is voor 'energie' wordt uitgesloten. In deze studie wordt enkel de resterende opgave NA 2030 ruimtelijk gevarieerd. Een deel van de invulling is namelijk al gerealiseerd of in plannen opgesteld (bijvoorbeeld in de RES'en).

De scenario's geven de hoekpunten van het toekomstige energiesysteem weer volgens de huidige verwachtingen. De periode tot 2050 is echter lang en innovaties kunnen voor verschuivingen zorgen. Er zijn enkele innovaties die mogelijk impact kunnen hebben op de benodigde ruimte voor het energiesysteem, maar waarvan het nu nog lastig is om de precieze impact in te schatten. Dit gaat bijvoorbeeld om kleinschalige kerncentrales (Small Modular Reactors) en om innovatieve vormen van energieopslag. In Hoofdstuk 8 is een inschatting gemaakt van de mogelijke effecten van deze innovaties.

## 4.3 Energetische invulling scenario's

De energetische invulling van het scenario omvat de totale energievraag, het totale energieaanbod en de totale omvang van energieopslag voor de hele provincie, met uitsplitsing naar energiedrager en bron en met een focus op de netgebonden energiedragers. In deze paragraaf bespreken we kerncijfers van de drie scenario's, in vergelijking met de huidige situatie (2020). De achterliggende aannames voor de scenario's worden uitgebreider besproken in Bijlage A.






## 4.3.1 Energievraag

Tabel 4 geeft een overzicht van de energievraag van de **scenario's**.

Terrawatturen en petajoules

In de tabellen hierna worden de energievraag en productie uitgedrukt in Terawatturen (TWh). Een andere gangbare maat om de energiehoeveelheid uit te drukken is Petajoule (PJ). De energiehoeveelheid in TWh kan omgerekend worden naar PJ door het te vermenigvuldigen met een factor 3,6.

Tabel 4 - Overzicht energievraag per sector in Noord-Brabant, in **alle scenario's** (TWh/jr)

		2020	2050 - Lokale Kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
	Totaal <sup>22</sup>	69,9	53,8	53,1	88,0
	Elektriciteit	16,3	44,2	42,7	48,4
	Waterstof/methaan <sup>23</sup>	33,5	9,6	10,4	39,6
	Warmte <sup>24</sup>	0,8 (6% woningen)	35% woningen	20% woningen	10% woningen
	Benzine, diesel, biobrandstoffen	20,1	Onbekend <sup>25</sup>		
	Gebouwde omgeving <sup>26</sup>				
	Elektriciteit	8,2	13,5	14,1	14,2
	Waterstof/methaan	17,0	1,6	1,1	5,3
	Warmte	0,8 (6% woningen)	35% woningen	20% woningen	10% woningen
	Mobiliteit				
	Elektriciteit	0,4	9,4	7,4	9,5
	Waterstof/methaan	0	0,5	2,7	3,6
	Benzine, diesel, LPG, biobrandstoffen	20,1	Onbekend		
	Industrie				
	Elektriciteit	6,9	17,4	17,4	20,8
	Waterstof/methaan	11,0	6,7	6,7	30,7
	Warmte	0	0	0	0
	Land-/glastuinbouw				
	Elektriciteit	0,8	3,8	3,9	3,9
	Waterstof/methaan	5,3	0,8	0	0

<sup>22</sup> Dit is exclusief directe warmtelevering, aangezien de omvang daarvan niet bekend is.

<sup>23</sup> Methaan kan zowel aardgas als groengas zijn. Op dit moment is dit vooral aardgas, in 2050 is het groengas.

<sup>24</sup> De totale vraag naar warmte voor 2050 is niet bekend. Wel is bekend welk deel van de woningen aangesloten wordt op warmtenetten. Dat is hier aangegeven.

<sup>25</sup> In elk van de scenario's wordt een deel van de energievraag van mobiliteit ingevuld met biobrandstoffen. Op nationaal niveau zijn inschattingen gemaakt van de omvang van de energievraag naar biobrandstoffen, maar er zijn geen inschattingen op provinciaal bekend.

<sup>26</sup> De energievraag van nieuwe bedrijventerreinen rekenen we mee bij de Gebouwde omgeving. In de praktijk zal een deel van de nieuwe bedrijventerreinen onder industrie of Mobiliteit (logistiek) vallen. Dit betekent dat de verhouding tussen de sectoren iets vertekend is. De totale energievraag klopt wel.

### 4.3.2 Productie energie

Voor de ruimtelijke impact van het energiesysteem is het opgestelde vermogen van verschillende energiebronnen van belang. De tabel hieronder geeft een overzicht van de opgestelde vermogens voor energieproductie van de **scenario's**.

Tabel 5 - Overzicht opgesteld vermogen voor energieproductie in Noord-Brabant, in **alle scenario's**

	2021	2050 - Lokale Kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken	
Productie elektriciteit					
Kleinschalig zon op dak (< 15 kWp)	950	6.550	6.550	2.600	MWp
Grootschalig zon op dak (> 15 kWp)	1.300	2.750	1.400	1.100	MWp
Zon op veld	200	6.750	5.800	3.500	MWp
Wind op land	300	2.500	2.500	1.250	MW
Aanlanding wind op zee	0	2.000	9.000	2.000	MW
Elektriciteitscentrales	1.400	4.250	1.700	1.750	MW
Productie waterstof					
Elektrolyzers	0	3.950	8.800	1.950	MW <sub>e</sub>

Voor de impact op de energie-infrastructuur en voor de balans tussen vraag en aanbod van energie is het ook belangrijk hoeveel energie bovenstaande bronnen produceren. Niet elke energiebron produceert namelijk evenveel energie per MW opgesteld vermogen. Zo zijn er meer uren in het jaar dat het waait dan dat de zon schijnt. En elektriciteitscentrales worden alleen ingezet op momenten dat er tekorten zijn aan elektriciteit. Tabel 6 geeft een totaaloverzicht **van de productie van energie in alle scenario's**.

De tabel laat zien dat de productie van zon en wind fors toeneemt richting 2050, voor elk scenario. Bij het scenario *Lokale Kracht* is de productie van hernieuwbare opwek op land het grootst, bijna 23 TWh. In het scenario *Op grote schaal denken* is de productie van hernieuwbare opwek op land het kleinst met 10 TWh. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* landt de grootste hoeveelheid aan windenergie van zee aan in Noord-Brabant, ruim 40 TWh. Dat is bijna evenveel als de verwachte elektriciteitsvraag in Noord-Brabant in 2050. De productie van elektriciteitscentrales neemt af richting 2050, ook al neemt het opgesteld vermogen in elk scenario toe. Dit komt doordat elektriciteitscentrales in 2050 een stuk minder draaiuren maken dan nu, doordat de elektriciteitsvraag een groot deel van het jaar ingevuld wordt met wind en zon.

Tabel 6 - Overzicht energieproductie **in alle scenario's**, huidig en in 2050

	2021	2050 - Lokale Kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken	
Productie elektriciteit					
Kleinschalig zon op dak (< 15 kWp)	1,0	7	7	3	TWh
Grootschalig zon op dak (> 15 kWp)	1,4	3	1	1	TWh



	2021	2050 - Lokale Kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken	
Zon op veld	0,2	7	6	4	TWh
Wind op land	0,7	6	6	3	TWh
Aanlanding wind op zee	0	9	41	9	TWh
Elektriciteitscentrales	6	4	1	1	TWh
Productie waterstof					
Elektrolyzers	0	6	14	2	TWh H <sub>2</sub>
Productie groengas					
Groengas productie	1	2	2	10	TWh

Het verschil per scenario welk deel van de energievraag binnen de provincie wordt geproduceerd en in hoeverre de provincie zelfvoorzienend is. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* wordt binnen de provincie het meeste energie geproduceerd door de grote hoeveelheid wind op zee: 64 TWh<sup>27</sup>. Dit is meer dan de energievraag in de provincie in dat scenario. In dat scenario is de provincie dus netto exporteur van energie<sup>28</sup>. Vooral de elektriciteit van windparken op zee, die aanlandt in Moerdijk en Geertruidenberg, zal richting andere delen van Nederland (en mogelijk België en Duitsland) getransporteerd worden. In de praktijk zal ook import plaatsvinden in dit scenario, aangezien er niet op elk moment in het jaar voldoende energie geproduceerd wordt om aan de energievraag binnen de provincie te voorzien.

In de scenario's *Lokale kracht* en *Op grote schaal denken* is Brabant netto-importeur van energie. In het scenario *Lokale kracht* wordt ongeveer 70% van de energievraag ingevuld met energie die geproduceerd wordt binnen de provincie, in het scenario *Op grote schaal denken* slechts 35%.

Om op jaarbasis aan de volledige vraag naar elektriciteit binnen de provincie (inclusief de verwachte elektriciteitsvraag van elektrolyzers) te voldoen is tussen de 5,5 en 8,5 GW aanlanding van wind op zee in de provincie nodig, bovenop de productie van wind op land, zonneparken en zon op dak<sup>29</sup>. De precieze omvang is afhankelijk van de elektriciteitsvraag in de scenario's, de productie van andere hernieuwbare energiebronnen en de hoeveelheid elektrolyzers die bij de aanlandingslocaties geplaatst worden. Het is mogelijk dat gekozen wordt voor meer aanlanding van wind op zee binnen de provincie. Dit zal dan voor doorvoer van elektriciteit richting andere provincies en mogelijk richting Duitsland en België zijn.

<sup>27</sup> Dit is inclusief de aanlanding van wind op zee. Deze energie wordt geproduceerd op de Noordzee, niet in de provincie zelf. De energie wordt echter in Brabant ingevoerd op het nationale elektriciteitsnet. Daarom tellen we deze hier wel mee als binnenlandse productie. De productie van waterstof met elektrolyzers tellen we niet mee. Hiervoor wordt namelijk de elektriciteit van windmolens en mogelijk zon gebruikt. Daarom zou dit leiden tot dubbel tellingen.

<sup>28</sup> Hierin rekenen we de totale energievraag van elektriciteit en gassen (waterstof, methaan) mee. De energievraag van directe warmtelevering en biobrandstoffen zijn niet meegeteld aangezien de omvang van de **energievraag van die dragers in de scenario's niet bekend is**.

<sup>29</sup> In de praktijk zal zowel import als export van elektriciteit plaatsvinden, aangezien er niet op elk moment in het jaar voldoende elektriciteit geproduceerd wordt om aan de elektriciteitsvraag in de provincie te voorzien. Maar op jaarbasis is de hoeveelheid import van elektriciteit dan even groot als de hoeveelheid export.

### 4.3.3 Opslag van energie

In de toekomst zal steeds meer opslag van energie noodzakelijk zijn om de volatiliteit van de energieproductie van windmolens en zonnepanelen op te vangen. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de capaciteit van batterijen in elk scenario. Daarnaast is ook opslag van waterstof en methaan nodig, maar dit zal vooral buiten de provincie plaatsvinden.

Tabel 7 - Overzicht opslag energie **in alle scenario's**, huidig en in 2050

	Huidig	2050 - Lokale Kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken	
Batterijen	Nihil	5.800	6.400	3.300	MW

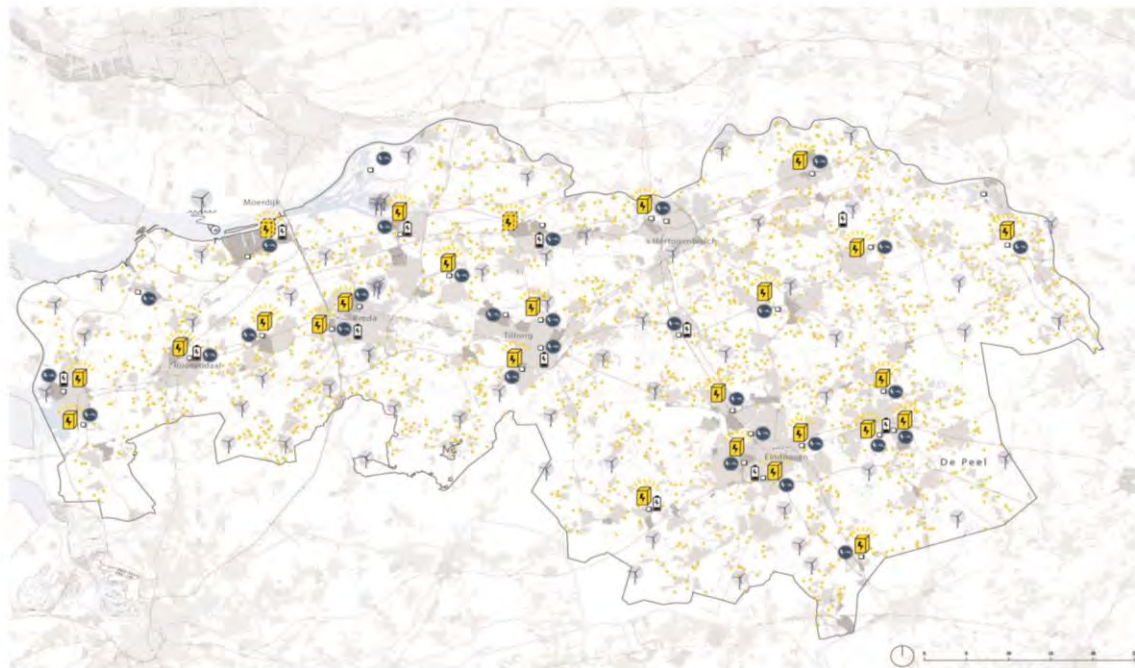
### 4.4 Ruimtelijke invulling scenario's

In drie overzichten wordt hieronder toegelicht hoe de bouwstenen van het energiesysteem ruimtelijk gevarieerd zijn. Dit zijn conceptuele en verkennende afbeeldingen die schetsen hoe de scenario's gevarieerd zijn. **Het zijn dus geen wensbeelden.**









#### 4.4.1 Lokale kracht - variatie op regionale scenario



Begin vanaf onderop en zoek de mogelijkheden in wat er kan. Er wordt op lokaal niveau naar grote mate van autarkie gestreefd. Opwek landt op veel verschillende plekken, de RESsen worden uitgevoerd en uitgebreid. Ook opslag en conversie wordt verspreid geplaatst. De ontwikkelingen zullen zich aansluiten bij lokale ruimtelijke ontwikkelingen.



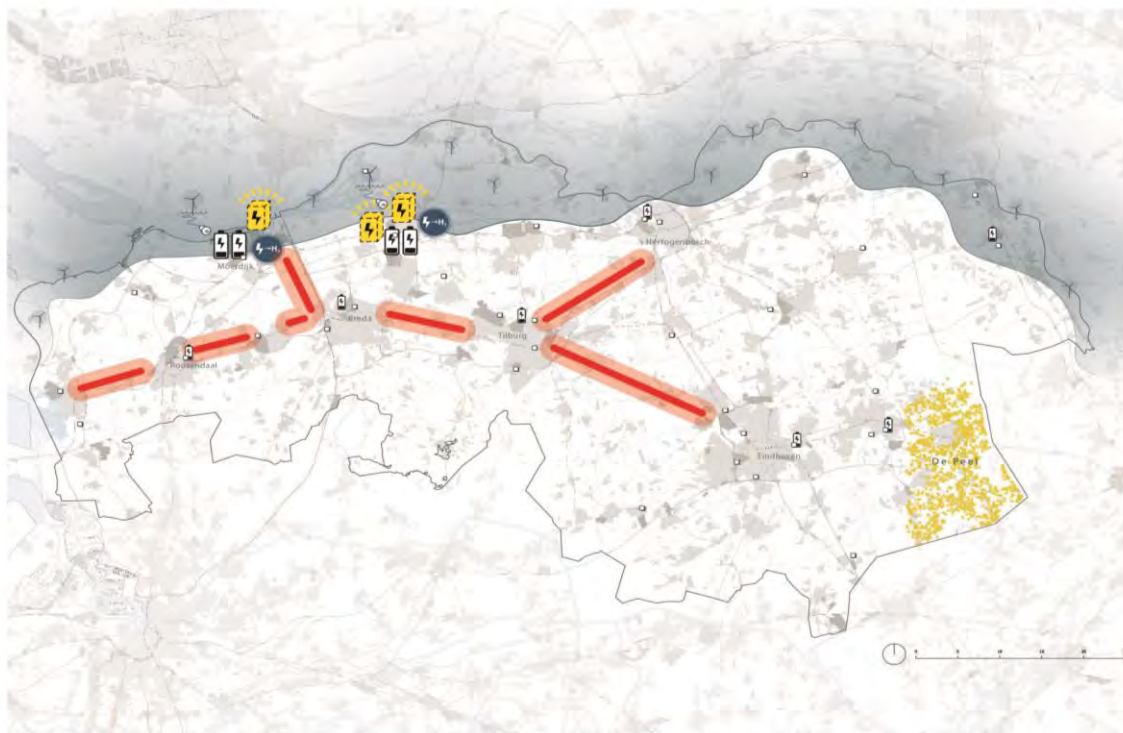
#### Bouwstenen 2030-2050

							
Windturbine	Zon op veld	Zon op dak	E-centrale	Electrolyser	Groen gas	Batterij	Aanlanding Wind op zee
Na uitvoering RES nog 222 windturbines die zullen landen in de buurt van gebruik en van HS/MS stations.	Na uitvoering RES nog grote opgave (41 km <sup>2</sup> ) voor zon op veld. Ook deze zal verspreid landen, in de buurt van steden en het netwerk.	Zo veel mogelijk daken, groot en klein, vol met zon. Er resteert na de RES met name een opgave voor kleine daken.	Bestaande fossiele centrales worden hernieuwbare centrales en nieuwe e-centrales worden gebouwd bij HS-MS transformatoren.	Verspreid bij opweklocaties van zon en wind	Geen extra groengas na 2030: voor die tijd is lokale potentieel al aangeboord	Batterijen worden op drie schaalniveaus geplaatst: Bij de opwek, in de wijk en bij de woonhuizen	1 aanlanding van 2 GW vanuit wind-op-zee rondom industriële cluster

#### 4.4.2 De grote opgaven gebundeld - variatie op nationale scenario



De energietransitie wordt in relatie met andere nationale opgaven bekeken. Hierin sluiten de nieuwe infrastructures aan bij de opgave van de bodem en de ondergrond. Er wordt sterk ingezet op wind op zee. Lokaal kunnen er grote verschillen zijn, omdat opwek, opslag en conversie in grote clusters geplaatst worden, terwijl er op andere locaties geen ontwikkelingen zijn.



##### Bouwstenen 2030-2050

							
Windturbine	Zon op veld	Zon op dak	E-centrale	Electrolyser	Bovenlokaal warmtenet	Batterij	Aanlanding Wind op zee
In grootschalig landschap met een waterveiligheidsopgave of een waterbergingsopgave worden grote clusters van wind geplaatst die direct op TenneT worden aangesloten.	Na de uitvoering van de RES nog grote zonneparken in combinatie met natuurontwikkeling en landbouwtransitie rond de Peel.	Zo veel mogelijk daken, vooral grote daken, vol met zon.	MEGA E-Centrales op huidige locaties	MEGA-Electrolyser bij Moerdijk en Geertruidenberg	Bovenlokaal warmtenet rondom de grotere clusters	Bij HS-MS onderstations worden batterijen geplaatst om de druk in het elektriciteitsnet te reguleren. Daarnaast rondom cluster moerdijk en geertruidenberg	2 aanlandingen van totaal 9 GW vanuit wind-op-zee rondom industriële cluster











### 4.4.3 Op grote schaal denken- variatie op Europese scenario



Er wordt op Europees niveau gezocht naar het optimaliseren van de systemen. De keuzes en ontwikkelingen in Nederland zijn daarvan afhankelijk. Het belang van import en export groeit. Voor het Europese scenario speelt vooral biomassa hierin een rol; voor het internationaal scenario is waterstof bepalend. Ruimtelijk landt het grootste deel van het energiesysteem in het industriële cluster, maar de totale impact is kleiner dan de andere varianten. Op het hoofdtransportnet kan het juist veel impact hebben.



#### Bouwstenen 2030-2050

							
<b>Windturbine</b>	<b>Zon op veld</b>	<b>Zon op dak</b>	<b>E-centrale</b>	<b>Electrolyser</b>	<b>Bovenlokaal warmtenet</b>	<b>Batterij</b>	<b>Aanlanding Wind op zee</b>
Na de realisatie van de RES zoekgebieden geen verdere windturbines.	Na de uitvoering van de RES nog enkele zonneparken (8 km <sup>2</sup> ) rondom het industriële cluster.	Geen extra zon-op-dak na de realisatie van de RES.	MEGA E-Centrale bij importlocatie Moerdijk/ Geertruidenberg	MEGA-Electrolyser bij hub-locatie Moerdijk	Rond de energie-hub waar veel biogas wordt geïmporteerd en mogelijk biomassa wordt geïmporteerd	Rondom de import hub ruimte voor centrale opslag.	1 aanlandingen van totaal 2 GW vanuit wind-op-zee rondom industriële cluster

# 5 Ontwikkelingen nationale energie-infrastructuur Brabant tot 2050

In dit hoofdstuk bespreken we de verwachte ontwikkelingen van de nationale energie-infrastructuur, ook wel de energiehoofdstructuur genoemd, in Noord-Brabant tot 2050. Onder de nationale energie-infrastructuur vallen het hoogspanningsnet, het landelijke gastransportnet en bovenregionale buisleidingen. Maar ook overige grootschalige systemen die nodig zijn voor een robuust energiesysteem, zoals regelbare centrales, elektrolyzers en regelbare elektriciteitscentrales.

In dit hoofdstuk gaan we eerst in op de relatie tussen de energiehoofdstructuren en regionale structuren. Vervolgens geven we een overzicht van de verwachte ontwikkelingen van nationale energie-infrastructuur en de benodigde ruimte hiervoor, tot 2030 en tussen 2030 en 2050. Tot slot geven we een overzicht van de ruimtelijke consequenties van de ontwikkelingen en de nationale energie-infrastructuur.

Deze bevindingen van de hoogspanningsinfrastructuur en nationale waterstof- en groengasnetten volgen uit de doorrekeningen door TenneT en Gasunie in het kader van de Integrale Effectenanalyse van het PEH. Er zijn voor dit onderzoek geen nieuwe doorrekeningen uitgevoerd.

## 5.1 Inleiding over Brabant, energiehoofdstructuren en regionale structuren

De Noord-Brabantse energiehoofdstructuren, zoals de hoogspanningsnetten en landelijke gastransportnetten, zijn onderdeel van het nationale energiesysteem. Het is daarom noodzakelijk om de ontwikkelingen van de nationale energie-infrastructuur in Noord-Brabant vanuit het nationale perspectief te bekijken, aangezien de ontwikkeling van de energiehoofdstructuur Noord-Brabant in grote mate afhankelijk is van ontwikkelingen in andere delen van Nederland en zelfs in het buitenland. Daarom sluiten we hiervoor aan bij de bevindingen van het nationale Programma Energiehoofdstructuur.

De ontwikkelingen van de nationale energie-infrastructuur zijn grotendeels afhankelijk van nationale keuzes die gemaakt moeten worden. Bijvoorbeeld de keuze hoeveel wind op zee aan gaat landen, in welke vorm (elektriciteit of waterstof) en op welke locaties. Of de keuze of (en hoeveel, en hoe) Nederland energie wil gaan doorvoeren richting het buitenland. Een deel van deze keuzes, zoals aanlanding van wind op zee in Zeeland of Rotterdam, vallen volledig buiten het gezichtsveld van de provincie, maar hebben wel impact op de benodigde ruimte voor energie-infrastructuur in de provincie. Dit komt doordat de keuzes ertoe kunnen leiden dat meer energie door Noord-Brabant getransporteerd moet worden. Een deel van de keuzes die impact hebben op de energiehoofdstructuur in Noord-Brabant, zoals aanlanding van wind op zee in Moerdijk of Geertruidenberg, vallen wel binnen het gezichtsveld van de provincie maar ook deze keuzes vallen onder het gezag van de nationale overheid. Dit betekent dat de provincie en gemeentes binnen Brabant beperkt invloed hebben op de keuzes die bepalen welke nationale energie-infrastructuur noodzakelijk is in de provincie.



Dit ligt anders bij de regionale energie-infrastructuur. De regionale energie-infrastructuur, zoals regionale elektriciteits- en gasnetten, zijn verbonden aan de landelijke hoofdstructuur. Maar welke (ruimte voor) nieuwe regionale energie-infrastructuur noodzakelijk is hangt voornamelijk af van lokale keuzes die gemaakt worden voor de ontwikkeling van het energiesysteem en is zeer beperkt afhankelijk van ontwikkelingen in de rest van Nederland. Dit betekent dat het voor de ontwikkeling van de regionale energie-infrastructuur wel voldoende is om te kijken vanuit een provinciaal perspectief. De ontwikkeling van de regionale energie-infrastructuur bespreken we in Hoofdstuk 6.

## 5.2 Ontwikkelingen nationale energie-infrastructuur in Noord-Brabant

Hieronder bespreken we de verwachte ontwikkelingen van de nationale energieinfrastructuur in Noord-Brabant. We bespreken eerst de verwachte ontwikkelingen tot 2030. Dit zijn grotendeels ontwikkelingen waar al concrete plannen voor zijn, bijvoorbeeld in de investeringsplannen van TenneT. Vervolgens bespreken we de verwachte ontwikkelingen tussen 2030 en 2050. De ontwikkelingen tussen 2030 en 2050 zijn in grote mate afhankelijk van keuzes die gemaakt moeten worden op nationaal niveau **(in samenspraak met regio's)**. We brengen daarom ook in kaart van welke (nationale) keuzes bepaalde ontwikkelingen afhankelijk zijn. De ruimtelijke consequenties van de verwachte ontwikkelingen volgen in Paragraaf 5.3.

### 5.2.1 Ontwikkelingen tot 2030

#### Hoogspanningsinfrastructuur

In het investeringsplan 2022 van TenneT staan de plannen voor uitbreidingen en verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur voor de komende 10 jaar. Verwacht wordt dat al deze investeringen gerealiseerd gaan worden. Niet al deze investeringen zullen al in 2030 gerealiseerd zijn, sommigen mogelijk ook in 2031 of 2032, maar we nemen deze wel allemaal al mee bij de ontwikkelingen tot 2030.

Er zijn verschillende soorten ontwikkelingen van de hoogspanningsinfrastructuur mogelijk:

- Uitbreiding station. Dit kan gaan om de ontwikkeling van nieuwe transformatoren, nieuwe vrije velden om afnemers of producenten aan te sluiten of om verbindingen aan te sluiten of uitbreidingen aan overige elektrotechnische componenten, zoals rails.
- Aanleg nieuw station. De (fysieke) ruimte bij stations is beperkt, op een bepaald moment is een station vol. Als een station vol is, maar wel uitbreidingen noodzakelijk zijn, kan een nieuw station gerealiseerd worden.
- Verzwaring verbindingen. Bij verzwaring worden de geleiders van bestaande verbindingen opgewaardeerd naar zwaardere geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Het verzwaren van verbindingen gebeurt binnen de bestaande masten, maar heeft mogelijk wel wat impact op de veiligheidscontouren doordat deze maatregel impact heeft op de magneetvelden. Daarnaast heeft deze maatregel financiële consequenties.
- Aanleg nieuwe verbinding of aanleg nieuwe circuits bij bestaande verbinding. Indien de huidige verbindingen onvoldoende transportcapaciteit hebben, ook na verzwaring, is de aanleg van nieuwe verbinding noodzakelijk. Als er ruimte is op een bestaande verbinding/mast, dan kan hier een nieuw circuit geplaatst worden (maximaal twee circuits per mast). Als dit niet mogelijk is moet een nieuwe verbinding met nieuwe masten gerealiseerd worden. Een nieuwe verbinding op een bestaand traject kan in sommige gevallen parallel aan een bestaande verbinding aangelegd worden, maar de

nieuwe masten kunnen via een nieuw tracé lopen. In sommige gevallen kunnen ook compleet nieuwe verbindingen gerealiseerd worden, op trajecten waar nu nog geen verbindingen aanwezig zijn.

- Implementatie pocketstructuur. In hun visie op het toekomstige hoogspanningsnet voorziet TenneT dat ze de 150 kV-netten (150 kV-verbindingen en 150 kV-stations) opsplitsen in kleinere deelnetten, die elk verbonden zijn met één 380 kV-station. Op deze manier is er minder transport via het 150 kV-net doordat de stroom snel afgevoerd kan worden naar het 380 kV-net. Voor de implementatie van een pocketstructuur zijn uitbreidingen van bestaande stations of de ontwikkeling van nieuwe stations noodzakelijk (deze nemen we afzonderlijk mee). Daarnaast moeten de bestaande **netten ‘opgeknipt’ worden. Dit is een beperkte ingreep met verwaarloosbare ruimtelijke impact.**

#### Tekstkader 4 - 150 kV-infrastructuur

We nemen in de analyses van de hoogspanningsinfrastructuur alleen 380 kV-stations en 380 kV verbindingen expliciet mee. Voor de 150 kV-verbindingen zijn in minder detail analyses gedaan in het Programma Energiehoofdstructuur, dus daar wordt alleen kwalitatief op ingegaan. Uit de analyses in het Programma Energiehoofdstructuur volgt dat er naar verwachting weinig uitbreidingen nodig zijn aan 150 kV-verbindingen na 2030. Dit komt door een combinatie van pocketvorming en inzet van batterijen en elektrolyzers. Indien er te weinig capaciteit is op het 150 kV-net is het opknippen van een pocket, en dus de aanleg van een nieuw 380 kV-station, de eerste optie. Het verzwaren van een bestaande of aanleg van een nieuwe verbinding is ook een optie.

De 150 kV-stations zijn de koppelpunten met het regionale elektriciteitsnet van Enexis en nemen we mee bij de ontwikkelingen van het regionale energiesysteem in Noord-Brabant in Hoofdstuk 6. Hierbij wordt alleen gekeken naar de Enexis-zijde van deze stations en de verwachte ontwikkelingen die voorzien worden door Enexis. Er is niet specifiek gerekend aan de TenneT-zijde van deze stations.

Het is mogelijk dat er bovenop de uitbreidingen die volgen uit de doorrekening van Enexis nog extra uitbreidingen nodig zijn van 150 kV-stations doordat nieuwe grote afnemers of producenten direct op deze stations aangesloten worden. Op basis van de uitwerking van de scenario's concluderen we dat het aantal nieuwe afnemers of producenten dat naar verwachting aangesloten wordt op 150 kV-stations zeer beperkt is, daarom nemen we dit niet mee. Een uitzondering daarop kan optreden bij clustering van hernieuwbare opwek, aangezien dat vermoedelijk wel leidt tot forse uitbreidingen aan 150 kV-stations; dit bespreken we in Paragraaf 5.2.2. Uitbreidingen die nodig zijn op 380 kV-stations voor het aansluiten van grote afnemers of producenten, zoals aanlandingen van wind op zee en mogelijk grootschalige elektrolyzers, nemen we wel mee in de analyses.

Tabel 8 geeft een overzicht van de geplande investeringen op 380 kV-niveau voor de komende 10 jaar in Noord-Brabant (TenneT, 2022c). Op het 150 kV-niveau is de inrichting van de pocketstructuur de belangrijkste wijziging. Mogelijk zijn er ook nog enkele uitbreidingen aan 150 kV-verbindingen, maar dit is niet onderzocht.

Tabel 8 - Overzicht geplande investeringen hoogspanningsinfrastructuur in Noord-Brabant

Type asset	Locatie	Type investering
380 kV-station	Boxmeer <sup>30</sup>	Uitbreiding station
380 kV-station	Geertruidenberg	Uitbreiding station
380 kV-station	Tilburg	Nieuw station
380 kV-station	Moerdijk	Nieuw station

<sup>30</sup> Dit station ligt in Noord-Brabant, maar wordt gebruikt voor een pocket die grotendeels in Limburg ligt.

Type asset	Locatie	Type investering
380 kV-station	Halsteren/Schouwen Duiveland-Tholen-West Brabant/Kijkuit <sup>31</sup>	Nieuw station
380 kV-verbinding	Meerdere verbindingen	Verzwarende circuits met 4kA geleiders (geen significante ruimtelijke impact)
380 kV-verbinding	Rilland - Tilburg	Nieuwe verbinding op nieuw traject (twee circuits)
380 kV-verbinding	Eindhoven - Maasbracht	Nieuwe verbinding op bestaand traject
380 kV-verbinding	Krimpen - Geertruidenberg	Nieuwe verbinding op bestaand traject
150/110 kV-verbindingen	In hele provincie	Implementatie pocketstructuur
Gelijkstroomkabel	Noordzee - Moerdijk of Geertruidenberg	Nieuwe verbinding
Converterstation	Moerdijk of Geertruidenberg	Nieuw converterstation

Er staan enkele nieuwe 380 kV-stations in de planning (Tilburg, Moerdijk, Halsteren) en enkele uitbreidingen van bestaande 380 kV-stations (Boxmeer, Geertruidenberg). Dit is voornamelijk voor de implementatie van de pocketstructuur. In de huidige visie van TenneT worden in Noord-Brabant pockets gerealiseerd onder de 380 kV-stations Boxmeer, Eindhoven, Geertruidenberg en/of Moerdijk, Tilburg en Halsteren. Daarnaast ligt de pocket van het nieuwe 380 kV-station Wijchen (in Gelderland) grotendeels in Noord-Brabant. Het nieuwe 380 kV-station bij Moerdijk is nodig om elektrificatie van de industrie en mogelijk aanlanding van wind op zee te faciliteren. Bij Moerdijk of Geertruidenberg, afhankelijk van de locatie waar de elektriciteit van windparken op zee aanlandt<sup>32</sup>, is ook een converterstation nodig om de windstroom te kunnen aansluiten op het hoogspanningsnet. Daarnaast is een gelijkstroomkabel vanaf het windpark op zee naar Moerdijk of Geertruidenberg nodig. Deze kan mogelijk via het eerste stuk van de geplande Delta Rhine Corridor lopen (meer over de Delta Rhine Corridor in het stuk *Overige buisleidingen*).

Daarnaast wordt op dit moment een nieuwe 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg gerealiseerd en zijn er plannen om een nieuwe verbinding te realiseren bij de bestaande trajecten Krimpen - Geertruidenberg en Eindhoven - Maasbracht. Daarnaast worden naar verwachting de meeste 380 kV-verbindingen verzwakt.

## Gastransportnetten

Het is de verwachting dat het huidige aardgasnet in de toekomst opgesplitst gaat worden in een waterstofnet en een methaan (groengas)-net. Het realiseren van de waterstofbackbone, conform de plannen onder de naam HYway27, is de eerste stap hierin. Figuur 26 geeft een schematische weergave van het meest recente ontwerp van de waterstofbackbone (deze wordt binnenkort geüpdatet). Bij deze plannen wordt in totaal in Nederland 980 km aan bestaande aardgasleidingen omgezet in waterstofleidingen. Daarnaast moet er naar schatting ongeveer 200 kilometer aan nieuwe leidingen gelegd worden.

Het precieze verloop van de waterstofbackbone is nog niet helemaal zeker, dit betreft met name het verloop van het Oost-West traject. Het is de verwachting dat de uiteindelijke

<sup>31</sup> Dit station heeft meerdere namen. In de rest van het rapport verwijzen we naar dit station onder de naam 'Halsteren'.

<sup>32</sup> Er wordt naar verwachting 2 GW aan wind op zee aan in Noord-Brabant tot 2031, vanuit windpark Nederwiek 3. Het is nog niet duidelijk of deze windstroom in Moerdijk of Geertruidenberg gaat aanlanden. Zie ook [toelichting](#).

backbone er daarom niet precies uit gaat zien dan onderstaande afbeelding. Momenteel wordt een leiding door Noord-Brabant van Venlo naar Moerdijk, die gedeeltelijk door het tracé van de Delta Rhine Corridor loopt, bekeken als Oost-West verbinding<sup>33</sup>. Een alternatief hiervoor is een verbinding door de Betuwe<sup>34</sup>.

Figuur 26 - Voorlopig ontwerp waterstofbackbone Nederland



Bron: (Gasunie, 2022).

Naast de hierboven benoemde Oost-West verbinding zijn er nog meer delen van de verwachte waterstofbackbone die door Noord-Brabant gaan lopen. De verbindingen tussen Rotterdam en Zeeland loopt door het westen van Brabant en de verbinding tussen Noord-Nederland en Chemelot loopt door het oosten van Brabant. Hiervoor worden aardgasleidingen omgezet. Er zijn in Noord-Brabant naar verwachting geen nieuwe buisleidingen nodig hiervoor.

### Overige buisleidingen (Delta Rhine Corridor)

Duitsland heeft ook in de toekomst een vraag naar grondstoffen en energie, die Nederland kan aanvoeren via import vanuit de Rotterdamse haven. Om dit te faciliteren is er een concreet plan om duurzame energiedragers en circulaire grondstoffen vanaf de Rotterdamse haven via Moerdijk en vervolgens Chemelot naar Duitsland te transporteren met nieuwe buisleidingen in bestaande buisleidingstroken. Het gaat om één nieuwe bundel met daarin vier leidingen: drie leidingen transporteren stoffen (waterstof, LPG en Propeen) naar Duitsland, en één leiding transporteert CO<sub>2</sub> van Duitsland via Chemelot en Moerdijk naar Rotterdam voor opslag in lege aardgasvelden onder de Noordzee. Daarnaast wordt gekeken naar de mogelijkheid voor transport van ammoniak, andere circulaire grondstoffen en naar een gelijkstroomverbinding (Ministerie van EZK, 2021).

<sup>33</sup> Hierbij worden mogelijk ook nog nieuwe leidingen voor aardgas en CO<sub>2</sub> door Gasunie aangelegd in dezelfde strook. Bij de aanleg van de leidingen van Gasunie en de leidingen van de Delta Rhine Corridor kan synergie behaald worden door alles in één keer aan te leggen waardoor de grond maar één keer open hoeft.

<sup>34</sup> Zie [kamerbrief](#).

De aanleg van bovenstaande buisleidingen vallen onder het project Delta Rhine Corridor. De voorziene Delta Rhine Corridor loopt dwars door Noord-Brabant. De ambitie is om deze nieuwe buisleidingen voor de Delta Rhine Corridor in 2026 te realiseren<sup>35</sup>. Op dit moment is er nog geen definitieve investeringsbeslissing genomen, dus het is nog onzeker of deze buisleidingen daadwerkelijk voor 2030 gerealiseerd zijn.

## 5.2.2 Ontwikkelingen van 2030 tot 2050

De investeringen die TenneT doet tot 2030 vergroten de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet fors en met de aanleg van de waterstofbackbone worden de belangrijkste afnemers van waterstof al aangesloten op een landelijk net. Bovenop de investeringen tot 2030 zijn er tussen 2030 en 2050 enkele ontwikkelingen op het gebied van energie-infrastructuur die in ieder geval noodzakelijk zijn voor de ontwikkelingen richting een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Maar welke energie-infrastructuur nodig is tussen 2030 en 2050 is ook in grote mate afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. In deze paragraaf bespreken we welke energie-infrastructuur in ieder geval nodig is en welke ontwikkelingen afhankelijk zijn van keuzes.

Deze bevindingen volgen uit de doorrekeningen door TenneT in het kader van de Integrale Effectenanalyse van het PEH. Er zijn voor dit onderzoek geen nieuwe doorrekeningen uitgevoerd.

### Welke energie-infrastructuur is in ieder geval nodig (no-regret)?

Het is de verwachting dat na 2030 uitbreiding van het bestaande of aanleg van een nieuw 380 kV-station in Eindhoven nodig is omdat een nieuwe transformator nodig is. Of verder nog uitbreidingen aan 380 kV-infrastructuur nodig zijn is afhankelijk van verschillende keuzes tussen 2030 en 2050.

Indien er te weinig capaciteit is op het 150 kV-net is het opknippen van een pocket, en dus de aanleg van een nieuw 380 kV-station, de eerste optie. Het verzwaren van een bestaande of aanleg van een nieuwe verbinding is ook een optie. Uit de analyses in het Programma Energiehoofdstructuur volgt dat er naar verwachting weinig uitbreidingen nodig zijn voor 150 kV-verbindingen in Noord-Brabant na 2030. Dit komt door een combinatie van pocketvorming en inzet van batterijen en elektrolyzers. Het is nu echter nog niet te zeggen of er helemaal geen uitbreidingen (nieuw 380 kV-station of uitbreiding 150 kV-verbinding) nodig zijn. Hiervoor zijn verder onderzoek en extra doorrekeningen van TenneT noodzakelijk.

Daarnaast is het de verwachting dat er richting 2050 grote hoeveelheden systeembatterijen bij de aanlandingspunten van windenergie op zee komen. Het is de verwachting dat bij aanlanding van 2 GW wind op zee in Moerdijk of Geertruidenberg tot maximaal 1 GW aan systeembatterijen noodzakelijk is. Hier is ruimte voor nodig in de nabijheid van de hoogspanningsstations waar de kabels van de netten op zee aanlanden. Daarnaast is een extra veld bij een hoogspanningsstation nodig om deze batterijen aan te sluiten.

Daarnaast is in de toekomst een groter vermogen aan regelbare centrales nodig. Dit worden naar verwachting waterstofcentrales of mogelijk ook groengascentrales of biomassa-centrales met afvang van CO<sub>2</sub>. Het is de verwachting dat de bestaande centrales in Geertruidenberg en Moerdijk, omgebouwd worden, of vervangen worden door nieuwe centrales op deze locaties.

---

<sup>35</sup> Zie [kamerbrief](#).

Het is de verwachting dat later, na realisatie van de genoemde backbone, nog een groter deel van het nationale aardgasnet van Gasunie omgezet wordt in een waterstofnetwerk. Figuur 27 toont de verwachte waterstofinfrastructuur na ombouw van het huidige aardgasnetwerk, inclusief waterstofbackbone én extra leidingen voor waterstoftransport in 2050. Aangenomen wordt dat dit zonder een aanvullend ruimtebeslag kan worden uitgevoerd. Het is de verwachting dat de capaciteit van de backbone voldoende zal zijn in **2050, voor alle scenario's. Hier zijn dus geen uitbreidingen nodig**. Wel zijn er mogelijk uitbreidingen bij aftakkingen nodig, bijvoorbeeld richting regelbare centrales en elektrolyzers.

Figuur 27 - Configuratie transportnetwerk waterstof 2050



Bron: (Netbeheer Nederland, 2021).

## Welke ontwikkelingen zijn afhankelijk van keuzes?

Welke energie-infrastructuur verder noodzakelijk is in Noord-Brabant hangt af van verschillende (nationale) keuzes. Hieronder bespreken we de meest relevante keuzes en geven we aan welke uitbreidingen van de energie-infrastructuur noodzakelijk zijn om bepaalde keuzes te faciliteren.

### *Ontwikkelingen wind op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland*

De ontwikkelingen rondom wind op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland hebben effect op het hoogspanningsnet in Noord-Brabant. Door de aanlanding van wind op zee, mogelijk in combinatie met kernenergie bij Borssele en Rotterdam<sup>36</sup>, kunnen grote lokale overschotten van elektriciteit ontstaan. Deze lokale overschotten kunnen gedeeltelijk opgevangen worden met elektrolyzers die de elektriciteit omzetten naar waterstof, maar een aanzienlijk deel zal ook afgevoerd worden via het 380 kV-net, richting Limburg,

<sup>36</sup> Recent heeft het kabinet Borssele aangewezen als voorkeurslocatie voor twee nieuwe kerncentrales rond 2035, zie [bericht Rijksoverheid](#).



Duitsland en België. Hierdoor neemt de belasting op de 380 kV-verbindingen in Noord-Brabant toe.

Bij de combinatie van wind op zee met grote hoeveelheden kernenergie in Zeeland zijn nieuwe 380 kV-verbindingen nodig tussen Rilland (Zeeland) en Geertruidenberg (via de nieuwe 380 kV-stations Halsteren en Moerdijk) en tussen Rilland en Tilburg. Daarnaast zijn mogelijk nieuwe 380 kV-verbindingen nodig tussen Krimpen aan den IJssel (Zuid-Holland) en Eindhoven (via Tilburg en Geertruidenberg) als grote hoeveelheden wind op zee aanlanden in Rotterdam.

### *Aanlanding wind op zee in Moerdijk en Geertruidenberg*

Naar verwachting zal het grootste gedeelte van de windenergie op zee aanlanden aan de kust. Maar er wordt ook gekeken naar de mogelijkheid om ondergrondse gelijkstroomkabels vanaf de windenergiegebieden op zee door te trekken naar locaties in het binnenland in plaats van aanlanding aan de kust. Dit heet ‘diepe aanlanding’. Door diepe aanlanding kunnen mogelijk forse uitbreidingen aan het bovengrondse hoogspanningsnet vanaf de kust naar het binnenland voorkomen worden.

Er zijn plannen al plannen om voor 2031 2 GW aan windparken op zee aan te sluiten in Geertruidenberg of Moerdijk (zie Paragraaf 5.2.1). In het scenario *De grote opgaven gebundeld* nemen we aan dat er in 2050 nog veel meer windenergie aan zal landen in Noord-Brabant, te weten in totaal 3 GW in Geertruidenberg en 6 GW in Moerdijk inclusief de huidige plannen van Nederwiek 3. Dit wordt voorzien als de maximale hoeveelheid aanlanding op deze locaties. In dat geval zijn extra gelijkstroomkabels richting deze locaties nodig. Daarnaast zijn extra converterstations en uitbreidingen van de bestaande of aanleg van nieuwe 380 kV-stations nodig op de aanlandingslocaties. Daarnaast ligt het voor de hand om in dat geval extra batterijen en elektrolyzers te plaatsen op deze locaties, aangezien aanlandingslocaties van wind op zee gunstige locaties zijn voor de balancerings van het elektriciteitssysteem in 2050 (meer hierover bij *Plaatsing grootschalige elektrolyzers* in deze paragraaf).

Extra aanlanding van wind op zee in Noord-Brabant kan daarnaast twee effecten op de 380 kV-verbindingen hebben:

- De belasting op het 380 kV-net tussen de Maasvlakte en Geertruidenberg wordt minder als aanlanding van wind op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding op de Maasvlakte, aangezien de windstroom doorgevoerd wordt richting Limburg en België en Duitsland. De belasting op het 380 kV-net tussen Borssele en Geertruidenberg als aanlanding van wind op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding in Zeeland. (zie ook *Ontwikkelingen wind op zee en kernenergie in Zeeland en Zuid-Holland*).
- Er kunnen mogelijk extra knelpunten op 380 kV-verbindingen ontstaan rondom Geertruidenberg en Moerdijk als daar grote vermogens windstroom aanlanden.

Welke nieuwe 380 kV-verbindingen nodig zijn is afhankelijk van de precieze hoeveelheden aanlanding van wind op zee in Noord-Brabant, Zuid-Holland en Zeeland, het vermogen aan batterijen en elektrolyzers in Moerdijk en Geertruidenberg en de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag in Nederland.

### *Diepe aanlanding van wind op zee in Limburg*

In de IEA van het PEH is de mogelijkheid voor diepe aanlanding in Maasbracht, in Limburg, onderzocht. Er is gekeken naar diepe aanlanding van 6 GW aan windstroom in Maasbracht in plaats van op de Maasvlakte. Maasbracht is een gunstige locatie voor diepe aanlanding

aangezien het vlakbij Chemelot ligt en het Nederlandse 380 kV-net hier gekoppeld is aan het Belgische en Duitse hoogspanningsnet. Er is naar verwachting veel transport van elektriciteit nodig richting Limburg door de elektriciteitsvraag van Chemelot en mogelijke export van elektriciteit richting België en Duitsland waardoor mogelijk nieuwe 380 kV-circuits nodig zijn tussen Krimpen aan den IJssel en Eindhoven. Deze uitbreidingen kunnen voorkomen worden door gelijkstroomkabels (HVDC-kabels) door te trekken naar Maasbracht en een deel van de windstroom daar aan te laten landen in plaats van op de Maasvlakte. Deze HVDC-kabels zouden via de genoemde Delta Rhine Corridor kunnen lopen.

### *Plaatsing grootschalige elektrolyzers*

In het toekomstige energiesysteem wordt een aanzienlijke rol voorzien voor elektrolyzers. Deze elektrolyzers worden in de toekomst waarschijnlijk ingezet vanuit een systeemfunctie om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Er zijn twee type locaties waar grote clusters van elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. Het plaatsen van elektrolyzers bij aanlandingspunten van windenergie op zee is vanuit systeemperspectief efficiënter, aangezien dan minder nieuwe energie-infrastructuur noodzakelijk is. Het plaatsen van elektrolyzers kan helpen om de belasting op de hoogspanningsverbindingen te verminderen, doordat overschotten van wind op zee niet verder landinwaarts getransporteerd hoeven te worden.

Het bovenstaande betekent dat Geertruidenberg en Moerdijk geschikte locaties zijn voor grootschalige elektrolyse (gigaWattschaal) als daar wind op zee aanlandt. Hoeveel elektrolyzers geplaatst kunnen worden op de aanlandingslocaties hangt af van de hoeveelheid wind op zee op die locaties. Bij meer wind op zee, zoals in het scenario *De grote opgaven gebundeld*, ligt het ook voor de hand om meer elektrolyzers te plaatsen. Er zijn uitbreidingen van de bestaande of aanleg van nieuwe 380 kV-stations nodig om deze elektrolyzers aan te sluiten.

Er zijn geen uitbreidingen van de hoogspanningsverbindingen nodig door het plaatsen van grootschalige elektrolyzers in Moerdijk of Geertruidenberg, aangezien de elektriciteit van de windparken op zee gebruikt wordt. Het zorgt daarentegen juist voor een vermindering van de belasting op de hoogspanningsverbindingen. Wel zijn mogelijk uitbreidingen nodig aan aanvoerleidingen van waterstof richting de waterstofbackbone of de Delta Rhine Corridor.

Naast grote clusters van elektrolyzers worden mogelijk ook kleinere elektrolyzers geplaatst bij bijvoorbeeld hernieuwbare opwek op land. Daarmee kunnen lokaal overschotten van elektriciteit opgevangen worden. Dit wordt meegenomen in het scenario *Lokale Kracht*.

### *Plaatsing regelbare elektriciteitscentrales*

Er zijn op dit moment één grote biomassa/kolencentrale (in Geertruidenberg) en een grote gascentrale (Moerdijk) actief in Noord-Brabant. In de toekomst groeit de hoeveelheid regelbaar vermogen die nodig is om op elk moment van het jaar elektriciteit te kunnen leveren door elektrificatie van de energievraag. Deze centrales draaien op de momenten dat er weinig wind en zon is.

Het is de verwachting dat in de toekomst de huidige centrales omgebouwd worden of dat op dezelfde locaties nieuwe centrales gerealiseerd worden. Dus in 2050 is naar verwachting minimaal evenveel ruimte nodig voor regelbare centrales als nu het geval is. Echter, zoals eerder benoemd, moet het regelbare vermogen toenemen richting 2050. Het additionele regelbare vermogen kan gerealiseerd worden met kleine centrales (tot 100 MW) verspreid

door het land en/of met extra grootschalige eenheden op de huidige Barro-locaties<sup>37</sup>. Indien er extra grootschalige eenheden op de Barro-locaties komen, leidt dit ertoe dat er ook extra ruimte nodig is in Geertruidenberg (max 300 MW extra) en Moerdijk (max 100 MW extra). Daarbovenop is op deze locaties dan mogelijk extra ruimte nodig voor extra velden bij 380 kV-stations.

Indien spreiding wordt toegepast, moet een totaal van 135 ha aan kleine regelbare centrales over heel Nederland worden verdeeld. Een deel hiervan zal dan ook in Noord-Brabant gerealiseerd worden, naar verwachting ongeveer 20 ha. Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine regelbare centrales in de buurt van 380 kV- of 150 kV-stations te plaatsen.

Bij clustering van piekcentrales is meer transport van elektriciteit nodig doordat de productie minder dicht bij de vraag geplaatst kan worden. Het is de verwachting dat de capaciteit van het hoogspanningsnet voldoende is om dit transport te faciliteren, wat betekent dat er geen nieuwe hoogspanningsinfrastructuur nodig is bij clustering van piekcentrales. Bij clustering van piekcentrales neemt het vermogen aan regelbare centrales per Barro-locatie toe. De aanvoerleidingen voor gassen (methaan of waterstof) zijn gedimensioneerd op het huidige vermogen en op transport van aardgas. Dit betekent dat bij clustering mogelijk grotere aanvoerleidingen voor gassen richting de centrales nodig zijn.

### *Hernieuwbare opwek op land*

In de RES'en zijn de ambities voor de uitrol van hernieuwbare opwek op land tot 2030 per regio vastgelegd. Na 2030 is mogelijk nog meer hernieuwbare opwek op land nodig. Waar deze hernieuwbare opwek terecht komt en hoe dit bepaald gaat worden is nog onduidelijk. Er kan gedacht worden aan verschillende manieren van plaatsing van de opgave na 2030, ofwel gespreid over het hele land of geclusterd op enkele geschikte locaties.

In het scenario *De grote opgaven gebundeld* gaan we uit van realisatie van een grootschalig cluster van windmolens in het rivierengebied in het noorden van de provincie en van een cluster van zonneparken in de Peel. Deze grootschalige clusters zullen naar verwachting direct aangesloten worden op een of meerdere 380 kV- of 150 kV-station. Bij deze stations zijn extra velden nodig voor het aansluiten van deze hernieuwbare opwek. Daarnaast is een kabel nodig van de opweklocatie naar de stations. Het cluster van windmolens in het rivierengebied kan mogelijk aangesloten worden op de hoogspanningsstations Moerdijk (380 kV), Geertruidenberg (380 kV), Waalwijk (150 kV), Oss (150 kV), Wijchen (380 kV) of mogelijk een nieuw station. Aangezien de onderlinge afstand van de windmolens groot is, ligt aansluiten bij meerdere stations voor de hand. Voor het cluster van zonneparken in de Peel ligt aansluiten bij de stations Maarheeze (150 kV), Aarle Rixtel (150 kV), Helmond Oost (150 kV) of Helmond Zuid (150 kV) of de ontwikkeling van een nieuw station voor de hand.

Daarnaast kunnen mogelijk grootschalige systeembatterijen geplaatst worden bij de hoogspanningsstations waar deze hernieuwbare opwek wordt aangesloten. Hier is dan extra ruimte voor nodig.

Grootschalige clustering van hernieuwbare opwek op land leidt ook tot een grotere transportbehoefte op het hoogspanningsnet. Mogelijk moeten daardoor één of meerdere 150kV-pockets in Noord-Brabant opgesplitst worden in kleinere pockets. In dat geval moet een nieuw 380 kV-station geplaatst worden, met een ruimtebeslag van 10 ha. Het is nog

<sup>37</sup> Besluit algemene regels ruimtelijke ordening. Dit zijn locaties die vanuit de rijksoverheid aangewezen zijn voor grootschalige elektriciteitsproductie.

onduidelijk hoe de nieuwe pockets er in dat geval uit moeten zien en waar een nieuw station moet komen. Er zijn naar verwachting geen verzwaringen nodig voor de 380 kV-verbindingen.

## 5.3 Ruimtelijke consequenties ontwikkelingen nationale energie-infrastructuur

### 5.3.1 Ruimtebeslag uitbreidingen nationale energie-infrastructuur

Zoals in Paragraaf 2.4.3. is toegelicht hebben de bouwstenen van het energiesysteem een directe en mogelijk een indirecte ruimteclaim. In Bijlage C staat in meer detail wat per onderdeel van de nationale energie-infrastructuur toegelicht wat ongeveer het ruimtebeslag is.

Op basis van die uitgangspunten en van de doorrekeningen die in PEH gedaan zijn komen ruimteclaims die gelden voor alle **scenario's**. Er wordt meestal gekeken of nieuwe verbindingen via bestaande tracés kunnen lopen, maar soms is het nodig om een volledig nieuw tracé aan te leggen. De kabel zelf is niet heel breed, maar vanuit veiligheid en straling moet er 30-50 m aan beide kanten van de kabel vrij gehouden worden van woningbouw of wegen. Dit is afhankelijk van het voltage en of de kabel boven-of ondergronds ligt. Er kunnen maximaal twee circuits per mast geplaatst worden (zie Figuur 28) circuit bestaat uit drie kabels, en een mast heeft zes armen of 2x3 armen). Als er dus een derde circuit nodig is vraagt dit om een extra tracé.

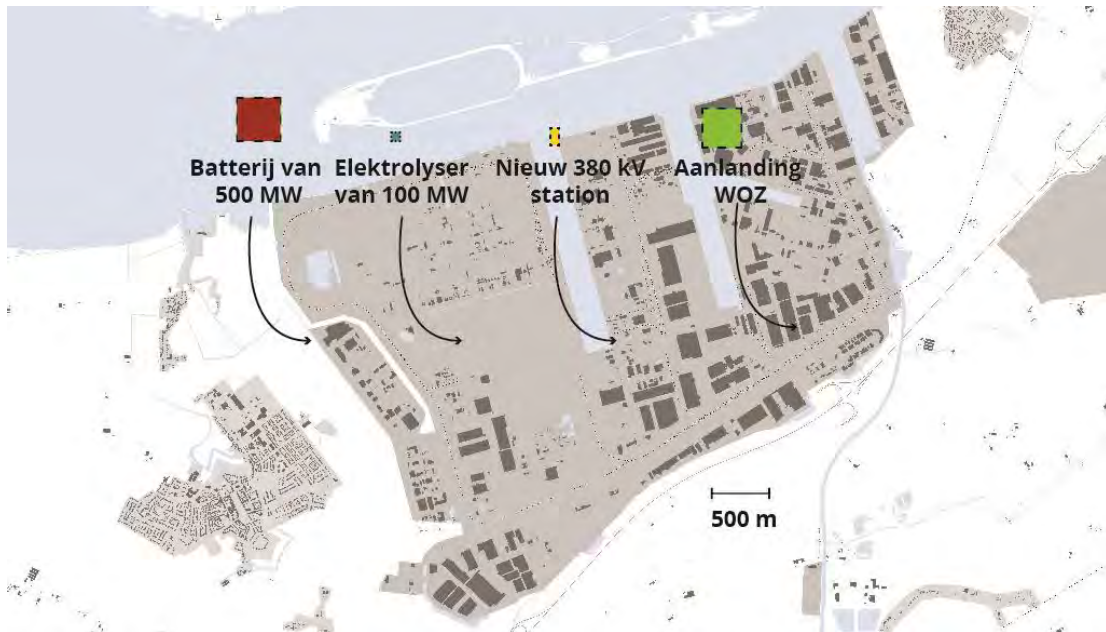
Figuur 28 - Twee circuits 380 kV



Er zijn een aantal concrete ruimtevragers die uit de PEH-studie naar voren komen:

- Voor 2030 geplande nieuwe verbinding Rilland-Tilburg met een nieuw tracé (100 meter brede strook).
- Er zijn tot 2030 uitbreidingen gepland bij bestaande 380 kV trajecten. Ruimtelijk gezien heeft het de voorkeur om deze naast de bestaande masten te plaatsen (bredere strook). Er is een nieuw tracé nodig indien dit niet mogelijk is (nieuwe 100 meter brede strook).
- Er staan nieuwe 380 kV-stations gepland bij Hasteren en Moerdijk (10 ha per stuk).
- Er is na 2030 extra ruimte nodig uitbreiding van een bestaand of aanleg van een nieuw 380 kV-station in Eindhoven (maximaal 10 ha).
- Er zal extra ruimte nodig zijn voor elektrolyzers, batterijen en regelbare centrales (zie Figuur 29). In het geval van maximale aanlanding wind op zee in Noord-Brabant zal er zowel in Geertruidenberg als Moerdijk vanuit nationale infrastructuur een extra 380 kV-station nodig zijn.
- Mogelijk zijn na 2030 nieuwe uitbreidingen nodig bij bestaande 380 kV trajecten in Noord-Brabant. Dit is afhankelijk van keuzes die gemaakt worden rondom aanlanding van wind op zee en kernenergie.
- Voor gasleidingen en overige buisleidingen lijken de mogelijke uitbreidingen te passen binnen de huidige reserveringen, met de uitzondering van aanvoerleidingen vanaf de nationale energie-infrastructuren naar afnemers.

Figuur 29 - Ter illustratie: de grootte van een batterij, elektrolyser, een aanlanding Wind op Zee (2 GW) en een 380 kV-station rondom omgeving Moerdijk





# 6 Ontwikkelingen regionale energie-infrastructuur Noord-Brabant tot 2050

In dit hoofdstuk bespreken we de verwachte ontwikkelingen van de regionale energie-infrastructuur in Noord-Brabant tot 2050. Onder de regionale energie-infrastructuur vallen de regionale elektriciteits- en gasnetten, bovenlokale en lokale warmte-infrastructuren en aftakkingen van bovenregionale buisleidingen zoals de Delta Rhine Corridor en het landelijke gastransportnet. Bij de warmte-infrastructuur kijken we alleen naar de bovenlokale warmte-infrastructuren, niet naar lokale distributienetten. Wel wordt de impact van lokale warmtenetten op andere energie-infrastructuren meegenomen.

## 6.1 Geplande ontwikkelingen tot 2030

De geplande ontwikkelingen voor het regionale gas- en elektriciteitsnetten zijn opgenomen in het investeringsplan van Enexis, (2021). In dat investeringsplan zijn de investeringen opgenomen voor de periode 2022 tot 2031. Warmte-infrastructuur is niet gereguleerd, daarom zijn daarvoor geen officiële investeringsplannen. Voor de ontwikkelingen van de warmte-infrastructuur baseren we ons op gepubliceerde plannen van Ennatuurlijk.

### Elektriciteitsnetten

In Noord-Brabant worden door Enexis tot 2030 op het elektriciteitsnetwerk 42 knelpunten verwacht, waarvan 22 voor levering van elektriciteit aan afnemers, 19 voor opwek en één onbekend. Hier zal naar verwachting van Enexis dus congestie ontstaan als er niet op tijd een uitbreiding gerealiseerd wordt. Op meerdere stations wordt zowel congestie voor levering aan afnemers als voor opwek verwacht. In totaliteit zijn er in het huidige investeringsplan 40 netuitbreidingen opgenomen, zoals weergegeven in Tabel 9. Er worden op drie locaties (bij Oirschot, Halsteren en Boxmeer) nieuwe HS/MS-stations gerealiseerd en bij 38 bestaande stations vinden uitbreidingen plaats. Daarnaast vinden nog enkele vervangingsinvesteringen en overige investeringen plaats.

Tabel 9 - Overzicht geplande investeringen door Enexis in Noord-Brabant (Enexis, 2021)

Investeringscategorie	Aantallen in periode 2022-2031
Investeringen in regionale netuitbreidingen elektriciteitsnetten	
Additioneel HS-veld + HS/MS-transformator + MS-schakelinstallatie	23
HS/MS-transformator(en) verzwaren + MS-schakelinstallatie(s) bijplaatsen	5
Nieuw locaties HS/MS-stations	3
HS/MS-transformator verzwaren	2
HS-veld + HS/MS-transformator + MS-schakelinstallaties bijplaatsen	1
MS-schakelinstallatie bijplaatsen	4
Transformatoren verzwaren	1
MS-schakelinstallatie bijplaatsen + HS/MS-transformator	2

Daarnaast zullen door Enexis ook investeringen in lagere netvlakken worden gedaan, zoals kabels en MS/LS-stations. In het gehele verzorgingsgebied van Enexis worden bijvoorbeeld 750 km extra MS-kabels gerealiseerd in 2023 en 750 nieuwe MS/LS-stations. Het is in openbare informatie niet bekend hoeveel daarvan in Noord-Brabant gerealiseerd worden. Wel communiceert Enexis elk jaar aan hoeveel stations ze werken in de provincie in hun jaarplannen.

## Gasnetten

Er worden in de periode 2022-2031 twee knelpunten in het aardgasnetwerk in Noord-Brabant voorzien, beide veroorzaakt door een grotere groengasproductie dan het lokale netwerk aan kan. Voor deze locaties wordt een aansluiting op het 8 bar netwerk gerealiseerd. Majeure investeringen in het aardgasnetwerk zijn niet geprognosticeerd voor de komende periode. Er vinden daarnaast wel reguliere investeringen plaats, maar daarvoor zijn alleen verwachte investeringen voor 2022 voor het hele Enexis gebied gepubliceerd. De investeringen van 2023 komen naar voren in de jaarplannen per provincie van Enexis. Er vinden dus geen uitbreidingen of aanpassingen van het aardgasnetwerk plaats om een toenemende vraag naar aardgas te faciliteren, maar alleen vanwege een eventuele toename in lokale productie (en vervolgens net-invoeding) van groengas.

## Bovenlokale warmte-infrastructuur

Er zijn plannen om het warmtenet Midden- en West-Brabant uit te breiden met extra aansluitingen in de gemeentes Breda en Tilburg (Ennatuurlijk, 2022a). Daarnaast is eigenaar Ennatuurlijk bezig om nieuwe warmtebronnen toe te voegen aan het warmtenet. Er zijn onder meer plannen voor het doortrekken van het warmtenet vanaf Geertruidenberg richting Moerdijk met de ontwikkeling van de Brabantleiding. In Moerdijk kan restwarmte van Attero, overige industriebronnen en aardwarmte ingevoerd worden in het warmtenet. We nemen aan dat deze plannen in 2030 gerealiseerd zijn.

## 6.2 Overzicht ontwikkelingen van 2030 tot 2050, per scenario

Voor de periode tussen 2030 en 2050 zijn er extra ontwikkelingen nodig, additioneel op de ontwikkelingen tot 2030. Hieronder bespreken we welke ontwikkelingen nodig zijn bij de regionale elektriciteitsnetten, gasnetten en warmte-infrastructuur. We bespreken daarnaast wat de ruimtelijke consequenties zijn van deze ontwikkelingen.

Tekstkader 5 - Datafreeze

**De inputgegevens voor de scenario's zijn vastgelegd in oktober 2022 (datafreeze).** Het vastleggen van de scenario-inputs was noodzakelijk om de impact van de scenario's op de energie-infrastructuur en de ruimtevraag te kunnen bepalen, aangezien het doorrekenen van de scenario's door Enexis een tijdsintensieve activiteit is en er daarom maar één keer een doorrekening mogelijk was binnen dit project.

Ontwikkelingen die plaatsgevonden hebben ná de datum van de datafreeze konden door deze opzet niet meer meegenomen worden in het onderzoek. Het gaat dan om recente lokale plannen zoals het woningarrangement Breda-Tilburg. Deze lokale ontwikkelingen vallen naar verwachting binnen het speelveld van de scenario's voor 2050, maar kunnen wel tot een versnelling van de benodigde uitbreidingen van het elektriciteitsnet leiden.

## 6.2.1 Elektriciteitsnetten

De benodigde uitbreidingen aan de regionale elektriciteitsnetten zijn bepaald door middel van **doorrekeningen van de scenario's door Enexis**<sup>38</sup>. Er zijn losse doorrekeningen gemaakt voor de HS/MS-stations (bij de HS/MS-stations) en de MS/LS-transformatoren en het LS-net. Er zijn geen doorrekeningen gemaakt van de MS/MS-stations en het MS-net. Dit wordt kwalitatief behandeld.

### Verwachte ontwikkelingen

#### HS/MS-stations

Het doel van deze analyse is vast te stellen hoeveel nieuwe locaties van HS/MS-stations vereist zijn in Brabant tot 2050. Een uitgebreide omschrijving van deze analyse is te vinden in Bijlage F. De drivers van elk van de knelpunten is te vinden in Bijlage E.

#### Tekstkader 6 - Alleen doorrekening Enexis

De HS/MS-stations zijn de koppelstations tussen Enexis en TenneT. Deze stations zijn binnen deze studie alleen doorgerekend door Enexis, niet door TenneT. Bij de uiteindelijke beslissing voor de aanleg van nieuwe stations worden detailberekeningen gedaan door zowel Enexis en TenneT. Desalniettemin is het de verwachting dat de doorrekeningen van Enexis een goede inschatting geven van de benodigde uitbreidingen.

Om te bepalen welke uitbreidingen nodig zijn voor **de drie scenario's** is voor elk van de HS/MS-stations bepaald wat op elk uur van het jaar de belasting is. De belasting komt overeen met het verschil tussen vraag en aanbod van elektriciteit op dat station. Het kan zowel voorkomen dat er meer vraag is dan aanbod als dat er meer aanbod is dan vraag. Vervolgens wordt voor elk van de MS-transformatoren en MS-stations verwachte maximale belasting bepaald. Als de maximale belasting in het jaar hoger ligt dan de beschikbare capaciteit is sprake van een knelpunt dat opgelost dient te worden.

Het verhogen van de capaciteit op een station kan door het uitbreiden van bestaande stations met extra velden of het verzwaren van de bestaande trafo (zie A in Figuur 30). Dit vindt plaats binnen de bestaande contouren of gereserveerde contouren van een station. Een knelpunt betekent dus niet direct dat er naar een nieuwe stationslocatie gezocht moet worden. We gaan ervan uit dat de oplossingen binnen bestaande stations de voorkeur hebben boven nieuwe stations zoeken, aangezien hier geen nieuwe ruimte voor gevonden hoeft te worden.

Het is verstandig om de capaciteitsuitbreidingen te onderzoeken binnen een cluster waar het station in ligt (zie B in Figuur 30<sup>39</sup>). Een cluster is een aantal stations dat geografisch dicht bij elkaar ligt en vaak door dezelfde hoogspanningskabel gevoed wordt<sup>40</sup>. Binnen een cluster kan een deel van de klanten op meerdere stations aangesloten worden, waardoor de

<sup>38</sup> Hierin is meegenomen dat grootschalige industrie en clusters van hernieuwbare opwek direct op het hoogspanningsnet worden aangesloten. Deze aansluitingen zijn niet meegenomen bij de doorrekening door Enexis.

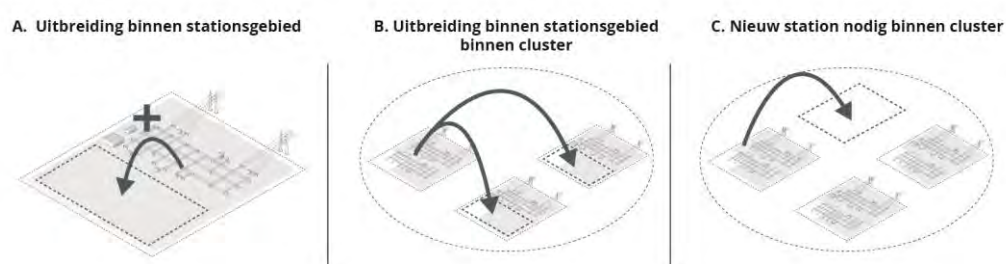
<sup>39</sup> Bij deze oplossing wordt zoveel mogelijk aangesloten op de bestaande infrastructuur. In deze studie gaan we er vanuit dat deze oplossing altijd mogelijk is. In de praktijk zal dit niet overal het geval zijn.

<sup>40</sup> Deze clusters van stations zijn uitsluitend vastgesteld voor het analyseren van de benodigde uitbreiding bij de HS/MS-stations in dit onderzoek. Deze hebben geen **officiële status**. **Deze clusters zijn anders dan de 'pockets'** die TenneT gaat ontwikkelen bij de 150 kV infrastructuur (zie Paragraaf 5.2.1).

netbelasting met enkele technische aanpassingen over de verschillende stations verdeeld kan worden. In onze analyse wordt gekeken of er binnen deze clusters voldoende capaciteit mogelijk is inclusief een uitbreiding binnen de contouren van de bestaande stations. Als dit niet voldoende capaciteit geeft is de ontwikkeling van een nieuw station nodig (zie C in Figuur 30). Optie A en B gebeuren dus in afstemming. Optie C gebeurt pas wanneer optie A en/of B niet meer voldoende uitbreidingsmogelijkheden bieden.

Figuur 30 geeft dit schematisch weer en Figuur 31 geeft een overzicht van de gehanteerde clusters.

Figuur 30 - Visualisatie van (A) uitbreiding door nieuwe velden op bestaand stationsgebied, (B) extra capaciteit door het anders aansluiten en uitbreiden binnen het cluster en (C) het ontwikkelen van een nieuw station



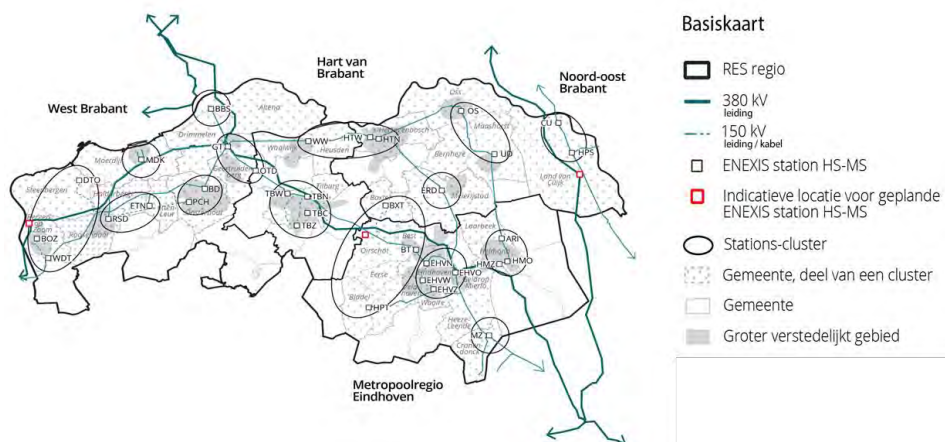
#### Tekstkader 7 - Rol flexibiliteit

In de doorrekeningen van de HS/MS-stations wordt curtailment van de productie van zonnepanelen aangenomen. Dit betekent dat de zonnepanelen een kleinere aansluiting krijgen dan het piekvermogen van de panelen, waardoor de belasting van zonnepanelen op het elektriciteitsnet lager is. Curtailment is bij het plaatsen van grotere zonneparken op dit moment al de standaard.

In doorrekeningen van de HS/MS-stations houden we geen rekening met de mogelijke rol van congestie-management en de inzet van batterijen, bij het voorkomen van uitbreidingen aan de elektriciteitsnetten. Het is namelijk nog erg onzeker in hoeverre flexibiliteit gaat bijdragen aan het verminderen van de belasting op het elektriciteitsnet. In potentie kunnen congestie-management en inzet van batterijen hieraan bijdragen, maar of dit ook daadwerkelijk gebeurt is afhankelijk van de prikkels die gegeven worden.

Om de mogelijke rol van flexibiliteit op de elektriciteitsinfrastructuur te onderzoeken hebben we twee gevoeligheidsanalyses gedaan, één naar de potentie van congestie-management (Bijlage F.4) en één naar de potentie van batterijen (Bijlage F.5). Uit deze analyses volgt dat beide vormen van flexibiliteit kunnen bijdragen aan het verminderen van de benodigde uitbreidingen, maar wel uitbreidingen van de elektriciteitsinfrastructuur noodzakelijk blijven.

Figuur 31 - Overzichtskaart van de clusters in de provincie



Tabel 10 geeft een overzicht van het aantal vereiste netverzwaringen per scenario en per type uitbreiding, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen netverzwaringen die nodig zijn door opwek van elektriciteit en afname van elektriciteit als dominante *driver*<sup>41</sup>. Bij de **scenario's Lokale kracht** en *De grote opgaven gebundeld* zijn daarnaast nieuwe locaties voor stations noodzakelijk. Bij het scenario *Lokale kracht* zijn de uitbreidingen vooral nodig voor **het faciliteren van extra hernieuwbare opwek**. Bij de **overige scenario's** ook door extra elektriciteitsvraag.

Er zijn geen nieuwe locaties voor stations nodig door de extra elektriciteitsvraag, maar er **zijn in sommige scenario's wel nieuwe locaties voor stations nodig voor extra hernieuwbare opwek**. In Bijlage E staat beschreven welke twee factoren de grootste rol spelen bij de aanleiding van een knelpunt per station. Er vindt in deze tabel een dubbeltelling plaats: voor een station in congestie kan namelijk een uitbreiding binnen het stationsgebied, uitbreiding binnen het cluster én een nieuwe locatie vereist zijn. De stations zijn ingedeeld bij afname of opwek afhankelijk van welke piek het hoogste is.

Tabel 10 - Totaaloverzicht vereiste additionele netverzwaring per scenario, na 2030, in aantallen HS/MS-stations

	Lokale kracht	De grote opgaven gebundeld	Op grote schaal denken
A. Uitbreiding binnen stationsgebied- opwek	32	18	8
A. Uitbreiding binnen stationsgebied-afname	3	14	23
B. Uitbreiding binnen cluster - opwek	2	4	5
B. Uitbreiding binnen cluster - afname	21	6	2
C. Nieuwe locatie - opwek	9 á 10*	3 á 4*	0
C. Nieuwe locatie- afname	0	0	0

\* In het cluster met rode arcering (volgende pagina) is het nog niet duidelijk of de uitbreiding met 1 station voldoende is.

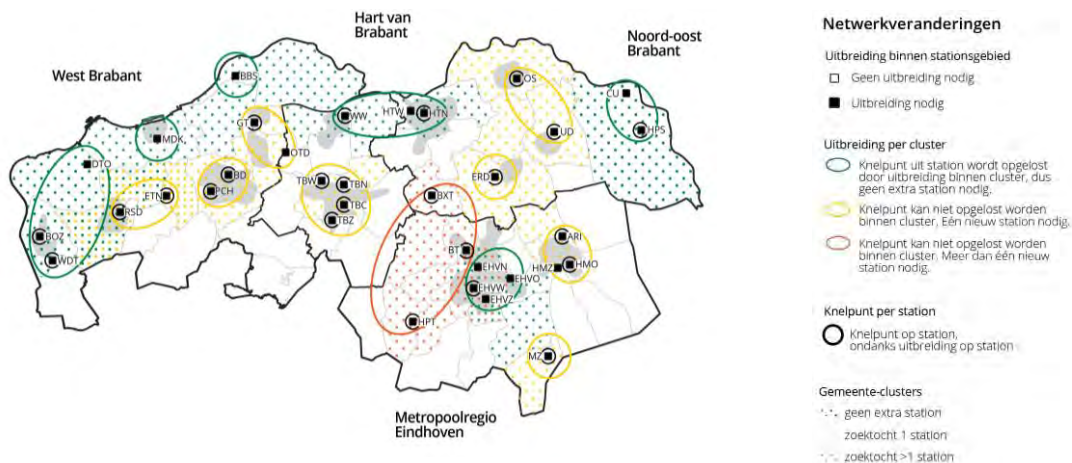
<sup>41</sup> Er kunnen bij één station zowel knelpunten zijn vanwege groei van de opwek als groei van de vraag (de afname). In de tabel is getoond welke driver dominant is, niet het aantal knelpunten. Als opwek dominant is en het station wordt uitgebreid om dat knelpunt op te lossen, dan lost dat ook de knelpunten t.g.v. groei van de afname op.



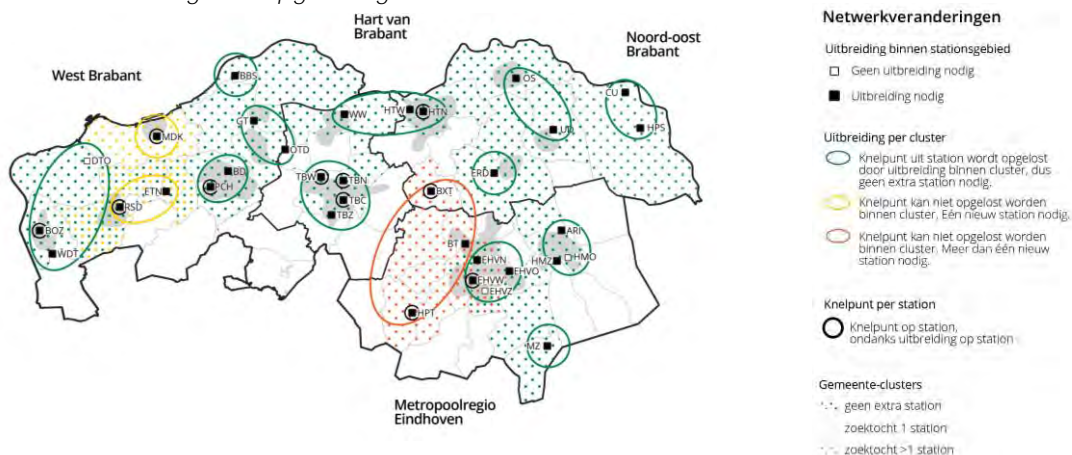
De figuren hierna geven voor elk scenario aan op welke plek en welk type uitbreidingen nodig zijn. In Bijlage F.3 geven we een indicatie in welke gemeente(s) de verwachte nieuwe locaties voor HS/MS-stations kunnen landen.

Figuur 32 - Analyse benodigde uitbreidingen per cluster, voor elk van de scenario's

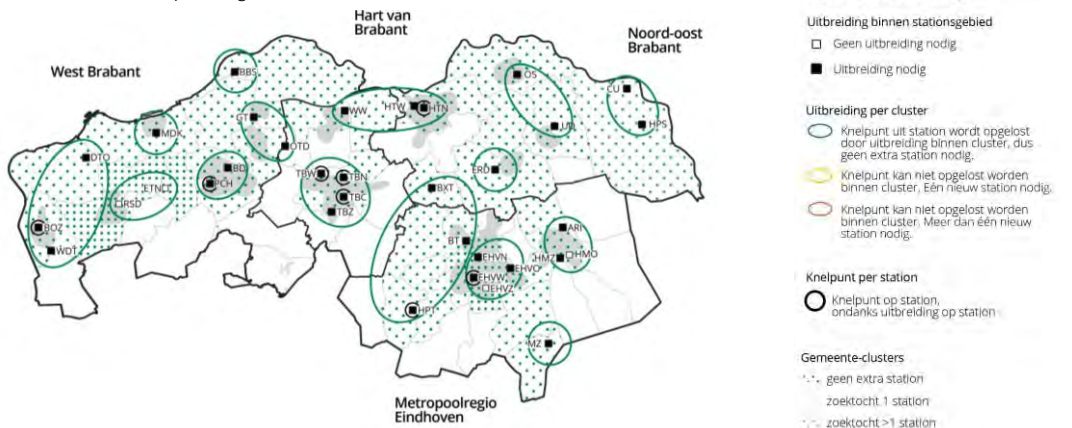
Scenario 1 - Lokale kracht



Scenario 2- De grote opgaven gebundeld



Scenario 3 - Op de grote schaal



## Het middenspanningsnet en MS/MS-transformatoren

Het middenspanningsnet (20 kV of 10 kV) zorgt voor elektriciteitstransport van hoogspanningsstations tot aan de wijken. Ook dit net loopt ondergronds. Afzonderlijke windturbines, kleine zonneparken, laadstations en MKB bedrijven hebben een aansluiting op dit netvlak.

Op dit moment wordt door Enexis gewerkt aan een tooling om het volledige MS-net en alle MS-stations in de hele provincie door te rekenen. Op dit moment kan Enexis ook al een inschatting maken van de benodigde uitbreidingen op het MS-net en bij MS-stations, maar dit vergt handwerk per individueel station en was niet mogelijk voor deze studie.

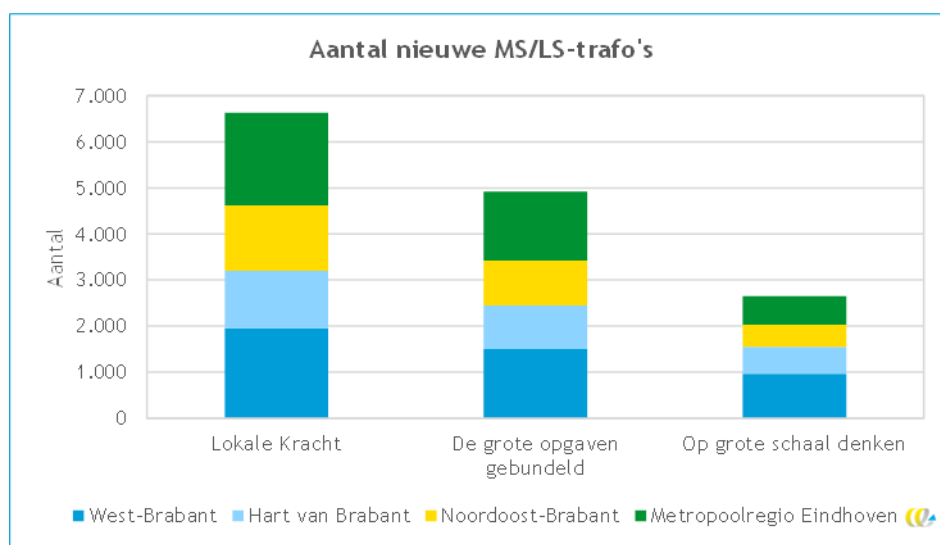
De doorwerking van de benodigde netverzwaringen op HS/MS-niveau en MS/LS-niveau naar MS-niveau verschilt sterk van MS-station tot MS-station vanwege de grote verschillen in huidige vrije netcapaciteit. Het is daardoor niet mogelijk om een afchatting te maken per gebied zonder er goed aan te rekenen. Fictieve onder- en bovengrenzen liggen tussen de 0% benodigde uitbreiding van MS-stations tot een benodigde uitbreiding die in belastbaarheid en daarmee in aantallen even groot is als de benodigde extra capaciteit van HS/MS-stations. Die laatste is wel door Enexis **doorgerekend voor de scenario's in deze studie**, zoals te vinden is in de vorige paragraaf.

## MS/LS-stations

MS/LS-stations(veelal afgekort tot: MS/LS-stations) verbinden het middenspanningsnet met het laagspanningsnet. Dit zijn kleinere kasten die in de wijken staan, in de buitenruimte of inpandig in grotere gebouwen. Er zijn momenteel ongeveer 15.000 MS/LS-stations in Noord-Brabant. In de toekomst is uitbreiding nodig van de MS/LS-capaciteit. Bestaande transformatoren moeten worden uitgebreid en er zijn daarnaast nieuwe transformatoren nodig.

Op basis van de verwachte groei van zonnepanelen, warmtepompen en laadpalen in de wijken heeft Enexis een inschatting gemaakt van het verwachte aantal nieuwe MS/LS-stations dat nodig zijn. Figuur 33 Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.geeft per scenario aan hoeveel nieuwe MS/LS-stations nodig zijn, opgesplitst naar RES-regio.

Figuur 33 - Aantal nieuwe MS/LS-stations per scenario



In het scenario *Lokale Kracht* zijn de meeste nieuwe MS/LS-stations nodig, ruim 6.500. Dit komt overeen met ruim 40% extra MS/LS-stations ten opzichte van de huidige situatie. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* zijn bijna 5.000 nieuwe MS/LS-stations nodig (30% extra) en in het scenario *Op grote schaal denken* ruim 2.500 nieuwe (15%). Deze MS/LS-stations zijn nodig in de Gebouwde omgeving. In elke gemeente zullen nieuwe MS/LS-stations nodig zijn. De bevolkingsomvang van een gemeente is een goede graadmeter om te bepalen welk deel van de nieuwe MS/LS-stations in een scenario in een gemeente landen. Als bijvoorbeeld 5% van de inwoners van een RES-regio in een bepaalde gemeente woont, dan is het ook de verwachting dat ongeveer 5% van de nieuwe MS/LS-stations die nodig zijn voor die RES-regio in die gemeente terecht komen.

Naast het aanleggen van nieuwe MS/LS-stations moet tussen de 45 en 65% van de huidige MS/LS-stations uitgebreid worden. Dit kan vaak op hetzelfde perceel, waardoor hier geen nieuwe ruimte voor nodig is. Naast de uitbreidingen van MS/LS-stations moeten ook ondergrondse laagspanningskabels verzwaid worden. Tussen de 20 en 30% van de LS-kabels moet verzwaid worden. Hiervoor is vermoedelijk extra ruimte nodig in de ondergrond. Daarnaast moeten hiervoor straten opgehaald worden.

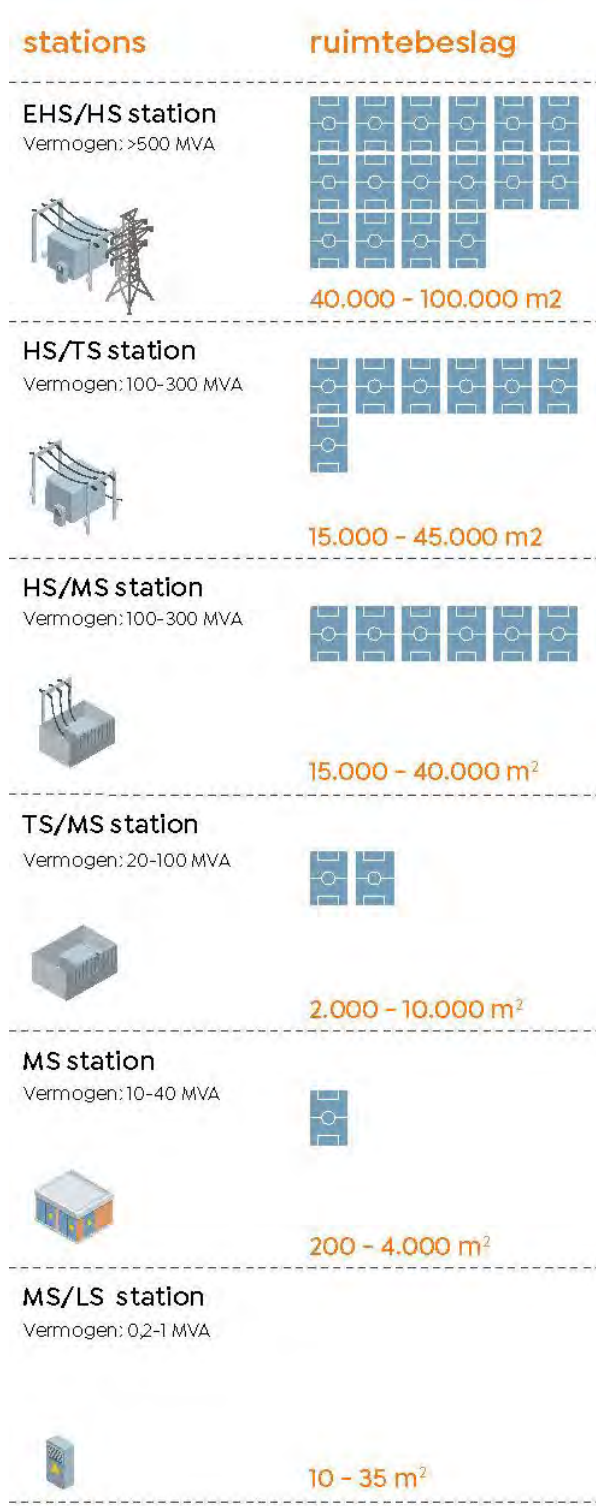
De drivers voor de uitbreidingen van de MS/LS-stations en de LS-kabels zijn zonnepanelen op daken van woningen en toenemende elektriciteitsvraag van kleine bedrijven, door warmtepompen en voor **het opladen van elektrische auto's**. Dat in het scenario *Lokale Kracht* het meeste nieuwe MS/LS-stations nodig zijn komt vooral door de grote hoeveelheid zonnepanelen op daken in dat scenario. In het scenario *Op grote schaal denken* zijn relatief weinig nieuwe MS/LS-stations omdat daar het meest gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare gassen en er na 2030 weinig nieuwe zonnepanelen op daken bijgeplaatst worden.

### *Ruimtelijke consequenties*

De oppervlakten van nieuwe stations variëren per grootte/type. Dit is weergegeven in (Figuur 34 - ) een overzicht afkomstig van Netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, 2019). De grootste ruimtelijke variatie zit in de aanbodkant van het energiesysteem. Zo gaat *lokale kracht* uit van verspreide opwek van energie, waardoor er meer belasting komt op veel verschillende stations. In dit scenario zien we dan ook de meeste knelpunten op stations. Een deel van deze knelpunten kan opgevangen worden door andere stations binnen de clusters. Toch zijn er nog extra stations nodig. Deze stations landen idealiter zo dicht mogelijk bij de bestaande hoogspanningsinfrastructuur. Zo zijn er minder kilometers aan nieuwe kabels nodig.

In Hoofdstuk 7 bespreken we het totale ruimtebeslag voor nieuwe elektriciteitsinfrastructuur per RES-regio en voor specifieke gebieden.

Figuur 34 - Ruimtebeslag stations (Netbeheer Nederland, 2019)



## 6.2.2 Gasnetten

In de toekomst zullen er verschillende typen gassen zijn en daarmee ook verschillende netwerken. Waar we nu verschillende gasnetwerken hebben voor hoog- en laagcalorisch gas zullen er in de toekomst verschillende gasnetwerken nodig zijn voor methaan en waterstof. Voor deze studie is de gasinfrastructuur niet doorgerekend. In plaats daarvan bespreken we de verwachte ontwikkelingen en de ruimtelijke consequenties kwalitatief. In deze paragraaf gaan we in op de distributienetten en regionale transportnetten voor gassen. De nationale transportnetten worden behandeld in Hoofdstuk 5.

### Verwachte ontwikkelingen

De verschuiving van hoog- en laagcalorisch aardgas naar groengas en waterstof vereist een herverdeling van het bestaande gasnetwerk. De infrastructuur zal opgesplitst moeten worden in een methaan- en waterstofnet. Groengas is chemisch gezien vrijwel identiek aan aardgas en kan zonder problemen getransporteerd worden in de bestaande gasnetten. Het is de verwachting dat het huidige gasnetwerk ook gebruik kan worden voor transport van waterstof (Kiwa, 2018).

Er zijn twee ontwikkelingen die effect hebben op de ontwikkelingen van de gasnetten:

- ontwikkeling vraag naar gassen (groengas en waterstof);
- invoeding groengas.

### *Ontwikkeling vraag naar gassen*

De rol van gas wordt door elektrificatie kleiner in de toekomst waardoor een deel van het gasnet overbodig wordt en mogelijk verwijderd kan worden. Welk deel van het gasnet overbodig wordt is afhankelijk van de hoeveelheid gas (groengas en waterstof) die gebruikt gaat worden in 2050. Voor de distributienetten en de regionale transportnetten (zie Figuur 23) is vooral van belang hoe de gasvraag van de Gebouwde omgeving, de Mobiliteit en de glastuinbouw **zich ontwikkelen**. In de scenario's *Lokale kracht* en *De grote opgaven gebundeld* is de vraag naar gassen in deze sectoren erg beperkt en kan naar verwachting een groot deel van de distributienetten en regionale transportnetten verwijderd worden. In het scenario *Op grote schaal denken* is de rol van gassen in deze sectoren groter en kan een minder groot deel van de gasnetten verwijderd worden. Al zal ook hier een aanzienlijk deel van de regionale gasnetten overbodig worden.

Er moeten keuzes gemaakt worden over welke delen van het gasnet omgezet worden in waterstofnetten en welke delen gebruikt gaan worden voor het transport van groengas, aangezien niet beide opties mogelijk zijn. Deze keuzes moeten op gasonderstation (GOS)-niveau gemaakt worden en hebben impact op de beschikbaarheid van hernieuwbare gassen en daarmee op de keuzes voor verduurzaming voor woningen en bedrijven in een onderliggend gebied. De mogelijkheden voor invoeding van groengas moet ook goed meegewogen worden bij deze keuze.

De tijdscomponent is ook van essentieel belang bij de omschakeling van de gasnetten. Alle woningen in het voorzieningsgebied van een GOS moeten tegelijkertijd omschakelen naar een ander gas. Dit is een lastige logistieke puzzel. Hiervoor is nauwe samenwerking tussen netbeheerders, gebruikers en overheden noodzakelijk.



## *Invoeding groengas*

Mogelijk kunnen knelpunten in de bestaande gasnetten ontstaan door invoeding van groengas. Nederland heeft voor 2030 een ambitie gesteld om 2 miljard m<sup>3</sup> (70 PJ) groengas te produceren, waarvan naar verwachting een groot gedeelte in de Gebouwde omgeving gebruikt zal worden door de bijmengverplichting (Ministerie van EZK, 2022). Het is de verwachting dat hiermee het totale potentieel voor productie van groengas met binnenlandse biomassa reststromen ingevuld wordt en dat een verdere toename van de productie na 2030 alleen mogelijk is bij import van biomassa. We nemen aan dat er groengas geproduceerd wordt met geïmporteerde biomassa in de haven van Moerdijk in het scenario *Op grote schaal denken*.

Er kunnen knelpunten ontstaan in de gasnetten als de invoeding van groengas groter is dan de lokale vraag en de capaciteit van de gasnetten onvoldoende is om dit overschot aan groengas te transporteren. De groei van groengasproductie zal naar verwachting enkele additionele investeringen vereisen in het gasnetwerk. In 2022 waren twee uitbreidingen van het 8-bar gasnetwerk nodig om nieuwe/grotere groengasproductielocaties aan te sluiten in Mill en Waalwijk. Een deel van de groengasproductie zal naar verwachting ingevoerd worden op het landelijke netwerk. Dit vereist een groengasbooster naar het drukk niveau van 40 of 66 bar, met (gering) extra ruimtebeslag per geval.

## Ruimtelijke consequenties

### *Lokale distributienetwerk*

Als er lokaal duurzaam gas gebruikt blijft worden, is de ruimtelijke claim ongeveer gelijk aan het huidige netwerk. Voor groengas hoeven geen of zeer beperkte aanpassingen gedaan te worden aan het huidige netwerk. Voor waterstof is het de verwachting dat het huidige netwerk gebruikt kan worden of een nieuw netwerk vereist is, al is dit niet zeker. We verwachten echter dat de ruimtelijke claim van een eventueel nieuw lokaal waterstofnetwerk gelijk is aan het huidige gasnetwerk. Als er lokaal een volledige overstap wordt gemaakt naar andere energiedragers (elektriciteit en warmte) kan het gasnetwerk verwijderd worden. Hierdoor komt er meer ruimte vrij in de ondergrond en beperkter de bovengrond. Dit is alleen mogelijk indien alle gebruikers in een bepaald gebied overgestapt zijn en dus niemand meer gebruik maakt van gassen. Anders worden (mogelijk tijdelijk) verschillende soorten energie-infrastructuur naast elkaar gebruikt.

### *Regionale distributie- en transportnetwerk*

De waterstofbackbone in Nederland wordt gerealiseerd voor 2030. Dit wordt behandeld in Hoofdstuk 5. Mogelijk dienen aftakkingen van deze backbone gerealiseerd te worden als industriële bedrijven waterstof willen afnemen of produceren, wat kan leiden tot een additionele (ondergrondse) ruimteclaim. Er zijn hier nu nog geen concrete plannen voor. Dit behandelen we bij de gevoeligheidsanalyse in Paragraaf 8.1.

## 6.2.3 Bovenlokale warmte-infrastructuur

In deze paragraaf bekijken we welke ruimte nodig is voor bovenlokale warmte-infrastructuren. Er is in Noord-Brabant op dit moment één groot bovenlokaal warmtenet aanwezig, het warmtenet Midden- en West-**Brabant** ('**Amernet**'). **Hier zijn 51.000** huishoudens en 355 bedrijven op aangesloten in Breda, Tilburg, Oosterhout, Geertruidenberg, Drimmelen en Made. Het grootste deel van de geleverde warmte is afkomstig van de Amercentrale in Geertruidenberg (Ennatuurlijk, 2022a). Hieronder

omschrijven we de verwachte ontwikkelingen van bovenlokale warmte-infrastructuren in Noord-Brabant. Tot 2030 zijn er plannen om het warmtenet Midden- en West-Brabant uit te breiden met extra aansluitingen in de gemeentes Breda en Tilburg en mogelijk Oosterhout (Ennatuurlijk, 2022a) en om het warmtenet vanaf Geertruidenberg richting Moerdijk door te trekken om nieuwe warmtebronnen aan te sluiten.

## Verwachte ontwikkelingen

### *Ontwikkelingen warmtenet Midden- en West-Brabant*

Op dit moment wordt grootste deel van de warmte van het warmtenet geleverd door de Amercentrale. Om de afhankelijkheid van deze ene bron te verminderen<sup>42</sup>, warmte te kunnen leveren aan extra woningen en om de warmtevoorziening te verduurzamen zijn nieuwe warmtebronnen nodig. Het is de verwachting dat er steeds meer gebruik gemaakt zal worden van decentrale warmtebronnen, zoals zonne- en aquathermie, en van geothermie. Maar de precieze invulling van de warmtebronnen in de toekomst is nog onzeker. In het Transitieplan Warmtenet Midden- en West-**Brabant zijn drie scenario's** uitgewerkt voor toekomstige bronnen voor het warmtenet Midden- en West-Brabant richting **2050. Deze drie scenario's zijn** (Warmteregio Midden- En West-Brabant, 2018):

1. Scenario geothermie, decentrale bronnenmix en Amer. Amercentrale blijft beschikbaar (op biomassa) en er wordt geïnvesteerd in geothermie en decentrale bronnen.
2. Scenario Moerdijk. Er wordt maximaal ingezet op gebruik van restwarmte van Moerdijk.
3. Scenario Back-up + geothermie en decentrale bronnenmix. In dit scenario zijn er geen centrale bronnen en is de Amercentrale niet meer beschikbaar. In plaats daarvan wordt ingezet op geothermie en decentrale bronnen. Er zijn dan veel gasketels en biomassacentrales nodig als back-up.

Het is de verwachting dat het aantal warmtenetten in de toekomst flink toeneemt in de transitie naar een aardgasvrije Gebouwde omgeving in 2050. Het aantal warmtenetten **verschilt in elk van de scenario's. In het scenario Lokale Kracht** wordt maximaal gebruik gemaakt van lokale warmtebronnen en gaan de meeste (stedelijke) buurten over op warmtenetten. In dit scenario is in 2050 ongeveer 35% van de woningen aangesloten op een warmtenet. In het scenario *Op grote schaal denken* wordt het minst ingezet op het gebruik van warmtenetten. In dit scenario wordt ongeveer 10% van de woningen aangesloten op een warmtenet. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* wordt ongeveer 20% van de woningen aangesloten op een warmtenet in 2050<sup>43</sup>. De warmtenetten zullen vooral in de grotere steden komen, zoals Breda, Tilburg, Eindhoven en Den Bosch. In deze gemeentes zijn nu al warmtenetten aanwezig, maar deze kunnen uitbreiden tot 2050.

Er zijn verschillende configuraties voor warmtenetten mogelijk in 2050. Het is mogelijk dat er vooral losstaande, lokale warmtedistributienetten bijkomen in steden, waarbij gebruik gemaakt wordt van lokale warmtebronnen, zoals aquathermie of biomassa. Maar het is ook mogelijk dat de nieuwe lokale warmtedistributienetten aangesloten worden op bovenlokale warmte-infrastructuur. Zo ontstaat dan eigenlijk één groot warmtenet, waarmee een groot

<sup>42</sup> RWE heeft in december 2022 het contract opgezegd voor het leveren van warmte van de kolen- en biomassagestookte Amercentrale aan het warmtenet van Ennatuurlijk per 31 december 2026, als ook de subsidiëring van de biomassabijstook afloopt. Als de plannen van RWE met de centrale echter gaan als gehoopt door RWE, blijft warmtelevering op de lange termijn mogelijk.

<sup>43</sup> Op dit moment is ongeveer 6% van de woningen in Noord-Brabant aangesloten op een warmtenet (Rijkswaterstaat, lopend).

aantal afnemers en bronnen onderling verbonden zijn. Dit kan voordelen opleveren. Zo kunnen grote warmtebronnen maximaal benut worden en het koppelen van een groot aantal bronnen en afnemers kan een robuustere warmtevoorziening opleveren, waarbij de afhankelijkheid van individuele bronnen minder is. Maar het realiseren van een groot bovenlokaal warmtenet kent ook grote uitdagingen. Zo is het organisatorisch complex, is het lastig om de businesscase rond te krijgen en zijn grote investeringen nodig waardoor **ook de omvang van de financiële risico's groter is.**

In dit onderzoek gaan we niet in op de afweging tussen de verschillende configuraties en kijken we ook niet naar de businesscase van warmte-infrastructuur, maar bekijken we de verschillende opties vanuit ruimtelijk en energetisch perspectief. Per scenario kijken we welke bronnenmix past bij de verhaallijn van het scenario en welke warmte-infrastructuur **past bij de directe warmtevraag en de ruimtelijke invalshoek van de scenario's.** De resultaten bespreken we hieronder.

### *Scenario Lokale Kracht*

In dit scenario wordt maximaal ingezet op lokale zelfvoorzienendheid en daarmee op het gebruik van lokale warmtebronnen. Ongeveer 35% van de woningen in Noord-Brabant is in **dit scenario aangesloten op een warmtenet. Daarom worden in dit scenario's nieuwe lokale, zelfvoorzienende warmtedistributienetten ontwikkeld.** Bij deze distributienetten wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van decentrale warmtebronnen, zoals aqua- en zonnethermie, en van geothermie. Er zijn gasketels op waterstof of groengas als back-up en piekvoorziening.

In dit scenario komt er geen uitbreiding van bovenlokale warmte-infrastructuur, bovenop de bestaande plannen. In het scenario *Lokale Kracht* wordt zoveel mogelijk gestreefd naar lokale autarkie en gebruik van lokale bronnen. Er wordt daarom zoveel mogelijk warmte van decentrale bronnen zoals geothermie gebruikt. Dit komt overeen met het *Scenario Back-up + geothermie en decentrale bronnenmix* uit Transitieplan Warmtenet Midden- en West-Brabant (Warmteregio Midden- En West-Brabant, 2018).

### *Scenario De grote opgaven gebundeld*

In dit scenario wordt vooral ingezet op (elektrische) warmtepompen, maar ook het aantal woningen dat aangesloten is op een warmtenet groeit fors in dit scenario. Ongeveer 20% van de woningen in Noord-Brabant is in dit scenario in 2050 aangesloten op een warmtenet. In dit scenario wordt de opgave van de energietransitie op nationaal niveau aangepakt en wordt ingezet op grote infrastructuren. Daarom wordt in dit scenario ingezet op uitbreiding van de bovenlokale warmte-infrastructuur.

Het bovenlokale warmtenet Midden- en West-Brabant wordt in dit scenario maximaal **uitgebreid. Het net wordt vanaf Dongen doorgetrokken richting 's-Hertogenbosch** in het oosten. Hierop worden ook woningen in Waalwijk en Drunen aangesloten. Daarnaast wordt het warmtenet vanaf Moerdijk doorgetrokken richting Bergen op Zoom in het westen. Hierop worden ook woningen in Etten-Leur en Roosendaal aangesloten. Daarnaast wordt in West-Brabant glastuinbouw aangesloten op het warmtenet. Dit komt overeen met het maximale scenario (Scenario 1) uit de recente Verkenning naar het bovenregionaal warmtenet West- en Midden-Brabant (Innoforte, 2022)<sup>44</sup>. Er wordt zoveel mogelijk warmte van decentrale bronnen en geothermie gebruikt (*Scenario Back-up + geothermie en decentrale bronnenmix* uit Transitieplan Warmtenet Midden- en West-Brabant)

<sup>44</sup> We doen in dit onderzoek een verkenning naar de (maximale) benodigde ruimte van het energiesysteem. We hebben niet gekeken naar de rentabiliteit van deze ontwikkelingen.

(Warmteregio Midden- En West-Brabant, 2018), aangezien uit het onderzoek van Innoforte volgt dat een scenario met veel decentrale warmtebronnen als het meest realistisch gezien wordt bij een groot bovenlokaal warmtenet (Innoforte, 2022).

Daarnaast wordt een bovenlokaal warmtenet ontwikkeld in Oost-Brabant. Er wordt grootschalig geothermie gewonnen in het gebied ten zuiden van Helmond. Deze warmte wordt met bovenlokale warmteleidingen getransporteerd richting woningen in Eindhoven en Helmond.

### *Scenario Op grote schaal denken*

In dit scenario wordt voor de warmtevoorziening van de Gebouwde omgeving vooral ingezet op (hybride) warmtepompen. Er vindt nauwelijks uitbreiding van warmtenetten plaats en er komt geen uitbreiding van bovenlokale warmte-infrastructuur, bovenop de bestaande plannen. In het bestaande Warmtenet Midden- en West-Brabant wordt in dit scenario zoveel warmte uit Moerdijk gebruikt, aangezien de industrie groeit in het scenario *Op grote schaal denken* en hier veel gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare gassen (waterstof, groengas). Hierdoor is veel restwarmte beschikbaar. Het gebruik van restwarmte van Moerdijk komt overeen met het *Scenario Moerdijk* uit Transitieplan Warmtenet Midden- en West-Brabant (Warmteregio Midden- En West-Brabant, 2018).

### *Ruimtelijke consequenties*

Bovenregionale warmtenetten hebben een ruimteclaim op zowel de ondergrond als de bovengrond. Met name in het stedelijke gebied kan daar een knelpunt optreden. Dit is afhankelijk van de breedte van het straatprofiel, de aanwezigheid van andere (grote) kabels of buisleidingen en de indeling van de bovengrond (bomen met wortels, etc.). Om te identificeren of er daadwerkelijk een knelpunt optreedt moet verder onderzoek worden uitgevoerd op kleinere schaal. Er kunnen dan meerdere tracés met elkaar vergeleken worden.

## 6.2.4 Totaaloverzicht

Tabel 11 geeft een totaaloverzicht van de benodigde uitbreidingen aan energie-infrastructuur en het totale ruimtegebruik, voor elk scenario<sup>45</sup>. Dit is inclusief de geplande uitbreidingen tot 2030. Hierbij nemen we alleen nieuwe stations mee. We nemen aan dat uitbreidingen binnen de bestaande stations geen extra ruimtebeslag opleveren.

Bij de verbindingen gaan we uit van de tracébreedtes. Deze ruimte kan deels ook gebruikt worden voor andere doeleinden (groenvoorziening, etc.), maar het conflicteert met verblijfsobjecten.

De uitbreidingen van de 380 kV stations, 380 kV verbindingen en Hoofdtransportleidingen voor gas zijn voornamelijk nodig voor nationale ontwikkelingen zoals de aanlanding van wind op zee, grootschalige elektrolyse, grootschalige regelbare centrales en verduurzaming van grootschalige industrie. De uitbreidingen van 150 kV-, MS- en LS- infrastructuur, regionale transportleidingen, bovenlokale warmteleidingen en distributieleidingen zijn nodig voor meer regionale ontwikkelingen, zoals wind en zon op land, zon op dak en verduurzaming van de Gebouwde omgeving, Mobiliteit, glastuinbouw en kleinere industrie.

<sup>45</sup> De uitbreidingen aan de hoogspanningsinfrastructuur zijn niet direct gekoppeld aan een scenario en voor een grote mate afhankelijk van ontwikkelingen buiten de provincie. Daarom zijn bij elk scenario de boven- en ondergrens van de mogelijke ontwikkelingen weergegeven.

Tabel 11 - Totaaloverzicht ruimtegebruik uitbreidingen energie-infrastructuur 2023 - 2050

Type asset	Typisch ruimtegebruik	Lokale kracht		De grote opgaven gebundeld		Op grote schaal denken	
		Benodigde uitbreidingen	Totaal ruimtegebruik	Benodigde uitbreidingen	Totaal ruimtegebruik	Benodigde uitbreidingen	Totaal ruimtegebruik
<b>Elektriciteit</b>							
380 kV station	40.000 - 100.000 m <sup>2</sup>	3 tot 4	120.000 m <sup>2</sup> - 400.000 m <sup>2</sup>	3 tot 4	120.000 m <sup>2</sup> - 400.000 m <sup>2</sup>	3 tot 4	120.000 m <sup>2</sup> - 400.000 m <sup>2</sup>
HS/MS-station	15.000 - 40.000 m <sup>2</sup>	12 tot 13	180.000 m <sup>2</sup> - 480.000 m <sup>2</sup>	5 tot 6		3	
MS/MS-station	200 - 4.000 m <sup>2</sup>	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend
MS/LS-trafo	10 - 35 m <sup>2</sup>	6.600	66.000 - 231.000 m <sup>2</sup>	4900	49.000-171.500 m <sup>2</sup>	2500	25.000-87.500 m <sup>2</sup>
380 kV verbinding <sup>46</sup>	100 meter breedte	150 - 375 km	15 - 37,5 miljoen m <sup>2</sup>	150 - 375 km	15 - 37,5 miljoen m <sup>2</sup>	150 - 375 km	15 - 37,5 miljoen m <sup>2</sup>
150 kV verbinding <sup>47</sup>	10 meter breedte	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend
MS-kabels (ondergronds)	1 - 10 meter breedte	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend
LS-kabels (ondergronds)	1 meter breedte	10.000 km	10 miljoen m <sup>2</sup>	8.000 km	8 miljoen m <sup>2</sup>	6.000 km	6 miljoen m <sup>2</sup>
<b>Gassen</b>							
Hoofdtransportleiding (HTL)	140 meter breedte niet bouwen (bij voorkeur). Is PR-contour en kan afwijken.	Ombouw en mogelijk deels verwijderen bestaand. Naar verwachting amper nieuwbouw.					
Regionale transportleiding (RTL)	8 meter breedte (op basis van PR-contour)	Ombouw en mogelijk deels verwijderen bestaand. Naar verwachting amper nieuwbouw.					
Regionale distributieleiding	1 - 2,5 meter breedte (afhankelijk van object)	Ombouw en mogelijk deels verwijderen bestaand. Naar verwachting amper nieuwbouw.					
<b>Warmte</b>							
Bovenlokale transportleiding	2 tot 3 meter breedte	30 km	60.000 - 90.000 m <sup>2</sup>	200 km	400.000 - 600.000 m <sup>2</sup>	30 km	60.000 - 90.000 m <sup>2</sup>

<sup>46</sup> Hiervoor zijn de verwachte lengtes van de benodigde uitbreidingen opgeteld. De ondergrens komt overeen met de geplande uitbreidingen tot 2030. Bij de bovengrens zitten ook de mogelijke uitbreidingen aan 380 kV verbindingen door onder meer aanlanding van wind op zee in Zeeland en Rotterdam (zie Paragraaf 5.2.2). Indien er meerdere masten naast elkaar nodig zijn, dan is de afstand van deze verbinding dubbel geteld.

<sup>47</sup> Uit de analyses in het Programma Energiehoofdstructuur volgt dat er naar verwachting weinig uitbreidingen nodig zijn aan 150 kV verbindingen na 2030, maar hoeveel uitbreidingen wel nodig zijn is onbekend.



## 6.3 Verdieping ontwikkelingen 2030-2050

### 6.3.1 No-regret ontwikkelingen 2030-2050 energie-infrastructuur

Een groot deel van de ontwikkelingen van het energiesysteem zijn afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden voor de systemen. Wel zijn er een aantal no-regrets. Met name voor het regionale elektriciteitssysteem zijn deze uitgewerkt.

Gasnetten kunnen ook voor andere dragers ingezet worden. Het is dus verstandig om deze te laten liggen, totdat er bekend is wat de invulling wordt van de energievoorziening op een locatie. Als deze wel verwijderd worden kan de vrijgekomen ruimte benut worden voor bijvoorbeeld warmtenetten of elektriciteitskabels.

Uitbreiding van het bovenlokale warmtenet **komt niet in alle scenario's terug. Het is** hiermee geen no-regret. Om de optie open te houden zal er ruimte voor een tracé gezocht moeten worden.

Voor het elektriciteitsnetwerk zijn in elk scenario uitbreidingen nodig. In elk scenario zijn een fors aantal nieuwe MS/LS-stations **nodig. Daarnaast zijn er in elk scenario's** uitbreidingen bij bestaande HS/MS-stations nodig. Ook zijn er nieuwe MS- en LS-kabels nodig in elk scenario. **In twee van de scenario's zijn nieuwe locaties voor HS/MS-stations** nodig, maar niet in elk scenario. Daarom zijn dit geen no-regret ontwikkelingen.

Ook vanuit het nationale energiesysteem zijn er enkele no-regret ontwikkelingen. Zo moeten in elk scenario de huidige elektriciteitscentrales omgebouwd worden en worden in elk scenario batterijen en mogelijk elektrolyzers nodig bij de aanlanding van wind op zee in Moerdijk of Geertruidenberg. Ook is in elk scenario uitbreiding nodig van het 380 kV station bij Eindhoven.

### 6.3.2 Plaatsen in de tijd

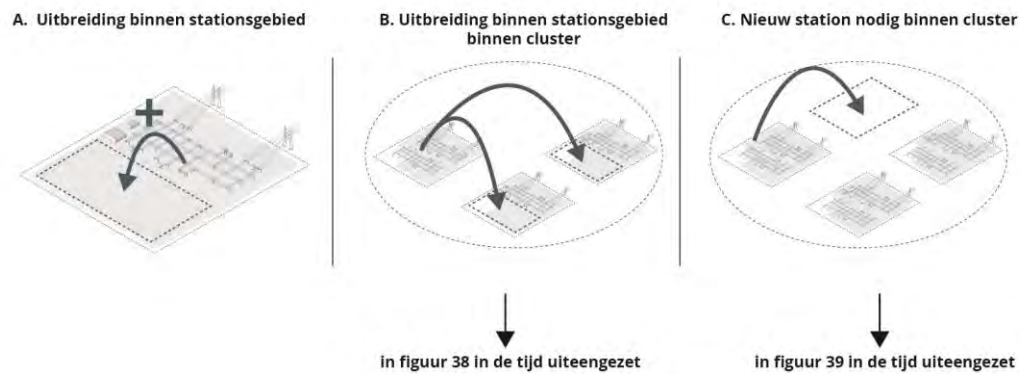
De uitbreidingen van de stationsclusters zijn in de tijd uiteengezet. Hierbij ligt de focus op Categorie B en C van de uitbreidingen. De uitbreidingen van Stap A gaan in samenhang met Stap B: soms kan de capaciteit voldoende opgerekt worden op een aantal stations binnen een cluster, in plaats van alle stations.

**Niet alle uitbreidingen zijn nodig in alle scenario's.** Afhankelijk van het aantal keer dat een uitbreiding nodig is zijn er de volgende acties mogelijk:

1. Het uitbreiden van de capaciteit binnen een cluster van stations (door bijvoorbeeld **meer trafo's of schakelvelden te plaatsen te plaatsen** of door anders aan te sluiten binnen een cluster).
2. Het zoeken naar een nieuwe locatie voor een station binnen een cluster.
3. Het reserveren van ruimte om de mogelijkheid voor een nieuw station open te houden, totdat er duidelijker is in de richting van welk scenario de ontwikkelingen gaan plaatsvinden.

In bijna alle cluster geldt dat de uitbreidingen binnen de stationslocaties nodig zijn voor **alle scenario's voor 2050. Voor de clusters Boxtel, Best, Hapert en het cluster Roosendaal, Etten geldt dat er in twee scenario's een nieuwe** locatie voor HS/MS-stations bij moet komen.

Figuur 35 - Visualisatie van (A) uitbreiding door nieuwe velden op bestaand stationsgebied, (B) extra capaciteit door het anders aansluiten en uitbreiden binnen het cluster en (C) het ontwikkelen van een nieuw station



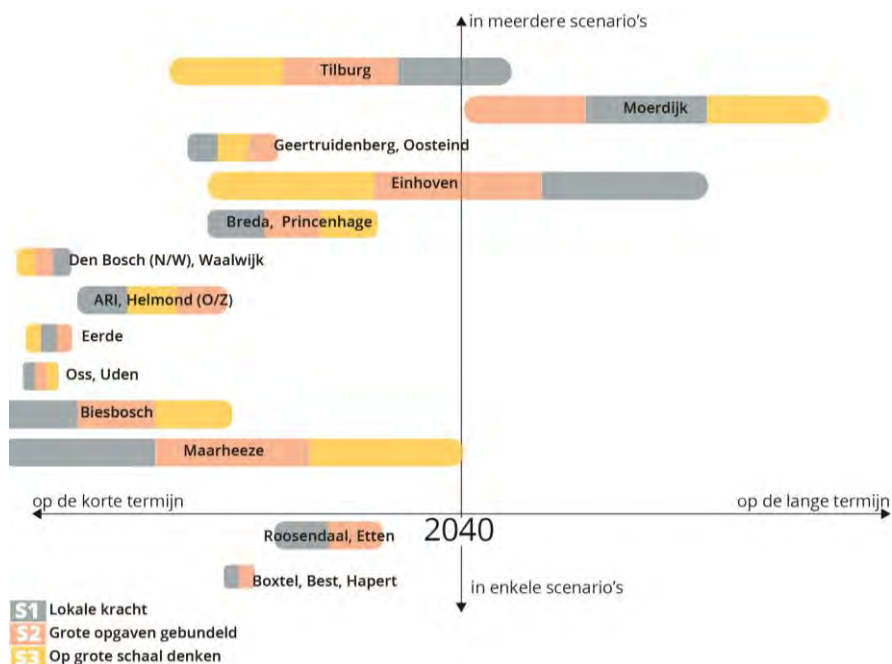
## Back-casten van 2050 naar 2030

In Paragraaf 6.2.1 staat beschreven welke ontwikkelingen er op het elektriciteitsnet verwacht worden (voor de regionale netbeheerder). **De verschillende scenario's zijn** doorgerekend om te zien of deze verschillende effecten hebben op de uitbreidingen van het netwerk. De uitgebreide methodiek staat beschreven in Bijlage F. Het backcasten in de tijd plaatst de benodigde uitbreidingen van de energie-infrastructuur in een tijdslijn. Wanneer is welk type uitbreiding nodig? En wanneer moet er uitsluitel komen over óf er een nieuw station nodig is?

**De scenario's geven een inschatting van energiebalans in 2050. Door te interpoleren kan een** (eerste) schatting gemaakt worden, wanneer een cluster tegen haar capaciteitsgrenzen aanloopt. Enexis heeft inzicht gegeven in de capaciteitsuitbreidingen die nog mogelijk zijn om uit te voeren binnen de bestaande stationsgebieden. Hierdoor weten we ook wanneer het kantelpunt bereikt wordt: als er meer capaciteit nodig is moet er een nieuw station in het cluster bijkomen. Er kan dan niet langer geschoven worden met aansluitingen en capaciteit van de stations onderling. We gaan er van uit dat alle capaciteitsproblemen **binnen bestaande stationsgebieden benut worden, voordat er naar de optie 'nieuw station'** gekeken wordt.

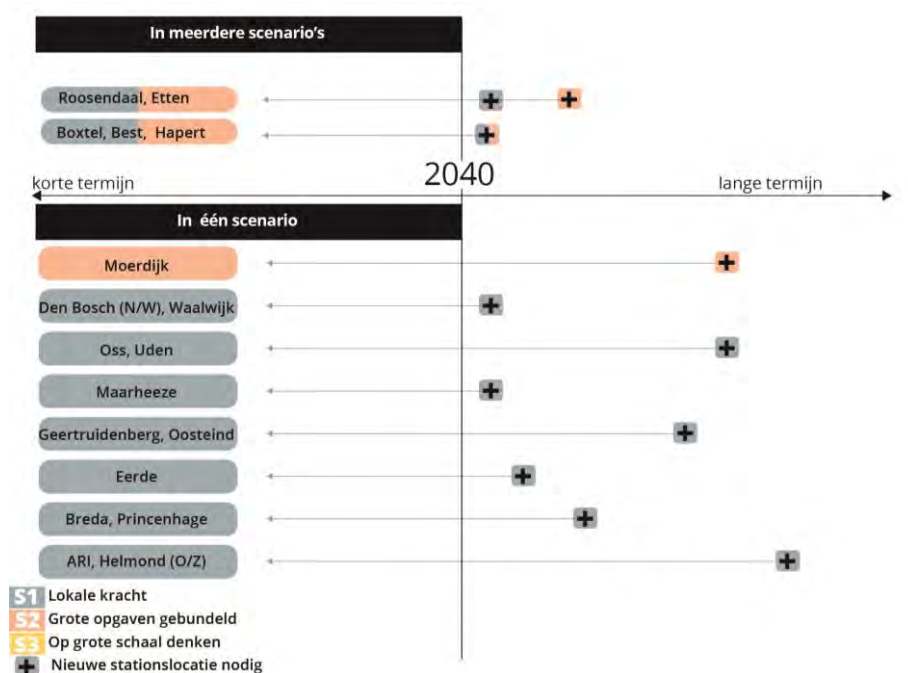
**Door de uitkomsten van de verschillende scenario's te vergelijken** weten we binnen welke clusters welke ontwikkelingen nodig zijn. In Figuur 36 staan voor alle clusters in een tijdlijn uiteengezet wanneer er capaciteitsuitbreidingen van het type B binnen de bestaande stationsgebieden nodig zijn. Voor de clusters met een langgerekt tijdspad is er meer onzekerheid (zoals cluster Tilburg, Moerdijk en Eindhoven). Toch komt het knelpunt in alle **scenario's terug. Dit betekent** dat de uitbreiding volgens deze studie sowieso nodig is voor 2050. Voor de twee clusters onderaan in Figuur 36 (Roosendaal, Etten; Boxtel, Best, Hapert) geldt dat een capaciteitsuitbreiding niet noodzakelijk is wanneer er meer keuzes worden gemaakt binnen het scenario *Op grote schaal denken*.

Figuur 36 - Backcasting van de benodigde stations uitbreidingen (type B) BINNEN bestaand stations terrein binnen de clusters. De volgorde van de kleuren corresponderen met de scenario's waarbinnen het eerste een uitbreiding nodig is. Dit zijn uitbreidingen bovenop de bestaande plannen



Ook de behoefte aan een nieuw station kan per cluster in de tijd gezet worden. In Figuur 37 zien we dat er geen cluster is dat terugkomt in alle scenario's. Wel zijn er twee clusters die in zowel het scenario *Lokale kracht* als het scenario *De grote opgaven gebundeld* naar voren komen als noodzakelijk (cluster Boxtel, Best, Hapert en het cluster Roosendaal, Etten).

Figuur 37 - Backcasting van uitbreiding type C (nieuw station) in een cluster



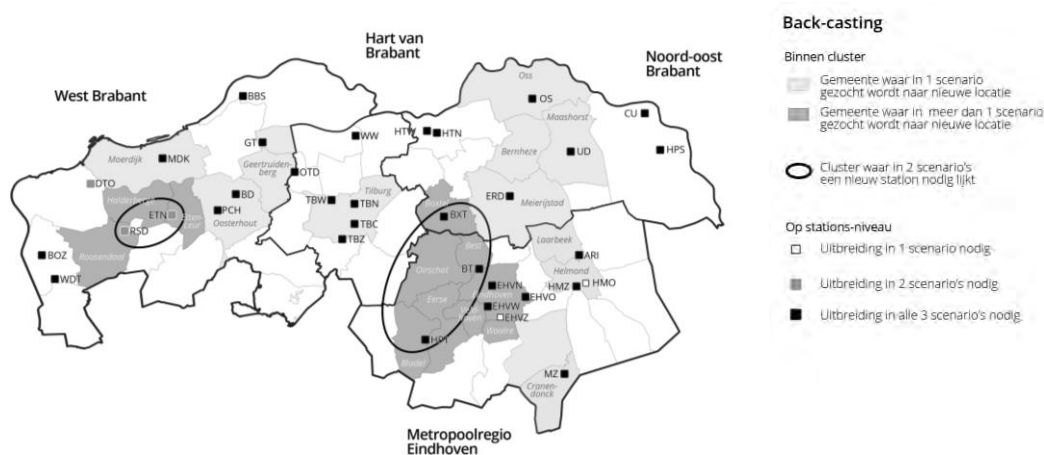
Er zijn ruimtelijke reservering nodig voor de uitbreidingen van het netwerk, totdat er een keuze wordt gemaakt voor de richting van de toekomst. Op deze locaties kunnen er geen andere ruimtelijke ontwikkelingen komen die conflicteren met een (mogelijk) toekomstige energiesysteem-bouwsteen. In het scenario *Lokale kracht* gaat dit om negen nieuwe onderstations. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* gaat dit om drie stations. In het scenario *Op grote schaal denken* zijn er geen nieuwe stationslocaties nodig. De zoektocht naar nieuwe locaties vraagt om extra onderzoek en vervolgens een reservering van de gronden. Zolang hierover onduidelijkheden bestaan is het beter om érgens in de provincie/clusters gronden te reserveren, zodat er schuifruimte blijft bestaan.

In de figuren hiervoor is uitgegaan van een lineaire interpolatie. Veranderingen in de maatschappij, innovatie, snelheid van ontwikkelingen zullen niet altijd lineair gaan. Het kan dus zijn dat bepaalde uitbreidingen pas later of juist eerder nodig zijn (de afgelopen jaren laat zien dat het vaker eerder nodig is dan later). Bovendien moet er nog rekening gehouden worden met de procedurefase en de ontwikkelingstijd. Daarom zou er nu, in samenwerking met Enexis al nagedacht moeten worden waar de uitbreidingen zouden kunnen gaan komen.

### Backcasten op de kaart

In de kaart hieronder staan voor de uitbreidingen van type A de stations die in respectievelijk 1, 2 of 3 scenario's uitgebreid moeten worden. Ook staat er in donkergrijs de gemeenten die in twee scenario's naar voren komen als zoeklocatiegebied voor een nieuw station (uitbreiding C). In lichtgrijs staan de gemeenten met in één scenario een zoekgebied voor een nieuw station. De zoektocht naar nieuwe stationslocaties kan in veel gevallen al gestart worden. Als er ruimte gereserveerd wordt blijft de mogelijkheid open om nog meerdere richtingen op te gaan. Idealiter ligt een nieuwe locatie in de buurt van de bestaande hoogspanningskabels.

Figuur 38 - Classificatie benodigde stations











# 7 Ruimtelijke bevindingen

## 7.1 Ruimtevraag van de scenario's

De **scenario's** gaan uit van een verschillende inzet (MW) per bouwsteen (batterij, windturbine, etc.). De ontwikkelingen die in Hoofdstuk 6 beschreven zijn vragen ook om ruimte. **Om de ruimteclaim van de scenario's te kunnen vergelijken** staat in een overzichtstabel hieronder hoeveel bouwstenen er per scenario bijkomen tussen 2030 en 2050. Dit staat dus naast de bouwstenen die al gerealiseerd zijn of nog tot 2030 ontwikkeld worden. **In de volgende pagina's** staat per scenario een overzichtskaart waarop de regionale verspreiding van de nieuwe bouwstenen van het energiesysteem zichtbaar zijn (via ruimtelijke principes zoals toegelicht in Paragraaf 4.4). Daarnaast staat op gelijke schaal de totale ruimteclaim weergegeven voor de situatie nu, 2030 (uitgaande van realisatie RES'en) en 2050. Er zijn ook een aantal ruimteclaims die niet zichtbaar zijn op deze schaal (in stedelijk gebied bijvoorbeeld). Deze worden toegelicht in Paragraaf 7.4.

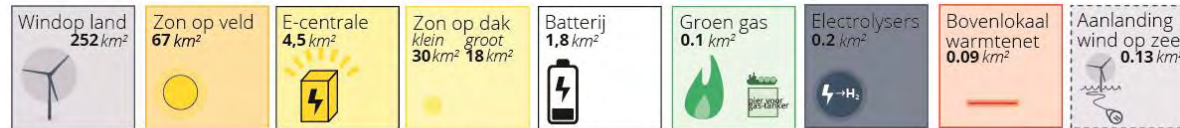
Tabel 12 - Ruimtevraag per bouwsteen, per scenario voor de periode tussen 2030 en 2050

<b>Bouwstenen - vergelijk varianten</b>			
<b>Wat wordt er toegevoegd NA 2030?</b>			
	<b>S1</b> Lokale kracht <i>regionaal</i>	<b>S2</b> De grote opgaven gebundeld <i>nationaal</i>	<b>S3</b> Op de grote schaal denken <i>europes</i>
 Windturbine	<b>1240 MW</b> 222 turbines 125 km <sup>2</sup> <i>direct en indirect</i>	<b>1240 MW</b> 222 turbines 125 km <sup>2</sup> <i>direct en indirect</i>	<i>geen</i>
 Zon op dak	kleine daken    grote daken <b>4940 MW</b> 25,3 km <sup>2</sup> <i>geen</i>	kleine daken    grote daken <b>3565 MW</b> 18,3 km <sup>2</sup> <i>geen</i>	<i>geen</i>
 Batterij	<b>5.785 MW</b> 1,8 km <sup>2</sup>	<b>6.380 MW</b> 1,5 km <sup>2</sup>	<b>3.280 MW</b> 0,8 km <sup>2</sup>
 Zon op veld	<b>4080 MW</b> 41 km <sup>2</sup>	<b>3145 MW</b> 31 km <sup>2</sup>	<b>830 MW</b> 8 km <sup>2</sup>
 E-centrale	<b>4277 MW</b> 1,6 km <sup>2</sup>	<b>1704 MW</b> 0,4 km <sup>2</sup>	<b>1738 MW</b> 0,4 km <sup>2</sup>
 Elektrolyzers	<b>3956 MW</b> 0,2 km <sup>2</sup>	<b>8755 MW</b> 0,4 km <sup>2</sup>	<b>1280 MW</b> 0,06 km <sup>2</sup>
 Groen gas	<i>geen</i>	<i>geen</i>	<b>0,17 km<sup>2</sup></b> <i>voor haven</i>
 Aanlanding wind op zee	<b>2000 MW</b> 0,13 km <sup>2</sup>	<b>9000 MW</b> 0,6 km <sup>2</sup>	<b>2000 MW</b> 0,13 km <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>195 km<sup>2</sup></b>	<b>177 km<sup>2</sup></b>	<b>10 km<sup>2</sup></b>

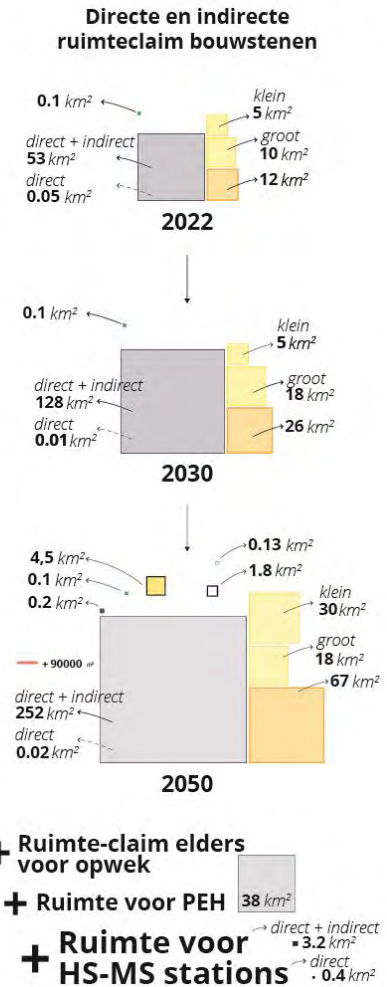
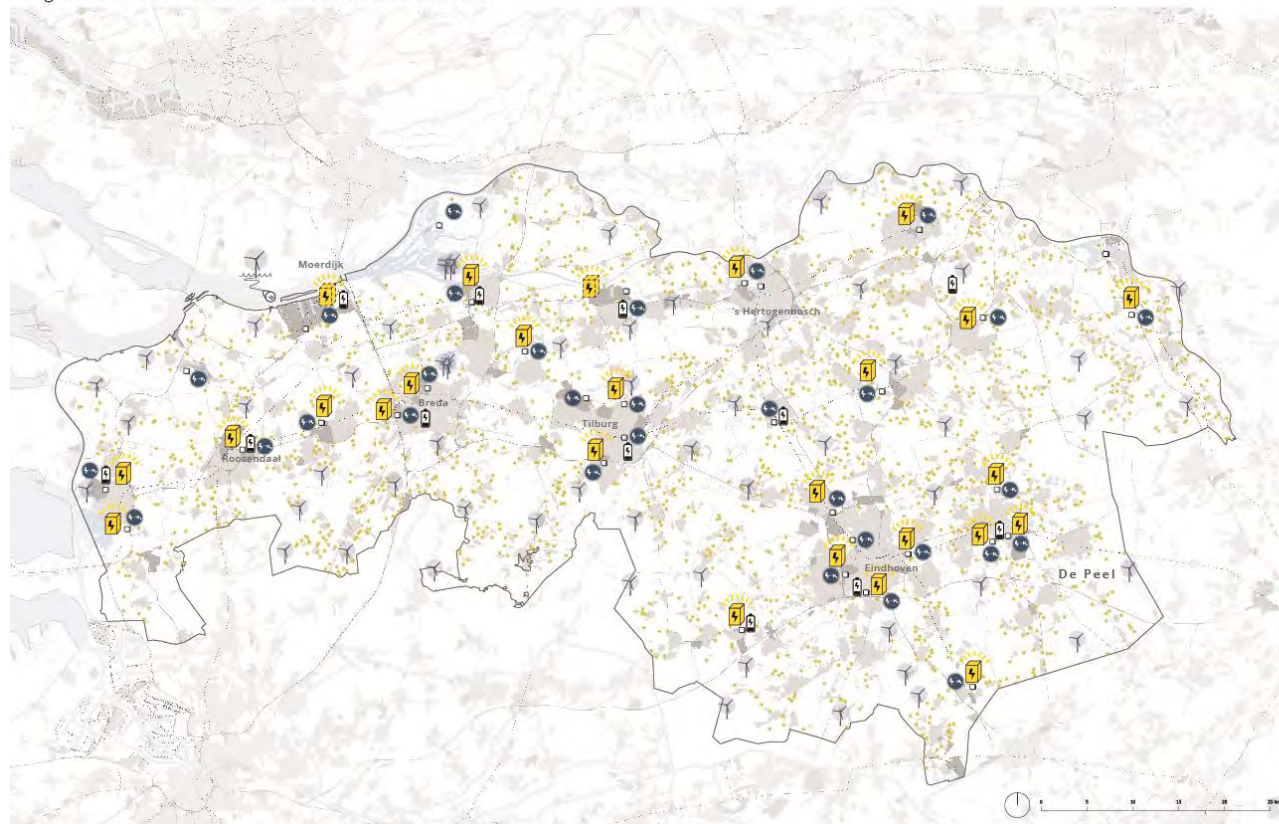


Scenario 1 - Lokale kracht, gebaseerd op II3050-scenario Regionale Sturing\*

Figuur 39 - Overzichtkaart van de bouwstenen tussen 2030-2050 Scenario 1. Daarnaast ruimteclaim van energiesysteem 2022, 2030 (inclusief RES) en 2050. \*Er is daarnaast een directe ruimteclaim van 0.40 ha voor het regionale netwerk nodig. Die is klein en dus lastig zichtbaar in het overzicht

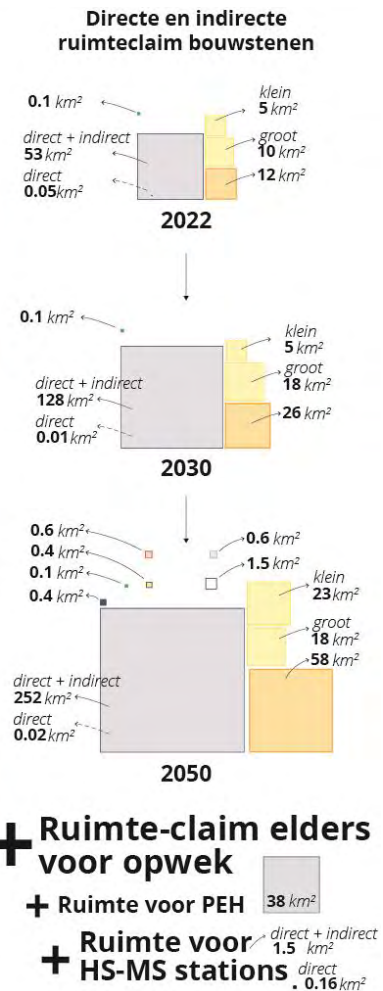
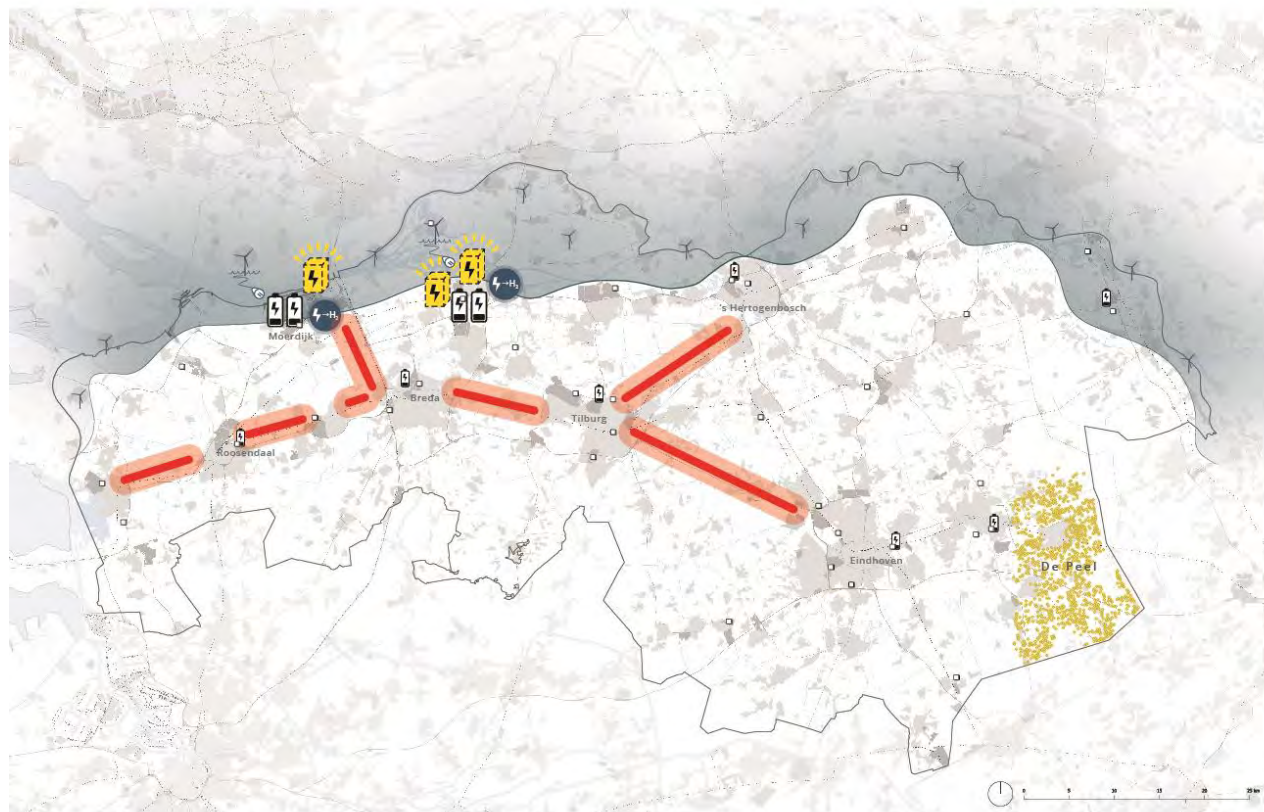


\* Legenda voor zowel kaart als voor ruimteclaim inzichten



Scenario 2 - De grote opgaven gebundeld, gebaseerd op I13050-scenario Nationale Sturing \*

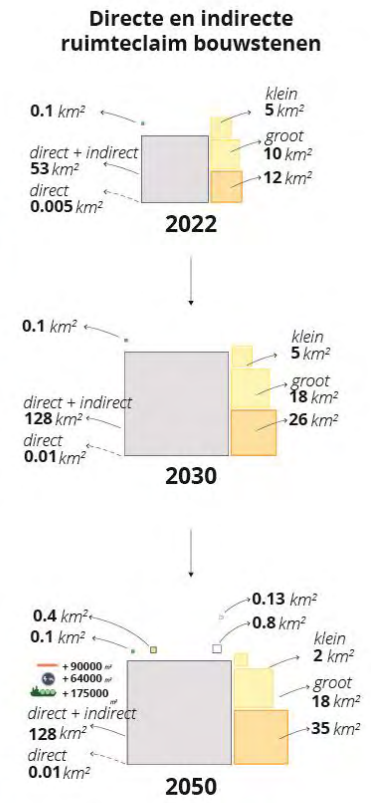
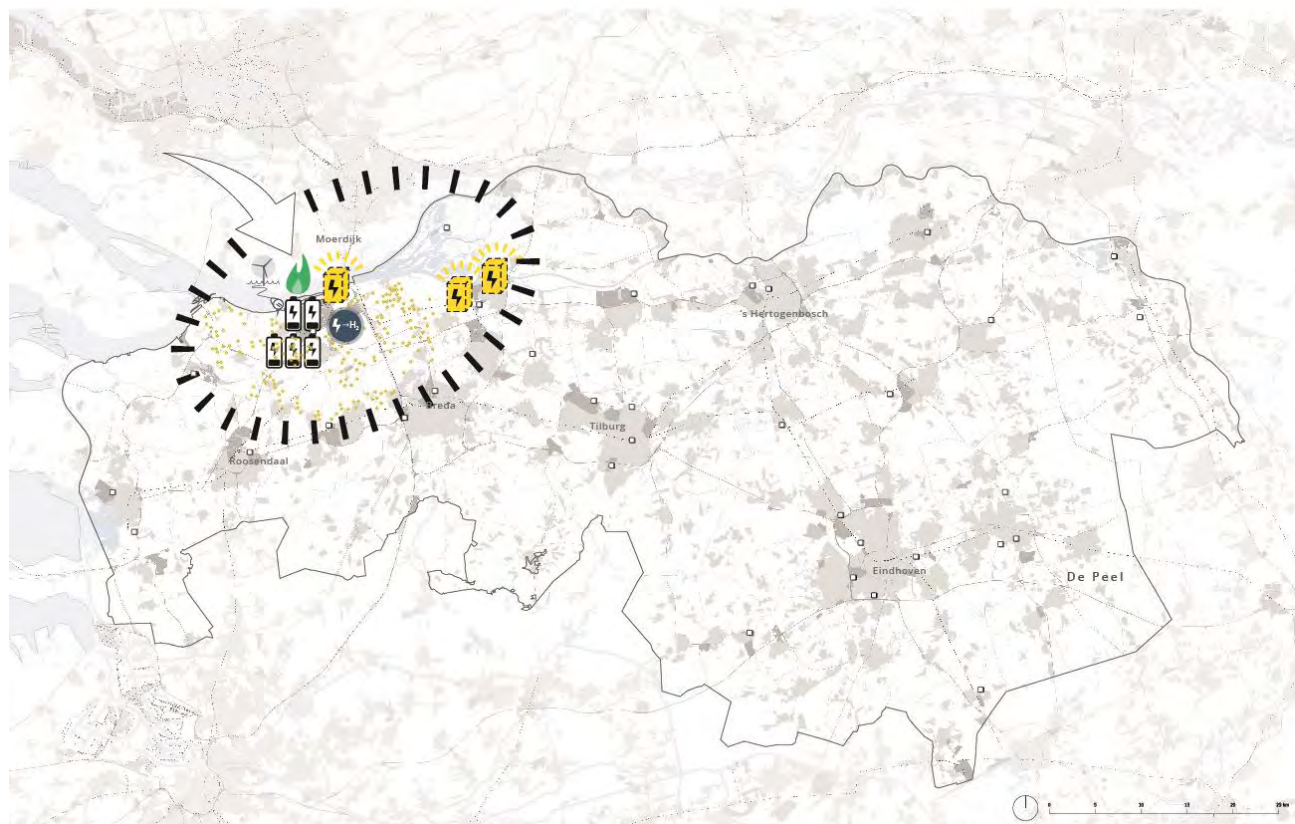
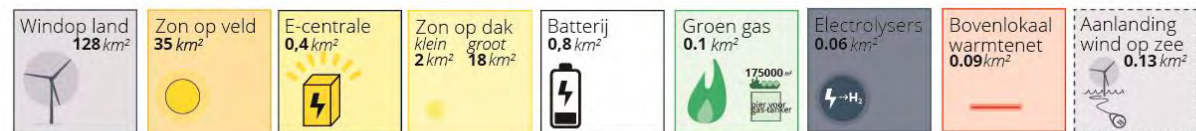
Figuur 40 - Overzichtkaart van de bouwstenen tussen 2030-2050 Scenario 2. Daarnaast ruimteclaim van energiesysteem 2022, 2030 (inclusief RES) en 2050. \*Er is daarnaast een directe ruimteclaim van 16 ha voor het regionale netwerk nodig. Die is te klein om zichtbaar te zijn in het overzicht





Scenario 3- Op de grote schaal denken, gebaseerd op II3050-scenario Europese Sturing

Figuur 41 - Overzichtsk kaart van de bouwstenen tussen 2030-2050 Scenario 1. Daarnaast ruimteclaim van energiesysteem 2022, 2030 (inclusief RES) en 2050



**+ Ruimte-claim elders**  
**+ Ruimte voor PEH 38 km<sup>2</sup>**

De kaarten (en het vergelijken ervan) geven de volgende inzichten:

- De kaarten tonen enkel de bouwstenen die tussen 2030-2050 worden toegevoegd om zo leesbaar mogelijk te zijn.
- De variatie tussen de impact in 2050 is enerzijds zichtbaar door de verschillen in energetische invulling: meer of minder import, meer of minder opwek, ander type opslag, etc. Die variatie komt uit de I13050-studie. Daarnaast zijn op de kaart ook grote verschillen zichtbaar door de ruimtelijke invulling.
- De geografische locatie laat veel verschillen zien tussen de drie **scenario's**. De ruimteclaim bij *Lokale kracht* is veel meer verspreid (zie ook Paragraaf 7.3), terwijl de ruimteclaim van het scenario *Op grote schaal denken* vooral in het industriële cluster en omgeving ligt.
- Voor de bouwstenen elektrolyzers, batterijen en kleine regelbare centrales zijn gebieden nabij hoogspanningsstations (380 kV) en HS/MS-stations geschikte locaties. Dit betekent dat er mogelijk een aanzienlijke additionele ruimteclaim landt in de omgeving van deze stations, bovenop de (mogelijk) benodigde uitbreidingen van de stations zelf.

De schema's (en het vergelijken ervan) met ruimteclaim geeft de volgende inzichten:

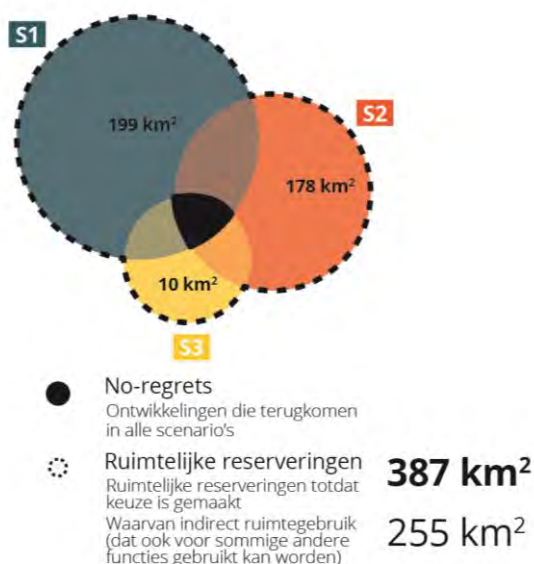
- De ruimteclaim die nu al aanwezig is en die nog wordt toegevoegd tot 2030 door uitvoering van de RES'en is aanzienlijk **in alle scenario's**.
- De variatie tussen de ruimteclaims in 2050 komt door de energetische variatie uit de I13050-studie.
- Met name de directe ruimteclaim van opwek is goed te zien in het schema met de ruimteclaim. De andere installaties (zoals opslag of conversie) hebben een groter vermogen per oppervlak. Deze ruimteclaims zullen lokaal veel impact kunnen hebben, maar zijn minder goed zichtbaar op schaal van de gehele provincie (Zie ook Paragraaf 7.4).
- **De indirecte ruimteclaim van wind is goed zichtbaar in alle scenario's.** De directe ruimteclaim is erg klein (bijna niet zichtbaar op deze schaal). In de indirecte ruimteclaim kunnen ook andere functies landen, die geen conflict hebben met de veiligheidsafstanden van windturbines.
- Het *Lokale kracht* scenario heeft het meeste uitbreidingen nodig voor het regionale netwerk qua oppervlak voor nieuwe stations. Het gaat hier om ongeveer 40 ha.
- De totale ruimteclaim van het scenario *Lokale kracht* is ongeveer gelijk aan het scenario *De grote opgaven gebundeld (10% groter)*. De verwachte ontwikkelingen zijn bij de laatste veel meer geclusterd, waardoor er tussen 2030-2050 op sommige plekken veel impact is (noordrand, de Peel en havengebied), terwijl er op andere plekken weinig extra veranderingen zullen zijn. Dit is op het kaartbeeld goed te zien, en komt ook terug in de vergelijkingen per RES-regio (Paragraaf 7.3).
- In het scenario *Lokale kracht* worden er meer uitbreidingen op het regionale net verwacht dan in het scenario *De grote opgaven gebundeld*. Spreiding vraagt dus om meer uitbreidingen van het net. Doordat de ruimteclaim hiervan relatief klein is (in vergelijking met bijvoorbeeld opwek) zorgt dit niet voor een groot verschil. Een aandachtspunt is hierbij het extra aantal km hoogspanningslijnen dat nodig is, ook dat vraagt namelijk ruimte.
- De ruimtelijke invulling van de **scenario's zijn** met zorg opgezet, volgens de denklijnen van de scenario's. De uiteindelijke geografische invulling kan daarin toch nog verschillen (bijvoorbeeld zuidrand in plaats van noordrand). Dit vraagt dus ook nog om keuzes waar de bouwstenen uiteindelijk landen.
- Het scenario *Op de grote schaal denken* heeft de laagste hoeveelheid opwek, vanwege de grote import. De resterende ruimteclaims liggen voornamelijk rondom het haven-industriële cluster en de doorvoerlijnen naar het achterland en Duitsland/België.
- De ruimteclaims die voortkomen uit nationale ontwikkelingen (PEH) zijn per **scenario's** getoond. De bevindingen op de hoofdstructuur komen vanuit PEH en zijn daarmee voor

alle scenario's bijna gelijk (zie Paragraaf 6.2.4). Er zit een klein verschil in vanwege het extra aantal benodigde convertorstations in het scenario *De grote opgaven gebundeld* (0.25 km<sup>2</sup> in relatie tot 0.07 km<sup>2</sup> **in de andere scenario's**).

- De ruimteclaim van kabels en leidingen zijn sterk afhankelijk van de tracé-lengte. Zo is de ruimteclaim van een bovenregionaal warmtenet (retour en aanvoer) 2 tot 3 meter breed. Hoe langer het tracé is, hoe groter de ruimteclaim. Hetzelfde geldt voor de ruimte rondom hoogspanningskabels.
- Naast de ruimteclaims die getoond worden **in de schema's landt er een deel van de opgave** (en ruimteclaim) buiten de provincie. De omvang hiervan is sterk afhankelijk van de mate waarin Brabant haar eigen energie opwekt. Daarom is deze ruimteclaim het grootst bij het scenario *Op grote schaal denken*. De locatie en exacte grootte van het ruimtebeslag buiten de provincie is nog onbekend.

Als er geen richting gekozen wordt is ruimte reserveren nodig. Als er geen ruimte gereserveerd wordt, moet er richting gekozen worden. Wanneer van alle bouwstenen de grootste ruimteclaim wordt gekozen is de **totale ruimteclaim (verschillende scenario's gecombineerd)** 199 vierkante kilometer. Dit zijn de grootste ruimteclaims per bouwsteen bij elkaar opgeteld. Doordat de geografische ligging van de bouwstenen nog verschilt, is de reservering nog groter. De ruimteclaims van de **drie scenario's samen** (de buitenste stippellijn) komt neer op 387 vierkante kilometer. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 42. Dit is enkel de claim NA 2030 en nog zonder de ruimteclaim van de PEH (38 km<sup>2</sup>). Hierbij de kanttekening dat de **scenario's** slechts hoekpunten van een speelveld zijn. De daadwerkelijke ruimteclaim kan verschillen in dimensie of van locatie. Een deel van de ruimteclaim is indirect: dat wil zeggen dat deze ruimte ook voor andere functies gebruikt kan worden, maar vaak niet voor kwetsbare objecten of woningbouw vanwege veiligheid- of milieueisen.

Figuur 42 - schematische weergave van no-regrets en ruimtelijke reserveringen



Niet alle inzichten kunnen uit de kaarten en tabellen op provinciale schaal gehaald worden. Er zijn ook bevindingen op lagere of hogere niveaus. Onderstaand figuur illustreert dat: per schaal wordt er naar andere bouwstenen van het energiesysteem gekeken, soms meer kwalitatief en soms meer kwantitatief.

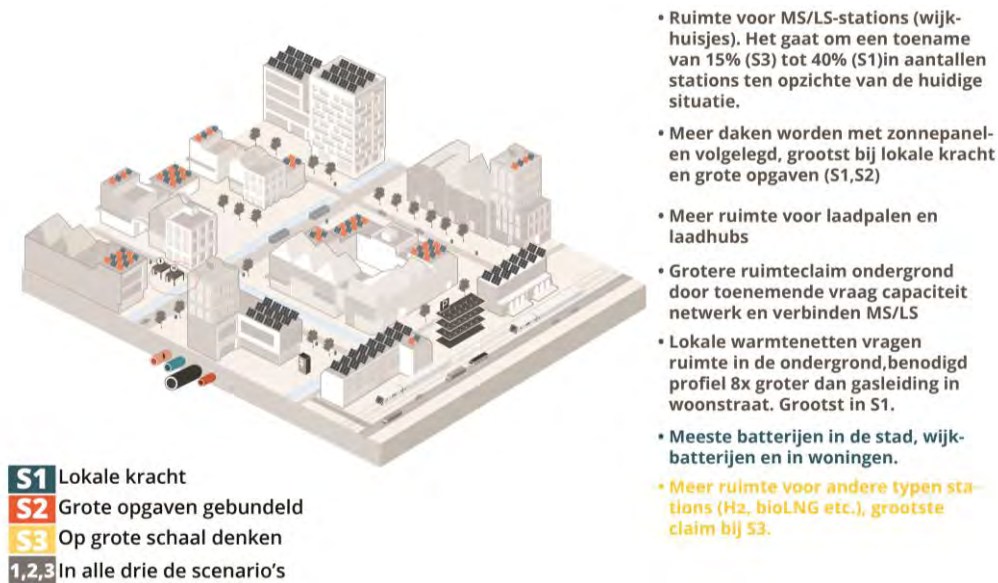
## 7.2 Ruimtelijke ontwikkelingen per omgevingstype

In Paragraaf 7.1 is op de kaarten te zien dat de bouwstenen die in de provincie landen niet **in alle scenario's dezelfde** ruimtelijke impact hebben. Sommige bouwstenen zijn niet zichtbaar op schaal van de provincie, maar kunnen lokaal veel impact hebben. Hieronder bespreken we voor drie typen gebieden wat voor veranderingen van het energiesysteem met name van invloed zullen zijn:

1. Het stedelijke gebied.
2. Het landelijke gebied.
3. Het haven/industriële gebied.

## Het stedelijke gebied

Figuur 43 - Tegelweergave van een stedelijk gebied met daarop de verwachte ruimteclaims in dit type gebied



In het stedelijk gebied zullen er veel lokale verschillen spelen door de invulling van de warmtevoorziening: all electric, warmtenet, lokaal warmtenet, etc. Dit heeft impact op zowel de onder- als de bovengrond. **Voor alle scenario's geldt dat dit om ruimte vraagt voor kabels in de ondergrond en extra trafo-huisjes (MS/LS) in de bovengrond.** Daarnaast zal in **alle scenario's een groot deel van de daken ingezet worden voor opwek. Dit kan in combinatie met andere opgaven (zoals groene daken tegen hittestress, of blauwe daken in voor klimaatadaptatie).** Tot slot zal **er in alle scenario's ruimte nodig zijn voor de transitie naar duurzame Mobiliteit.** Afhankelijk van het scenario betekent dit meer (*Op grote schaal denken*) of minder (*Lokale kracht*) afnamesystemen naast elkaar. Dus gaat het enkel om elektrische laadvoorzieningen (laadpalen of laadhubs) of kan er ook biogas getankt worden?

De grootste stedelijke ruimteclaim voor batterijen ligt bij het scenario *Lokale kracht*. Deze decentrale opslag is verspreid in buurtbatterijen en zelfs in woningen. Hoeveel ruimte dit inneemt is niet onderzocht. De technieken rondom batterijen nemen snel toe. Huidige bandbreedtes zijn 600 m<sup>2</sup> voor een grote batterij van 12 MW tot 1 m<sup>2</sup> voor 7 kW bij een thuisbatterij.

Voor het scenario *De grote opgaven gebundeld* geldt dat er ook bovenlokale warmtevoorziening komt op sommige locaties op de provincie. Dit vraagt om een grotere buisleiding die ruimte vraagt in de ondergrond. Dit zal juist ook spelen in buitengebied. In het scenario *Lokale kracht* worden de meeste woningen aangesloten op warmtenet, waardoor de ruimteclaim is de straat daar het grootste zal zijn.



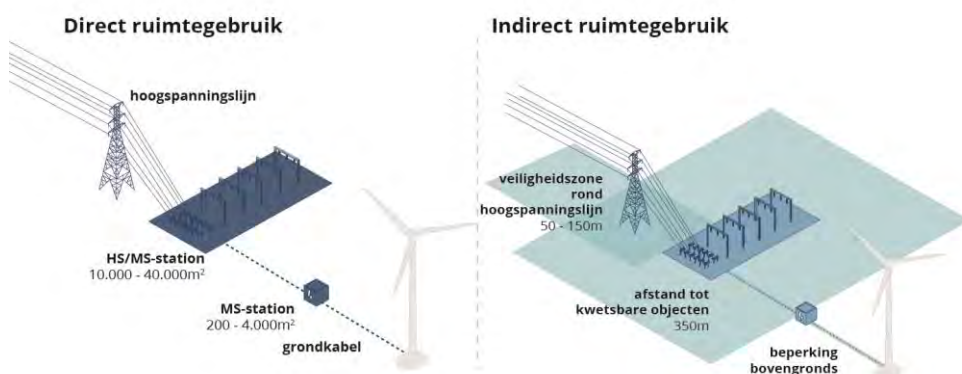
## Het landelijke gebied

Figuur 44 - Tegelweergave van een landelijk gebied met daarop de verwachte ruimteclaims in dit type gebied



In het landelijke gebied zijn er grote verschillen te zien tussen de drie scenario's. Voor het scenario *Lokale kracht* geldt dat er verspreid door de provincie opwek door zonnevelden en windturbines zal komen. Dit heeft ook invloed op de verspreide locaties van extra hoogspanningsstations, nieuwe opslaglocaties en conversiepunten, die ook allen een indirecte ruimteclaim hebben. De spreiding zorgt ervoor dat er in dit scenario de meeste stations nodig zijn. Dit brengt dus voor het netwerk ook de grootste ruimteclaim met zich mee. Afhankelijk van de lengte van de locatie is er ook nog veel ruimte nodig voor de veiligheidsafstand rondom het netwerk (zie ook Figuur 13 en Figuur 45). Bovendien kan de invulling en aanpak en inpassing verschillen **tussen de regio's**.

Figuur 45 - Beschrijving direct en indirect ruimtegebruik dat komt kijken bij het aansluiten van opwek

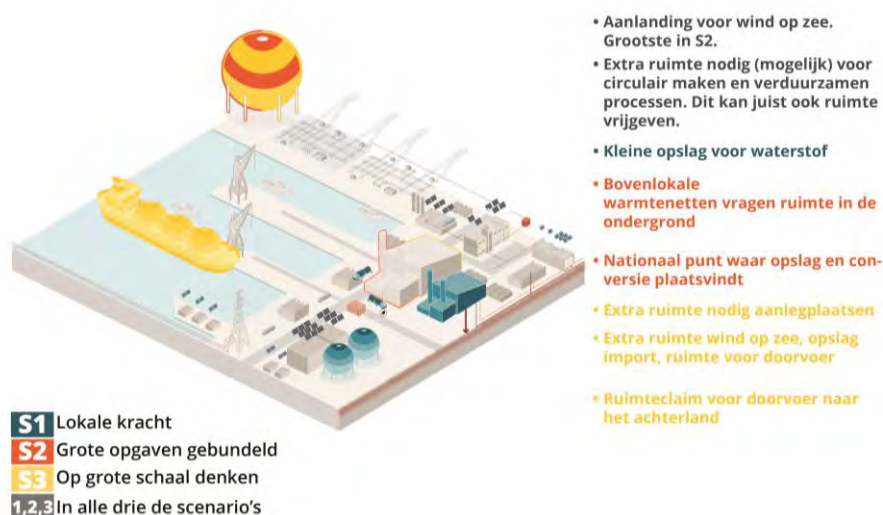


Voor het scenario *De grote opgaven gebundeld* landt deze ruimteclaim juist geclusterd in sommige locaties in de provincie. Dit betekent dat de impact op sommige plekken erg groot is, terwijl die op andere plekken miniem zal zijn. De wind- en zonopgave zullen geclusterd worden aan nationale transitielocaties (bijvoorbeeld de waterveiligheidsopgave in het rivierengebied, of de landbouwtransitie in de Peel). Voor het scenario *Op grote schaal denken* zal de claim minder in het landelijke gebied landen, enkel rondom de bestaande corridors naar het achterland en het landelijk gebied rondom de haven.

Ook voor het landelijk gebied geldt dat **de mogelijkheid om te tanken voor (vracht)auto's** verandert naar elektrisch (*Lokale kracht*), of meerdere mogelijkheden, waardoor er meerdere systemen naast elkaar bestaan.

## De haven en industriële gebieden

Figuur 46 - Tegelweergave van een havengebied met daarop de verwachte ruimteclaims in dit type gebied



In alle scenario's is er significante ruimte nodig voor de aanlanding van wind op zee. Vooral in het scenario *op grotere schaal denken* gaat dit om een grote hoeveelheid ruimte, omdat er een 9 GW aanlanding van wind op zee komt.

In het havengebied is de industrie ook bezig met het verduurzamen en circulair maken van de processen. Mogelijk kost dit extra ruimte (of levert dit juist ruimte op). Zo kunnen bestaande E-centrales omgebouwd worden naar duurzame varianten.

In het scenario *De grote opgaven gebundeld* is de ruimteclaim voor elektrolyzers, batterijen en stations het grootste vanwege de grootte van de aanlanding.

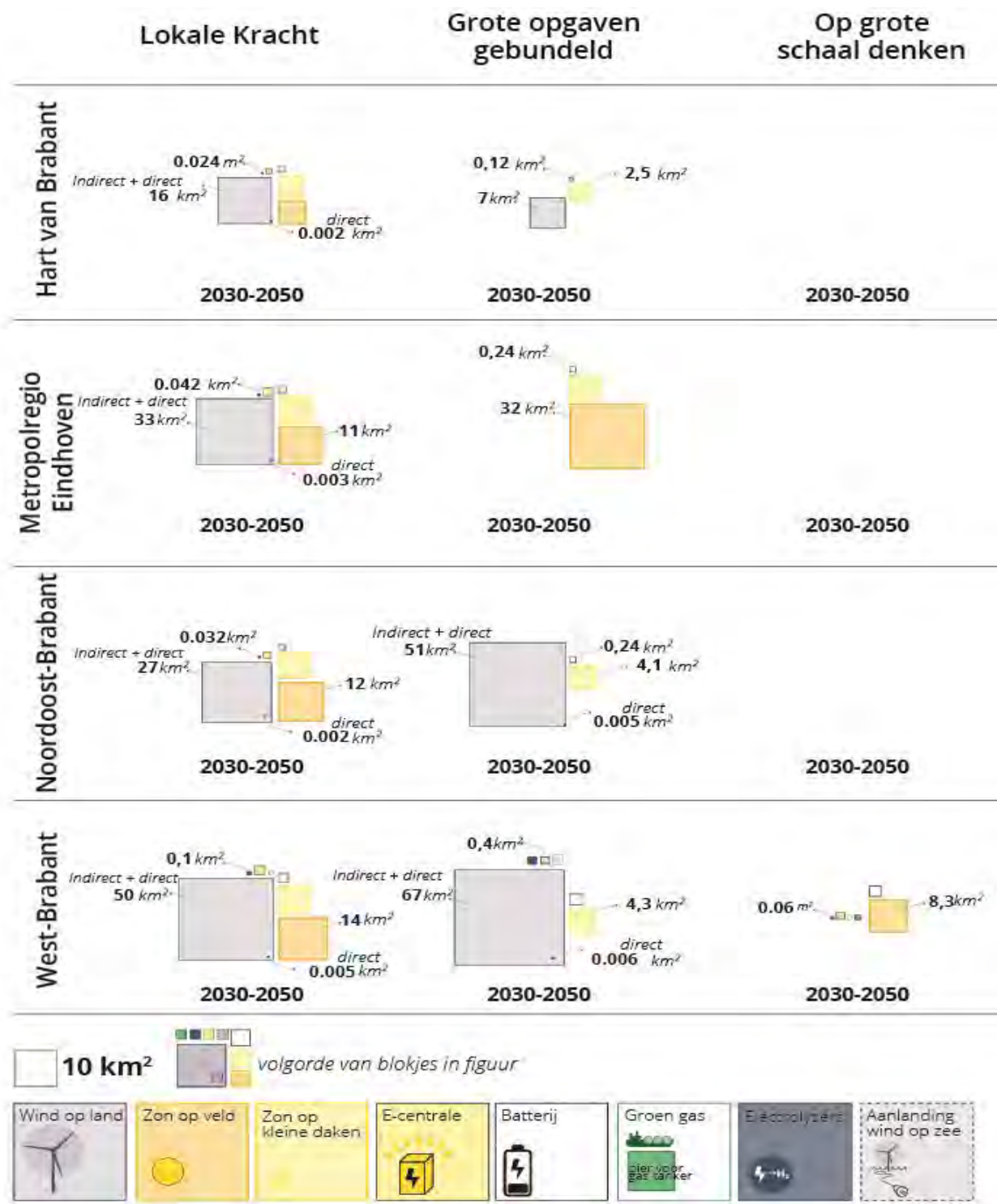
Bij scenario *Op grote schaal denken* is er de grootste impact in dit type gebied door import: het aanmeren van schepen, opslaan en doorvoeren van biogas of waterstofgas kost immers ruimte die specifiek nodig is in het havengebied. Juist in dit gebied spelen er veel veiligheidscontouren vanwege de bezigheden, waardoor het zoeken naar ruimte lastig kan zijn.

**In alle scenario's is dit een grootschalige hub voor energie, vanwege de connectie met wind-op-zee en de connectie met het nationale net.**

### 7.3 Ruimtelijke ontwikkelingen per RES-regio

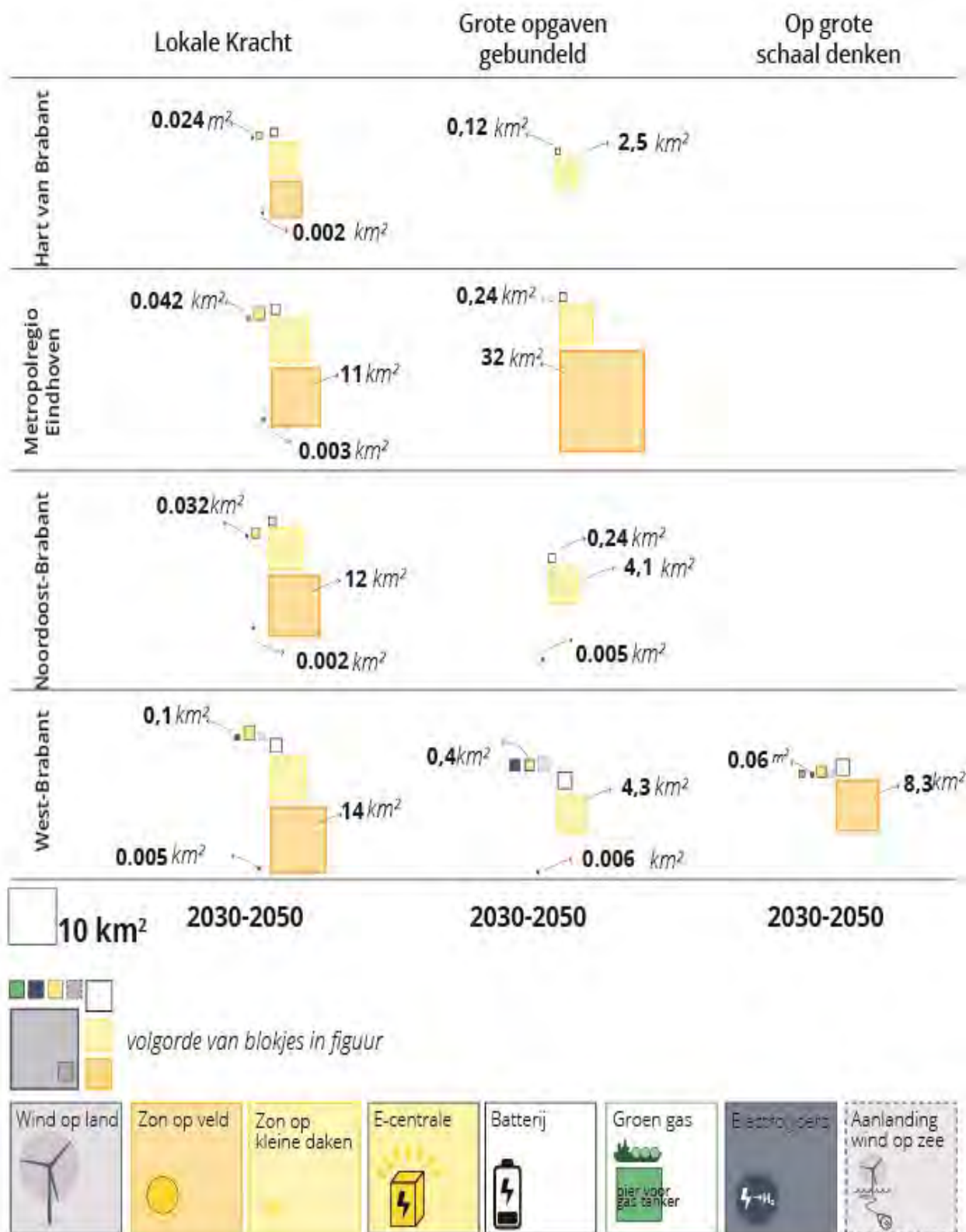
Het overzicht hieronder laat de grootste ruimteclaims zien in het energiesysteem voor de bouwstenen die toegevoegd worden tussen 2030-2050 per RES-regio. De RES-doelstellingen zijn gericht op de periode tot 2030. Deze aantallen zijn dus in alle **scenario's gelijk**.

Figuur 47 - Overzicht van verdeling indirecte<sup>48</sup> en directe ruimteclaim per RES-regio



<sup>48</sup> Een deel van deze ruimte, (indirect), kan met name bij windmolens gecombineerd worden met andere toepassingen zoals landbouw en waterberging. Deze ruimte kan niet gecombineerd worden met toepassingen als woningbouw. De andere indirecte ruimteclaims zijn niet op deze schaal zichtbaar. Voor een overzicht met enkel het directe ruimtegebruik zie Figuur 48.

Figuur 48 overzicht van het directe ruimtegebruik uitgesplitst per RES-regio en weergegeven per scenario. NB: de schaal van deze figuur verschilt van de schaal van Figuur 47 om de leesbaarheid te vergroten



Na 2030 zullen er nog veel ontwikkelingen plaatsvinden. Het is duidelijk dat het scenario *Lokale kracht* de denklijn van de RES doorzet, waarbij de opgave op ruimtelijke wijze gelijk verspreid wordt. In iedere RES-regio zal er opwek, opslag en conversie plaatsvinden. In de **andere twee scenario's zien we juist verschillen tussen de RES-regio's ontstaan, waarbij in *De grote opgaven gebundeld* de nadruk van de ruimteclaim als gevolg van wind meer in de noordrand ligt. In het scenario *Op grote schaal denken* ligt de ruimteclaim bijna volledig in West-Brabant vanwege de haven als gevolg van de import (de totale ruimteclaim is overigens wel kleiner dan de andere scenario's).**

In Figuur 47 is de ruimteclaim voor de uitbreiding van elektriciteitsstations niet te zien, omdat deze beperkt van afmeting is. Toch kan de zoektocht naar nieuwe stations ruimte ingewikkeld zijn, vanwege de industriële uitstraling, milieuruimte (kan afhankelijk van de omliggende functie tot 38 hectare per station zijn) en de wens om de stations rondom de bestaande infrastructuur te lokaliseren. Daarom is in het Tabel 13 te zien hoeveel nieuwe stationslocaties er gezocht worden per RES-regio per scenario, voor de periode ná 2030. **Hierop is te zien dat er voor twee scenario's** naar minimaal twee stationslocaties in West-Brabant en twee stations in Metropoolregio Eindhoven wordt gezocht. Naast de nieuwe stationslocaties zijn er meer uitbreidingen nodig. Deze vinden plaats binnen de bestaande stationsgebieden plaats en vragen daarmee capaciteit en geld, maar leiden niet tot een nieuwe ruimtevraag.

Tabel 13 - Inschatting benodigd aantal nieuwe locaties HS/MS-stations (na 2030)

Inschatting* aantal extra stations nodig (en ruimteclaim in hectares)	Lokale kracht		De grote opgaven gebundeld		Op grote schaal denken	
	ha	Aantal	ha	Aantal	ha	Aantal
Eenheid						
West-Brabant	12	3	8	2	0	0
Noordoost-Brabant	8**	2**	0***	0***	0	0
Metropoolregio Eindhoven	16**	4**	8***	2***	0	0
Hart van Brabant	4	1	0	0	0	0

(\*) Inschatting op de aannames, dit is een eerste inzicht.

(\*\*) Twee van de nieuwe stations bij het scenario *Lokale kracht* kunnen in twee RES-**regio's landen**. Deze zijn nu bij de metropoolregio Eindhoven meegenomen omdat het cluster bijna volledig in die regio ligt.

(\*\*\*) Twee van de nieuwe stations bij het scenario *De grote opgaven gebundeld* kunnen in twee RES-**regio's landen**. Deze zijn nu bij de metropoolregio Eindhoven meegenomen omdat het cluster bijna volledig in die regio ligt.

## 7.4 Ruimtelijke inpassing op de kleine schaal

De kaarten in Paragraaf 7.1 tonen wat de ruimteclaim is op de schaal van de provincie. **De schema's** in Paragraaf 7.3 geven inzicht in de ruimteclaim per RES-regio. Toch blijft de ruimteclaim van de bouwstenen zelf abstract. Het vinden van de juiste locaties voor de bouwstenen van het energiesysteem is complex. Vooral omdat de meeste bouwstenen een sterke relatie hebben met de bestaande infrastructuur: nieuwe stations worden idealiter in de buurt van het bestaande netwerk ontwikkeld, evenals windturbines. Juist omdat de energievraag vaak in stedelijke gebieden of industriegebieden ligt, betekent het dat daar relatief veel afstandseisen gelden.

Ook voor nieuwe stations is het vinden van een nieuwe locatie complex. Er zijn veel onzekerheden rondom de nieuwe stations, allereerst of ze daadwerkelijk nodig zijn. Totdat



er een richting wordt gekozen zijn er ruimtelijke reserveringen nodig. We weten nog niet waar deze zoekgebieden precies liggen. Wel gelden er een aantal uitgangspunten:

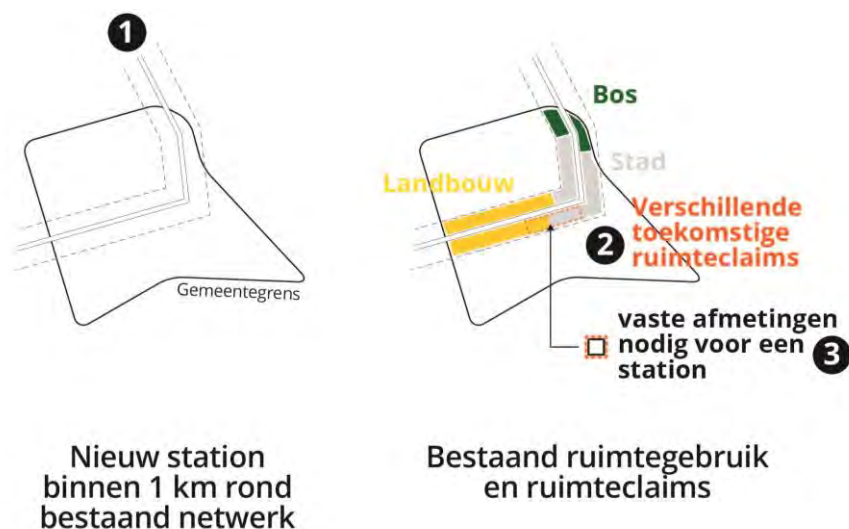
- Er is een aaneengesloten oppervlak van 4 ha nodig voor een nieuw station. De afmetingen dienen enigszins rechthoekig te zijn, minimaal 100 m breed/lang.
- Voldoende afstand tot woningen en gevoelige objecten (vanwege geluid en magnetische straling). De richtlijn tussen gevoelige objecten en het HS/MS-station is in het kader van geluid 350 m, maar moet per station in meer detail bekeken worden voor de decibelwaarden in de dag en nachtsituatie (TenneT, 2022b). Dit vraagt per station om 38 hectare ruimte waarin geen kwetsbare objecten staat.
- Ook bij uitbreidingen binnen het bestaande stationsgebied moet er onderzocht worden of er nog voldoende milieuruimte beschikbaar is. Dit is afhankelijk van de situatie.
- Vanwege kostentechnische overweging ligt het nieuwe station zo dicht mogelijk bij de bestaande kabels.
- De ruimtelijke reservering kan niet gebruikt worden voor andere opgaven, zoals verstedelijking, recreatie of waterberging.
- Afhankelijk van het scenario worden er meer bouwstenen aan een station gekoppeld (bijvoorbeeld opwek, opslag en conversie in het *Lokale kracht scenario*). Dit zorgt ervoor dat de ruimteclaim van ongeveer 5 ha groter wordt.

Deze uitgangspunten zorgen ervoor dat de binnenstedelijke gebieden waarschijnlijk afvallen als potentiële stationslocatie. Er zal voornamelijk in de randen van stedelijke gebieden, rondom bedrijventerreinen of in het open landschap (langs infrastructuur) gezocht worden. Dit zijn vaak ook de locaties waarnaar gekeken wordt voor de invulling van nieuwe woningbouwlocaties, uitbreidingen van bedrijventerreinen, recreatiegebieden of sportlocaties. Hoewel de fysieke ruimteclaim van een station niet erg groot is zorgen bovenstaande punten ervoor dat de zoektocht naar een geschikte plek complex is.

Het illustratieve voorbeeld hieronder laat dat zien: Stel in denkbeeldige gemeente X is er een zoektocht naar een nieuwe stationslocatie (ongeveer 5 ha). (1) Idealiter ligt dit station in de nabijheid van het bestaande netwerk (in voorbeeld is 1 km genomen). Dit uitgangspunt verkleint het zoekgebied. In deze strook zijn nu al functies die niet te combineren zijn met een nieuw station (zoals woningbouw, een plas water). Hier komen bovendien ook nog ruimtelijke plannen er reserveringen van onder andere woningbouw, etc. bij (2). Welke functies wél geschikt bevonden worden hiervoor moet nog verder worden gedefinieerd. Tot slot wordt er gezocht naar een aaneensluitend perceel, dat niet versnipperd is (3). Het voorbeeld geeft aan dat de fysieke ruimteclaim klein kan zijn, maar dat de zoektocht naar ruimte toch complex zal zijn.



Figuur 49 - Schematische weergave van zoektocht naar geschikte locatie voor een nieuw station, zie tekst voor toelichting



De foto's hierna illustreert dit voor de omgeving Moerdijk en Geertruidenberg. De aanlanding van wind op zee vraagt ruimte, evenals elektrolyzers en batterijen. In het voorbeeld is die ruimteclaim weergegeven voor het scenario *De grote opgaven gebundeld*. Hier is te zien dat de inpassing erg complex gaat worden. Veel ruimte is vergeven, of is te versnipperd om de ontwikkelingen mogelijk te maken.

Figuur 50 - Ruimteclaim van het scenario *De grote opgaven gebundeld* voor omgeving Moerdijk, met 6 GW aanlanding wind op zee



Figuur 51 - Ruimteclaim van het scenario *De grote opgaven gebundeld* voor omgeving Geertruidenberg, met 3 GW aanlanding wind op zee

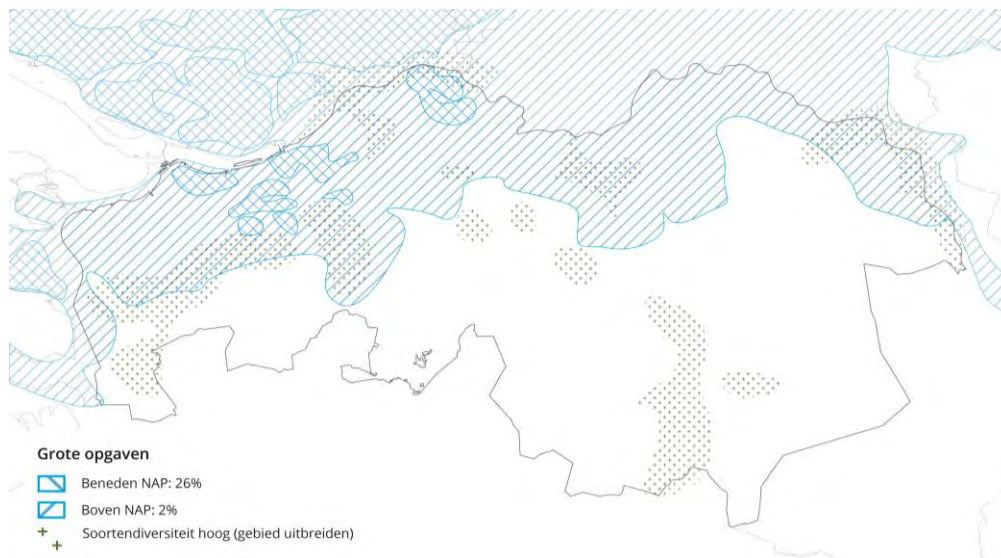


## 7.5 Overige ruimtelijke ontwikkelingen

Het energiesysteem is slechts één van de ontwikkelingen waarmee de provincie te maken krijgt. Andere ontwikkelingen staan beschreven in de Brabantse omgevingsvisie en zijn onder andere klimaatadaptatie, waterveiligheid (in het kader van landelijke Delta-programma) en het circulair maken van de industrie en de woningbouwopgave (Provincie Noord-Brabant, 2018). Deze (toekomstige) ontwikkelingen hebben ook een ruimteclaim. Bovendien kunnen ze van invloed zijn op de (on)mogelijkheden voor de ruimteclaim van het toekomstige energiesysteem. We zien twee duidelijke raakpunten met het toekomstige energiesysteem en andere ruimtelijke ontwikkelingen:

1. Andere ontwikkelingen hebben (mogelijk) invloed op de toekomstige vraag van energie. Dit heeft invloed op de benodigde veranderingen van het energiesysteem.
2. Daarnaast kan de ruimteclaim van andere ontwikkelingen botsen of juist synergie brengen met de ruimteclaim van het energiesysteem. Een voorbeeld hiervan is de synergieprojecten tussen het verhogen van de biodiversiteit door extensieve zonnevelden te ontwikkelen. Gebieden waar de biodiversiteit nu laag is kunnen zo getransformeerd worden. Een ander voorbeeld is de waterveiligheidsopgave en de waterbergingsopgave. Deze functies kunnen niet altijd met alle andere functies gecombineerd worden (zoals wonen). Windturbines moeten vanwege veiligheid ook verder van woningen af staan. Deze twee transitie zouden in synergie kunnen worden uitgedacht.

Figuur 52 - Voorbeeld van twee andere ruimtelijke opgaven: de waterveiligheidsopgave en de opgave om de biodiversiteit te versterken. Ontwikkelingen voor het energiesysteem kunnen mogelijk gekoppeld worden aan andere ruimtelijke opgaven of ze zelfs versterken

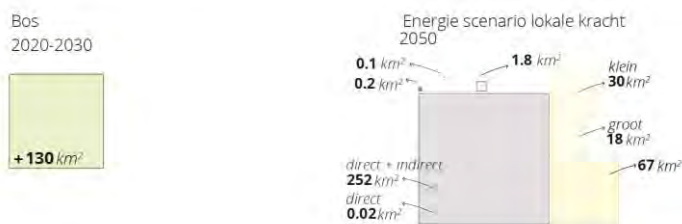


In Paragraaf 7.1-7.4 worden ruimteclaims van de bouwstenen met elkaar vergeleken. Om dit in perspectief te plaatsen, hebben we de opgave voor bosontwikkeling (Provincie Noord-Brabant, 2020) **tot 2030 naast de ruimteclaim van één van de scenario's gezet (Lokale kracht)**.

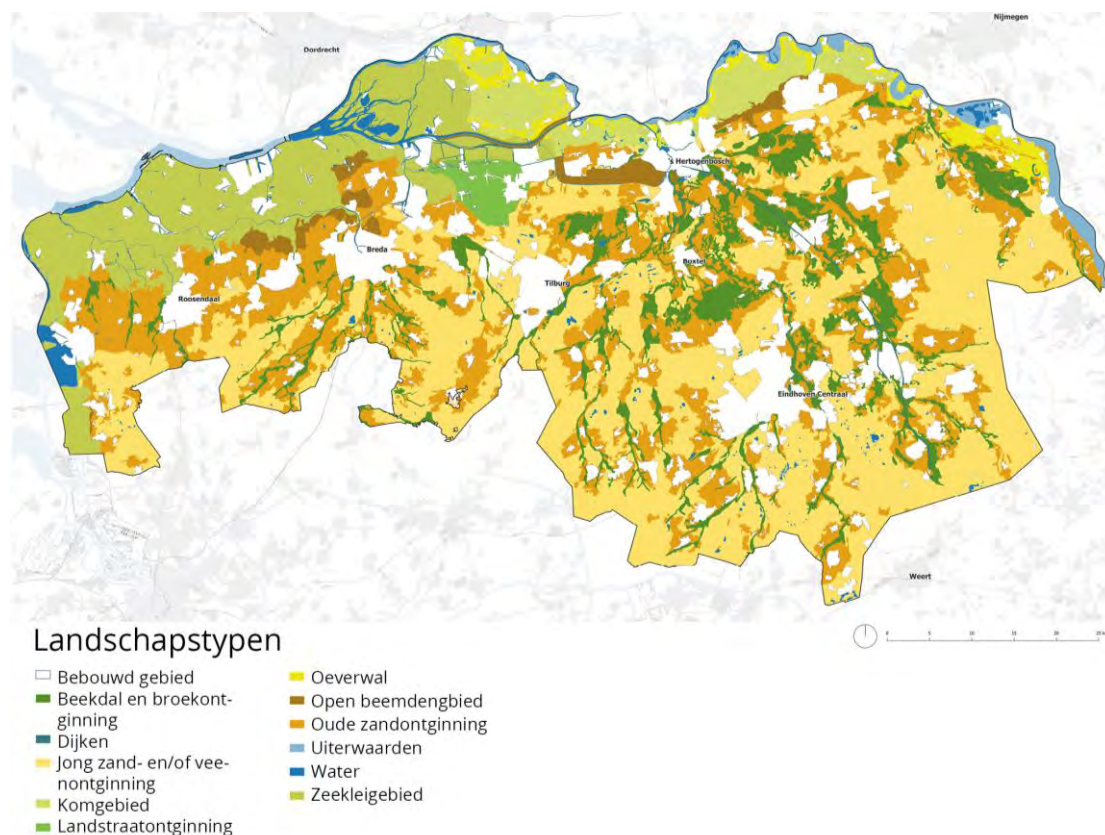
De vergelijking laat zien waarom het handig is om functies slim te combineren. Dit is tevens een uitgangspunt dat zowel in de nationale als de provinciale omgevingsvisie terugkomt (Provincie Noord-Brabant, 2018).

Figuur 53 - Ruimteclaims vergeleken

Opgaven in vergelijking



Figuur 54 - kaartbeeld met daarop de landschapstypen in de provincie (bewerking van opendata.brabant.nl). Het scenario *De grote opgaven gebundeld* maakt gebruik van de identiteit van de grootschalige zeeleipolders en rivierkleipolders



Zoals beschreven is in Paragraaf 4.1, zijn de drie NOVI-principes meegenomen in de **totstandkoming van de energiescenario's** (BZK, 2020).

- meervoudig ruimtegebruik vóór enkelvoudig gebruik;
- kenmerken en identiteit van een gebied staan centraal;
- afwentelen naar tijd, plaats en generaties wordt voorkomen.

Afhankelijk van de schaal zorgt dit voor een andere uitkomst: zo wordt er in het scenario *Op grote schaal denken* afgewenteld buiten Nederland, en bij scenario *De grote opgaven gebundeld* binnen de provincie. **Bij de invulling van de scenario's is ook te zien dat er op een ander niveau van identiteit wordt aangesloten:** bij scenario *De grote opgaven gebundeld* wordt de koppeling gemaakt met opgaven op nationale schaal en bij de identiteit van een gebied dat provincie-overschrijdend is (grootschalige landschappen) en bij scenario *Lokale kracht* juist naar de identiteit op kleinere schaal. Bij scenario *Lokale kracht* wordt er gezocht naar synergie met meer lokale opgaven, bij scenario *De grote opgaven gebundeld* wordt er synergie gezocht met de nationale stikstofopgave en de waterveiligheidsopgave. Bij het scenario *Op grote schaal denken* ligt deze afweging



grotendeels buiten de invloedssferen van de provincie: de opwek en opslag en conversie vinden op een andere locatie plaats.

## 7.6 Beoordeling ruimtelijke keuzes

Er liggen verschillende ruimtelijke keuzes ten grondslag aan de **drie scenario's die** gehanteerd worden in dit onderzoek. In deze paragraaf identificeren we deze ruimtelijke keuzes en brengen we de overwegingen van de keuzes in kaart, op basis van het beoordelingskader van de IEA van het PEH. Deze ruimtelijke keuzes werken we uit voor de situatie in 2050.

Het doel van de beoordeling van de ruimtelijke keuzes is tweeledig. Deze beoordeling geeft **inzicht in de effecten van de ruimtelijke keuzes binnen de gebruikte scenario's, maar biedt** ook handvaten voor de provincie voor het vaststellen van een eigen beoordelingskader bij het maken van ruimtelijke keuzes.

We beoordelen elke ruimtelijke keuze op de pijlers Milieu & Ruimte, Welvaart en Systeemefficiëntie. Er is geen beoordeling van de individuele ruimtelijke keuzes mogelijk voor de pijlers Doelbereik en Uitvoerbaarheid. Deze pijlers hebben betrekking op het complete energiesysteem. Daarom nemen we deze pijlers niet mee bij de beoordeling. Een uitgebreide omschrijving van het beoordelingskader en de beoordeling voor Milieu & Ruimte is te vinden in Bijlage G.

### 7.6.1 Welke ruimtelijke keuzes kunnen gemaakt worden?

#### Locaties hernieuwbare opwek op land

Tot 2030 worden de locaties van hernieuwbare opwek op land bepaald in de RES'en. In de **scenario's worden verschillende ruimtelijke** principes gehanteerd voor de plaatsing van windmolens op land en zonneparken na 2030. In het scenario *Lokale kracht* wordt uitgegaan van zoveel mogelijk lokale autarkie en daarmee van spreiding van de hernieuwbare opwek op land. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* wordt de opgave voor hernieuwbare opwek op land na 2030 ingevuld met clustering van windmolens en zonneparken bij grootschalige landschappen. In het scenario *Op grote schaal denken* worden na 2030 geen nieuwe windmolens en zonneparken in de provincie geplaatst.

#### Locaties regelbare centrales

Richting 2050 neemt de vraag naar elektriciteit fors toe, terwijl de hernieuwbare opwek variabel is. Een groot deel van het jaar kan deze vraag ingevuld worden door productie van hernieuwbare bronnen (zon, wind), maar ook op de momenten dat het niet waait en de zon niet schijnt moet er voldoende geproduceerd worden om aan de vraag te voldoen. Daardoor is in 2050 fors meer regelbaar vermogen nodig in de vorm van elektriciteitscentrales.

Er is naar verwachting fors meer vermogen aan regelbare centrales nodig in 2050, bovenop de huidige grootschalige centrales. De additionele regelbare centrales kunnen op verschillende locaties terecht komen. In het scenario *Lokale kracht* komen er veel kleine productie-eenheden verspreid door de provincie. Deze kleine regelbare centrales worden in de buurt van 380 kV- of 150 kV-stations en zo dicht mogelijk bij de elektriciteitsvraag geplaatst. **Bij de scenario's** *De grote opgaven gebundeld* en *Op grote schaal denken* worden extra grootschalige centrales geplaatst bij Geertruidenberg en Moerdijk.

## Locaties elektrolyzers

De opwek van hernieuwbare elektriciteit neemt richting 2050 sterk toe. Gedurende het jaar zullen er momenten ontstaan waarbij het aanbod aan hernieuwbare elektriciteit groter is dan de vraag. Daarbij ontstaat voor een aantal sectoren, met name in de industrie, een vraag naar waterstof richting 2050. Deze vraag kan (deels) ingevuld worden met behulp van elektrolyzers. Elektrolyzers kunnen ingezet worden om water met behulp van overschotten aan elektriciteit om te zetten in waterstof

Het is vanuit het energiesysteem efficiënt om deze elektrolyzers bij locaties met veel aanbod van elektriciteit te plaatsen, zoals locaties met veel hernieuwbare opwek op land of bij aanlandingspunten van wind op zee. Door het plaatsen van elektrolyzers op deze locaties kunnen overschotten van elektriciteit direct omgezet worden in waterstof en is er minder transport van elektriciteit nodig is. In het scenario *Lokale kracht* worden zowel kleinschalige elektrolyzers bij hernieuwbare opwek op land als grootschalige elektrolyzers **bij de aanlandingspunten van wind op zee geplaatst. In de scenario's *De grote opgaven gebundeld* en *Op grote schaal denken* worden alleen grootschalige elektrolyzers bij aanlandingspunten van wind op zee geplaatst.**

## Aanlanding wind op zee in Noord-Brabant

In de toekomst wordt een groot deel van de elektriciteit opgewekt door windparken op de Noordzee. Al deze windstroom moet van de aanlandingslocaties naar de vraaglocaties getransporteerd worden. Dit heeft een grote impact op het hoogspanningsnet aangezien er veel elektriciteit van de kust naar het binnenland (en naar het buitenland) getransporteerd moet worden. Deze elektriciteit kan getransporteerd worden via het reguliere (bovengrondse) hoogspanningsnet, maar het is ook mogelijk om een directe ondergrondse HVDC-verbinding naar een hoogspanningsstation in het binnenland te trekken. Dit heet diepe aanlanding. Dit zou in Noord-Brabant in Moerdijk en/of Geertruidenberg kunnen. In **de scenario's *Lokale kracht* en *Op grote schaal denken* gaan we uit van 2 GW aanlanding in Moerdijk. In het scenario *De grote schaal opgaven gebundeld* gaan we uit van 6 GW aanlanding in Moerdijk en 3 GW aanlanding in Geertruidenberg.**

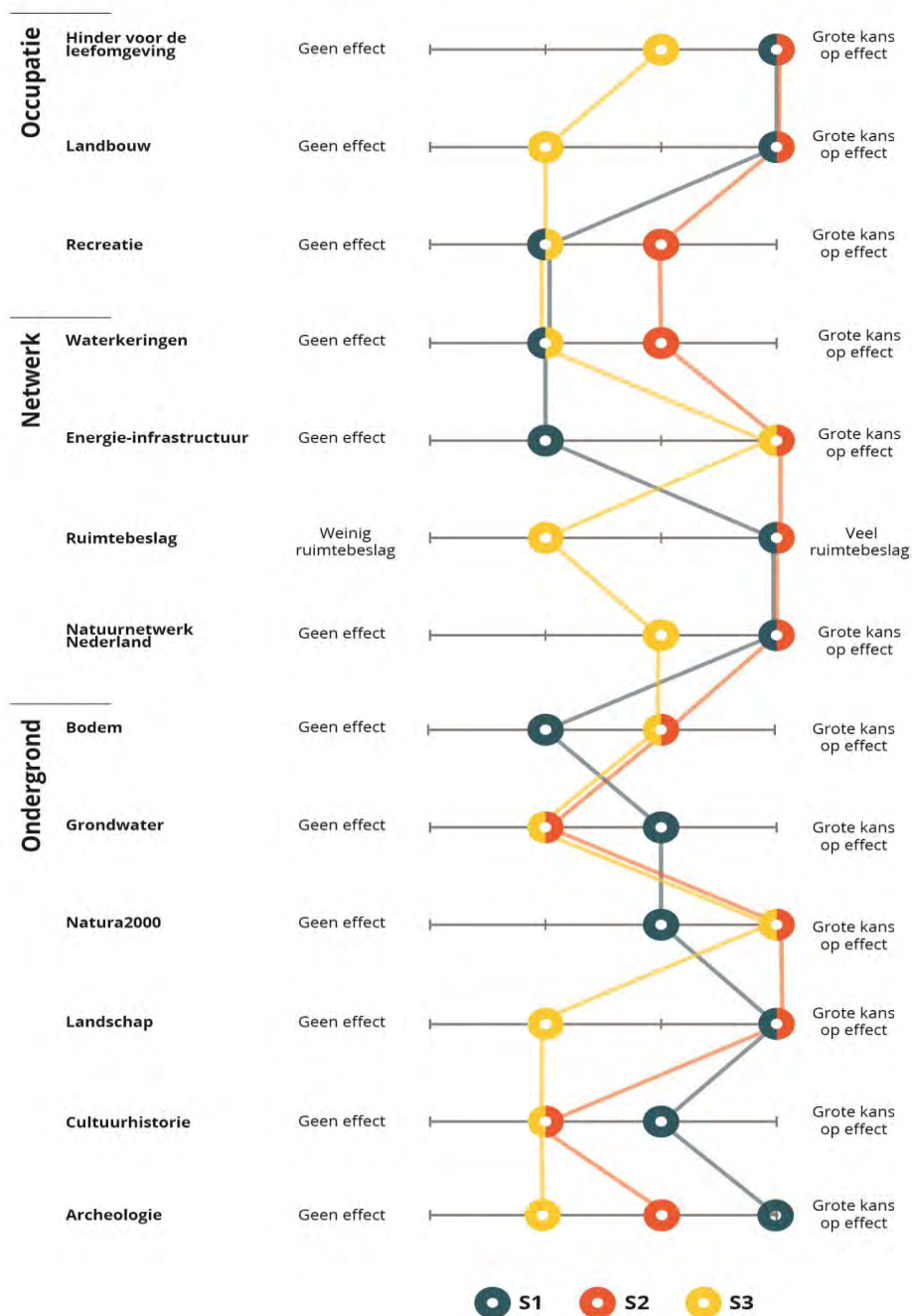
### 7.6.2 Beoordeling effecten ruimtelijke keuzes

Hieronder zijn de bouwstenen (wind op land, zon op land, elektriciteitscentrales, elektrolyzers en batterijen) meegenomen de beoordeling van de ruimtelijke effecten. De totalen per scenario zijn hieronder getoond in Figuur 55. De effecten op milieu & ruimte **hangen af van specifieke keuzes voor locaties in de scenario's. Het is daarom goed om bij het maken van ruimtelijke keuzes te kijken naar de effecten op specifieke locaties en niet naar algemene effecten.**

De uitgesplitste toelichting staat in Bijlage G. Hierin wordt ook benoemd hoe de verschillende aspecten beoordeeld worden.



Figuur 55 - Beoordeling effecten Milieu & Ruimte totaal overzicht



### Locaties hernieuwbare opwek op land

Windmolens op land en zonneparken leiden, naast de directe kosten voor productie, tot externe kosten door de hinder die ervaren wordt door omwonenden. De productiekosten verschillen niet veel van elkaar tussen de verschillende ruimtelijke principes, maar de externe kosten liggen een stuk lager bij clustering van windmolens en zonneparken in het scenario *De grote opgaven gebundeld*. Dit is toe te schrijven aan het feit dat minder mensen visuele hinder ondervinden door hernieuwbare opwek te clusteren in wind- en

zonneparken. Dit betekent dat de clustering van windmolens en zonneparken beter beoordeeld wordt vanuit het perspectief van *welvaart*.

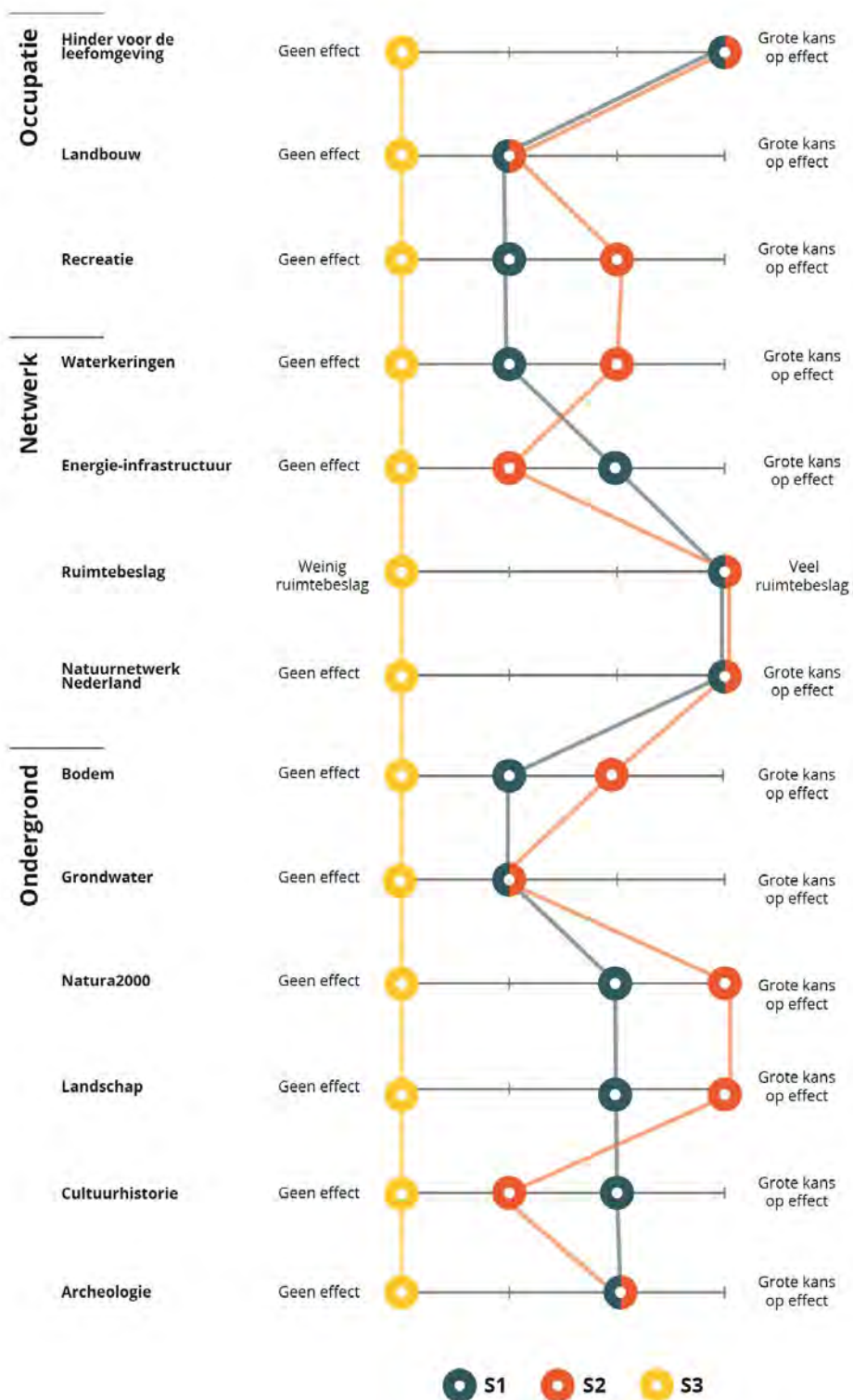
Of clustering van hernieuwbare opwek op land, bij het scenario *De grote opgaven gebundeld*, een positieve of negatieve impact heeft op de *systeemefficiëntie* is afhankelijk van de manier waarop de opwek aangesloten wordt. Bij clustering van hernieuwbare opwek ligt het aanbod minder dicht bij de vraag, waardoor meer transport van elektriciteit nodig is wat mogelijk tot extra uitbreidingen van elektriciteitsinfrastructuur leidt. Maar doordat de opwek direct aangesloten kan worden op het hoogspanningsnet is de belasting op het regionale elektriciteitsnet minder en zijn daar minder uitbreidingen nodig. Hoe deze twee zaken tegen elkaar afwegen is afhankelijk van de precieze manier van aansluiten. Het is daarom niet te bepalen welk scenario het beste scoort op het aspect systeemefficiëntie.

Figuur 56 en Figuur 57 geven de beoordeling *Milieu en Ruimte* voor de bouwstenen wind op land en zon op land weer. Hierbij wordt alleen de additionele wind en zon op land na 2030 meegenomen, aangezien de ontwikkelingen tot 2030 voor alle scenario's gelijk zijn.

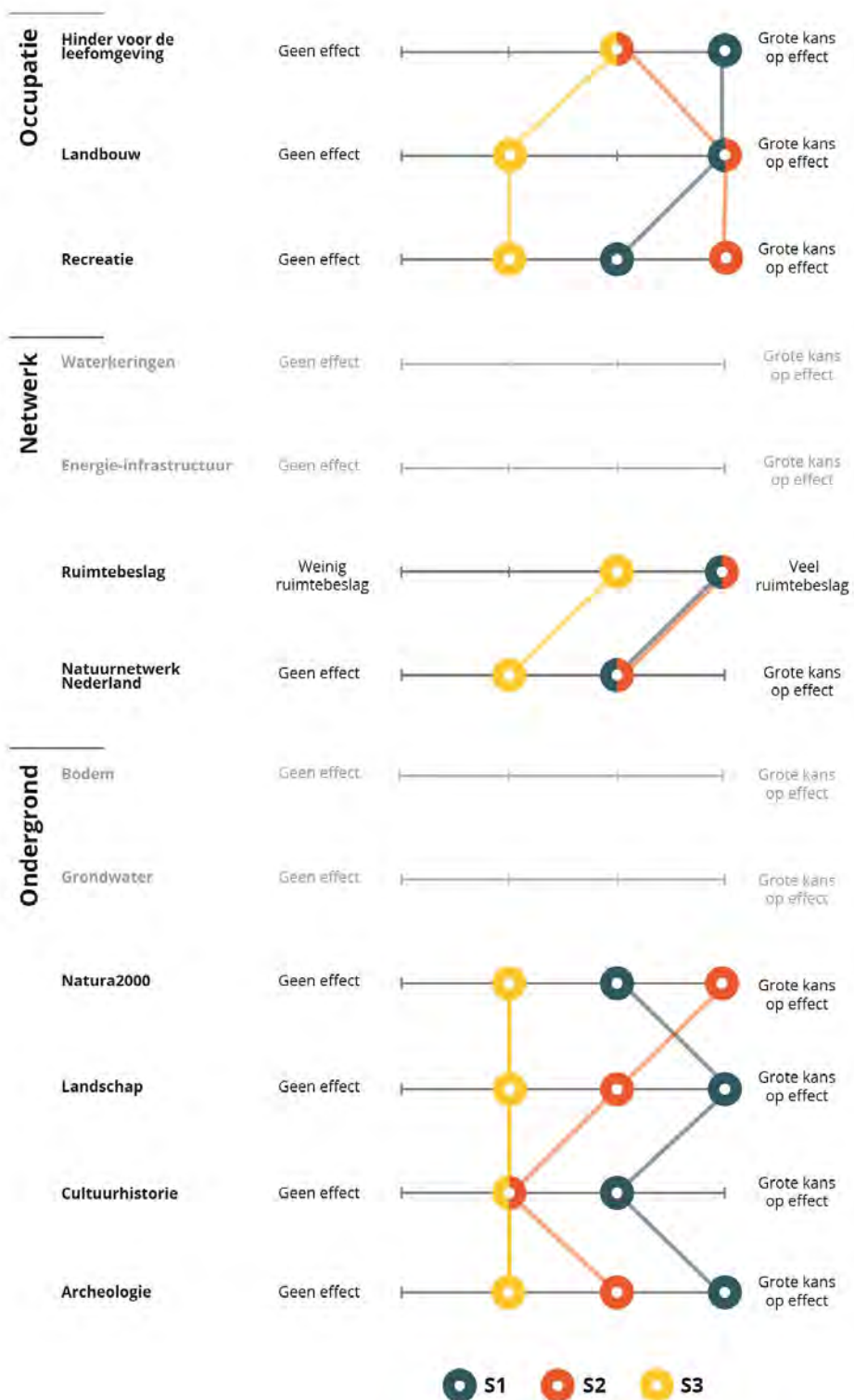
Uit deze beoordeling kunnen de volgende conclusies getrokken worden voor zon en wind:

- Bij de hoeveelheden hernieuwbare opwek uit **de scenario's Lokale kracht** en *De grote opgaven gebundeld* heb je altijd veel effecten op de omgeving. Dit is een stuk minder als er weinig nieuwe opwek bijkomt, zoals in het scenario *Op grote schaal denken*.
- In totaal wordt spreiding van hernieuwbare opwek voor de windmolens op land net iets beter beoordeeld dan clustering. Bij zon op land zijn er bij spreiding de grootste kans of effecten op de omgeving. Deze conclusies kunnen bij keuze voor andere locaties iets anders uitvallen.
- Spreiding van hernieuwbare opwek (S1, *Lokale kracht*) leidt tot een grotere kans op effecten voor de leefomgeving doordat er meer windmolens en zonneparken in de buurt van woningen staan. Door spreiding van opwek ontstaat het risico dat het gehele landschap van de provincie in de toekomst wordt gedomineerd door opwek middels zon en wind. Hierdoor is er de kans dat wind- en zonneparken overal in de provincie onderdeel gaan worden van het landschapsbeeld en een verrommeld beeld gaat ontstaan. Om dit te voorkomen zijn duidelijke randvoorwaarden nodig voor de situering en inpassing van deze zonne- en windparken. Daarbij moet ook gekeken worden naar de draagkracht van de provincie.
- Bij clustering van hernieuwbare opwek (S2, *De grote opgaven gebundeld*) bestaat de kans dat de kenmerkende uitstraling van het Rivierengebied door de komst van de windparken en de kenmerkende uitstraling van De Peel in het zuidoosten van Brabant door de komst van de zonneparken wezenlijk gaan veranderen. Daarnaast zullen bewoners van deze gebieden geconfronteerd worden met meerdere wind- en zonneparken. Met een grotere impact tot gevolg, dan wanneer het gaat om slechts 1 wind- of zonnepark.

Figuur 56 - Beoordeling effecten Milieu & Ruimte wind op land



Figuur 57 - Beoordeling effecten Milieu & Ruimte zon op land



## Locaties regelbare centrales

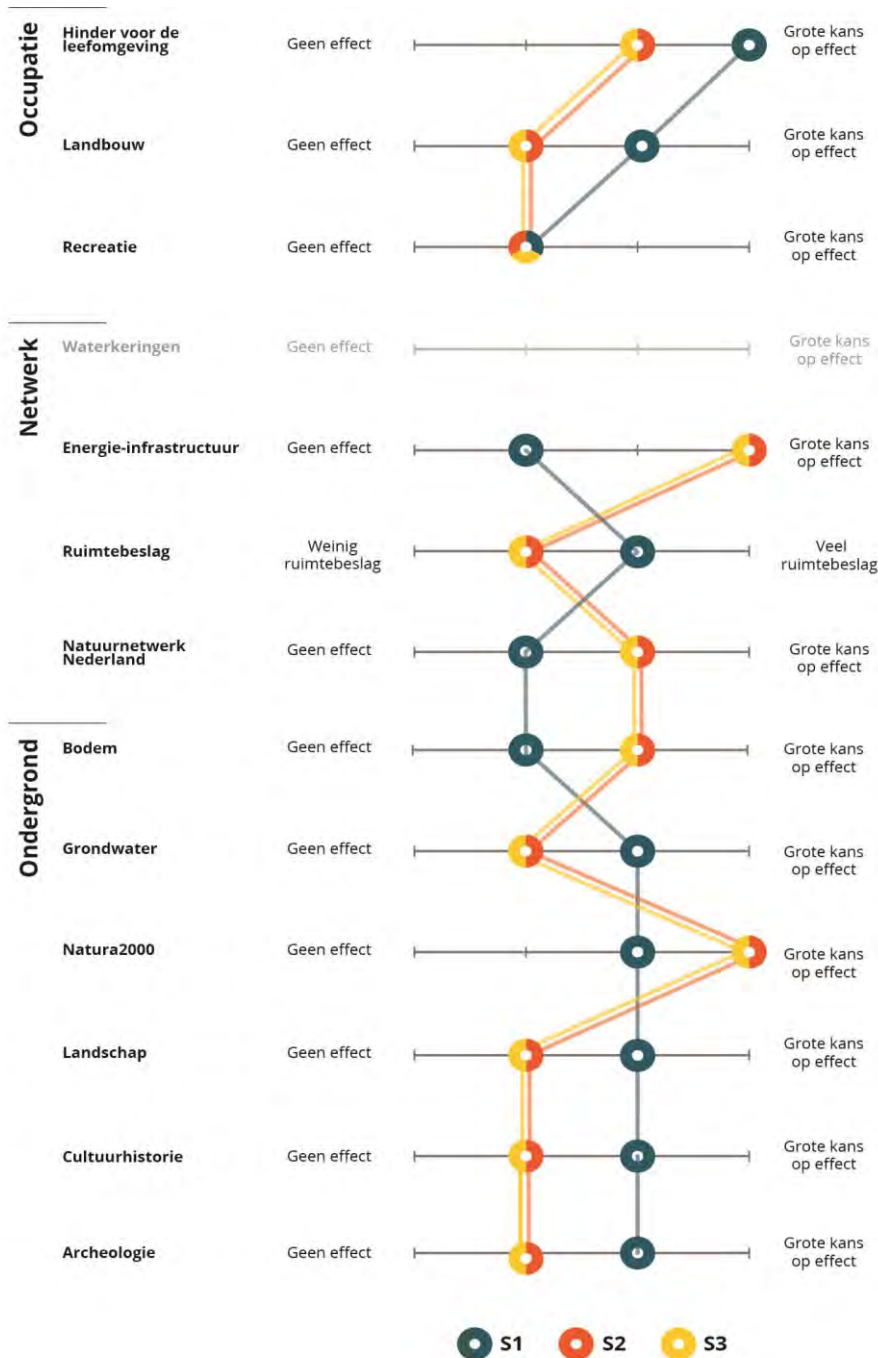
In principe is spreiding van de regelbare centrales, in het scenario *Lokale kracht*, het meest gunstig voor de elektriciteitsinfrastructuur. Door spreiding kunnen de regelbare centrales zo dicht mogelijk bij de lokale tekorten aan elektriciteit geplaatst worden waardoor het transport van elektriciteit geminimaliseerd wordt. Bij clustering, **in de scenario's** *De grote opgaven gebundeld* en *Op grote schaal denken*, is er meer afstand tussen de productie en de vraag wat leidt tot een grotere transportbehoefte. Uit de analyses in de IEA van het PEH volgt echter dat dit niet leidt tot extra uitbreidingen aan de elektriciteitsinfrastructuur. Er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar voor de grotere transportbehoefte. Bij spreiding van regelbare centrales zijn er wel meer mogelijkheden voor TenneT om knelpunten in de hoogspanningsinfrastructuur operationeel op te lossen via redispatch. Als knelpunten niet operationeel opgelost kunnen worden kan dit in het ergste geval ertoe leiden dat vraag afgeschakeld moet worden. In dat geval ontstaan er lokaal problemen met de leveringszekerheid. Daarom wordt spreiding van regelbare centrales iets beter beoordeeld op *systeemefficiëntie*. Vanuit het perspectief van *welvaart* zijn er naar verwachting geen significante verschillen tussen beide opties.

Op basis van de beoordeling van *Milieu en Ruimte*, zoals te vinden in Figuur 58, blijkt dat bij spreiding van regelbare centrales de kleinste kans op negatieve effect op de omgeving heeft. Spreiding (scenario *Lokale kracht, S1*) leidt wel tot een iets grotere kans op hinder voor omwonenden. Maar bij clustering (**scenario's** *Op grote schaal denken, S2* en *De grote opgaven gebundeld, S3*) is er een grote kans op (grotere) negatieve effecten bij de Barro-locaties Moerdijk en Geertruidenberg. Dit zijn complexe gebieden met weinig beschikbare ruimte, veel bestaande energie-infrastructuur en nabij natuurgebieden (Natura 2000 en NNN).

De Barro-locatie Moerdijk is een complexe industriële omgeving. De locatie grenst direct zuidelijk van het Hollands Diep en is omringd door landbouwgronden met in de directe omgeving meerdere woonkernen (Moerdijk, Klundert, Zevenbergen) en recreatiegebieden. Binnen de Barro-locatie liggen verschillende risicocontouren en is beperkt ruimte beschikbaar. Ook de (netwerk)infrastructuur maakt deze locatie complex. Er loopt een groot aantal buisleidingen naar deze Barro-locatie, evenals een bovengrondse 150 kV- en 380 kV-verbinding en spoorwegen. De locatie wordt omringd door een primaire waterkering en kleine NNN-gebieden. Direct ten zuiden ligt de rijksweg A17. Het Hollandsch Diep en het gebied te noorden daarvan is aangemerkt als Natura 2000-gebied Hollands Diep en nationaal landschap, waar ook landschappen met aardkundige waarden liggen.

De Barro-locatie Geertruidenberg ligt direct langs een vaarweg in het deltagebied waar het Hollandsch Diep zich opsplijt in de Nieuwe Merwede en de Bergsche Maas. Zuidelijk van Natura 2000-gebied de Biesbosch. De locatie bestaat uit één aaneengesloten gebied met daarin de kolengestookte Amercentrale van RWE zich bevindt. Binnen de locatie bevinden zich koelwater- en havenfaciliteiten (waaronder een koeltoren). Vanaf de centrale lopen meerdere 150 kV-verbindingen richting een 150 kV-station ten zuiden van de Barro-locatie waar ook een 380 kV-station ligt.

Figuur 58 - Beoordeling effecten Milieu & Ruimte regelbare centrales



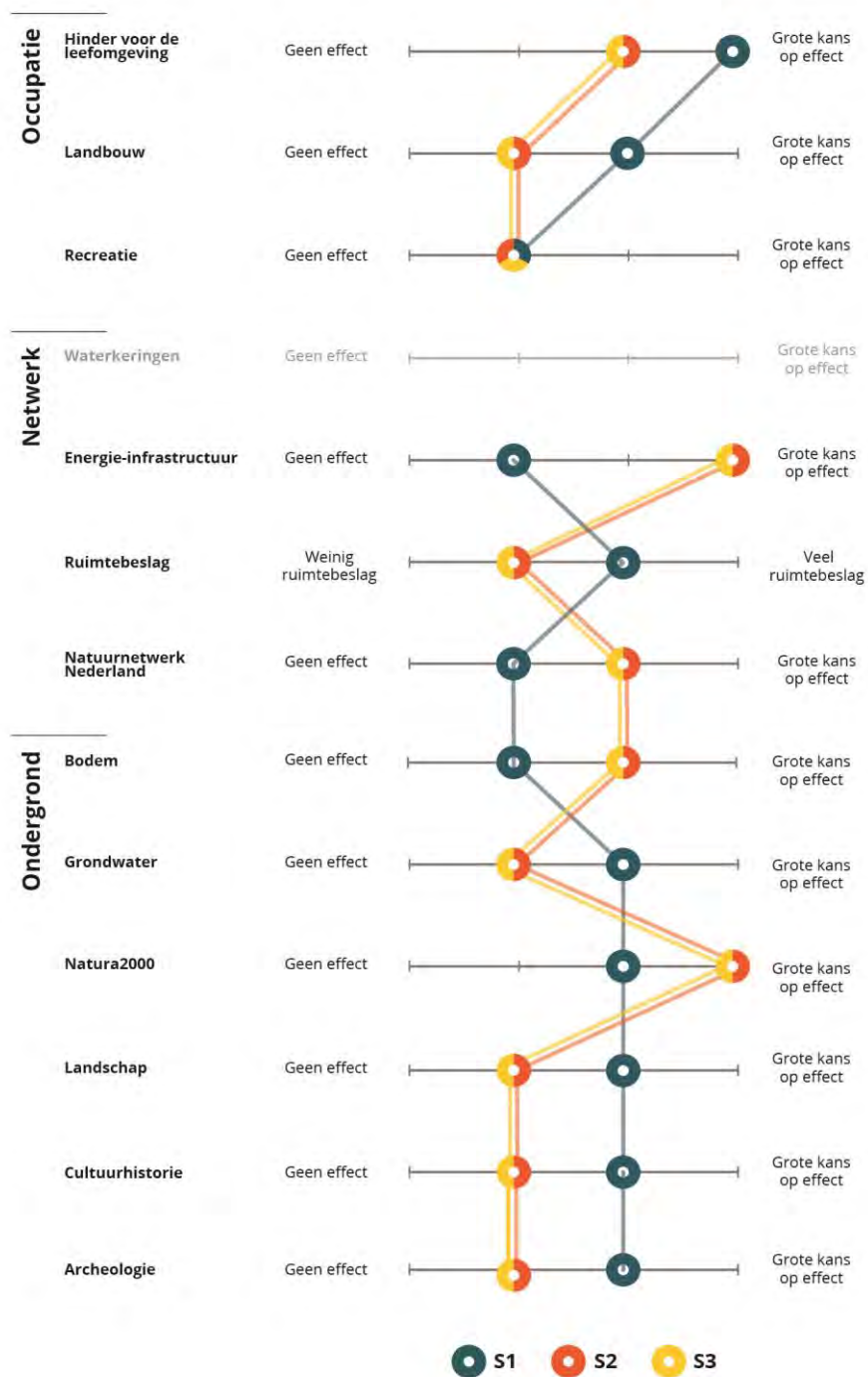
## Locaties elektrolyzers

In principe is het plaatsen van zowel kleinschalige elektrolyzers bij 150 kV stations in de buurt van hernieuwbare opwek op land als grootschalige elektrolyzers bij de aanlandingspunten van wind op zee geplaatst, bij het scenario *Lokale kracht*, het meest gunstig voor de elektriciteitsinfrastructuur. Door spreiding kunnen de elektrolyzers zo dicht mogelijk bij de lokale overschotten aan elektriciteit geplaatst worden waardoor het transport van elektriciteit geminimaliseerd wordt. Uit de analyses van de IEA van het PEH



volgt echter dat er ook bij het uitsluitend plaatsen van geclusterde elektrolyzers bij **aanlandingspunten van windparken op zee, bij de scenario's *De grote opgaven gebundeld* en *Op grote schaal denken***, niet leidt tot significant veel extra knelpunten bij de elektriciteitsinfrastructuur. Daarom worden spreiding en clustering van elektrolyzers gelijkwaardig beoordeeld op *systemefficiëntie*. Vanuit het perspectief van *welvaart* zijn er naar verwachting geen significante verschillen tussen beide opties.

Figuur 59 - Beoordeling effecten Milieu & Ruimte elektrolyzers



Op basis van de beoordeling van *Milieu en Ruimte*, zoals te vinden in Figuur 59, blijkt dat bij spreiding van elektrolyzers de kleinste kans op negatieve effecten heeft. De conclusies zijn vergelijkbaar met de conclusies bij de regelbare centrales. Spreiding (scenario *Lokale kracht, S1*) leidt wel tot een iets grotere kans op hinder voor omwonenden. Maar bij **clustering (scenario's *Op grote schaal denken, S2* en *De grote opgaven gebundeld, S3*)** is er een grote kans op (grotere) negatieve effecten bij Moerdijk en Geertruidenberg.

## Aanlanding wind op zee in Noord-Brabant

Aanlanding van wind op zee in Moerdijk of Geertruidenberg in plaats van aan de kust (in Rotterdam of Zeeland) kan ervoor zorgen dat minder hoogspanningsinfrastructuur nodig is tussen de kustlocaties en Noord-Brabant. Daartegenover staat echter dat er over een extra stuk ondergrondse HVDC-infrastructuur nodig is, vanaf de kust naar Geertruidenberg en Moerdijk. Daarom scoren beide opties, aanlanding van wind op zee aan de kust en aanlanding van wind op zee in Noord-Brabant, ongeveer gelijkwaardig op *systeem-efficiëntie*. Ondergrondse HVDC-infrastructuur is naar verwachting een stuk duurder dan bovengrondse verzwaringen aan hoogspanningsleidingen. Daarom scoort aanlanding aan de kust beter op het punt van *welvaart*.

Aanlanding van wind op zee in Noord-Brabant heeft vanuit *Milieu en Ruimte* een forse impact op de Barro-locaties Moerdijk en Geertruidenberg. De aanlanding van maximaal 6 GW windenergie op zee bij Moerdijk en maximaal 3 GW bij Geertruidenberg vraagt om een fors ruimtebeslag voor (onderdelen van) hoogspanningsstations, convertorstations en (eventueel) elektrolyzers en batterijen. Dit leidt tot een grote kans op effecten. Het grootste aandachtspunt bij beide locaties is de beschikbare ruimte om de bouwstenen te realiseren in de omgeving. Daarnaast zijn er grote kansen op effecten door de aanwezigheid van veel bestaande energie-infrastructuur en de nabijheid van een Natura 2000-gebied in beide gebieden.

Bij aanlanding van wind op zee aan de kust zijn nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen nodig. Deze hebben een grote kans op effecten. Dit betreft met name landschap, natuur (aanvaringsslachtoffers) en ruimtebeslag. Bij aanlanding van wind op zee in Noord-Brabant is er sprake van een ondergrondse HVDC-kabel naar Moerdijk of Geertruidenberg. Hier is een grote kans op effecten door bodem en grondwater. De realisatie van een ondergrondse HVDC-verbinding is over het algemeen ruimtelijk beter haalbaar dan een bovengrondse 380 kV-verbinding vanwege de flexibiliteit en het kleinere ruimtebeslag.

# 8 Kwalitatieve gevoeligheidsanalyses

De **scenario's** voor 2050 omvatten de verwachte hoekpunten van het energiesysteem in 2050. Er zijn echter enkele ontwikkelingen en innovaties die niet meegenomen worden in deze **scenario's**, aangezien deze ontwikkelingen nog erg onzeker zijn en het nog onduidelijk is wat de impact van deze ontwikkelingen op het energiesysteem gaat zijn. Daardoor is het niet mogelijk om deze ontwikkelingen en innovaties kwantitatief mee te nemen in de **scenario's**.

Om toch een inschatting te maken van de mogelijke effecten van deze ontwikkelingen voeren we kwalitatieve gevoeligheidsanalyses uit. De criteria voor de kwalitatieve gevoeligheidsanalyses zijn dat het ontwikkelingen of innovaties zijn die potentieel een significante impact hebben op de ruimte die nodig is voor het energiesysteem (en daarmee op de resultaten van dit onderzoek), maar waarvoor het nog onduidelijk is hoe groot de impact gaat zijn.

We werken vier kwalitatieve gevoeligheidsanalyses uit. Hieronder bespreken we de bevindingen. We gaan vooral in op mogelijke ruimtelijke effecten.

## 8.1 Infrastructuur lokale waterstofvraag en aanbod CO<sub>2</sub>

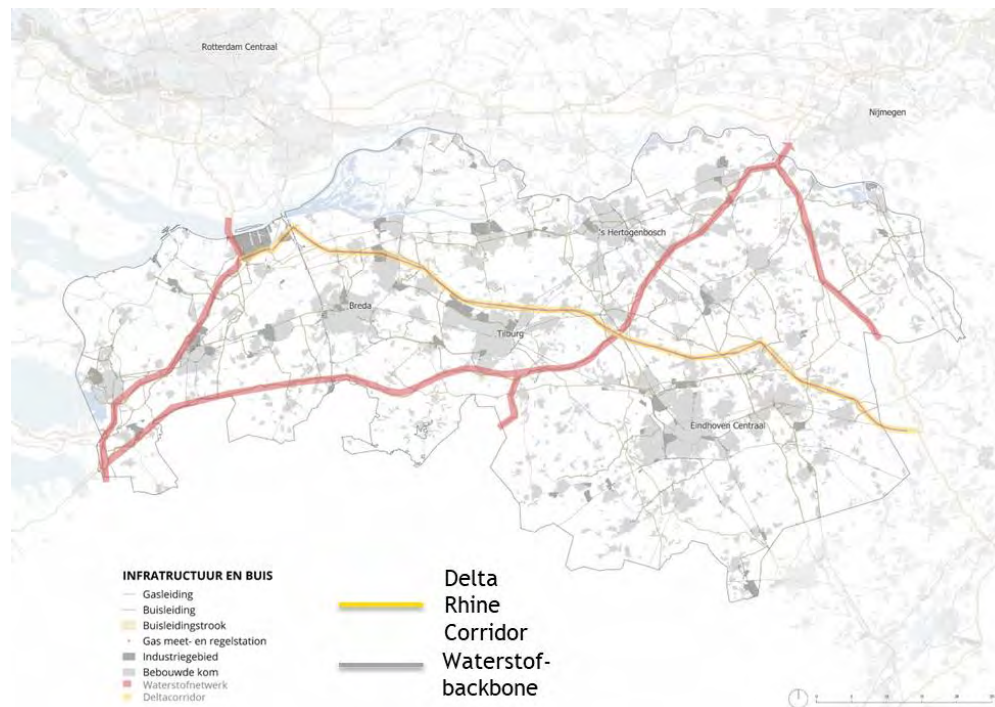
Er worden naar verwachting twee grote buisleidinginfrastructuren gerealiseerd in Noord-Brabant in de komende jaren. Enerzijds gaat het om de waterstofbackbone, het landelijke waterstoftransportnetwerk dat gerealiseerd moet gaan worden door Gasunie, en anderzijds gaat het om de Delta Rhine Corridor, een buisleidingentracé dat de Rotterdamse haven via Moerdijk en vervolgens Chemelot met Duitsland door leidingen moet gaan verbinden (meer over beide infrastructuren in Hoofdstuk 5). Figuur 60 toont het verwachte verloop van beide infrastructuren.

Beide buisleidingen gaan naar verwachting waterstof transporteren. Als lokale industrie in Noord-Brabant in de toekomst gebruik wil gaan maken van groene waterstof, dan kunnen zij deze waterstof mogelijk geleverd krijgen door middel van aftakkingen van ofwel de waterstofbackbone of de Delta Rhine Corridor. **Om zo'n aftakking** rendabel te kunnen realiseren zijn wel forse volumes afname van waterstof nodig. Om een aanvoerleiding van de Delta Rhine Corridor richting lokale industrie te realiseren moet een nieuwe buisleiding gerealiseerd worden. Bij een aftakking van de waterstofbackbone kunnen mogelijk aardgasleidingen omgezet worden, maar mogelijk zijn ook op delen nieuwe buisleidingen nodig. Dit is afhankelijk van de locatie. Voor zowel de Delta Rhine Corridor als de waterstofbackbone geldt dat hoe groter de afstand tot de hoofdverbinding is, hoe hoger de ruimtelijke impact en de kosten worden.

Het is de verwachting dat er bij de Delta Rhine Corridor ook een buisleiding voor CO<sub>2</sub>-transport zal komen. Mogelijk kunnen aftakkingen van de Delta Rhine Corridor gebruikt worden voor CO<sub>2</sub>-transport richting lokale glastuinbouw of CO<sub>2</sub>-transport vanaf lokale industrie.

Er zijn al concrete plannen voor aftakkingen vanaf de Delta Rhine Corridor richting Geertruidenberg (waterstof, CO<sub>2</sub>) en Moerdijk (waterstof).

Figuur 60 - Verwachte verloop waterstofbackbone en Delta Rhine Corridor in Noord-Brabant



## 8.2 Kernenergie in Noord-Brabant

Bij het bepalen van de benodigde ruimte voor nationale energie-infrastructuur is rekening gehouden met de (mogelijke) ontwikkeling van nieuwe grootschalige kerncentrales bij Borssele en op de Maasvlakte. De mogelijkheid voor kernenergie in Noord-Brabant is niet meegenomen. In deze gevoeligheidsanalyses gaan we in op de effecten wanneer gekozen wordt voor kernenergie in Noord-Brabant. We bespreken de mogelijke effecten van kleine modulaire eenheden (Small Modular Reactors, SMR). In de verre toekomst kan kernfusie ook een belangrijke rol spelen in het energiesysteem, maar naar verwachting niet voor 2050. Daarom wordt dit niet meegenomen.

SMR (Small Modular Reactor - waaronder onder andere thorium reactoren vallen) zijn kleine kernreactoren (vermogen tussen ongeveer 100 tot 300 MW, wellicht zelfs tot 500 MW). De techniek bestaat al enkele jaren maar recent wordt hier veel onderzoek naar gedaan. Experts voorzien potentie in deze techniek vanwege verschillende redenen, waaronder een beperkt ruimtegebruik, kortere bouwtijd en lagere investeringsomvang. Prototypes van Amerikaanse kleine reactoren worden verwacht tussen 2027 en 2035. Vanaf wanneer SMR's op de markt beschikbaar zijn en geïnstalleerd kunnen worden in Nederland is onbekend. Op dit moment is er nog beperkte technische gedetailleerde informatie over ruimtegebruik, kosten en flexibiliteit beschikbaar voor SMRs.

**SMR's** kunnen, doordat ze kleiner zijn, ook ingepast worden in gebieden waar geen grote oppervlaktes beschikbaar zijn voor kernenergie. Dit in tegenstelling tot bestaande EPR centrales. Bij het scenario *Lokale kracht* is de optie voor kleinschalige regelbare centrales verspreid door de provincie meegenomen. Deze zijn deels niet meer nodig als SMR's

geplaatst worden binnen de provincie, aangezien de SMR's elektriciteit kunnen produceren op elk moment van het jaar. Het ruimtebeslag van kleine regelbare centrales en **SMR's is** naar verwachting ongeveer gelijk. **Wel gelden er voor SMR's naar verwachting andere risicocontouren.**

In een energiesysteem met veel kernenergie en minder hernieuwbare opwek op land is minder opslag van energie noodzakelijk. Dit is ook het geval als kerncentrales geplaatst worden in andere delen van Nederland. Als gekozen wordt voor grootschalige toepassing van kernenergie, binnen of buiten Brabant, dan is minder ruimte nodig voor energieopslag in de provincie.

### 8.3 Innovatieve manieren van energieopslag

In de **scenario's** is opslag met batterijen en opslag van waterstof<sup>49</sup> meegenomen. Er wordt echter ook onderzoek gedaan naar nieuwe innovatieve manieren van energieopslag, bijvoorbeeld opslag in de vorm van vaste stoffen zoals ijzerpoeder, opslag van warmte of nieuwe vormen van opslag van elektriciteit zoals redox flox batterijen, natriumzwavel batterijen, vliegwheels, Compressed Air Energy Storage (CAES) en Liquid Air Energy Storage (LAES). We kijken bij deze gevoeligheidsanalyse naar de mogelijke effecten van opslag in de vorm van vaste stoffen en innovatieve vormen van opslag van elektriciteit op de benodigde ruimte voor het energiesysteem. We gaan niet in op de haalbaarheid of wenselijkheid van deze innovaties.

#### Opslag in de vorm van vaste stoffen

Er zijn verschillende innovaties gaande op het gebied van energieopslag in vaste stoffen. Een bekend voorbeeld is het onderzoek van de Technische Universiteit Eindhoven naar opslag van energie in ijzerpoeder<sup>50</sup>. De energie komt vrij door verbranding van het ijzerpoeder. Hier komt hogetemperatuurwarmte bij vrij. Hiermee kan elektriciteit geproduceerd worden door middel van een turbine of de warmte kan direct gebruikt worden in een industrieel proces. Bij de verbranding wordt het ijzerpoeder omgezet in ijzeroxide, oftewel roest. Deze ijzeroxide kan weer terug omgezet worden naar ijzerpoeder door middel van reductie met waterstof. Voor een duurzame keten moet deze waterstof geproduceerd worden door middel van elektrolyse van duurzame elektriciteit. Dit betekent dat er sprake is van een dubbele conversiestap. De round-trip efficiëntie ligt volgens ontwikkelaars rond de 60%. Hierin zit alleen het omzetten van de ijzeroxide naar ijzerpoeder. Als je het ijzerpoeder gebruikt voor de productie van elektriciteit door middel van een turbine verlies je nogmaals ongeveer de helft van de energie, waardoor slechts 30% van de opgeslagen elektriciteit nuttig gebruikt wordt. De round-trip efficiëntie ligt een stuk lager dan bij direct gebruik van waterstof.

Het transport van de vaste stoffen komt in de plaats van transport van waterstof via waterstofnetwerken. Ook bij opslag van energie in de vorm van ijzeroxide worden overschotten van elektriciteit door middel van elektrolyse omgezet in waterstof. Deze waterstof kan vervolgens direct gebruikt worden voor de reductie van ijzeroxide om de energie op te slaan in de vaste vorm. Ijzerpoeder heeft ten opzichte van waterstof het voordeel dat het makkelijk te transporteren is omdat het vaste vorm heeft. Daarom heeft **het volgens de ontwikkelaar vooral potentie op 'off-grid'-plekken, bij industrie die moeilijk**

<sup>49</sup> Grootschalige opslag van waterstof, in zoutcavernes of bestaande gasopslagen, staat nog in de kinderschoenen. Hier zal nog meer onderzoek naar gedaan worden. Deze opslag zal niet binnen de provincie Noord-Brabant plaatsvinden.

<sup>50</sup> [Ijzerpoeder als batterij van de toekomst](#)



aangesloten kan worden op een waterstofnetwerk. Daarmee kan energieopslag in de vaste stoffen er mogelijk voor zorgen dat minder nieuwe waterstofleidingen aangelegd hoeven te worden, waardoor minder ruimte nodig is in de ondergrond.

Energieopslag in vaste stoffen kan mogelijk nog breder toegepast worden als vervanger van waterstof. Dan kan het ervoor zorgen dat nog minder waterstofleidingen en waterstofopslag (buiten Noord-Brabant) noodzakelijk zijn. Er is naar verwachting richting 2050 weinig ondergrondse ruimte nodig voor nieuwe waterstofleidingen, aangezien hier in de meeste gevallen bestaande aardgasleidingen voor gebruikt kunnen worden. Dit betekent dat energieopslag in vaste stoffen er niet voor zorgt dat minder nieuwe ruimte nodig is, maar het kan er wel voor zorgen dat een groter aandeel van de bestaande aardgasleidingen verwijderd kan worden en daardoor meer ruimte ondergronds vrijkomt.

Energieopslag in vaste stoffen heeft geen significante impact op de ruimte die nodig is voor:

- elektrolyse, aangezien ook bij opslag in vaste stoffen elektrolyse plaatsvindt;
- batterijen, aangezien opslag in vaste stoffen niet direct concurreert met batterijopslag (andere tijdschaal voor opslag);
- elektriciteitsinfrastructuur, aangezien het voor het de elektriciteitsinfrastructuur niet van belang is wat gebeurt met de waterstof nadat deze geproduceerd is.

## Warmteopslag

Er wordt op dit moment onderzoek gedaan naar warmtebatterijen, waarbij restwarmte (van bijvoorbeeld de Industrie) opgeslagen wordt in zouten en vervolgens gebruikt kan worden voor het verwarmen van woningen. Door warmtebatterijen wordt warmte getransporteerd via weg, spoor of water in plaats van via warmtenetten. Hierdoor is mogelijk minder ruimte nodig voor nieuwe warmte-infrastructuur om restwarmte van de industrie richting de Gebouwde omgeving te transporteren. Hier staat tegenover dat extra ruimte nodig is voor de warmtebatterijen zelf in de nabijheid van de afnemers.

Warmtebatterijen kunnen mogelijk ingezet worden om warmte te leveren aan dunbevolkte gebieden waarvoor de aanleg van een warmtenet te duur is. In dat geval vervangt de warmtebatterij (hybride) warmtepompen in onze **scenario's**, waardoor mogelijk minder uitbreidingen van elektriciteitsinfrastructuur noodzakelijk zijn.

## Innovatieve manieren opslag van elektriciteit

In de **scenario's** in deze studie nemen we aan dat er ruimte nodig is voor de opslag van elektriciteit, zowel voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit op nationaal niveau als voor het lokaal balanceren van het elektriciteitsnet. In de analyses van de benodigde ruimte voor deze batterijen wordt uitgegaan van het lithium-ion batterijen, aangezien dit momenteel de standaard is.

Er wordt onderzoek gedaan naar nieuwe vormen van opslag van elektriciteit zoals redox flox batterijen, natriumzwavel batterijen, vliegwielen, Compressed Air Energy Storage (CAES) en Liquid Air Energy Storage (LAES). Deze nieuwe vormen van opslag van elektriciteit kunnen twee mogelijke effecten hebben op de benodigde ruimte voor het energiesysteem in Noord-Brabant:

- Enkele innovatieve vormen van opslag van elektriciteit, zoals natriumzwavel batterijen, hebben een hogere energiedichtheid. Hierdoor is minder ruimte nodig om een even grote hoeveelheid energie op te slaan, waardoor het potentiële ruimtebeslag van batterijen lager wordt.

- Enkele innovatieve vormen van opslag van elektriciteit, zoals CAES, kunnen niet of nauwelijks toegepast worden in Noord-Brabant. Als deze vormen van energieopslag in andere delen van Nederland grootschalig toegepast gaan worden, dan is daardoor mogelijk minder ruimte nodig voor energieopslag in Noord-Brabant.

## 8.4 Geschikte locaties nieuwe energie-intensieve industrie

Het is nuttig om bij de vestiging van nieuwe energie-intensieve industrie in de provincie in de toekomst rekening te houden met de reeds beschikbare energie-infrastructuur. Hiermee kan voorkomen worden dat onnodig nieuwe energie-infrastructuur gerealiseerd moet worden. De volgende afwegingen zijn relevant bij het vinden van locaties voor nieuwe energie-intensieve industrie:

1. Voldoende beschikbaarheid fysieke ruimte en milieuruimte. De beschikbaarheid van fysieke ruimte en milieuruimte is een randvoorwaarde voor locaties voor nieuwe energie-intensieve industrie.
2. Nabij hoogspanningsinfrastructuur. Bij de energie-intensieve industrie wordt veel elektriciteit gebruikt. De aanvoer van deze elektriciteit loopt bij grote elektriciteitsgebruikers (meer dan 100 MW) via het hoogspanningsnet en deze bedrijven worden direct aangesloten op een 150 kV of 380 kV station met een kabel. Daarom is het vanuit de energie-infrastructuur efficiënt om nieuwe energie-intensieve industrie te nabij hoogspanningsstations te plaatsen.
3. Nabij waterstoftransportleidingen. Een deel van de energie-intensieve industrie zal in de toekomst naar verwachting gebruik maken van grote hoeveelheden groene waterstof. Deze groene waterstof zal aangevoerd moeten worden via waterstofleidingen. Daarom is het efficiënt als deze bedrijven in de buurt liggen van grote waterstofleidingen. In Brabant zullen dat de waterstofbackbone en de Delta Rhine Corridor zijn (zie Paragraaf 8.1).
4. Nabij grote bronnen elektriciteitsproductie. Voor het energiesysteem is het efficiënt als vraag en aanbod van elektriciteit dicht bij elkaar geplaatst worden, aangezien dan een groter aandeel van de elektriciteit direct gebruikt kan worden en minder transport (en daarmee nieuwe energie-infrastructuur) noodzakelijk is. Het is daarom nuttig om nieuwe energie-intensieve industrie nabij grote bronnen van elektriciteitsproductie te plaatsen, zoals aanlandingspunten van wind op zee of clusters van hernieuwbare opwek. Het plaatsen van deze bedrijven bij windenergie heeft hierbij de voorkeur boven het plaatsen van deze bedrijven bij zonneparken, aangezien windenergie meer uren in het jaar elektriciteit produceert.
5. Mogelijkheid gebruik restwarmte. Bij processen van energie-intensieve industrie komt over het algemeen veel restwarmte vrij. Idealiter wordt zoveel mogelijk van deze restwarmte hergebruikt bij overige processen in het bedrijf of overige industrie, maar dit is meestal slechts deels mogelijk. Daarom is het efficiënt als de resterende restwarmte gebruikt kan worden voor verwarming in de Gebouwde omgeving of glastuinbouw. Hiervoor is het wenselijk dat nieuwe energie-intensieve industrie in de buurt van bestaande bovenlokale warmte-infrastructuur of in de buurt van steden (zonder warmtenet) ligt.

Vanuit de punten 2 tot en met 5 komen Moerdijk en Geertruidenberg naar voren als locaties die bij uitstek geschikt zijn voor de vestiging van nieuwe energie-intensieve. Echter, de beschikbare fysieke ruimte op die locaties is beperkt. Daarom is het ook nuttig om naar andere vestigingslocaties te kijken. Vestiging van energie-intensieve bij grotere clusters van hernieuwbare opwek op land, zoals bij het cluster van windmolens in het rivierengebied in het scenario *De grote opgave gebundeld*, kan een interessante optie zijn. Zo kan de windenergie direct gebruikt worden. Daarnaast is op deze locaties hoogspannings-

infrastructuur aanwezig voor het aansluiten van de windturbines. Andere geschikte locaties zijn locaties nabij grote waterstofleidingen (bij voornamelijk waterstofgebruik) en locaties nabij bestaande hoogspanningsinfrastructuur (bij voornamelijk elektriciteitsgebruik).



## 9 Conclusies

De studie is breed, met vele invalshoeken. Er zijn dan ook vele conclusies te trekken. We hebben die puntsgewijs beschreven, gegroepeerd per hoofdonderdeel.

### 9.1 Ontwikkelingen energiesysteem

Vraag, aanbod en opslag van energie

- Om de onzekerheid over de ontwikkelingen richting 2050 te ondervangen hebben we **gebruik gemaakt van verschillende scenario's voor het energiesysteem van 2050. De scenario's zijn gebaseerd op de vier Klimaatneutrale scenario's die gebruikt zijn voor de nationale integrale infrastructuurverkenning II3050 (Kalavasta & Berenschot, 2020). Deze vier nationale scenario's hebben elk een andere verhaallijn over hoe de energievoorziening tussen 2030 en 2050 kan veranderen en worden voor veel lokale en landelijke besluitvormingsprocessen als basis genomen. De scenario's voor 2050 zijn zo opgesteld dat het energiesysteem klimaatneutraal is in 2050. Elk van de scenario's geven daar op een andere wijze invulling aan. Daardoor ontstaat een 'speelveld', waarvan de scenario's de hoeken weergeven. De tabel hieronder geeft de hoofdpunten van elk van de II3050-scenario's weer.**

Tabel 14 - Hoofdpunten energiescenario's II3050

Regionale Sturing	Nationale Sturing	Europese Sturing	Internationale Sturing
Nederland en Noord-Brabant zijn volledig klimaatneutraal in 2050			
<b>Nieuwbouw van woningen en nieuwe bedrijventerreinen zijn in alle scenario's hetzelfde gehouden</b>			
Focus op regionale ontwikkeling en lokaal zo zelfvoorzienend mogelijk. Veel hernieuwbare opwek op land. Veel inzet op elektrificatie en gebruik lokale warmtebronnen. Krimp energie-intensieve industrie	Focus op nationale ontwikkelingen en grootschalige projecten. Nederland grotendeels zelfvoorzienend, vooral door veel wind op zee. Veel inzet op elektrificatie, in alle sectoren. Omvang energie-intensieve industrie gelijk aan huidig	Veel import energie vanuit andere EU-landen, met name van groengas. Weinig nieuwe hernieuwbare opwek op land ná 2030. Grote rol voor hernieuwbare gassen. Veel ruimte voor CCS. Groei omvang energie-intensieve industrie	Veel import energie vanuit andere landen, met name waterstof. Weinig nieuwe hernieuwbare opwek op land ná 2030. Grote rol voor hernieuwbare gassen. Veel ruimte voor CCS. Groei omvang energie-intensieve industrie

- **De scenario's die gebruikt worden binnen deze studie hebben een andere ruimtelijke invulling dan de II3050-scenario's en de ruimtelijke invulling verschilt ook tussen de scenario's. De ruimtelijke invulling volgt uit de principes die de scenario's hanteren (gedachte vanuit lokale, nationale of Europese benadering). Er is hierbij geprobeerd vanuit die principes de geografische vertaling te maken, in overleg met de provincie en gevoed door bestaande documenten zoals de provinciale omgevingsvisie en de nationale omgevingsvisie.**
- De transitie naar klimaatneutraal en de daarmee gepaard gaande elektrificatie van de energievraag leidt tot een forse toename van de elektriciteitsvraag. Van 16 TWh op dit moment naar 40-50 TWh in 2050. De grootste toename komt vanuit de Gebouwde omgeving, de Mobiliteit en de Industrie.
- Het verschil per scenario welk deel van de energievraag binnen de provincie wordt geproduceerd en in hoeverre de provincie zelfvoorzienend is. In het scenario *De grote*

*opgaven gebundeld* wordt binnen de provincie de meeste energie geproduceerd door de grote hoeveelheid wind op zee: in totaal 64 TWh. Dit is meer dan de energievraag in de provincie in dat scenario. In dat scenario is de provincie dus netto exporteur van energie. Vooral de elektriciteit van windparken op zee, die aanlandt in Moerdijk en Geertruidenberg, zal richting andere delen van Nederland (en mogelijk België en Duitsland) getransporteerd worden. **In de scenario's Lokale kracht en Op grote schaal denken** is Brabant netto-importeur van energie. In het scenario *Lokale kracht* wordt ongeveer 70% van de energievraag ingevuld met energie die geproduceerd wordt binnen de provincie, in het scenario *Op grote schaal denken* slechts 35%.

- Om op jaarbasis aan de volledige vraag naar elektriciteit binnen de provincie (inclusief de verwachte elektriciteitsvraag van elektrolyzers) te voldoen is tussen de 5,5 en 8,5 GW aanlanding van wind op zee in de provincie nodig, bovenop de productie van wind op land, zonneparken en zon op dak<sup>51</sup>. De precieze omvang is **afhankelijk van de elektriciteitsvraag in de scenario's, de productie van andere hernieuwbare energiebronnen en de hoeveelheid elektrolyzers die bij de aanlandingslocaties geplaatst worden**. Het is mogelijk dat gekozen wordt voor meer aanlanding van wind op zee binnen de provincie. Dit zal dan voor doorvoer van elektriciteit richting andere provincies en mogelijk richting Duitsland en België zijn.
- Aardgas wordt geleidelijk uitgefaseerd. In de toekomst worden wel andere gassen gebruikt, namelijk groengas en waterstof, maar de rol van gassen in het energiesysteem wordt minder groot dan de rol van aardgas nu. Dat speelt met **name in scenario's Lokale kracht en De grote opgaven gebundeld**. In het scenario *Op grote schaal denken* is er nog wel een grotere rol voor gassen, met name in de Industrie en dan met name met geïmporteerd gas (groengas of waterstof).
- Er wordt een toename verwacht van directe levering van warmte aan de Gebouwde omgeving. Mogelijke bronnen zijn restwarmte (van Industrie of van elektrolyzers), geothermie en decentrale bronnen zoals zonthermie en aquathermie. In 2050 wordt naar verwachting tot maximaal 35% van de woningen op een warmtenet aangesloten, in scenario *Lokale kracht*. In de andere twee **scenario's** is een minder grote toename van de levering van directe warmte voorzien, daar wordt vooral ingezet op (hybride) warmtepompen.
- Richting 2030 wordt een forse toename van zon op dak, zonneparken en windmolens op land verwacht vanuit de **RES'en**. Na 2030 vindt mogelijk nog een verdere toename plaats, afhankelijk van het scenario. In 2050 verwachten we tot maximaal 9 GW zon op dak (nu 2 GW), 7 GW zonneparken (nu 0,2 GW) en 2,5 GW windmolens op land (nu 0,3 GW), in scenario *Lokale kracht*. Voor wind op land, zon op land en zon op grote daken gaat het om een toename van 0-60% ten opzichte van de RES. De extra hernieuwbare opwek na 2030 kan op verschillende manieren geplaatst worden, ofwel gespreid ofwel geclusterd.
- Er wordt aanlanding wind op zee verwacht in Moerdijk of Geertruidenberg vanuit windpark Nederwiek 3. Richting 2050 wordt mogelijk nog meer wind op zee naar Moerdijk en/of Geertruidenberg gebracht. Hoeveel precies is nog niet duidelijk. We gaan uit van maximaal 6 GW bij Moerdijk en 3 GW Geertruidenberg, in het scenario *De grote opgaven gebundeld*.
- Er wordt een forse toename van de productie van groengas in de provincie verwacht tot 2030. Verdere toename van de productie van groengas na 2030 met binnenlandse reststromen biomassa is maar zeer beperkt mogelijk. Er is wel extra productie mogelijk bij import van biomassa bij Moerdijk, in het scenario *Op grote schaal denken*.

<sup>51</sup> In de praktijk zal zowel import als export van elektriciteit plaatsvinden, aangezien er niet op elk moment in het jaar voldoende elektriciteit geproduceerd wordt om aan de elektriciteitsvraag in de provincie te voorzien. Maar op jaarbasis is de hoeveelheid import van elektriciteit dan even groot als de hoeveelheid export.



- Ook richting 2050 is er nog een fors vermogen aan regelbare centrales nodig om elektriciteit te produceren op momenten met weinig wind en zon, zelfs nog meer vermogen dan op dit moment. De centrales zullen wel een stuk minder draaiuren maken dan nu. Nieuwe of omgebouwde centrales op huidige locaties, bij Moerdijk en Geertruidenberg, zijn wenselijk. Mogelijk zijn ook extra centrales nodig op die locaties, maar kleinschaligere eenheden verspreid door de provincie zijn ook een optie.
- Richting 2050 zijn elektrolyzers zinvol om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Vanuit het energiesysteem zijn aanlandingspunten wind op zee en mogelijk locaties hernieuwbare opwek op land logische locaties hiervoor.
- Daarnaast wordt een grote rol verwacht voor batterijen voor het opvangen van de kortetermijn onbalans tussen vraag en aanbod van elektriciteit. Logische locaties zijn aanlandingspunten wind op zee, HS/MS-stations, hernieuwbare opwek op land, bij bedrijventerreinen en mogelijk in wijken (bij woningen, wijkbatterijen). Batterijen kunnen bijdragen aan het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit op nationaal niveau en kunnen ze mogelijk netverzwaringen voorkomen door lokale balancering van vraag en aanbod. Maar dat laatste is geen zekerheid.

#### Elektriciteitsinfrastructuur

- Door de toename van elektriciteitsvraag en de hernieuwbare elektriciteitsproductie zijn forse uitbreidingen aan elektriciteitsnetten nodig richting 2050, zowel bij hoogspanningsnetten als bij distributienetten.
- Bij de hoogspanningsnetten worden al forse uitbreidingen in Noord-Brabant verwacht tot 2030. Er zijn nieuwe 380 kV stations gepland bij Moerdijk, Tilburg en Halsteren en na 2030 is mogelijk uitbreiding van het bestaande of de aanleg van een nieuw 380 kV station bij Eindhoven nodig. Daarnaast wordt momenteel gewerkt aan een nieuwe 380 kV verbinding tussen Zeeland en Tilburg en zijn nieuwe hoogspanningsmasten nodig bij bestaande verbindingen.
- De ontwikkelingen aan hoogspanningsnetten na 2030 zijn afhankelijk van keuzes die gemaakt worden op landelijk niveau, bijvoorbeeld rondom kernenergie en aanlanding wind op zee. Uit de scenarioanalyses van de Integrale Effectenanalyses van het Programma Energiehoofdstructuur volgt dat bij een combinatie van wind op zee met grote hoeveelheden kernenergie in Zeeland mogelijk nieuwe 380 kV-verbindingen nodig zijn tussen Rilland (Zeeland) en Geertruidenberg (via de nieuwe 380 kV-stations Halsteren en Moerdijk) en tussen Rilland en Tilburg. Daarnaast zijn mogelijk nieuwe 380 kV-verbindingen nodig tussen Krimpen aan den IJssel (Zuid-Holland) en Eindhoven (via Tilburg en Geertruidenberg) als grote hoeveelheden wind op zee aanlanden in Rotterdam. Ruimtelijk gezien heeft het de voorkeur om nieuwe verbindingen naast de bestaande masten te plaatsen (bredere strook). Er is een nieuw tracé nodig tussen twee stations indien het verbreden van de bestaande strook ruimtelijk niet mogelijk is (nieuwe 100 meter brede strook). Of dit het geval is bij eerdergenoemde verbindingen is niet bekend.
- Meer aanlanding van wind op zee in Moerdijk of Geertruidenberg na Nederwiek 3 leidt tot een forse opgave voor energie-infrastructuur op die locaties. Er zijn dan onder meer convertorstations, uitbreiding huidig of aanleg nieuw 380 kV stations nodig. Daarnaast is het plaatsen van batterijen en elektrolyzers op die locaties wenselijk.
- Enexis heeft berekend welke uitbreidingen aan HS/MS-stations en aan MS/LS-stations nodig zijn **voor elk van de scenario's**.
- Een groot deel van de root uitbreidingen van HS/MS-stations kan plaatsvinden binnen het bestaande terrein van huidige stations. Maar in de scenario's *Lokale kracht* en *De grote opgaven gebundeld* zijn ook nieuwe locaties voor stations nodig in Noord-Brabant. Het gaat om respectievelijk 9 á 10 (*Lokale kracht*) en 3 á 4 (*De grote opgaven gebundeld*) nieuwe stations. Deze stations zijn nodig door een toename van de hernieuwbare opwek op land. Bij het scenario *Op grote schaal denken* zijn geen nieuwe

stations nodig. Ook voor de uitbreidingen binnen de stationsgebieden is veel inzet en tijd nodig.

- Er zijn ook fors veel extra MS/LS-stations nodig in woonwijken. In totaal zijn 15% (*Op grote schaal denken*) tot 40% (*Lokale kracht*) extra MS/LS-stations nodig ten opzichte van de huidige situatie. De nieuwe MS/LS-stations zijn nodig door de uitrol van warmtepompen, laadpalen bij woningen en zon op dak.
- Er zijn ook forse uitbreidingen aan (ondergrondse) MS- en LS-kabels nodig. Tussen de 20 en 30% van de LS-kabels moet verzwaard worden. Hiervoor is vermoedelijk extra ruimte nodig in de ondergrond. Daarnaast moeten hiervoor straten opengehaald worden.
- Er is nog geen inzicht in de benodigde uitbreidingen van MS/MS-stations. Enexis werkt aan tooling om dit in de toekomst wel voor alle stations te kunnen inschatten. Op dit moment is het maatwerk per station en dat bleek niet haalbaar binnen dit onderzoek. Mogelijk wordt hier de totale ruimtelijke impact van de nieuwe elektriciteitsinfrastructuur onderschat. Lokaal kan de aanleg van nieuwe MS/MS-stations een forse impact hebben.

#### Datafreeze

**De inputgegevens voor de scenario's zijn vastgelegd in oktober 2022 (datafreeze).** Het vastleggen van de scenario-inputs was noodzakelijk om de impact van de scenario's op de energie-infrastructuur en de ruimtevraag te kunnen bepalen, aangezien het doorrekenen van de scenario's door Enexis een tijdsintensieve activiteit is en er daarom maar één keer een doorrekening mogelijk was binnen dit project.

Ontwikkelingen die plaatsgevonden hebben ná de datum van de datafreeze konden door deze opzet niet meer meegenomen worden in het onderzoek. Het gaat dan om recente lokale plannen zoals het woningarrangement Breda-Tilburg. Deze lokale ontwikkelingen vallen naar verwachting binnen het speelveld van de scenario's voor 2050, maar kunnen wel tot een versnelling van de benodigde uitbreidingen van het elektriciteitsnet leiden.

#### Gasinfrastructuur

- Groengas kan zonder aanpassingen getransporteerd worden in bestaande aardgasnetten. Waterstof kan naar verwachting ook getransporteerd worden in bestaande aardgasnetten, na aanpassingen. Daarom is richting 2050 vooral ombouw van bestaande aardgasnetten nodig.
- Richting 2030 wordt een landelijke waterstoftransportnet ontwikkeld. Hiervoor worden vooral bestaande gastransportleidingen omgebouwd. Daarnaast is een deel nieuwbouw nodig, maar niet binnen Noord-Brabant.
- Een deel van de gasdistributienetten moet worden omgezet, maar een gedeelte van de gasnetten wordt ook overbodig door elektrificatie en het gebruik van directe warmte in de Gebouwde omgeving. In die buurten kunnen gasnetten verwijderd worden.
- Er moeten keuzes gemaakt worden over welke delen van het gasnet omgezet worden in waterstofnetten en welke delen gebruikt gaan worden voor het transport van groengas, aangezien niet beide opties naast elkaar mogelijk zijn. Deze keuzes moeten op gasonderstation (GOS)-niveau gemaakt worden en hebben impact op de beschikbaarheid van hernieuwbare gassen en daarmee op de keuzes voor verduurzaming voor woningen en bedrijven in een onderliggend gebied. De mogelijkheden voor invoeding van groengas moet ook goed meegewogen worden bij deze keuze.
- De tijdscomponent is ook van essentieel belang bij de omschakeling van de gasnetten. Alle woningen in het voorzieningsgebied van een GOS moeten tegelijkertijd omschakelen naar een ander gas. Dit is een lastige logistieke puzzel.

#### Warmte-infrastructuur

- Op dit moment is één bovenlokaal warmtenet aanwezig in Brabant, het warmtenet Midden- en West-**Brabant ('Amernet')**. Hier zijn **51.000 huishoudens en 355 bedrijven** op aangesloten in Breda, Tilburg, Oosterhout, Geertruidenberg, Drimmelen en Made. Het

grootste deel van de geleverde warmte is momenteel afkomstig van de Amercentrale in Geertruidenberg.

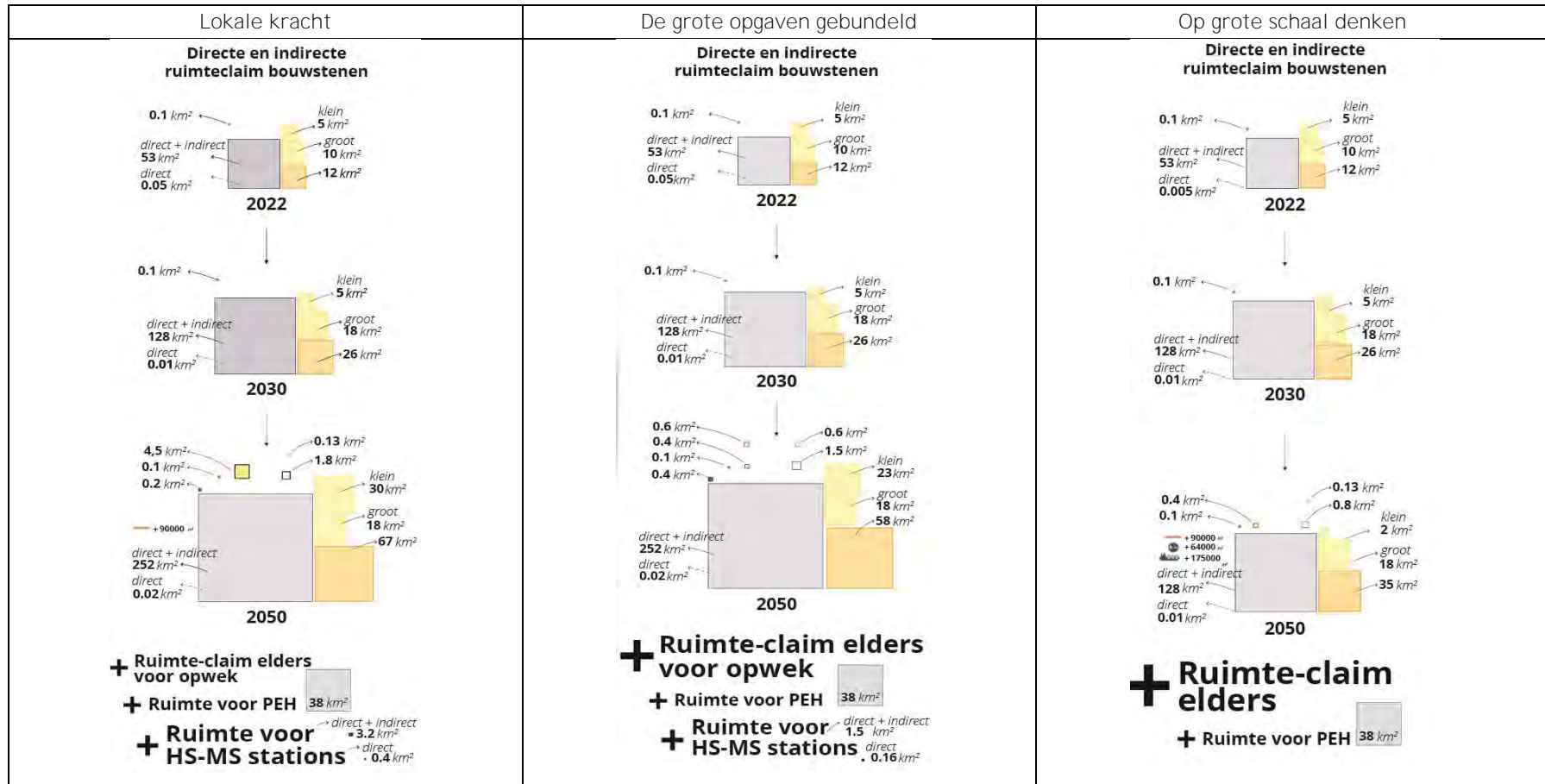
- Er zijn plannen om dit warmtenet uit te breiden naar Moerdijk om gebruik te kunnen maken van de restwarmte van Attero. Daarnaast is uitbreiding van het aantal aansluitingen in Breda en Tilburg gepland.
- Tot 2050 mogelijk is verdere uitbreiding van dit warmtenet mogelijk. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* wordt het bovenlokale warmtenet uitgebreid **richting 's**-Hertogenbosch en richting Bergen op Zoom. Daarnaast komt er in dit scenario een nieuw bovenlokaal warmtenet in Oost-Brabant, waarbij gebruik gemaakt wordt van groot-schalige geothermie rondom Helmond. In de twee andere scenario's worden alleen nieuwe lokale distributienetten aangelegd en vindt geen verdere uitbreiding van de bovenlokale warmte-infrastructuur plaats.
- In dit onderzoek gaan we niet in op de afweging tussen de verschillende configuraties en kijken we ook niet naar de businesscase van warmte-infrastructuur, maar bekijken we de verschillende opties vanuit ruimtelijk en energetisch perspectief.

#### Overige buisleidingen

- Er zijn gevorderde plannen voor de ontwikkeling van de Delta Rhine Corridor. Het gaat om een nieuwe leidingstrook met daarin vier leidingen: drie leidingen transporteren stoffen (i.e. waterstof, LPG en propeen) naar Duitsland, en één leiding transporteert CO<sub>2</sub> van Duitsland via Chemelot en Moerdijk naar Rotterdam voor opslag in lege aardgasvelden onder de Noordzee. De realisatie staat gepland voor 2026. Mogelijk worden ook enkele publieke leidingen binnen de strook van de Delta Rhine Corridor aangelegd.
- Mogelijke aftakkingen van Delta Rhine Corridor voor waterstof en CO<sub>2</sub> worden onderzocht in de provincie. Het transport van waterstof naar lokale industrie kan ook met aftakkingen van de waterstofbackbone van Gasunie. Meer hierover is te vinden in de gevoeligheidsanalyse in Paragraaf 8.1.

## 9.2 Ruimtelijke ontwikkelingen

Figuur 61 - Totaal ruimtebeslag energiesysteem per bouwsteen en per scenario



## Ruimtelijke ontwikkelingen gehele provincie

- De omvang van ruimteclaim in de provincie voor het energiesysteem richting 2050 en de locaties waar de ruimteclaim landt is erg afhankelijk van het scenario en daarmee van de (ruimtelijke) keuzes die gemaakt worden. Zolang er geen keuzes gemaakt worden betekent dit dat er veel ruimtelijke reserveringen nodig zijn. Op deze locaties kunnen er geen andere ruimtelijke ontwikkelingen komen die conflicteren met een (mogelijk) toekomstige energiesysteem-bouwsteen.
- In alle scenario's komen de volgende bouwstenen terug (en daarmee is de kleinste hoeveelheid die overlapt no-regret), naast de ontwikkelingen tot 2030:
  - ontwikkeling van zon op land (minimale hoeveelheid 8 km<sup>2</sup>);
  - ontwikkeling van opslag door batterijen;
  - ontwikkeling van E-centrales, minimaal 1.700 MW;
  - ontwikkeling van elektrolyzers, minimaal 1.280 MW;
  - ruimte zoeken voor aanlanding wind op zee, minimaal 2 GW;
  - de ruimteclaim die volgt uit PEH;
  - ruimte voor nieuwe MS/LS-stations en bijbehorende ruimte in de ondergrond, in het stedelijk gebied.

Afhankelijk van de ruimtelijke invulling landen deze bouwstenen op andere geografische locaties, in verschillende orde van groottes (heel veel kleine batterijen in scenario *Lokale kracht* en een paar grote batterijen in scenario *De grote opgaven gebundeld*).

- Extra wind op land na 2030 toevoegen komt *niet* bij alle scenario's voor, terwijl de (indirecte) ruimteclaim bij **de scenario's Lokale kracht** en *De grote opgaven gebundeld* groot is. De ruimtelijke reservering is groot omdat **de geografische locatie van de twee scenario's** verschilt.
- Bij de uitsplitsing naar RES-**regio's is te zien dat deze ruimteclaim** per scenario op verschillende plekken kan landen.
- Ondanks dat er in één van de scenario's geen nieuwe HS/MS-stations nodig zijn, zijn er voor uitbreidingen van het elektriciteitsnetwerk ook ruimtelijke reserveringen nodig, totdat er een keuze wordt gemaakt voor de richting van de toekomst. In het scenario *Lokale kracht* gaat dit om 9 á 10 nieuwe HS/MS-stations. Er moet onderzocht worden op welke locaties dit kan landen, en deze locaties moeten gereserveerd worden. Zolang hierover onduidelijkheden bestaan is het beter om érgens in de provincie/clusters gronden te reserveren, zodat er schuifruimte blijft bestaan.
- De totale ruimteclaim van de bouwstenen van het energiesysteem, binnen de provinciale grenzen, is in het scenario *Lokale kracht* het grootst. In de andere twee scenario's landt een deel van het ruimtebeslag in andere delen van Nederland of in het buitenland. Deze ruimteclaim buiten de provincie vraagt om een afweging vanuit het NOVI-principe: '*niet afwentelen naar tijd, plaats en generatie wordt voorkomen*'.
- De ruimteclaim van het scenario *Lokale Kracht* ligt verspreid door de provincie. De totale ruimteclaim is groot en doordat er gespreid wordt ingezet op opwek zal er ook op meer plekken kleinschalige opslag en conversie zijn. In dit scenario vraagt het regionale elektriciteitsnetwerk om de meeste uitbreidingen van het elektriciteitsnetwerk (9 á 10 stations).
- De totale ruimteclaim van het scenario *De grote opgaven gebundeld* is ongeveer gelijk aan het scenario *Lokale kracht* voor de provincie (10% minder). De verwachte ontwikkelingen zijn in scenario *De grote opgaven gebundeld* veel meer geclusterd, waardoor er tussen 2030-2050 op sommige plekken veel impact is (noordrand, de Peel en havengebied), terwijl er op andere plekken weinig extra veranderingen zullen zijn. Ook voor de netinfrastructuur zijn de verschillen groot (*Lokale kracht* heeft zes stations meer nodig).
- Het scenario *Op de grote schaal denken* heeft de laagste hoeveelheid hernieuwbare opwek in Noord-Brabant en een grote hoeveelheid import. De resterende ruimteclaims



liggen voornamelijk rondom het haven-industriële cluster en de doorvoerlijnen naar het achterland en Duitsland/België. Het scenario *Lokale kracht* heeft de grootste hoeveelheid aan hernieuwbare opwek.

- De nieuwe ontwikkelingen van het energie komen in plaats van (of in combinatie met) een bestaande functie. Het is van belang dat deze ruimte op tijd gereserveerd wordt voor de energietransitie. Anders zal dit tot vertraging van de energietransitie leiden. Dit geldt specifiek voor de bouwstenen die minder makkelijk te combineren zijn met bepaalde andere functies (zoals bouwstenen waarvoor veiligheidsafstanden gelden (bijvoorbeeld windturbines)).
- Het energiesysteem is slechts één van de ontwikkelingen waarmee de provincie te maken krijgt. Andere ontwikkelingen staan beschreven in de Brabantse omgevingsvisie, onder andere klimaatadaptatie, waterveiligheid (in het kader van landelijke Deltaprogramma), het circulair maken van de industrie en de woningbouwopgave (Provincie Noord-Brabant, 2018). Deze (toekomstige) ontwikkelingen hebben ook een ruimteclaim. Bovendien kunnen ze van invloed zijn op de (on)mogelijkheden voor de ruimteclaim van het toekomstige energiesysteem. Om te voorkomen dat de transitie op elkaar wachten, vanwege onderlinge afhankelijkheid, is het nodig om concreter naar locaties voor ruimtelijke reserveringen te gaan kijken (zie de gearceerde gemeenten in Figuur 30). **De scenario's laten een bandbreedte zien van de benodigde ruimte** voor het energiesysteem en geven inzicht in het mogelijke aantal nieuwe stations. Hiervoor kan naar locaties gezocht worden zodat de afweging en de synergie met andere opgaven concreet kan worden.
- Hernieuwbare opwek op land is in elk scenario verantwoordelijk voor het grootste deel van de ruimteclaim die na 2030 nodig is. Als het directe en indirecte ruimtebeslag samen bekeken wordt dan komt het grootste deel van de ruimteclaim van wind op land in **de scenario's** *Lokale kracht* en *De grote opgaven gebundeld*. Het indirecte deel van de claim kan wel goed gecombineerd worden met functies zoals landbouw, recreatie, water, etc.
- In Figuur 58 met de totale ruimteclaim is de ruimteclaim voor de uitbreiding van elektriciteitsstations niet te zien, omdat deze beperkt van afmeting is ten opzichte van de andere ruimteclaims. Toch kan de zoektocht naar ruimte voor nieuwe stations ingewikkeld zijn, vanwege de industriële uitstraling (inpassing) en de wens om de stations rondom de bestaande infrastructuur te lokaliseren. Hierdoor moeten deze nieuwe stations in sommige gevallen ingepast worden in gebieden met weinig beschikbare ruimte. Dit komt (1) door extra randvoorwaarden rondom de zoeklocaties voor een nieuw station, (2) doordat de beperkte ruimte nu al een functie heeft, en bovendien ook nog door toekomstige andere ruimteclaims kan worden ingenomen (bijvoorbeeld uitleglocatie) en (3) doordat er gezocht wordt naar een aaneengesloten plot van circa 5 ha, waar geen sprake is van versnippering.
- Er is nauwelijks nieuwe ruimte nodig voor ontwikkelingen van de regionale gasinfrastructuur. Er is ombouw van bestaande aardgasinfrastructuur nodig, maar dit leidt naar verwachting niet tot een significante additionele ruimteclaim. Een deel van de bestaande gasinfrastructuur wordt richting 2050 overbodig en kan verwijderd worden.
- Voor het scenario *De grote opgaven gebundeld* geldt dat er een uitbreiding komt van de bovenlokale warmte-infrastructuur. Dit vraagt om nieuwe buisleidingen hetgeen ruimte vraagt in de ondergrond. Ook zullen er extra stations boven de grond nodig zijn. Dit zal met name een knelpunt kunnen opleveren in (hoog)-stedelijk gebied. Er is op kleinere schaal een tracéstudie nodig om te zien waar de knelpunten precies optreden.
- Binnen de provincie is ook ruimte nodig voor de ontwikkeling van nationale energie-infrastructuur. De ruimteclaims die voortkomen uit nationale ontwikkelingen (PEH) zijn afhankelijk van nationale ontwikkeling en kunnen daarom niet gekoppeld worden aan de **scenario's die opgesteld zijn** voor Brabant. Een eerste inschatting (zie Paragraaf 6.2.4) laat zien dat er een aanzienlijke ruimteclaim geldt. Ook hiervoor dient dus ruimte

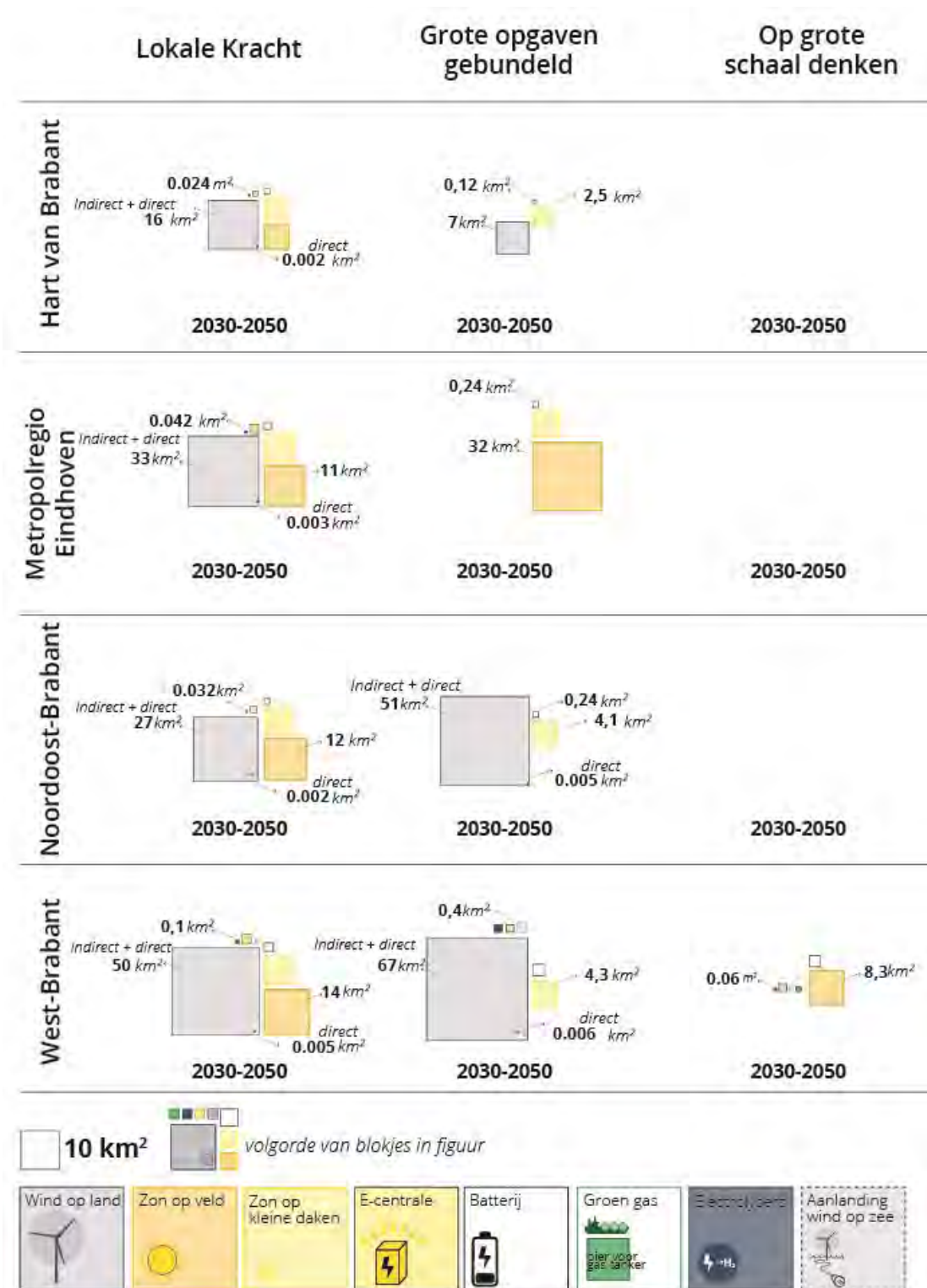
gereserveerd te worden. De ruimtelijke inpassing van deze nationale energie-infrastructuur valt onder de rijksoverheid en wordt geregeld door middel van het Programma Energiehoofdstructuur en de rijkscoördinatieregeling. Goede afstemming tussen het Rijk, de provincie, gemeentes en de netbeheerders is noodzakelijk om de realisatie van deze projecten goed te laten verlopen.

- Er is bovengrondse ruimte nodig voor de uitbreiding van hoogspanningsinfrastructuur, met name voor de aanleg van nieuwe 380 kV-verbindingen en nieuwe 380 kV-stations. Dit zijn projecten met een forse ruimtelijke claim en lange doorlooptijden.
- Er staat een nieuwe 380 kV verbinding van Rilland naar Tilburg gepland met een nieuw tracé (100 meter brede strook). Daarnaast zijn uitbreidingen nodig bij bestaande 380 kV trajecten. Ruimtelijk gezien heeft het de voorkeur om deze naast de bestaande masten te plaatsen (bredere strook). Er is een nieuw tracé nodig indien dit niet mogelijk is (nieuwe 100 meter brede strook).
- Er staan nieuwe 380 kV-stations gepland bij Hasteren en Moerdijk (10 ha per stuk). Er is daarnaast na 2030 naar verwachting extra ruimte nodig voor de uitbreiding van een bestaand of aanleg van een nieuw 380 kV-station in Eindhoven (maximaal 10 ha).
- Er is extra ruimte nodig binnen de provincie voor de ontwikkeling van nationale buisleidingen, zoals de waterstofbackbone en de Delta Rhine Corridor. De ontwikkelingen van de hoofdleidingen passen naar verwachting grotendeels binnen de bestaande nationale reserveringen. Mogelijke aftakkingen passen hoogstwaarschijnlijk niet binnen bestaande reserveringen, tenzij het gaat om reeds bestaande buisleidingen.

Ruimtelijke ontwikkelingen per omgevingstype

- In het stedelijk gebied is ruimte nodig voor kabels in de ondergrond en extra transformatorhuisjes in de bovengrond. Daarnaast zal in alle scenario's een groot deel van de daken ingezet worden voor opwek met zonnecellen en zonneboilers. Dit kan gecombineerd worden met andere opgaven (zoals groene daken tegen hittestress, of blauwe daken voor klimaatadaptatie). In het scenario *Lokale kracht* is er in het stedelijk gebied ook een opgave voor batterijen. Deze decentrale opslag is verspreid in buurtbatterijen en ook in woningen en andere gebouwen. **Tot slot zal er in alle scenario's** ruimte nodig zijn voor de transitie naar duurzame mobiliteit, zoals laadpalen.
- In het landelijk gebied is ruimte nodig voor zonnevelden en windmolens op land. Er zijn op dat vlak **grote verschillen tussen de drie scenario's. Voor het scenario Lokale kracht** geldt dat er verspreid door de provincie opwek door zonnevelden en windturbines zal komen, terwijl in het scenario *De grote opgaven gebundeld* de ruimteclaim juist geclusterd in sommige gebieden van de provincie landt. Dit betekent dat de impact op sommige plekken erg groot is, terwijl die op andere plekken miniem zal zijn.
- In het industriegebied Moerdijk is er significante ruimte nodig voor de aanlanding van wind op Zee. In het havengebied is de industrie ook bezig met het verduurzamen en circulair maken van de processen. Mogelijk kost dit extra ruimte (of levert het juist ruimte op). In het scenario *Op grote schaal denken* is er de grootste impact in dit gebied, omdat ook de import van energievoorzieningen ruimte kost: het aanmeren van schepen, opslaan en doorvoeren van biogas of waterstofgas kost immers ruimte die specifiek nodig is in het havengebied. Juist in dit gebied spelen er veel veiligheidscontouren vanwege de bezigheden, waardoor het zoeken naar ruimte lastig kan zijn. Door de grote aanlanding wind-op-zee zal ook in scenario *De grote opgaven gebundeld* de ruimteclaim fors zijn in de havengebieden.

Figuur 62 - Ruimtebeslag energiesysteem voor elke RES-regio, per bouwsteen en per scenario, de grootste en kleinste claim zijn weergegeven



#### Ruimtelijke ontwikkelingen per RES-regio

- Het scenario *Lokale kracht* zet de RES-denkelijk door. In iedere RES zal er opwek, opslag en conversie plaatsvinden. In het schema is te zien dat de ruimteclaim verdeeld is over **de regio's**.
- **In de andere twee scenario's zien we verschillen tussen de RES-regio's ontstaan, waar de nadruk aanzienlijk meer aan de noordrand ligt.**
- In het scenario *De grote opgaven gebundeld* verschilt de ruimteclaim voor zon en wind sterk. De noordelijke RES-regio's hebben een **grotere windopgave en de metropoolregio Eindhoven krijgt in de Peel een grote zonopgave.**
- In het scenario *Op grote schaal denken* ligt de ruimteclaim bijna volledig in West-Brabant vanwege de haven (de totale ruimteclaim is overigens wel kleiner dan in de **andere scenario's**).
- De ruimteclaim voor opslag en conversie en netwerk zijn op de schaal per RES niet goed te zien. Lokaal zullen deze wel verschil maken. De claims voor opslag en conversie zullen in **de scenario's** *Op grote schaal denken* en *De grote opgaven gebundeld* vooral rondom Moerdijk en Geertruidenberg liggen. In het *Lokale kracht* scenario ligt deze claim geclusterd rondom de nieuwe opwek-locaties en/of stations.

#### Ruimtelijke ontwikkelingen voor specifieke gebieden

- Er zijn enkele gebieden waar veel ontwikkelingen plaatsvinden en waar de ruimtelijke inpassing van het energiesysteem grote aandacht vereist.
- Moerdijk en Geertruidenberg zijn belangrijke knooppunten in het nationale energiesysteem met elektriciteitscentrales, hoogspanningsstations, industrie, buisleidingstroken en in de toekomst ook aanlanding van wind op zee.
- Met name de aanlanding van wind op zee op deze locaties kan een forse ruimtelijke claim opleveren op deze locaties. Voor aanlanding van wind op zee zijn converterstations en uitbreidingen van een bestaande of de aanleg van nieuwe 380 kV station. Daarnaast is het vanuit het energiesysteem wenselijk om bij de aanlandingslocaties van wind op zee elektrolyzers en batterijen te plaatsen, om op die locaties het landelijke elektriciteitsnet te kunnen balanceren. Bij het scenario *De grote opgaven gebundeld*, met forse hoeveelheid aanlanding van wind op zee (6 GW bij Moerdijk, 3 GW bij Geertruidenberg), leidt dit tot een aanzienlijke ruimteclaim. De maximale ruimteclaim vanuit het energiesysteem is 170 ha bij Moerdijk en 90 ha bij Geertruidenberg.
- In Eindhoven is er een redelijk beperkte ruimtelijke opgave vanuit het energiesysteem. Maar aangezien er in Eindhoven veel andere ruimtelijke opgaves zijn, bijvoorbeeld vanuit de woningbouw, kan de inpassing van de ruimtelijke opgave vanuit het energiesysteem erg uitdagend zijn.

Figuur 63 - Maximaal ruimtebeslag energiesysteem (scenario *De grote opgaven gebundeld*) bij Geertruidenberg (links) en Moerdijk (rechts)



## 9.3 Overige conclusies

### Overwegingen ruimtelijke keuzes

- Er zijn verschillende ruimtelijke keuzes die binnen de provincie gemaakt kunnen worden die verschillende effecten hebben op welvaart, systeemefficiëntie en milieu & ruimte.
- Deze beoordeling geeft inzicht in de effecten van de ruimtelijke keuzes binnen de **gebruikte scenario's, maar biedt ook handvaten voor de provincie voor het vaststellen** van een eigen beoordelingskader bij het maken van ruimtelijke keuzes.
- Een belangrijke keuze die gemaakt moet worden binnen de provincie en de RES-regio's is hoeveel hernieuwbare opwek op land ná 2030 geplaatst gaat worden en waar. Bij grote hoeveelheden extra hernieuwbare opwek op land treden altijd veel effecten op de omgeving op. Het is daarom belangrijk om de effecten op de omgeving mee te wegen bij de keuze voor locaties voor deze opwek.
- Spreiding van hernieuwbare opwek (*S1, Lokale kracht*) leidt tot een grotere kans op effecten voor de leefomgeving doordat er meer windmolens en zonneparken in de buurt van woningen staan. Door spreiding van opwek ontstaat het risico dat het gehele landschap van de provincie in de toekomst wordt gedomineerd door opwek middels zon en wind. Hierdoor is er de kans dat wind- en zonneparken overal in de provincie onderdeel gaan worden van het landschapsbeeld en een verrommeld beeld gaat ontstaan. Om dit te voorkomen zijn duidelijke randvoorwaarden nodig voor de situering en inpassing van deze zonne- en windparken. Daarbij moet ook gekeken worden naar de draagkracht van de provincie.
- Bij clustering van hernieuwbare opwek (*S2, De grote opgaven gebundeld*) bestaat de kans dat de kenmerkende uitstraling van het Rivierengebied door de komst van de windparken en de kenmerkende uitstraling van De Peel in het zuidoosten van Brabant door de komst van de zonneparken wezenlijk gaan veranderen. Daarnaast zullen bewoners van deze gebieden geconfronteerd worden met meerdere wind- en zonneparken. Met een grotere impact tot gevolg, dan wanneer het gaat om slechts 1 wind- of zonnepark.
- Vanuit het perspectief van welvaart heeft clustering van hernieuwbare opwek op land de voorkeur boven spreiding. Dit is toe te schrijven aan het feit dat minder mensen visuele hinder ondervinden door hernieuwbare opwek te clusteren in wind- en zonneparken, wat een uitwerking heeft op de woningwaarde. Vanuit systeemefficiëntie heeft niet een van de opties een duidelijke voorkeur. Vanuit milieu en ruimte heeft spreiding een lichte voorkeur, vooral vanuit recreatie en natuuroogpunt.
- Spreiding van regelbare centrales en elektrolyzers geeft de kleinste kans op negatieve effect op de omgeving heeft. Spreiding (scenario *Lokale kracht*) leidt wel tot een iets **grotere kans op hinder voor omwonenden. Maar bij clustering (scenario's *Op grote schaal denken* en *De grote opgaven gebundeld*) is er een is er een grote kans op (grotere) negatieve effecten bij de Barro-locaties Moerdijk en Geertruidenberg. Dit zijn complexe gebieden met weinig beschikbare ruimte, veel bestaande energie-infrastructuur en nabij natuurgebieden (Natura 2000 en NNN).**
- De effecten op milieu & ruimte hangen af van specifieke keuzes voor locaties in de **scenario's. Het is daarom goed om bij het maken van ruimtelijke keuzes te kijken naar de effecten op specifieke locaties en niet naar algemene effecten.**

### Wanneer is ruimte nodig voor nieuwe energie-infrastructuur?

- De uitbreidingen tot 2030 zijn vastgelegd in investeringsplannen van de netbeheerders.
- Tussen 2030 en 2040 zijn bij HS/MS-stations naar verwachting alleen uitbreidingen binnen de huidige locaties van de stations<sup>52</sup>. Tussen 2040 en 2050 zijn mogelijk wel

<sup>52</sup> We gaan hier uit van een lineaire trend tussen 2030 en 2050. Als de verduurzaming van de elektriciteitssector sneller gaat kan dit er toe leiden dat al eerder nieuwe HS/MS-stations nodig zijn, mogelijk voor 2040.



nieuwe stations nodig, afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden. Het is noodzakelijk dat Enexis in samenwerking met de overheden nu al starten met het zoeken naar de benodigde ruimte en dat gestart wordt met de benodigde procedures, vanwege de lange doorlooptijden. Dit geeft de mogelijkheid om in te spelen op meekoppelkansen en schuifruimte te hebben.

- Er zijn tussen 2030 en 2040 wel nieuwe locaties nodig voor andere bouwstenen van elektriciteitsinfrastructuur, bijvoorbeeld bij het hoogspanningsnet, MS/LS-stations, kabels en mogelijk MS/MS-stations.

# 10 Bibliografie

- Berenschot & Kalavasta, 2020. *Klimaatneutrale Energiescenario's 2050. Scenariostudie ten behoeve van de integrale infrastructuurverkenning 2030-2050*, Utrecht: Berenschot
- BZK, 2020. *Nationale Omgevingsvisie*, den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
- Enexis, 2021. *Investeringsplan 2022*, Den Bosch: Enexis
- Enexis. Iopend. Enexis Open data, <https://www.enexis.nl/over-ons/open-data>. 30 augustus 2022
- Ennatuurlijk. 2022a. *Warmtenet Midden- en West-Brabant* [Online] <https://ennatuurlijk.nl/warmtenetten-van-ennatuurlijk/warmtenet-midden-en-west-brabant>.
- Ennatuurlijk. 2022b. *Warmtenetten van Ennatuurlijk* [Online] <https://ennatuurlijk.nl/warmtenetten-van-ennatuurlijk>.
- ENTSO-E. Iopend. Transparency Platform : Dashboard, <https://transparency.entsoe.eu/>.
- Esri Nederland. 2021. Risicokaart, 14 oktober 2021 <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=6852c41b2cf94e679795fe3ce0e8c024>.
- Gasunie. 2022. Waterstofnetwerk Nederland, Gasunie <https://www.gasunie.nl/projecten/waterstofnetwerk-nederland>.
- Innoforte, 2022. *Verkenning bovenregionaal warmtenet West- en Midden-Brabant*
- ISPT, 2020. *Gigawatt green hydrogen plant : State-of-the-art design and total installed capital costs, public report*, Amersfoort: Institute for Sustainable Process Technology (ISPT)
- ISPT, 2022. *A One-GigaWatt Green-Hydrogen Plant*: Hydrohub Innovation Program
- Kalavasta & Berenschot, 2020. *Systeemeffecten van nucleaire centrales, in Klimaatneutrale Energiescenario's 2050 - Datasheets*:
- KIWA. 2018. Toekomstbestendige Gasdistributienetten, Kiwa Technology B.V. [https://www.netbeheernederland.nl/\\_upload/RadFiles/New/Documents/Kiwa%20-Toekomstbestendige%20gasdistributienetten%20-%20GT170272%20-%202018-07-05%20-D...pdf](https://www.netbeheernederland.nl/_upload/RadFiles/New/Documents/Kiwa%20-Toekomstbestendige%20gasdistributienetten%20-%20GT170272%20-%202018-07-05%20-D...pdf).
- Ministerie van EZK, 2021. *Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat - MIEK overzicht 2021*:
- Ministerie van EZK, 2022. *Kamerbrief d.d. 4 juli 2022 m.b.t. Bijmengverplichting groen gas*, Den Haag: Tweede Kamer der Staten Generaal
- Ministerie van I&M & Ministerie van EL&I, 2012. *Structuurvisie Buisleidingen 2012-2035*, 2012: Drukkerij Ando
- Netbeheer Nederland, 2019. *Basisinformatie over energie-infrastructuur : opgesteld voor de Regionale Energie Strategieën*, Den Haag: Netbeheer Nederland
- Netbeheer Nederland. 2021. Het Energiesysteem van de Toekomst: Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050, Netbeheer Nederland [https://www.netbeheernederland.nl/\\_upload/Files/Toekomstscenario's\\_64\\_9ab35ac320.pdf](https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Toekomstscenario's_64_9ab35ac320.pdf).
- Phase to Phase 2020. Netten voor distributie van elektriciteit. Plaats: Phase to Phase13.1.
- Provincie Noord-Brabant, 2018. *De kwaliteit van Brabant*:
- Provincie Noord-Brabant, 2020. *Brabantse bossenstrategie*:
- Rijkswaterstaat. Iopend. Klimaatmonitor databank, 06 <https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/>.
- Ruimtexitmilieu. 2022. *De drie lagen in de lagenbenadering* [Online] <http://www.ruimtexitmilieu.nl/lagenbenadering>.



- RVO.ongoing. Warmteatlas, <https://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>.  
Februari/8/2021
- TenneT, 2022a. *Congestieonderzoek Brabant en Limburg*: TenneT
- TenneT, 2022b. *Hoogspanningsstations, knooppunten in onze energievoorziening*, Arnhem:  
TenneT TSO B.V.
- TenneT, 2022c. *Investeringsplan net op land 2022-2031*:
- TenneT. 2022d. *Investeringsplannen 2022 Net op land*,  
[https://www.tennet.eu/fileadmin/user\\_upload/Company/Publications/Investeringsplannen/IP\\_november\\_2021/IP2022\\_Net\\_op\\_land\\_01-1-2022.pdf](https://www.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/Publications/Investeringsplannen/IP_november_2021/IP2022_Net_op_land_01-1-2022.pdf).
- TenneT. lopend. Netkaarten : Kaarten van ons onshore en offshore hoogspanningsnet,  
TenneT april 2021 <https://www.tennet.eu/nl/bedrijf/nieuws-en-pers/pers/netkaarten/>.
- Warmteregio Midden- en West-Brabant, 2018. *Transitieplan Warmtenet Midden- en West-Brabant*:



# A Lijst van gebruikte afkortingen

IEA	Integrale Effecten-Analyse
G-gas	Groningen-gas
GOS	Gas Ontvangst Stations
GTS	Gasunie Transport Services
GW	GigaWatt (Giga is tien tot de macht 9)
H-gas	Hoogcalorisch gas
HS	Hoogspanning, met een spanning van 110 tot 380 kV
HTL	Hoofdtransportleidingen
IEA	Integrale Effectanalyse
II3050	Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050
kV	kiloVolt (kilo is 10 tot de macht 3)
LS	Laagspanning, met een spanning van 0,4 kV
MS	Middenspanning, met een spanning van 3 tot 23 kV
MW	MegaWatt (Mega is 10 tot de macht 6)
PEH	Programma EnergieHoofdstructuur
PRB	Pijpleiding Rotterdam-Beek
RAPL	Rotterdam-Antwerpen Pijpleiding
RRP	Rotterdam-Ruhr Pijpleiding
RTL	Regionale transportleidingen
Trafo	Transformator
TS	Tussenspanning, met een spanning van 25 tot 66 kV
TWh	TeraWattuur (Tera is 10 tot de macht 12)



## B Detail-**invulling** scenario's





# Brabants Energiesysteem

Notitie scenario's, uitgangspunten en  
modelaanpak per sector



*Committed to the Environment*

# Brabants Energiesysteem

## Notitie scenario's, uitgangspunten en modelaanpak per sector

Dit rapport is geschreven door:  
Joeri Vendrik, Lucas van Cappellen en Julius Király

Delft, CE Delft, april 2023

Publicatienummer: 23.220260.063a

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant en Enexis

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Cor Leguijt (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 meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# Inhoud

1	Inleiding	4
	1.1 <b>Introductie scenario's</b>	4
	1.2 <b>Doel van scenario's</b>	5
	1.3 Methodologie	5
	1.4 Leeswijzer	6
2	<b>Hoofdpijnen scenario's</b>	7
	2.1 Totstandkoming van de uitgangspunten	7
	2.2 Scenario <i>Lokale kracht</i> (Regionale Sturing)	8
	2.3 Scenario <i>De grote opgaven gebundeld</i> (Nationale Sturing)	9
	2.4 Scenario <i>Op grote schaal denken</i> (Europese/Internationale Sturing)	10
3	Mobiliteit	11
	3.1 Beschrijving sector	11
	3.2 <b>Uitgangspunten voor de scenario's</b>	11
	3.3 Overzicht belangrijkste bronnen	13
4	Gebouwde omgeving	17
	4.1 Beschrijving sector	17
	4.2 <b>Uitgangspunten voor de scenario's</b>	17
	4.3 Overzicht belangrijkste bronnen	18
5	Landbouw	19
	5.1 Beschrijving sector	19
	5.2 <b>Uitgangspunten voor de scenario's</b>	19
	5.3 Overzicht belangrijkste bronnen	20
6	Bestaande industrie	21
	6.1 Beschrijving sector	21
	6.2 <b>Uitgangspunten voor de scenario's</b>	21
	6.3 Overzicht belangrijkste bronnen	22
7	Nieuwe bedrijven(terreinen)	23
	7.1 Beschrijving sector	23
	7.2 <b>Uitgangspunten voor de scenario's</b>	23
	7.3 Overzicht belangrijkste bronnen	24
8	Hernieuwbare productie op land	25
	8.1 Beschrijving sector	25
	8.2 Overzicht belangrijkste bronnen	28
9	Aanlanding wind op zee	29



	9.1 Beschrijving sector	29
	9.2 <b>Uitgangspunten scenario's</b>	29
	9.3 Overzicht belangrijkste bronnen	29
10	Groengas productie	30
	10.1 Beschrijving sector	30
	10.2 <b>Uitgangspunten scenario's</b>	30
	10.3 Overzicht belangrijkste bronnen	30
11	Opslag elektriciteit	31
	11.1 Beschrijving sector	31
	11.2 <b>Uitgangspunten scenario's</b>	31
	11.3 Overzicht belangrijkste bronnen	32
12	Elektrolyzers	33
	12.1 Beschrijving sector	33
	12.2 <b>Uitgangspunten scenario's</b>	33
	12.3 Overzicht belangrijkste bronnen	33
13	Regelbare centrales	34
	13.1 Beschrijving sector	34
	13.2 <b>Uitgangspunten scenario's</b>	34
	13.3 Overzicht belangrijkste bronnen	35
14	Referentielijst	36

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie scenario's

In 2050 moet het energiesysteem van Noord-Brabant klimaatneutraal zijn. Maar hoe zo'n klimaatneutraal energiesysteem eruit moet gaan zien is nog onzeker. Sommige dingen zijn wel zeker, bijvoorbeeld dat elektrificatie in een groot deel van de sectoren de meest logische verduurzamingsoptie is en dat er daardoor fors meer elektriciteitsvraag gaat komen. Maar in sommige sectoren is het nog onduidelijk hoe de verduurzaming eruit gaat zien. Gaan die sectoren vooral inzetten op elektrificatie of gaat bijvoorbeeld juist waterstof een grote rol spelen? Daarnaast speelt de vraag of de provincie zijn energie grotendeels zelf willen opwekken of veel energie gaat importeren. Dit zijn vragen waar nu nog geen eenduidig antwoord op is. Om de onzekerheid over de ontwikkelingen richting 2050 te onder-**vangen maken we gebruik van verschillende scenario's voor het energiesysteem van 2050. In deze scenario's bepalen we de invulling van de energievraag, energieaanbod en energieopslag, voor alle sectoren en van alle energiedragers.**

We hebben **drie scenario's opgesteld voor het energiesysteem in 2050, gebaseerd op de II3050-scenario's. De II3050-scenario's gaan uit van een klimaatneutraal energiesysteem.** In elk scenario wordt dus uitsluitend gebruik gemaakt van CO<sub>2</sub>-vrije energiedragers, maar **het verschilt tussen de scenario's welke CO<sub>2</sub>-vrije energiedragers het meest gebruikt worden.** Daarnaast verschillen bijvoorbeeld de energiebronnen en de hoeveelheid import **tussen de scenario's.**

Elk scenario heeft een energetische invulling en een ruimtelijke invulling. De energetische invulling van de scenario's bepaalt de totale energievraag en het totale energieaanbod voor de hele provincie, met uitsplitsing naar energiedrager en bron. De ruimtelijke invulling bepaalt hoe deze energievraag en het energieaanbod ruimtelijk neerslaat binnen de provincie.

De **scenario's** zijn wat betreft de energetische invulling gebaseerd op de vier Klimaatneutrale **scenario's die gebruikt zijn voor de integrale infrastructuurverkenning II3050** (Berenschot & Kalavasta, 2020), maar hebben een andere ruimtelijke invulling.

De drie scenario's binnen dit onderzoek zijn:

1. Scenario *Lokale Kracht*. Dit scenario is gebaseerd op het II3050-scenario Regionale Sturing. De sturing van de energietransitie ligt in dit scenario grotendeels bij lokale en regionale overheden. Het regionale potentieel voor verduurzaming wordt maximaal benut en daarom wordt veel gebruik gemaakt van elektriciteit en lokale warmtebronnen. Nederland, **en de Nederlandse regio's**, zijn grotendeels energetisch zelfvoorzienend in dit scenario. Er wordt naar lokale autarkie gestreefd, waardoor de zoektocht naar opwek en opslag van onderop gebeurt en de energietransitie ruimtelijk op veel verschillende plekken impact heeft.
2. Scenario *De grote opgaven gebundeld*. Dit scenario is gebaseerd op het II3050-scenario Nationale Sturing. De sturing van de energietransitie ligt grotendeels bij de Rijksoverheid. Daardoor zijn er veel grootschalige nationale projecten, met name windparken op zee, in combinatie met waterstofproductie. Hierdoor wordt in dit scenario veel gebruik gemaakt van elektriciteit. Nederland is ook in dit scenario grotendeels energetisch zelfvoorzienend als land. Ruimtelijk landt de energietransitie op locaties waar een bij nationale opgave speelt, voor dit scenario is de synergie



gezocht met waterveiligheidsopgave in het rivierengebied (grootschaliger (zee)kleipolders en de landbouwtransitie rondom de Peel.

3. Scenario *Op grote schaal denken*. Dit scenario is gebaseerd op de II3050 scenario's Europese Sturing en Internationale Sturing<sup>1</sup>. Dit scenario gaat uit van een volledig open internationale mondiale markt en krachtig klimaatbeleid op Europees en mondiaal niveau. Er is in dit scenario veel import van duurzame energie ((bio)methaan en groene waterstof), vanuit andere landen in Europa en de rest van de wereld. Dit scenario gaat uit van groei van de energie-intensieve industrie in Nederland en veel import van duurzame energie, met name van waterstof. Ruimtelijk betekent dit dat de nadruk van de impact rondom havengebieden spelen.

## 1.2 Doel van scenario's

**De drie scenario's geven de hoekpunten van het speelveld aan voor 2050. Dit zijn dus de verwachte uitersten van het energiesysteem. De scenario's schetsen expliciet geen wensbeeld hoe het energiesysteem in de toekomst er in de toekomst uit moet zien en ze zijn ook niet bedoeld als keuzes. Het toekomstige energiesysteem zal vermoedelijk ergens in het midden tussen de scenario's liggen.**

Het doel van het gebruik van scenario's om de hoekpunten van het toekomstige energiesysteem te bepalen is tweeledig. Enerzijds geeft dit inzicht in no-regret ontwikkelingen, die in elk van de scenario's plaatsvinden. Dit zijn ontwikkelingen waar in elk geval ruimte voor noodzakelijk is. Daarnaast geven de verschillen tussen de scenario's inzicht in de keuzes die gemaakt kunnen worden richting 2050 en de (ruimtelijke) effecten daarvan. Als die keuzes niet worden gemaakt, of worden uitgesteld, dan vergt dat ruimtelijke reserveringen voor energie-infrastructureur en voor energieproductielocaties. Het niet reserveren van die benodigde ruimte betekent immers dat een mogelijke ontwikkeling waarin die ruimte nodig is voor 'energie' wordt uitgesloten.

## 1.3 Methodologie

Er zijn drie scenario's opgesteld voor het energiesysteem van 2050. Deze scenario's zijn gebaseerd op de vier Klimaatneutrale scenario's die gebruikt zijn voor de integrale infrastructuurverkenning II3050 (Berenschot & Kalavasta, 2020)<sup>2</sup>. Elk scenario heeft een energetische invulling en een ruimtelijke invulling.

De energetische invulling van de scenario's (hoe groot is de energievraag, welke energievragers worden gebruikt, hoeveel hernieuwbare opwek in de provincie) hebben we direct overgenomen vanuit II3050, behalve als we een duidelijke reden hebben om hiervan af te wijken<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> De scenario's 'Europese Sturing' en 'Internationale Sturing' pakken we samen, aangezien de verschillen tussen deze scenario's weinig impact hebben op de benodigde ruimte.

<sup>2</sup> De scenario's 'Europese Sturing' en 'Internationale Sturing' pakken we samen, aangezien de verschillen tussen deze scenario's weinig impact hebben op de benodigde ruimte. Beide scenario's gaan uit van een groot aandeel 'gas' in de energievoorziening: het Europese sturing scenario groengas en bij het internationale scenario gaat het om waterstofgas.

<sup>3</sup> De afwijking geldt voor de logistieke sector, de ontwikkeling van nieuwe bedrijventerreinen en de aanlanding van wind op zee. Voor deze sectoren sluiten de scenario's van II3050 niet goed aan bij de verwachte ontwikkelingen in Noord-Brabant. Meer hierover in de Hoofdstukken 3, 7 en 9.

De ruimtelijke invulling **van de scenario's voor Noord-Brabant** (hoe slaat de energievraag, de energieopslag en het energieaanbod ruimtelijk **neer**) **is deels gebaseerd op de scenario's van I13050**. Maar voor sommige elementen van het energiesysteem hebben we in dit onderzoek zelf de ruimtelijke invulling bepaald. De ruimtelijke invulling van de nationale I13050-**scenario's**<sup>4</sup> is bij sommige elementen namelijk te grof om de lokale dynamiek goed te omvatten. Daarnaast zijn de ruimtelijke principes voor de vier I13050-**scenario's** **identiek** waardoor niet alle ruimtelijke mogelijkheden verkend worden.

**Elk van de scenario's is op een ander ruimtelijk principe gebaseerd. Eerst hebben we de hoofdlijnen voor elk scenario opgesteld. Vervolgens hebben we de detail-invulling van de scenario's voor elk element van het energiesysteem bepaald op basis van bestaande plannen, literatuuronderzoek, ruimtelijke analyses en interviews.**

**Het kunnen doorrekenen van de netinfrastructuren vereist dat de scenario's zijn uitgewerkt tot gedetailleerde cijfermatige datasets met de verschillende soorten vraag en aanbod, waarbij alle vraag en aanbod ook een duidelijke locatie heeft.**

## 1.4 Leeswijzer

**Het kunnen doorrekenen van de netinfrastructuren vereist dat de scenario's zijn uitgewerkt tot gedetailleerde cijfermatige datasets met de verschillende soorten vraag en aanbod, waarbij alle vraag en aanbod ook een duidelijke locatie heeft. De onderbouwing voor de invulling van de scenario's is in de volgende hoofdstukken per sector uitgewerkt:**

- Hoofdstuk 3 Mobiliteit.
- Hoofdstuk 4 Gebouwde omgeving (woningen en utiliteiten).
- Hoofdstuk 5 Landbouw.
- Hoofdstuk 6 Bestaande industrie.
- Hoofdstuk 7 Nieuwe bedrijventerreinen.
- Hoofdstuk 8 Hernieuwbare opwek op land.
- Hoofdstuk 9 Aanlanding wind op zee.
- Hoofdstuk 10 Groengas productie.
- Hoofdstuk 11 Opslag elektriciteit.
- Hoofdstuk 12 Elektrolyzers.
- Hoofdstuk 13 Regelbare centrales.

---

<sup>4</sup> Ruimtelijke uitwerking **Energiescenario's**  
([www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/03/31/ruimtelijke-uitwerking-energiescenarios](http://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/03/31/ruimtelijke-uitwerking-energiescenarios))

## 2 Hoofdpijnen scenario's

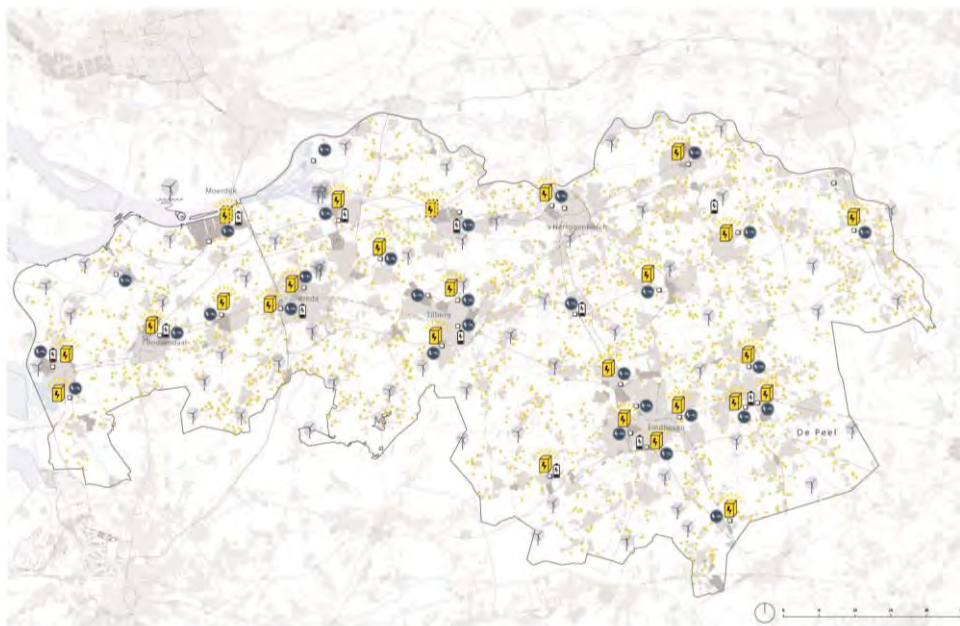
### 2.1 Totstandkoming van de uitgangspunten

**De uitgangspunten voor de scenario's zijn opgesteld door CE Delft en Generation Energy in samenwerking met de klankbordgroep.** De belangrijkste uitgangspunten zijn besproken in twee klankbordgroepen. In de eerste zijn de hoofdpijnen besproken en in de tweede de detailuitwerking per sector. In de klankbordgroep zijn vertegenwoordigers vanuit de provincie, netbeheerders en RES-regio's.

## 2.2 Scenario *Lokale kracht* (Regionale Sturing)



Begin vanaf onderop en zoek de mogelijkheden in wat er kan. Er wordt op lokaal niveau naar grote mate van autarkie gestreefd. Opwek landt op veel verschillende plekken, de RESsen worden uitgevoerd en uitgebreid. Ook opslag en conversie wordt verspreid geplaatst. De ontwikkelingen zullen zich aansluiten bij lokale ruimtelijke ontwikkelingen.



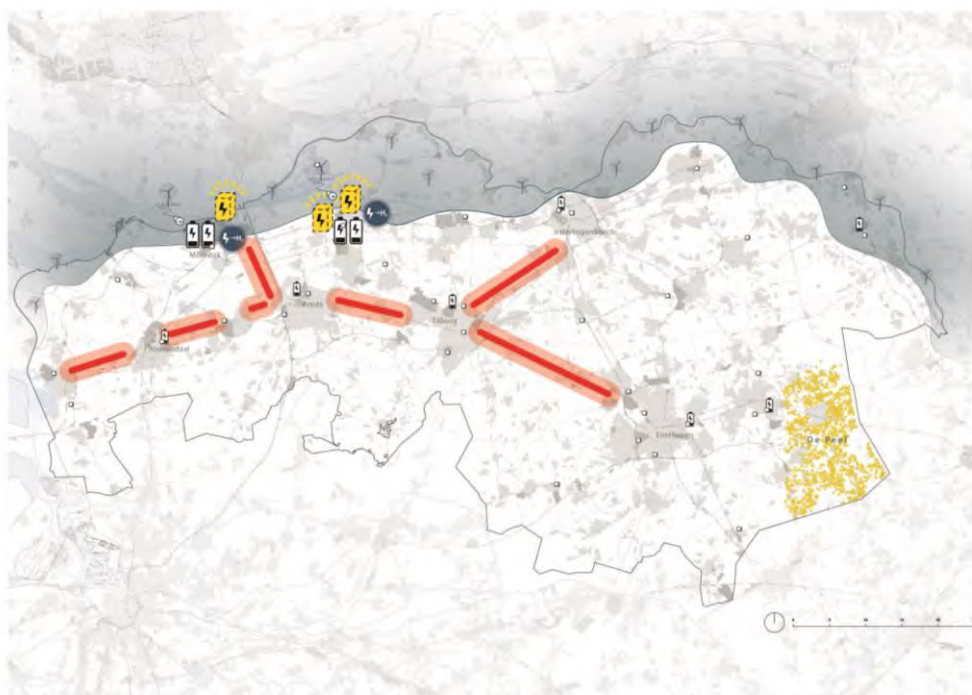
### Bouwstenen 2030-2050

 Windturbine	 Zon op veld	 Zon op dak	 E-centrale	 Electrolyser	 Groen gas	 Batterij	 Aanlanding Wind op zee
Na uitvoering RES nog 222 windturbines die zullen landen in de buurt van gebruik en van HS/MS stations.	Na uitvoering RES nog grote opgave (41 km <sup>2</sup> ) voor zon op veld. Ook deze zal verspreid landen, in de buurt van steden en het netwerk.	Zo veel mogelijk daken, groot en klein, vol met zon. Er resteert na de RES met name een opgave voor kleine daken.	Bestaande fossiele centrales worden hernieuwbare centrales en nieuwe e-centrales worden gebouwd bij HS-MS transformatoren.	Verspreid bij opweklocaties van zon en wind	Geen extra groengas na 2030: voor die tijd is lokale potentieel al aangeboord	Batterijen worden op drie schaalniveaus geplaatst: Bij de opwek, in de wijk en bij de woonhuizen	1 aanlanding van 2 GW vanuit wind-op-zee rondom industriële cluster

## 2.3 Scenario *De grote opgaven gebundeld* (Nationale Sturing)



De energietransitie wordt in relatie met andere nationale opgaven bekeken. Hierin sluiten de nieuwe infrastructures aan bij de opgave van de bodem en de ondergrond. Er wordt sterk ingezet op wind op zee. Lokaal kunnen er grote verschillen zijn, omdat opwek, opslag en conversie in grote clusters geplaatst worden, terwijl er op andere locaties geen ontwikkelingen zijn.

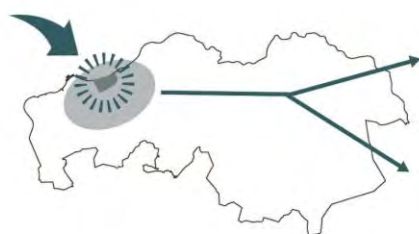


**Bouwstenen 2030-2050**

							
Windturbine	Zon op veld	Zon op dak	E-centrale	Electrolyser	Bovenlokaal warmtenet	Batterij	Aanlanding Wind op zee
In grootschalig landschap met een waterveiligheidsopgave of een waterbergingsopgave worden grote clusters van wind geplaatst die direct op TenneT worden aangesloten.	Na de uitvoering van de RES nog grote zonneparken in combinatie met natuurontwikkeling en landbouwtransitie rond de Peel.	Zo veel mogelijk daken, vooral grote daken, vol met zon.	MEGA E-Centrales op huidige locaties	MEGA-Electrolyser bij Moerdijk en Geertruidenberg	Bovenlokaal warmtenet rondom de grotere clusters	Bij HS-MS onderstations worden batterijen geplaatst om de druk in het elektriciteitsnet te reguleren. Daarnaast rondom cluster moerdijk en geertruidenberg	2 aanlandingen van totaal 9 GW vanuit wind-op-zee rondom industriële cluster



## 2.4 Scenario *Op grote schaal denken* (Europese/Internationale Sturing)



Er wordt op Europees niveau gezocht naar het optimaliseren van de systemen. De keuzes en ontwikkelingen in Nederland zijn daarvan afhankelijk. Het belang van import en export groeit. Voor het Europese scenario speelt vooral biomassa hierin een rol; voor het internationaal scenario is waterstof bepalend. Ruimtelijk landt het grootste deel van het energiesysteem in het industriële cluster, maar de totale impact is kleiner dan de andere varianten. Op het hoofdtransportnet kan het juist veel impact hebben.



### Bouwstenen 2030-2050

Windturbine	Zon op veld	Zon op dak	E-centrale	Electrolyser	Bovenlokaal warmtenet	Batterij	Aanlanding Wind op zee
Na de realisatie van de RES zoekgebieden geen verdere windturbines.	Na de uitvoering van de RES nog enkele zonneparken (8 km <sup>2</sup> ) rondom het industriële cluster.	Geen extra zon-op-dak na de realisatie van de RES.	MEGA E-Centrale bij importlocatie Moerdijk/ Geertruidenberg	MEGA-Electrolyser bij hub-locatie Moerdijk	Rond de energie-hub waar veel biogas wordt geïmporteerd en mogelijk biomassa wordt geïmporteerd	Rondom de import hub ruimte voor centrale opslag.	1 aanlandingen van totaal 2 GW vanuit wind-op-zee rondom industriële cluster



## 3 Mobiliteit

### 3.1 Beschrijving sector

De mobiliteits- en transportsector in Noord-Brabant wordt gekenmerkt door de omvang van de stedelijke gebieden en de clustering van economische activiteiten in de provincie.

Onder mobiliteit en transport vallen de volgende categorieën modaliteiten:

- privaat personenvervoer;
- openbaar vervoer (ov-bus);
- **goederenvervoer (bestelauto's en vrachtwagens)**;
- binnenvaartschepen;
- bouw materieel;
- luchtvaart.

Kenmerkend in Noord-Brabant is de relatieve hoge concentratie van logistieke dienstverlening. Belangrijke logistieke routes lopen door Noord-Brabant voor het transport van goederen uit de havens van Rotterdam en Antwerpen. Daarnaast staan er een aantal distributiecentra van grote retailers in de provincie die goederen naar locaties in heel Nederland en daarbuiten vervoeren.

Over water vindt er vervoer plaats met binnenvaartschepen, waarvan de grootste binnenhavens in Moerdijk, Cuijk, Bergen op Zoom, Oss en Tilburg zijn gesitueerd. In Noord-Brabant bevindt zich de luchthaven Eindhoven met het tweede hoogste aantal vliegbewegingen in Nederland. Alle grondactiviteiten van voertuigen op de luchthaven zullen in 2030 zero-emissie zijn. Het lokale openbaar vervoer wordt gereden met een toenemend aantal elektrische bussen, in zowel het stads- als streekvervoer.

### 3.2 Uitgangspunten voor de scenario's

#### Personenvervoer

**Het wagenpark personenauto's is snel aan het elektrificeren.** Voor de vermogensvraag die voortkomt uit de plaatsing en gebruik van **laadpalen voor personenauto's** is de data van I13050 gebruikt (Berenschot & Kalavasta, 2020). **De scenario's van I13050** gaan er elk vanuit dat het grootste deel van het personenvervoer elektrisch wordt. Een deel van het personenvervoer zal op waterstof rijden, tussen de 0 en 30% (afhankelijk van het scenario).

**Daarnaast zit er verschil tussen de scenario's in de omvang van de gereden kilometers.**

De laadvraag van personenvervoer bevat zowel private- en publieke laadpalen, zowel thuis bij huishoudens, op werklocaties en publieke (snel)laadstations. De vermogensvraag voor personenvervoer is over buurten verdeeld volgens de aantallen huishoudens. Dit is een eenvoudige manier van inschatting van de vermogensvraag, en in praktijk kunnen relatief grote afwijkingen voorkomen vanwege verschillende factoren. Wij gaan ervanuit dat dit geen probleem geeft vanwege het feit dat de vermogensvraag, voor het realiseren van publieke- **en thuislaadpalen voor elektrische auto's in absolute termen gering is op het totaal van de vermogensvraag voor andere voertuigen en andere sectoren.**

## Vrachtwagens en bestelbusjes

De vermogensvraag bestaat voor een groot deel uit laadvraag voor het opladen van elektrische voertuigen van de transportsector (goederenvervoer). Vrachtwagens en bestelbusjes hebben de grootste aandelen van de vermogensvraag van alle modaliteiten (zie Figuur 1). Voor het in kaart brengen van de vermogens- en elektriciteitsvraag van de mobiliteitssector is gebruik gemaakt van de ElaadNL-laadvraag outlook. Meer over de ElaadNL-laadvraag outlook is te vinden in Paragraaf 3.3.

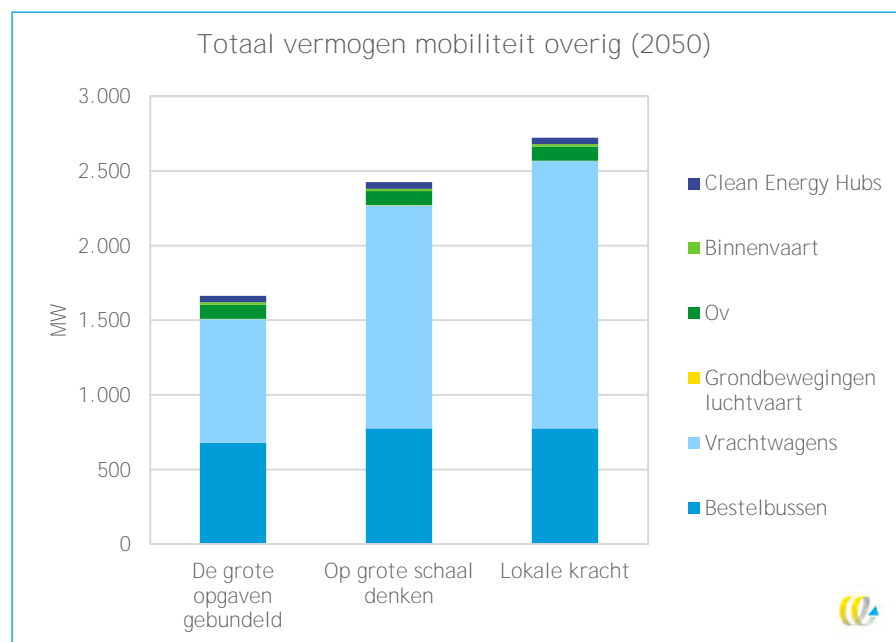
De ElaadNL-laadvraag outlook geeft drie verschillende scenario's, een Laag, Midden en een Hoog scenario. Deze drie scenario's gaan uit van een wisselend aandeel elektrificatie en een wisselende omvang van de transportsector. We nemen het Laag scenario van ElaadNL aan voor het scenario 'De grote opgaven gebundeld', het Midden scenario van ElaadNL voor het scenario 'Op grote schaal denken' en het Hoog scenario voor het scenario 'Lokale kracht'.

We hebben de scenario's van de ElaadNL-prognoses gekoppeld aan de scenario's binnen dit onderzoek op basis van de totale vraag naar elektriciteit en waterstof in de gerelateerde scenario's van I13050.

## Ov-bussen

Ook voor de schatting van de vermogensvraag voor ov-bussen is gebruik gemaakt van de ElaadNL-outlook database. Het laden van elektrische bussen vindt plaats op depots en op bufferhaltes. De database geeft geen data voor na 2035 aan, omdat verondersteld is dat na dat jaar de vermogensvraag constant blijft vanwege het feit dat alle ov voertuigen in de vloot tegen die tijd zijn geëlektrificeerd (of zijn vervangen door een ander zero-emissie voertuig). Wij veronderstellen dat deze data voldoende is voor het startpunt in 2050, en dat het verschil in vermogensvraag voor ov-bussen tussen 2035 en 2050 redelijk gelijk blijft. Kleine verschillen in de vermogensvraag kunnen in praktijk voorkomen vanwege groei of afname van de omvang van het ov.

Figuur 1 - Totaal vermogen mobiliteit, exclusief personenvervoer



## Binnenvaartschepen

Voor de containerschepen actief in de binnenvaart is in de ElaadNL-outlook dataset een prognose gemaakt voor de vermogensvraag naar walstroom in de havens die in Noord-Brabant liggen. Wij beschouwen deze geschatte vermogensvraag als een ondergrens, omdat mogelijk andere soorten binnenvaartschepen ook een groei in de vraag naar walstroom kunnen hebben in de komende decennia.

## Bouwmaterieel

De vermogensvraag voor bouwmaterieel is gebaseerd op de prognoses van nieuwbouw per gemeente, de lokale emissiecijfers voor luchtkwaliteit en de nabijheid van Natura 2000-gebieden. In gebieden met onder gemiddelde luchtkwaliteit is de verwachting dat er meer gelet wordt op de uitstoot van bouwmaterieel met stimulerende maatregelen voor (versnelde) overstap naar elektrisch aangedreven bouwmaterieel. Voor gemeenten nabij Natura 2000-gebieden wordt aangenomen dat dezelfde trend van verhoogde aandacht voor uitstoot van bouwmaterieel en maatregelen voor de omschakeling naar elektrische varianten.

## Luchtvaart

Voor de luchtvaart is uitgegaan van de vermogensvraag van alle grondgebonden mobiliteit op de luchthaven van Eindhoven. Via een interview hebben wij de geschatte vermogensvraag voor deze specifieke voertuigcategorie kunnen achterhalen. Het uitgangspunt dat wij hanteren voor de vermogensvraag voor mobiliteit op de luchthaven is dat deze voertuigen voor het overgrote deel zijn geëlektrificeerd na 2030, en dat deze getallen ook relevant zijn in 2050. Wij hebben een groei in de vermogensvraag van 2% per vijf jaar gerekend tussen 2030 en 2050, in lijn met verwachtingen voor de gemiddelde groei in de luchtvaart. De groei van de grondgebonden mobiliteit loopt niet gelijk aan de groei in het volume van de luchtvaart: wij gaan ervan uit dat grondgebonden voertuigen in de basis niet aan de volledig inzetbare capaciteit zitten, waardoor de stijging van het aantal voertuigen lager is dan de gemiddelde verwachte groei van de luchtvaart.

### 3.3 Overzicht belangrijkste bronnen

Wij hebben de volgende bronnen geraadpleegd om de meest complete en actuele inschatting van elektriciteitsvraag in de mobiliteitssector te verkrijgen:

#### II3050

De **II3050-scenario's maken een inschatting van de** energievraag voor personenvervoer in 2050 op basis van een wisselend aandeel elektrisch rijden en rijden op waterstof. Daarnaast **zit er verschil tussen te scenario's in de omvang van de gereden kilometers. Op basis hiervan**, en van de huidige energievraag van personenvervoer, wordt een inschatting gemaakt van de totale energievraag van personenvervoer in Nederland.

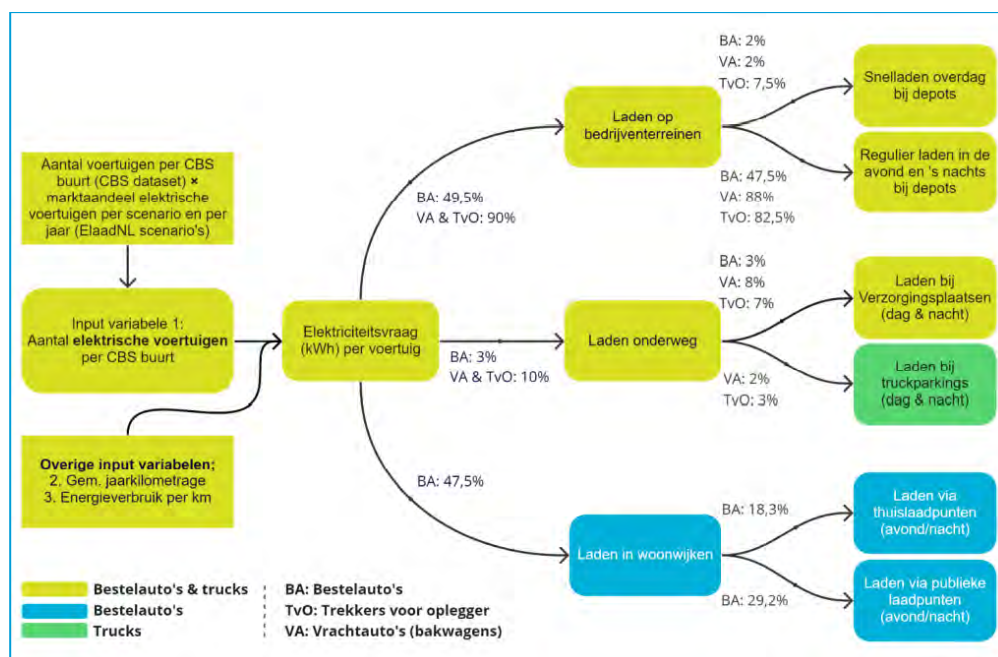
De vermogensvraag voor personenvervoer is over buurten verdeeld volgens de aantallen huishoudens. Wij veronderstellen dat de vermogensvraag zoals in deze database is gesteld voor 2050 als voldoende detailniveau heeft. Vanwege het feit dat de II3050-data een te grof detailniveau weergeeft voor de vermogensvraag van overige modaliteiten (goederenvervoer, ov en bouwmaterieel) maken wij gebruik van andere bronnen voor de prognose van vermogensvraag voor deze voertuig categorieën.

## ElaadNL-outlook dataset mobiliteit

Provincie Noord-Brabant heeft de ElaadNL-dataset van de laadvraag prognose voorzien ten behoeve van het onderzoek. In de dataset zit de geschatte elektriciteitsvraag voor het laden van elektrische voertuigen in verschillende categorieën per buurtcode (volgens CBS-indeling). De categorieën **zijn personenauto's, bestelbusjes, vrachtwagens**, ov-bussen, bouw materieel en binnenvaartschepen (walstroom).

De energie- en vermogensvraag voor laden van elektrisch aangedreven voertuigen in de prognose van ElaadNL is op verschillende bronnen en aannames gebaseerd. De ElaadNL-prognose bestaat uit drie scenario's die de mate van ingroei van elektrisch aangedreven voertuigen differentieert: Laag, Midden en Hoog. Voor elk scenario is een inschatting van het marktaandeel van elektrisch aangedreven voertuigen, per CBS buurt gemaakt en voor elke vijf jaar tussen 2025 en 2050. Vaste aannames voor elk scenario zijn de ingeschatte jaarkilometrages per type voertuig en energieverbruik per kilometer. Daarmee is de elektriciteitsvraag per voertuig per buurt berekend. Vervolgens is per buurt het totaal voor elk type voertuig berekend. Voor de ruimtelijke spreiding van de voertuigen is gebruikt gemaakt van modellering die voertuigen per buurt en gemeente indeelt op basis van de standplaatsbepaling van voertuigen bij bedrijven op basis van CBS-data. Zie Figuur 2 voor een schematisch overzicht van de analyse voor aantallen voertuigen en bijhorende energievraag volgens de ElaadNL-prognose (ElaadNL, 2022).

Figuur 2 - Overzicht methode berekening ElaadNL-prognose vermogensvraag



### Alle scenario's houden rekening met de marktontwikkelingen:

- de uitrol van ZE-zones in 40 grootste steden;
- ingaan van geboden voor emissie loze voertuigen:
  - gebod voor bestelwagens vanaf 2035;
  - gebod voor trucks vanaf 2040.
- de verkoop verboden van (personen)voertuigen met verbrandingsmotor (EU en NL beleid);
- doelstellingen voor aandeel zero-emissie van truckfabrikanten;

- mogelijkheden en ontwikkelingen van laadinfrastructuur: de verwachting dat het gestandaardiseerde *Megawatt Charging System*<sup>5</sup> vanaf 2025 beschikbaar zal zijn.

In scenario laag zit er een grens aan de maximale groei van elektrische voertuigen (onder andere maximaal 90% elektrische bestelwagens in 2050; nadruk op waterstof aangedreven trucks). In het midden scenario is aangenomen dat er weinig beperkingen zijn in de overschakeling naar elektrisch aangedreven voertuigen in alle segmenten door voldoende productie van elektrische voertuigen. In het scenario hoog komt massaproductie van elektrische voertuigen sneller op gang en in combinatie met stimuleringsregelingen van de overheid zorgt dit voor een versnelde opschaling van het aantal elektrische voertuigen. Ook wordt aangenomen dat er weinig belemmeringen zijn voor de aanleg van MCS laadinfrastructuur. Waterstof aangedreven trucks bieden in dit scenario geen grote voordelen ten opzichte van batterij elektrische trucks.

De aantallen voertuigen en bijhorende energie- en vermogensvraag op een bepaalde locatie is berekend met behulp van de technische aannames die Figuur 3 staan weergegeven.

Figuur 3 - Aannames ElaadNL-prognose per voertuigtype (Elaadnl, 2022)

Modaliteit	Soort laadlocatie	Gem. energievraag per voertuig en per werkdag (kWh)	Aandeel elektriciteitsvraag (%) en laadvermogen per dagdeel		Bezettingsgraad van laadpunten**** (uren per dagdeel)		Benodigd aantal laadpunten per voertuig	
			Overdag	Avond/nacht	Overdag	Avond/nacht	Overdag	Avond/nacht
Vrachtauto's (bakwagens)	Depot	167,2*	2% (50 – 200 kW)	88% (30 kW)	1,6	7,2	0,017	1
	Truckparkings		2% (200 kW)	- (22 kW)	1,2	-	0,014	-
	Verzorgingsplaatsen		8% (150 – 350 kW)	- (22 kW)	1,8	-	0,030	-
Trekker voor oplegger	Depot	513,5**	7,5% (150 – 350 kW)	82,5% (70 kW)	2,4	7,2	0,064	1
	Truckparkings		3% (1000 kW)	- (70 kW)	2,4	-	0,006	-
	Verzorgingsplaatsen		7% (1000 kW)	- (70 kW)	3	-	0,012	-
Bestelauto's	Depot	23,4***	2% (50 – 100 kW)	47,5% (11 kW)	1,6	7,2	0,003	0,50
	Verzorgingsplaatsen		3% (350 kW)	n.v.t.	2,4	-	0,001	-
	Thuislaadpunt		-	18,3% (11 kW)	-	6	-	0,183
	Publieke laadpunt		-	29,1% (11 kW)	-	6	-	0,29

Voor de verwerking van deze data in toekomstscenario's bestaan een aantal kanttekeningen:

- Koplopers kunnen zorgen voor afwijking in de groei van het aantal elektrisch aangedreven voertuigen.
- **Het overdag (bij)laden van trucks en personenauto's op bedrijventerreinen kunnen eerder tegen beperkingen aanlopen, al is er meer flexibiliteit bij deze voertuigen voor het kiezen van een ander tijdstip om overdag te laden.**
- De individuele laadstrategie van bedrijven kunnen zorgen voor hogere pieken dan de ingeschatte elektriciteitsvraag.
- De vermogensvraag van buitenlandse trucks is niet meegenomen. De aanname is dat deze voertuigen zullen laden bij bestemmingen en verzorgingsplaatsen onderweg, gebruikmakend van de infrastructuur die is aangelegd in lijn met de vermogensvraag van de Nederlandse voertuigen.

## Interview met Eindhoven Airport

Vanwege het ontbreken van de vermogensvraag voor voertuigen voor de buurtcode **'luchthaven Eindhoven Airport'** in de ElaadNL-outlook dataset hebben wij een interview met Eindhoven Airport afgenomen om de vermogensvraag voor de luchthaven te achterhalen. In dit online gesprek hebben projectmedewerkers van de luchthaven van Eindhoven aange-

<sup>5</sup> [www.charin.global/technology/mcs/](http://www.charin.global/technology/mcs/)



geven hoe zij de ontwikkeling van vermogensvraag voor grondgebonden mobiliteit op de luchthaven in de komende decennia zien verlopen. In het gesprek is ook aangegeven dat de luchthaven studies heeft uitgevoerd voor het bepalen van de vermogensvraag voor alle activiteiten inclusief de voertuigen aan de grond binnen het luchthaventerrein. Dit getal hebben wij overgenomen, en staat voor het vermogen waarbij alle voertuigen zijn geëlektrificeerd (of deels zijn vervangen met een andere emissieloze aandrijving).

# 4 Gebouwde omgeving

## 4.1 Beschrijving sector

### Huishoudens

Op dit moment wordt het gros van de Nederlandse huishoudens nog verwarmd op aardgas, en een klein deel met warmte afkomstig van warmtenetten. In een klimaatneutraal energiesysteem in 2050, zijn er verschillende opties voor het verwarmen van huizen. Voor de invulling hiervan gaan we uit van de aanpak in de II3050-**scenario's**. Er wordt gevarieerd met isolatiegraad, de verwarmingstechniek en de ontwikkeling van het elektriciteitsgebruik. Er worden vier opties voor het verwarmen van huizen voorgesteld; all electric, via een warmtenet, hybride met groengas en hybride met waterstof.

Noord-Brabant telde in 2021 zo'n 1,2 miljoen particuliere huishoudens. Naar 2050 zal dit aantal naar verwachting oplopen, enerzijds door de bevolkingsgroei, anderzijds ook door daling van het gemiddeld aantal personen per huishouden. In de provincie wordt op dit moment een deel van de huizen verwarmd met een van de grootste warmtenetten van Nederland, het Amernet. Dit warmtenet voorziet een deel van Breda en Tilburg en een paar kleinere plaatsen van warmte. Het gaat in totaal om 51.000 huishoudens (Ennatuurlijk, 2022). De voornaamste bron voor dit warmtenet is de RWE-centrale in Geertruidenberg. In een duurzame toekomst zijn er een aantal mogelijke alternatieve warmtebronnen zoals aquathermie, geothermie en restwarmte van andere industrieën.

### Gebouwen

Aan het eind van 2021 telde Noord-Brabant zo'n 175.000 overige gebouwen (niet-woningen). Dit gaat om bijvoorbeeld kantoorpanden. Ook voor gebouwen zal voor de toekomstige warmtevoorziening uitgegaan worden van de II3050-**scenario's**, en zal gevarieerd worden met dezelfde technieken, evenals met de isolatiegraad en de ontwikkeling van het elektriciteitsgebruik. Op dit moment worden 355 bedrijven voorzien van warmte van het Amernet (Ennatuurlijk, 2022).

## 4.2 Uitgangspunten voor de scenario's

### 4.2.1 Uitgangspunten energetische invulling

#### Huishoudens

**Voor de verschillende scenario's worden de uitgangspunten zoals ook aangenomen in de II3050-studie gehandhaafd.** Dit houdt in dat uitgegaan wordt van de prognose van het CBS voor groei en krimp van de bevolking per gemeente in 2040, en deze wordt toegepast op het aantal huishoudens. In alle scenario's is een toename van 1% per jaar van het elektriciteitsgebruik verondersteld, maar daarnaast ook een efficiëntieverbetering van 10% tot aan 2050. Voor de mate van isolatie zijn per scenario verschillende aannames gedaan.

## Gebouwen

Voor gebouwen is aangenomen dat de huidige gasvraag in een bepaalde buurt een indicatie geeft van de toekomstige energievraag in die buurt. Daarnaast gelden dezelfde aannames als voor huishoudens wat betreft toename elektriciteitsgebruik en toename van de efficiëntieverbetering. We maken afzonderlijke aannames voor de additionele energievraag van nieuwe bedrijventerreinen (Hoofdstuk 7).

Tabel 1 - Overzicht uitgangspunten per scenario Gebouwde Omgeving

	2050 - Lokale kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Focus huishoudens	<ul style="list-style-type: none"><li>– Warmte</li><li>– Isolatie A/B</li><li>– 35% woningen op warmtenet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– All electric</li><li>– Isolatie A</li><li>– 20% woningen op warmtenet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Hybride warmtepomp</li><li>– Isolatie B</li><li>– 10% woningen op warmtenet</li></ul>
Focus gebouwen	<ul style="list-style-type: none"><li>– Warmte</li><li>– Isolatie A/B</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– All electric</li><li>– Isolatie A</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Hybride warmtepomp</li><li>– Isolatie B</li></ul>

### 4.2.2 Uitgangspunten ruimtelijke invulling

#### Huishoudens

**In alle scenario's hebben alle buurten die reeds een warmtenet hebben, dat ook in 2050.**

Daarnaast zijn warmtenetten geplaatst op basis van stedelijkheid (hoe groter de stedelijkheid, hoe groter de kans op een warmtenet).

Daarnaast is in buurten met een hoog aandeel oude woningen (woningen van vóór 2000), de kans op een gasnet groter, met name voor het scenario '*Op grote schaal denken*'. Daarnaast is in het scenario '*Op grote schaal denken*' landelijkheid meegenomen voor de verdeling van gasnetten voor methaan en waterstof (waarbij bij hogere landelijkheid gekozen is voor groengas). Overigens is de keuze van welk gas precies gekozen wordt, niet zo relevant voor de aanleg van infrastructuur.

In buurten die niet op het warmtenet of gasnet aangesloten worden de huizen volledig elektrisch verwarmd.

#### Gebouwen

Voor gebouwen is ervan uitgegaan dat als in een bepaalde buurt huishoudens aangesloten zijn op een warmtenet of gasnet, de kans groot is dat de andere gebouwen daar ook op aangesloten worden. Daarnaast is de kans op aansluiting op een warmtenet ook groter als het aantal bedrijven in die buurt groter is. Voor aansluiting op het gasnet is gekeken naar het aantal buurten in die gemeente die in het eindbeeld in 2050 op een gasnet aangesloten zitten; als er in een buurt een gasnet aanwezig blijft wordt de kans dat gebouwen in die buurt op een gasnet aangesloten blijven ook groter.

### 4.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- **Klimaatneutrale scenario's 2050** (Berenschot & Kalavasta, 2020);
- warmtenet Midden- en West-Brabant (Ennatuurlijk, 2022).

# 5 Landbouw

## 5.1 Beschrijving sector

Noord-Brabant heeft een aanzienlijke omvang van de landbouwsector, voornamelijk in termen van aantal bedrijven (CBS, 2022). De toepassing van deze bedrijven verschilt; zowel veeteelt, landbouw als (glas)tuinbouw worden bedreven. Energiegebruik binnen de landbouwsector omvat het gebruik van brandstoffen, elektriciteit en warmtebronnen voor agrarische activiteiten. Het gebruik van landbouwvoertuigen valt binnen de sector mobiliteit.

Net als op nationaal niveau, vindt het grootste deel van het energiegebruik plaats binnen de glastuinbouw. Glastuinbouw wordt bedreven in heel Noord-Brabant, maar voornamelijk in West-Brabant.

## 5.2 Uitgangspunten voor **de scenario's**

### 5.2.1 Uitgangspunten energetische invulling

Het gros van de energievraag van de landbouwsector ligt bij de glastuinbouw. Daarom wordt in deze studie enkel op deze sector gefocust. **In de verschillende scenario's wordt aangenomen dat de huidige gasvraag in de glastuinbouw sector gelijk is aan de totale warmtevraag van de landbouwsector. Op basis daarvan wordt de energievraag voor de toekomst voor de verschillende scenario's bepaald. Voor de glastuinbouw wordt gevarieerd in verwarmingstechniek; hierbij zijn geothermie, gebruik van een warmtepomp, biomassa, een gas-ketel (op groengas) en wkk's (op groengas) relevant.**

Voor de vraag naar elektriciteit wordt naar 2050 toe een toename van ongeveer 3% per jaar verondersteld, en voor warmte een afname van 1% per jaar (met name door intensiever gebruik van lichten). Voor geothermie geldt dat er behoorlijke potentie is en deze vergeleken met de gebouwde omgeving relatief makkelijk gebruikt kan worden.

Tabel 2 - Overzicht uitgangspunten per scenario Landbouw

	2050 - Lokale Kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Focus	<ul style="list-style-type: none"><li>– Geothermie</li><li>– Lokale biomassa en groengas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Geothermie</li><li>– Warmtepompen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Warmtepompen</li><li>– Biomassa</li></ul>

In zowel het scenario '*Lokale Kracht*' als het scenario '*De grote opgaven gebundeld*' wordt flink ingezet op het gebruik van geothermie. In het scenario *Lokale Kracht* wordt daarnaast gebruik gemaakt van biomassaketels en groengasketels. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* zijn ook biomassaketels aanwezig, maar wordt door de flinke elektrificatie ook gebruik gemaakt van warmtepompen en thermische opslag. In het scenario *Op grote schaal denken* zijn burgers en de overheid niet erg bereid om te investeren in geothermie en worden voornamelijk warmtepompen gebruikt aangezien dit het goedkoopste alternatief is. De inzet van warmtepompen wordt aangevuld met biomassaketels.

### 5.2.2 Uitgangspunten ruimtelijke invulling

Er wordt aangenomen dat het huidige warmtegebruik gelijk is aan de totale energievraag. Groei van de sector op andere locaties is niet meegenomen.

### 5.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- **Klimaatneutrale scenario's 2050** (Berenschot & Kalavasta, 2020);
- landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar gemeente (CBS, 2022).



# 6 Bestaande industrie

## 6.1 Beschrijving sector

De industrie in Noord-Brabant staat voor een verduurzamingsopgave. Dit betekent dat sectoren moeten overstappen op andere energiedragers en mogelijk ook productieprocessen. De overstap naar een duurzame en circulaire industrie betekent ook dat bepaalde industriële bedrijven kleiner worden of verdwijnen en nieuwe type industrieën zullen ontstaan.

De grote industrie in Brabant bevindt zich geclusterd rond Moerdijk, onderdeel van het industriële cluster Rotterdam-Moerdijk, in West-Brabant. Het industriële cluster heeft haar verduurzamingsambities opgesteld in de CES Rotterdam Moerdijk. Daarnaast vallen er twintig locaties onder het zogenaamde zesde cluster waarvoor ook een CES is opgesteld (Waterenergysolutions, 2022). Dit is de industrie buiten de vijf geografische clusters. Deze twintig locaties omvatten levensmiddelproducten en daarnaast glasindustrie, chemische industrie, metaalindustrie en keramische industrie. Daarnaast is er nog andere kleinschalige industrie die niet onder een cluster energiestrategie vallen.

Een groot gedeelte van de industrie zal in 2050 elektriciteit als voornaamste energiedrager gebruiken, maar er mogelijk ook een rol voor waterstof en (bio) methaan. Per toekomst-scenario verschilt deze verhouding **en deze variëren we ook in onze scenario's**.

## 6.2 Uitgangspunten voor de scenario's

### 6.2.1 Uitgangspunten energetische scenario's

We hanteren voor het energiegebruik de verwachte energie en vermogen uit de I13050-scenario's. **We voeren een correctie uit** voor de industrie die aangesloten zal worden op het TenneT-netwerk, wat vooral relevant is voor het industriële cluster Moerdijk. Tabel 3 toont de uitgangspunten per scenario voor industrie. We gaan uit van de I13050-scenario voor de vraag naar energiedragers in de provincie. We voeren nog wel een correctie uit voor de ETS bedrijven die naar onze verwachting overstappen op het TenneT-netwerk. Deze bedrijven hebben geen impact op het netwerk van Enexis-netwerk en worden daarom niet meege-nomen in de doorrekening door Enexis. Dit zijn voornamelijk bedrijven in het industrie-gebied Moerdijk. Overige industrie in de provincie, bijvoorbeeld Cluster 6, wordt naar ver-wachting voornamelijk aangesloten op het net van Enexis.

Tabel 3 - Overzicht uitgangspunten per scenario Industrie

	2050 - Lokale kracht en De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Focus	<ul style="list-style-type: none"><li>- Totaal energiegebruik uit I13050</li><li>- Profiel van NEDU</li><li>- Gelijke omvang industrie</li><li>- Voor industrie zijn deze scenario's gelijk</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Totaal energiegebruik uit I13050</li><li>- Profiel van NEDU</li><li>- Groei van de industrie</li></ul>
Energiegebruik	<ul style="list-style-type: none"><li>- Elektriciteit: 17.400 GWh, 3.400 MW</li><li>- Waterstof 6.700 GWh, 1.000 MW</li><li>- Methaan: 0 GWh, 0 MW</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Elektriciteit: 20.800 GWh, 4.000 MW</li><li>- Waterstof 20.100 GWh, 3.000 MW</li><li>- Methaan: 10.500 GWh, 1.300 MW</li></ul>

	2050 - Lokale kracht en De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Correctie Enexis/TenneT-aansluitingen	Correctie gebaseerd op studie van CE Delft voor Enpuls (Enexis) over elektrificatie industrie (Delft, 2021), het rapport is niet publiek	

## 6.2.2 Uitgangspunten ruimtelijke invulling

Uit de II3050-scenario's volgt de totale energievraag per buurt voor de industrie.

De verdeling is echter niet nauwkeurig. Daarom is ervoor gekozen om wel het totale energiegebruik in de provincie te gebruiken, maar om een andere verdeling naar buurt-niveau te hanteren. De verdeling is gehanteerd op een onderzoek naar de energievraag voor de industrie<sup>6</sup>. De regionalisering per gemeente is gebaseerd op het energiegebruik uit de klimaatmonitor voor 2018 (Klimaatmonitor, 2019), gecombineerd met prognoses voor verduurzaming van deze industrie. De verdere regionalisatie van de energievraag van de industrie van gemeenteniveau naar buurtniveau gebeurt op basis van het vloeroppervlak van de industrie, zoals deze gegeven is in de BAG (Kadaster, 2020). Gebaseerd op de CE Delft studie voor Enpuls/Enexis (2021) is er gecorrigeerd welk gedeelte van de gasvraag niet zal elektrificeren, voornamelijk vanwege of dat proces technisch niet mogelijk is. Deze analyse resulteert in een verdeelsleutel per buurt van de totale elektriciteitsvraag, waarmee de totale energie- en vermogensvraag te vertalen is naar de vermogensvraag per buurt op de Enexis-netwerken.

## 6.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- **Klimaatneutrale scenario's 2050** (Berenschot & Kalavasta, 2020);
- CE Delft - Elektrificatie van de industrie in Enexis-gebied (Delft, 2021);
- Rijkswaterstaat - Klimaatmonitor (Rijkswaterstaat, 2019);
- Kadaster - Basisadministratie Adressen en Gebouwen (Kadaster, 2020).

<sup>6</sup> Dit is een vertrouwelijke studie die CE Delft heeft uitgevoerd als input voor de netdoorrekeningen van het NPRES.

# 7 Nieuwe bedrijven(terreinen)

## 7.1 Beschrijving sector

Bedrijventerreinen bieden onderdak voor een groot verscheiden type bedrijven: onder andere industrie, logistieke bedrijven zoals distributiecentra, datacenters, winkels, kantoren en onderwijs. De groei van deze bedrijventerreinen resulteert in additionele vermogensvraag, maar deze groei hangt sterk af van het type bedrijven. Bedrijven zoals datacenters gebruiken veel meer vermogen per oppervlakte dan de gemiddelde bedrijven. Deze analyse omvat puur de groei van bedrijven en niet een verandering bij bestaande bedrijven door groei of elektrificatie.

## 7.2 Uitgangspunten voor de scenario's

### 7.2.1 Uitgangspunten energetische scenario's

De IBIS-database omvat alle huidige bedrijventerreinen en geplande uitbreidingen (Rijksoverheid, 2016). Enexis heeft deze database vertaald naar een groei per jaar, gebaseerd op de netto vrije ruimte en de planstatus. We zien in de data dat er vooral een groei plaats vindt tot 2025, met nog een beperkte groei richting 2030. Dit komt doordat er tot deze periode plannen bekend zijn, maar na 2030 zijn de plannen nog niet opgenomen. Daardoor is voor 2050 de IBIS-database geen betrouwbare databron. We gaan er wel vanuit dat alle vrij ruimte op de bestaande terreinen wordt gerealiseerd, en dat er daarnaast een additionele groei plaatsvindt.

Er is besloten om de groei te baseren op de bevolkingsgroei per gemeente richting 2050 (Primos, 2022). **Dit is een van de weinige prognoses die over zo'n lange periode beschikbaar** zijn op dit niveau. Er wordt aangenomen dat de groei van bedrijventerreinen lineair toeneemt gebaseerd op de huidige bedrijventerreinen. We zien nu al in gebieden waar de groei van bedrijven tegen fysieke grenzen loopt. In deze gebieden vindt intensivering plaats, dus meer activiteit op hetzelfde oppervlakte. Een voorbeeld zijn meerdere bouwlagen. Het is echter ook mogelijk dat de groei niet alleen gedreven wordt door bevolkingsgroei, maar groter of kleiner is dan de procentuele bevolkingsverandering. Deze methode is dus een benadering omdat er geen prognoses zijn over de ontwikkeling van bedrijventerreinen voor 2050.

De groei in oppervlakte vertalen we naar een vermogensvraag met een kengetal. Voor dit kengetal baseren we ons op een studie voor de gemeente Eindhoven, uitgevoerd door CE Delft in 2021 (CE Delft, 2021). Hier is per type bedrijven bepaald wat het geschatte elektriciteitsgebruik is gebaseerd op landelijke kengetallen en beschikbare specifieke data (kWh/jaar). Het gemiddelde geschatte elektriciteitsgebruik voor alle bedrijven op bedrijventerreinen in Eindhoven werd in deze studie bepaald op 123 kWh/m<sup>2</sup>/jaar. Het NEDU E3A profiel achten wij representatief voor het gemiddelde bedrijventerrein en dit kent 3.662 vollasturen (NEDU, 2019). Het gemiddelde elektriciteitsverbruik van 123 kWh/m<sup>2</sup>/jaar is met deze vollasturen dus gelijk aan een vermogen van 0,0335 kW/m<sup>2</sup> oftewel 0,335 MW/ha.

Daarnaast verwachten we dat nieuwe bedrijven geen gasaansluiting hebben waardoor dit getal gecorrigeerd moet worden voor verwarming op elektriciteit. De thermische vermogensvraag voor ruimteverwarming voor nieuwe utiliteit (kantoren) bedraagt circa 50 W/m<sup>2</sup>, ofwel 0,5 MW per ha warmte (PBL, 2021). Een bodemwarmtepomp heeft een stabiele efficiëntie door een bodemtemperatuur die onafhankelijk is van de buitentemperatuur. De COP van een bodemwarmtepomp is gedurende het hele jaar ongeveer gelijk aan 5. Een luchtwarmtepomp heeft een mindere efficiëntie tijdens de koudste wintermaanden. De COP van de luchtwarmtepomp is bij erg koude temperaturen (-10°C) ongeveer gelijk aan 2 (Klimaatexpert, 2019), maar we nemen aan dat deze COP verbetert van 2 naar 3. Het elektrisch piekvermogen op de koudste momenten bedraagt dus 0,1 MW/ha bij een bodemwarmtepomp tot 0,167 MW/ha bij een luchtwarmtepomp. We gaan er vanuit dat 80% van het netto oppervlakte bebouwd is waardoor we aannemen voor een luchtwaterwarmtepomp van 0,133 MW per hectare netto oppervlakte.

Het totale kengetal dat we hanteren voor nieuwe bedrijven is dus 0,335 MW/ha voor het standaard elektriciteitsverbruik en 0,133 MW/ha voor de elektrische verwarming, oftewel een totaal van 0,468 MW/ha.

De aannames zijn weergegeven in Tabel 4 **en gelijk in alle scenario's**.

Tabel 4 - Overzicht uitgangspunten per scenario Nieuwe bedrijven(terreinen)

	2050 - Lokale kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Focus	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Groei bedrijventerreinen gebaseerd op huidige oppervlakte en bevolkingsgroei per gemeente;</li> <li>– Vermogen gebaseerd op gemiddelde geschat elektriciteitsgebruik Eindhoven en verwacht vermogen voor elektrische ruimteverwarming.</li> </ul>		
Kengetal	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kengetal voor vermogen van nieuwe bedrijventerreinen is 0,335 MW/ha voor normaal elektriciteitsverbruik en 0,133 MW/ha voor elektrische ruimteverwarming met een luchtwaterwarmtepomp.</li> </ul>		

De energie-intensieve industrie is uitgesloten in deze analyse. Verduurzaming, en mogelijke groei, van deze industrie behandelen we in Hoofdstuk 6.

## 7.2.2 Uitgangspunten ruimtelijke invulling

Voor de ruimtelijke invulling is dus uitgegaan van de huidige bewonersaantallen en de verwachte groei tot 2050. De bedrijventerreinen zijn gebaseerd op de huidige terreinen zoals opgenomen in de IBIS-database.

## 7.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- Primos - Gemeenten (2022) bevolkingsgroei (Primos, 2022);
- CE Delft - Bedrijventerreinen Eindhoven. Nulmeting en scan maatregelen (CE Delft, 2021).

# 8 Hernieuwbare productie op land

## 8.1 Beschrijving sector

De productie van hernieuwbare elektriciteit op land wordt steeds groter. Deze groei is nodig om te voorzien in de groeiende elektriciteitsvraag van andere sectoren (ook de groei door de invulling van warmtevraag met elektriciteit). Doordat de huidige netinfrastructuur opgewekte energie vanaf grote centrales transporteert en distribueert naar de eindgebruikers is het netwerk er niet overal op gericht om energie toe te voeren. Nieuwe opwek betekent dus vaak (afhankelijk van de huidige capaciteit) dat er een uitbreiding van de capaciteit van het net nodig is.

### 8.1.1 Uitgangspunten energetische scenario's

De energetische uitgangspunten komen uit de II3050-aannames. Hier zijn verschillende totalen in de totale opwek van hernieuwbare elektriciteit. De energetische aannames gaan over het eindbeeld in 2050. Er zijn nu ook al hernieuwbare bronnen. Ook zijn er plannen (uit de RES'en). Op de provincie schaal is eerst gekeken naar de huidige hernieuwbare opweklocaties (voor wind, zon op land en zon op daken). Daarna zijn de aannames van de RES-regio's verrekend. Zo is er inzicht in de energetische waarden voor zon op land, wind op land en zon op dak (groot en klein) voor 2021, 2030 en de periode 2030-2050.

Tabel 5 - Overzicht totale vermogens hernieuwbare opwek

	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees/Internationaal
Zon op dak	– Kleine daken: 5.897 MW – Grote daken: 3.419 MW	– Kleine daken: 4.519 MW – Grote daken: 3.419 MW	– Kleine daken: 308 MW – Grote daken: 3.419 MW
Zon op veld	– 6.729 MW	– 5.792 MW	– 3.478 MW
Wind op land	– 2.511 Mw	– 2.511 MW	– 1.256 MW

### 8.1.2 Uitgangspunten ruimtelijke invulling

De energetische waarden voor zon zijn vertaald naar een ruimteclaim door middel van een gemiddeld vermogen/hectare:

- Voor zon op dak is er onderscheid gemaakt tussen grote daken (waar een vermogen groter dan of gelijk aan 15 kWp op kan worden geïnstalleerd) en kleine daken (waar minder dan 15 kWp kan worden geïnstalleerd). Voor beide typen hanteren we 1.95 MW/hectare aan productie. Hierbij gaat het om het geschikte dakoppervlak. Op basis van het type dak (welke functie) is er een benutbaarheidspercentage gedefinieerd (Generation.Energy, 2021a, 2021b). De ruimtelijke selectie is gebeurd op basis van de **principes van de scenario's. In het geval van zon op dak is dat verspreid over alle regio's** gebeurd.

Figuur 4 - Benutbaarheid zon per toepassing

Zonne-energie toepassing	Benutbaarheid
Op daken woningen	65%
Op daken utiliteit	70%
Op daken agrarisch	90%
Op daken monumentaal	33%

- Voor zon op land zijn de akkerland en grasland percelen in overweging genomen. Er zijn natuurlijk meerdere types ondergrond mogelijk voor zon op land. Afhankelijk van het scenario zijn er graslanden of akkerlanden in bepaalde **regio's geselecteerd: bijvoorbeeld** graslanden in het Peelgebied. Hieruit is een random selectie genomen om tot de totale benodigde megawatt te komen voor het scenario (in dit geval *De grote opgaven gebundeld*). De uiteindelijke opbrengst kan sterk variëren op basis van de gekozen opstelling (zuid-opstelling, oost-west-opstelling). Voor deze studie is uitgegaan van 1 MW per benutbaar oppervlak hectare. Het benuttingspercentage is op 85% van het veld geschat. Dit percentage komt voort uit het feit dat niet alle randen benutbaar zijn, evenals vreemd gevormde hoeken en stroken.
- Voor wind op land is er uitgegaan van een windturbine die 5.6 MW oplevert. De referentieturbine heeft de volgende eigenschappen:
  - type 5.6 MW<sup>7</sup>;
  - masthoogte van turbine 166 meter;
  - diameter van de rotor 150 meter.

Met deze referentieturbine en de benodigde megawatt per scenario volgt hoeveel turbines er tussen 2030-2050 nog geplaatst moeten worden per scenario. Om te bepalen waar deze turbines kunnen staan is gekeken naar de hindercontouren die aanwezig zijn. Figuur 6 geeft de hinderzones voor de provincie weer op kaart.

---

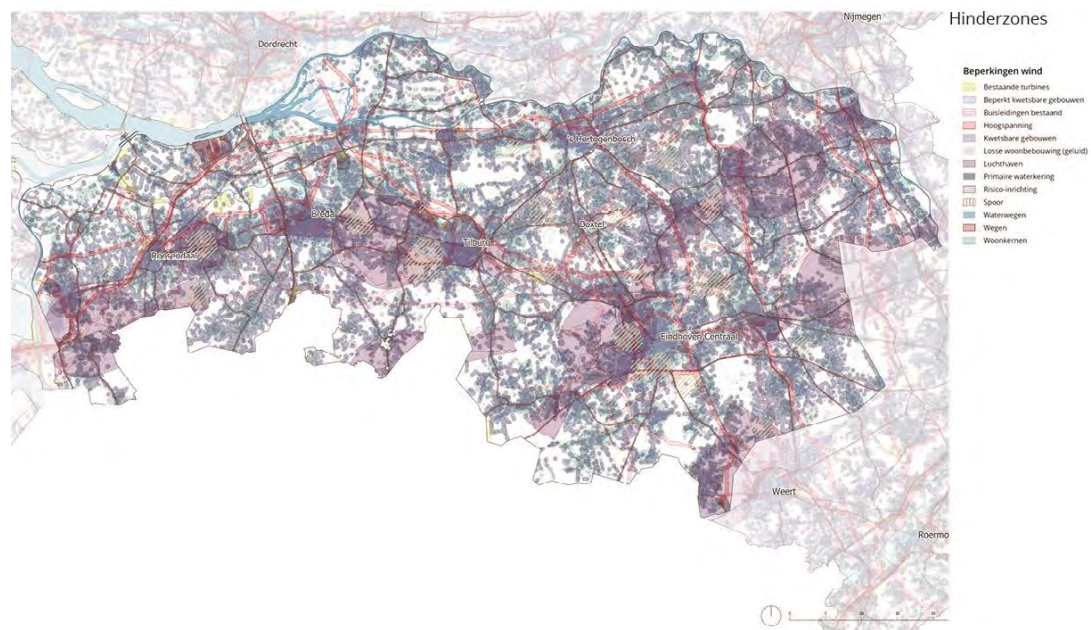
<sup>7</sup> Referentieturbine Vestas V150, na overleg met NWEA (uit analysekaarten NP RES-versie 3.0).



Figuur 5 -Hinderzones windmolens op land (Faasen et al., 2014)

Bronobject	Specificatie bronobject	Impact	Juridische status	Berekende afstand
Kwetsbare bebouwing	Kwetsbare objecten	Veiligheidsnorm	Activiteitenbesluit	241 m vanaf gevel
Beperkt kwetsbare bebouwing	Beperkt kwetsbare objecten	Veiligheidsnorm	Activiteitenbesluit	75 m vanaf gevel
Wegen	Rijkswegen (A), Spoorwegen (N), Stadsroutes (S)	Veiligheidsnorm	Noodzakelijk voor vergunning (RWS)	75 m vanaf rand weg
Spoorwegen	Spoorwegen voor personen of goederenvervoer en lightrailverbindingen	Veiligheidsnorm	Noodzakelijk voor vergunning (Prorail)	83 m vanaf hart spoorbaan
Waterwegen	Vaarwegen	Radarverstoring	Noodzakelijk voor vergunning (RWS)	50 m vanaf rand vaarweg
Risico-inrichting (industrie)	Objecten met een hinderzone (10 <sup>-6</sup> )	Veiligheidsnorm	Bij ruimtelijke besluitvorming windturbines	Vastgestelde hinderzone
Buisleidingen	Buisleidingen met gevaarlijke stoffen	Veiligheidsnorm	Advies	241 m vanaf hartlijn
Hoogspanningsleidingen	Onder- en bovengrondse hoogspanningsinfrastructuur en geplande hoogspanningstrajecten	Veiligheidsnorm	Advies	241 m vanaf buitenste lijn
Primaire waterkering	Kernzone primaire waterkering (excl. voorliggende waterkering)	Veiligheidsnorm	Afhankelijk van beheerder	Kernzone 50 m vanaf hartlijn
Laagvlieggebieden	Laagvlieggebied 10	Hoogtebeperking	Regeling minimum vlieghoogten	Vastgestelde hinderzone
Luchthaven	Civiele en militaire luchthavens	Hoogtebeperking	Bij ruimtelijke besluitvorming windturbines	Vastgestelde hinderzone
Losse woonbebouwing	Woningen buiten woonkernen	Geluidsnorm	Bij ruimtelijke besluitvorming windturbines	300 m vanaf gevel
Woonkernen	Aaneengesloten woningen binnen een woonkern	Geluidsnorm	Bij ruimtelijke besluitvorming windturbines	500 m vanaf gevel

Figuur 6 - Hinderzones voor de modelwindturbine. Op de witte plekken zijn geen technische beperkingen (veiligheidsnormen, geluidsnormen, etc.)



## 8.2 Overzicht belangrijkste bronnen

- ruimtelijke uitwerking energiescenario's (2020) van Posad Maxwan en Generation Energy (Generation.Energy & Posadmaxwan, 2020);
- ruimtelijk potentieel van zonnestroom in Nederland, (2021), Generation Energy; (Generation.Energy, 2021a)
- analysekaarten NP RES - versie 3.0 (2020) Generation.Energy en CE Delft (NPRES, 2020).

## 9 Aanlanding wind op zee

### 9.1 Beschrijving sector

In de toekomst wordt een groot deel van de energie in Nederland opgewekt door windparken op de Noordzee. Op dit moment zijn enkele windparken op zee operationeel, maar de uitrol loopt snel. In 2031 is er naar verwachting 21 GW wind op zee, in 2040 50 GW en in 2050 70 GW (RVO, 2022). Een deel van deze windstroom kan mogelijk aanlanden in Noord-Brabant bij Geertruidenberg en/of Moerdijk.

### 9.2 Uitgangspunten **scenario's**

Er zijn plannen om richting 2031 2 GW wind op zee aan te landen in Moerdijk of Geertruidenberg vanuit windpark Nederwiek 3 (Ministerie van EZK, 2021)<sup>8</sup>. Dit zien we als **ondergrens voor 2050**. We nemen in de scenario's *Lokale kracht* en *Op grote schaal denken* aan dat er na 2031 geen extra windparken op zee aangesloten worden in Noord-Brabant. In het scenario *De grote opgaven gebundeld* gaan we uit van 6 GW aanlanding in Moerdijk en 3 GW in Geertruidenberg. Op basis van interviews en de aannames in het Programma Energiehoofdstructuur zien we dit als de bovengrens voor aanlanding in Noord-Brabant.

Tabel 6 - Overzicht totale vermogens aanlanding wind op zee

	2050 - Lokale kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Vermogen	2 GW Moerdijk	6 GW Moerdijk 3 GW Geertruidenberg	2 GW Moerdijk

### 9.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur (Delft. & Pondera Consult, 2023);
- Plannen windenergie op zee 2030-2050 (RVO, 2022);
- Kamerbrief verkenning aanlanding wind op zee 2030 (Ministerie van EZK, 2021).

<sup>8</sup> Zie ook [toelichting](#).

# 10 Groengas productie

## 10.1 Beschrijving sector

Op dit moment wordt groengas in Nederland nog maar in beperkte mate geproduceerd, **namelijk zo'n 0,18** miljard m<sup>3</sup> (CE Delft, 2020). Een deel daarvan wordt in Noord-Brabant geproduceerd. Nederland heeft voor 2030 een ambitie gesteld om 2 miljard m<sup>3</sup> (70 PJ) groengas te produceren, waarvan naar verwachting een groot gedeelte in de gebouwde omgeving gebruikt zal worden door de bijmengverplichting.

## 10.2 Uitgangspunten scenario's

Het is de verwachting dat het mogelijk is om de ambitie van 2 miljard m<sup>3</sup> groengas in 2030 te behalen met voldoende ondersteunend beleid. Van deze 2 miljard m<sup>3</sup> groengas wordt naar verwachting ongeveer 12% in Noord-Brabant geproduceerd in 2030 (CE Delft, 2020). Dit komt overeen met ongeveer 0,25 miljard m<sup>3</sup> groengasproductie. Voor de locaties van de groengasproductie gaan we uit van eerder onderzoek van CE Delft, waar onder meer gekeken is naar bekende plannen (CE Delft, 2020).

Het is de verwachting dat met de ambitie van 2 miljard m<sup>3</sup> groengas in 2030 in Nederland het totale potentieel voor productie met binnenlandse biomassa reststromen ingevuld wordt en dat een verdere toename van de productie na 2030 alleen mogelijk is bij import van biomassa. We gaan er in de scenario's *Lokale kracht* en *De grote opgaven gebundeld* daarom vanuit dat er geen extra groengasproductie blijkt na 2030.

In het scenario *Op grote schaal* nemen we aan dat grootschalige import van biomassa (voor productie van groengas) of van groengas plaatsvindt. In totaal is het aanbod van groengas in Nederland 9 miljard m<sup>3</sup> in het gerelateerde II3050-scenario (Berenschot & Kalavasta, 2020). We nemen aan dat een deel van de extra groengas geproduceerd wordt met geïmporteerde biomassa in de haven van Moerdijk. We gaan er vanuit dat ook in dit scenario 12% van de totale hoeveelheid groengas in Noord-Brabant geproduceerd wordt.

Tabel 7 - Overzicht uitgangspunten per scenario groengas productie

	2050 - Lokale kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Focus	<ul style="list-style-type: none"><li>– 0,25 miljard m<sup>3</sup> groengasproductie in Noord-Brabant</li><li>– Geen extra productie na 2030</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>– 1,1 miljard m<sup>3</sup> groengasproductie in Noord-Brabant</li><li>– Extra groengasproductie in Moerdijk met geïmporteerde biomassa</li></ul>

## 10.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- Potentieel van lokale biomassa en invoedlocaties van groengas (CE Delft, 2020);
- **Klimaatneutrale scenario's 2050** - (Berenschot & Kalavasta, 2020).

# 11 Opslag elektriciteit

## 11.1 Beschrijving sector

Om vraag en aanbod te balanceren is opslag van elektriciteit met batterijen noodzakelijk. Deze batterijen worden ingezet om korte-termijn onbalans tussen vraag en aanbod van elektriciteit op te vangen. Batterijen kunnen verschillende doelen hebben. Zo kunnen ze bijdragen aan het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit op nationaal niveau en kunnen ze mogelijk netverzwaringen voorkomen door lokale balancering van vraag en aanbod. De tijdschaal van de inzet van de batterijen is enkele uren.<sup>9</sup> Batterijen zijn niet geschikt voor het opvangen van lange-termijn onbalans tussen vraag en aanbod. Hier worden elektrolyzers (bij aanbodoverschot) en regelbare centrales (bij aanbodtekort) voor ingezet.

Op dit moment zijn er nog weinig batterijsystemen aanwezig in Noord-Brabant. Wel worden veel aanvragen gedaan voor batterijsystemen bij de netbeheerders.

## 11.2 Uitgangspunten **scenario's**

Voor het totale vermogen aan batterijen in de provincie in 2050 sluiten we aan bij de aannames van de gerelateerde II3050-**scenario's** (Netbeheer Nederland, 2021a). Voor deze **scenario's is het vermogen aan batterijen** met een technische benadering, door te analyseren hoeveel batterijen nodig zijn vanuit technisch perspectief. Het totale vermogen aan batterijen is daarmee in grote mate afhankelijk van de hoeveelheid hernieuwbare opwek en aanlanding van wind op zee in de provincie.

Batterijen kunnen op verschillende locaties geplaatst worden. Zo kunnen grootschalige systemen geplaatst worden geplaatst op koppelpunten tussen het regionale en het landelijke elektriciteitsnet en bij aanlandlocaties van wind op zee. Maar er kunnen ook kleinschaligere systemen geplaatst worden bij bijvoorbeeld hernieuwbare opwek op land of in de wijk (bij woningen of buurtbatterijen).

**We sluiten voor de plaatsing van batterijen in de scenario's** *De grote opgaven gebundeld* en *Op grote schaal denken* aan bij de aannames van de II3050-**scenario's** (Netbeheer Nederland, 2021a). Hierin wordt uitgegaan van grootschalige batterijsystemen bij koppelpunten tussen het regionale en het landelijke elektriciteitsnet en bij aanlandlocaties van wind op zee. Bij het scenario *Lokale kracht* gaan we uit van zowel grootschalige systemen als kleinschalige systemen. Tabel 8 geeft een overzicht van de uitgangspunten.

---

<sup>9</sup> Hiermee bedoelen we dat een batterij enkele uren achter elkaar kan opladen of ontladen en daarmee alleen overschotten of tekorten van enkele uren achter elkaar kan opvangen.

Tabel 8 - Overzicht uitgangspunten per scenario opslag elektriciteit

	2050 - Lokale kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Focus	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 5.800 MW</li> <li>– Zowel grootschalige als kleinschalige systemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 6.400 MW</li> <li>– Alleen grootschalige systemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 3.300 MW</li> <li>– Alleen grootschalige systemen</li> </ul>

In de doorrekeningen van de regionale elektriciteitsnetten van Enexis houden we geen rekening met de mogelijke rol van de inzet van batterijen, bij het voorkomen van uitbreidingen aan de elektriciteitsnetten. Het is namelijk nog erg onzeker in hoeverre batterijen gaan bijdragen aan het verminderen van de belasting op het elektriciteitsnet. In potentie kan de inzet van batterijen hieraan bijdragen, maar of dit ook daadwerkelijk gebeurt is afhankelijk van de prikkels die gegeven worden. We voeren hiervoor wel een gevoeligheidsanalyse uit.

### 11.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- Het energiesysteem van de toekomst (Netbeheer Nederland, 2021a).



# 12 Electrolyzers

## 12.1 Beschrijving sector

De opwek van hernieuwbare elektriciteit neemt richting 2050 sterk toe. Gedurende het jaar zullen er momenten ontstaan waarbij het aanbod aan hernieuwbare elektriciteit groter is dan de vraag. Daarbij ontstaat voor een aantal sectoren, met name in de industrie, een vraag naar waterstof richting 2050. Deze vraag kan (deels) ingevuld worden met behulp van elektrolyzers. Elektrolyzers kunnen ingezet worden om water met behulp van overschotten aan elektriciteit om te zetten in waterstof.

## 12.2 Uitgangspunten scenario's

Het is vanuit het energiesysteem efficiënt om deze elektrolyzers bij locaties met veel aanbod van elektriciteit te plaatsen, zoals locaties met veel hernieuwbare opwek op land of bij aanlandingspunten van wind op zee. Door het plaatsen van elektrolyzers op deze locaties kunnen overschotten van elektriciteit direct omgezet worden in waterstof en is er minder transport van elektriciteit nodig is. In het scenario *Lokale kracht* worden zowel kleinschalige elektrolyzers bij hernieuwbare opwek op land als grootschalige elektrolyzers bij de **aanlandingspunten van wind op zee geplaatst. In de scenario's *De grote opgaven gebundeld* en *Op grote schaal denken* worden alleen grootschalige elektrolyzers bij aanlandingspunten van wind op zee geplaatst.** Het totale vermogen aan elektrolyzers is afhankelijk van de hoeveelheid hernieuwbare opwek op land, de hoeveelheid aanlanding op zee en het totale vermogen aan elektrolyzers in Nederland in het gerelateerde I13050-scenario (Netbeheer Nederland, 2021a).

We sluiten voor deze studie aan bij de aannames van de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur, aangezien daar ook uitgegaan wordt van spreiding of clustering van regelbare centrales (Delft. & Pondera Consult, 2023). De tabel hieronder geeft een overzicht van de belangrijkste uitgangspunten.

Tabel 9 - Overzicht uitgangspunten per scenario elektrolyzers

	2050 - Lokale kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Focus	<ul style="list-style-type: none"><li>– 4.000 MW</li><li>– Zowel grootschalig bij aanlanding wind op zee als kleinschalig bij hernieuwbare opwek op land</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– 8.700 MW</li><li>– Alleen grootschalig bij aanlanding wind op zee</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– 1.700 MW</li><li>– Alleen grootschalig bij aanlanding wind op zee</li></ul>

## 12.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- Het energiesysteem van de toekomst (Netbeheer Nederland, 2021b);
- Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur (Delft. & Pondera Consult, 2023).

# 13 Regelbare centrales

## 13.1 Beschrijving sector

Om de leveringszekerheid in het toekomstige, klimaatneutrale energiesysteem te garanderen is een forse hoeveelheid regelbaar vermogen nodig. Deze regelbare elektriciteitscentrales moeten elektriciteit leveren op momenten dat er te weinig productie is van windmolens en zonnepanelen. Door elektrificatie van de vraag neemt het vermogen dat nodig is aan regelbare centrales in de toekomst zelfs toe, van ongeveer 20 GW nu naar 33 tot 36 GW in 2050. Deze centrales zullen echter wel fors minder draaiuren maken dan de huidige centrales, waardoor de totale productie lager ligt.

**De regelbare centrales draaien in de scenario's op waterstof of groengas. Er zijn verschillende soorten regelbare centrales nodig.** Er zijn grootschalige CCGT.<sup>10</sup> centrales nodig die relatief veel draaiuren maken en een hogere efficiëntie hebben. Daarnaast zijn piekeenheden nodig (OCGT of GT.<sup>11</sup>) die bijspringen op momenten van forse tekorten en daarmee minder draaiuren maken. Dit type regelbare centrale heeft een lagere efficiëntie.

Op dit moment staat er ongeveer 1.400 MW opgesteld vermogen aan elektriciteitscentrales in Noord-Brabant. Er staat een gascentrale in Moerdijk (centrale Moerdijk) en een centrale die steenkolen met biomassa stookt in Geertruidenberg (Amercentrale).

## 13.2 Uitgangspunten scenario's

De benodigde **hoeveelheid elektriciteitscentrales is bepaald op basis van de 'tekorten' aan elektriciteit.** Deze tekorten komen overeen met het gedeelte van de elektriciteitsvraag dat niet ingevuld kan worden met wind en zon (na toepassing van batterijen). Per uur wordt de benodigde inzet van elektriciteitscentrales bepaald. Het benodigde vermogen aan elektriciteitscentrales komt overeen met het jaar met de grootste benodigde inzet. Dit komt overeen met een moment met veel elektriciteitsvraag en amper hernieuwbare productie, oftewel een bewolkte, windluwe winterdag.

Er is naar verwachting fors meer vermogen aan regelbare centrales nodig in 2050, bovenop de huidige grootschalige centrales. De additionele regelbare centrales kunnen op verschillende locaties terecht komen. In het scenario *Lokale kracht* komen er veel kleine productie-eenheden verspreid door de provincie. **Bij de scenario's *De grote opgaven gebundeld* en *Op grote schaal denken* worden extra grootschalige centrales geplaatst bij Geertruidenberg en Moerdijk.** In het scenario *Lokale kracht* is het totale vermogen aan regelbare centrales in Noord-Brabant hoger, aangezien de ruimte voor extra centrales bij Moerdijk en Geertruidenberg **(bij de twee andere scenario's) beperkt is.** In de scenario's *De grote opgaven gebundeld* en *Op grote schaal denken* landt een groter deel van de opgave voor regelbare centrales in Nederland in andere delen van Nederland.

We sluiten voor deze studie aan bij de aannames van de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur, aangezien daar ook uitgegaan wordt van spreiding of clustering van regelbare centrales (Delft. & Pondera Consult, 2023). Tabel 10 geeft een overzicht van de belangrijkste uitgangspunten.

<sup>10</sup> Combined Cycle Gas Turbine.

<sup>11</sup> Open Cycle Gas Turbine of Gasturbine.

Tabel 10 - Overzicht uitgangspunten per scenario regelbare centrales

	2050 - Lokale kracht	2050 - De grote opgaven gebundeld	2050 - Op grote schaal denken
Focus	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 4.300 MW</li> <li>– Zowel grootschalig bij Moerdijk en Geertruidenberg als kleinschalig verspreid door de provincie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1.700 MW</li> <li>– Alleen grootschalig bij Moerdijk en Geertruidenberg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1.700 MW</li> <li>– Alleen grootschalig bij Moerdijk en Geertruidenberg</li> </ul>

### 13.3 Overzicht belangrijkste bronnen

- het energiesysteem van de toekomst (Netbeheer Nederland, 2021b);
- integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur (Delft. & Pondera Consult, 2023).

# 14 Referentielijst

- Berenschot & Kalavasta, 2020. *Klimaatneutrale Energiescenario's 2050. Scenariostudie ten behoeve van de integrale infrastructuurverkenning 2030-2050*, Utrecht: Berenschot
- CBS.2022. *Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar gemeente* [Online]  
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80781NED/table?fromstatweb>.
- CE Delft, 2020. *Potentieel van lokale biomassa en invoedlocaties van groengas : Een verkenning voor 2030*, Delft: CE Delft
- CE Delft, 2021. *Bedrijventerreinen Eindhoven*, Delft: CE Delft
- Delft, C., 2021. *Elektrificatie van de industrie in Enexis-gebied*, Delft: CE Delft
- Delft., C. & Pondera Consult, 2023. *Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur*:
- Elaadnl, 2022. *Bedrijventerreinen in beweging - Outlook Logistiek & Bedrijventerreinen*, Arnhem: ElaadNL
- Ennatuurlijk.2022. *Warmtenet Midden- en West-Brabant* [Online]  
<https://ennatuurlijk.nl/warmtenetten-van-ennatuurlijk/warmtenet-midden-en-west-brabant>.
- Faasen, C. J., Franck, P. A. L. & Taris, A. M. H. W., 2014. *Handboek Risicozonering Windturbines*, Utrecht: RVO
- Generation.Energy, 2021a. *ruimtelijk potentieel van zonnestroom in nederland*: TKI urban energy
- Generation.energy.2021b. *Ruimtelijk potentieel van zonnestroom in Nederland*", TKI Urban Energy  
<https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/Ruimtelijk%20potentieel%20van%20zonnestroom%20in%20Nederland.pdf>.
- Generation.energy & PosadMaxwan, 2020. **Ruimtelijke uitwerking Energiescenario's**, Den Haag: PosadMaxwan
- Kadaster.2020. *Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)*,  
<https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag>.
- Klimaatexpert.2019. *COP, SCOP en rendement van een warmtepomp*,  
<https://www.klimaatexpert.com/warmtepomp/technisch/cop-scop-en-rendement>.  
2 mei 2022
- Klimaatmonitor.2019. *Klimaatmonitor.databank* [Online]  
<https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/>.
- Ministerie van EZK, 2021. *Kamerbrief van de Staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat - Klimaat en Energie d.d. 2-12-2021 m.b.t. Verkenning aanlanding wind op zee 2030 (VAWOZ)*, Den Haag: Tweede Kamer der Staten-Generaal
- NEDU, 2019. *Profielen elektriciteit 2019*: NEDU
- Netbeheer Nederland, 2021a. *Bijlagen Het Energiesysteem van de Toekomst - Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050*: Netbeheer Nederland
- Netbeheer Nederland.2021b. *Het Energiesysteem van de Toekomst: Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050*, Netbeheer Nederland  
[https://www.netbeheernederland.nl/\\_upload/Files/Toekomstscenario's\\_64\\_9ab35ac320.pdf](https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Toekomstscenario's_64_9ab35ac320.pdf).
- NPRES.2020. *Analysekaarten* [Online] <https://www.regionale-energiestrategie.nl/ondersteuning/analysekaarten+np+res/default.aspx>.2022
- PBL, 2021. *Functioneel Ontwerp Vesta MAIS 5.0*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)



- Primos.2022. *Bevolking - Gemeenten (2022) van Noord-Brabant* [Online]  
[https://primos.abfresearch.nl/jive?workspace\\_guid=6e08df41-295a-4255-bb8d-4cc3e93193cd](https://primos.abfresearch.nl/jive?workspace_guid=6e08df41-295a-4255-bb8d-4cc3e93193cd).
- Rijksoverheid.2016. IBIS: Integraal Bedrijventerreinen Informatie Systeem, 17 februari 2022 <https://data.overheid.nl/dataset/ibis-bedrijventerreinen>.
- Rijkswaterstaat.2019. Klimaatmonitor, <https://klimaatmonitor.databank.nl/jive>.  
Juli/12/2021
- RVO.2022. *Plannen windenergie op zee 2030-2050* [Online]  
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/windenergie-op-zee/plannen-windenergie-op-zee>.
- WaterEnergySolutions, 2022. *CES Cluster 6: WaterEnergySolutions*



## C Informatie ruimtebeslag van bouwstenen energiesysteem

In de tabel hieronder staat in meer detail wat per onderdeel van de nationale energie-infrastructuur toegelicht wat ongeveer het ruimtebeslag is.

Onderdeel	Fysiek ruimtebeslag	Uitgangspunten	Bron
Elektriciteit			
Hoogspanning 380/220 kV verbinding bovengronds	100 m (50 m vanaf hartlijn)		II3050, Ruimtelijke uitwerking energie-scenario's, Netbeheer Nederland
Hoogspanning 380/220 kV verbinding ondergronds	35 m aan beide kanten	Max. 10 km ondergronds	Netbeheer Nederland, Lengte: TenneT
Hoogspanning 150/110 kV verbinding bovengronds	50 m		Netbeheer Nederland, TenneT
Hoogspanning 150/110 kV verbinding ondergronds	10 m		II3050, Netbeheer Nederland, TenneT
Stations 380/150 kV	10 ha	Voor maximaal drie rails en tien velden. <b>Max 4 x 500 MVA trafo's per station.</b>  Bij een nieuwe transformator is uitgegaan van een nieuw station omdat nu niet valt aan te geven of een trafo nog bij het bestaande station past.	TenneT
Converterstation op land Net op zee	5 ha	2 GW gelijkstroom naar 380 kV-wisselstroom	TenneT Net op zee IJmuiden Ver Beta
Gassen (buisleidingen)			
HTL (CH4 + H2)	70 meter	Bestaande gereserveerde corridor (SVB): geen extra ruimtebeslag bij plaatsing binnen bestaande corridor	Gasunie
RTL (CH4)	2x 4 meter	bij ligging nieuwe verbinding naast bestaande: maximaal 1x 4 meter (mogelijk minder)	Gasunie, Bevb
RTL (H2)	2x 5 meter	bij ligging nieuwe verbinding naast bestaande: maximaal 1x 5 meter (mogelijk minder). Dit wordt mogelijk gelijkgetrokken met CH4	Gasunie, Bevb
Aansluitleidingen en aftakking naar GOS	2x 5 meter	5 meter weerszijden, bij ligging nieuwe verbinding naast bestaande: 1x 5 meter	Gasunie, Bevb
Overige buisleidingen	2x 5 meter	5 meter weerszijden, bij ligging nieuwe verbinding naast bestaande: 1x 5 meter	Bevb
Opwek en opslag			



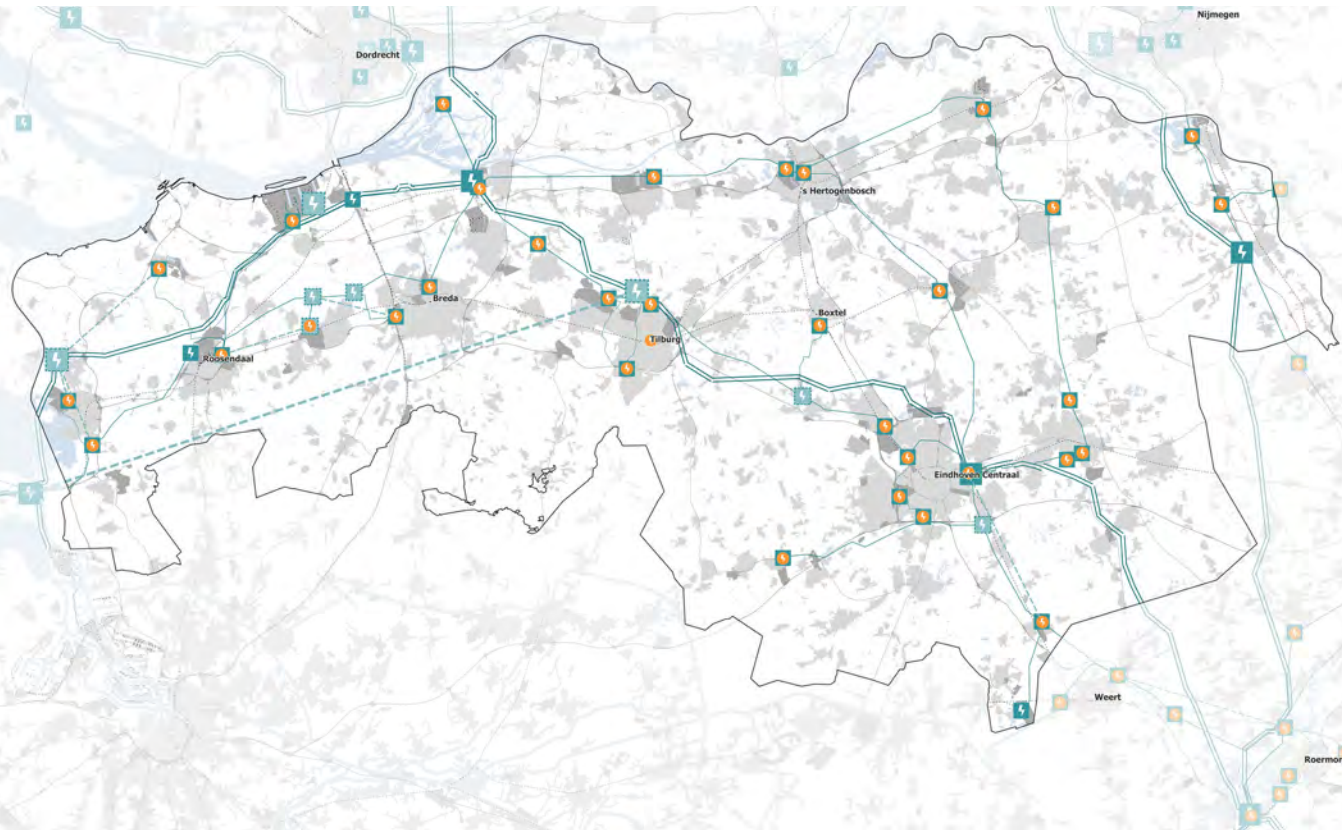
Onderdeel	Fysiek ruimtebeslag	Uitgangspunten	Bron
Regelbare centrales	125 MW/ha	Grote centrales (> 500 MW) en piekcentrales (> 15 MW). Enkel op Barrolocaties	Pondera/CE Delft
Elektrolyzers	1 GW/10ha	Optimale invulling van PEM elektrolyser	(ISPT, 2022)
Batterijen	14.000 MWh/km <sup>2</sup> of 3.500 MW/km <sup>2</sup>	Uitgangspunt 1 MW = 4 MWh.	II3050

## D Aanvullend kaartmateriaal

Disclaimer: er is gebruikgemaakt van zoveel mogelijk open data.  
Er is een datafreeze gedaan eind oktober 2022.  
De databronnen die gebruikt zijn staan benoemd.



# Huidige en geplande energienfrastructuur: elektriciteit



## Hoogspannings- infrastructuur

### Electriciteitsnetwerk bestaande

#### TenneT stations

- 110, 150 kV
- 380 kV

#### TenneT leidingen

- 150 kV
- 380 kV

#### TenneT kabel

- 150 kV
- 380, 320 kV

#### Enexis stations

- HS-MS station

### Electriciteitsnetwerk toekomstig

#### TenneT stations

- 150 kV
- 380 kV

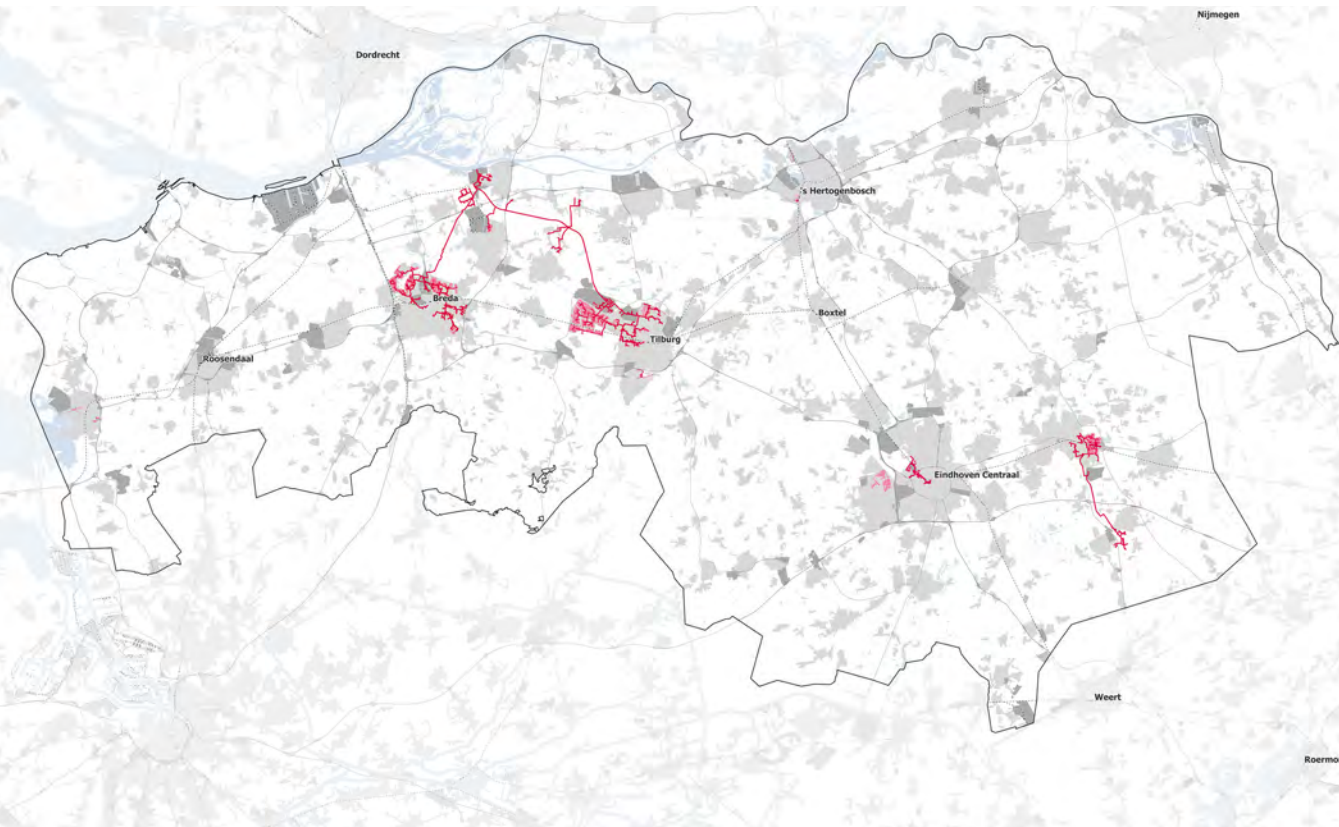
#### TenneT verbindingen (tracé niet weergegeven)

- 150 kV
- 380 kV

(bron: Tennet,  
enexis)



## Huidige bovenlokale energieinfrastructuur: warmte



Warmtenetten

— HT-net

— MT-net

(bron: provincie Noord-brabant, WBR)



# Huidige infrastructuur: buisleidingen



## Gasleidingen

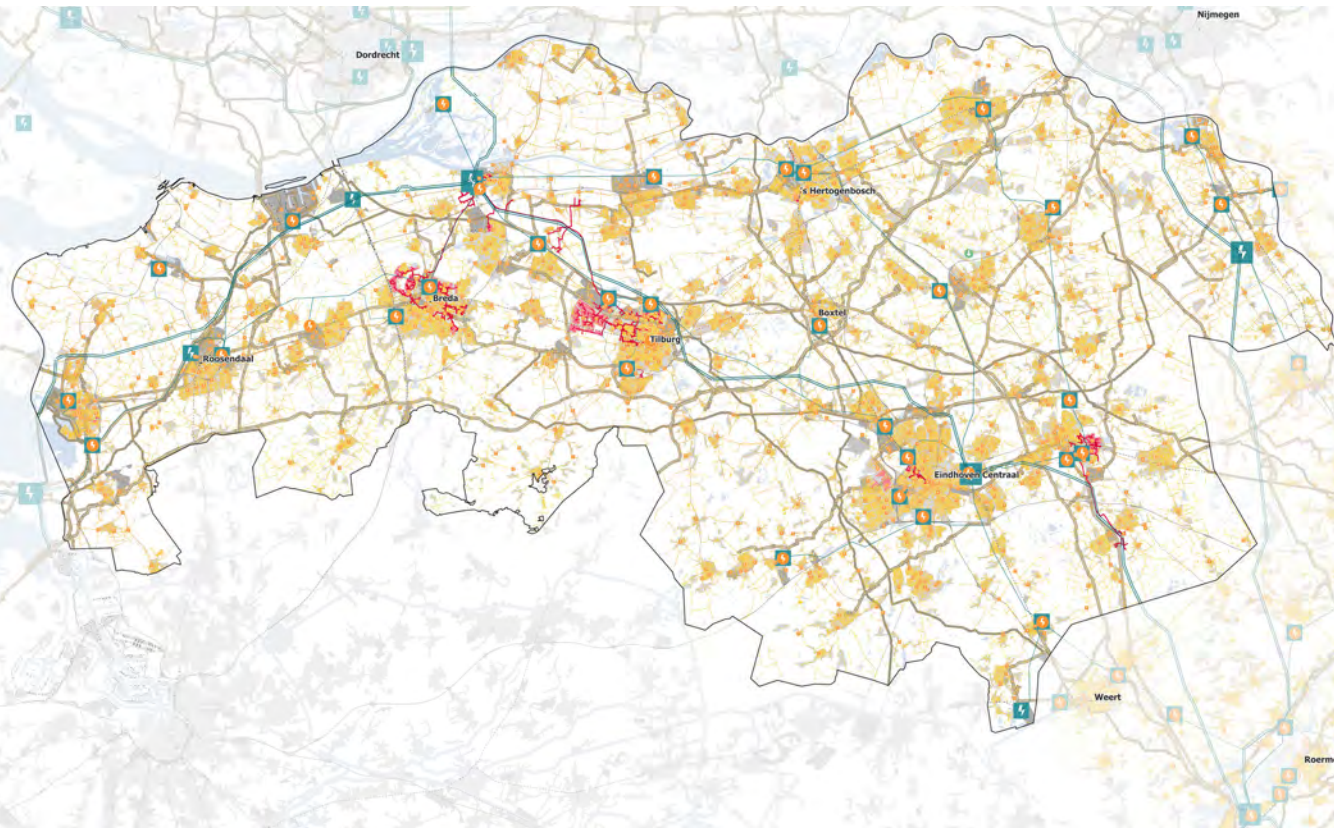
- Gas meet- en regelstation
- Gasleiding
- Buisleiding
- Buisleidingstrook

(bron: structuurvisie buisleidingen, risicokaart)





# Huidige energie-infrastructuur



Transport, opslag en conversie samen

## Electriciteitsnetwerk

### TenneT stations

- 110, 150 kV
- 380 kV

### TenneT leidingen

- 150 kV
- 380 kV

### TenneT kabel

- 150
- 320
- 380

### Enexis stations

- HS-MS station

### Enexis leiding

- HT-net
- MT-net

## Warmtenetwerk

- HT-net
- MT-net

## Buisnetwerk

### Leidingen

- Gasleiding
- Buisleiding

### Stations

- Gas meet- en regelsta

## Opslag

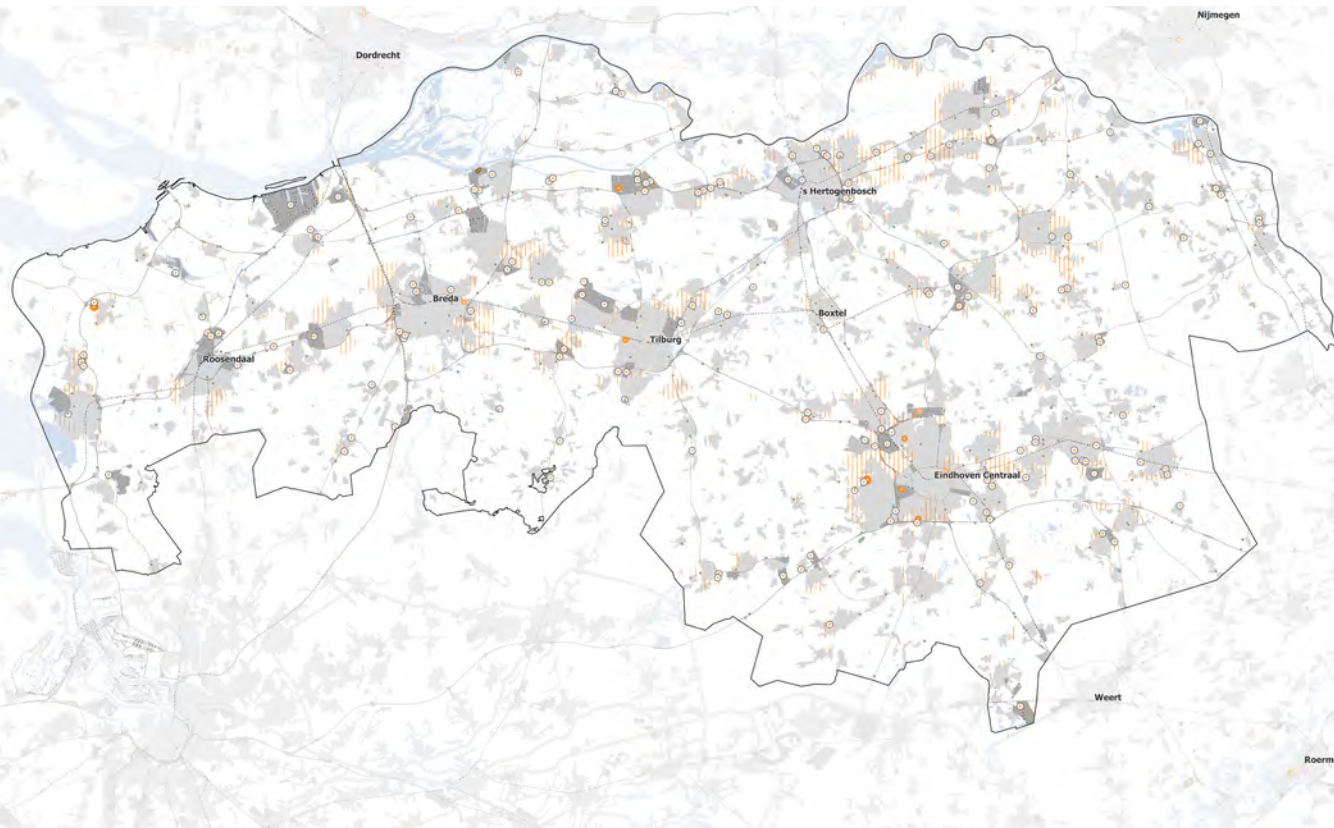
- Biogas

(bron: Enexis, TenneT, WBR, Provincie Noord-brabant, structuurvisie buisleidingen, risicokaart)





# Huidig en toekomstig gebruik



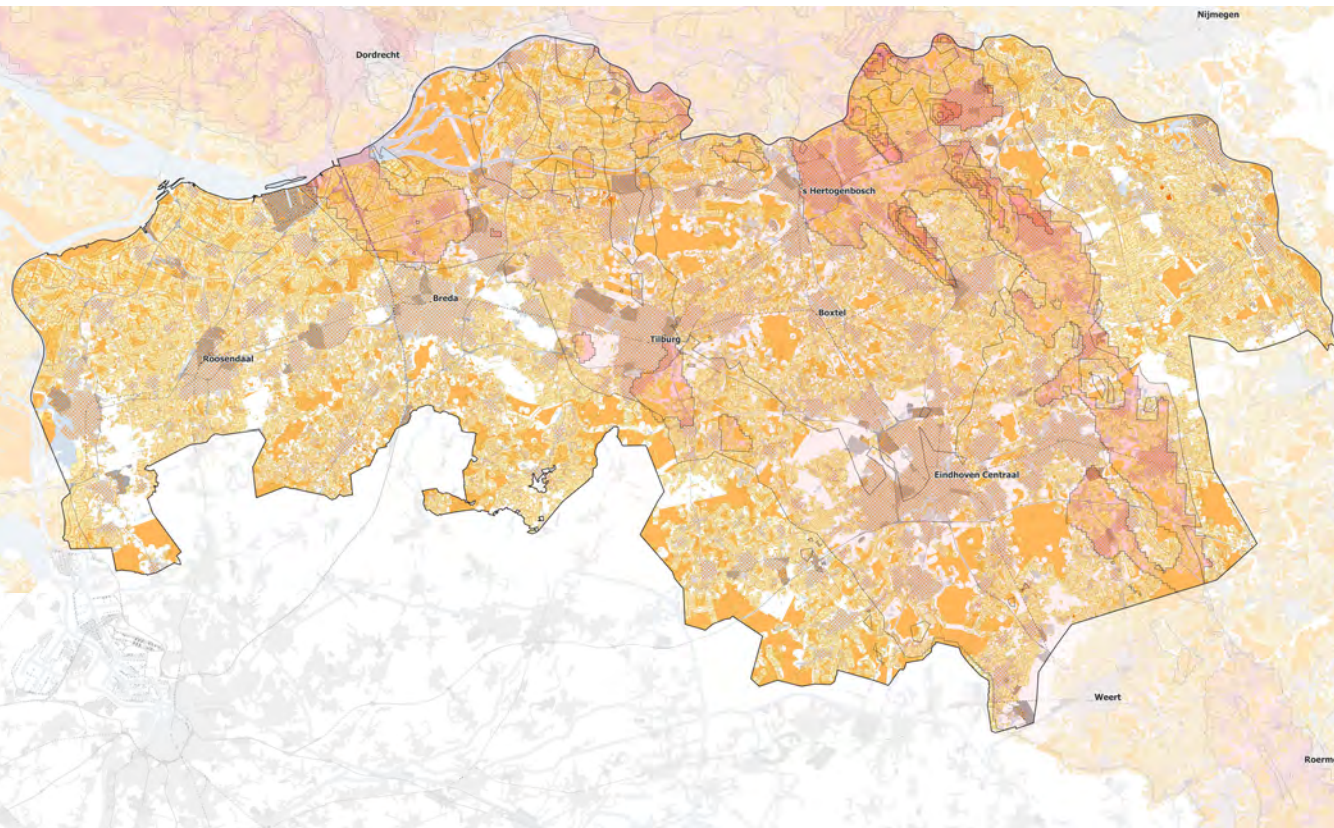
## Gebruik

- Bestaand en toekomstig gebruik**
- Gasstation
- grote stookinstallaties**
- E\_Centrale
  - overig
  - staal
  - W\_Centrale
  - Wtk\_Centrale
- datacentra uit warmteatlas**
- 9 - 44 GWh/jr
  - 0 - 9 GWh/jr
  - Niet publiek
- Mogelijke ontwikkelingen**
- afwezigbare verstedelingslocaties
  - IBIS uitgeefbare ruimte

(bron: warmteatlas, Provincie Noord-brabant, BGT, risicokaart)



# Potentie warmte en elektriciteit



Potentie warmte en elektriciteit

## Zon en wind (technisch mogelijk)

- Windturbines (5.6 MW)
- Zon op landbouwgronden
- Zon op alle daken

## Potentie Geothermie

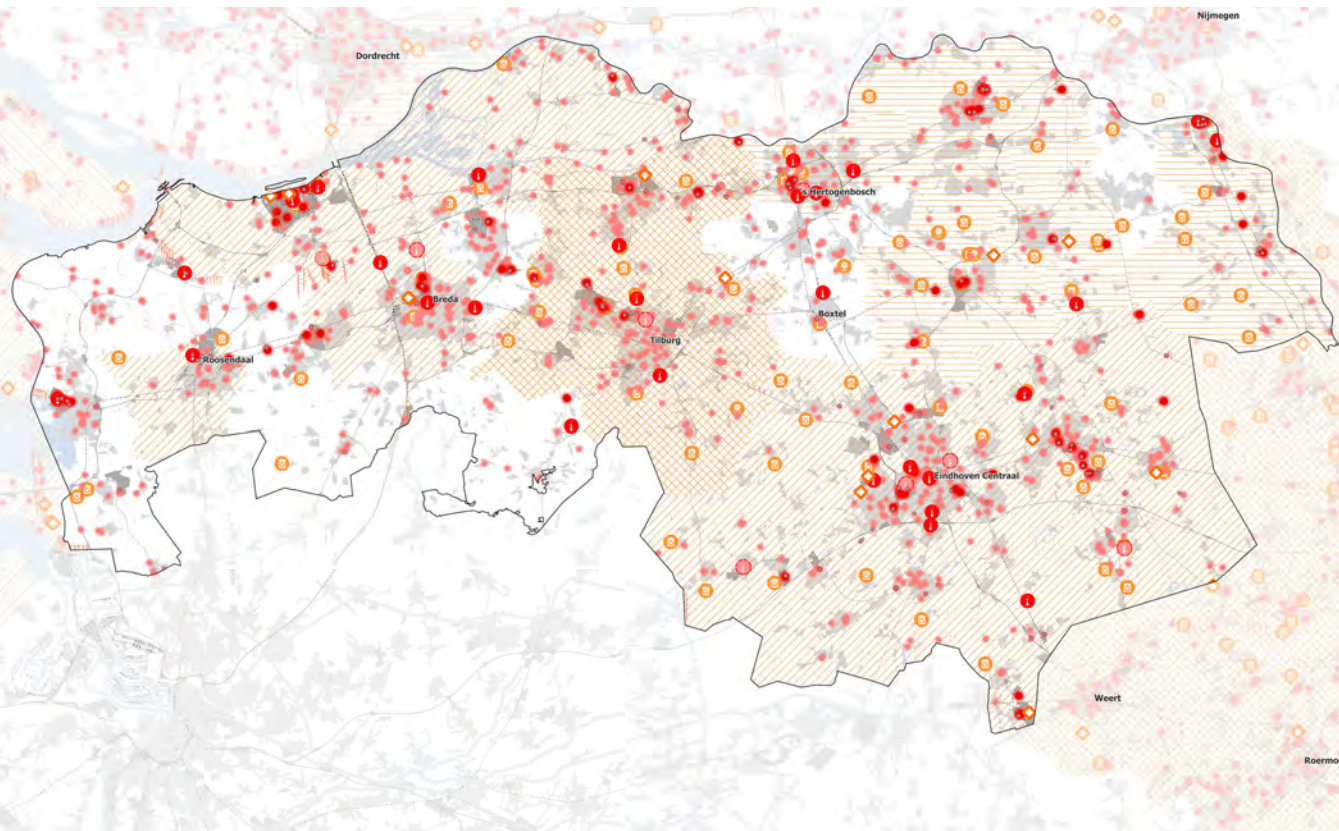
- Hoog
- Redelijk
- Laag

(bron: NPRES, eigen analyse, ThermoGIS, EBN Warm (Provincie noord-brabant))





# Huidig en pijplijn opwek: warmte en elektriciteit



## Opwek

### Electriciteitsproductie bestaand

#### SDE projecten

- Biomassa
- Waterkracht
- Wind op land
- Geothermie
- Zon en zon warmte

#### Windturbine

- 0 - 3 MW
- 3-5 MW
- > 5 MW

#### Zonnepark

- Zonnepark

### Warmteproductie bestaand

- Warmteprojecten WBR
- Restwarmte MT Warmtebronnen ECW
- Restwarmte LT Warmtebronnen ECW
- Restwarmte industrie enquête PNB

### Electriciteitsproductie toekomst

#### SDE projecten

- Biomassa
- Waterkracht
- Wind op land
- Zon
- Zon warmte

### Warmteproductie toekomst

- Warmteprojecten WBR
- Geothermie

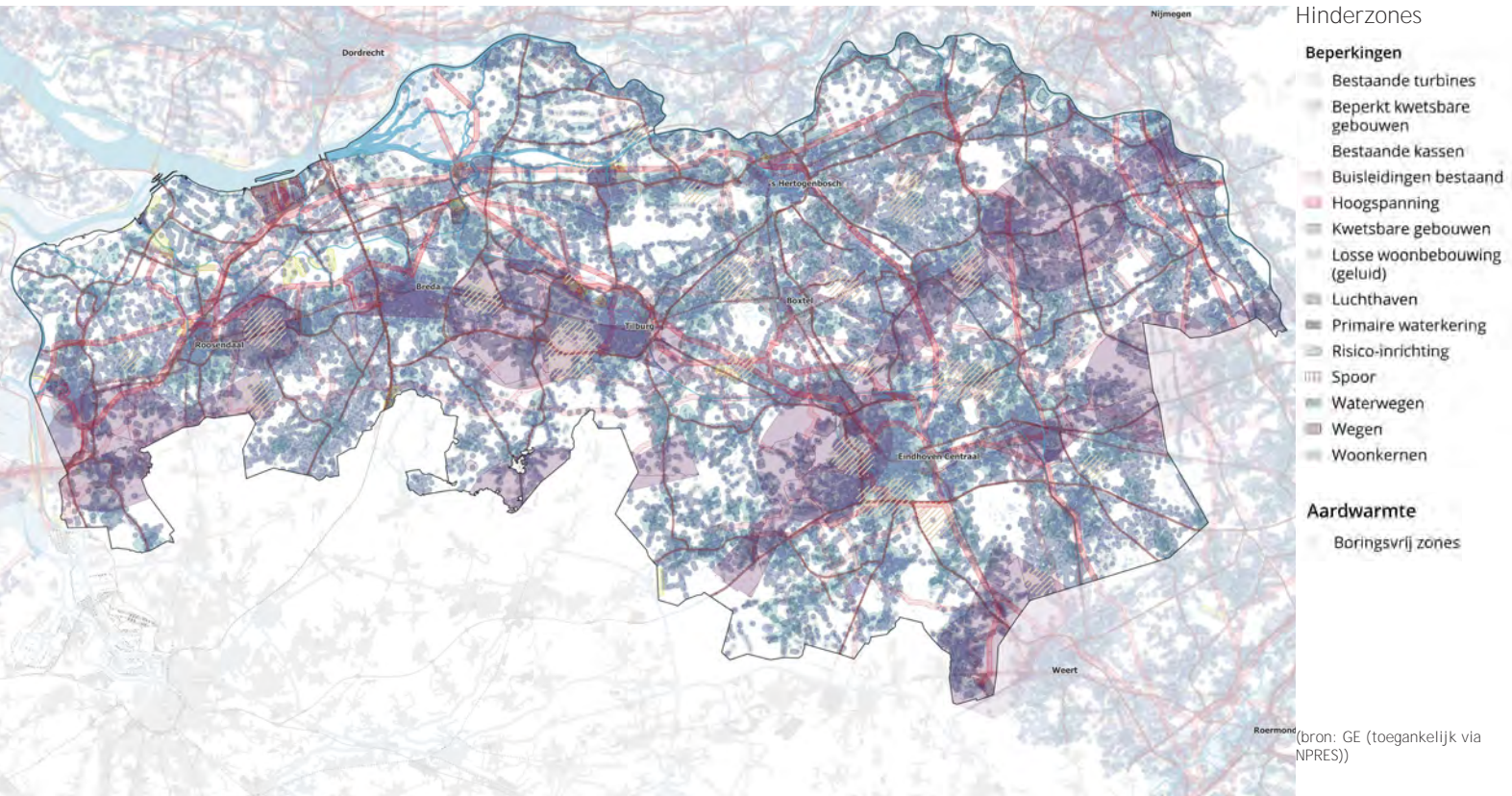
### RES zoekgebieden pijplijn

- RES zoekgebied Dec 2021
- Wind
- Zon op veld
- Combinatie: zon op veld, wind

(bron: Provincie Noord-Brabant, WBR, ECW, PNB, RVO)

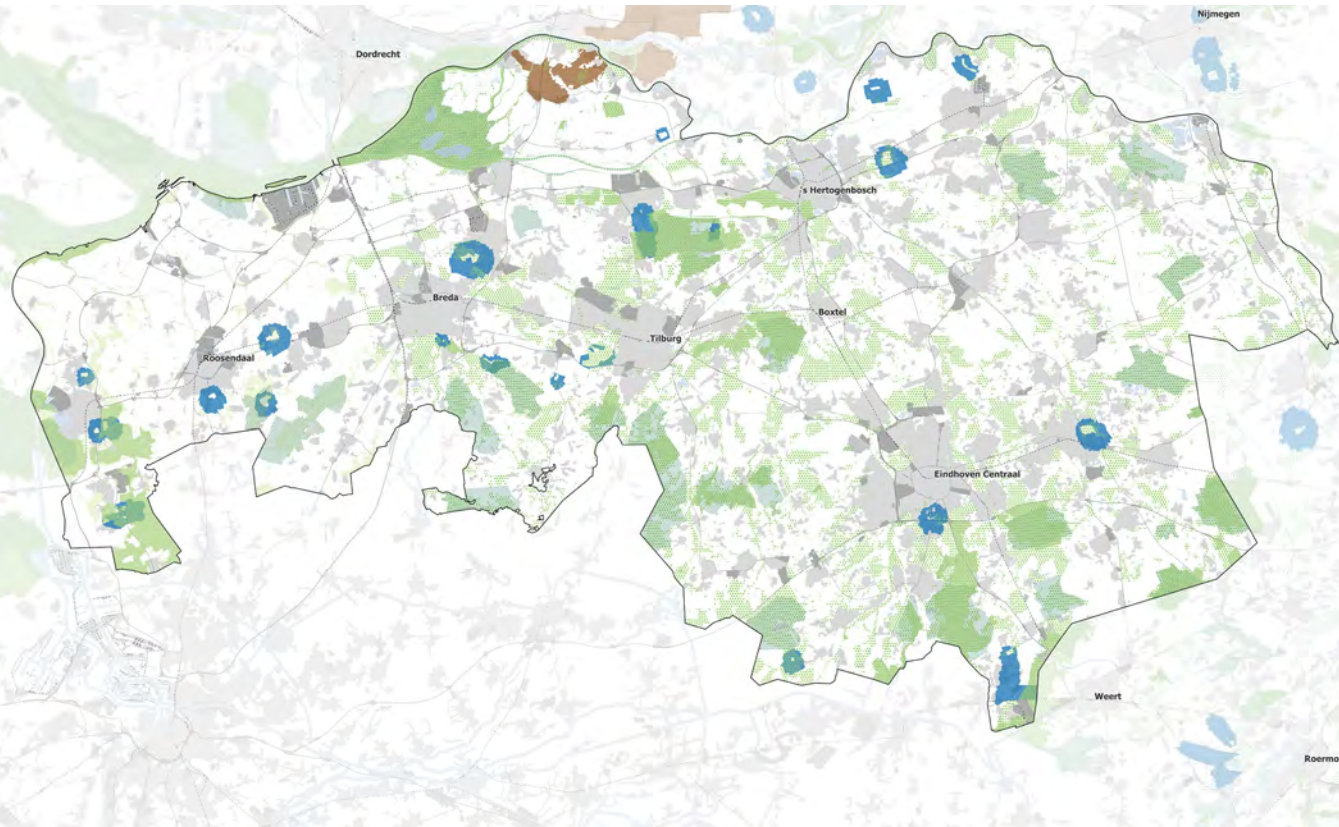


# Restricties: Wettelijke beperkingen windturbines en aardwarmte





# Beleidsbependingen (wind en/of zon)



## Beleidsbependingen

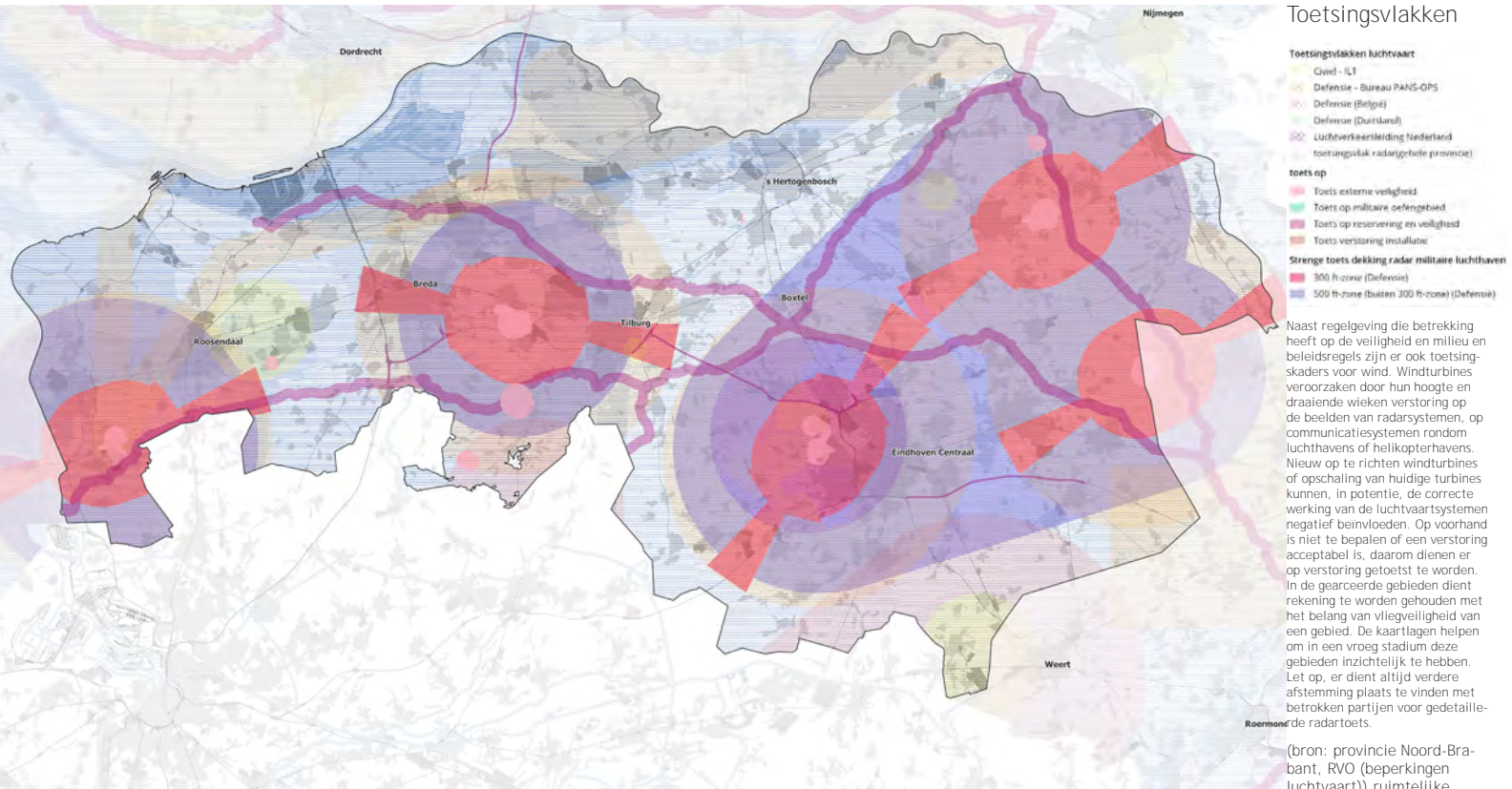
- Natura 2000 gebied
- Natuur Netwerk Nederland
- Natuur Netwerk Brabant
- Stillegebied (alleen voor wind)
- Grondwaterbeschermingsgebieden
- Werelderfgoed

Naast regelgeving die betrekking heeft op de veiligheid en milieu zijn er nog meer beleidsregels die windenergie mogelijk niet toestaan. Nederland heeft onder ander gebieden benoemd waar **specifieke bescherming geldt** voor natuur, stilte, cultuur of een andere bescherming. Voor deze gebieden geldt veelal dat vanuit de vigerende provinciale verordeningen windenergie niet wordt toegestaan. Het karakter van deze regelgeving is dat een toets zou moeten uitwijzen of **er daadwerkelijk een significant effect is op deze beschermde gebieden**. Dit betekent dat er binnen deze beschermde gebieden mogelijk kansrijke plekken kunnen zijn waar windenergie mogelijk is. Provinciale regelgeving sluit deze gebieden in het huidige beleid uit als potentieel gebied.

Roermond (bron: provincie Noord-Brabant)

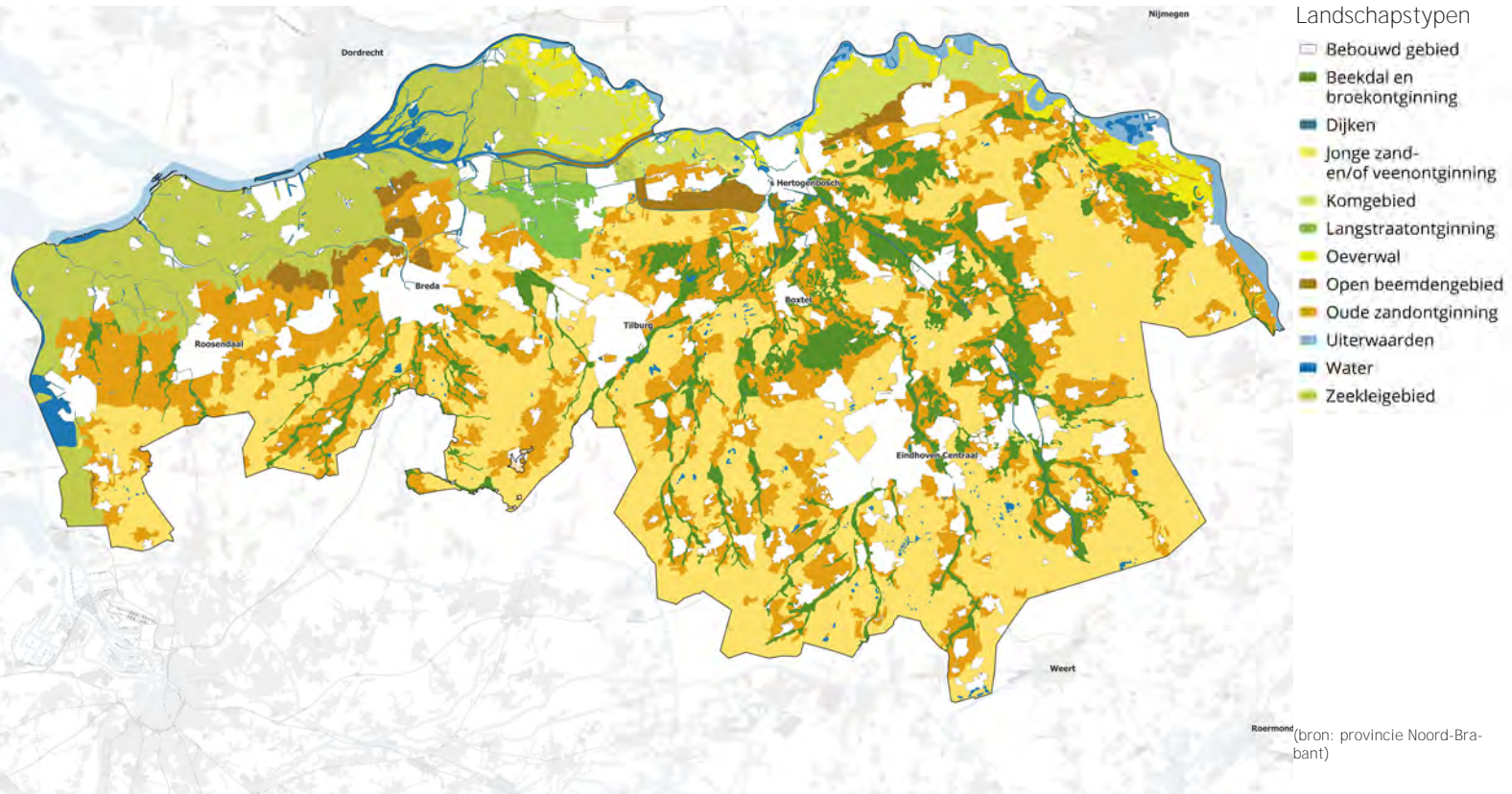


# Toetsingsvlakken (voor wind)





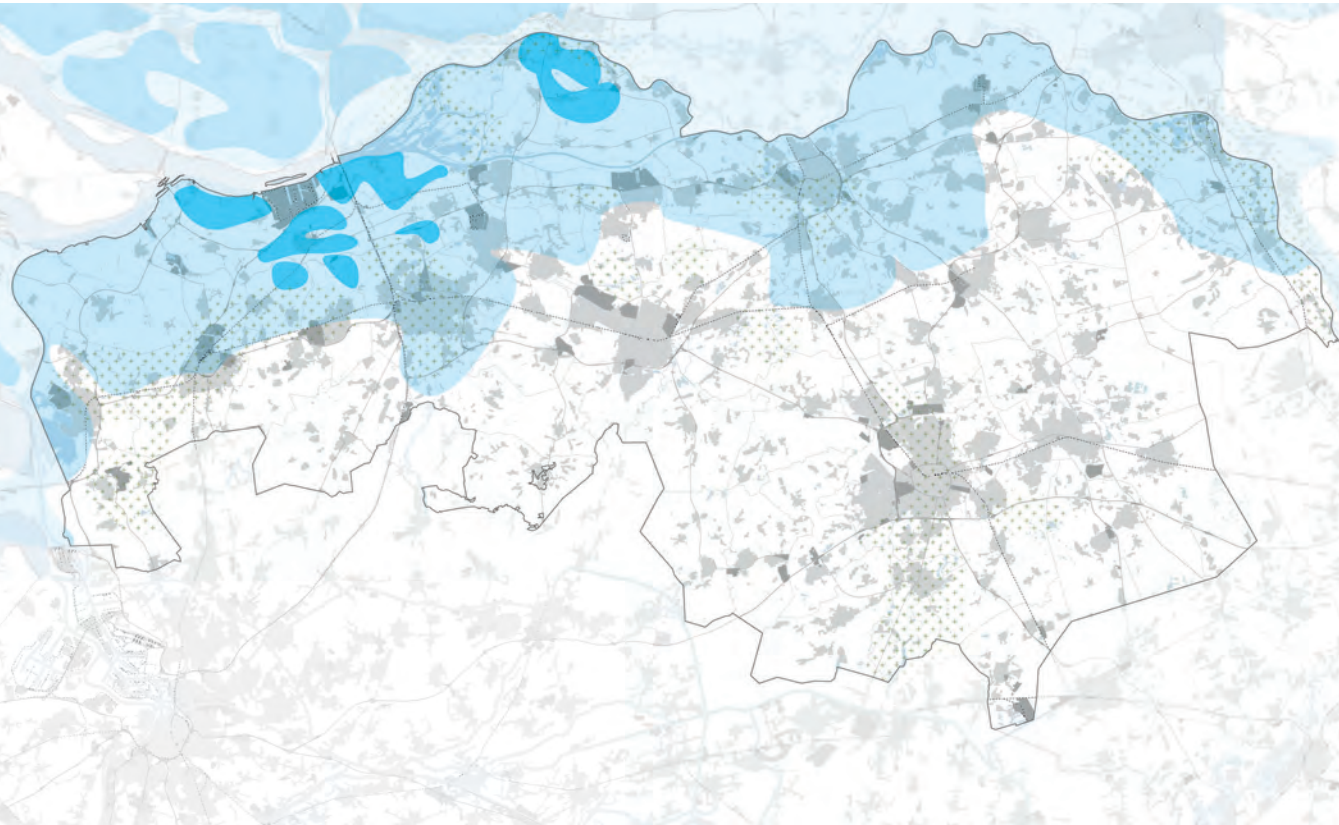
# Landschapstypen



Roermond (bron: provincie Noord-Brabant)



# Voorbeeld van grote opgave



## Grote opgave

- Beneden NAP
- Overstromingsrisico (boven NAP)
- + hoge soortendiversiteit (uitbreiden)

(bron: abstractie van PBL, atlas leefomgeving)



# E Grootste bijdrage aan knelpunt per station

Hieronder is per locatie met HS/MS-stations en per scenario weergegeven welke twee factoren het meeste bijdragen aan het knelpunt op een station. Bijvoorbeeld: de toename van kleinschalig zon op dak of juist de toename in de logistieke vraag. Deze gegevens komen uit de analyse van Enexis die gedaan zijn op basis van de ruimtelijke verdeling van vraag en aanbod in de **scenario's**.

Tabel 15 - Grootste bijdrage aan knelpunten HS/MS-stations, per locatie en per scenario

Grootste bijdrage knelpunt			
Station	Op grote schaal denken	De grote opgaven gebundeld	Lokale Kracht
Aarle-Rixtel	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Landbouw glastuinbouw en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Bergen op Zoom	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Industrie en/of Wind
Best	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Biesbosch	Bedrijventerrein type B en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Boxtel	Warmte hybride en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Breda	Mobiliteit en/of Grootschalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Kleinschalige zon 15 kWp
Cuijk	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Dinteloord	Industrie en/of Wind	Geen knelpunt	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Eerde	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Industrie en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Industrie en/of Grootschalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Eindhoven-Noord	Logistiek en/of Grootschalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Bedrijventerrein type B en/of Grootschalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Kleinschalige zon 15 kWp
Eindhoven-Oost	Warmte hybride en/of Grootschalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Nieuwbouw woningen en/of Kleinschalige zon 15 kWp
Eindhoven-West	Warmte hybride en/of Grootschalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Bedrijventerrein type B en/of Kleinschalige zon 15 kWp

Grootste bijdrage knelpunt			
Station	Op grote schaal denken	De grote opgaven gebundeld	Lokale Kracht
Eindhoven-Zuid	Geen knelpunt	Geen knelpunt	Logistiek en/of Kleinschalige zon 15 kWp
Etten	Geen knelpunt	Logistiek en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Wind
Geertruidenberg	Logistiek en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Hapert	Logistiek en/of Wind	Warmtepompen en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Haps	Landbouw glastuinbouw en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Landbouw glastuinbouw en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Helmond-Oost	Geen knelpunt	Geen knelpunt	Industrie en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15kWp
Helmond-Zuid	Bedrijventerrein type B en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Kleinschalige zon 15 kWp
Maarheeze	Landbouw glastuinbouw en/of Wind	Landbouw glastuinbouw en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Moerdijk	Logistiek en/of Wind	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Wind
Oosteind	Bedrijventerrein type B en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp
Oss	Industrie en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Bedrijventerrein type B en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Bedrijventerrein type B en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Princenhage	Wind en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Roosendaal	Geen knelpunt	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
's-Hertogenbosch-Noord	Warmte hybride en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Kleinschalige zon 15 kWp
's-Hertogenbosch-West	Industrie en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Tilburg Centrum	Warmtepompen en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Mobiliteit en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Nieuwbouw woningen en/of Kleinschalige zon 15 kWp
Tilburg-Noord	Mobiliteit en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Mobiliteit en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Kleinschalige zon 15 kWp

Grootste bijdrage knelpunt			
Station	Op grote schaal denken	De grote opgaven gebundeld	Lokale Kracht
Tilburg-Noord + Centrum	Mobiliteit en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Mobiliteit en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Kleinschalige zon 15 kWp
Tilburg-West	Industrie en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Industrie en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Industrie en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp
Tilburg-Zuid	Bedrijventerrein type B en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Uden	Logistiek en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Landbouw glastuinbouw en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp
Waalwijk	Logistiek en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Warmtepompen en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Logistiek en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp
Woensdrecht	Warmte hybride en/of Grootchalig gebouw gebonden zon 15 kWp	Mobiliteit en/of Kleinschalige zon 15 kWp	Mobiliteit en/of Grootchalig niet gebouw gebonden zon 15 kWp



# F Detailanalyse benodigde uitbreidingen HS/MS-stations

## F.1 Methode

Het doel van deze analyse is vast te stellen hoeveel nieuwe locaties van HS/MS-stations vereist zijn in Brabant tot 2050. Deze bijlage omvat de detailresultaten per cluster en vertaald naar gemeenten. Om tot deze resultaten te komen zijn de volgende stappen doorlopen:

- De huidige locaties van HS/MS-stations hebben we opgedeeld in geografische clusters. Dit zijn gebieden van enkele stations die dicht bij elkaar liggen en waarbinnen klanten op verschillende stations aangesloten kunnen worden. We bepalen clusters van de stations omdat een netverzwaring wordt gerealiseerd om een gebied te voorzien en niet slechts één station. Eén nieuw station kan de vermogensvraag van verschillende bestaande stations in de omgeving overnemen door het anders aansluiten van huidige klanten.
- **De totale vermogensvraag is bepaald per cluster van locaties in de drie scenario's.** Vervolgens is voor de clusters bepaald of een netverzwaring nodig is. Dit kan een uitbreiding binnen een bestaande locatie zijn of een nieuwe locatie. We hebben gerekend met een nieuwe locatie van maximaal 360 MVA.
- Als een nieuwe locatie vereist is, is ingeschat wat de mogelijke gemeente(n) zijn waar die nieuwe locatie gerealiseerd kan worden.

Er zijn daarnaast twee gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. De eerste gevoeligheidsanalyse is in hoeverre congestiemanagement de vereiste netuitbreiding kan voorkomen. De tweede gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor twee onderstations en analyseert de potentie van batterijen om netverzwaring te voorkomen. In de basisanalyses nemen we geen congestiemanagement en inzet van batterijen mee.

## F.2 Resultaten per cluster van locaties

Tabel 16 toont per cluster van HS/MS-locaties wat de vereiste netverzwaring is. Er is in de tabel opgenomen of de hoogste piek wordt veroorzaakt door invoeding van elektriciteit (opwek) of afname van elektriciteit (vraag). De resultaten gaan er nog niet vanuit dat Enexis mogelijk het aantal nieuwe stations kan verlagen door bijvoorbeeld gebieden op een andere manier aan te sluiten of door middel van congestiemanagement of inzet van batterijen.

In de tabel zijn drie kleuren opgenomen:

- Groen: De huidige stationscapaciteit inclusief geplande uitbreiding is voldoende om de verwachte vermogensvraag te faciliteren.
- Oranje: De huidige stationscapaciteit inclusief geplande uitbreiding is niet voldoende om de verwachte vermogensvraag te faciliteren. Een uitbreiding van de huidige HS/MS-stations binnen het grondperceel van Enexis is voldoende.
- Rood: De huidige stationscapaciteit inclusief geplande uitbreiding is niet voldoende om de verwachte vermogensvraag te faciliteren. Naast de uitbreiding, is ook een additionele locatie van de HS/MS-stations vereist.

Tabel 16 - Overzicht vereiste netverzwaring per cluster van locatie per scenario

Cluster locaties (HS/MS-stations)	Op grote schaal denken	Grote opgaven gebundeld	Lokale kracht
Aarle Rixtel, Helmond Oost, Helmond Zuid	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; afname	Uitbreiden en grote kans op nieuwe locatie: opwek
Biesbosch	Uitbreiden; opwek	Uitbreiden; opwek	Uitbreiden; opwek
Boxtel, Best, Hapert en nieuwe locatie Oirschot	Voldoende	Uitbreiden en nieuwe locatie bovenop geplande uitbreiding Oirschot, minstens 1; opwek	Uitbreiden en nieuwe locatie bovenop geplande uitbreiding Oirschot, minstens 1; opwek
Breda, Princenhagen	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; afname	Uitbreiden en nieuwe locatie: opwek
Cuijk, Haps en nieuwe locatie Boxmeer	Voldoende	Voldoende	Voldoende
Eerde	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; afname	Uitbreiden en grote kans op nieuwe locatie: opwek
Eindhoven-Noord, Eindhoven-Oost, Eindhoven-West, Eindhoven-Zuid	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; opwek
Geertruidenberg, Oosteind	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; afname	Uitbreiden en grote kans op nieuwe locatie: opwek
Maarheeze	Uitbreiden; opwek	Uitbreiden; opwek	Uitbreiden en nieuwe locatie: opwek
Moerdijk	Uitbreiden; opwek	Uitbreiden en grote kans op nieuwe locatie: opwek	Uitbreiden; opwek
Oss, Uden	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; opwek	Uitbreiden en nieuwe locatie: opwek
Roosendaal, Etten	Voldoende	Uitbreiden en nieuwe locatie: opwek	Uitbreiden en nieuwe locatie: opwek
's-Hertogenbosch-Noord, 's-Hertogenbosch-West, Waalwijk	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; afname	Uitbreiden en nieuwe locatie: opwek
Tilburg Centrum, Tilburg Noord, Tilburg-West, Tilburg Zuid	Uitbreiden; afname	Uitbreiden; opwek	Uitbreiden; opwek
Woensdrecht, Bergen op Zoom, Dinteloord en nieuwe station Halsteren	Voldoende	Voldoende	Voldoende

De totale vereiste netverzwaring is weergegeven in Tabel 17. Als een uitbreiding en een nieuwe locatie vereist is, is dit beide opgenomen in de tabel. Opvallend is dat in het *Op grote schaal denken* de netverzwaring voornamelijk gedreven wordt door de afname van elektriciteit. Voor het scenario *De grote opgaven gebundeld* zijn er zowel voor opwek als afname verzwaringen vereist, maar is opwek wel dominant. In het scenario *Lokale kracht* is de meeste netverzwaring vereist en is dit volledig gedreven door opwek als belangrijkste *driver*. Met daarbij de kanttekening dat er ook knelpunten ontstaan door groei van de afname van elektriciteit (i.e. het gebruik), maar dat de knelpunten door opwek dominant zijn. Het oplossen van de knelpunten vanuit de opwek lost ook de knelpunten door groei van elektriciteitsafname op. Daarnaast valt op dat er vooralsnog geen additionele locaties vereist zijn voor afname van elektriciteit.

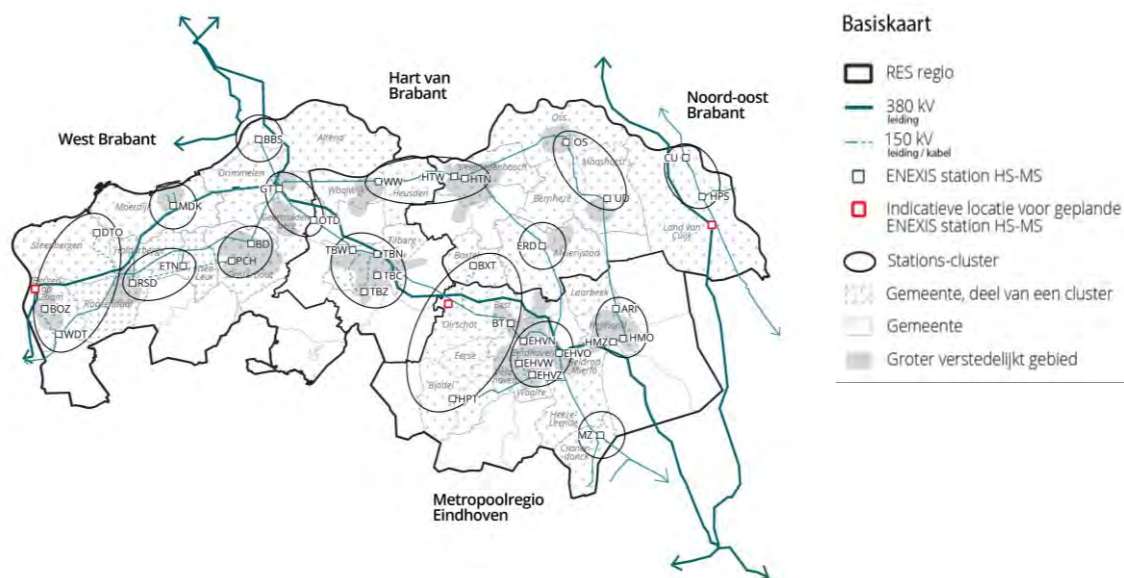
Tabel 17 - Totaaloverzicht vereiste additionele netverzwaren per scenario, na 2030, in aantallen HS/MS-stations

	Lokale kracht	De grote opgaven gebundeld	Op grote schaal denken
A. Uitbreiding binnen stationsgebied- opwek	32	18	8
A. Uitbreiding binnen stationsgebied-afname	3	14	23
B. Uitbreiding binnen cluster - opwek	2	4	5
B. Uitbreiding binnen cluster - afname	21	6	2
C. Nieuwe locatie - opwek	9 á 10*	3 á 4*	0
C. Nieuwe locatie- afname	0	0	0

### F.3 Geografische locatie van nieuwe HS/MS-locaties

Voor de nieuwe stations is bekeken in welke gemeentes deze kunnen landen. Er is hiervoor gekeken naar van welk van de onderstations binnen de clusters de meeste additionele vermogensvraag afkomstig is en naar het verloop van bestaande HS-kabels. Nieuwe stations van Enexis zullen namelijk naast of in de buurt van HS-kabels gerealiseerd worden. Figuur 64 toont de kaart van Brabant met huidige HS-kabels en huidige locaties van stations. Naar verwachting zullen er geen grote uitbreidingen van de HS-kabels plaatsvinden, dus de huidige kabels komen naar verwachting overeen met de situatie in 2050<sup>53</sup>. Er worden nog wel nieuwe stations gerealiseerd bij Oirschot, Boxmeer en Halsteren.

Figuur 64 - Overzicht HS-kabels en huidige locaties HS/MS-stations met clustering



Tabel 18 toont per cluster de mogelijke nieuwe locaties van HS/MS-stations, als uit onze analyse is gebleken dat een nieuwe locatie vereist is. Als er geen informatie is opgenomen, is er volgens de analyse dus geen nieuw station nodig. Het exact vaststellen van een locatie is een taak van de netbeheerder gebaseerd op bestaande HS-lijnen, de locatie van veel

<sup>53</sup> Een deel van de HS-kabels wordt opgeknipt om pockets te creëren. Dit is niet meegenomen.

vraag naar netcapaciteit en beschikbare grond. Daarom hebben we mogelijke locatie vastgesteld op gemeenteniveau.

Tabel 18 - Gemeenten waar nieuwe stations mogelijk gerealiseerd worden

Cluster onderstations	Gemeenten als mogelijke locatie nieuw onderstation		
	Op grote schaal kijken	De grote opgaven gebundeld	Lokale kracht
Aarle-Rixtel, Helmond Oost, Helmond Zuid	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		Netbelasting komt grotendeels uit Helmond, dit is dus een logische gemeente. HS-kabel die het gebied voedt loopt daarnaast door gemeente Laarbeek. Het station kan dus eventueel ook in de gemeente Laarbeek gerealiseerd worden, maar omdat de meeste vraag uit Helmond komt is dat een logischere locatie.
Biesbosch	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		
Boxtel, Best, Hapert en nieuwe station Oirschot	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>	Netbelasting in dit scenario komt vooral uit Hapert, gemeente Bladel. HS-kabel loopt vanaf daar door gemeente Eerse en Veldhoven.	Er wordt een grote additionele vermogensvraag in dit scenario verwacht verdeeld over gemeente Bladel en de regio Best/Boxtel. Afhankelijk van hoe de vermogensvraag aangesloten kan worden zijn er mogelijk twee stations vereist, één in het gebied Hapert en een in het gebied rond Boxtel en Best.
Breda, Princenhage	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		Gemeente Breda is de logische locatie
Cuijk, Haps en nieuwe station Boxmeer	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		Gemeente Meierijstad is de logische locatie
Eerde	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		
Eindhoven Noord, Eindhoven Oost, Eindhoven West, Eindhoven Zuid	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		
Geertruidenberg, Oosteind	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		Er zijn veel HS-kabels in dit gebied, dus verschillende locaties mogelijk. Logische gemeenten zijn Geertruidenberg, Oosterhout en Dongen
Maarheeze	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		Station Maarheeze ligt in gemeenten Cranendonck. Dit gebied ligt dicht tegen Limburg, maar eventuele clustering met gebieden in Limburg is niet meegenomen.
Moerdijk	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>	Gemeente Moerdijk is de logische locatie	<i>Geen nieuw station vereist</i>

Cluster onderstations	Gemeenten als mogelijke locatie nieuw onderstation		
	Op grote schaal kijken	De grote opgaven gebundeld	Lokale kracht
Oss, Uden	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		De HS-kabel tussen stations Oss en Uden loopt door gemeente Maashorst, Bernheze en Oss
Roosendaal, Etten	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>	De HS-kabel tussen stations Roosendaal en Etten ligt in gemeenten Roosendaal, Halderberge en Etten-Leur	De HS-kabel tussen stations Roosendaal en Etten ligt in gemeenten Roosendaal, Halderberge en Etten-Leur
s -Hertogenbosch-Noord, s -Hertogenbosch-West, Waalwijk	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		De HS-kabel tussen de stations ligt in gemeenten 's Hertogenbosch, Heusden en Waalwijk
Tilburg Centrum, Tilburg-Noord, Tilburg-West, Tilburg-Zuid	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		
Woensdrecht, Bergen op Zoom, Dinteloord en nieuwe station Halsteren	<i>Geen nieuwe locatie vereist</i>		

#### F.4 Gevoeligheidsanalyse congestiemanagement/flexibiliteit

Congestiemanagement is een manier van de netbeheerder om flexibiliteit in te kopen en zo de piekvraag te verlagen. Het verlagen van de piekbelasting zal in de toekomst zeer regulier zijn, bijvoorbeeld door congestiemanagement, netwerktarieven of prikkels van de energiemarkten. In deze gevoeligheidsanalyse bekijken we het effect van flexibiliteit op de vereiste verzwaring van infrastructuur.

##### Aannames

TenneT heeft onderzoeken gedaan naar congestiemanagement in Noord-Brabant voor zowel opwek als (TenneT, 2022a). Uit deze analyses blijkt dat er voor de totale vermogensvraag dat er voldoende flexibiliteit is om 150% van de fysiek transportcapaciteit aan te sluiten. Dit betekent dat 1/3 van de totale vermogensvraag flexibel is. Voor afname kan 138% van de transportcapaciteit aangesloten worden en is dus 38/138% flexibel, oftewel 28%. Aangezien of het onzeker is hoeveel flexibel vermogen er beschikbaar is in 2050 gaan we er in deze analyse vanuit dat de flexibiliteit 20% is voor afname en 25% voor opwek. Voor afname gaan we ervanuit dat er veel flexibiliteit is voor de sectoren Industrie, Mobiliteit, bedrijven en logistiek (23%) en weinig voor woningen en hybride warmtepompen (5%). Met die aannames komen we op een gemiddeld percentage van ongeveer 20%.

##### Resultaten

Het toepassen van deze percentages flexibel vermogen resulteert in een lagere piekbelasting voor zowel opwek als vraag. Dit resulteert er vervolgens in dat er minder uitbreidingen of nieuwe stations nodig zijn. Tabel 19 toont de resultaten van deze analyse. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt voor het scenario *Op grote schaal denken* een beperkt



verschil, er is slechts één uitbreiding minder vereist. Voor het scenario *De grote opgaven gebundeld* zijn twee additionele locaties (locatie van HS/MS-stations) minder vereist en blijft het aantal uitbreidingen gelijk. Het grootste verschil vindt plaats in het scenario *Lokale kracht*. Er zijn zes nieuwe locaties minder nodig en het aantal uitbreidingen neemt ook met één locatie af.

Tabel 19 - Overzicht vereiste netverzwaring exclusief en inclusief congestiemanagement

	Exclusief congestiemanagement/ flexibiliteit			Inclusief congestiemanagement/ flexibiliteit		
	Op grote schaal kijken	De grote opgaven gebundeld	Lokale kracht	Op grote schaal kijken	De grote opgaven gebundeld	Lokale kracht
Uitbreiding - opwek	3	7	13	2	6	11
Uitbreiding - afname	8	6	0	8	7	1
Nieuw station - opwek	0	3 á 4	9 á 10	0	1	3
Nieuw station - afname	0	0	0	0	0	0

## F.5 Gevoeligheidsanalyse batterijsystemen

Batterijen kunnen mogelijk een deel van de knelpunten van de elektriciteitsinfrastructuur voorkomen doordat ze de piekbelasting kunnen verminderen. Het is echter geen zekerheid dat batterijen de piekbelasting op de elektriciteitsinfrastructuur verlagen. Hier moeten de juiste financiële prikkels voor gegeven worden. Als dit niet gebeurt kunnen batterijen er zelfs voor zorgen dat de piekbelasting op de elektriciteitsinfrastructuur groter wordt.

In deze gevoeligheidsanalyse onderzoeken we in hoeverre batterijsystemen ingezet kunnen worden om uitbreidingen van HS/MS-stations te voorkomen. We kijken hiervoor naar drie typische casussen waar uitbreidingen van het bestaande station of de ontwikkeling van een nieuw station noodzakelijk is. Voor deze drie casussen bepalen we hoeveel de piekbelasting verminderd kan worden met batterijsystemen indien deze optimaal ingezet worden om de piekbelasting te verlagen. Dit geeft inzicht in de potentie van batterijsystemen om uitbreidingen van de elektriciteitsinfrastructuur te verminderen. Aangezien we naar drie typische HS/MS-stations kijken kunnen de algemene conclusies van deze drie stations ook vertaald worden naar de andere HS/MS-stations.

### Aannames

We hebben drie typische casussen geselecteerd om het potentieel van batterijopslag om uitbreidingen van de elektriciteitsinfrastructuur te verminderen in te schatten. Deze drie casussen hebben we geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- er is een uitbreidingen van het bestaande station of de ontwikkeling van een nieuw station noodzakelijk;
- de overbelasting is relatief klein. Als de overbelasting erg groot is, is het niet aannemelijk dat de overbelasting voorkomen kan worden met batterijen en ligt uitbreiding voor de hand;
- één cluster met een knelpunt veroorzaakt door afname (vraag) en twee clusters met een knelpunt veroorzaakt door invoeding (opwek), waarvan één met vooral zon en één met zowel zon als wind.

Op basis van de bovenstaande criteria komen we op de volgende casussen uit:

- Cluster Eerde, scenario *De grote opgaven gebundeld*. Afnameknelpunt.
  - Cluster Aarle Rixtel, Helmond Zuid, Helmond Oost. Knelpunt opwek met vooral zon.
  - Cluster Maarheeze, scenario *Lokale kracht*. Knelpunt opwek met zowel wind als zon.
- Voor elke casus hebben we een inschatting van een logische batterijomvang gemaakt op basis van de omvang van de overbelasting. We nemen aan dat de omvang van de batterij een meervoud van 90 MW is (capaciteit één trafo) of de helft van de capaciteit van het totale station en we gaan uit van een 4c batterij (4 MWh opslagcapaciteit per MW).

We hebben voor elk van de casussen de optimale inzet van de batterijen voor het verminderen van de belasting van HS/MS-stations bepaald. Hiervoor hebben we de belasting van de HS/MS-stations op uurbasis als input gebruikt.

## Resultaten

### *Casus Eerde*

Bij de eerste casus, met een afnameknelpunt bij cluster Eerde in het scenario *De grote opgaven gebundeld*, is het doel van de inzet van batterijen om te voorkomen dat een tweede extra trafo nodig is. Zonder een tweede extra trafo is de capaciteit 245 MW. De piekbelasting is 300 MW. We hebben onderzocht wat het effect is van een 90 MW batterij is op de piekbelasting. Tabel 20 geeft de uitkomst hiervan.

Tabel 20 - Effect inzet batterijen casus cluster Eerde, alle cijfers in de tabel in MW

	Zonder batterij	Met batterij
Capaciteit cluster (zonder tweede nieuwe trafo)	245	245
Omvang batterij		90
Piekbelasting	301	281

De tabel laat zien dat de piekbelasting met een batterij van 90 MW slechts 20 MW verlaagd kan worden en dat het niet mogelijk is om de noodzaak voor een tweede trafo te voorkomen. Dit komt doordat het belastingprofiel bij afnameknelpunten vrij vlak is. Er zijn geen grote pieken die makkelijk kunnen worden opgevangen met batterijen. Op een bepaald moment is de batterij leeg en kunnen de pieken niet verder niet verder verlaagd worden. Dit laat zien dat batterijen niet effectief zijn bij het voorkomen van afnameknelpunten.

### *Casus Aarle Rixtel, Helmond-Zuid, Helmond-Oost*

Bij de tweede casus, met een opwekknelpunt bij cluster Aarle Rixtel, Helmond-Zuid, Helmond Oost in het scenario *Lokale kracht*, is het doel van de inzet van batterijen om te voorkomen dat een nieuw station nodig is. Met maximale uitbreidingen binnen het terrein is de capaciteit ongeveer 900 MW. De piekbelasting is 965 MW. We hebben onderzocht wat het effect is van een 90 MW batterij is op de piekbelasting. Tabel 21 geeft de uitkomst hiervan.

Tabel 21 - Effect inzet batterijen casus cluster Aarle Rixtel, Helmond-Zuid, Helmond-Oost, alles in MW

	Zonder batterij	Met batterij
Capaciteit cluster (maximale uitbreiding binnen terrein)	900	900
Omvang batterij		90
Piekbelasting	965	875

De tabel laat zien dat de piekbelasting met 90 MW verminderd kan worden met een batterij van 90 MW en dat het mogelijk is om met deze batterij de noodzaak voor een nieuw station te voorkomen. Dit komt er in dit cluster vooral veel productie van zon-pv is en het productieprofiel van zon erg piekerig is. Batterijen zijn geschikt om de pieken van zon-pv productie op het midden van de dag uit te smeren. Deze casus laat zien dat batterijen effectief kunnen zijn bij het voorkomen van knelpunten door productie van zon-pv.

### Casus Maarheeze

Bij de derde casus, met een opwekknelpunt bij cluster Maarheeze in het scenario *Lokale kracht*, is het doel van de inzet van batterijen om te voorkomen dat een nieuw station nodig is. Met maximale uitbreidingen binnen het terrein is de capaciteit ruim 313 MW. De piekbelasting is 465 MW. We hebben onderzocht wat het effect is van een 160 MW batterij (ongeveer helft van omvang station) is op de piekbelasting. Tabel 22 geeft de uitkomst hiervan.

Tabel 22 - Effect inzet batterijen casus cluster Maarheeze, alles in MW

	Zonder batterij	Met batterij
Capaciteit cluster (maximale uitbreiding binnen terrein)	313	313
Omvang batterij		160
Piekbelasting	465	395

In deze casus wordt de piekbelasting 70 MW verlaagd met een batterij van 160 MW en kan de noodzaak voor een nieuwe station niet voorkomen worden met de inzet van een batterij. Dit komt met name doordat de benodigde relatieve afname van de piekbelasting groot is (ruim 30%), een stuk groter dan bij de casus Aarle Rixtel, Helmond-Zuid, Helmond-Oost (ongeveer 7%). Hierdoor is er bij deze casus veel meer uren sprake van overbelasting, wat het lastiger maakt om de piekbelasting fors te reduceren met inzet van batterijen. Daarnaast is het aandeel windenergie bij deze casus een stuk hoger, wat er ook aan bijdraagt dat het lastiger is om de piekbelasting te reduceren (aangezien het productieprofiel van windmolens vlakker is). Deze casus laat zien dat batterijen niet bij alle gevallen geschikt is om knelpunten veroorzaakt door opwek op te lossen. In sommige gevallen zal bij een opwek knelpunt verzwaring alsnog noodzakelijk zijn.

# G Effectbeoordeling Milieu & Ruimte

## G.1 Inleiding

Op basis van de energetische scenario's uit II3050 zijn voor de provincie Noord-Brabant de volgende drie scenario's geformuleerd:

1. *Lokale kracht.*
2. *De grote opgaven gebundeld.*
3. *Op de grote schaal denken.*

In deze scenario's is opgenomen hoe de energievraag en het energieaanbod neerslaat binnen de provincie. Dit heeft ruimtelijke en milieu-hygiënische effecten die per scenario verschillen.

In deze bijlage wordt gekeken naar deze ruimtelijke en milieu-hygiënische effecten. Dit heeft als voordeel dat betrokkenen inzicht krijgen in het ruimtebeslag van de verschillende samenhangende elementen in het energiesysteem (hierna: bouwstenen) en welke ruimtelijke en milieueffecten ontstaan. Dit maakt het vergelijken van de scenario's gemakkelijker.

## G.2 Bouwstenen

De drie verschillende scenario's zijn opgebouwd uit acht bouwstenen, zoals Figuur 65 weergegeven. Door deze opbouw betreft het oordeel over een scenario feitelijk een combinatie van de beoordelingen van de bouwstenen waaruit een scenario is opgebouwd. Dit hoofdstuk bevat een korte uiteenzetting van de voor de effectbeoordeling relevante bouwstenen 'Wind op land', 'Zon op land', 'E-centrales', 'Electrolyzers' en 'Batterijen'. Daarbij wordt ook gekeken naar het te verwachten ruimtebeslag per bouwsteen.

De bouwstenen 'Zon op dak', 'Bovenlokaal warmtenet' en 'Aanlanding wind op zee' zijn in dit hoofdstuk niet meegenomen gezien de relatief beperkte effecten voor ruimte en milieu (binnen de provincie).

Figuur 65 - Bouwstenen 2030-2050



## G.2.1 Opwek

### Wind op land

Het effect van wind op land is ingevuld aan de hand van de turbineopstellingen, zoals **ingetekend in de scenario's**. **Daarbij is voor** Scenario 3 geen effect te verwachten, omdat er geen windturbines zijn voorzien. Scenario 1 gaat uit van spreiding over heel Brabant en Scenario 2 gaat uit van clustering in het rivierengebied in het noorden van de provincie.

Voor een windturbine gaan we uit van een indirect ruimtebeslag van 0,16 km<sup>2</sup>. Dit is gebaseerd op een voorbeeldopstelling van een cluster van zes windturbines met een rotordiameter van 150 meter en een tussenafstand van vier keer de rotordiameter. Voor een dergelijk cluster komen we uit op 0,93 km<sup>2</sup>. Het indirecte landgebruik kan worden gebruikt voor agrarische toepassingen.

Het directe landgebruik is circa 1.000 m<sup>2</sup> per windturbine, bestaande uit de fundering, de opstelplaatsen, toegangswegen en een transformatorstation per cluster.

### Zon op land

Het effect van zon op land is ingevuld aan de hand van het directe ruimtebeslag van de zonnepanelen, zoals **ingetekend in de scenario's**. **In** Scenario 1 is sprake van een clustering van de zonnepanelen in de Peel. Scenario 2 gaat uit van spreiding over heel Brabant en Scenario 3 gaat uit van clustering in de omgeving van Moerdijk.

### Electrolyzers

Onderdeel van het toekomstige energiesysteem is het gebruik van elektrolyzers voor productie van waterstof. Er zijn twee type locaties waar elektrolyzers kunnen komen: bij aanlandingspunten van windenergie op zee en bij industriële vraag naar waterstof. In Scenario 1 is uitgegaan van aansluiting bij de industriële vraag en de opweklocaties van zon en wind. Er worden meerdere elektrolyzers voorzien. In Scenario 2 en 3 is uitgegaan van gebruikmaking van windenergie op zee. Daarbij zijn Geertruidenberg en Moerdijk geschikte aanlandlocaties. In Scenario 2 is uitgegaan van zowel grootschalige elektrolyzers in Moerdijk als Geertruidenberg. In Scenario 1 is uitgegaan van grootschalige elektrolyzers enkel in Moerdijk.

Uitgangspunt voor de onderhavige effectbeoordeling is dat de technologie met het kleinste ruimtebeslag wordt gehanteerd. Dit betreft een elektrolyser uitgevoerd met PEM (polymeer elektrolyt membraan)-technologie. Een grootschalige PEM-elektrolyser bestaat uit technische installaties, een gebouw voor de elektrolyser, installaties voor compressie en behandeling van waterstof en faciliteiten voor het koelwater en waterbehandeling. Voor een PEM-elektrolyser met een opgesteld vermogen van 1 GW is een oppervlakte van 10 ha nodig (ISPT, 2020). Ook hier zijn verbindingen vanuit het elektriciteitsnet, het waterstofnet als ook beschikbaar water als grondstof en als koelproduct noodzakelijk. Bij gebruik maken van oppervlaktewater als koelwater en in een once-through koelcyclus is er sprake van een koelwaterbehoefte van 12.000 liter per seconde voor een elektrolyser van 1 GW (ISPT, 2020).

## G.2.2 Opslag

### Batterijen

In het energiesysteem wordt een grote rol verwacht voor batterijen voor het opvangen van de korte-termijn onbalans tussen vraag en aanbod van elektriciteit. Logische locaties zijn bij aanlandingspunten wind op zee, hoog- en middenspanningsstations (HS/MS-stations), hernieuwbare opwek op land en mogelijk in wijken. Het uitgangspunt voor het ruimtebeslag van batterijen is dat per km<sup>2</sup> een vermogen kan worden geplaatst van 14 GWh (140 MWh per hectare). Een batterij heeft naast dit ruimtebeslag en een benodigde netaansluiting weinig ruimtelijk relevante vereisten om operationeel te zijn.

In Scenario 2 en 3 wordt uitgegaan van grootschalige batterijsystemen in Moerdijk en Geertruidenberg. Het is de verwachting dat bij aanlanding van 2 GW wind op zee in Moerdijk of Geertruidenberg tot maximaal 1 GW aan systeembatterijen noodzakelijk is. Bij scenario 1 wordt uitgegaan van batterijsystemen bij de hernieuwbare opwek en in wijken. De batterijsystemen in wijken worden, gezien de minimale effecten op milieu en ruimte op provinciaal niveau, niet verder beschouwd.

## G.2.3 Netinfrastructuur

### Elektriciteitscentrales

**In alle drie de scenario's zijn nieuwe of uitbreiding van bestaande elektriciteitscentrales voorzien.** In **scenario's 2 en 3 is het aantal E-centrales beperkt** en beoogd in Moerdijk en Geertruidenberg, bij de aanlanding van wind op zee. Scenario 1 gaat uit van spreiding. Bij dit scenario wordt voorzien in de ontwikkeling van meerdere kleine centrales (max. 100 MW). Vanuit systeemperspectief is het gunstig om deze kleine centrales in de buurt van 380 kV-, 150 kV- of 110 kV-stations te plaatsen.

Het benodigde ruimtebeslag is afhankelijk van de mate van overschrijding van capaciteit en het opgestelde vermogen aan opwek, flex of vraag, dat aangesloten moet worden. Hierbij wordt voor het ruimtebeslag uitgegaan van een vaststaande samenhang in onderdelen: **bij een nieuw station wordt uitgegaan van 'plots' van 10 ha.**

## G.2.4 Ruimtebeslag per bouwsteen

In deze paragraaf wordt kort ingegaan op het ruimtebeslag per bouwsteen. Dit ruimtebeslag vormt de basis voor de uiteindelijke effectbeoordeling.

Tabel 23 - Ruimtebeslag per bouwsteen

Onderdeel	Ruimtebeslag	Uitgangspunten	Bron
Windturbines (indirect)	12 MW/km <sup>2</sup>	Indirect ruimtebeslag van opstelling van zes turbines	Pondera
Windturbines (direct)	1.000 m <sup>2</sup> /turbine	Turbine van 6 MW	Pondera
Zon op veld	48-156 MW/km <sup>2</sup>	Veldopstelling extensief en intensief	I13050 (Netbeheer Nederland, 2021)
Elektriciteitscentrales			
Elektrolyzers	1 GW/10ha	Optimale invulling van PEM elektrolyser	(ISPT, 2022)
Batterijen	140 MWh/ha of 35 MW/ha	Uitgangspunt 1 MW = 4 MWh	I13050 (Netbeheer Nederland, 2021)



## G.3 Beoordelingskader

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het beoordelingskader voor de beoordeling van de bouwstenen, zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk. In Paragraaf 3.1 wordt aan de hand van de lagenbenadering gekeken naar de voor de beoordeling relevante (deel)aspecten. In Paragraaf 3.2 wordt de te hanteren beoordelingschaal beschreven en in Paragraaf 3.3 volgt een nadere uitwerking op basis van de bouwstenen.

### G.3.1 Beoordelingsaspecten

De beoordeling van de effecten op ruimte en milieu omvat meerdere (deel)aspecten. Om dit te structureren, is gebruik gemaakt van de lagenbenadering. Deze lagenbenadering is een sturend instrument binnen de ruimtelijke ordening en kent een indeling in drie lagen: 'occupatie', 'netwerk' en 'ondergrond'. Zie Figuur 3.1 voor een illustratie.

Figuur 66 - De drie lagen in de lagenbenadering (Ruimtexmilieu, 2022)



#### Aspecten occupatie laag

De occupatie laag bevat de fysieke neerslag van de menselijke activiteiten, zoals wonen, werken en recreëren in een veilige leefomgeving. De occupatie bestaat uit ruimtelijke patronen als gevolg van menselijk gebruik, ofwel de ruimtelijke inrichting. Dit is het hoog dynamische niveau en kent een verandertijd van 10-40 jaar (Ruimtexmilieu, 2022).

Tabel 24 - Aspecten en criteria occupatie laag

Aspect	Deelaspect	Criterium
Leefomgeving en ruimtegebruik	Wonen	Mate van aanwezigheid woonkernen /woningen
	Landbouw	Mate van aanwezigheid landbouwgrond
	Recreatie	Mate van aanwezigheid recreatief gebied

## Aspecten netwerk laag

De netwerken (alle vormen van zichtbare en onzichtbare infrastructuur) worden aangeduid als de ruimtelijke structuur. De netwerk laag bevat verkeersnetwerken (wegen, spoorlijnen, waterwegen), de groennetwerken (waaronder Natuurnetwerk Nederland) en de bestaande energienetwerken. Deze laag is van middel dynamisch niveau en kent een verandertijd van 20-80 jaar (Ruimtexmilieu, 2022).

Tabel 25 - Aspecten en criteria netwerk laag

Aspect	Deelaspect	Criterium
Infrastructuur	Waterkeringen	Mate van aanwezigheid (complexe) waterkeringen
	Bestaande energie-infrastructuur	Mate van aanwezigheid hoogspanning- en buisleidingen
	Ruimtebeslag	Mate van beschikbaarheid benodigde ruimte
Natuur	Bestaand natuurnetwerk	Mate van aanwezigheid Natuurnetwerk Nederland

## Aspecten ondergrond laag

De ondergrond laag bevat de fysieke ondergrond, het watersysteem en het natuursysteem. De ondergrond wordt wel de ruimtelijke drager genoemd en kent een laag dynamisch niveau, waar veranderingen en herstel zich langzaam voltrekken.

Tabel 26 - Aspecten en criteria ondergrond laag

Aspect	Deelaspect	Criterium
Bodem en Water	Bodem	Mate van aanwezigheid gevoelige bodems
	Grondwater	Mate van aanwezigheid grondwaterbeschermingsgebied
Natura 2000	Natura 2000-gebieden	Mate van aanwezigheid beschermde gebieden
Landschap, cultuurhistorie en archeologie	Landschap	Mate van samenhang met bestaand landschap
	Cultuurhistorie en archeologie	Mate van aanwezigheid waardevolle gebieden

### G.3.2 Beoordelingscategorieën

De beoordeling van de deelaspecten wordt gedaan aan de hand van drie categorieën die gaan over de kans op effecten. Er worden drie stappen gezet om te komen tot een effectbeoordeling:

1. De beoordeling start met een kwalitatieve beschrijving van de effecten op ieder deelaspect binnen een laag. Deze beschrijving is gebaseerd op expert judgement en GIS-analyses.
2. Op basis van deze beschrijvingen wordt een analyse gemaakt van de effecten per deelaspect. Hierbij wordt ingegaan op tijdelijke en permanente effecten, mogelijkheid tot beperken en onomkeerbaarheid van effecten.
3. De beoordeling per deelaspect wordt uitgedrukt in drie categorieën die worden aangeduid met verschillende tinten blauw en nummers.

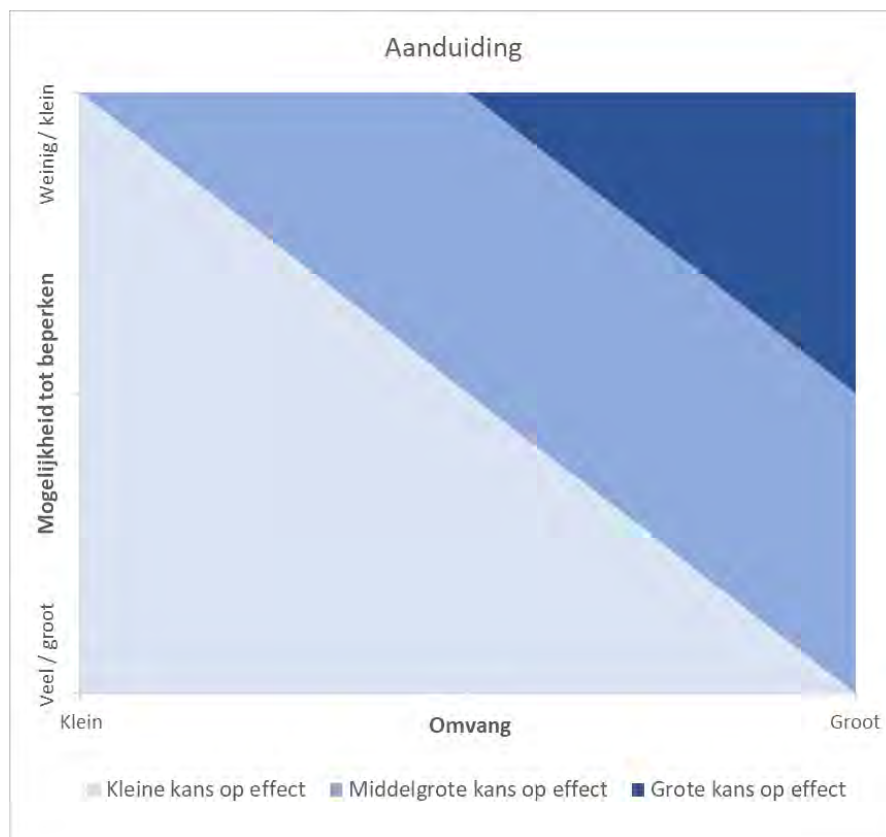
Tabel 27 - Definitie aanduiding categorieën, bijbehorende kleuren en een toelichting

Kleuraanduiding	Definitie beoordeling	Toelichting
1	Geen effect	– Er is geen effect te verwachten
2	Kleine kans op effect	– Omvang van effect is klein – Omvang van effect is groot en er zijn veel mogelijkheden om de omvang van het effect te beperken
3	Middelgrote kans op effect	– Omvang van effect is middelgroot – Omvang van effect is groot er zijn mogelijkheden om een deel van de omvang van de effecten te beperken
4	Grote kans op effect	– Omvang van effect is groot en de mogelijkheden om de omvang van het effect te beperken zijn klein

#### Kans op effect

De te beoordelen ontwikkelingen zijn bouwstenen van het energiesysteem die mogelijk gerealiseerd moeten worden. De exacte locatie van deze bouwstenen en daarmee die van de optredende effecten- is nog niet bepaald, wat randvoorwaarden stelt aan de manier van effect beoordelen. Het is niet zeker dat mogelijk voorziene effecten optreden op de uiteindelijk gekozen locatie en daarom wordt gesproken over de kans dat het effect zich voordoet. De beoordeling van de kans op het effect bevat zowel de omvang van het effect als de mogelijkheden om het effect te voorkomen/beperken. Dit is verbeeld in Figuur 67 waarbij de kleuren corresponderen met de kleuren uit Tabel 27.

Figuur 67 - Categorisering a.d.h.v. omvang en mogelijkheden tot beperking van effect



## Referentiesituatie

De fysieke omgeving in het jaar 2030 is de referentiesituatie. Dat is zowel de huidige situatie als diverse toekomstige ontwikkelingen. Aangenomen wordt dat de toekomstige ontwikkelingen zoals opgenomen in het investeringsplan van TenneT (TenneT, 2022d) in 2030 zijn gerealiseerd.

Wat betreft de toekomstige ontwikkelingen in overige fysieke domeinen (zoals natuur, landbouw en woningbouw) is er geen goed integraal beeld van de fysieke situatie in 2030 in heel Nederland omdat dit erg in beweging is en ook omdat hier de komende tijd veel besluiten over worden genomen.

## G.4 Uitwerking van het beoordelingskader

In de volgende paragrafen worden de (deel)aspecten en criteria uit Hoofdstuk 3 nader uitgewerkt. Dit vormt de richtlijn voor de effectbeoordeling. In de gevallen waarin de richtlijn niet van toepassing is, wordt een toelichting gegeven hoe hiervan op basis van expert judgement afgeweken wordt.

## G.4.1 Occupatie laag

Het aspect leefomgeving en ruimtegebruik valt uiteen in een aantal deelaspecten, deze zijn hieronder nader uitgewerkt.

### Wonen

Het deelaspect wonen omvat een groot deel van de leefomgeving, waardoor de nabijheid van bebouwing tot de ontwikkelingen een goede indicator is voor het effect op de leefomgeving. Veel bouwstenen van de energie-infrastructuur worden op afstand geplaatst van bebouwing, om hinder voor de leefomgeving en effecten op gezondheid te voorkomen.

Per bouwsteen wordt waar mogelijk een afstandsmaat gehanteerd tot aan relevante bebouwing. Voor locaties voor nieuwe E-centrales, elektrolyzers en batterijen is dit een invloedsafstand waarbinnen aantallen woningen liggen. Voor zon en wind op land wordt gekeken naar het aantal woningen/woonkernen binnen een bepaalde afstand. In Tabel 28 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 28 - Uitwerking deelaspecten wonen per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect bebouwing
Elektriciteitscentrales	Nabije bebouwingsintensiteit woningen
Elektrolyzers	Nabije bebouwingsintensiteit woningen
Batterijen	Nabije bebouwingsintensiteit woningen
Zon op land	Aantal woningen binnen 400 meter
Wind op land	Aantal woningen binnen 400 meter Aantal woonkernen binnen 1 kilometer

### Landbouw

Landbouw maakt gebruik van een groot deel van de ruimte in Nederland. Een groeiende energie-infrastructuur heeft naar verwachting een ruimtelijke invloed op de huidige landbouw. Een analyse van de aard van het gebied, type landbouw en eigenschappen zoals verziltingsgevoeligheid geeft de gevoeligheid weer van het functioneren van het landbouwgebied. In Tabel 29 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 29 - Uitwerking deelaspecten landbouw per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect landbouw
Elektriciteitscentrales	Overlap met en aard van landbouwgrond
Elektrolyzers	Overlap met en aard van landbouwgrond
Batterijen	Overlap met en aard van landbouwgrond
Zon op land	Totaal ruimtebeslag in relatie tot beschikbaar landbouw areaal
Wind op land	Totaal ruimtebeslag in relatie tot beschikbaar landbouw areaal

## Recreatie

Bouwstenen van de energie-infrastructuur kunnen invloed hebben op recreatieve gebieden door het wijzigen van de beleving van het gebied. In Tabel 30 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 30 - Uitwerking deelaspect recreatie per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect recreatie
Elektriciteitscentrales	Aantal recreatieve gebieden binnen 1 km
Elektrolyzers	Aantal recreatieve gebieden binnen 1 km
Batterijen	Aantal recreatieve gebieden binnen 1 km
Zon op land	Aantal recreatieve gebieden binnen 1 km
Wind op land	Aantal recreatieve gebieden binnen 1 km

## G.4.2 Netwerk laag

### Waterkeringen

In de effectbeoordeling wordt alleen de mogelijke invloed van de ingreep op primaire waterkeringen onderzocht. Uitgangspunt is dat andere waterkeringen of vermeden kunnen worden, of op een acceptabele wijze kunnen worden gecombineerd met de bouwstenen. In Tabel 31 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 31 - Uitwerking deelaspect waterkeringen per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect waterkeringen
Elektriciteitcentrales	Wordt niet beoordeeld
Elektrolyzers	Wordt niet beoordeeld
Batterijen	Wordt niet beoordeeld
Zon op land	Wordt niet beoordeeld
Wind op land	Aantal windturbines binnen 500 meter van de waterkering

### Bestaande energie-infrastructuur

Het Brabants energiesysteem is gericht op toekomstige aanpassingen aan de energie-infrastructuur, waardoor er op elke wijze een relatie is tot het bestaande netwerk. De vraag voor de effectbeoordeling is in hoeverre de aanwezige energie-infrastructuur invloed heeft op de realisatie van de nieuwe bouwstenen voor energie-infrastructuur. De effectbeoordeling van dit deelaspect gaat hierop in. In Tabel 32 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 32 - Uitwerking deelaspect bestaande energie-infrastructuur per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect bestaande energie-infrastructuur
Elektriciteitcentrales	Wordt niet beoordeeld
Elektrolyzers	Wordt niet beoordeeld
Batterijen	Wordt niet beoordeeld



Bouwsteen	Uitwerking deelaspect bestaande energie-infrastructuur
Zon op land	Wordt niet beoordeeld
Wind op land	Aantal windturbines binnen 500 meter van hoogspannings- en buisleidingen

## Ruimtebeslag

Het directe ruimtebeslag per bouwsteen van de potentiële nieuwe energie-infrastructuur staat in Tabel 23 Het ruimtebeslag van een bouwsteen in zijn geheel wordt met dit deelaspect inzichtelijk gemaakt. In Tabel 33 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 33 - Uitwerking deelaspect ruimtebeslag per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect ruimtebeslag
Elektriciteitscentrales	Totaal oppervlak van nieuwe stations (incl. uitbreidingen)
Electrolyzers	Totaal oppervlak van nieuwe electrolyzers
Batterijen	Totaal oppervlak van nieuwe batterijen
Zon op land	Benodigd oppervlak voor zon op land
Wind op land	Benodigd oppervlak voor wind op land

## Natuurnetwerk Nederland

De effecten van bouwstenen van energie-infrastructuur op het Natuurnetwerk Nederland (NNN) variëren per bouwsteen. Daarnaast heeft de ene bouwsteen een grotere kans op effecten dan andere bouwstenen. De kans op een effect is afhankelijk van de aard van de bouwsteen (type ingreep), maar ook van het beheertype van het NNN-gebied. In Tabel 34 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 34 - Uitwerking deelaspect NNN per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect NNN
Elektriciteitscentrales	Nabijheid Natuurnetwerk Nederland
Electrolyzers	Nabijheid Natuurnetwerk Nederland
Batterijen	Nabijheid Natuurnetwerk Nederland
Zon op land	Aantal hectare zonneparken binnen 400 meter van Natuurnetwerk Nederland
Wind op land	Aantal windturbines binnen 1 km van Natuurnetwerk Nederland

### G.4.3 Ondergrond laag

#### Bodem

Het deelaspect bodem kan op verschillende manieren effecten ondervinden van de bouwstenen van de energie-infrastructuur. In bodembeschermingsgebied en zettingsgevoelig gebied zijn er beperkingen voor de mogelijkheden voor de aanleg(methodes) van nieuwe infrastructuur. Daarnaast kan aanleg in verziltingsgevoelig gebied invloed hebben op de landbouw en natuur in de omgeving van de nieuw aan te leggen infrastructuur. In Tabel 35 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 35 - Uitwerking deelaspect bodem per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect bodem
Elektriciteitscentrales	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
Elektrolyzers	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
Batterijen	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren
Zon op land	Wordt niet beoordeeld
Wind op land	Aanwezigheid voldoende draagkracht voor aan te brengen structuren

#### Grondwater

Grondwater is een belangrijke bron van drinkwater in Nederland. Om de waterkwaliteit te behouden zijn er grondwaterbeschermingsgebieden aangewezen waar beperkingen gelden voor activiteiten met grondberoering. In Tabel 36 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 36 - Uitwerking deelaspect grondwater per bouwsteen

Bouwsteen	Operationalisering deelaspect grondwater
Elektriciteitscentrales	Wordt niet beoordeeld
Elektrolyzers	Wordt niet beoordeeld
Batterijen	Wordt niet beoordeeld
Zon op land	Nabijheid van grondwaterbeschermingsgebied
Wind op land	Nabijheid van grondwaterbeschermingsgebied

#### Natura 2000-gebieden

Negatieve effecten op Natura 2000-gebieden moeten zo veel als mogelijk worden voorkomen, dan wel worden beperkt. De bouwstenen van de energie-infrastructuur kunnen effect hebben op de beschermde habitats en soorten van deze gebieden. Effecten kunnen ontstaan door overlap met Natura 2000-gebieden, vanwege de directe fysieke ingreep, maar ook door externe effecten op deze gebieden en soorten. In Tabel 37 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 37 - Uitwerking deelaspect Natura 2000-gebieden per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect Natura 2000-gebieden
Elektriciteitscentrales	Wordt niet beoordeeld
Elektrolyzers	Wordt niet beoordeeld
Batterijen	Wordt niet beoordeeld
Zon op land	Wordt niet beoordeeld
Wind op land	Aantal windturbines binnen 1 km Natura 2000-gebied

## Landschap

Voor het deelaspect landschap wordt gekeken naar nationale landschappen en provinciaal aangewezen landschappelijk waardevolle gebieden. In Tabel 38 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 38 - Uitwerking deelaspect landschap per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect landschap
Elektriciteitscentrales	Samenhang met bestaande landschap (hoofdstructuren en kernkwaliteiten)
Elektrolyzers	Samenhang met bestaande landschap (hoofdstructuren en kernkwaliteiten)
Batterijen	Samenhang met bestaande landschap (hoofdstructuren en kernkwaliteiten)
Zon op land	Samenhang met bestaande landschap (hoofdstructuren en kernkwaliteiten)
Wind op land	Samenhang met bestaande landschap (hoofdstructuren en kernkwaliteiten)

## Cultuurhistorie en archeologie

Het deelaspect cultuurhistorie beoordeelt de potentiële effecten op cultuurhistorische en archeologische waarden. Daar waar dergelijke waarden aanwezig zijn, en de realisatie van de betreffende bouwstenen van de energie-infrastructuur niet verenigbaar zijn met deze waarden, ontstaat een grote kans op niet te mitigeren effecten. De nabijheid van cultuurhistorische objecten wordt aan de hand van UNESCO werelderfgoed en rijks- en provinciale objecten (monumenten) en gebieden geanalyseerd.

Per bouwsteen is een afstand tot het soort object bepalend voor de mate en daarmee de kans van het effect. In Tabel 39 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 39 - Uitwerking deelaspect cultuurhistorie per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect cultuurhistorie
Elektriciteitscentrales	Aantal en soort objecten binnen 1 km
Elektrolyzers	Aantal en soort objecten binnen 1 km
Batterijen	Aantal en soort objecten binnen 1 km
Zon op land	Aantal en soort objecten binnen 1 km
Wind op land	Aantal en soort objecten binnen 1 km

## Archeologie

Archeologische waarden worden bij voorkeur in situ bewaard. Een kans op het treffen van archeologische waarden bij het beroeren van de bodem, kan leiden tot het aantasten van deze waarden. De kans op het treffen van archeologische waarden, is in te schatten op basis van de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW) en de Archeologische Monumenten Kaart (AMK). In Tabel 40 staat de uitwerking aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.

Tabel 40 - Uitwerking deelaspect archeologie per bouwsteen

Bouwsteen	Uitwerking deelaspect archeologie
Elektriciteitscentrales	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met grote trefkans
Elektrolyzers	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met grote trefkans
Batterijen	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met grote trefkans
Zon op land	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met grote trefkans
Wind op land	Nabijheid en interferentie van archeologische monumenten, mate van ligging in gebied met grote trefkans

### G.5 Beoordeling bouwstenen

In dit hoofdstuk worden de bouwstenen per scenario beoordeeld. Bij deze beoordeling wordt gebruik gemaakt van het beoordelingskader zoals opgenomen in de vorige paragraaf.

#### G.5.1 Wind op land

De locaties voor de realisatie van windturbines worden tot 2030 in de Regionale Energie Strategieën (RES'en) vastgelegd. Deze locaties zijn (al dan niet indicatief) opgenomen in de RES'en 1.0. Deze locaties zijn het uitgangspunt voor de plaatsing van windturbines voor 2030. De resterende opgave tot aan 2050 kan op verschillende manieren worden ingevuld.

Daarbij is alleen in de Scenario's 1 en 2 voorzien in de plaatsing van extra windturbines. Daarbij zijn verschillende ordeningsprincipes gehanteerd. Scenario 1 gaat uit van evenredige spreiding over de beschikbare ruimte. Scenario 2 gaat uit van plaatsing van een groot deel van de opgave tot 2050 dichtbij elkaar op enkele locaties aan de noordrand van Brabant (rivierkleigebied), waardoor plaatsing op andere locaties niet nodig is om de opgave in te vullen.

## Occupatie laag

### *Hinder voor de leefomgeving*

In Scenario 1 liggen de windturbines verspreid over heel Brabant. Het aantal woningen binnen 400 meter bedraagt circa 400. In Scenario 2 is het aantal woningen binnen 400 meter lager dan in Scenario 1. Er is een verschil van ongeveer 100 woningen. Er liggen bij Scenario 2 circa 300 woningen binnen 400 meter. Daarbij is het effect per woning bij Scenario 3 over het algemeen groter door het grotere aantal windturbines binnen een windpark. Als we kijken naar het aantal woonkernen binnen 1 kilometer scoort Scenario 2 het hoogst. Voor Scenario 2 komen we op circa 40 woonkernen. Bij Scenario 1 gaat het om circa 35 woonkernen. De resultaten afwegende krijgen ze eenzelfde beoordeling en hebben beide **scenario's een grote kans op effect.**

### *Landbouw*

In Scenario 1 en 2 zijn evenveel windturbines nodig. Deze windturbines komen normaliter **op gronden in gebruik voor de landbouw. Dit betekent dat in beide scenario's een** vergelijkbaar percentage landbouwgrond wordt ingezet. Het percentage van het totale **landbouwareaal dat nodig is, is beperkt, daarom krijgen beide scenario's als beoordeling** een kleine kans op effect.

### *Recreatie*

In Brabant liggen vier Nationale parken. In Scenario 1 liggen circa 20 windturbines binnen 1 kilometer van een Nationaal park. In Scenario 2 betreft het circa 30 windturbines. Het aantal windturbines bij Scenario 2 is groter. Daarbij de toevoeging dat de impact voor één bepaald Nationaal park bij Scenario 2 groter kan zijn door de nabijheid van meerdere en grotere windparken. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 2 een middelgrote kans op effect en Scenario 1 een kleine kans op effect.

## Netwerk laag

### *Waterkeringen*

Door de verspreide ligging van de windparken in Scenario 1 door Brabant is het aantal windturbines op korte afstand van een primaire waterkering relatief beperkt. Vier windturbines staan binnen 500 meter. Dit in tegenstelling tot Scenario 2, waarbij de windparken zijn gesitueerd aan noordrand van de provincie nabij de waterkering langs de Maas. In Scenario 2 staan 65 windturbines binnen 500 meter. Dit betekent mogelijk een grotere impact op de waterkering en de bijbehorende beschermingszones. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 1 een kleine kans op effect en Scenario 2 een middelgrote kans op effect.

### *Energie-infrastructuur*

Voor de beoordeling van het effect op de toekomstige energie-infrastructuur wordt gekeken naar de beschikbare ruimte die per scenario overblijft voor het leggen van nieuwe kabels en leidingen. Scenario 1 zorgt voor impact over geheel Brabant, waardoor er meer knelpunten kunnen gaan ontstaan. Door de clustering in Scenario 2 zijn er geen knelpunten in het centrale en zuidelijke deel van Brabant te verwachten. Daarbij is gezien de mate van verstedelijking in het rivierkleigebied het niet de verwachting dat daar veel nieuwe kabels en leidingen nodig gaan zijn. Het lijkt op dit moment logischer om deze in het centrale deel

van de provincie te positioneren. Risico voor Scenario 2 is wel dat door de grotere aantallen windturbines op een beperktere oppervlakte het lastiger kan zijn om eventueel knelpunt op te lossen. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 1 een middelgrote kans op effect en Scenario 2 een kleine kans op effect.

### *Ruimtebeslag*

In zowel Scenario 1 als Scenario 2 is voorzien in de ontwikkeling van 222 windturbines. Hierdoor is er geen verschil tussen de beide scenario's. **Als we kijken naar de ontwikkeling** van windparken is de benodigde directe oppervlakte beperkt. Het is een klein percentage van het totale grondareaal van de provincie. Echter een windturbine heeft ook een indirect ruimtebeslag met consequenties voor toekomstige ontwikkelingen. Op grond van indirect ruimtebeslag is sprake van een grote kans op effect.

### *Natuurnetwerk Nederland*

Brabant heeft verspreid over het grondgebied veel gebieden die zijn opgenomen in het Natuurnetwerk Nederland. Dit is ook **zichtbaar in de beoordeling. Bij beide scenario's staan** bijna alle windturbines binnen 1.000 meter van een NNN. Bij Scenario 1 gaat het om 216 van de 222 windturbines en bij Scenario 2 gaat het om 212 van de 222 windturbines. Hierdoor heeft zowel Scenario 1 als Scenario 2 een grote kans op effect.

## Ondergrond laag

### *Bodem*

De draagkracht van de bodem is in Brabant over het algemeen goed. Er is wel verschil zichtbaar tussen de rivierkleigebieden en de zandgebieden. De rivierkleigebieden zijn gevoeliger voor zetting. Dit maakt dat Scenario 2 een grotere kans op effect heeft, dan scenario. De kans op effect is bij Scenario 1 klein. Gezien het verschil heeft Scenario 2 een middelgrote kans op effect.

### *Grondwater*

**In beide scenario's is het aantal windturbines in de grondwaterbeschermingsgebieden en boringsvrije zones beperkt.** Daarnaast geldt voor de betreffende grondwaterbeschermingsgebieden en boringsvrije zones een dusdanig toegestane verstoringsdiepte (60 meter of meer) dat er geen effect te verwachten is. Voor beide **scenario's geldt een kleine kans op effect.**

### *Natura 2000-gebieden*

Het aantal windturbines binnen 1 kilometer van een Natura 2000-gebied is voor beide **scenario's nagenoeg gelijk. Het verschil is wel aanwezig als wordt gekeken naar de** belangrijke vogelgebieden onderdeel van Natura 2000. In Scenario 2 staan meer windturbines binnen 1 kilometer van een belangrijk vogelgebied. De kans op effect is bij Scenario 2 groot. Gezien het verschil heeft Scenario 1 een middelgrote kans op effect.

### *Landschap*

In Noord-Brabant ligt alleen Nationaal landschap het Groene Woud. Aan de rand van de provincie liggen verder nog Nationaal landschap Rivierengebied en Nationaal landschap Hoeksche Waard. Het aantal windturbines in de buurt van een Nationaal landschap is beperkt. Scenario 1 telt slechts één windturbine binnen 1 kilometer en in Scenario 2 betreft



het twaalf windturbines. Kijkend naar de Nationale landschappen heeft Scenario 2 het grootste effect. Daar staat echter tegenover dat in Scenario 2 een groot aantal windturbines vanuit het Rivierengebied nog steeds zichtbaar gaat zijn. Scenario 2 kan er toe leiden dat de landschappelijke kenmerken van het rivierengebied wezenlijk veranderen. Dit is in Scenario 1 minder evident. Hierdoor heeft Scenario 2 een grote kans op effect en Scenario 1 een middelgrote kans op effect.

### Cultuurhistorie

Het aantal windturbines binnen 1 kilometer van een monument of Unesco werelderfgoed is beperkt. Scenario 1 telt circa 30 objecten en Scenario 2 telt circa 20 objecten. Gezien de clustering in Scenario 2, waardoor het effect beperkt blijkt tot een specifiek deel van Brabant en het lagere aantal objecten ten opzichte van Scenario 1, heeft Scenario 2 een lage kans op effect en Scenario 1 een middelgrote kans op effect.

### Archeologie

De archeologische waarden zijn vastgelegd op de IKAW. Na beoordeling blijkt dat het aantal windturbines op een locatie met een hoge archeologische waarden redelijk vergelijkbaar is. **Beide scenario's hebben door de beperkte fysieke ingreep een lage kans op effect.**

### Conclusies

Op basis van de beoordeling zoals opgenomen in de voorgaande paragrafen blijkt dat **Scenario 1 voor de bouwsteen 'Windturbines' net iets beter wordt beoordeeld, dan Scenario 2.** Zie Tabel 41 voor de resultaten.

Tabel 41 - Beoordeling bouwsteen windturbines

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Occupatie</b>			
Hinder voor de leefomgeving	4	4	1
Landbouw	2	2	1
Recreatie	2	3	1
<b>Netwerk</b>			
Waterkeringen	2	3	1
Energie-infrastructuur	3	2	1
Ruimtebeslag	4	4	1
Natuurnetwerk Nederland	4	4	1
<b>Ondergrond</b>			
Bodem	2	3	1
Grondwater	2	2	1
Natura 2000	3	4	1
Landschap	3	4	1
Cultuurhistorie	3	2	1
Archeologie	3	3	1

### G.5.2 Zon op land

De locaties voor de realisatie van zon op land worden tot 2030 in de Regionale Energie Strategieën (RES'en) vastgelegd. **Deze locaties zijn (al dan niet indicatief) opgenomen in de**

**RES' en 1.0. Deze locaties zijn het uitgangspunt voor de plaatsing van zon op land** voor 2030. De resterende opgave tot aan 2050 kan op verschillende manieren worden ingevuld.

**In alle drie de scenario's wordt voorzien in de realisatie van** extra zonneparken. Scenario 1 gaat uit van evenredige spreiding over de beschikbare ruimte. Scenario 2 en 3 gaan uit van clustering. In Scenario 2 worden alle zonneparken gerealiseerd in De Peel (zuidoosten van Brabant) en in Scenario 3 komen alle zonneparken in de directe omgeving van (rondom) Moerdijk.

Occupatie laag

### *Hinder voor de leefomgeving*

Kijkend naar de drie **scenario's is er een groot verschil zichtbaar tussen** Scenario 1 ten opzichte van **Scenario's 2 en 3**. In Scenario 1 liggen circa 90.000 woningen binnen 400 meter van een zonnepark. In Scenario 2 en 3 is dit beduidend lager. Scenario 2 telt circa 12.000 woningen en Scenario 3 circa 8.000. Een deel van het grote verschil is te verklaren door het aantal hectare aan zonneparken per scenario, maar relatief gezien heeft Scenario 1 nog steeds de grootste impact. Als we kijken naar de hinder per individuele woning is er kans dat Scenario 2 en 3 meer impact hebben. Door de clustering is er de mogelijkheid dat woningen binnen 400 meter van meerdere zonneparken komen te liggen. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 1 een grote kans op effect. De kans op effect ligt bij Scenario 2 en 3 in vergelijking tot **Scenario 1 lager, daarom voor deze scenario's een middelgrote** kans op effect.

### *Landbouw*

Scenario 1 voorziet in het grootste aantal hectaren aan zonneparken. Dit betreft 1% van de totale landbouwgrond in Nederland. Voor Scenario 2 geldt een percentage van 0,7% en Scenario 3 heeft een percentage van 0,2%. Op basis van overlap heeft Scenario 1 de grootste kans op effect. Alleen als we kijken naar de aard van de landbouwgrond in combinatie met het aantal hectaren aan zonneparken is voor Scenario 2 ook een grote kans op effect. Er is een grote impact op de grootschalige landbouwstructuur van De Peel. In Scenario 3 ligt het aantal hectaren aan zonneparken veel lager en is door de grotere spreiding van de zonneparken een minder grote impact te verwachten dan in Scenario 2.

### *Recreatie*

**Voor het deelaspect 'Recreatie' wordt gekeken naar de ligging van de zonneparken ten** opzichte van de vier in provincie Noord-Brabant aanwezige Nationale parken. In Scenario 1 ligt circa 50 ha aan zonneparken binnen 1 kilometer van een Nationaal park. In Scenario 2 betreft het circa 250 ha en in Scenario 3 gaat het om maar 20 ha. De minste kans op effect heeft Scenario 3. Daarbij de nuancering dat de impact voor één bepaald Nationaal park bij Scenario 2 groter kan zijn door de clustering in de buurt van alleen Nationaal park De Groote Peel. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 2 een grote kans op effect. Scenario 1 een middelgrote kans op effect en Scenario 3 een kleine kans op effect.

## Netwerk laag

### *Waterkeringen*

Het effect op de waterkeringen wordt niet beoordeeld. Een zonnepark veroorzaakt in principe geen risico.

### *Energie-infrastructuur*

Het effect op toekomstige energie-infrastructuur wordt niet beoordeeld. Het is in principe mogelijk om onder een zonnepark kabels en leidingen te leggen.

### *Ruimtebeslag*

Scenario 1 leidt tot het grootste ruimtebeslag. Het gaat hier om circa 3.000 ha aan zonneparken. Na Scenario 1 volgt Scenario 2 met circa 2.300 ha aan zonneparken. Het aantal hectare aan zonneparken in Scenario 3 ligt beduidend lager. Dit is circa 600 ha. Op basis van de aantallen heeft Scenario 1 de grootste kans op effect. Echter het verschil is niet dusdanig dat scenario een andere beoordeling krijgt. Ook Scenario 2 heeft een grote kans op effect. Scenario 3 heeft een middelgrote kans op effect.

### *Natuurnetwerk Nederland*

Uit de beoordeling komt naar voren dat het grootste aantal hectaren aan zonneparken binnen 500 meter van NNN geldt voor Scenario 1. Het gaat om circa 2.500 ha. Scenario 2 telt circa 1.900 ha en in Scenario 3 is het aantal hectaren beperkt tot circa 400. Scenario 3 heeft daarmee een kleine kans op effect. Voor Scenario 1 en 2 verwachten we een middelgrote kans op effect.

## Ondergrond laag

### *Bodem*

Het effect op bodem wordt niet beoordeeld, omdat het risico op zettingen door zonneparken in zettingsgevoelige gebieden laag is.

### *Grondwater*

Het effect op grondwater wordt niet beoordeeld, omdat er bij zonneparken geen diepe grondroering nodig is.

### *Natura 2000-gebieden*

Belangrijk aspect voor de Natura 2000-gebieden is de externe werking van een plan. De impact van een zonnepark is over het algemeen klein. Er is echter een kans dat er mogelijke effecten op Natura 2000-gebieden optreden. Bijvoorbeeld door stikstofuitstoot of aantasting van soorten. Vandaar dat is gekeken naar het aantal hectaren zonneparken binnen 500 meter. Hieruit is op te maken dat het grootste aantal hectaren is onder Scenario 2. Circa 460 ha ligt binnen 500 meter. Scenario 1 bedraagt het aantal hectare ongeveer de helft (circa 230). Het aantal hectare in Scenario 3 is vergelijkbaar met het deelaspect **'Natuurnetwerk Nederland' relatief beperkt. Het gaat om circa 40 ha.**

## Landschap

Alleen in Scenario 1 komen er zonneparken in Nationaal landschap Het Groene Woud. Dit scenario kent een grote mate van spreiding over de gehele provincie. Hierdoor wordt het landschap vaker bepaald door de aanwezigheid van een zonnepark. In Scenario 2 en 3 is sprake van enerzijds clustering in de Peel en anderzijds clustering rondom Moerdijk. Hierdoor blijft een groot deel van de provincie vrij van zonneparken. Landschappelijk gezien heeft Scenario 3 de laagste kans op effect rekening houdend met de situering van de zonneparken en het aantal hectaren. Scenario 2 beoordelen we als een middelgrote kans op effect. Dit komt vooral door het grote deel van Brabant dat wordt ontzien door de clustering van de zonneparken in de Peel. Scenario 1 heeft een grote kans op effect, omdat het algehele landschapsbeeld door de vele zonneparken kan gaan veranderen.

## Cultuurhistorie

Het aantal windturbines binnen 1 kilometer van een monument of Unesco werelderfgoed is beperkt. Scenario 1 telt circa 30 objecten en Scenario 2 telt circa 20 objecten. Gezien de clustering in Scenario 2, waardoor het effect beperkt blijkt tot een specifiek deel van Brabant en het lagere aantal objecten ten opzichte van Scenario 1, heeft Scenario 2 een lage kans op effect en Scenario 1 een middelgrote kans op effect.

## Archeologie

Op grond van de IKAW kunnen we stellen dat de kans op effect voor Scenario 3 het kleinst is. Het gebied rondom Moerdijk heeft over het algemeen een lage trefkans. De Peel kent ook voor een groot deel een lage trefkans, maar de westelijke helft van De Peel kent ook delen met een hoge trefkans. Met name rondom de daar aanwezige kernen (o.a. Deurne en Asten). In vergelijking tot Scenario 1 is de omvang nog beperkt. Scenario 1 heeft de meeste zonneparken binnen gebieden met een hoge trefkans. Scenario 1 heeft een grote kans op effect, Scenario 2 een middelgrote kans op effect en Scenario 3 een lage kans op effect.

## Conclusies

Op basis van de beoordeling zoals opgenomen in de voorgaande paragrafen blijkt dat **Scenario 3 voor de bouwsteen 'Zon op veld' de kleinste kans op effect heeft. De grootste kans op effect heeft Scenario 1.** Ook Scenario 2 heeft over het algemeen een grote kans op effect. Zie Tabel 42 voor de resultaten.

Tabel 42 - Beoordeling bouwsteen zon op land

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Occupatie</b>			
Hinder voor de leefomgeving	4	3	3
Landbouw	4	4	2
Recreatie	3	4	2
<b>Netwerk</b>			
Waterkeringen			
Energie-infrastructuur			
Ruimtebeslag	4	4	3
Natuurnetwerk Nederland	3	3	2
<b>Ondergrond</b>			
Bodem			
Grondwater			
Natura 2000	3	4	2

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Landschap	4	3	2
Cultuurhistorie	3	2	2
Archeologie	4	3	2

### G.5.3 Regelbare centrales

**In alle drie de scenario's wordt voorzien in de bouw van nieuwe of uitbreiding van** bestaande elektriciteitscentrales. In Scenario 1 wordt uitgegaan van omzetting van bestaande fossiele centrales naar hernieuwbare centrales en nieuwe elektriciteitscentrales bij hoog- en middenspanningsstations. Het omzetten van de bestaande fossiele centrales wordt in de onderhavige effectbeoordeling niet meegenomen. In Scenario 2 en 3 worden extra grootschalige elektriciteitscentrales geplaatst bij Moerdijk en Geertruidenberg.

#### Occupatie laag

##### *Hinder voor de leefomgeving*

Kijkend naar de drie **scenario's is de impact van Scenario 2 en 3 nagenoeg gelijk**, omdat bij beide **Scenario's 3 grote E-centrales** nodig zijn. Twee bij Geertruidenberg en één bij Moerdijk. De hinder voor de leefomgeving is bij deze scenario's alleen aan de orde voor de omgeving Moerdijk en Geertruidenberg. In Scenario 1 reikt deze hinder verder. Er is verspreid over heel Noord-Brabant een kans op hinder voor de omgeving. Hierdoor is het invloedsgebied groter en is de kans op effect in Scenario 1 het grootst. Voor de overige twee **scenario's is meer lokale hinder te verwachten en is het invloedsgebied beperkter**. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 1 een grote kans op effect en **Scenario's 2 en 3 een middelgrote kans op effect**.

##### *Landbouw*

Vergelijkbaar met het deelaspect hinder voor de leefomgeving. Is de kans op effect in Scenario 1 het grootst. In Scenario 1 is een grotere kans aanwezig dat meer landbouwgrond nodig is om de elektriciteitscentrales te kunnen realiseren. Gezien het bovenstaande heeft scenario 1 een middelgrote kans op effect en **Scenario's 2 en 3 een kleine kans op effect**.

##### *Recreatie*

**In alle drie de scenario's zijn geen elektriciteitscentrales voorzien in de directe nabijheid van een Nationaal park. Daarom geldt voor de drie scenario's een kleine kans op effect.**

#### Netwerk laag

##### *Waterkeringen*

Het effect op de waterkeringen wordt niet beoordeeld.

##### *Energie-infrastructuur*

Het effect op toekomstige energie-infrastructuur wordt niet beoordeeld. Het is in principe mogelijk om onder een zonnepark kabels en leidingen te leggen.

## *Ruimtebeslag*

In Scenario 1 wordt uitgegaan van de realisatie van nieuwe kleine centrales (max 100 MW) verspreid over de provincie op de locatie van bestaande fossiele centrales of bij MS/HS-stations. Voor een kleine centrale is 1 ha aan ruimte nodig. Door gebruik te maken van bestaande locaties is de kans op effect klein. Bij een nieuwe centrale bij een MS/HS-station is er een geringe kans op effect. Bij Scenario 2 en 3 wordt gebruik gemaakt van de bouw van grote centrales op de locatie van de bestaande fossiele centrales. Hierdoor is de kans op effect klein. Er is in principe alleen bij Scenario 1 kans op effect.

## *Natuurnetwerk Nederland*

**Scenario's 2 en 3 gaan uit van grootschalige elektriciteitscentrales waar mogelijk geen ruimte voor gaat zijn binnen de contouren van industriegebied Moerdijk en/of Geertruidenberg.** Hierdoor moet mogelijk gekeken worden naar locaties buiten de industriegebieden. Dit kan betekenen dat dit ten koste gaat van bestaande natuur opgenomen in het Natuurnetwerk. Bij de kleinere piekcentrales in Scenario 1 is er naar verwachting meer ruimte om bij de keuze van een locatie rekening te houden met de **bestaande natuur. Scenario's 2 en 3 hebben in dit geval een middelgrote kans op effect en Scenario 1 heeft een kleine kans op effect.**

## Ondergrond laag

### *Bodem*

De draagkracht van de bodem is in Brabant over het algemeen goed. Er is wel verschil zichtbaar tussen de rivierkleigebieden en de zandgebieden. De rivierkleigebieden zijn gevoeliger voor zetting. Dit maakt dat **Scenario's 2 en 3 een grotere kans op effect hebben**, dan Scenario 1. De kans op effect is bij Scenario 1 klein. Gezien het verschil hebben **Scenario's 2 en 3 een middelgrote kans op effect.**

### *Grondwater*

In de omgeving van Moerdijk en Geertruidenberg liggen geen grondwaterbeschermingsgebieden of boringsvrije zones. Hierdoor geldt voor **Scenario's 2 en 3 geen kans op effect.** In Scenario 1 zijn wel elektriciteitscentrales voorzien in de nabijheid van grondwaterbeschermingsgebieden en/of boringsvrije zones. De kans dat dit een knelpunt gaat vormen is niet groot (er zijn maatregelen mogelijk), daarom heeft Scenario 1 een kleine kans op effect.

### *Natura 2000-gebieden*

Moerdijk en Geertruidenberg liggen in directe nabijheid van een Natura 2000-gebied. Vanwege deze nabijheid en de relatief grote stikstofuitstoot in de bouwfase hebben **Scenario's 2 en 3 een grote kans op effect. Scenario 1 heeft een middelgrote kans op effect.** Dit komt enerzijds door de ligging ten opzichte van de Natura 2000-gebieden en anderzijds door de veel beperktere omvang van de centrales.

### *Landschap*

**In alle drie de scenario's zijn geen elektriciteitscentrales voorzien in de directe nabijheid van een Nationaal landschap.** Kijkend naar de landschappelijke structuur is de kans op effect bij Scenario 1 het grootste. In Scenario 1 zijn meer elektriciteitscentrales nodig



verspreid over heel de provincie. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 1 een middelgrote kans op effect en Scenario's 2 en 3 een kleine kans op effect.

### Cultuurhistorie

Bij Scenario's 2 en 3 zijn geen elektriciteitscentrales voorzien binnen of in directe nabijheid van een cultuurhistorisch waardevol complex of een cultuurhistorisch waardevol gebied. Hierdoor geldt voor Scenario's 2 en 3 een kleine kans op effect. In Scenario 1 zijn wel elektriciteitscentrales voorzien in of in de nabijheid van een cultuurhistorisch waardevol complex of een cultuurhistorisch waardevol gebied. Hierdoor heeft Scenario 1 een middelgrote kans op effect.

### Archeologie

Op grond van de IKAW kunnen we stellen dat de kans op effect voor de Scenario's 2 en 3 klein is. De gebieden rondom Moerdijk en Geertruidenberg hebben over het algemeen een lage trefkans. Scenario 1 heeft een grotere kans op effect, omdat er nieuwe elektriciteitscentrales zijn voorzien in gebieden met een hoge trefkans. Dit scenario wordt beoordeeld als een middelgrote kans op effect. Scenario 2 en 3 hebben een lage kans op effect.

### Conclusies

Op basis van de beoordeling zoals opgenomen in de voorgaande paragrafen blijkt dat Scenario 1 voor de bouwsteen 'regelbare centrales' de kleinste kans op effect heeft. Scenario 2 en 3 zijn vergelijkbaar en over het algemeen een grotere kans op effect dan Scenario 1.

Tabel 43 - Beoordeling bouwsteen regelbare centrales

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Occupatie</b>			
Hinder voor de leefomgeving	4	3	3
Landbouw	3	2	2
Recreatie	2	2	2
<b>Netwerk</b>			
Waterkeringen			
Energie-infrastructuur	2	4	4
Ruimtebeslag	3	2	2
Natuur netwerk Nederland	2	3	3
<b>Ondergrond</b>			
Bodem	2	3	3
Grondwater	3	2	2
Natura 2000	3	4	4
Landschap	3	2	2
Cultuurhistorie	3	2	2
Archeologie	3	2	2

## G.5.4 Elektrolyzers

In alle drie de scenario's wordt voorzien in de bouw van elektrolyzers. In Scenario 1 wordt uitgegaan van kleinschalige elektrolyzers bij hernieuwbare opwek op land en grootschalige

elektrolyzers bij de aanlandingspunten van wind op zee. In Scenario 2 worden extra grote elektrolyzers geplaatst bij Moerdijk en Geertruidenberg en in Scenario 3 is alleen voorzien in extra grote elektrolyser bij Moerdijk.

## Occupatie laag

### *Hinder voor de leefomgeving*

Kijkend naar de drie **scenario's is de impact van Scenario 2 en 3 nagenoeg gelijk, omdat bij beide scenario's wordt voorzien in de oprichting van twee grootschalige elektrolyzers. Een** bij Geertruidenberg en één bij Moerdijk. De hinder voor de leefomgeving is bij deze **scenario's alleen aan de orde voor de** omgeving Moerdijk en Geertruidenberg. In Scenario 1 reikt deze hinder verder. Er is verspreid over heel Noord-Brabant een kans op hinder voor de omgeving. Hierdoor is het invloedsgebied groter en is de kans op effect in Scenario 1 het grootst. Voor de overige twee **scenario's is meer lokale hinder te verwachten en is het** invloedsgebied beperkter. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 1 een grote kans op effect en **Scenario's 2 en 3 een middelgrote kans op effect.**

## Landbouw

Vergelijkbaar met het deelaspect hinder voor de leefomgeving. Is de kans op effect in Scenario 1 het grootst. In Scenario 1 is een grotere kans aanwezig dat meer landbouwgrond nodig is om de elektrolyzers te kunnen realiseren. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 1 een middelgrote kans op effect en **Scenario's 2 en 3 een kleine kans op effect.**

### *Recreatie*

**In alle drie de scenario's zijn geen elektrolyzers voorzien in de directe nabijheid van een Nationaal park. Daarom geldt voor de drie scenario's een kleine kans op effect.**

## Netwerk laag

### *Waterkeringen*

Het effect op de waterkeringen wordt niet beoordeeld.

### *Energie-infrastructuur*

Moerdijk en Geertruidenberg zijn de locaties waar zowel in Scenario 2 als in Scenario 3 meerdere ontwikkelingen samenkomen. Op deze locaties is de beschikbare ruimte nu al beperkt. Hierdoor bestaat een risico dat toekomstige kabels en leidingen in de toekomst niet meer aangelegd kunnen worden. In Scenario 1 is dit minder aan de orde, omdat het gaat om kleinere elektrolyzers op plekken waar in principe nu al meer ruimte is. In dit opzicht hebben **Scenario's 2 en 3 een grote kans op effect en** Scenario 1 een kleine kans op effect.

### *Ruimtebeslag*

In Scenario 1 wordt uitgegaan van de realisatie van nieuwe kleinschalige electrolyzers verspreid over de provincie bij de opweklocaties voor zon en wind. Door deze nieuwe locaties is er een kans op effect. Bij Scenario 2 en 3 wordt gebruik gemaakt van de bouw

van grootschalige elektrolyzers in het industriegebied van Moerdijk en/of Geertruidenberg. Hierdoor is de kans op effect klein. Er is in principe alleen bij Scenario 1 kans op effect.

### *Natuurnetwerk Nederland*

**Scenario's 2 en 3 gaan uit van grootschalige elektrolyzers** waar mogelijk geen ruimte voor gaat zijn binnen de contouren van industriegebied Moerdijk en/of Geertruidenberg. Hierdoor moet mogelijk gekeken worden naar locaties buiten de industriegebieden. Dit kan betekenen dat dit ten koste gaat van bestaande natuur opgenomen in het Natuurnetwerk. Bij de kleinere elektrolyzers in Scenario 1 is er naar verwachting meer ruimte om bij de **keuze van een locatie rekening te houden met de bestaande natuur. Scenario's 2 en 3** hebben in dit geval een middelgrote kans op effect en Scenario 1 heeft een kleine kans op effect.

### Ondergrond laag

#### *Bodem*

De draagkracht van de bodem is in Brabant over het algemeen goed. Er is wel verschil zichtbaar tussen de rivierkleigebieden en de zandgebieden. De rivierkleigebieden zijn gevoeliger voor zetting. Dit maakt dat **Scenario's 2 en 3 een grotere kans op effect hebben**, dan Scenario 1. De kans op effect is bij Scenario 1 klein. Gezien het verschil hebben **Scenario's 2 en 3 een middelgrote kans op effect**.

#### *Grondwater*

In de omgeving van Moerdijk en Geertruidenberg liggen geen grondwaterbeschermingsgebieden of boringsvrije zones. Hierdoor geldt voor **Scenario's 2 en 3 geen kans op effect**. In Scenario 1 zijn wel elektrolyzers voorzien in de nabijheid van grondwaterbeschermingsgebieden en/of boringsvrije zones. De kans dat dit een knelpunt gaat vormen is niet groot (er zijn maatregelen mogelijk), daarom heeft Scenario 1 een kleine kans op effect.

#### *Natura 2000-gebieden*

Moerdijk en Geertruidenberg liggen in directe nabijheid van een Natura 2000-gebied. Vanwege deze nabijheid en de relatief grote stikstofuitstoot in de bouwfase hebben **Scenario's 2 en 3 een grote kans op effect. Scenario 1 heeft een middelgrote kans op effect**. Dit komt enerzijds door de ligging ten opzichte van de Natura 2000-gebieden en anderzijds door de veel beperktere omvang van de elektrolyzers.

#### *Landschap*

**In alle drie de scenario's zijn geen elektrolyzers voorzien in de directe nabijheid van een Nationaal landschap.** Kijkend naar de landschappelijke structuur is de kans op effect bij Scenario 1 het grootste. In Scenario 1 zijn meer elektrolyzers nodig verspreid over heel de provincie. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 1 een middelgrote kans op effect en **Scenario's 2 en 3 een kleine kans op effect**.

#### *Cultuurhistorie*

Bij **Scenario's 2 en 3 zijn geen elektrolyzers voorzien binnen of in directe nabijheid van een cultuurhistorisch waardevol complex of een cultuurhistorisch waardevol gebied.** Hierdoor geldt voor **Scenario's 2 en 3 een kleine kans op effect**. In Scenario 1 zijn wel elektrolyzers voorzien in of in de nabijheid van cultuurhistorisch waardevol complex of een

cultuurhistorisch waardevol gebied. Hierdoor heeft Scenario 1 een middelgrote kans op effect.

## Archeologie

Op grond van de IKAW kunnen we stellen dat de kans op effect voor de **Scenario's 2 en 3** klein is. De gebieden rondom Moerdijk en Geertruidenberg hebben over het algemeen een lage trefkans. Scenario 1 heeft een grotere kans op effect, omdat er nieuwe elektrolyzers zijn voorzien in gebieden met een hoge trefkans. Dit scenario wordt beoordeeld als een middelgrote kans op effect. Scenario 2 en 3 hebben een lage kans op effect.

## Conclusies

Op basis van de beoordeling zoals opgenomen in de voorgaande paragrafen blijkt dat **Scenario 1 voor de bouwsteen 'Elektrolyzers' net iets beter wordt beoordeeld, dan Scenario's 2 en 3. Zie de onderstaande tabel voor de resultaten.**

Tabel 44 - Beoordeling bouwsteen elektrolyzers

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Occupatie</b>			
Hinder voor de leefomgeving	4	3	3
Landbouw	3	2	2
Recreatie	2	2	2
<b>Netwerk</b>			
Waterkeringen			
Energie-infrastructuur	2	4	4
Ruimtebeslag	3	2	2
Natuurnetwerk Nederland	2	3	3
<b>Ondergrond</b>			
Bodem	2	3	3
Grondwater	3	2	2
Natura 2000	3	4	4
Landschap	3	2	2
Cultuurhistorie	3	2	2
Archeologie	3	2	2

### G.5.5 Batterijen

**In alle drie de scenario's wordt voorzien in de bouw van nieuwe batterijen.** In Scenario 1 wordt uitgegaan van spreiding over Noord-Brabant bij de opweklocaties. In Scenario 2 wordt voorzien in plaatsing bij HS/MS-stations en rondom het cluster Moerdijk/Geertruidenberg. Scenario 3 gaat uit van centrale opslag bij Moerdijk.

#### Occupatie laag

##### *Hinder voor de leefomgeving*

Kijkend naar de drie **scenario's is de impact van** Scenario 2 het grootste, omdat zowel bij Moerdijk/Geertruidenberg als bij verschillende HS/MS-stations wordt voorzien in de

plaatsing van batterijen. In Scenario 3 wordt alleen voorzien in plaatsing bij industriegebied Moerdijk. Hierdoor is de impact beperkt en is er een kleine kans op effect. Bij Scenario 1 ligt de te verwachten impact tussen Scenario 2 en 3. Het aantal benodigde batterijen is beperkt. Dit scenario heeft een middelgrote kans op effect.

### *Landbouw*

Voor landbouw is het kans op effect bij Scenario 3 het kleinst. Er wordt voorzien in een centrale locatie voor opslag bij Moerdijk. Hierdoor is er uitgaande van plaatsing op het industrieterrein geen effect. Echter de kans is reëel dat binnen de grenzen van het industriegebied geen geschikte locatie aanwezig is. Consequentie is dan dat alsnog een deel van de omliggende landbouwgrond aangewend moet worden. De grootse kans op effect is aanwezig bij Scenario 2. Hier wordt voorzien in relatief veel locaties. In Scenario 1 is het aantal locaties in vergelijking tot Scenario 2 lager. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 2 een middelgrote kans op effect en **Scenario's 1 en 3 een kleine kans op effect.**

### *Recreatie*

**In alle drie de scenario's zijn geen batterijen voorzien in de directe nabijheid van een Nationaal park. Daarom geldt voor de drie scenario's een kleine kans op effect.**

### *Netwerk laag*

### *Waterkeringen*

Het effect op de waterkeringen wordt niet beoordeeld.

### *Energie-infrastructuur*

Moerdijk en Geertruidenberg zijn de locaties waar zowel in Scenario 2 als in Scenario 3 meerdere ontwikkelingen samenkomen. Op deze locaties is de beschikbare ruimte nu al beperkt. Hierdoor bestaat een risico dat toekomstige kabels en leidingen in de toekomst niet meer aangelegd kunnen worden. In Scenario 1 is dit minder aan de orde, omdat het gaat om kleinere batterijen op plekken waar in principe nu al meer ruimte is. In dit opzicht hebben **Scenario's 2 en 3 een grote kans op effect** en Scenario 1 een kleine kans op effect.

### *Ruimtebeslag*

In Scenario 1 wordt uitgegaan van de realisatie van nieuwe batterijen verspreid over de provincie bij de opweklocaties voor zon en wind. Door deze nieuwe locaties is er een kans op effect. Bij Scenario 2 wordt voorzien in batterijen bij de MS/HS-stations verspreid over de provincie en bij Moerdijk/Geertruidenberg. Het ruimtebeslag is minder groot dan bij Scenario 1, maar groter dan bij Scenario 3. Scenario 3 gaat uit van plaatsing van batterijen alleen bij Moerdijk. De fysieke ruimtebeslag is bij Scenario 3 het kleinst.

### *Natuurnetwerk Nederland*

**Scenario's 2 en 3 gaan uit van grootschalige batterijen waar mogelijk geen ruimte voor gaat zijn binnen de contouren van industriegebied Moerdijk en/of Geertruidenberg.** Hierdoor moet mogelijk gekeken worden naar locaties buiten de industriegebieden. Dit kan betekenen dat dit ten koste gaat van bestaande natuur opgenomen in het Natuurnetwerk. Bij de kleinere batterijen in Scenario 1 is er naar verwachting meer ruimte om bij de keuze van een locatie rekening te houden met de bestaande natuur. Scenario 2 heeft een grote

kans op effect. Scenario 3 heeft een middelgrote kans op effect en Scenario 1 heeft een kleine kans op effect.

## Ondergrond laag

### *Bodem*

De draagkracht van de bodem is in Brabant over het algemeen goed. Er is wel verschil zichtbaar tussen de rivierkleigebieden en de zandgebieden. De rivierkleigebieden zijn gevoeliger voor zetting. Dit maakt dat **Scenario's 2 en 3 een grotere kans op effect hebben**, dan Scenario 1. De kans op effect is bij Scenario 1 klein. Gezien het verschil hebben **Scenario's 2 en 3 een middelgrote kans op effect**.

### *Grondwater*

In de omgeving van Moerdijk en Geertruidenberg liggen geen grondwaterbeschermingsgebieden of boringsvrije zones. Hierdoor geldt voor Scenario 3 een kleine kans op effect. In Scenario 1 en 2 zijn wel batterijen voorzien in de nabijheid van grondwaterbeschermingsgebieden en/of boringsvrije zones. De kans dat dit een knelpunt gaat vormen is niet groot (er zijn maatregelen mogelijk), daarom hebben **Scenario's 1 en 2 een kleine kans op effect**.

### *Natura 2000-gebieden*

Moerdijk en Geertruidenberg liggen in directe nabijheid van een Natura 2000-gebied. Vanwege deze nabijheid en de relatief grote stikstofuitstoot in de bouwfase hebben **Scenario's 2 en 3 een grote kans op effect. Scenario 1 heeft een middelgrote kans op effect**. Dit komt enerzijds door de ligging ten opzichte van de Natura 2000-gebieden en anderzijds door de veel beperktere omvang van de batterijen.

### *Landschap*

**In alle drie de scenario's zijn geen batterijen voorzien in de directe nabijheid van een Nationaal landschap.** Kijkend naar de landschappelijke structuur is de kans op effect bij **Scenario's 1 en 2 het grootst. In beide scenario's zijn batterijen nodig verspreid over heel de provincie.** In Scenario 3 is er mogelijk alleen een lokaal effect als de batterijen niet binnen het bestaande industriegebied kunnen worden gerealiseerd. Gezien het bovenstaande heeft Scenario 3 een kleine kans op effect en **Scenario's 1 en 2 een middelgrote kans op effect**.

### *Cultuurhistorie*

Bij Scenario 3 zijn geen batterijen voorzien binnen of in directe nabijheid van een cultuurhistorisch waardevol complex of een cultuurhistorisch waardevol gebied. Hierdoor geldt voor Scenario 3 een kleine kans op effect. In **Scenario's 1 en 2 zijn wel batterijen voorzien in of in de nabijheid van cultuurhistorisch waardevol complex of een cultuurhistorisch waardevol gebied. Hierdoor hebben beide scenario's een middelgrote kans op effect**.

### *Archeologie*

Op grond van de IKAW kunnen we stellen dat de kans op effect voor Scenario 3 klein is. Het **gebied rondom Moerdijk heeft over het algemeen een lage trefkans. Scenario's 2 en 3 hebben een middelgrote kans op effect. In beide scenario's zijn batterijen voorzien in gebieden met een hoge trefkans.**



## Conclusies

Op basis van de beoordeling zoals opgenomen in de voorgaande paragrafen blijkt dat **Scenario 2 voor de bouwsteen 'Batterijen' de grootste kans heeft op effect. Scenario 1 is het effect het kleinste en Scenario 3 zit tussen 1 en 2.**

Tabel 45 - Beoordeling bouwsteen batterijen

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Occupatie</b>			
Hinder voor de leefomgeving	3	4	2
Landbouw	2	3	2
Recreatie	2	2	2
<b>Netwerk</b>			
Waterkeringen			
Energie-infrastructuur	2	4	4
Ruimtebeslag	3	3	2
Natuurnetwerk Nederland	3	4	2
<b>Ondergrond</b>			
Bodem	2	3	3
Grondwater	3	2	2
Natura 2000	3	4	4
Landschap	3	3	2
Cultuurhistorie	3	3	2
Archeologie	3	3	2

## G.6 Vergelijking scenario's

In het voorgaande hoofdstuk zijn de verschillende bouwstenen per scenario beoordeeld. **In dit hoofdstuk worden de scenario's op grond van deze effectbeoordeling met elkaar vergeleken.**

### G.6.1 Conclusies per scenario

Hieronder worden per scenario de belangrijkste conclusies beschreven. Dit overzicht is bedoeld om inzicht te geven in de meest relevante en onderscheidende aspecten. Voor de volledige effectbeoordeling wordt verwezen naar Tabel 46 op de volgende pagina.

#### Scenario *Lokale Kracht* (S1)

Dit scenario gaat uit van de spreiding van windturbines, zonneparken en (kleinere) elektriciteitscentrales en de aansluiting van elektrolyzers nabij de opweklocaties voor zon en wind en vraag vanuit de industrie. Batterijen worden voorzien nabij hernieuwbare opwek. De beoordeling van dit scenario leidt tot de volgende conclusies:

- de hinder voor de leefomgeving en het ruimtebeslag is in dit scenario (naar verwachting) het grootst;
- ook voor de deelaspecten 'Landbouw', 'Natuurnetwerk Nederland', 'Landschap' en 'Archeologie' is de kans op effect groot;
- een kleine kans op effect geldt voor de deelaspecten 'Recreatie', 'Waterkeringen', 'Energie-infrastructuur' en 'Bodem'.

### Scenario *De grote opgaven gebundeld* (S2)

Dit scenario gaat uit van clustering van windturbines, zonneparken, elektriciteitscentrales en aansluiting van elektrolyzers en grote batterijen nabij aanlandingspunten van wind op zee. De beoordeling van dit scenario leidt tot de volgende conclusies:

- Een groot risico is de kans op effect op omliggende Natura 2000-gebieden, het Natuurnetwerk Nederland en de toekomstige energie-infrastructuur.
- **Ook voor de deelaspecten ‘Hinder voor de leefomgeving’, ‘Landbouw’, ‘Ruimtebeslag’ en ‘Landschap’ is de kans op effect groot.**
- Een kleine kans op effect geldt voor de deelaspecten ‘Grondwater’ en ‘Cultuurhistorie’.

### Scenario *Op grote schaal denken* (S3)

Dit scenario gaat ervan uit dat er geen nieuwe windturbines worden gerealiseerd in Noord-Brabant. Wel worden nieuwe zonneparken geclusterd in de omgeving van Moerdijk voorzien. Voor elektriciteitscentrales en grote batterijen wordt uitgegaan van clustering nabij Moerdijk en Geertruidenberg. Aansluiting van elektrolyzers is enkel voorzien nabij Moerdijk. De beoordeling van dit scenario leidt tot de volgende conclusies:

- een groot risico is de kans op effect op omliggende Natura 2000-gebieden en de toekomstige energie-infrastructuur;
- De meeste deelaspecten hebben een middelgrote of kleine kans op effect.

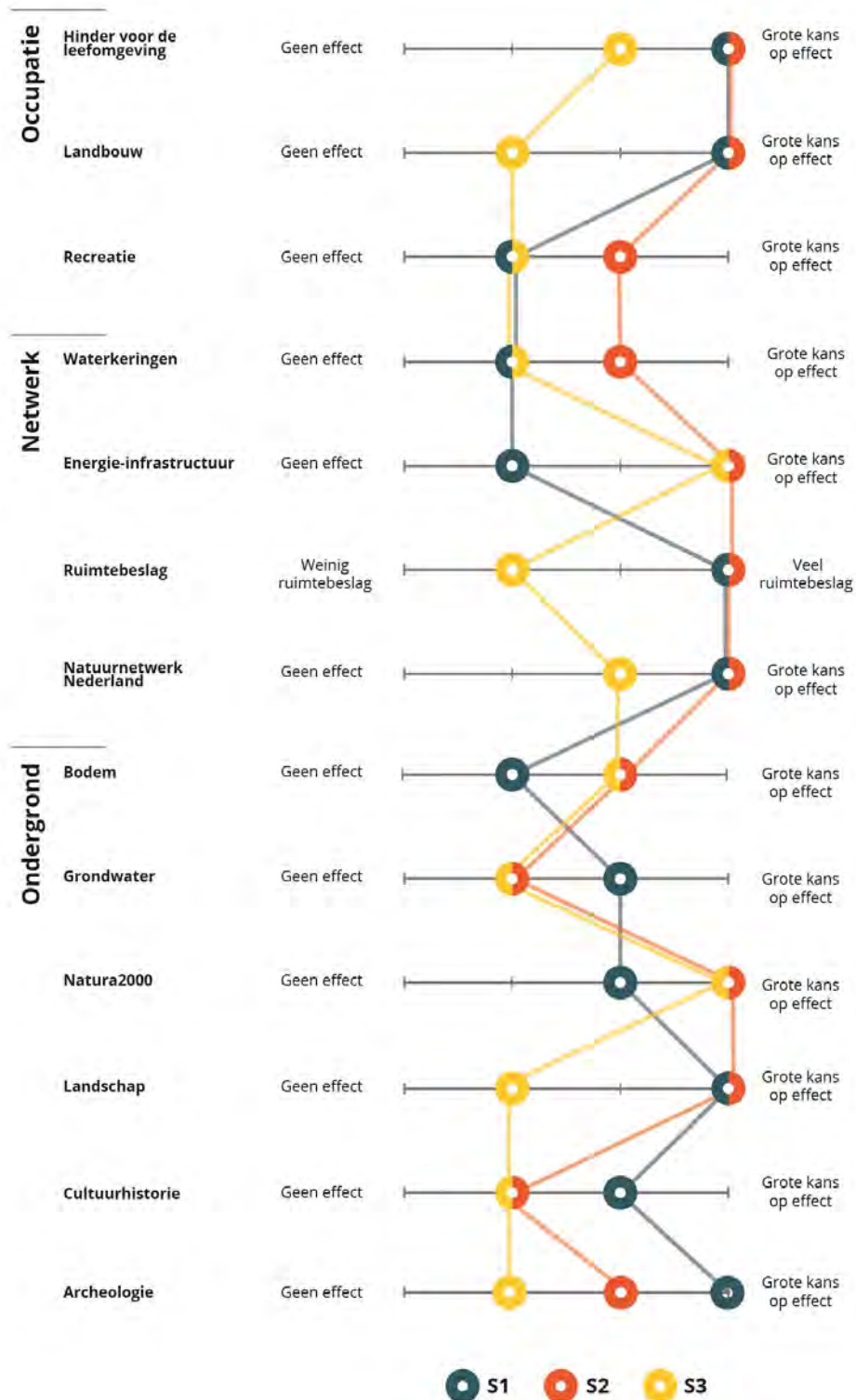
## G.6.2 **Vergelijking scenario's en aanbevelingen**

**Kijkend naar de drie scenario's** is de kans op milieu- en/of ruimtelijke effecten bij Scenario 3 het kleinst. Dit komt overwegend door de keuze om gebruik te maken van opwek van elektriciteit op zee en import van duurzame energie. Hierdoor zijn er geen windturbines nodig en is de omvang van het aantal hectaren zonneparken beperkt. Aandachtspunt bij Scenario 3 is de beschikbare ruimte om alle geïmporteerde duurzame energie en aanlanding van elektriciteit te kunnen verwerken in en rondom Moerdijk, maar ook de effecten die kunnen optreden door de vele import (schepen) die gaat plaatsvinden. Het is belangrijk dat bij Scenario 3 het totaalpakket goed in beeld is, zodat er in een later stadium niet ergens knelpunten gaan ontstaan. Dit geldt ook voor Scenario 2. Ook in dit scenario zijn grootschalige voorzieningen nodig in en rondom Moerdijk, maar ook bij Geertruidenberg.

Scenario 1 en 2 hebben de grootste kans op milieu- en/of ruimtelijke effecten. Verschil tussen 1 en 2 is ingegeven door het gehanteerde principe spreiding versus clustering. Door spreiding kunnen er door de gehele provincie effecten optreden. Bij clustering zijn de effecten geconcentreerd, maar daardoor ook veel ingrijpender. Bij Scenario 2 bestaat de kans dat de kenmerkende uitstraling van het Rivierengebied door de komst van de windparken en de kenmerkende uitstraling van De Peel in het zuidoosten van Brabant door de komst van de zonneparken wezenlijk gaan veranderen. Daarnaast zullen bewoners van deze gebieden geconfronteerd worden met meerdere wind- en zonneparken. Met een grotere impact tot gevolg, dan wanneer het gaat om slechts 1 wind- of zonnepark.

Bij Scenario 1 bestaat door het principe van spreiding het risico dat het gehele landschap van de provincie in de toekomst wordt gedomineerd door opwek middels zon en wind. Hierdoor is er de kans dat wind- en zonneparken overal in de provincie onderdeel gaan worden van het landschapsbeeld en een verrommeld beeld gaat ontstaan. Om dit te voorkomen zijn duidelijke randvoorwaarden nodig voor de situering en inpassing van deze zonne- en windparken. Daarbij moet ook gekeken worden naar de draagkracht van de provincie.

Figuur 68 - Inzicht in de effecten. Dit is een visuele verwerking van Tabel 46



Tabel 46 - Vergelijking scenario's

	Scenario 1						Scenario 2						Scenario 3					
	Wind	Zon	E-centrales	Elektrolyser	Batterijen	Totaal	Wind	Zon	E-centrales	Elektrolyser	Batterijen	Totaal	Wind	Zon	E-centrales	Elektrolyser	Batterijen	Totaal
<b>Occupatie</b>																		
Hinder voor de leef-omgeving	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4	4	1	3	3	3	2	3
Landbouw	2	4	3	3	2	4	2	4	2	2	3	4	1	3	2	2	2	2
Recreatie	2	3	2	2	2	2	3	4	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2
<b>Netwerk</b>																		
Waterkeringen	2					2	3					3	1					2
Energie-infrastructuur	3		2	2	2	2	2		4	4	4	4	1		4	4	4	4
Ruimtebeslag	4	4	3	3	3	4	4	4	2	2	3	4	1	3	2	2	2	2
Natuurnetwerk Nederland	4	3	2	2	3	4	4	3	3	3	4	4	1	2	3	3	2	3
<b>Ondergrond</b>																		
Bodem	2		2	2	2	2	3		3	3	3	3	1		3	3	3	3
Grondwater	2		3	3	3	3	2		2	2	2	2	1		2	2	2	2
Natura 2000	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	1	2	4	4	4	4
Landschap	3	4	3	3	3	4	4	3	2	2	3	4	1	2	2	2	2	2
Cultuurhistorie	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2
Archeologie	3	4	3	3	3	4	3	3	2	2	3	3	1	2	2	2	2	2