

De energietransitie in de stad

Ruimtelijk implicaties van de energietransitie in de stad programma Mooi Nederland

8 Mei 2023

0 Over dit rapport

1 De basis van het energiesysteem en de opgaven van de energietransitie

2 Technische maatregelen, conflicten & kansen

3 Inrichtingsprincipes

4 Aanleidingen

5 Conclusies en aanbevelingen

6 Bijlagen

Colofon

Inhoudsopgave

0 Over dit rapport

Aanleiding

Context

De energietransitie is naast een technische en maatschappelijke opgave ook een ruimtelijke opgave. De energietransitie speelt op alle ruimtelijke schaalniveaus: van internationaal tot op straatniveau. Dit rapport focust op de ruimtelijke kant van de energietransitie in de stad, waarbij we in het achterhoofd houden dat de keuzes die op andere schaalniveaus worden gemaakt invloed hebben op de energietransitie in de stad.

De 'energietransitie' is een korte transitie; ze is eindig. Met de gestelde doelen voor 2030 en 2050 is immers een zekere deadline gegeven. Het is belangrijk te realiseren dat

de energietransitie feitelijk een reeks aan kleine transitie's is: losse transitie's die soms niets met elkaar te maken hebben of geen invloed op elkaar hebben, maar die op andere momenten juist wel een samenhang kennen.

Op korte termijn worden in de verschillende beleidsprogramma's grote stappen gezet. Er is echter nog steeds sprake van een kennis- en beleidslacune in de energietransitie. Dit zorgt ervoor dat het moeilijk is nu keuzes te maken, en om de gevolgen van deze keuzes te overzien. Voor het maken van deze keuzes helpt het om de ruimtelijke impact van de keuzes in beeld te brengen. Dit geldt voor

de energietransitie, maar zeker ook voor keuzes in interactie met de andere grote (transitie-)opgaven in Nederland, zoals de mobiliteitstransitie en waterbeschikbaarheid en -veiligheid. Het maken van fouten of nemen van 'regret maatregelen' is door de kennis- en beleidslacune mogelijk onvermijdelijk, en ook dat zullen we moeten accepteren. We bouwen nu energienetwerken die tenminste 50 jaar gebruikt moeten kunnen worden, en de (toekomstige) impact van klimaatverandering moet hierin worden meegenomen.

Mooi NL

In het programma 'Mooi Nederland' werkt het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties aan perspectieven voor een aantrekkelijk, duurzaam en toekomstbestendig Nederland. Dat doet het programma door zowel aan aantrekkelijke toekomstperspectieven te werken als aan zo concreet mogelijke handelingsperspectieven. Binnen het programma wordt gekeken naar Nederland vanuit drie invalshoeken: de landbouw & natuur, de ordenende netwerken voor energie & economie en als derde de invalshoek van leefbare steden & regio's.

Voor de laatste invalshoek van het programma, de leefbare steden en regio's, wordt nader ingezoomd op de opgaven die er zijn op drie (ruimtelijke) thema's: groen

en gezond leven in de stad, de transitie van de naoorlogse wijken en de verdichting van (hoog)stedelijke knooppunten. Bij alle drie de thema's spelen er overkoepelende transitie's die bepalend zijn voor de letterlijke en figuurlijke speelruimte die er is, zoals de mobiliteitstransitie, het leidend maken van bodem en water en de energietransitie. Voor deze drie transitie's wordt daarom gezocht naar randvoorwaarden, huidige werkwijzen en vervolgvragen voor nadere uitwerking binnen ruimtelijk ontwerponderzoek naar leefbare steden en regio's.

Dit onderzoek is een verkenning vanuit het perspectief 'leefbare steden en regio's' naar de opgaven, werkwijzen en kansen & conflicten die voortvloeien uit de

energietransitie. Daarbij is er nadrukkelijk oog voor vragen en opgaven rondom de ruimtelijke kwaliteit en leefkwaliteit. Deze studie is bedoeld als een verkenning naar de technische maatregelen, kansen, conflicten en inrichtingsprincipes voor de energietransitie in de stad. De studie zal als basis dienen voor vervolgstudie(s) naar ruimtelijke bouwstenen en principes voor de drie ruimtelijke thema's (hoogstedelijke knooppunten, naoorlogse woonwijken en groen en gezond leven in de stad). De in dit rapport beschreven maatregelen en inrichtingsprincipes worden binnen de verschillende thema's van 'leefbare steden en regio's' doorontwikkeld en nader uitgewerkt.

Leeswijzer

Doel

Dit rapport bekijkt de ontwikkelingen in de stad vanuit de energietransitie. Daarnaast wordt de relatie tot andere opgaven beschreven. Dit rapport kan beleidsmakers en ontwerpers helpen inzicht te krijgen in de verschillende aspecten van de energietransitie in de stad en in welke kansen en uitdagingen er liggen. Het rapport biedt een overzicht van de betekenis van de

energietransitie in de stad. Er worden geen ontwerpvoorstellen gegeven voor specifieke locaties. De technische maatregelen en inrichtingsprincipes kunnen niet rechtstreeks worden overgenomen, aangezien deze afhankelijk zijn van de context. Daarnaast is kennis van het lokale energiesysteem en van systeemkeuzes op hogere schaalniveaus essentieel. Wel biedt dit rapport

aanknopingspunten om het gesprek te voeren met netbeheerders en gemeentelijke beleidsmedewerkers van het domein energie en ruimte over de opgaven die spelen op een specifieke locatie. Het rapport geeft inzicht in de keuzes die gemaakt moeten en kunnen worden.

Indeling

In **hoofdstuk 1** volgt een korte introductie over het energiesysteem, waarna gefocust wordt op de schaalniveaus van de stad, buurt en straat. In dit hoofdstuk staan ook de naar onze mening belangrijkste opgaven voor de energietransitie in de stad beschreven.

In **hoofdstuk 2** worden technische maatregelen, conflicten en kansen beschreven. De technische maatregelen bieden een selectie van technische maatregelen voor de opgaven van de energietransitie. Deze lijst is niet compleet, maar geeft een beeld van de verschillende maatregelen voor duurzame mobiliteit, hernieuwbare warmte en elektriciteit voor de stad.

In **hoofdstuk 3** wordt een selectie van inrichtingsprincipes beschreven, waarbij energie wordt gezien als een integraal onderdeel van stedelijke ontwikkeling. Energie wordt zichtbaarder in onze steden. Tegelijkertijd biedt het ook kansen om de stad leefbaarder en duurzamer te maken.

In **hoofdstuk 4** worden aanleidingen beschreven voor ingrepen in de stad. De energietransitie kan een aanleiding zijn voor ruimtelijke ingrepen, zoals het aardgasvrij maken van woonwijken. Daarnaast kan de energietransitie een koppelkans zijn om mee te nemen bij andere opgaven, zoals bij het herinrichten van straten voor klimaatadaptatie.

In **hoofdstuk 5** worden de conclusies en aanbevelingen beschreven.

Bijlagen: Steden zetten ontwerpend onderzoek in om meer grip te krijgen op de energietransitie. De bijlage bevat enkele voorbeelden over hoe steden ontwerpend onderzoek inzetten. Deze voorbeelden kunnen worden gebruikt ter inspiratie en om lessen uit te leren.

Afkortingen

In dit rapport wordt gebruikt gemaakt van een aantal afkortingen. In onderstaand overzicht staat de betekenis van deze afkortingen.

Elektriciteit

| | |
|-------------|---------------------------------------|
| HS | Hoogspanning (110-380 kV) |
| (TS) | (Tussenspanning (60-110 kV)) |
| MS | Middenspanning (10-110 kV) |
| LS | Laagspanning (230-400 Volt) |
| MSR | Middenspanningsruimte (MS-LS station) |
| OS | Onderstation (HS-MS) |

Het elektriciteitsnet bestaat uit leidingen (bovengronds) en kabels (ondergronds) op verschillende spanningsniveaus. De spanning wordt in zogenaamde onderstations omgezet naar een lager spanningsniveau. Zo wordt 380 kV afkomstig van het hoogspanningsnetwerk in een onderstation omgezet naar 150 kV. Deze onderstations staan vaak aan de rand van de stad. Hoogspanning wordt omgezet naar middenspanning. Dit middenspanningsnetwerk komt aan in de wijk. In de wijk wordt de middenspanning omgezet naar laagspanning in een Middenspanningsruimte (MSR).

Warmte

| | |
|------------|---|
| HT | Hoge temperatuur (70-100 °C) |
| MT | Midden temperatuur (50-70 °C) |
| LT | Lage temperatuur (30-50 °C) |
| ZLT | Zeer-lage temperatuur (12-30 °C) |
| WOS | Warmte Overdracht Station |
| WKO | Warmte Koude Opslag |
| TEO | Thermische energie uit oppervlaktewater |
| TEA | Thermische energie uit afvalwater |
| TED | Thermische energie uit drinkwater <i>TEO, TEA en TED zijn alle drie vormen van aquathermie</i> |

De eerste warmtenetten die zijn aangelegd werken op een hoog temperatuurniveau (HT). Een warmtenet bestaat uit transport en distributieleidingen. De warmte van de transportleiding wordt via een WarmteOverdrachtStation (WOS) overgedragen naar distributieleidingen die de huizen verwarmen. Voor HT warmtenetten zijn de bronnen vaak afvalverbrandingsinstallaties of op gas gestookte ketels in warmtecentrales. De verduurzaming van de hogetemperatuur warmtenetten vraagt om het vinden van duurzame bronnen voor de warmte, zoals geothermie. Bij geothermie wordt gebruik gemaakt van warmte uit diepere aardlagen. Beter geïsoleerde woningen kunnen worden aangesloten op middentemperatuur (MT) warmtenetten. Geothermie kan hier ook een bron voor zijn. Bij lage temperatuur (LT) warmtenetten moeten huizen voldoende geïsoleerd zijn. Daarnaast is voor warm tapwater (kraanwater) een elektrische booster pomp nodig. Dit om het water op temperatuur te brengen om te kunnen douchen en om het drinkwater veilig te houden. Naast LT is er ook nog ZLT (zeer lage warmtetemperatuur), zoals aquathermie. Daarbij is een warmtepomp nodig voor de ruimteverwarming en de verwarming van het tapwater.

1 De basis van het energiesysteem en de opgaven van de energietransitie

Introductie

Het is zeker dat de inrichting van Nederland zal veranderen als we van fossiele energievoorziening overstappen naar duurzame energievoorziening voor bijvoorbeeld onze huizen, kantoren, scholen en auto's. Als we overstappen op hernieuwbare energie hebben we ruimte nodig voor zonneparken, windturbines, waterstoffabrieken en andere infrastructuur. Niet alleen boven de grond, maar ook ondergronds.

Zoals altijd beïnvloeden keuzes die op het ene vlak worden gemaakt de speelruimte en de opties die op andere vlakken overblijven. Om de energietransitie te kunnen realiseren, betekent dit dat op vele schaalniveaus en met tal van betrokkenen moet worden samengewerkt bij het maken van verschillende keuzes. Sommige van die keuzes zijn strategische van aard, andere uitvoerend.

Om uiteindelijk tot dergelijke keuzes te komen, is het van belang inzicht te hebben in de samenhang en de implicaties van de vele veranderingen die op stapel staan. Dat vereist verder te kijken dan alleen de directe (ruimtelijke) gevolgen: er moet ook worden gekeken naar de indirecte gevolgen van keuzes en naar de mogelijkheden om veranderingen slim met elkaar te combineren. De inzichten die op deze manier worden verkregen, maken het mogelijk een genuanceerd en geïnformeerd gesprek met elkaar te voeren over keuzes en consequenties. Dit hoofdstuk geeft een korte introductie over het energiesysteem en het benodigde ruimtebeslag ervan. Daarna worden de opgaven op de verschillende schaalniveaus, van internationaal tot en met het huis, kort benoemd, om context te geven aan de opgaven in de stad.

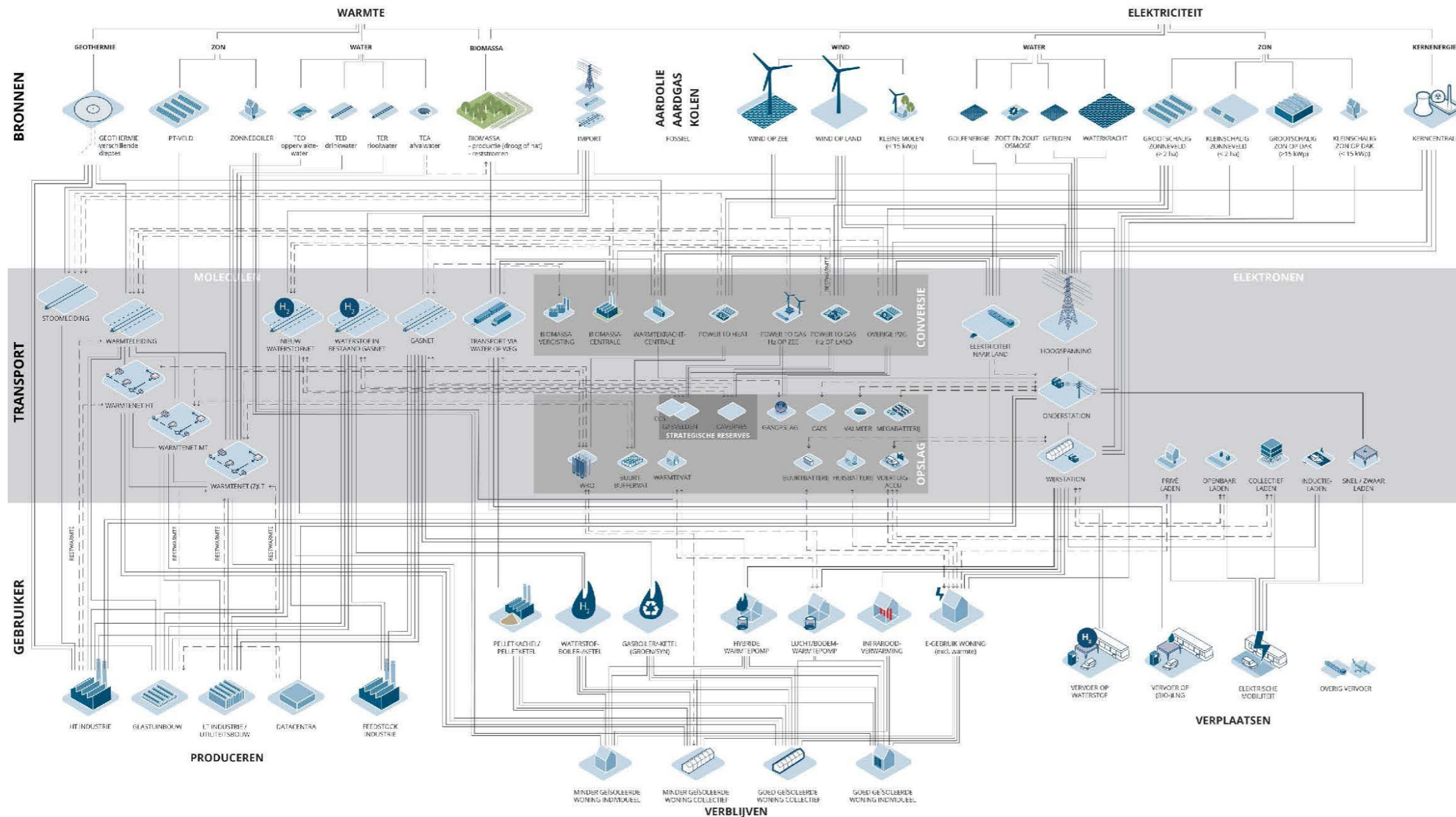
Het energiesysteem:

Het energiesysteem heeft een aanbod- en vraagkant. Via de aanbodkant (bronnen) komt energie beschikbaar in de vorm van warmte en/of elektriciteit, of beide. De vraagkant van het energiesysteem bestaat uit de gebruikers die behoefte hebben aan warmte en/of elektriciteit. Deze energie wordt gebruikt voor productie in bedrijven, verblijf en comfort binnen bebouwing of mobiliteit.

De vraag en het aanbod worden verbonden via energie-infrastructuren. Elektronen via hoogspanningsleidingen en moleculen door gasleidingen en/of warmtenetten. Wanneer er (tijdelijk) geen vraag is naar energie, kan energie worden opgeslagen in verschillende vormen die afhankelijk zijn van schaal en tijdsspanne, zoals WKO, waterstof en batterijen.

Conversie van energie – bijvoorbeeld van elektriciteit naar waterstof – geeft flexibiliteit aan het energiesysteem. Waterstof, maar ook restwarmte, zorgen voor een uitwisseling van elektronen en moleculen.

Niet elke bron is met elke gebruiker te verbinden. Ook omgekeerd past niet elke vraag bij elk aanbod. Sommige energiebehoeftes zijn alleen via specifieke bronnen te voorzien, en zo zijn sommige bronnen alleen geschikt voor bepaalde gebruikers. Hierdoor ontstaan binnen het energiesysteem netwerken van onderlinge afhankelijkheden.

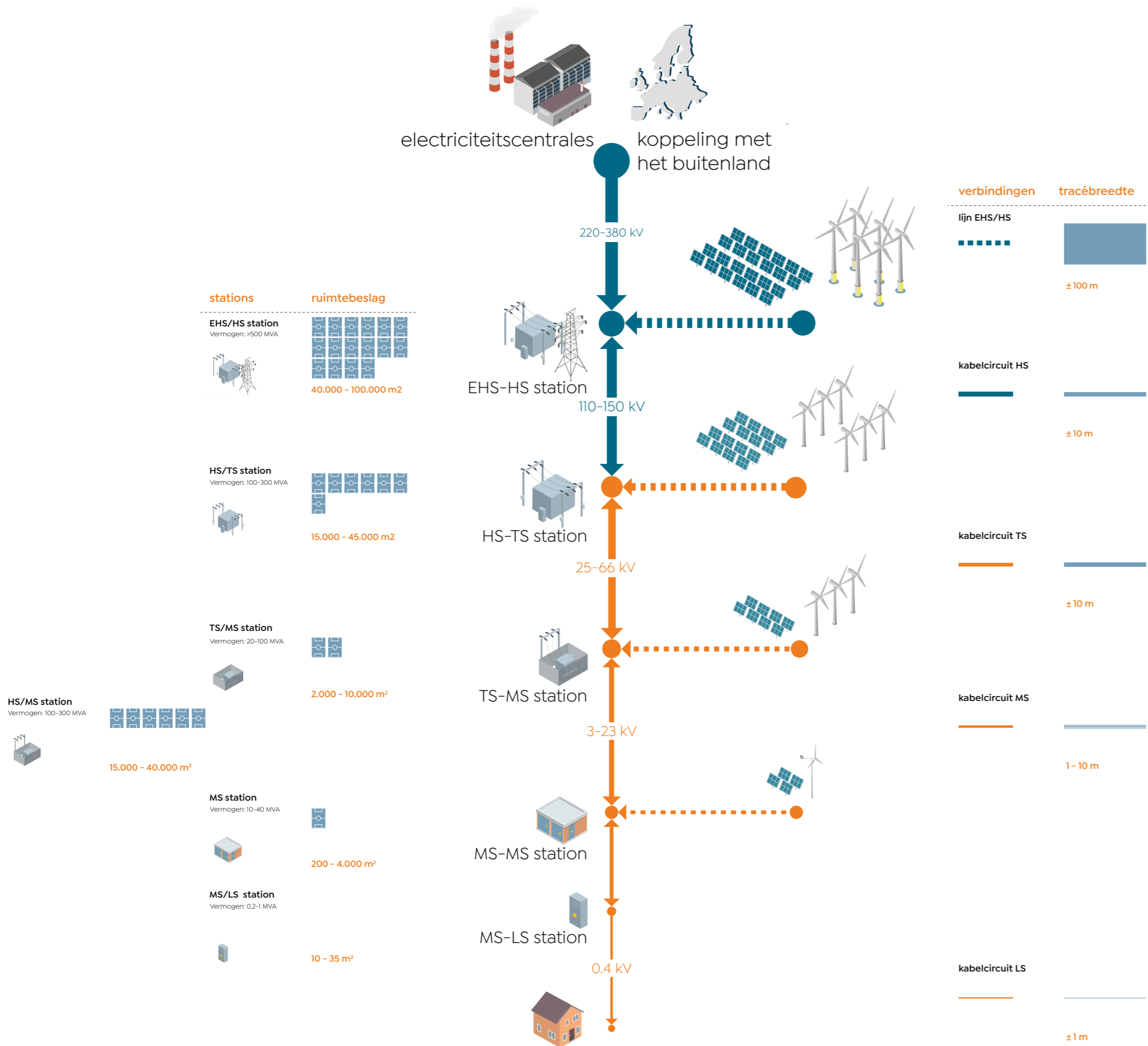


Het elektriciteits-systeem

Opgewekte elektriciteit wordt via bovengrondse lijnen en ondergrondse kabels naar energie-afnemers getransporteerd. In de energietransitie worden de elektriciteitscentrales die draaien op fossiele brandstoffen vervangen door windparken, zonnevelden en (piek)centrales op groene brandstoffen.

In het elektriciteitsnetwerk wordt op verschillende plekken het spanningsniveau omgezet naar lagere spanningsniveaus. Dat gebeurt in zogenaamde onderstations. Op al deze stations kan duurzame elektriciteit worden aangesloten die wordt opgewekt door zonnepanelen of windenergie.

Door de toename in elektriciteitsvraag en hernieuwbare elektriciteitsproductie moet het elektriciteitsnetwerk worden uitgebreid. Zo zijn in de gemeente Amsterdam 29 nieuwe HS/MS stations nodig op 23 locaties t/m 2035. Daarnaast worden 12 bestaande onderstations ingrijpend verzwaid. De gemeente Amsterdam beschrijft in het 'Ontwikkelingskader Elektriciteitsvoorziening Amsterdam 2035' hoe, waar en wanneer de aanpassingen kunnen plaatsvinden. Deze HS/MS stations hebben een groot oppervlak nodig. Ook op lagere schaalniveaus worden ingrijpende veranderingen verwacht. Zo neemt het aantal LS-MS stations in de straat naar verwachting met 25-100% toe, afhankelijk van het aandeel zonnepanelen, elektrisch koken en opladen, en de warmtevoorziening.



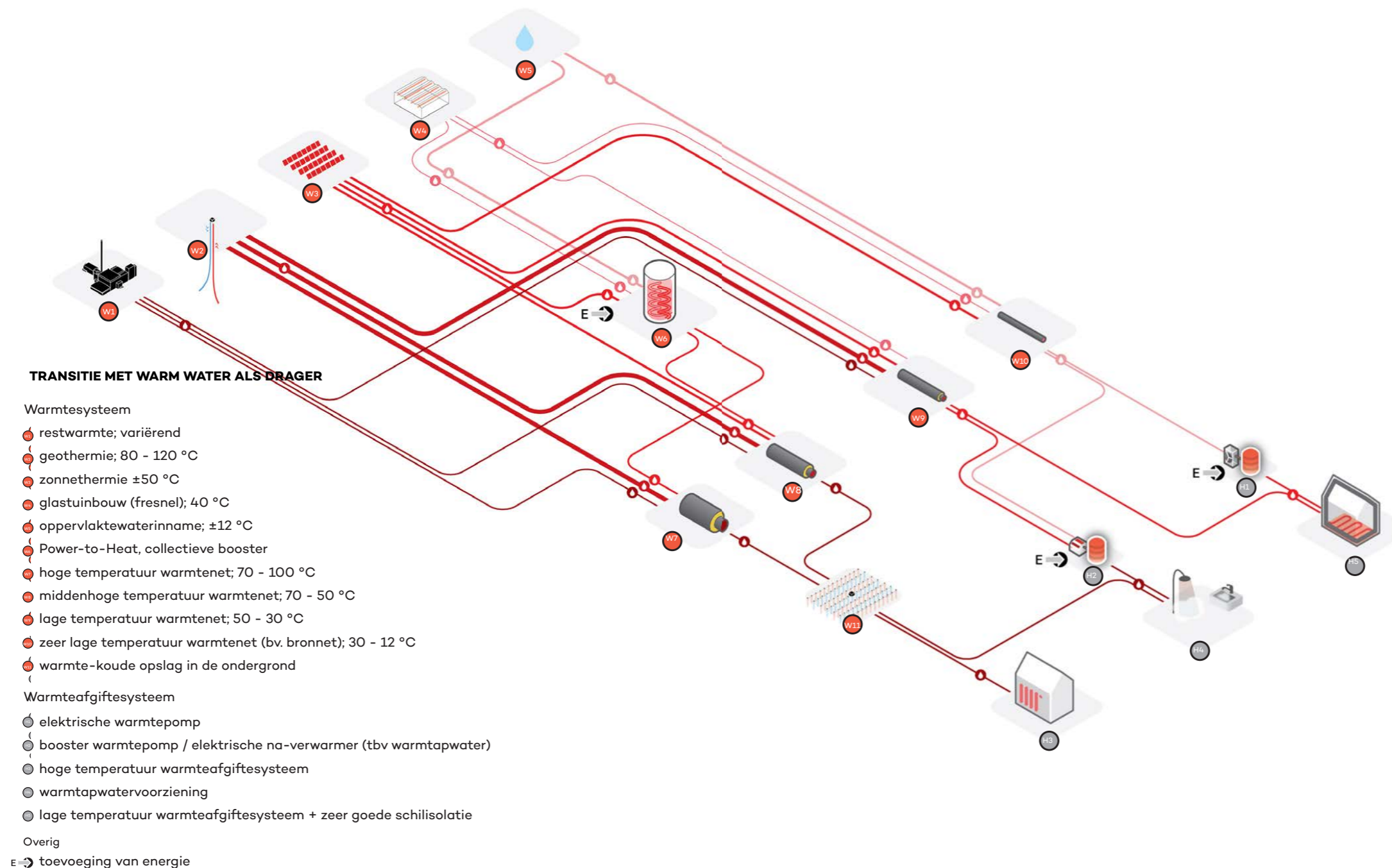
Bron: Netbeheer Nederland (2019): Basisinformatie over energie-infrastructuur.

De locatie van het huidige hoogspannings-netwerk is [hier](#) te vinden. Op de websites van de regionale netbeheerders (Enexis, Liander, Stedin, etc.) is open data over de ligging van het door hun beheerde netwerk te vinden.

Het warmtesysteem

Aardgas wordt op dit moment het meest gebruikt voor de verwarming van panden en voor warm tapwater van de gebouwde omgeving, bestaande uit woningen en utiliteitsgebouwen. Het grootste deel van de CO₂-uitstoot van de gebouwde omgeving wordt op dit moment veroorzaakt door het aardgasverbruik. Om de beoogde doelen voor CO₂-reductie te behalen, gaan utiliteitsgebouwen en woningen van het aardgas af en wordt overgeschakeld op duurzame technieken.

Elke gemeente heeft in 2021 in de Transitievisie Warmte vastgelegd op welke duurzame techniek wijken overgaan en wat het tijdspad daarvoor is. Er zijn veel verschillende mogelijkheden om gebouwen aardgasvrij te maken. Waar op dit moment in bijna heel Nederland dezelfde warmteoplossing wordt toegepast (HR-ketel op aardgas), zal de warmtevoorziening in de toekomst gaan verschillen. Welke warmteoplossing wordt gekozen, is afhankelijk van het isolatieniveau en van andere bouwfysische eigenschappen van de gebouwen, de aanwezige warmtebronnen en de kosten van de techniek. Het kan zowel om een collectieve (bijv. een warmtenet) als een individuele (bijv. een warmtepomp) oplossing gaan. Voor de warmtetransitieviesies heeft het PBL een startanalyse gemaakt en verschillende verduurzamingsstrategieën doorgerekend. De infographic op [deze](#) site toont welke aanpassingen nodig zijn om gebouwen van het gas te halen per doorgerekende strategie.



HUIS WARMTEPOMP
Schaalniveau bouwsteen: **GEBOUW**
Grondoppervlak van bouwsteen: **S**



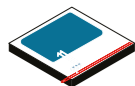
Een warmtepomp gebruikt omgevingswarmte of waterwarmte en elektriciteit om gebouwen te verwarmen. Het rendement van de warmtepomp is afhankelijk van de energiestroom, hoe minder hoe beter.

- Direct ruimtegebruik**
- Ruimte in een woning voor een binnen- en buitenunit of warmtewisselaar, plus een buffertank en boiler.
- Indirect ruimtegebruik**
- Warmtepompen die omgevingswarmte uit de lucht halen, produceren geluid.



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst

THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKEWATER (TEO)
Schaalniveau bouwsteen: **STAD/ WIJK**
Grondoppervlak van bouwsteen: **L**



Voor Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) is een in- en uitlaat nodig voor het oppervlaktewatersysteem, en een technische ruimte ten behoeve van warmtewisselaar en de warmtepomp. Nadat de warmte aan het water is onttrokken, stroomt het afgekoelde water weer terug. Kan ook voor koeling worden ingezet.

Moet worden gecombineerd met: warmtepomp

- Direct ruimtegebruik**
- Ruimte voor in- en uitlaat voor het oppervlaktewatersysteem (25-500 m)
 - Ruimtegebruik warmtepomp is hierin niet meegenomen
- Indirect ruimtegebruik**
- Oppervlaktewatersysteem
 - Ruimte ten behoeve van warmtewisselaar en de warmtepomp.

x 2,5- 50



- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

KLEINSCHALIG ZON OP DAK (<50 PANELEN)
Schaalniveau bouwsteen: **GEBOUW**
Grondoppervlak van bouwsteen: **M**



Met fotovoltaïsche panelen wordt energie van de zon omgezet in elektriciteit. Kleinschalige daken kunnen worden aangesloten op het laagspanningsnet.

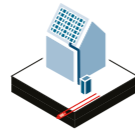
- Direct ruimtegebruik**
- >80-800 m²
- Indirect ruimtegebruik**
- Positie omvormer niet te dicht bij slaapkamer: ruimtebuffer vanwege geluids en warmte van omvormer

x 8/ 50 panelen



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

ZONNEBOILER
Schaalniveau bouwsteen: **GEBOUW**
Grondoppervlak van bouwsteen: **S**



Een zonneboiler zet energie van de zon om in bruikbare warmte door middel van panelen op het dak.

Moet worden gecombineerd met: warmtepomp/opslag

- Direct ruimtegebruik**
- 3-4 m² voor de panelen
- Indirect ruimtegebruik**
- Ruimte voor een boiler danwel opslagvat

x 1/3



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

GROOTSCHALIG ZON OP DAK OF GEVEL (50-500 PANELEN)
Schaalniveau bouwsteen: **GEBOUW**
Grondoppervlak van bouwsteen: **M**



Met fotovoltaïsche panelen wordt energie van de zon omgezet in elektriciteit. Circa 500 panelen kunnen maximaal worden aangesloten op het laagspanningsnet. Voor gebouwen waarop weinig schaduw valt kunnen gevels ook benut worden.

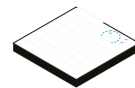
- Direct ruimtegebruik**
- >80-800 m²
- Indirect ruimtegebruik**
- ruimtebuffer vanwege geluidsoverlast
 - 1-2 m voor veilige looproute

x 8/ 50 panelen



- > Hoogstedelijke knooppunten

GROOTSCHALIG ZONNEVELD (2-10 ha)
Schaalniveau bouwsteen: **STAD**
Grondoppervlak van bouwsteen: **XL**



Met fotovoltaïsche panelen wordt energie van de zon omgezet in elektriciteit. Boven de 2 MW vermogen (ca. 2 hectare) is een zonneveld niet meer via een wijkstation aan te sluiten op de middenspanningsring. Deze grotere parken worden op het hoogspanningsnet aangesloten via een middenspannings- of hoogspanningsstation.

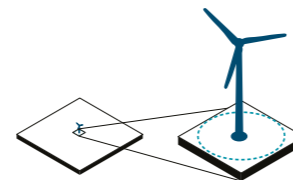
- Direct ruimtegebruik**
- 1Ha voor 1 MW
- Indirect ruimtegebruik**
- 30 m rond de omvormer vanwege geluidsoverlast
 - ruimte voor beveiliging d.m.v. hekwerk
 - 1,5 m inspectiepad tussen het hekwerk en de zonnepanelen

x 2/ 1Ha zonneveld x 200 / 1Ha zonneveld



- > Groen en gezond leven in de stad

WINDTURBINE OP LAND (>2MW)
Schaalniveau bouwsteen: **STAD**
Grondoppervlak van bouwsteen: **XL**



Een windturbine zet de energie van de wind om in elektrische energie. Er zijn verschillende maten windturbines. Hoge mast kan van ver zichtbaar zijn.

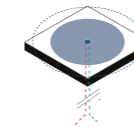
- Direct ruimtegebruik**
- 50 m² voor de funderingsbasis
 - Hoogte (105-166 m voor 5,6 MW) (Bij een rotordiameter van 150 m)
- Indirect ruimtegebruik**
- 6x diameter tussen windturbines om storing te voorkomen
 - 1/2 rotordiameter tot 'beperkt kwetsbare objecten' en rijkswegen
 - 500 m afstand tot woonkern (geluidsafstand)

x 5 /windturbine



- > Groen en gezond leven in de stad

GEOOTHERMIE
Schaalniveau bouwsteen: **STAD**
Grondoppervlak van bouwsteen: **XL**



Bij geothermie (aardwarmte) wordt warmte uit de diepe ondergrond gehaald. Op 500m diepte wordt een temperatuur van ca. 20 graden gewonnen. Op dieptes van 6km en meer loopt de temperatuur op tot boven de 200 graden. De beschikbaarheid is sterk afhankelijk van de locatie: in Rotterdam is veel potentie aanwezig.

- Direct ruimtegebruik**
- 500 m² bebouwd
 - 5000 m² verhard terrein (dubbel ruimtegebruik mogelijk voor openbare ruimte maar niet voor woning)
 - 15000m² nodig tijdens de boring
- Indirect ruimtegebruik**
- 1,5-3 km afstand tussen boorlocaties om interferentie voorkomen (onder de grond)

x 1 (x3) boring x 350/ x700



- > Groen en gezond leven in de stad

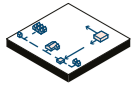
Energie = ruimte opwek

Keuzes in de energietransitie hebben ruimtelijke consequenties, net als andere ingrepen in de ruimtelijke ordening. Alle onderdelen van het energiesysteem (transport, conversie, opslag en productie) kennen een eigen ruimtegebruik. Dit is onder te verdelen in direct en indirect ruimtegebruik: Onder het *directe ruimtegebruik* vallen de installaties en de behuizingen, bijvoorbeeld de pompinstallatie van een geothermiebron, de paneelopstelling van een zonnepark of de voet en rotor van een windturbine. *Indirect ruimtegebruik* doelt op de belemmeringen die gelden voor de aanwezigheid van het element. Denk hierbij aan de milieucontour in verband met veiligheids- en geluidseisen, of de ruimtelijke beperkingen van interferentie tussen energiebronnen. Een indirecte ruimtelijke consequentie betekent niet automatisch dat er niets mogelijk is. Afhankelijk van de functie en het ontwerp zijn sommige combinaties van ruimtegebruik mogelijk, en andere niet.

De afbeeldingen op deze en de volgende twee pagina's tonen elementen uit het energiesysteem met het bijbehorende directe en indirecte ruimtegebruik. Per element is voor het ruimtegebruik een visuele vertaling naar het aantal parkeerplaatsen en voetbalvelden gemaakt. Twee voetbalvelden zijn circa 1 hectare. Een parkeerplaats is circa 50 m². Voor productie, conversie, opslag en transport zijn een aantal voorbeelden van elementen getoond.

De tekst gaat verder op de volgende pagina.

WARMTENET (LT)
Schaalniveau bouwsteen: STAD/ WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: 5



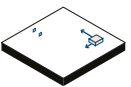
Lagetemperatuurwarmtenetten gebruiken water met een temperatuur van <60 graden. Het net zorgt voor een beperking op het type bestrating dat kan worden gebruikt voor gemakkelijke toegang voor onderhoud.

- | | |
|--|--|
| Direct ruimtegebruik • 0.25-0.45 m | Indirect ruimtegebruik • Afstand tot waterleidingen (bepaald door de getransporteerde temperatuur) |
|--|--|



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst

WARMTE OVERDRACHT STATION (WOS)
Schaalniveau bouwsteen: STAD/ WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: L



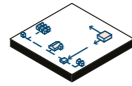
Het warmte Overdracht station draagt warmte over tussen twee typen warmte netten (bijv transportnet naar hoofdleiding). Er vind een overdracht plaats tussen twee netten, niet aan een gebruiker.

- | | |
|--|--|
| Direct ruimtegebruik • x 72 ; 900 m ² | Indirect ruimtegebruik • Geluidsoverlast in zone net rondom gebouw |
|--|--|



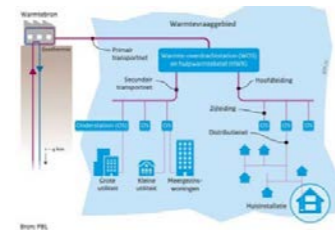
- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

WARMTENET (MT)
Schaalniveau bouwsteen: STAD/ WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: 5



Middentemperatuurwarmtenetten gebruiken water met een temperatuur van 60 tot 80 graden. Het net zorgt voor een beperking op het type bestrating dat kan worden gebruikt voor gemakkelijke toegang voor onderhoud (geen asfalt)

- | | |
|--|--|
| Direct ruimtegebruik • 0.25-0.45 m | Indirect ruimtegebruik • Afstand tot waterleidingen (bepaald door de getransporteerde temperatuur) |
|--|--|



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst

MS-MS STATION
Schaalniveau bouwsteen: STAD/ WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: L



In elke wijk staan tientallen objecten om de elektriciteit te verdelen in het lokale distributienet. Door toenemende decentrale energieproductie van zonnepanelen op dak en een toenemende elektriciteitsvraag voor warmtepompen en elektrische auto's is een uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur nodig.

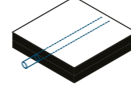
- | | |
|--|--|
| Direct ruimtegebruik • 200 tot 4000 m ² | Indirect ruimtegebruik • Ruimte rondom een station voor veilig onderhoud |
|--|--|

- x 16 tot x320**
x 1/station



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

LS VERBINDINGEN
Schaalniveau bouwsteen: STAD/ WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: 5



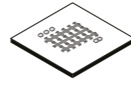
In Nederland is er 220.629 km kabel voor laagspanning.

- | | |
|---|--|
| Direct ruimtegebruik Ondergronds: • 0.12 m breed | Indirect ruimtegebruik Ondergronds: • 1.3 m tot HS • 0.25 m tot overige kabels |
|---|--|



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst

HS-MS STATION
Schaalniveau bouwsteen: STAD
Grondoppervlak van bouwsteen: XL



Aan de rand van het stedelijke gebied wordt de hoogspanning (23 tot 380 kV) bij onderstations omgezet naar middenspanning (0,4 kV tot 25 kV). Industriële clusters en grootschalige energieproducenten hebben vaak een eigen onderstation of zijn via een onderstation aangesloten op het hoogspanningsnet. Dat geldt voor fossiele centrales, maar ook voor grote zonneparken (meer dan 10 ha), windparken op land (meer dan 2x 5 MW) en de aanlandingen van windparken op zee.

- | | |
|---|---|
| Direct ruimtegebruik • 15000 tot 40000 m ² | Indirect ruimtegebruik • 350 m veiligheidszone rond het station (zonder kwetsbare objecten o.a. woningen) |
|---|---|

- x 3- x8/ station**
x 70



- > Groen en gezond leven in de stad

MS-LS STATION
Schaalniveau bouwsteen: WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: M



In elke wijk staan tientallen objecten om de elektriciteit te verdelen in het lokale distributienet. Sommige staan in de openbare ruimte, andere zijn onderdeel van andere gebouwen. Door toenemende decentrale energieproductie met zonnepanelen op dak en een toenemende elektriciteitsvraag voor warmtepompen en elektrische auto's is een uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur nodig, door de huidige objecten te verzwaren.

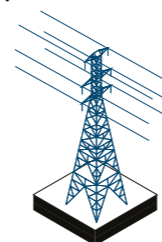
- | | |
|--|--|
| Direct ruimtegebruik • 10 tot 35m ² voor en MS-LS station | Indirect ruimtegebruik • Ruimte rondom een station voor veilig onderhoud |
|--|--|

- x 1- 3,5**



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

HS VERBINDINGEN
Schaalniveau bouwsteen: STAD
Grondoppervlak van bouwsteen: L



Het hoogspanningsnet doorkruist Nederland. In totaal bestaat het netwerk uit 7828 km bovengrondse en 3801 km ondergrondse verbindingen waarop spanningen staan van 23 kV tot 380 kV.

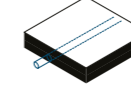
- | | |
|---|--|
| Direct ruimtegebruik Wanneer bovengronds: • 30 m breedte trace • elke 100 tot 200 m een voetafdruk van 200 m ² per oude mast • of elke 250 tot 480 m een voetafdruk van 100m ² per nieuwe mast | Indirect ruimtegebruik Wanneer bovengronds: • 80 m veiligheidszone rondom oude masten en 50 m rondom nieuwe masten Wanneer ondergronds: • 3-12 m breedte aan beide kanten van het trace |
|---|--|

- Wanneer ondergronds:
• 2 m breedte en 1 m diep trace



- > Groen en gezond leven in de stad

MS VERBINDINGEN
Schaalniveau bouwsteen: STAD/ WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: 5



In Nederland is er 105.664 km kabel voor middenspanning (0,4 kV tot 23 kV).

- | | |
|--|--|
| Direct ruimtegebruik Ondergronds: • 0.15m breed | Indirect ruimtegebruik Ondergronds: • 1,3 meter tot HS • 0.25 m tot overige kabels |
|--|--|



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

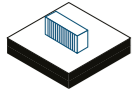
Energie = ruimte transport

De hoeveelheid van deze elementen uit het energiesysteem en de locatie waar ze nodig zijn, hangt af van het specifieke gekozen energiesysteem. Wanneer een woonwijk bijvoorbeeld all-electric wordt, is er geen warmtenet en warmteoverdrachtstation nodig. In zo'n geval zijn er wel meer middenspanningsruimtes (MSR's) nodig dan wanneer er een warmtenet aanwezig is.

In het document: [Het Energiesysteem van de Toekomst](#), Integrale infrastructuurverkenning 2030-2050, hebben de netbeheerders een bandbreedte beschreven van de verwachte ruimteclaims van het landelijke energiesysteem van de toekomst.

Zo zouden er tussen de 7.500 en 12.000 nieuwe MS-LS stations moeten gebouwd. Op dit moment staan er 84.000 van dit soort onderstations. Van de 84.000 huidige onderstations moeten er ca. 11.490-15.000 worden uitgebreid.

BUURTBATTERIJ
Schaalniveau bouwsteen: WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: S



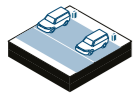
Decentrale opslag van elektriciteit kan de belasting van het lokale elektriciteitsnet en spanningsverschillen op het elektriciteitsnet (veroorzaakt door PV of windparken) verlichten. Een buurtbatterij kan een alternatief zijn voor het leggen van een dickere kabel. Een voorbeeld is een accu die in Haarlemmeer is aangesloten op de zonnepanelen van 35 huishoudens (2 bij 2,5 m voor 128 kWh).

| Direct ruimtegebruik | Indirect ruimtegebruik |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 1 x 1 voor 128 kWh (Haarlemmeer batterij) | <ul style="list-style-type: none"> • Ruimte voor veiligheid en toegang tot de accu (15 m rondliggende delen bij explosie) |



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

OPENBAAR LADEN (22-50 kW)
Schaalniveau bouwsteen: STAD/ WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: M



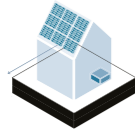
Openbaar elektrisch laden voor mobiliteit is een decentrale vorm van laden. Dit type opladen kan zich in straten en pleinen bevinden. Eind 2020 waren er naar schatting 68.856 openbare en semi-openbare reguliere laadpalen.

| Direct ruimtegebruik | Indirect ruimtegebruik |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 20x20x145 cm (l*w*h) | <ul style="list-style-type: none"> • 40 m² voor 2 parkeerplaatsen |



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

HUISBATTERIJ
Schaalniveau bouwsteen: GEBOUW
Grondoppervlak van bouwsteen: S



De bijdrage van één huisbatterij is klein, maar met een potentiële toepassing in 8 miljoen woningen kan deze techniek een substantieel verschil maken.

| Direct ruimtegebruik | Indirect ruimtegebruik |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 115x75,3x14,7 cm voor 13,5 kWh (10 zonnepanelen op en gemiddelde dag stroom) | <ul style="list-style-type: none"> • geen |



- > Hoogstedelijke knooppunten
- > Woonwijken van de toekomst
- > Groen en gezond leven in de stad

COLLECTIEF LADEN
Schaalniveau bouwsteen: STAD/ WIJK
Grondoppervlak van bouwsteen: M



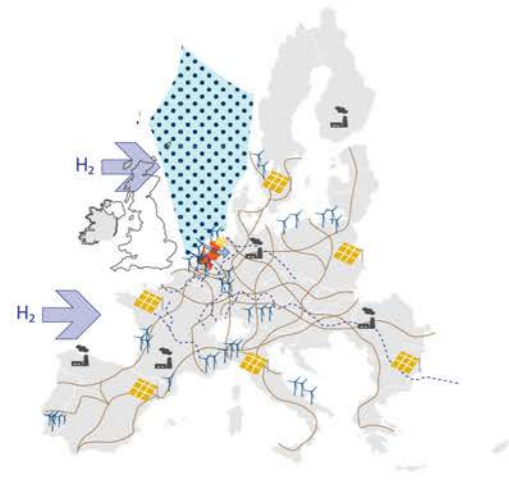
Openbaar elektrisch laden voor mobiliteit is een decentrale vorm van laden. Dit type opladen kan zich in straten en pleinen bevinden. Laad-/parkeertorens kunnen mogelijk ook evolueren naar gecentraliseerde vormen van opladen. Eind 2020 waren er naar schatting 68.856 openbare en semi-openbare reguliere laadpalen en 2.187 snellaadpunten (RVO-gegevens).

| Direct ruimtegebruik | Indirect ruimtegebruik |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Meerdere vlakken van 20x20x145 cm (l*w*h) • (gestapelde) parkeerplaats afhankelijk van grootte | <ul style="list-style-type: none"> • 20 m² per geparkeerd voertuig |



- > Hoogstedelijke knooppunten

Energie = ruimte opslag en laden



DE EUROPESE OPGAVE(N)

Internationale beslissingen hebben ruimtelijke gevolgen in Nederland:

- Locatie van energieproductie
- De interconnectors (verbindingen tussen de netwerken van landen)
- Aanvoer van waterstof
- Transportcorridors: buisleidingen, hoogspanning en scheepvaart

BINNEN NEDERLAND

- De aanlandingen van Wind op Zee ([programma Verkenning Aanlandig Wind Op Zee](#))
- [Nationaal Plan Energie](#) (samenhangend en langjarig energiebeleid, publicatie 2023)
- [Programma Infrastructuur Duurzame Industrie](#)
- [Programma Energie Hoofdstructuur](#)
- [Meerjarenprogramma Infrastructuur, Energie en Klimaat](#) (MIEK)
- Aanlanding waterstofbuisleidingen
- Conversie van elektriciteit naar waterstof op zee en/ of land.
- Opslaglocaties voor waterstof
- Uitbreiding havenindustriële complex: opslag, conversie en gebruik
- Transportcorridors: buisleidingen, hoogspanningskabels en scheepvaart

REGIONAAL EN STEDELIJK

- Ruimtelijke uitwerking RES gebieden
- Uitbreiding onderstations
- Uitbreiding verstedelijking
- Verduurzamen van bedrijventerreinen
- Buffering en opslag: bijvoorbeeld in HUB's
- Hoogspanningstracés
- Aanleg van warmtenetten

BUURT/ BEDRIJVENTERREINEN

- Ruimte in de ondergrond
- Middenspanningsstations: uitbreiding
- Nieuwbouw van woningen
- Plaatsingsstrategieën voor laden op straat ([Nationale Agenda Laadinfrastructuur](#))
- Laadpleinen
- Lokale buffering en opslag (Midden spannings-niveau)
- Zon op dak
- Zon op parkeerplaatsen

OPGAVEN NEDERLAND (INCLUSIEF NOORDZEE)

- Aanlandingen wind op zee (WOZ) in het programma Verkenning Aanlandig Wind op Zee ([VAWOZ](#)).
- Aanlanding waterstofbuisleidingen
- Conversie van elektriciteit naar waterstof op zee en/ of land.
- Opslaglocaties voor waterstof
- Uitbreiding havenindustriële complex: opslag, conversie en verbruik. Locaties: North Sea Port District, Rotterdam-Moerdijk, Noordzeekanaalgebied en Noord-Nederland (Eemshaven).
- Transportcorridors: buisleidingen, hoogspanning en scheepvaart

REGIONAAL

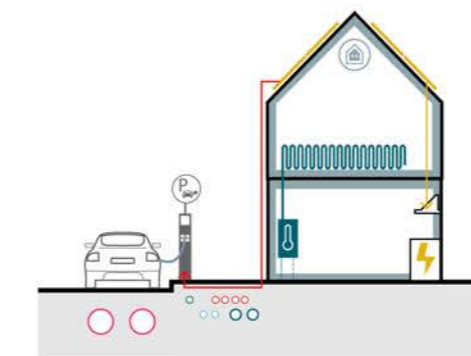
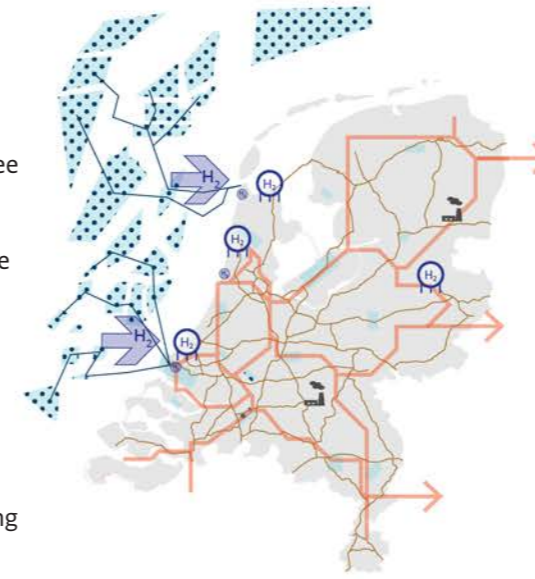
- Gebiedsoverstijgende (energie) opgaven voor:
- [Regionale Energie Strategieën](#) (RES)
 - Cluster Energie Strategieën voor elk van de zes energie-intensieve industrie clusters (CES)
 - Verstedelijkingsstrategie
 - [Provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur, Energie en Klimaat](#) (PMIEK)
 - Multimodale knooppunten
 - Nationale landschappen
 - Transportcorridors
 - Aanvullende productie wind en zon op land
 - Ligging onderstations en uitbreiding
 - Opslag en buffering

STAD

- Ruimtelijke uitwerking RES gebieden
- Uitbreiding en nieuwbouw onderstations
- Uitbreiding verstedelijking
- Verduurzamen van bedrijventerreinen
- Buffering en opslag: bijvoorbeeld HUB's
- Aanleg en uitbreiden van Hoogspanningstracés
- Aanleg van warmtenetten en/of vinden van duurzame warmtebronnen

HUIS

- Isoleren van oude gebouwen (besparen)
- Verduurzaming van de verwarming
- Witgoed (besparen)
- Vervangen koken met gas door koken op stroom
- Koelen als nieuwe elektriciteitsvraag
- Mobiliteitstransitie: Fossiel vervoer (auto en brommer) naar elektrisch, vraagt naar laadinfrastructuur



Opgaven door de schalen heen

In de energietransitie verandert het energiesysteem, door de transitie van fossiele naar hernieuwbare energiebronnen. De energietransitie is een systemische opgave door de schalen heen. Op alle schaalniveaus van het huis t/m internationaal moeten keuzes gemaakt worden. Elke keuze op een schaalniveau heeft impact op de andere schaalniveaus.

In dit rapport focussen we ons op de opgaven van de stad, buurt, en in mindere mate het huis. Het is echter belangrijk dat we ons altijd bewust zijn van de opgaven die spelen op andere schaalniveaus, want ook de keuzes die daar gemaakt worden hebben impact op de stad.

Alle opgaven spelen zich af tijdens een sterk toenemende vraag naar energie. Onder andere door een stijgende vraag naar koeling van woningen en kantoren door steeds warmer wordende zomers als gevolg van klimaatverandering, een hoger elektriciteitsverbruik om elektrische voertuigen mee te laden, maar ook door een groeiende bevolking met meer vraag naar woon- en werkruimte. Alles bij elkaar vraagt het om meer ruimte voor energieopwekking en het transport, de conversie en opslag daarvan, om het functioneren van het energiesysteem en de talloze maatschappelijke en economische activiteiten bij te kunnen houden.

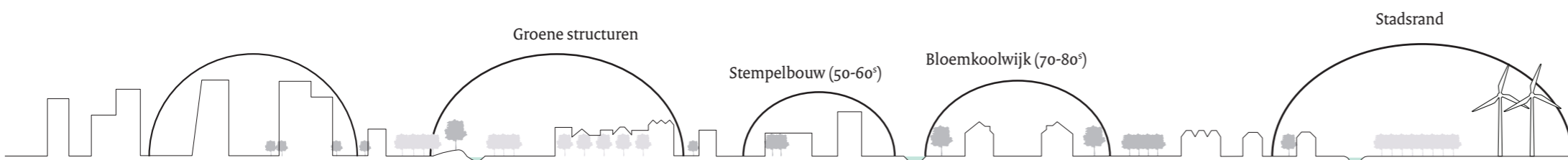
In de afbeelding op deze pagina worden meerdere beleidsprogramma's genoemd. Ga voor meer informatie naar de websites van de verschillende beleidsprogramma's.

A Hoogstedelijke knooppunten

B Groen en gezond leven in de stad

C Woonwijken van de toekomst

B Groen en gezond leven in de stad



Focus: opgaven in de stad

Dit rapport concentreert zich op de lagere schaalniveaus: de stad, buurt en in mindere mate het huis. In dit rapport beschrijven we hoe de opgaven van de energietransitie landen in het stedelijk gebied, en dan met name in de drie ruimtelijke thema's van het programma Mooi NL voor het perspectief leefbare steden en regio. De drie ruimtelijke thema's zijn:

A) Hoogstedelijke knooppunten

Dit zijn gebieden rondom belangrijke ov-knooppunten. De bebouwing heeft een grote dichtheid en er zijn vele mobiliteitsbewegingen. Deze knooppunten ontstaan door grootschalige transformatie of nieuwbouw, waardoor de gebouwen relatief nieuw zijn.

B) Groen en gezond leven in de stad

Bij dit thema ligt de focus op de groene structuren in de stad, zoals parken, pleinen, straatruimte, singels en kanalen en de groene stadsranden.

C) Woonwijken van de toekomst

Bij dit thema ligt de focus op de transformatie van naoorlogse woonwijken. In dit rapport ligt de nadruk op twee stedenbouwkundige typologieën: stempelbouw uit de jaren vijftig en zestig en bloemkoolwijken uit de jaren zeventig en tachtig.

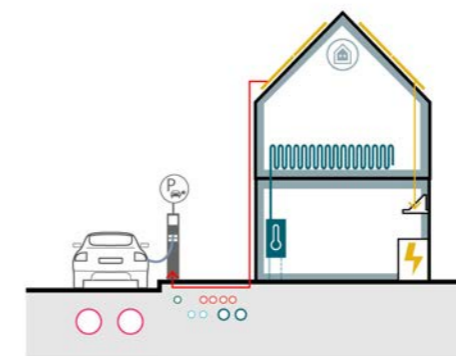
STAD

- Ruimtelijke uitwerking RES gebieden
- Uitbreiding en nieuwbouw onderstations
- Uitbreiding verstedelijking
- Verduurzamen van bedrijventerreinen
- Buffering en opslag: bijvoorbeeld HUB's
- Aanleg en uitbreiden van Hoogspanningstracés
- Aanleg van warmtenetten en/of vinden van duurzame warmtebronnen



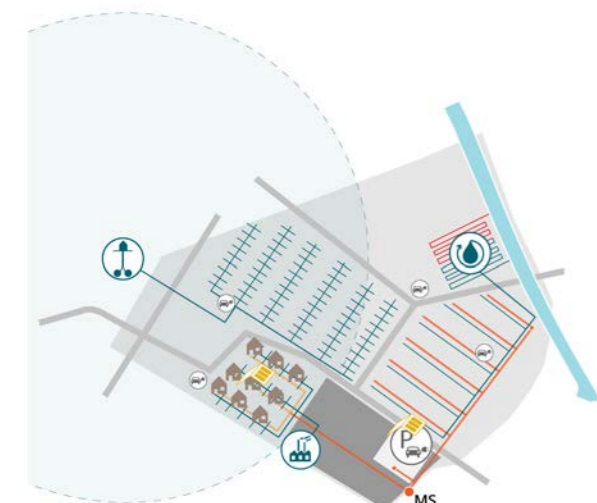
HUIS

- Isoleren van oude gebouwen (besparen)
- Verduurzaming van de verwarming
- Witgoed (besparen)
- Vervangen koken met gas door koken op stroom
- Koelen als nieuwe elektriciteitsvraag
- Mobiliteitstransitie: Fossiel vervoer (auto en brommer) naar elektrisch, vraagt naar laadinfrastructuur

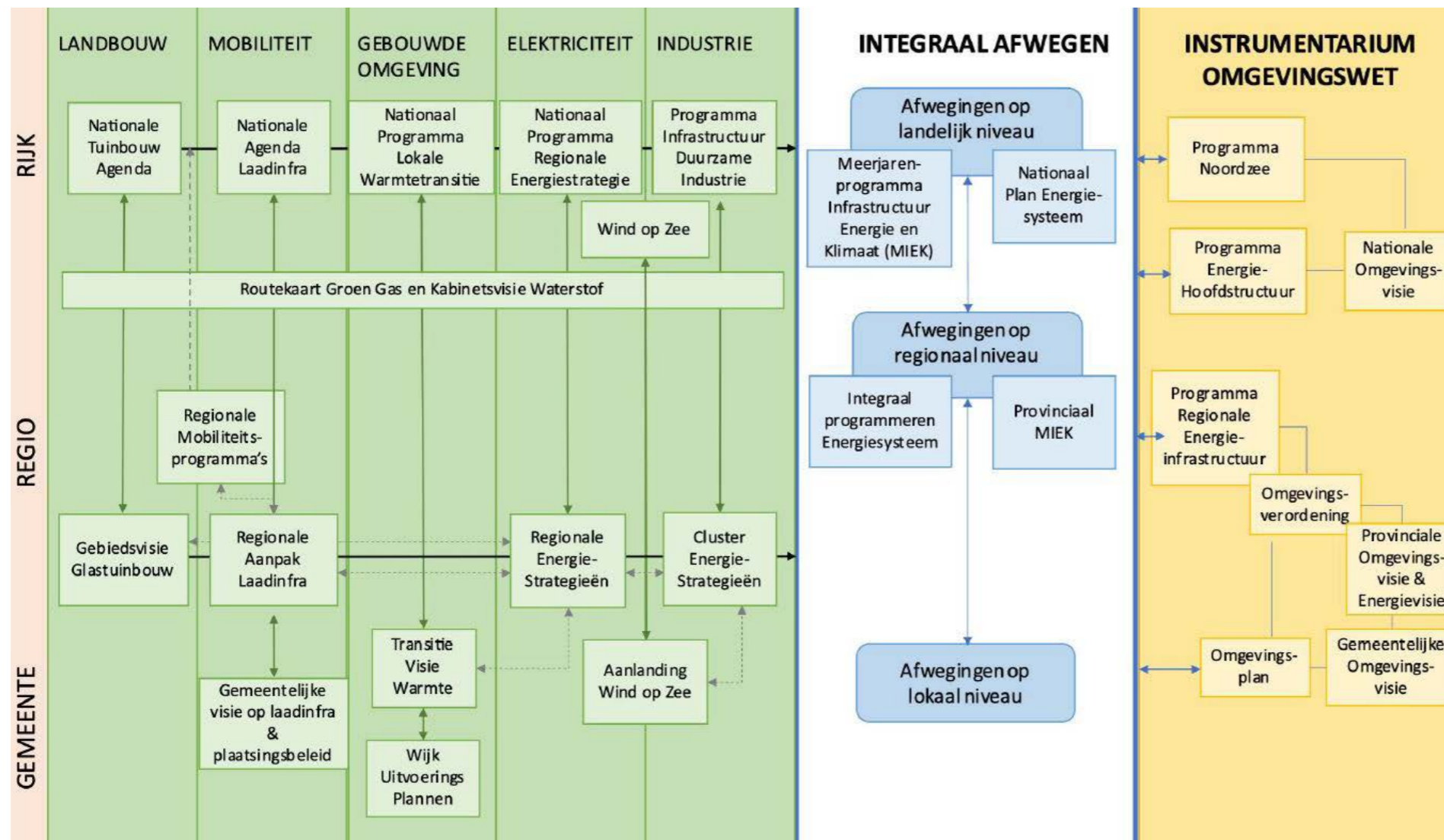


BUURT/ BEDRIJVENTERREINEN

- Ruimte in de ondergrond
- Middenspanningsstations: uitbreiding
- Nieuwbouw van woningen
- Plaatsingsstrategieën voor laden op straat ([Nationale Agenda Laadinfrastructuur](#))
- Laadpleinen
- Lokale buffering en opslag (Middenspannings-niveau)
- Zon op dak
- Zon op parkeerplaatsen



Beleid op de verschillende schaalniveaus



Bron: Provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat Noord-Holland Zuid, Provincie Noord-Holland (2023)

Op Rijks-, provinciaal en gemeentelijk niveau lopen verschillende programma's die elk een eigen invloed op het energiesysteem hebben. De afbeelding op deze pagina is een schematische weergave van de verschillende sectorale energieprogramma's op nationaal, regionaal en lokaal niveau in relatie met het ruimtelijk instrumentarium. Op dit moment werken de provincies en het rijk aan het integraal afwegen van deze energieprogramma's. Bij dit proces van integraal afwegen komen de sectorale energieprogramma's en het ruimtelijk instrumentarium samen.

Veel beleid, waaronder het Nationaal Plan Energiesysteem en het Programma Energie-Hoofdstructuur, is nog in ontwikkeling, waardoor nog onbekend is wat de precieze inhoud van het beleid is.

Sectorale Opgaven

Door alle schalen heen spelen deze vijf opgaven de belangrijkste rol om de energietransitie in het stedelijk gebied te bewerkstelligen. De vijf opgaven zijn op willekeurige volgorde genummerd.

1 De bebouwde omgeving aardgasvrij maken

De gebouwde omgeving, bestaande uit woningen en utiliteitsgebouwen, is in Nederland de sector met het hoogste energieverbruik. Het grootste deel van de CO₂-uitstoot binnen deze sector wordt veroorzaakt door het aardgasverbruik ten behoeve van verwarming van de panden en warm tapwater. Nederland heeft zichzelf als doel gesteld dat in 2050 de gebouwde omgeving klimaatneutraal moet zijn. Het aardgasvrij maken van woonwijken is daarvan een belangrijk onderdeel. De regie voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving met de warmtevoorziening als belangrijkste onderdeel ligt bij de gemeente.

2 Opwekken van energie in de stad

Het huidige doel is om in 2030 35 TWh aan grootschalige (>15kWp) duurzame elektriciteit op land op te wekken in Nederland. Dit wordt gerealiseerd in de zogenaamde 30 RES Regio's waar Nederland in is onderverdeeld. Dit zijn samenwerkingsverbanden van provincies, gemeenten en waterschappen. Ook netbeheerders zijn hierbij betrokken. Naast doelbereik moeten RES Regio's ervoor zorgen dat de productie van hernieuwbare elektriciteit ruimtelijk wordt ingepast, efficiënt kan worden aangesloten op het netwerk en dat er maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak is voor de gekozen oplossingen. Naast grootschalige productie van elektriciteit vindt er ook kleinschalige productie van duurzame elektriciteit plaats, door onder andere zonnepanelen op woonhuizen. Dit is grotendeels een autonoom groeiproces, gestimuleerd door overheidssubsidies. In de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) is voor het plaatsen van zonnepanelen een voorkeursvolgorde opgesteld: 1 op daken en gevels, 2 op onbenutte terreinen in bebouwd gebied, 3 in landelijk gebied (waterzuiveringsinstallaties, vuilnisbelten, berm van spoor- en autowegen), 4 op landbouw- en natuurgronden. Dit betekent dat ook de stad wordt gezien als een belangrijke locatie voor de productie van hernieuwbare energie.

3 Besparing in de bebouwde omgeving

Alle energie die niet wordt gebruikt hoeft ook niet geproduceerd te worden. Besparing is daarom essentieel om de klimaatdoelen te halen en om zorgvuldig met onze beschikbare ruimte om te gaan. Daarnaast zorgt energiebesparing voor besparing op kosten, wat ook relevant is met de hoge energieprijzen. Voor de warmtetransitie is isolatie van de bestaande woningvoorraad nodig, zodat de woningen kunnen worden aangesloten op lage temperatuur-bronnen. Daarnaast kan isolatie de kwaliteit en comfort in gebouwen verbeteren. De behoefte aan het verkoelen van gebouwen zal toenemen door een steeds warmer wordend klimaat. Dit oplossen met airco's zorgt onder andere voor een toename in het elektriciteitsverbruik. Het is daarom van belang ook over duurzame koude-oplossingen na te denken en de koudevraag mee te nemen bij het ontwerp van woningen en straten, o.a. om de toename van het elektriciteitsverbruik voor het koelen van gebouwen te verminderen.

4 Laadinfrastructuur voor mobiliteit

We gaan van mobiliteit op fossiele brandstoffen naar mobiliteit op emissieloze brandstoffen. De ambitie in het klimaatakkoord is om in 2030 alle nieuwe auto's emissieloos te laten zijn. Dit betekent volgens de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL) dat we naar 1,9 miljoen elektrische personenvoertuigen gaan. Alle voertuigen kennen daarbij een laadbehoefte in de publieke, semi-publieke en/of private ruimte. Deze voertuigen maken bovendien gebruik van verschillende laadvormen zoals parkeerladen, laadpleinen en snelladen. De laadpunten moeten worden aangelegd, en het elektriciteitsnet moet voldoende capaciteit hebben om in de behoefte te voorzien. Daarnaast wordt een sterke groei verwacht in elektrische bussen, bestelauto's, vrachtwagens, binnenvaartschepen, light electric vehicles (LEVs) en overig elektrisch transport/vervoer.

5 Voldoende netwerkcapaciteit voor toenemende energievraag en productie

Het huidige energienetwerk is ontoereikend voor de verwachte enorme groei in het elektriciteitsgebruik (als gevolg van elektrificatie mobiliteit, warmte en industriële processen). Op dit moment is er door de ontwikkelingen in het energiesysteem congestie ontstaan. Dit komt enerzijds door de snelle ontwikkeling van de opwekking van duurzame elektriciteit en anderzijds door een sterk toegenomen vraag naar elektriciteit in de industrie, mobiliteit en de gebouwde omgeving. Het ontbreekt momenteel aan tijd en menskracht om de elektriciteitsnetten snel genoeg te kunnen aanpassen voor alle nieuwe grote gebruikers, zowel voor producenten als voor afnemers van energie. Dat betekent dat nieuwe ontwikkelingen, zoals de verduurzaming van bedrijven of de bouw van huizen, vertraging op kan lopen. Het elektriciteitsnetwerk moet voor de toekomst flink worden uitgebreid, en dat vraagt om grote investeringen en ruimteclaims. Naast netwerkverzwaring wordt ook gewerkt aan het flexibeler maken van het energienetwerk. Onder andere door 'slimme energiesystemen' die ervoor zorgen dat de elektriciteitsvraag beter aansluit bij het fluctuerende aanbod van duurzame energie.

2 Technische maatregelen en conflicten & kansen

Introductie

De energietransitie zorgt voor de komst van een nieuw energiesysteem. Dit hoofdstuk gaat dieper in op wat de energietransitie betekent voor de drie ruimtelijke thema's zoals benoemd in het programma Mooi Nederland (hoogstedelijke knooppunten, woonwijken van de toekomst en groen en gezond leven in de stad). Voor elk thema wordt een korte beschrijving gegeven van de kenmerken van dit thema in relatie tot de energietransitie.

Vervolgens wordt in dit hoofdstuk per thema een selectie van technische maatregelen voor de eerder beschreven opgaven benoemd:

- Het aardgasvrij maken van de bebouwde omgeving;
- Opwekken van energie in de stad;
- Besparen in de bebouwde omgeving;
- Creëren van laadinfrastructuur voor elektrische mobiliteit;
- Creëren van voldoende netwerkcapaciteit voor de toenemende energievraag en -productie.

De technische maatregelen zijn sectoraal vanuit de energietransitie ingestoken. De benoemde maatregelen vormen geen beperkende lijst, maar geven een idee van de huidige aanpak van de energietransitie. De maatregelen zijn niet altijd specifiek per thema en kunnen gelden voor het gehele stedelijke gebied. Welke technische maatregel geschikt is, hangt af van het huidige energiesysteem en de context. Op dit moment vindt veel innovatie plaats, waardoor de lijst van technische maatregelen steeds langer wordt.

Op de pagina's Kansen en conflicten wordt beschreven hoe de technische maatregelen kunnen conflicteren – met elkaar, maar ook met andere transitieopgaven in de stad, zoals klimaatadaptie, waterveiligheid en de mobiliteitstransitie.

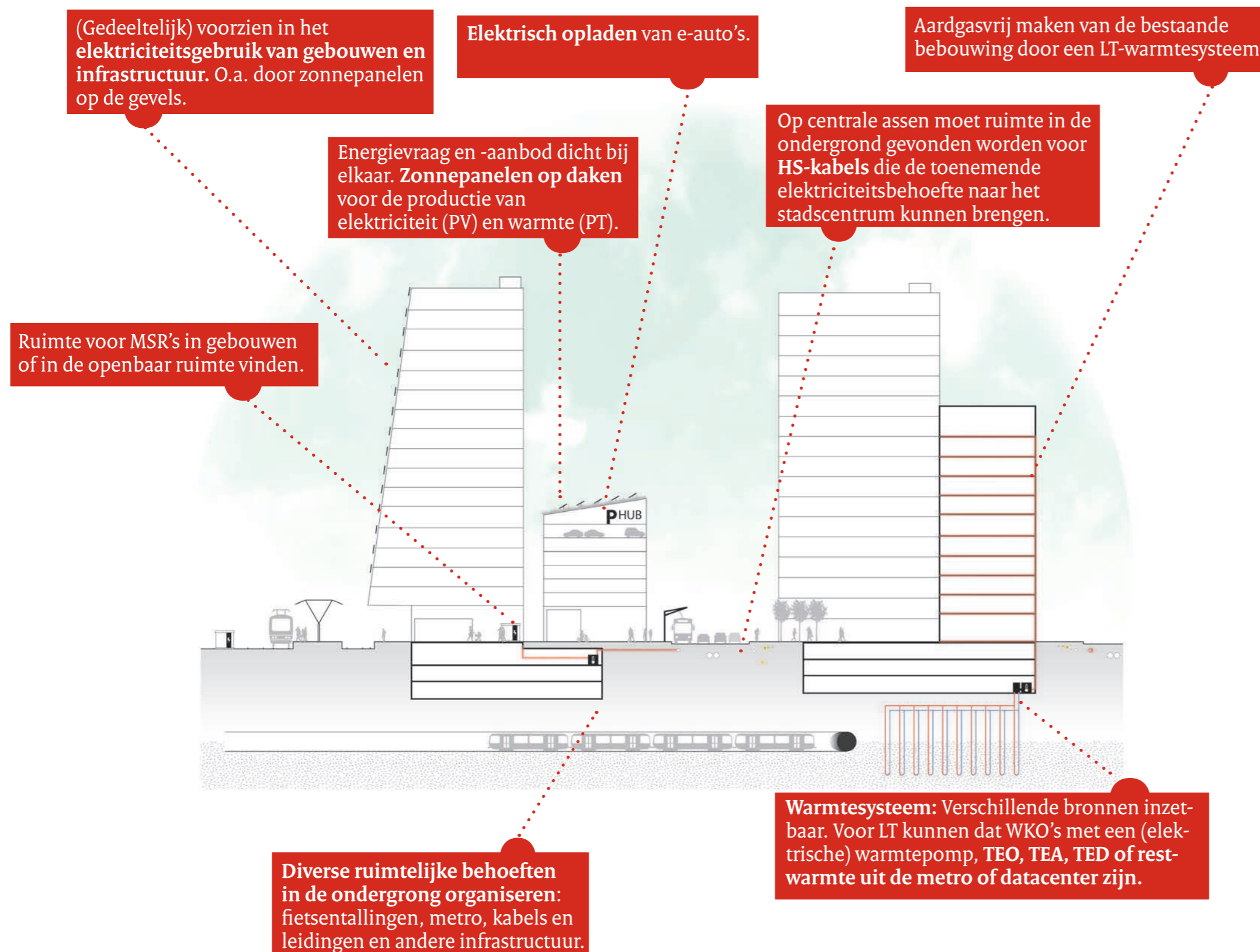
Hoogstedelijke knooppunten

Omschrijving

Het thema hoogstedelijke knooppunten van Programma Mooi NL gaat over gebieden rondom belangrijke ov-locaties. Het zijn gebieden waar vaak verdichting plaatsvindt, waar een grote vraag is naar wonen, werken, voorzieningen én waar ruimte nodig is voor (toekomstige) mobiliteitsinfrastructuur. Deze stapeling aan functies neemt ook een stapeling van opgaven met zich mee: hoe faciliteren we hier de grote vraag naar woningen (nabijheid), faciliteren we de mobiliteitstransitie (ook van omliggende wijken), creëren we een levendige functiemix (ook van de plint) en versterken we de leefomgevingskwaliteit (groen, veiligheid en klimaatadaptatie).



Hoogstedelijke knooppunten



Technische maatregelen

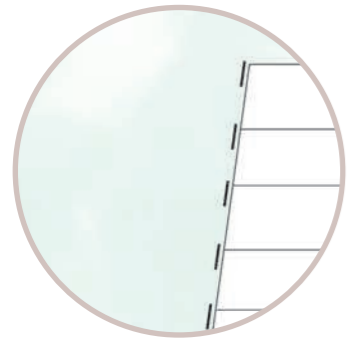
Op deze doorsnede worden technische maatregelen beschreven ten behoeve van de energietransitie in (hoog)stedelijke knooppunten.

De nieuwe gebouwen in deze hoogstedelijke knooppunten moeten op een duurzame manier van elektriciteit en warmte worden voorzien, wat vraagt om voldoende infrastructuur, energieproductie en warmteoplossingen. Als de bebouwing nieuw is of door renovatie goed geïsoleerd is, kan een laagtemperatuur warmtenet (LT) de ruimte verwarmen. Dit betekent dat lage temperatuur en zeer lage temperatuur warmtebronnen, zoals aquathermie kunnen worden gebruikt om de ruimte mee te verwarmen. Meestal zijn lage temperatuur bronnen duurzamer dan hoge temperatuur bronnen, zoals afvalverbrandingsinstallaties.

De vraag naar ruimte is vooral groot in hoogstedelijke knooppunten, wat leidt tot ruimtelijke conflicten tussen verschillende functies. Daarom zijn specifiek slimme parkeeroplossingen belangrijk. Niet alleen om ruimtelijke kwaliteit te waarborgen, maar vooral om het vermogen van de elektrische laadpalen op het elektriciteitsnet slim te beheren.

In dichtbebouwde omgevingen kunnen middenspanningsruimtes in pandig worden gerealiseerd. Dit vereist echter nauwe afstemming met de gebouweigenaar en architect, aangezien de MSR's beperkingen stellen aan de inrichting van de begane grond van een gebouw. Het is niet mogelijk om MSR's op andere verdiepingen te plaatsen, omdat bij storingen de werking van een lift niet kan worden gegarandeerd.

Hoogstedelijke knooppunten



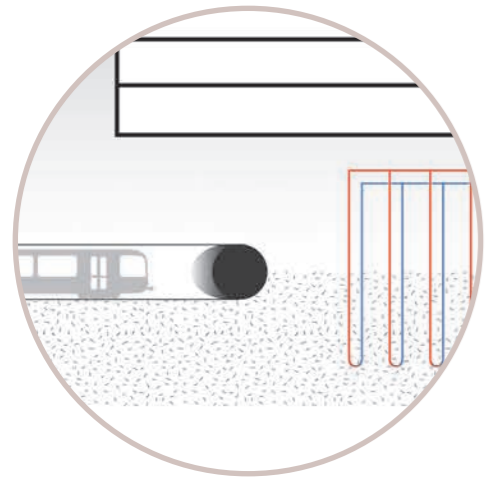
Zonnepanelen op gevels zijn steeds vaker een optie om het oppervlak van een gebouw voor energieproductie te gebruiken. Maar bomen en andere gebouwen kunnen de gevel beschaduwden en daardoor het **rendement** verkleinen.



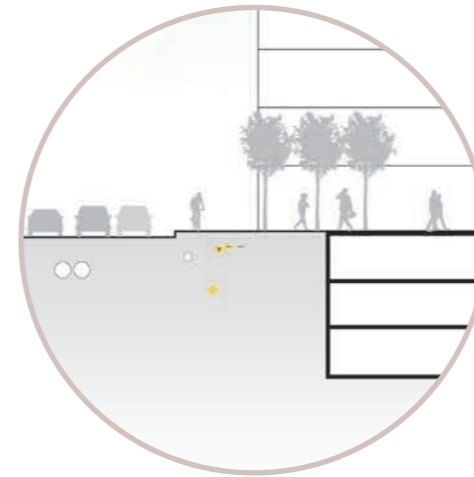
Daken krijgen in de stad steeds vaker een **functie**. Energie is slechts één van de vele functies die de beperkte ruimte op het dak vragen. Andere functies zijn bijv. waterberging of publieke functies zoals een dakpark. De ruimteclaims moeten worden gecoördineerd en tegen elkaar worden afgewogen.



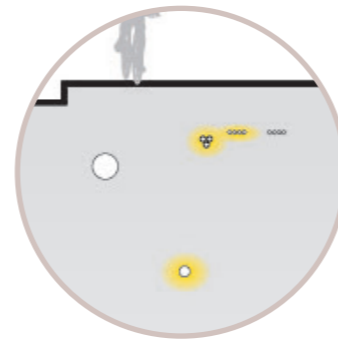
Parkeren en het opladen van auto's neemt schaarse ruimte in. Daarnaast is voldoende elektriciteitsinfrastructuur nodig om de auto's op te kunnen laden. Auto's kunnen (in de toekomst) worden gebruikt als **batterijen** om het netwerk mee te stabiliseren.



WKO's moeten op voldoende afstand van elkaar liggen. Daarnaast kunnen ondergrondse objecten zoals metrobuizen en ondergrondse parkeergarages **grondwaterstromen** verstoren, waardoor WKO's minder of niet functioneren. Wat er gebeurt met de WKO's als ze aan het einde van hun levensduur zijn is vaak nog onbekend.



Er is sprake van grote **druk** in de **ondergrond** (kabels en leidingen, parkeren, bomen, waterberging etc.). Dit vereist een hoge mate van coördinatie bij nieuwe ontwikkelingen.



Via een aantal centrale assen wordt d.m.v. **HS-kabels elektriciteit naar het centrum** van de stad getransporteerd. Deze kabels hebben grotere milieuocontouren dan de MS- en LS-kabels en liggen bovendien dieper.

Conflicten en kansen

In hoogstedelijke knooppunten zijn er meerdere overlappende ruimteclaims, zowel boven- als ondergronds. Zo moeten WKO's op voldoende afstand van elkaar liggen om goed te kunnen functioneren. Dit betekent dat een gemeente moet sturen in gebiedsontwikkelingen, om ervoor te kunnen zorgen dat WKO's van individuele gebouwen elkaar niet in de weg zitten. Een oplossing zou kunnen zijn te verplichten dat de gebouwen op een collectieve manier worden verwarmd en worden aangesloten op een collectief in plaats van individueel WKO-systeem.

Door de ruimtelijke druk wordt steeds vaker naar daken en gevels gekeken: beide kunnen worden gebruikt voor energieproductie. Door daken en gevels te gebruiken kan een gebouw bovendien zoveel mogelijk de eigen benodigde energie produceren. Algemeen kan worden gesteld energieneutraliteit lastiger te realiseren is bij hoogbouw. Dat komt doordat het dakoppervlak in relatie met het totale vloeroppervlak klein is, waardoor niet in de elektriciteitsvraag kan worden voorzien.

Om de opwekpotentie in de stad te maximaliseren moet energie vanaf het begin van het ontwerpproces van gebouwen meegenomen worden. Er zijn bijv. al gevelpanelen op de markt verkrijgbaar, die goede esthetische resultaten laten zien. Daarnaast kan zon op dak goed met groen gecombineerd worden, maar ook dan moet het vanaf de eerste bouwkundige berekeningen worden meegenomen.

Groen en gezond leven in de stad

Groene structuren

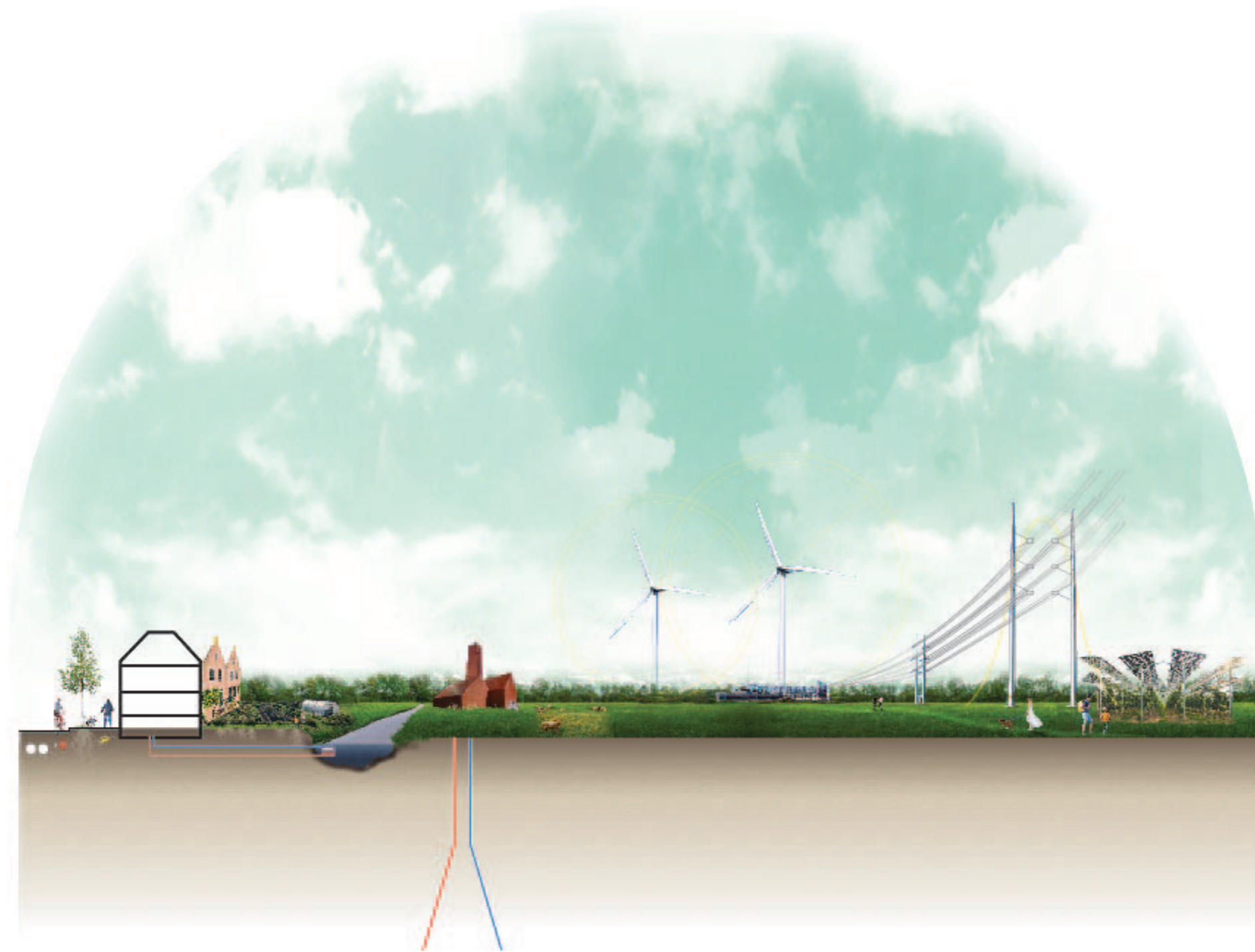


Omschrijving

Voor groen en gezond leven in de stad moet ruimte worden gerealiseerd en behouden. We maken hierbij onderscheid in (aaneengesloten) structuren en stadsranden. In de (groene) structuren is ruimte voor langzame mobiliteit, bewegen, sporten, rusten, nabijheid van groen, klimaatadaptatie en ecologie.

Groen en gezond leven in de stad

Stadsrand



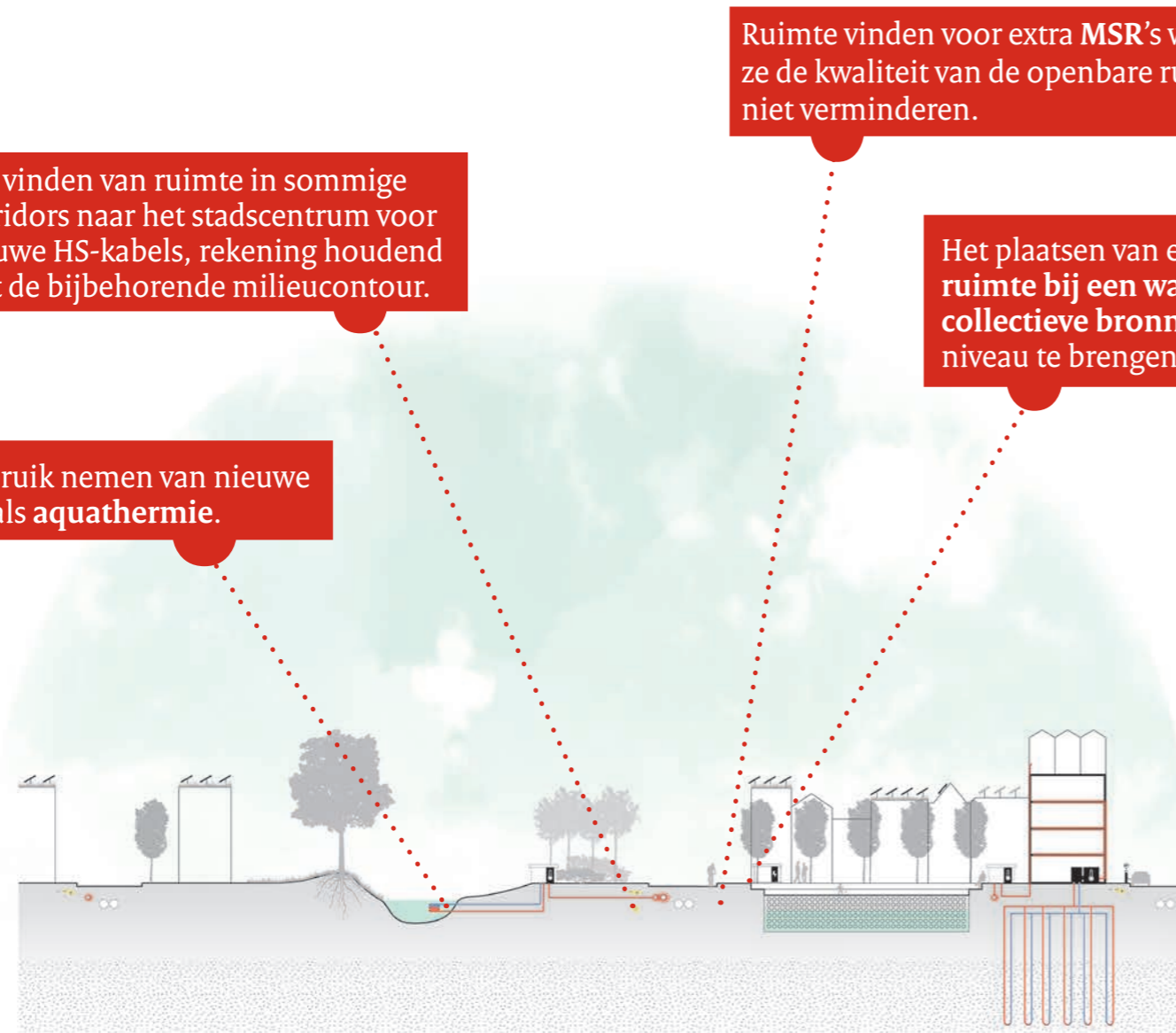
Omschrijving

In de stadsranden eindigt de stad en begint het landschap. De stadsranden zijn locaties waar veel verschillende functies samenkomen. Het zijn overgangsgebieden waar bovenlokale vraagstukken voor energie en klimaat, voedsel en natuur, mobiliteit, leefomgeving en recreatie bij elkaar komen.

Stadsranden zijn locaties waar gezocht wordt naar mogelijkheden voor de productie van hernieuwbare elektriciteit die niet in de stad zelf kan worden opgewekt. Stadsranden zijn ook vaak de locaties waar het hoogspanningsnet wordt omgeschakeld naar een lagere spanningsniveau. Dit zijn relatief weinig, maar wel zeer grote onderstations. Binnen de magneetveldzones van hoogspanningskabels en onderstations zijn gevoelige functies (zoals kinderdagverblijven) niet gewenst. De milieucontouren vragen om een zorgvuldige afweging tussen ruimtelijke functies.

Groen en gezond leven in de stad

Groene structuren



Het vinden van ruimte in sommige corridors naar het stadscentrum voor nieuwe HS-kabels, rekening houdend met de bijbehorende milieucontour.

Het vinden en in gebruik nemen van nieuwe warmtebronnen, zoals aquathermie.

Ruimte vinden voor extra MSR's waar ze de kwaliteit van de openbare ruimte niet verminderen.

Het plaatsen van een WOS in de publieke ruimte bij een warmtenet om warmte uit collectieve bronnen op het juiste temperatuurniveau te brengen en in de buurt te verdelen.

Technische maatregelen

Op deze doorsnede worden technische maatregelen beschreven ten behoeve van de energietransitie in de groene structuren.

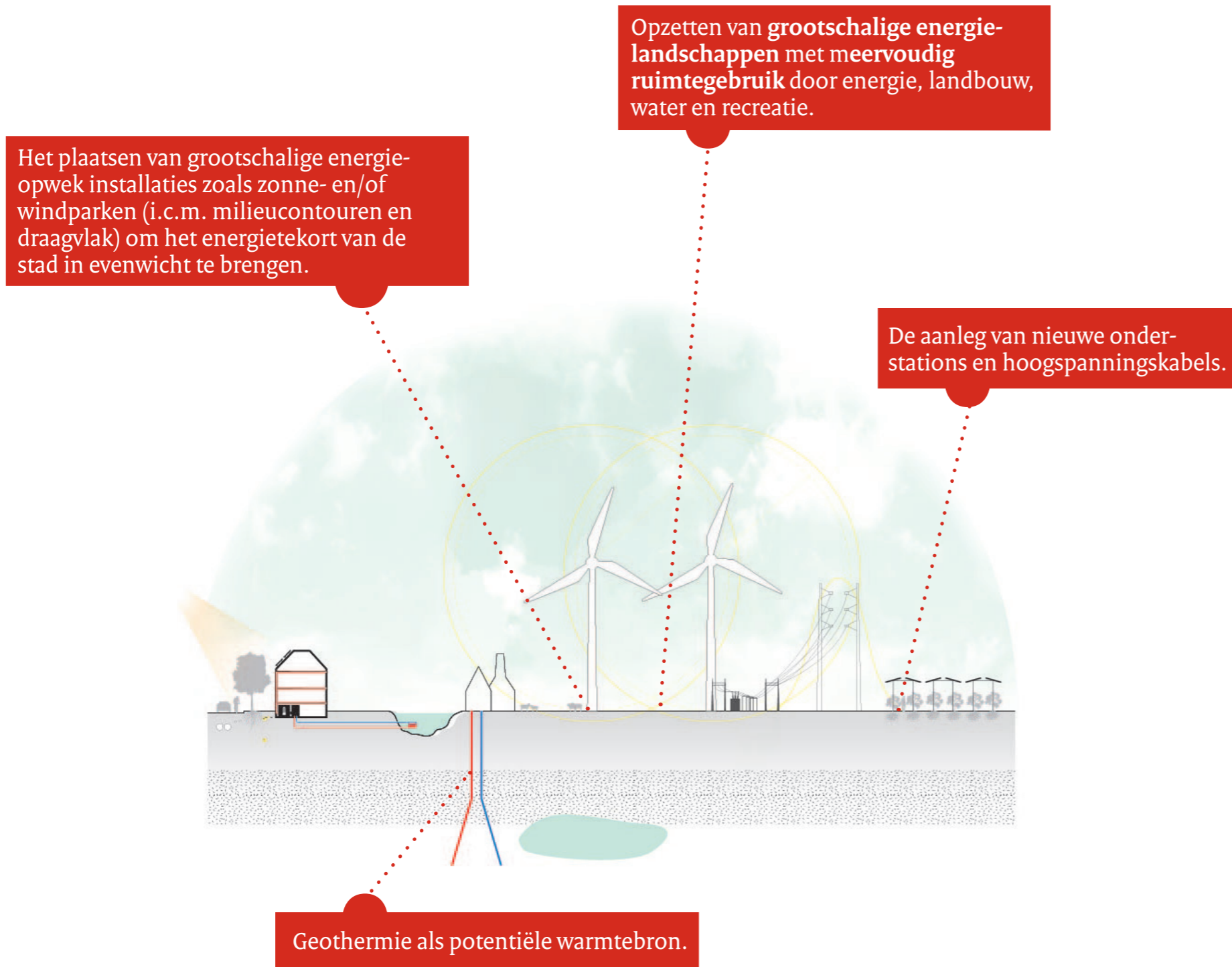
In de openbare ruimte moet ruimte worden gevonden voor het plaatsen van middenspanningsruimtes (MSR's), wijkbatterijen en warmteoverdrachtstations (WOS).

De benodigde ruimte voor een MSR is tussen de 200 en 4000 m². Op een MSR kunnen volgens Liander maximaal 200 huishoudens binnen een maximale straal van 200 meter worden aangesloten. Dat betekent dat deze objecten veelvuldig in het straatbeeld aanwezig zullen zijn. Liander realiseert voornamelijk niet-betreedbare prefab stations. Deze stations worden in een fabriek samengesteld en kunnen relatief snel op locatie worden geplaatst en aangesloten.

De 380 en 220 kv hoogspanningsverbindingen worden voornamelijk bovengronds aangelegd. De nieuwe 150 kv verbindingen worden voornamelijk ondergronds aangelegd. Zowel de ondergrondse als bovengrondse verbindingen kennen een milieucontour, waardoor deze verbindingen in de stad vaak zijn gecombineerd met groene structuren.

Groen en gezond leven in de stad

Stadsrand

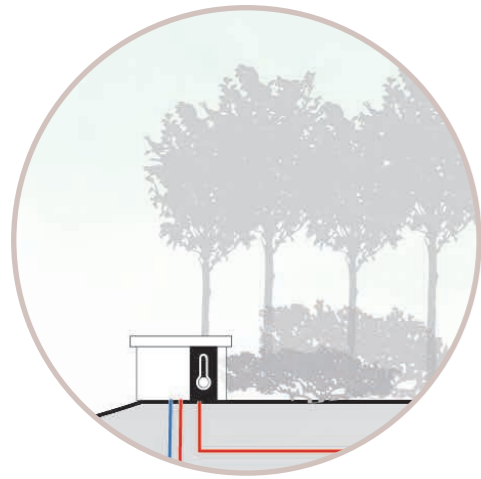


Technische maatregelen

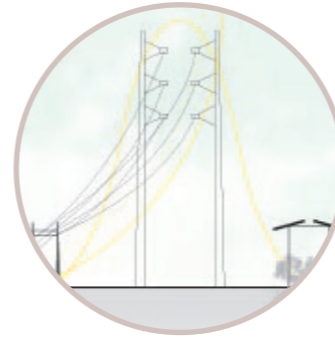
Stadsranden zijn de groene uitloopgebieden van de stad. Doordat er weinig mensen wonen is er ruimte voor objecten met grotere milieucontouren, zoals windturbines en onderstations. De plaatsing van energieproductie in de nabijheid van de stad heeft als voordeel dat het relatief dichtbij de vraag is gelegen.

Zonne- en windenergie kan gecombineerd worden met andere functies, zodat meervoudig ruimtegebruik ontstaat. Hierdoor kunnen meerdere functies naast elkaar blijven bestaan. Een voorbeeld hiervoor is agrivoltaics, waarbij de teelt van groenten of fruit met zonnepanelen wordt gecombineerd. De groenten en het fruit worden dan door de zonnepanelen beschermd tegen weersinvloeden. Meervoudig ruimtegebruik kan ook de combinatie zijn van recreatie met energie, zoals zonnepark waarin ook gewandeld en gespeeld kan worden.

Groen en gezond leven in de stad



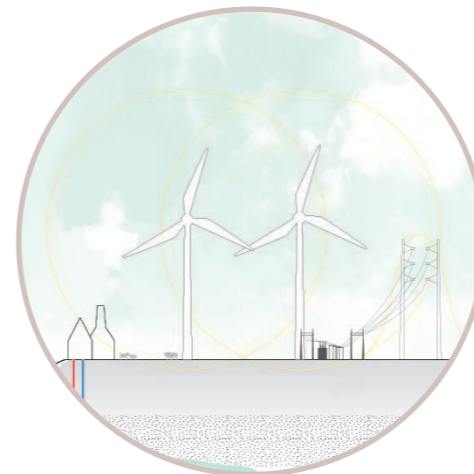
Ruimte voor WOS, OS en MSR's in de buurten zijn nodig voor de energietransitie. Deze 'Huisjes in de wijk' nemen in toekomst veel meer ruimte in. Er moeten strategieën voor de plaatsingen worden gevonden, zodat de kwaliteit van de openbare ruimte behouden blijft.



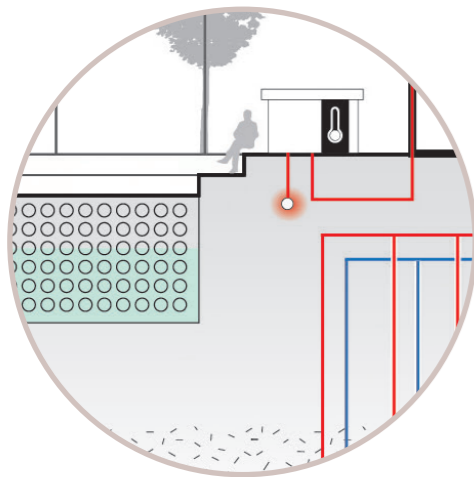
Hoogspanningslijnen hebben een magneetveldzone met een beperking voor andere functies. Dit betekent dat kwetsbare objecten zoals woningen en kinderdagverblijven niet in de directe nabijheid aanwezig zijn. De oudere donaumasten hebben een breder magneetveld dan de nieuwere wintrackmasten.



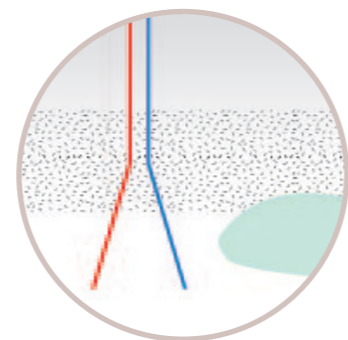
Voor het verminderen van de opwarming van de straatruimte is het de beste keuze bomen en andere bergoening aan de zonnige kant van de straat te planten, zodat het **verkoelende effect** het grootst is. Dit kan conflicteren met kabels en leidingen in de ondergrond.



Windturbines hebben milieuruimtes die andere ontwikkelingen tegenhouden. Windturbines moeten (afhankelijk van de afmetingen en het geluidsniveau) een bepaalde afstand hebben tot woningen en andere kwetsbare objecten. Daardoor zijn er beperkte mogelijkheden. Bestaande windturbines kunnen ook toekomstige ontwikkelingen, zoals de bouw van nieuwe woningen, verhinderen.



Het benodigde ruimtegebruik voor **klimaatadaptatie** en de energietransitie kan conflicteren. Vooral objecten voor waterberging, zoals retentiekranen, kunnen veel ruimte in beslag nemen. Dit beperkt de ruimte voor kabels, leidingen, WKO's en boomwortels.



Bij de boringen voor de energiewinning door geothermie mag er geen interactie met grondwaterputten bestaan. Hier is bijzondere voorzichtigheid geboden.

Conflicten en kansen

Klimaatadaptatie, recreatie, ecologie en ruimte om te sporten en spelen zijn allemaal ruimtevragers die kunnen conflicteren met bovengrondse energie-infrastructuur. Klimaatadaptatie en ecologie kunnen ook conflicteren met ondergrondse energie-infrastructuur, bijvoorbeeld bij de aanleg van waterberging of voor de ruimte van bomen.

Naast het directe ruimtebeslag van elementen uit het energiesysteem speelt ook de milieuruimte mee voor geluid, veiligheid, slagschaduw en magneetvelden. Dit zorgt ervoor dat kwetsbare objecten, zoals woningen en hotels, niet in de nabijheid van windturbines, hoogspanningsleidingen en onderstations gebouwd kunnen worden. Daarnaast zorgt het ervoor dat windturbines en onderstations op plekken worden gebouwd waar geen huizen in de omgeving staan.

Woonwijken van de toekomst

Stempelbouw (jaren 50-60) en Bloemkoolwijk (jaren 70-80)



Omschrijving

Het thema woonwijken van de toekomst gaat over het duurzaam en veerkrachtig maken van naoorlogse woonwijken in Nederland. In de doorsnede maken we onderscheid tussen twee stedenbouwkundige typologieën: stempelbouw en bloemkoolwijken.

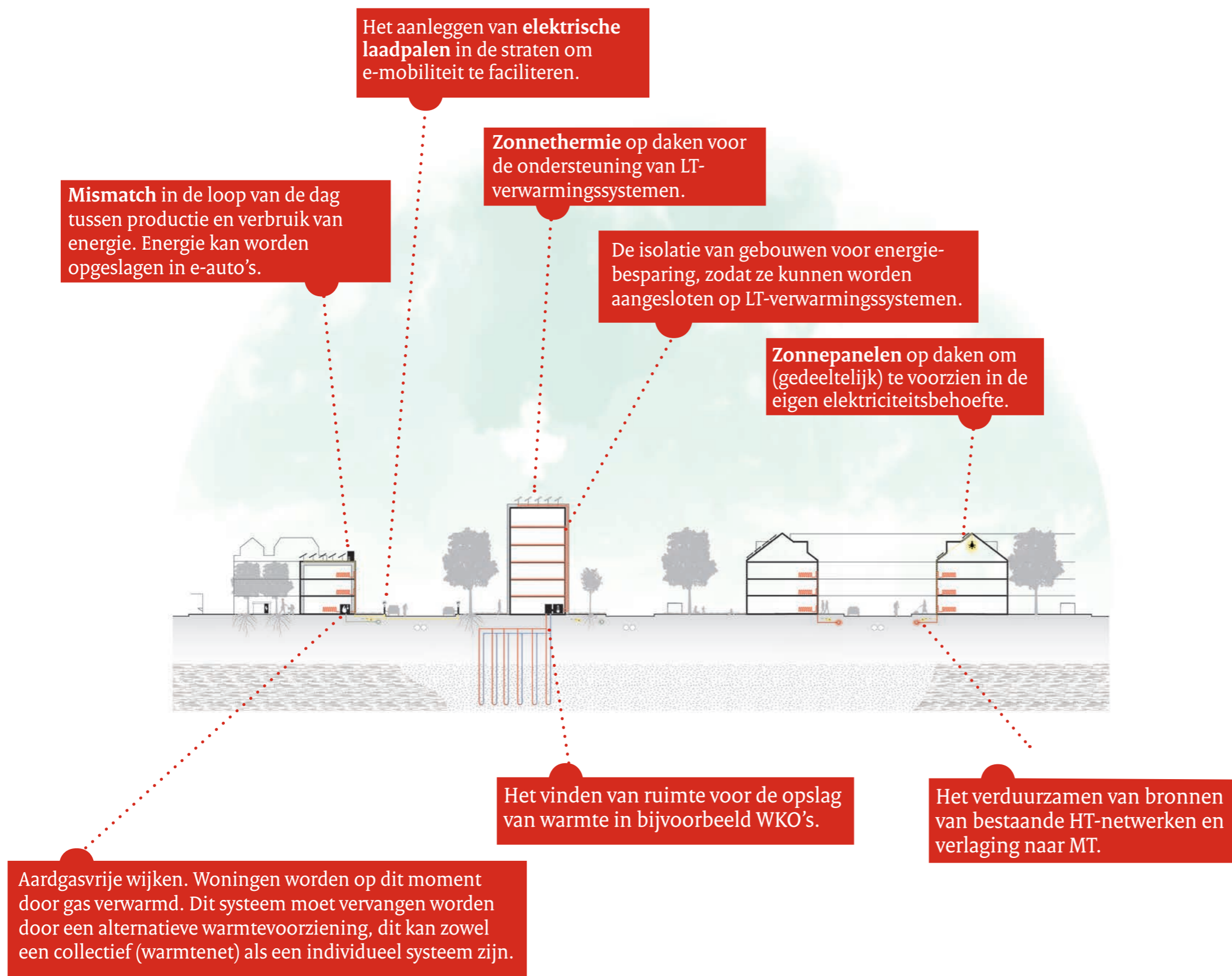
Stempelbouw uit de jaren 50 en 60 van de vorige eeuw is een stedenbouwkundige typologie die bestaat uit een patroon van enkele typen bouwblokken met tussenliggende verkeers- en recreatieruimtes. Dit patroon werd een aantal keer herhaald. Het leidde tot een heldere en rationele stedenbouw.

Bloemkoolwijken worden getypeerd door de bloemkoolstructuur, de aanwezigheid van woonerven en de aanwezigheid van veel groen en een stevige groenstructuur.

De naoorlogse wijken vragen om een samenhangende aanpak voor de verduurzaming van woningen, de openbare ruimte en een kwaliteitsimpuls voor de wijk door het toevoegen van woningen en voorzieningen.

Woonwijken van de toekomst

Stempelbouw (jaren 50-60) en Bloemkoolwijk (jaren 70-80)



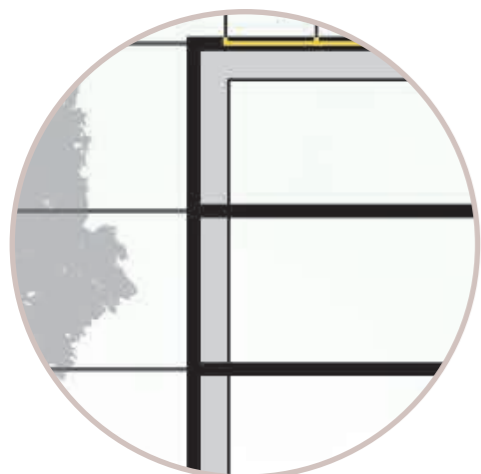
Technische maatregelen

De naoorlogse woonwijken voldoen niet meer aan de huidige duurzaamheidsstandaarden. Dat betekent dat er een flinke opgave ligt in de warmtetransitie en het isoleren van huizen.

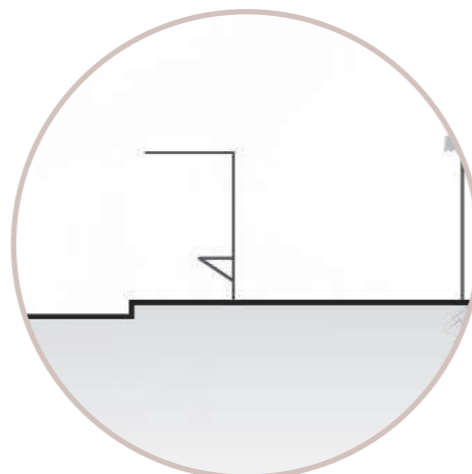
In de warmtetransitievizies bepalen gemeenten wanneer en op welke manier wijken van het gas afgaan. Om wijken geschikt te maken voor lage temperatuurbronnen, is isolatie van de bestaande woningvoorraad nodig. Wanneer de keuze voor een collectief systeem wordt uitgesteld, is er een toenemende kans dat bewoners op zoek gaan naar individuele warmte-oplossingen. Dit maakt de businesscase voor een collectief systeem ingewikkelder.

Woonwijken van de toekomst

Stempelbouw (jaren 50-60) en Bloemkoolwijk (jaren 70-80)



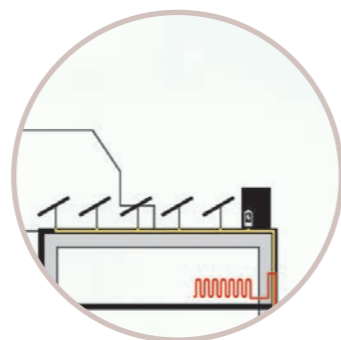
Het **isoleren** van de bestaande voorraad is belangrijk om energie te besparen en aansluiting op LT-netwerken mogelijk te maken. Afhankelijk van het type gebouw en de gekozen vorm van isolatie kan dit tot ruimteverlies in de woningen leiden of tot een verandering van de gevel. Voor sommige gebouwen is sloop-nieuwbouw i.p.v. isolatie de beste oplossing.



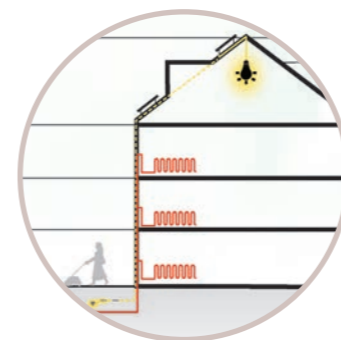
Voor de **aanleg van MSR's** hoeft geen bouwvergunningsprocedure worden doorlopen. De keuze voor de locatie van deze onderstations wordt vaak niet integraal en op basis van stedenbouwkundige keuzes gemaakt, waardoor ze op nadelige locaties voor de openbare ruimte gebouwd kunnen worden.



Bij de **plaatsing van laadpalen** betekent het dat een parkeerplaats met een laadpaal nog voor meerdere jaren een parkeerplaats zal zijn, wat inhoudt dat de parkeerplaats niet groen en klimaatadaptief kan worden ingericht. Daarom is het van belang bij de plaatsing van laadpalen na te denken over het toekomstige straatbeeld. Daarnaast moet er voldoende netwerkcapaciteit zijn om de laadpalen te kunnen aansluiten op het netwerk.



(Buurt)**batterijen** kunnen tijdelijk energie opslaan. Buurtbatterijen als lokale oplossing van netcongestie hebben op dit moment niet de voorkeur van netbeheerder Liander. Daarnaast is het laagspanningsnet - waar woningen op zijn aangesloten - voornamelijk uitgesloten voor congestiemanagement. Hierdoor mogen buurtbatterijen of andere flexibiliteitsoplossingen (nog) geen rol spelen in congestiemanagement, waardoor ze (nog) geen bijdrage kunnen leveren aan het verminderen van lokale netcongestieproblematiek.



Wanneer de zon schijnt, produceren alle zonnepanelen in de wijk tegelijkertijd elektriciteit. Wanneer het verbruik op dat moment laag is, gaat al deze elektriciteit tegelijkertijd het net op. **Dit kan zorgen voor netcongestie.** Om te voorkomen dat al de elektriciteit tegelijkertijd het net op gaat, kan de elektriciteit tijdelijk worden opgeslagen in huis- of wijkbatterijen of in de batterijen van de elektrische auto.

Conflicten en kansen

In de naoorlogse woonwijken verandert het energiesysteem en de bestaande bebouwing om aan de huidige duurzaamheidsstandaarden te voldoen. Deze transitie vraagt om veranderingen in en om het huis. Huizen moeten beter worden geïsoleerd en koken moet voortaan elektrisch. Dit vraagt niet alleen om een particuliere investering binnen de woning, maar ook om een grote gedragsverandering van mensen. Dat maakt de energietransitie ook een sterke maatschappelijke opgave.

Elektrificeren van bestaande wijken wordt door de netbeheerder als beheersbaarder gezien, mits de elektrificatie verspreid over de tijd plaatsvindt. De impact op de huidige bewoners is groot, waardoor dit traject een lange aanlooptijd heeft. Wanneer de elektrificatie gespreid plaatsvindt, heeft de netbeheerder tijd om het netwerk gereed te maken.

Zonnepanelen op daken kunnen vanuit het perspectief van het netwerk lastig zijn, omdat er op dit moment in veel gebieden niet genoeg transportcapaciteit is om de elektriciteit te transporteren. Zon op dak is vanuit het perspectief van het netwerk het zinnigst wanneer er een energievragers onder het dak met zonnepanelen zit of in de nabijheid hiervan.

3 Inrichtingsprincipes

Introductie

Energie en de ruimtelijke consequenties ervan zijn relatief nieuw in de `toolbox' van ontwerpers. Energie is lange tijd alleen behandeld als een technisch vraagstuk, maar die tijd is voorbij: energie is een wezenlijk onderdeel van ons leven en energie zal (weer) zichtbaarder worden in onze leefomgeving.

Voordat wordt ingegrepen met betrekking tot de energietransitie, is het belangrijk om de volgende vragen te stellen:

- Waar is energie voor nodig en in welke vorm?
- Is er een verwachte toename van energie (en in welke vorm)?
- Welk energiesysteem is al aanwezig en heeft dit energiesysteem voldoende capaciteit?
- Zijn er geschikte energiebronnen in de buurt of zijn deze te realiseren?
- Welke energiesystemen zijn geschikt om de vraag met de bron te verbinden?

Hierbij moet niet alleen worden gekeken naar wat de impact op het energiesysteem is, maar ook wat het ruimtelijk betekent. Daar is een integrale aanpak voor nodig. Hoewel energie nieuw is in de ontwerppraktijk,

werken steden hard aan de ontwikkeling van verschillende methodes, ontwerpprincipes en inrichtingsprincipes, om grip te krijgen op de energietransitie en de ruimtelijke gevolgen ervan.

Op de volgende pagina's staan voor de drie verschillende ruimtelijke thema's (hoogstedelijke knooppunten, woonwijken van de toekomst en groen en gezond leven in de stad) inrichtingsprincipes beschreven. Deze inrichtingsprincipes leggen de verbinding tussen energie en de andere ruimtelijke opgaven die spelen in de stad. De inrichtingsprincipes zijn abstract verbeeld in de verschillende doorsnedes. Het is afhankelijk van de context op welke manier en hoe deze inrichtingsprincipes moeten worden ingezet. De principes zijn dan ook niet specifiek bedoeld voor het ruimtelijke thema waar het inrichtingsprincipe is afgebeeld. De lijst met inrichtingsprincipes kan de komende jaren worden aangevuld door ontwerp onderzoek en door het opdoen van ervaring met de (beleids)instrumenten en methodes die op dit moment worden ontwikkeld.

Inrichtings- principes

1 Leg kabels op strategische plekken ten aanzien van bomen

Veel bomen groeien het beste aan de zonkant van de straat. Hier mitigeren ze bovendien hittestress door gevels in de zon te beschaduwden. Door kabels strategisch aan de schaduwkant van de straat te leggen, blijft het mogelijk om hittestress-mitigerende bomen te planten.

2 Water als sturend principe

Waterinfrastructuur speelt een belangrijke rol in de stad: waterveiligheid, waterretentie, klimaatadaptatie, wateropslag, voorziening en waterafvoer. Deze infrastructuur heeft soms een uitgebreid ruimtebeslag in de ondergrond en moet goed gecoördineerd worden met de aanleg van leidingen en kabels van het energiesysteem. Het watersysteem biedt daarnaast ook kansen voor energieproductie, zoals thermische energie uit oppervlakte water (TEO), themische energie uit afvalwater (TEA) en thermische energie uit drinkwater (TED).

3 Bodem als sturend principe

De bodem heeft verschillende technische kenmerken waarmee rekening moet worden gehouden bij de aanleg van energie-infrastructuur, zoals het type bodem (veen, zand, klei etc.) en de huidige situatie van o.a. archeologie. De bodem biedt daarnaast kansen voor energieproductie (zoals geothermie) en energie-opslag (zoals WKO). De potentie voor energie-opslag en energieproductie verschilt per locatie en geologische situatie. Zo stuurt de gemeente [Amsterdam](#) door een bodemenergieplan het toekomstige energiesysteem in transformatiegebieden. De gemeente wil er zo voor zorgen dat de bodem zo efficiënt mogelijk wordt gebruikt.

4 Klimaatadaptieve maatregelen kunnen zorgen voor extra ruimte in de ondergrond

Elektriciteitskabels worden warm bij gebruik. Op sommige locaties wordt de ruimte voor extra kabels beperkt door te hoge warmteontwikkeling in de grond. Klimaatadaptieve maatregelen, zoals het verwijderen van verharding en plaatsen van groen kunnen bijdragen aan het minimaliseren van deze beperkingen.

5 Pas de MSR's integraal in

[Middenspanningsruimtes](#) (MSR's) worden aangelegd door de regionale netbeheerders. MSR's met een oppervlakte tot 15 m² kunnen zonder vergunning, maar met toestemming van de grondeigenaar worden geplaatst. Een station kan maximaal 200 woningen op een afstand van maximaal 200 meter voeden ([Liander](#)). Ze komen vaak ad hoc terecht op plekken van waarde voor de wijk, bijvoorbeeld op een plein. Er is een strategie nodig voor een goede plaatsing en inpassing in de wijk. Zo werkt de gemeente Rotterdam momenteel aan een afwegingskader voor de plaatsing van o.a. MSR's.

6 Houd rekening met de (toekomstige) laadinfrastructuur voor elektrische auto's

Er is een sterk toenemende behoefte aan laadpunten. Daarom is het belangrijk in nieuwe parkeergarages de mogelijkheid te creëren op een later moment de laadinfrastructuur te realiseren en uit te breiden.

De plaatsing van laadpalen moet in relatie gebeuren met mogelijke toekomstige ontwikkelingen, zoals een beplantingsstrategie. Wanneer wordt geparkeerd aan de schaduwzijde, kunnen bomen aan de zonzijde worden geplaatst, zodat ze verkoeling bieden aan de zonzijde van de straat.

Inrichtings- principes

7 Hoogstedelijke knooppunten als (snel)laadpunten voor elektrisch openbaar vervoer

Hoogstedelijke knooppunten zijn de locaties waar openbaar vervoer veelvuldig langskomt. Vanuit dat oogpunt is het een geschikte locatie om (kort) te laden. Dit vraagt echter de benodigde infrastructuur en ruimte om te laden.

8 Organiseer de kabels en leidingen

De gemeente Leiden doet onderzoek naar de ontwikkeling van een “kabelrek” waarmee de ondergrondse infrastructuur, zoals leidingen en kabels, onder elkaar geplaatst kunnen worden – en niet naast elkaar zoals op dit moment gebeurt.

9 Maak een afweging voor de functie van het dak en gevel

Daken worden voor steeds meer functies ingezet, zoals voor energieproductie, maar ook voor regenwateropvang, recreatie, biodiversiteit en stadslandbouw. Een afweging tussen deze verschillende functies is van belang. Ook een combinatie is mogelijk. Zonnepanelen en groene daken kunnen bijvoorbeeld goed worden gecombineerd. Door het groen worden de panelen gekoeld, waardoor de opbrengst toeneemt. Gebouwen moeten echter wel berekend zijn op deze extra last op de daken en/of er moet bij de nieuwbouw rekening mee worden gehouden.

Maak een afweging over waar de gevel een bijdrage kan leveren aan opwekking en waar geen (goede) bijdrage kan worden geleverd, door rekening te houden met oriëntatie, achterliggende functie en beschaduwning.

10 De inrichting van de straat heeft gevolgen voor de inrichting van de ondergrond

Ondergrondse infrastructuur kan niet overal liggen. Zo mogen gasleidingen vanwege explosiegevaar bij ophopend gas bij lekkage niet onder gesloten verharding zoals asfalt liggen.

Beheerders van waterleidingen hebben een verplichting om lekkages binnen een bepaalde tijd te verhelpen.

Daardoor leggen ze hun leidingen liever niet onder plekken waar ze moeilijk bij kunnen, zoals onder parkeerplekken of rijbanen. Kabels en leidingen worden bij voorkeur onder de bestrating gelegd om een goede bereikbaarheid te garanderen. Een brede stoep is niet alleen van waarde voor de voetgangers, maar ook voor de snelle en makkelijke toegang naar de ondergrondse infrastructuur. Ook is er de voorkeur voor het plaatsen van warmtenetten onder klinkers

i.p.v. onder asfalt. Dit laat zien dat de afmetingen van straten en de materiaalkeuze bepalend zijn voor de organisatie van de ondergrond. De energietransitie heeft een link met de inrichting van straten en de bijbehorende mobiliteitstransitie.

Door economische ontwikkelingen op dit moment en in het verleden worden de bouwvolumes op kavels groter en neemt de hoeveelheid openbare ruimte af. Dit zorgt ervoor dat er nog minder ruimte in de onder- en bovengrond beschikbaar is voor energie-infrastructuur. Bij nieuwe straatprofielen zal rekening moeten worden gehouden met voldoende ruimte in de ondergrond voor huidige en toekomstige ontwikkelingen.

11 De keuze van de locatie van onderstations (MS-MS, HS-MS) is een ontwerpogave

Bij grote nieuwbouwprojecten, maar ook in bestaande wijken, moeten in de stad meerdere grote onderstations gebouwd worden om de energietransitie te realiseren. Deze ruimteclaim vraagt om onderzoek naar wat de komst van het onderstation met bijbehorende verbindingen betekent voor de stad. Waar biedt het onderstation kansen en waar houdt het onderstation ontwikkelingen tegen? Een onderstation met netwerkcapaciteit trekt ontwikkelingen aan, zoals een bedrijventerrein. De vraag is echter of dat bedrijventerrein ook gewenst is op die plek.

12 Voorkom afwenteling van de energieproductie

De productie van hernieuwbaar energie zo min mogelijk afwentelen, betekent minder transport en minder ruimtegebruik buiten de stad. Hoe beter de potentie van een gebouw en van een wijk benut wordt, hoe minder grote opweklocaties aan de randen van de stad of in het buitengebied nodig zijn. De gemeente Utrecht werkt momenteel aan energieprotocollen, zodat ze bij toekomstige ontwikkelingen kunnen sturen. Het Utrechts Energie Protocol is een stappenplan voor het maken van klimaatneutrale plannen. Het helpt erbij te zorgen voor energiebesparing, hergebruik van energie en het opwekken van duurzame energie.

Het Utrechts Energie Protocol stuurt aan op gebouwen of gebieden die in gebruik klimaatneutraal zijn. Het energieverbruik voor de bouw- en sloopfase blijft buiten beeld.

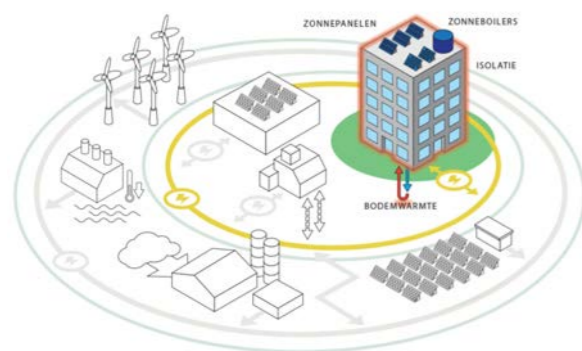
De richtlijn is:

1. Bereik eerst zoveel mogelijk op gebouw- of perceelsniveau;
2. Kijk daarna naar de mogelijkheden binnen het gebied of op buurt- en wijkniveau;
3. Kijk ten slotte pas verder buiten het plangebied voor het opwekken van duurzame energie.

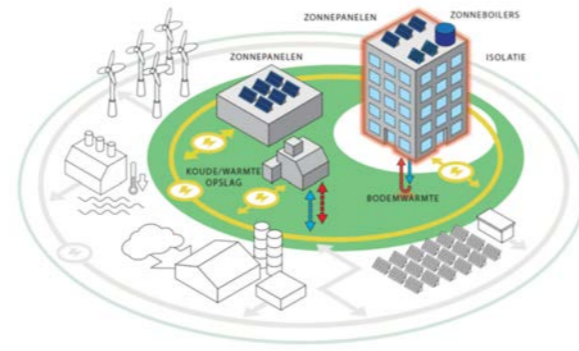
13 Stadsranden zijn gebieden met een hoge dynamiek en verschillende ruimtevragers. Houd daar rekening mee en gebruik meervoudig ruimtegebruik waar mogelijk

Vele opgaven die niet in het midden van de stad kunnen worden opgelost, zullen een plek in de stadsrandzone krijgen. Hier is het van belang om waar mogelijk recreatieve, energetische en landbouwfuncties te combineren. Bestaande voorbeelden zijn de combinatie van frambozenteelt en zonnepanelen en zonneparken waarin gewandeld en gerecreëerd kan worden (Zonnepark de Kwekerij, Hengelo GLD)

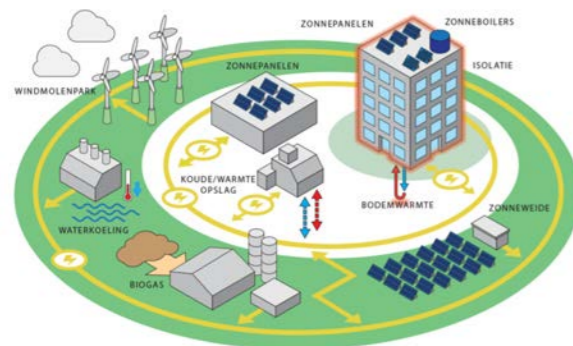
Inrichtings- principes



Stap 1 Energieprotocol Utrecht



Stap 2 Energieprotocol Utrecht



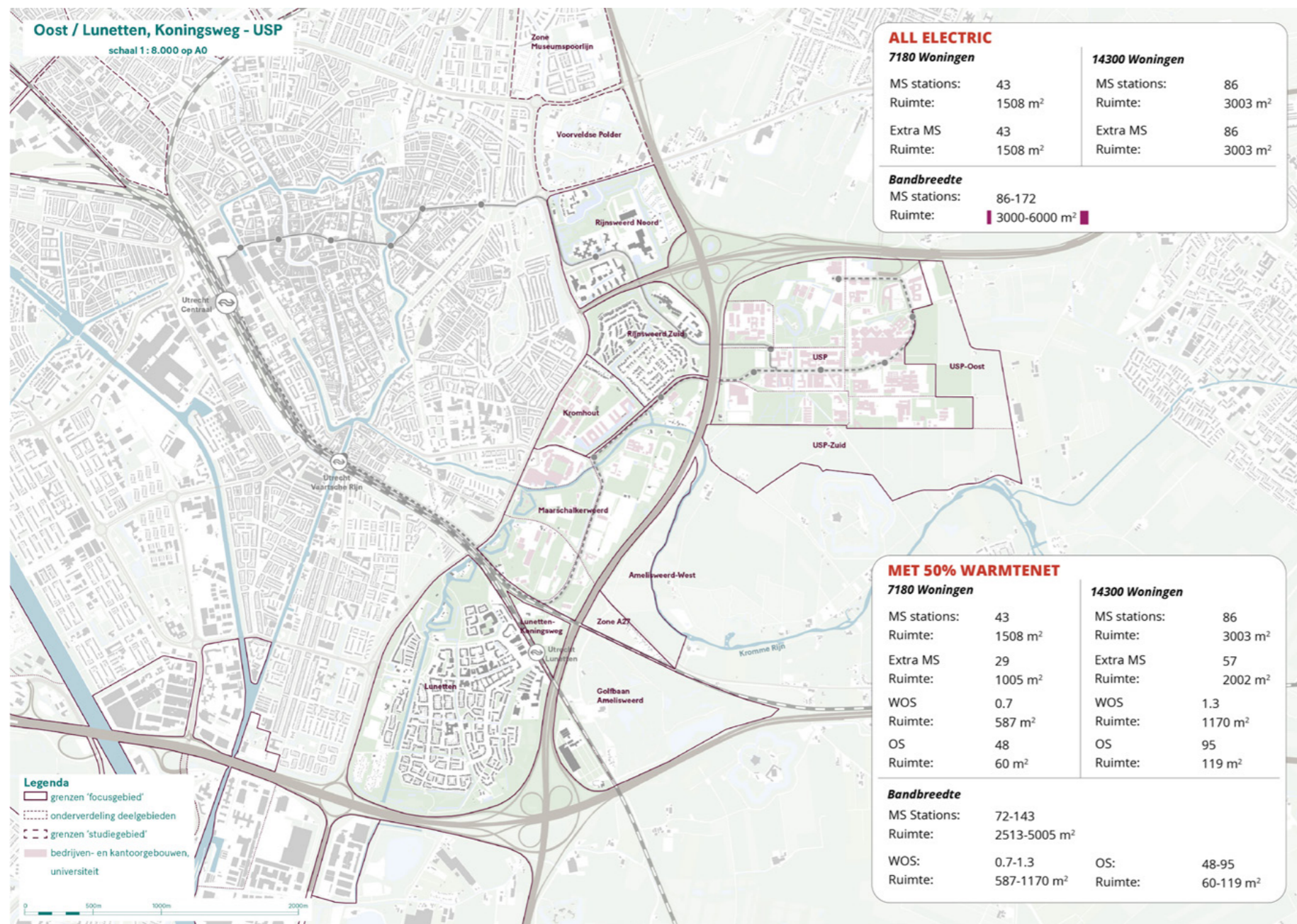
Stap 3 Energieprotocol Utrecht

14 Neem het ruimtebeslag van een energiesysteem mee in de keuze voor een energiesysteem

Elk energiesysteem heeft zijn eigen ruimtelijke kenmerken. Een energiesysteem bestaande uit een warmte- en een elektriciteitsnetwerk kan minder ruimte in beslag nemen in de straat dan wanneer alleen voor een all-electric systeem wordt gekozen. De kennis over het ruimtegebruik van

elementen van het energiesysteem kan beslissingen beïnvloeden als ruimte een schaars goed is. Zo kan een gemeente afdwingen om voor een bepaald energiesysteem te kiezen bij een gebiedsontwikkeling of bij de transformatie naar aardgasvrije wijken.

Inrichtings- principes

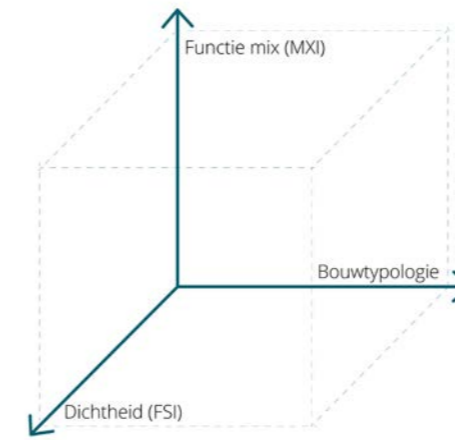


15 De energetische balans is afhankelijk van stedenbouwkundige beslissingen

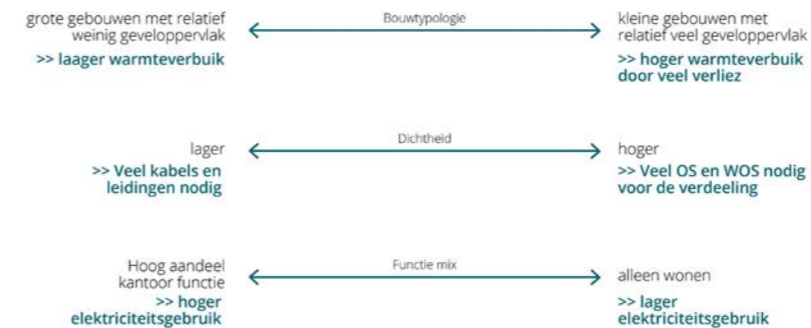
Dichtheden, bouwtypologie en de mixed-use index (MXI) zijn bepalend voor het energieverbruik van een wijk. Deze drie parameters zijn sterk met elkaar verweven. De volgende drie vuistregels kunnen worden gebruikt:

- (1) MXI: Een hoog aandeel kantoren heeft een hoger energieverbruik dan een hoog aandeel woningen.
- (2) Gebouwtypologie: Gebouwen met een groot geveleppervlak en een klein totaal volume verliezen meer warmte en hebben daardoor een hoger warmtegebruik.
- (3) Wijken met een lage dichtheid vragen relatief meer leidingen en

kabels voor de ontsluiting, maar deze wijken hebben door de lagere dichtheid een hogere potentie om energieneutraal te zijn. Uiteindelijk vragen wijken met een hoge dichtheid ook veel ruimte voor kabels, leidingen en middenspanningsruimtes (MSR's) doordat er door de hoge dichtheid meer woningen zijn. De potentie om zelfvoorzienend te zijn is in wijken met een hoge dichtheid relatief laag. De uiteindelijke energetische balans is afhankelijk van afwegingen tussen stedenbouwkundige, energetische en functionele redenen.



Het speelveld voor de bepaling van de energiebalans met voorbeelden



16 Energie sturend in stadsontwikkeling

Tot nu toe volgt het energiesysteem de belangen van de woningbouw. Door de huidige congestie zal het vaker andersom gaan. De energetische gegevens zijn bepalend voor de locatiekeuzes van bedrijven en woningbouwlocaties. Bijvoorbeeld de aanwezigheid van een geothermiebron om kassen of woningen te bouwen. Naast de locatiekeuze gaat dit ook over programmering en de keuze van (woning)bouwtypologieën in gebiedsontwikkelingen.

17 Architectuur kan bijdragen aan het vergroten van maatschappelijk draagvlak van energie-infrastructuur

Bij het nieuw te bouwen onderstation van Liander in St-Maartensbrug bleek dat diverse omwonenden ontevreden waren over het ontwerp en dat ze graag meer zeggenschap wilden hebben. Liander heeft samen met de gemeente Schagen drie werksessies georganiseerd, waarin samen met omwonenden is gekeken naar hoe het ontwerp beter kan aansluiten bij de identiteit van de Zijperpolder. Deze aanpak heeft het draagvlak voor de komst van het [onderstation](#) vergroot.

18 Geen hoogwaardige energiebronnen waar het laagwaardig kan.

De gebouwde omgeving is een grootverbruiker van laagwaardige energie (warmte tussen 40 en 80 graden Celsius). In de zomer is de benodigde warmtevraag nog laagwaardiger i.v.m. koeling met 10 graden Celsius. Daardoor kan de gebouwde omgeving gebruik maken van laagwaardigere energiebronnen zoals restwarmte, aquathermie etc. Andere sectoren, zoals de industrie, kunnen daar geen gebruik van maken en hebben hoogwaardige bronnen zoals waterstof harder nodig. De gebouwde omgeving zal daarom in moeten zetten op het minimaliseren van de inzet van hoogwaardige energiebronnen, zoals waterstof. Bekijk de [waterstofladder](#) van natuur&milieu voor meer informatie.

Inrichtingsprincipes

Hoogstedelijke knooppunten



- 5** Pas de MSR's integraal in
- 6** Houd rekening met de (toekomstige) laadinfrastructuur voor elektrische auto's
- 7** Hoogstedelijke knooppunten als (snel-)laadpunten voor elektrisch openbaar vervoer
- 8** Organiseer de kabels en leidingen
- 9** Maak een afweging voor de functie van het dak en gevel
- 10** De inrichting van de straat heeft gevolgen voor de inrichting van de ondergrond
- 15** De energetische balans is afhankelijk van stedenbouwkundige beslissingen: MXI, dichtheid en bouwtypologie

Groen en gezond leven in de stad

Groene structuren



1 Leg kabels op strategische plekken ten opzichte van bomen

2 Water als sturend principe
Rekening houden met ruimte-claims voor bijv. retentiekragen

4 Klimaatadaptieve maatregelen kunnen zorgen voor extra ruimte in de ondergrond

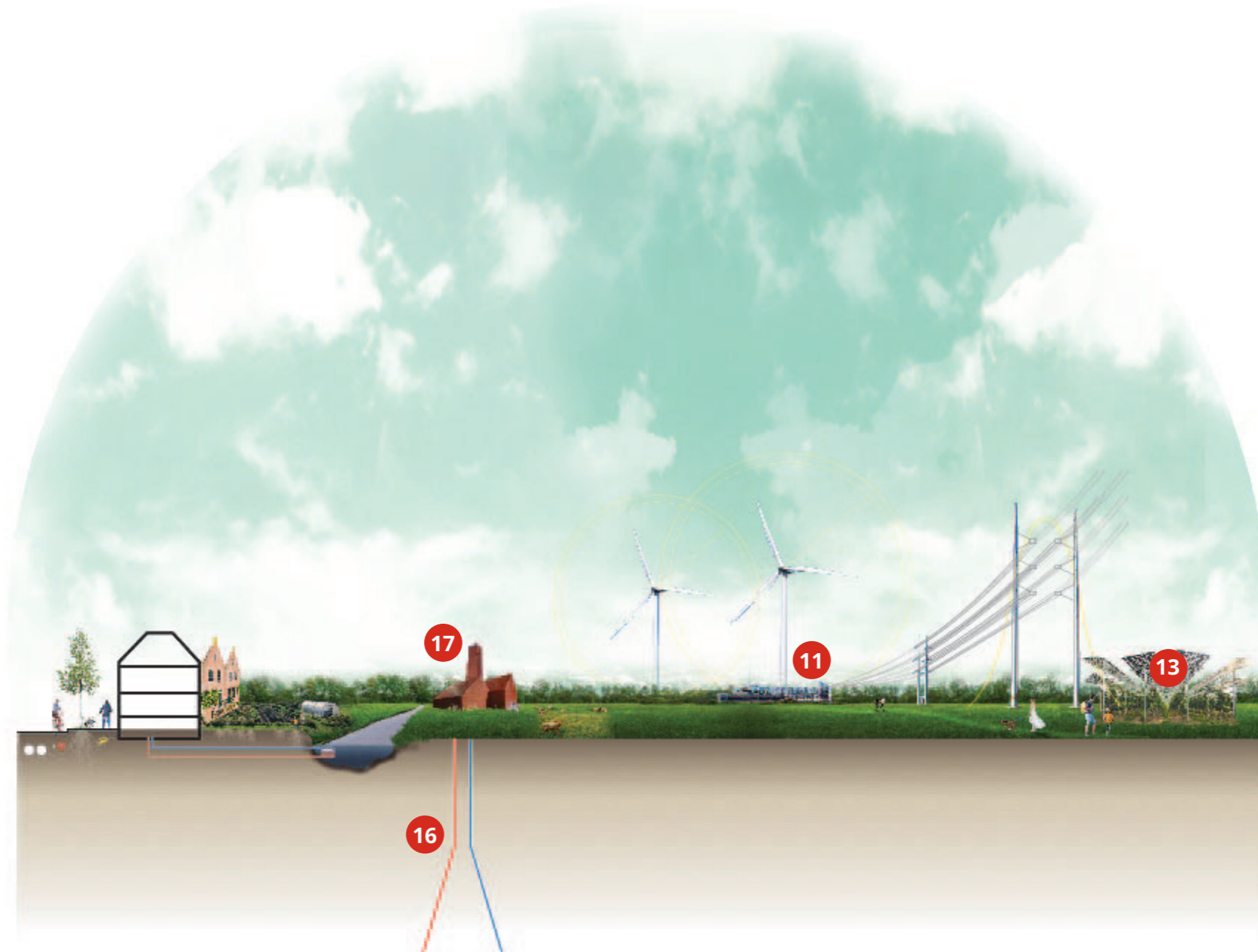
5 Pas de MSR's integraal in

9 Maak een afweging voor de functie van het dak en de gevel

14 Neem het ruimtebeslag van een energiesysteem mee in de keuze voor een energiesysteem

Groen en gezond leven in de stad

Stadsrand



11 De bouw van onderstations (MS-MS, HS-MS) zijn nieuwe, grote ontwerpogaven

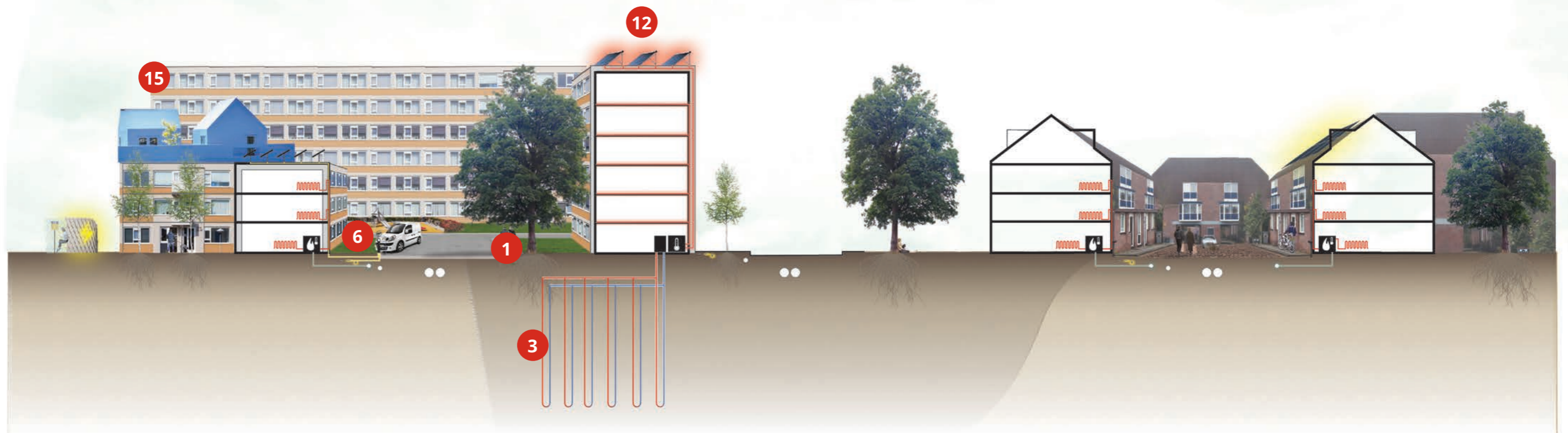
13 Stadsranden zijn gebieden met een hoge dynamiek en verschillende ruimtevragers. Houd daar rekening mee en gebruik meervoudig ruimtegebruik waar mogelijk

16 Energie sturend in stadsontwikkeling
Bouwen waar energie beschikbaar is, bijvoorbeeld geothermie

17 Architectuur kan bijdragen aan het vergroten van maatschappelijk draagvlak

Woonwijken van de toekomst

Stempelbouw (jaren 70) en Bloemkoolwijk (jaren 80)



1 Leg kabels op strategische plekken ten opzichte van bomen

3 Bodem sturend
Rekening houden met eigenschappen en (on)mogelijkheden van de bodem

6 Houd rekening met de (toekomstige) laadinfrastructuur voor elektrische auto's

12 Voorkom afwenteling van de energieproductie

15 De energetische balans is afhankelijk van stedenbouwkundige beslissingen: MXI, dichtheid en gebouwtypologie

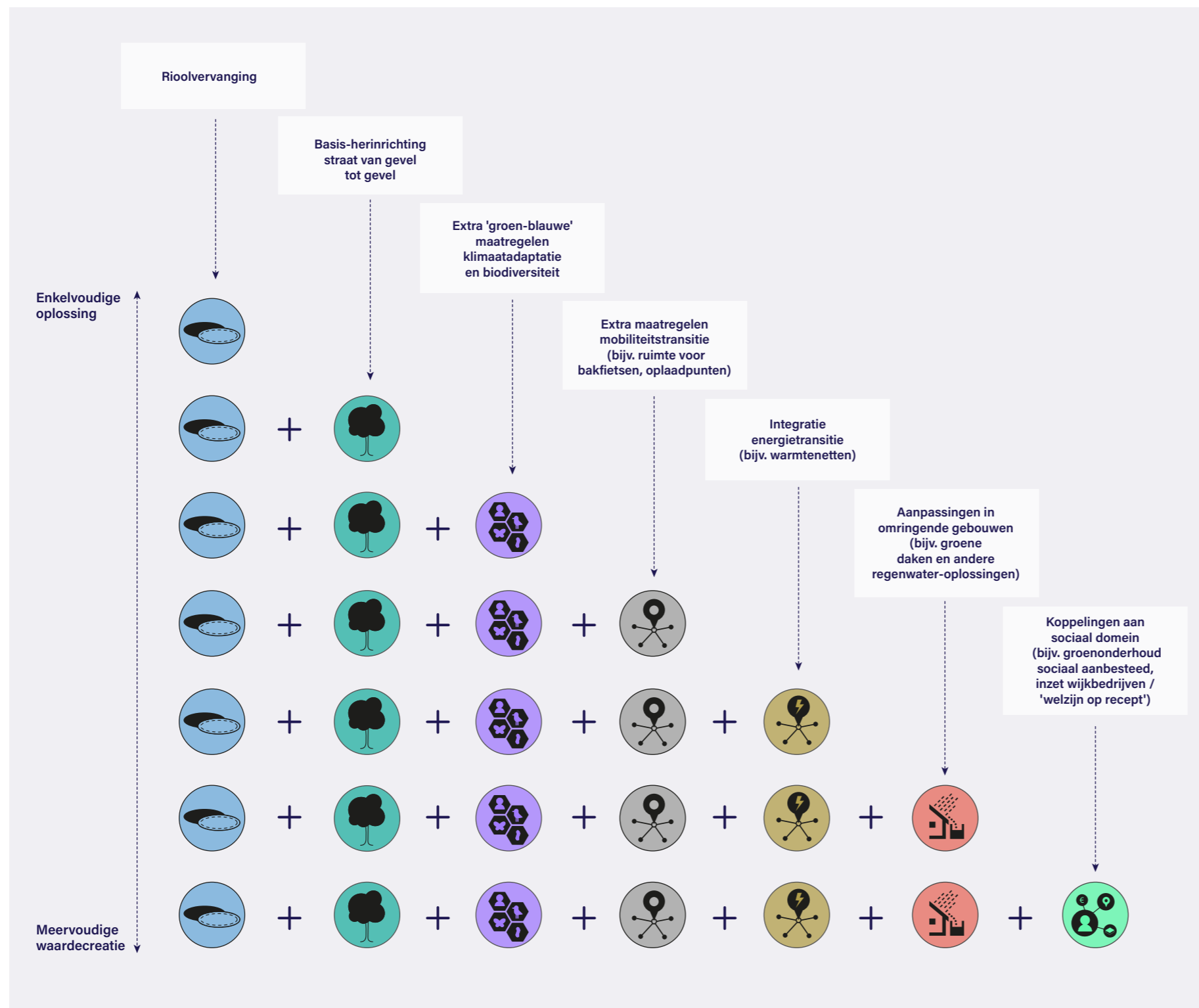
4 Aanleidingen

Introductie

De energietransitie kan een aanleiding zijn om een ingreep te doen in de openbare ruimte. De energietransitie biedt daardoor kansen om andere opgaven als klimaatadaptatie mee te nemen. Daarnaast kan de aanleiding ook komen uit andere opgaven, zoals het verdichten van het bestaand stedelijk netwerk.

Elk ruimtelijk thema heeft haar eigen opgaven. Zo gaat het bij hoogstedelijke knooppunten om verdichting en om het maken van een aantrekkelijk leefklimaat, en bij woonwijken van de toekomst om verduurzamen en het toevoegen van nieuwe functies in de wijk. Deze toekomstige ontwikkelingen zijn aanleidingen om in de energietransitie mee te nemen.

Aanleidingen kunnen enkelvoudig worden opgepakt of leiden tot meervoudige waardecreatie (zie afbeelding). Op de volgende pagina worden kort aanleidingen beschreven voor een ingreep in de openbare ruimte in relatie met de energietransitie.



Bron: Nieuwe ontwerpmethodiek en financieel instrumentarium voor de stedelijke transitie in de openbare ruimte Stipo, DML

- **Verdichten en/of grootschalige transformatie van wijken.** Verdichting en transformatie leidt tot nieuwe energievragers. Hierdoor moet worden nagedacht over hoe deze gebouwen worden voorzien in de eigen energievraag, en of er binnen het kavel mogelijkheden zijn om (zoveel mogelijk) te voorzien in de eigen energiebehoefte. Voor warmte moet worden onderzocht of voor deze gebiedsontwikkeling een individuele of collectieve warmteoplossing het meest geschikt is. Verdichting kan een aanleiding zijn om ook de bestaande woningvoorraad te verduurzamen. In het Dashboard verstedelijking (CRa, 2018) worden de volgende meekoppelvoordelen beschreven:

- Bestaande woningen aansluiten op warmtenet (of andere hernieuwbare energieinfrastructuur).
- Meer mogelijkheden voor doorverhuizen in de wijk (tijdelijk en permanent), zodat woningen vrijkomen voor verduurzaming.
- 'Inkoopvoordeel' bij grootschaligere aanpak van woningen aanpakken in één project.

Relevant voor de thema's:

- > **Hoogstedelijke knooppunten**
- > **Woonwijken van de toekomst**

- **Herinrichten van de straat voor e-mobilitiet.** In hoogstedelijke knooppunten zal naar verwachting de parkeernorm vrij laag zijn. Kunnen collectieve parkeervoorzieningen worden ingericht met laadpalen om te voorzien in de laadbehoefte? In naoorlogse woonwijken is de ruimtedruk over het algemeen lager, waardoor vaker laadpalen bij bestaande parkeerplaatsen langs de straat worden aangelegd. De komst van laadpalen kan een aanleiding zijn voor de herinrichting van de straat, richting meer ruimte voor klimaatadaptatie.

Relevant voor de thema's:

- > **Hoogstedelijke knooppunten**
- > **Woonwijken van de toekomst**

- **Herinrichten van de openbare ruimte voor klimaatadaptatie.** Wanneer de straat opnieuw wordt ingericht om deze klimaatadaptatie te maken, kan worden overwogen of het mogelijk is de werkzaamheden te combineren en direct een warmtenet aan te leggen of het elektriciteitsnet te verzwaren. Zie ter inspiratie het project 'Resilient Leiden' in de bijlage.

Relevant voor de thema's:

- > **Hoogstedelijke knooppunten**
- > **Woonwijken van de toekomst**
- > **Groen en gezond leven in de stad**

Aanleidingen voor ingrepen in de openbare ruimte in relatie tot energie

- **Aardgasvrij maken van wijken.** Nederland wil in 2050 aardgasvrij zijn. Gemeenten hebben de regie in het wijkgericht aardgasvrij maken van de gebouwde omgeving. Dit betekent dat in de woonomgeving wordt ingegrepen. De manier waarop is afhankelijk van de gekozen verwarmingstechniek. Op dit moment zijn er al verschillende proeftuinen waar gezamenlijk het wiel wordt uitgevonden om wijken aardgasvrij te maken. Het programma Aardgasvrije Wijken heeft samen met Drift een schetsboek samengesteld waar koppelkansen worden gedeeld die gemeenten in de praktijk proberen te maken (zie bijlage).

Relevant voor de thema's:

- > **Hoogstedelijke knooppunten**
- > **Woonwijken van de toekomst**

- **Aanpassen van de capaciteitstekorten van het elektriciteitsnetwerk.** Zoals eerder vermeld in dit rapport, gaat het verzwaren en uitbreiden van het elektriciteitsnetwerk ruimte kosten, zowel in de boven- als ondergrond. Liander gaat er vanuit dat op een laagspanningskabel 150 woningen zijn aangesloten, terwijl er maar 15 woningen met een laadpaal op een laagspanningskabel kunnen worden aangesloten. Dit voorbeeld laat zien dat op alle systeemniveau's van het elektriciteitsnet veranderingen nodig zijn. De netwerkuitbreiding vraagt ook om extra Middenspanningsruimtes in de straat.

Relevant voor de thema's:

- > **Hoogstedelijke knooppunten**
- > **Woonwijken van de toekomst**
- > **Groen en gezond leven in de stad**

- **Herinrichten van de straat voor de mobiliteitstransitie.**

Voor de mobiliteitstransitie worden de wegen ingericht, zodat er meer ruimte is voor langzaam verkeer. Het profiel van de straat verandert hierdoor. Het profiel van een straat bestaat uit verschillende onderdelen, zoals een voetpad, fietspad, rijbaan en berm. Ondergrondse objecten kunnen niet overal liggen. Zo mogen gasleidingen niet onder gesloten verharding zoals asfalt liggen, vanwege explosiegevaar bij ophopend gas bij lekkage. Daarnaast hebben beheerders van waterleidingen een verplichting om lekkages binnen een bepaalde tijd te verhelpen. Daardoor leggen zij hun leidingen liever niet onder plekken waar ze moeilijk bij kunnen komen, zoals onder parkeerplekken of rijbanen. De herinrichting van de straat kan bepalend zijn welke infrastructuur er in de ondergrond mogelijk is en andersom.

Relevant voor de thema's:

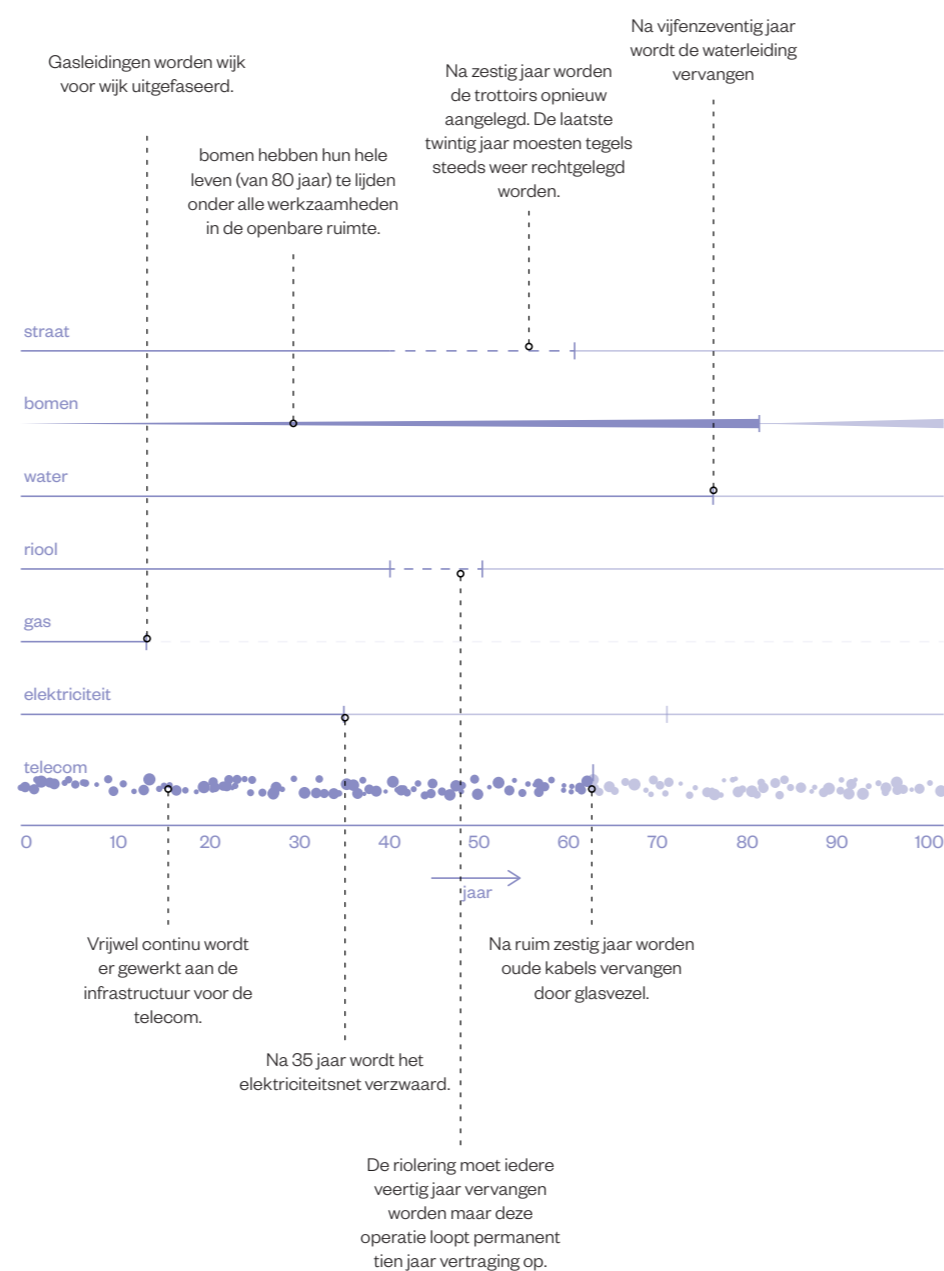
- > **Hoogstedelijke knooppunten**
- > **Woonwijken van de toekomst**
- > **Groen en gezond leven in de stad**

Aanleidingen voor ingrepen in de openbare ruimte in relatie tot energie

- **Vernieuwen van kabels en leidingen in de ondergrond.** Kabels en leidingen hebben een beperkte levensduur (zie afbeelding). Gemeenten hebben vaak budgetten gereserveerd om ondergrondse infrastructuur te verangen, zoals riolering. Deze vervangingsopgave kan worden gekoppeld aan de verduurzamingsopgave of het herinrichten van de straat, zoals momenteel gebeurt in Overwhere Zuid in Purmerend. Hier wordt de vervanging van de riolering gekoppeld aan het opnieuw inrichten van de straat en plantvlakken. In de wijk Overvecht-Noord in Utrecht wordt gestart met het aardgasvrij maken van de wijk, onder andere omdat deze gasleiding aan vernieuwing toe is.

Relevant voor de thema's:

- > **Hoogstedelijke knooppunten**
- > **Woonwijken van de toekomst**
- > **Groen en gezond leven in de stad**



Bron: Ontwerpend onderzoek Ondergrondse Dilemma's Bright

Aanleidingen voor ingrepen in de openbare ruimte in relatie tot energie

- **Renoveren en sloop/ nieuwbouw van gebouwen.**

Voor woningen is voor woningisolatie een standaard en streefwaarde bepaald. Wanneer een woning aan deze standaard voldoet, kan die worden verwarmd met alternatieve warmtebronnen. Het warmteverlies van een woning via buitenmuren, vloer, dak, ramen en deuren wordt beperkt als de woning goed geïsoleerd is. Bij een goede isolatiegraad en dus een klein warmteverlies kan de woning met duurzame lage temperatuurbronnen worden verwarmd. Voor een lage-temperatuur warmteoplossing is minder goede isolatie nodig dan voor een all-electric oplossing. Woningcorporaties bezitten veel vastgoed, waardoor ze een belangrijke gesprekspartner voor gemeenten in de energietransitie zijn. In 2050 moeten alle sociale huurwoningen energieneutraal zijn. Het verduurzamen van de cooperatiewoningen kan tegelijkertijd gebeuren met de aanleg van bijvoorbeeld een warmtenet en het verbeteren van de leefbaarheid.

Relevant voor de thema's:

- > **Hoogstedelijke knooppunten**
- > **Woonwijken van de toekomst**
- > **Groen en gezond leven in de stad**

- **Aanleidingen niet gerelateerd aan de straat.**

Ook andere ruimtelijke ontwikkelingen, zoals de vernieuwing/ontwikkeling van snelwegen en het spoor (bijv. geluidwering), kunnen aanleiding zijn om de energietransitie mee te nemen. Zoals het produceren van duurzame energie nabij infrastructuur, waar het programma Opwek Energie op Rijksgrond (OER) zich mee bezig houdt.

Aanleidingen
voor ingrepen
in de
openbare
ruimte in
relatie tot
energie

5 Conclusies en aanbevelingen

De energietransitie gaat een grote ruimtelijke impact hebben op de bestaande stad. Dit rapport geeft een eerste inzicht in wat deze impact inhoudt. Er zijn echter nog vele beleids- en kennislacunes. Op dit moment zijn een aantal steden al flink aan de slag met het ontwikkelen van beleid, methodes en instrumenten om de energietransitie in de stad te kunnen sturen.

Het energiesysteem gaat op alle schaalniveaus veranderen. Wanneer huizen van het aardgas afgaan, betekent het tegelijkertijd dat mensen op een andere manier moeten gaan koken, en dus hun gedrag moeten veranderen. De energietransitie is daarmee ook een maatschappelijk vraagstuk.

Het energiesysteem heeft invloed op alle drie de ruimtelijke thema's (hoogstedelijke knooppunten, woonwijken van de toekomst en groen & gezond leven). Omdat bij elk thema de Ausgangssituatie anders is, is ook de rol die de energietransitie speelt anders.

Bij hoogstedelijke knooppunten gaat het vaker om grootschalige gebiedsontwikkeling, waarbij een nieuw energiesysteem kan worden ontwikkeld. Deze gebieden hebben een hoge dichtheid, waardoor het voorzien in de eigen energiebehoefte lastiger is. De hoge dichtheden bieden daarentegen kansen voor collectieve bodemenergiesystemen. De gemeente kan op de realisatie van deze systemen sturen. De hoge dichtheid zorgt voor een grote druk op de infrastructuur in de ondergrond. Dit kan er in deze gebieden toe leiden dat de inrichting van de ondergrond de inrichting van de bovengrond bepaalt. Naast een grote druk in de ondergrond, is er ook een hoge druk op de openbare ruimte. Objecten voor de energieinfrastructuur, zoals middenspanningsruimtes, die normaal gesproken in de openbare ruimte worden geplaatst zouden hier inpandig kunnen worden gerealiseerd.

Bij woonwijken van de toekomst gaat het voornamelijk om verduurzaming van de bestaande bebouwing met meer incidentele verdichting. De grote opgave vanuit de energietransitie is om de bestaande woningvoorraad te verduurzamen en op een dusdanig isolatieniveau te brengen dat de huizen zonder aardgas kunnen worden verwarmd. De huidige infrastructuur in deze wijken is de komende jaren veelal aan vervanging toe. Mede hierdoor zijn een aantal gemeenten zoals Purmerend en Utrecht in deze wijken gestart met het aardgasvrij maken van de wijk.

Bij allebei de thema's hebben de energetische aspecten van de mobiliteitstransitie een grote invloed op de openbare ruimte. Het plaatsen van elektrische laadpalen moet worden afgestemd met de (groene) inrichting van de straat. Het aantal en de verdeling van laadpalen heeft een grote invloed op de capaciteit van het elektriciteitsnet. Het laden van elektrische voertuigen vraagt – afhankelijk van de huidige capaciteit – om extra middenspanningsruimtes en kabels.

Bij groen en gezond leven vormt de energietransitie een drijfveer om de groene structuren verder te ontwikkelen. De energietransitie vraagt om nieuwe objecten in de openbare ruimte en in de groene ruimtes rondom de stad. Tegelijkertijd kan het transport en de productie van duurzame energie ook ruimte creëren voor groen, door de veiligheids- en milieucontouren die rondom o.a. windturbines en hoogspanningskabels aanwezig zijn.

Energie is ruimte. Het produceren, transporteren, converteren en opslaan van energie kost ruimte in de stad. Ruimtelijk ontwerp kan eraan bijdragen dat de ruimteclaims niet sectoraal worden benaderd, maar integraal met andere ruimteclaims voor opgaven als klimaatadaptatie – zodat we een fijne en inclusieve leefomgeving kunnen maken.

Conclusies

Op basis van gesprekken met verschillende gemeenten, ministeries en netbeheerders komen de volgende aanbevelingen naar voren:

- **Zorg voor de uitwisseling van informatie.** Op dit moment wordt niet de meest recente informatie gedeeld tussen verschillende programma's, zoals de RES en verstedelijkingsstrategieën. Ook niet tussen overheden en netbeheerders. Het is belangrijk dat iedereen van elkaar op de hoogte is van wat wanneer speelt en met welke informatie kan worden gerekend. Er is naast de informatie (deling) vaak veel onzekerheid, bijvoorbeeld in de prognoses van netbeheerders, het gebruik van woningbouwprognoses van ABF (die niet in alle gevallen specifiek genoeg zijn), of rondom de impact van moeilijk voorspelbare veranderingen, zoals elektrificatie van individuele industrieën. (ABF is een bureau dat besluitvorming ondersteunt met data, onderzoek en software.) Het gaat niet alleen om de uitwisseling van data, maar ook om de uitwisseling van ruimtelijke oplossingen en inrichtingsprincipes afkomstig van overheden en ontwerp bureaus.
- **Creëer afstemming tussen verschillende beleidsdomeinen.** Dit is nodig om integrale afwegingen te maken, `werk met werk` te combineren en om ervoor te zorgen dat budgetten breder worden ingezet. In de openbare ruimte, en met name in de straat, speelt dit een belangrijke rol. Daar komen vragen over parkeernormen en plaatsingsstrategieën van parkeerplekken samen met vergroeningsstrategieën en de aanleg van ondergrondse (energie)infrastructuur. Deze opgaven moeten in samenhang worden

gezien.

- **Afhankelijkheden in de tijd.** Voor het behoud van ruimtelijke kwaliteit is `werk met werk` combineren ontzettend belangrijk, aangezien daarmee wordt voorkomen dat de openbare ruimte herhaaldelijk open komt te liggen. Alle tijdslijnen (investeringscycli) van de verschillende opgaven zijn anders, en zijn apart gebudgetteerd. Ook de uitvoering is complex, wat vraagt om nieuwe processen.
- **Zorg ervoor dat met beleid en regelgeving innovatie mogelijk wordt.** Op dit moment kan regelgeving, zoals het bouwbesluit, innovatie van onder andere het gebruik van duurzame isolatie vertragen. Om dit te voorkomen, moeten beleid en regelgeving meer ruimte geven aan innovatie.
- **Ga efficiënt om met werk.** Personeelstekorten worden als een vertragende factor genoemd in de energietransitie. Uitwisseling van kennis en kunde tussen gemeenten, provinciale overheden, het Rijk, de netbeheerders en de markt kan helpen om zo efficiënt mogelijk te werken en vertraging te verminderen. Daarnaast is er een tekort aan technisch personeel, zoals installatiemonteurs voor warmtepompen en zonnepanelen. De provincie Overijssel pakt het tekort aan technische installateurs aan met het project [Overijssels Vakmanschap](#). Overijssels vakmanschap helpt met het adviseren van werkgevers, werkenden in de techniek, werkzoekenden en zij-instromers. Inmiddels zijn honderd mensen opgeleid.
- **Betrek de markt bij benodigde innovaties.** Zo is de gemeente Leiden samen met de markt bezig om een kabelrek te

Aanbevelingen

Aanbevelingen

ontwikkelen, waarmee kabels efficiënter in de ondergrond kunnen worden gelegd.

- **De energietransitie vraagt om een nieuwe rol van de netbeheerder.** Het is nu niet de (wettelijk vastgelegde) rol van de netbeheerder om te adviseren aan initiatiefnemers over een aansluiting en de prioritering (in tijd) ervan. De netbeheerder sluit een initiatief aan als dat gevraagd wordt. Door de huidige situatie met betrekking tot netcongestie zou de netbeheerder vaker een adviserende rol moeten krijgen (en pakken) bij een bepaalde ontwikkeling: bijv. nu niet doen, op een later moment, of op een andere locatie. De netbeheerder beschikt over veel data en kennis die de basis kunnen vormen voor dit soort adviezen.
- **Betrek ruimtelijk ontwerpers bij de energietransitie.** De energietransitie is een ruimtelijke opgave. Ontwerpend onderzoek kan helpen om raakvlakken te identificeren en ruimtelijke gevolgen inzichtelijk te maken.

De energietransitie is naast een maatschappelijk, en technisch vraagstuk ook een ruimtelijk vraagstuk. Ontwerpend onderzoek helpt om afhankelijkheden (in de

tijd) te identificeren en ruimtelijke gevolgen inzichtelijk te maken. Het behouden en versterken van ruimtelijke kwaliteit kan helpen om het draagvlak hierin te vergroten.

Ruimtelijke kwaliteit wordt vaak beschreven aan de hand van de volgende drie waarden: gebruikswaarde, belevingswaarde en toekomstwaarde. De energietransitie draagt bij aan de gebruiks- en toekomstwaarde, maar kan (tijdelijk) zorgen voor een daling in de belevingswaarde. Onder andere doordat de straat meerdere keren open moet en nieuwe objecten in het straatbeeld worden geplaatst. Ontwerpend onderzoek is een geschikte methode voor het zoeken naar manieren om de belevings-, toekomst- en gebruikswaarde te behouden en versterken. Hierbij gaat het om inpassings- en inrichtingsvraagstukken, en zowel op systeemniveau als op ruimteverdelingsniveau. Het behouden en versterken van de ruimtelijke kwaliteit is essentieel voor het slagen van de energietransitie.

Bijlagen

Energie als ruimteclaim

- Ruimtelijke Strategie Utrecht 2040

Koppelkansen aardgasvrije wijken

- Schetsboek koppelkansen aardgasvrije wijken

Ruimtelijke consequenties van het energiesysteem

- Ruimtelijke strategie voor het energiesysteem

Ruimte in de ondergrond

- Resilient Leiden-Noorden

Inrichting openbare ruimte

- Integrale Ontwerpmethode Openbare Ruimte

Financiering van integratie

- Nieuwe ontwerpmethodiek en financieel instrumentarium voor de stedelijke transitie in de openbare ruimte

Energietransitie als hefboom voor de sociaal inclusieve stad

- Energiewijk Bospolder - Tussendijken

Energie typologieën

- Energie en ruimte ontwikkelvisie A-Z

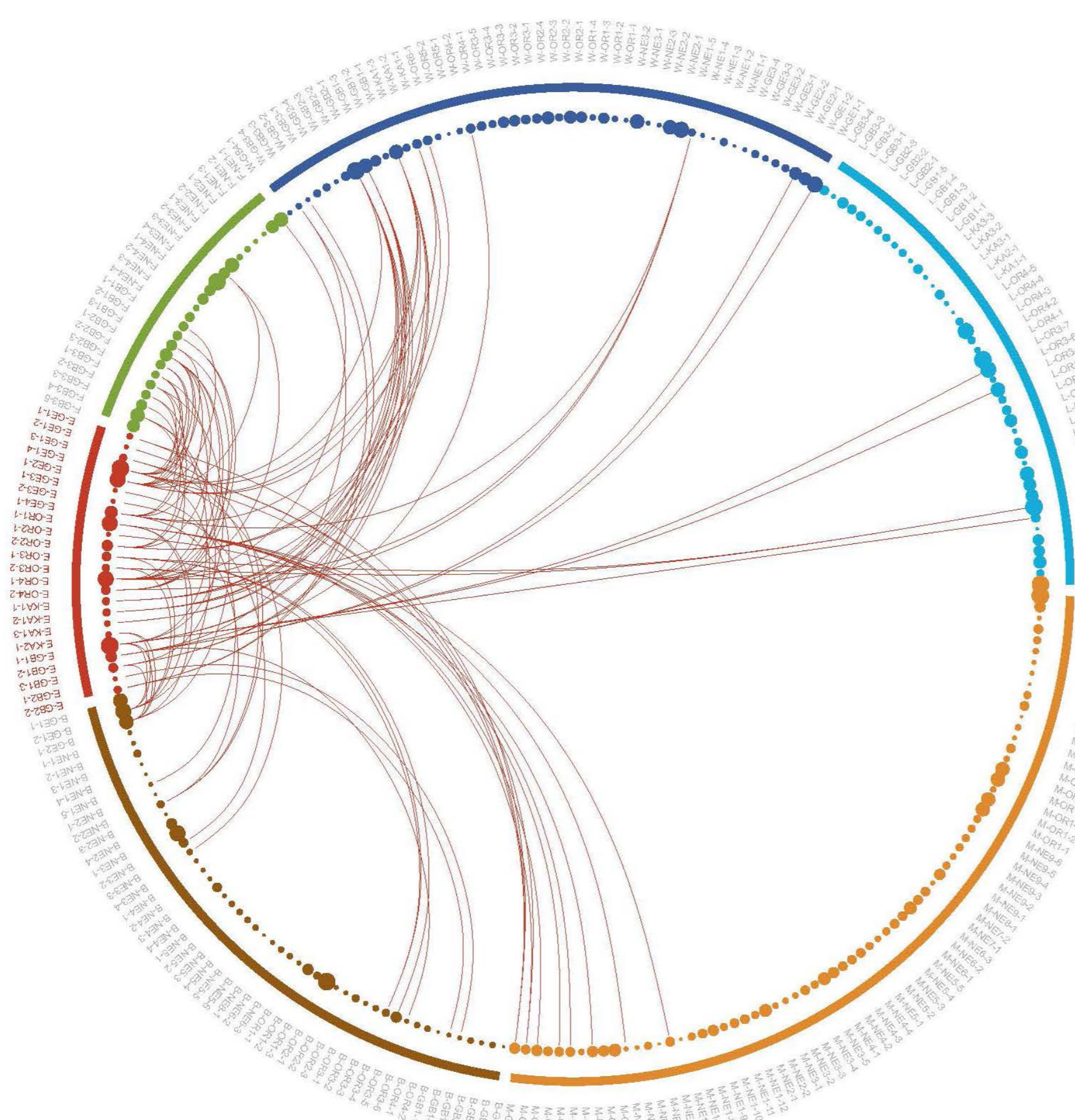
Thema's voor ontwerp onderzoek

Deze pagina geeft een overzicht van thema's in ontwerp onderzoek naar de energietransitie. Voor elk thema wordt een project toegelicht. De genoemde projecten (in zwart) worden op de volgende pagina's in meer detail uitgelegd.

Inrichting openbare ruimte

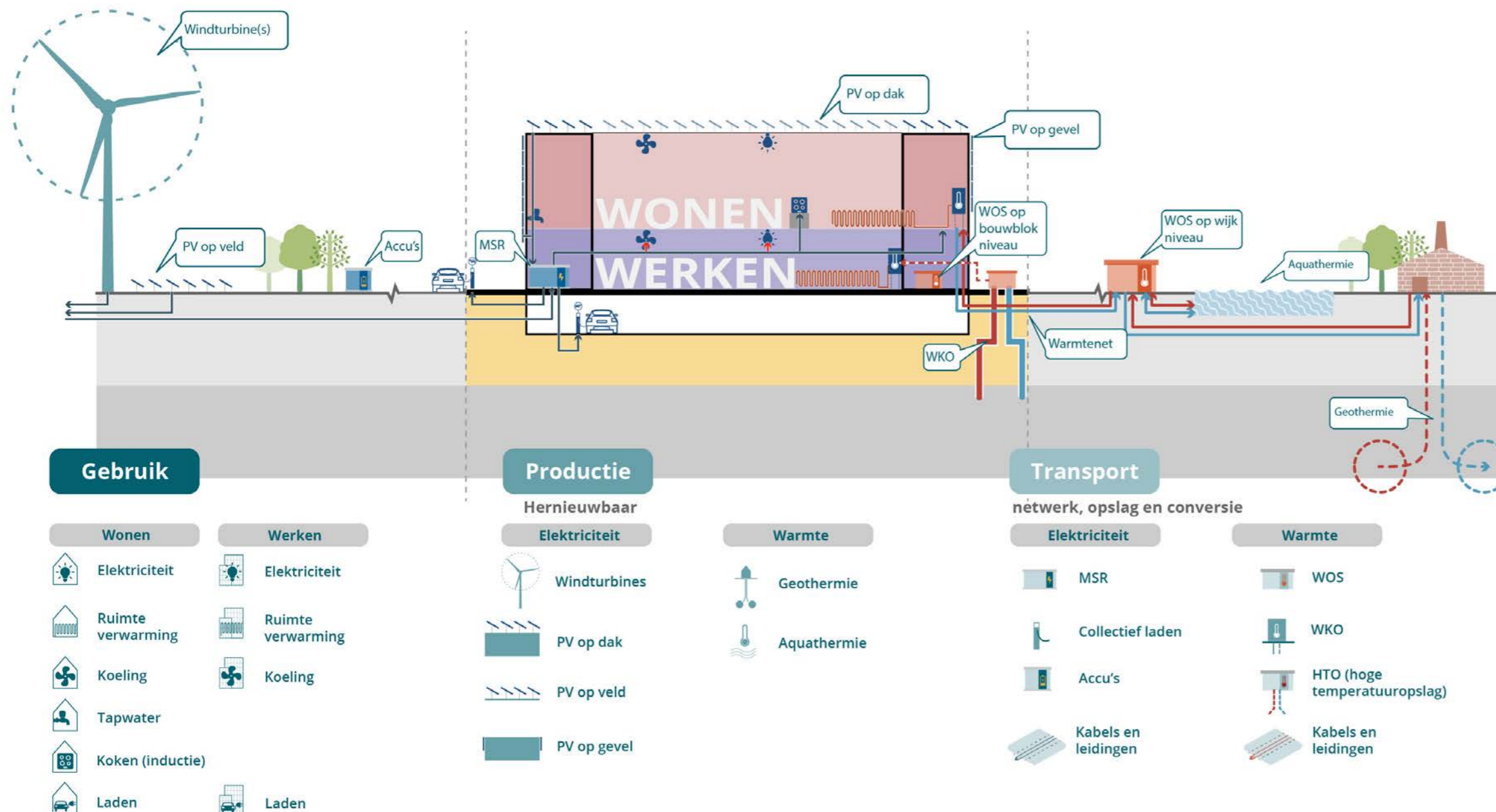
Integrale Ontwerpmethode
Openbare Ruimte
Gemeente Amsterdam

In (hoog)stedelijke gebieden treden steeds vaker acute knelpunten op, doordat: 1 de ondergrond van veel straten nu al vol ligt met kabels, leidingen en andere infrastructuur; 2 elektrificatie en digitalisering vereisen dat er nog meer kabels worden gelegd; 3 er een trend is om in steeds hogere dichtheden te bouwen, waardoor de druk op de openbare ruimte en ondergrond verder toeneemt; 4 hernieuwbare energiebronnen ook claims leggen op de openbare ruimte en ondergrond, bijvoorbeeld voor klimaatadaptatie (zowel voor regenwaterberging als voor het tegengaan van hittestress), de energietransitie (meer kabels en leidingen) en nieuwe sanitatie; 5 (volwassen) bomen en ander groen in de straat moeten worden aangeplant om het hitte-eilandeffect tegen te gaan. Ook voor een aangename leefomgeving is meer ruimte voor groen wenselijk. De Integrale ontwerpmethode openbare ruimte geeft oplossingen om deze ruimtelijke opgaven in samenhang aan te pakken, onder meer door aanpassing van het stedenbouwkundig planproces en door een nieuwe methode voor het programmeren, ontwerpen en inrichten van de openbare ruimte en ondergrond. Centraal in die methode staat het werken met thematisch geordende prestatiedoelen die op een bepaalde locatie worden toegepast.



Energie typologieën

Energie en ruimte
ontwikkelvisie A-Z
Gemeente Rotterdam en
Generation.Energy



Deze afbeelding toont verschillende elementen van het energiesysteem in relatie met een gesloten bouwblok (geel).

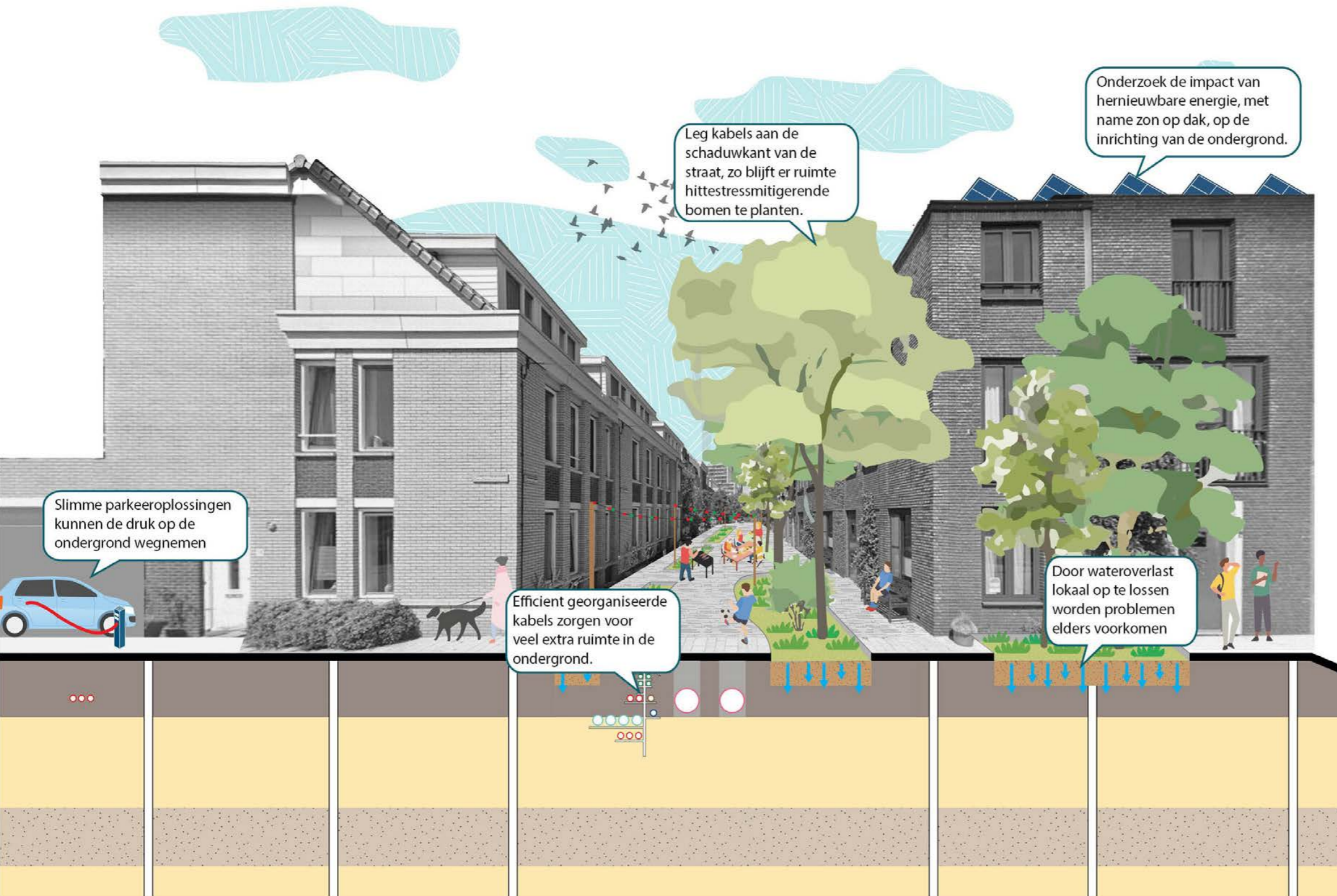
In Rotterdam is de A-Z zone (Prins Alexander – Zuidplein) één van de belangrijkste ontwikkelgebieden voor nieuwe woningen, werkgelegenheid en voorzieningen. Rotterdam kiest hierbij voor goede groei. Groei die bijdraagt aan het welzijn van de inwoners, aan een duurzame samenleving en aan economische vooruitgang. Om te kunnen beoordelen of deze groei bijdraagt aan o.a. een duurzame samenleving is het van belang de energievoetafdruk van deze stadsvernieuwing te bepalen. Hiertoe zijn verschillende stedenbouwkundige typologieën ontwikkeld. Dit zijn typologieën met verschillende MXI (Mixed Use Index; oftewel de verhouding wonen vs. werken/voorzieningen), verschillende dichtheden en verschillende gebouwwormen. Voor al deze typologieën is in kaart gebracht wat het energieverbruik en de potentie voor productie van energie is. Daarnaast is verkend wat het mogelijke effect is op ruimte die nodig is voor kabels en leidingen en technische ruimtes voor elektriciteit en warmte.

Ruimte in de ondergrond

Resilient Leiden-Noorden
Gemeente Leiden, Generation.Energy
en Stimuleringsfonds voor Creatieve
Industrie

De energietransitie vraagt net als veel andere opgaven zowel bovengronds als ondergronds ruimte in de stad. Voor de gemeente Leiden is onderzocht hoe de ondergrondse energie-infrastructuur kan worden ingepast met slim ruimtelijk ontwerp van de boven- en ondergrond.

De energietransitie en de bredere klimaatopgaven vragen om ruimte. Zeker in een stedelijke omgeving vormt dit een uitdaging in combinatie met de bestaande ruimtelijke druk en 'reguliere' opgaven zoals verstedelijking en klimaatadaptatie. Op dit moment worden ontwikkelingen van de energie-infrastructuur in de stad doorgaans als een inpassingsvraagstuk op straatniveau benaderd. Op hogere schaal of systeemniveau worden de ruimtelijke inpassingsmogelijkheden of samenhang hiervan met andere opgaven vaak niet in de overweging meegenomen. Met het onderzoek is in kaart gebracht hoeveel ruimte waar nodig is voor de verschillende opgaven die boven- en ondergronds ruimte vragen, en waar knelpunten ontstaan. De uitkomsten maken de keuzes die gemaakt moeten worden voor een ontwerp inzichtelijk, en kunnen zo bijdragen aan integrale besluiten.



What if - wanneer de keuzes over de inrichting van de ondergrond op een geïntegreerde manier worden gemaakt ontstaat er ruimte om prachtige en toekomstbestendige straten te ontwerpen.

Koppelkansen aardgasvrije wijken

Schetsboek koppelkansen
aardgasvrije wijken
*Drift, Programma Aardgasvrije
wijken*

In het schetsboek worden elf lessen gedeeld die uit de verhalen van ambtenaren die werken aan de realisatie van aardgasvrije wijken zijn gehaald. In dit schetsboek worden koppelkansen gedeeld die gemeenten in de praktijk proberen te maken, tegen welke barrières je daarbij kan oplopen en de belangrijkste lessen om koppelkansen in de praktijk te realiseren. Genoemde 'koppelkansen' waar gemeenten nu al aan werken zijn o.a. de aanleg van een warmtenet i.c.m. de vervanging van riolering, de aanleg van een warmtenet i.c.m. het vergroenen van de buurt en energicoaching van huishoudens met een laag inkomen.

Hoe benut je koppekansen in de aardgasvrije opgave?

Riolering vervangen, en gelijk een warmtenet aanleggen? Het koppelen van de aardgasvrije opgave aan andere thema's lijkt simpel, maar is het in de praktijk vaak niet. Soms lijkt het benutten van koppelkansen ganzenborden voor gevorderden. Met deze elf tips helpen we je een stap vooruit.



1. Begin waar de energie zit

Heeft er iemand in de wijk of gemeente een goed idee? Beginnen bij enthousiasme en urgentie bij gemeente en bewoners geeft energie om de koppelkansen te benutten.

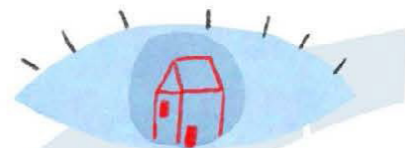
10. Koppelen is maatwerk

Achter de voordeur werken vergt maatwerk - elke bewoner heeft immers andere behoeften. Door de belangen van bewoners te kennen kan je aanhaken bij wat leeft in de wijk.



11. Beredeneer vanuit bewonersperspectief

Bewoners willen vaak duidelijkheid, terwijl gemeenten het vaak hebben over experimenten. Door de juiste woorden te gebruiken voorkom je weerstand bij bewoners.



2. Neem de tijd voor samenwerking

Samenwerken met nieuwe partijen kost tijd - meer dan je van tevoren denkt. Dus neem de tijd om planning en taalgebruik op elkaar af te stemmen.



3. Start en houd focus

Start met integraal werken, en blijf niet hangen in overleg en het maken van plannen. Met een helder streefdoel kun je onderweg kansen grijpen.



koppel kansen



9. Wees fysiek in de wijk aanwezig

Vergader eens in de wijk, of start een voorbeeldwoning. Door in gesprek te gaan met bewoners ontdek je de koppelkansen in de wijk.



8. Maak onderscheid tussen bewoners

Huiseigenaren hebben andere belangen dan huurders. Door onderscheid te maken tussen bewoners kan je oplossingen op hen afstemmen.



7. Balanceer tussen flexibiliteit en duidelijkheid

Naar bewoners toe is het zaak om flexibel te blijven voor bewonersparticipatie. Intern, binnen de gemeente, gaat het om zaken inkaderen en specifiek te maken, zodat collega's begrijpen wat er van ze gevraagd wordt.



6. Bouw vertrouwen en vaardigheden op

Bij het benutten van koppelkansen horen nieuwe vaardigheden - zoals het goed luisteren naar bewoners. Met die nieuwe vaardigheden realiseer je kleine succesprojecten waarmee je vertrouwen opbouwt.



5. Vind elkaar in belangen

Om goed samen te werken met partners helpt het om elkaars belangen te vinden en deze goed af te stemmen.



4. Bewoners zien één gemeente

Werk je met verschillende afdelingen aan een koppelkans? Presenteer je dan als een gezamenlijke gemeente naar bewoners.



Naoorlogse woonwijk

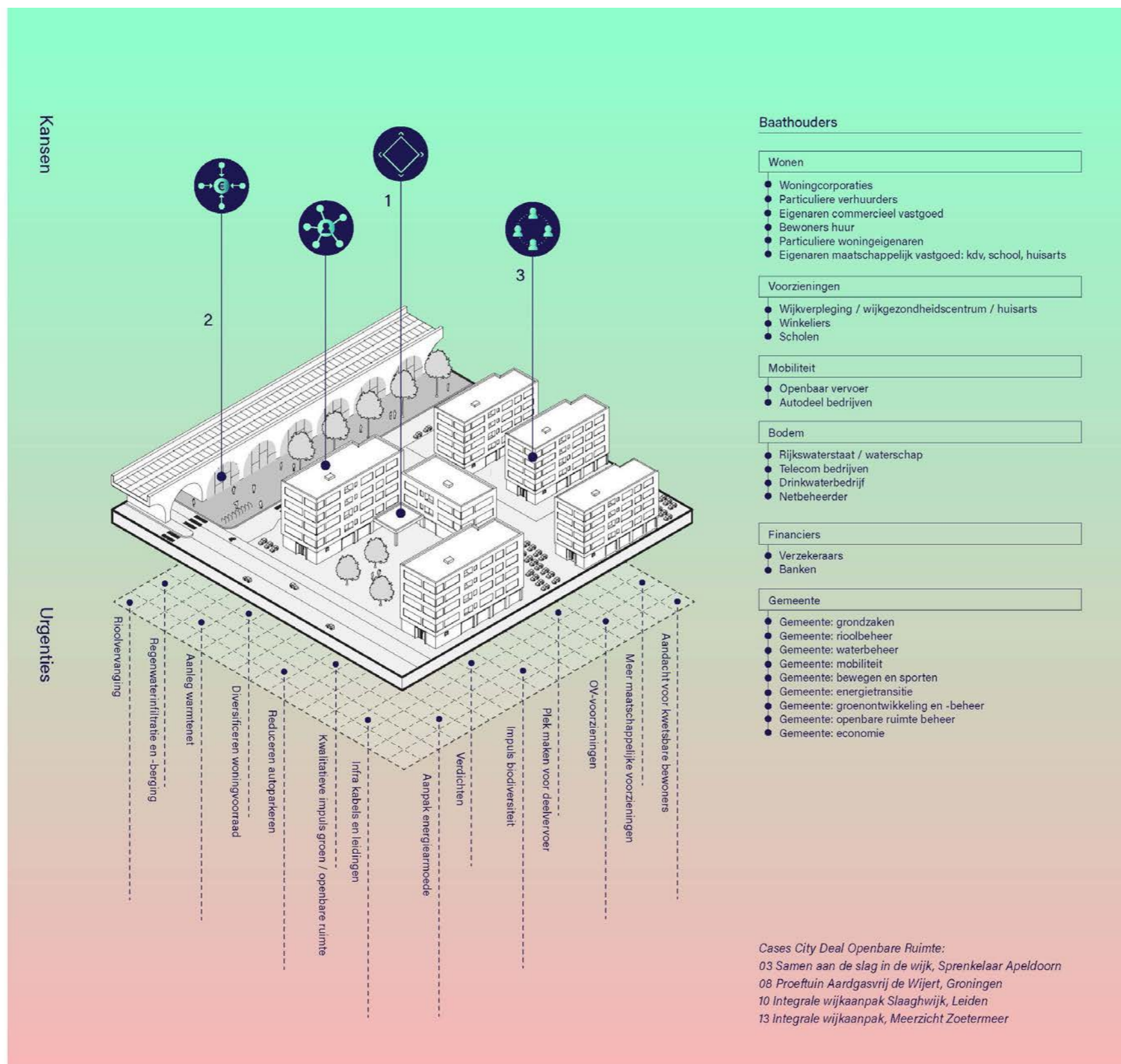
Deze wijken kenmerken zich door verwegend corporatiebezit, hoogbouw, brede wegen en gescheiden ruimtegebruik. Er is heel veel openbare ruimte, vaak met onderhoudsvrij en onder benut groen. De auto voert de boventoon. Er is veel parkeergelegenheid in de vorm van parkeerkeffers. Er zijn een aantal doorgaande fietspaden, maar verder is weinig aandacht voor fietsers. De flats ontberen vaak plekken voor (kinder)fietsen, elektrische laadpalen of plekken voor scootmobielen. Er zijn weinig tot geen deelauto's. De wijk is monofunctioneel ingericht: wonen, werken en winkelen zijn apart georganiseerd. Dit zorgt voor weinig ogen op de straat, onveilig groen in de avonden en gebrek aan gebruik van de vele buitenruimten. Veel winkelcentra in deze wijken kampen met leegstand en achterstallig onderhoud.

Er zijn weinig passende (maatschappelijke) voorzieningen in de wijk. Tegelijkertijd speelt hier sociale problematiek, zoals financiële druk, eenzaamheid en gezondheidsproblemen onder kwetsbare bewoners.

Kansen

- 1 Meer ruimte om grootschalige interventies te doen
- 2 Kans voor collectieve aanpak en bijdrage financiering via woningcorporaties en VVE's
- 3 Koppeling met sporten, gezondheid, werkgelegenheid en talentontwikkeling biedt toegang tot andere financieringsbronnen en structurele samenwerkingen
- 4 Verdichting biedt ruimte voor investeringen openbare ruimte en realisatie collectieve bron voor verwarmen.

Wijkprofiel van een naoorlogse wijk met de financiële kansen in verschillende opgaven.



Financiering van integratie

Nieuwe ontwerpmethodiek en financieel instrumentarium voor de stedelijke transitie in de openbare ruimte
Stipo, DML

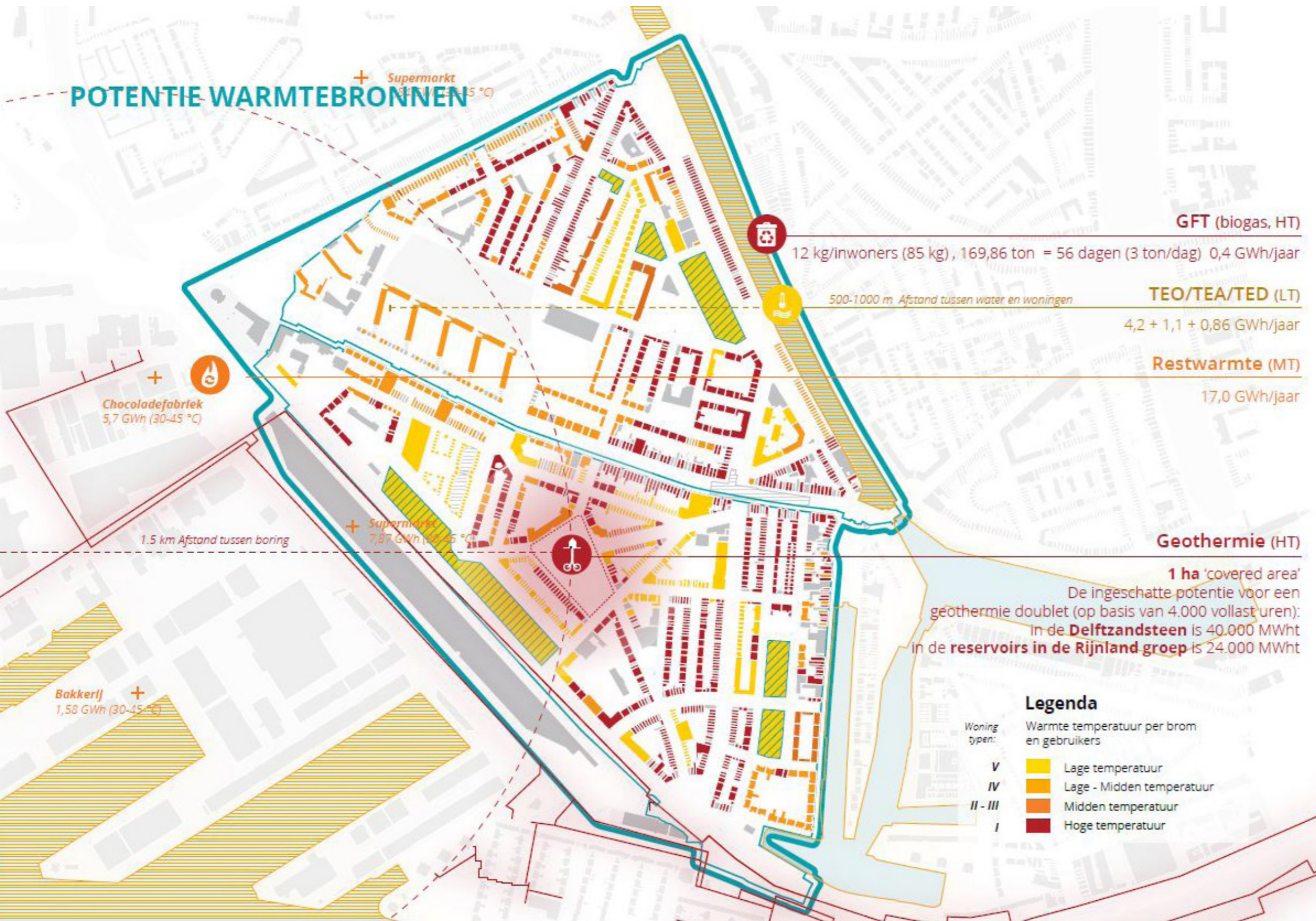
In de stedelijke transitieopgaven komen diverse beleidsdomeinen samen, en dat is duidelijk zichtbaar in de (her)inrichting van de openbare ruimte - het onderwerp van deze studie. Het is in theorie mogelijk om de individuele transitie's als losse interventies in te zetten in onze straten, pleinen en parken. Dat gebeurt op dit moment op tal van plekken. Echter, de transitiemogelijkheden binnen beleidssilo's zijn beperkt. Gezien de urgentie en de ruimtelijke beperkingen in grote delen van Nederland is er simpelweg onvoldoende geld, ruimte of tijd om oplossingen te organiseren die slechts één doel dienen. Diverse voorbeelden van slim integraal ontwerp en beheer laten zien dat er betere oplossingen, met meer maatschappelijke en commerciële waarde voor meer partijen, kunnen worden gerealiseerd, vaak ook tegen lagere kosten voor de betrokkenen. In dit onderzoek zijn geschikte instrumenten en mechanismen in kaart gebracht die bijdragen aan de financiering van integratie, en waarmee baathouders verantwoording kunnen afleggen voor een goede besteding van het toevertrouwde geld.

Energie- transitie als hefboom voor de sociaal inclusieve stad

Energiewijk Bospolder -
Tussendijken

Generation.Energy en PosadMaxwan

Binnen het kader van het IABR-Atelier Rotterdam werkt de IABR samen met de Gemeente Rotterdam, Delfshaven Coöperatie, woningcorporatie Havensteder en een groeiend aantal lokale partners aan een traject voor de 'Energiewijk BoTu': een strategie voor Bospolder-Tussendijken onder het motto Energie = Ruimte = Solidariteit oftewel "de energietransitie als hefboom voor een sociaal-inclusieve stad". De energietransitie wordt aangegrepen als hefboom voor community building, opleiding, werk en bestrijding van armoede. Er werd een eerste stap gezet door het inventariseren en schetsen van maatregelen: bouwstenen voor een coöperatieve aanpak van de energietransitie en het ontwikkelen van een methode hoe deze samen kunnen optellen tot een CO₂-vrij BoTu richting 2050. Samen met het parallel uitgevoerde onderzoek naar de 'sociaalmaatschappelijke bouwstenen' vormt dit de basis om in het vervolgtraject de maatschappelijke meerwaarde van de energietransitie te concretiseren op plekken en in projecten en de mogelijke routepad te ontwikkelen. Dit alles om uiteindelijk richting te geven aan een coöperatieve en inclusieve wijkaanpak.

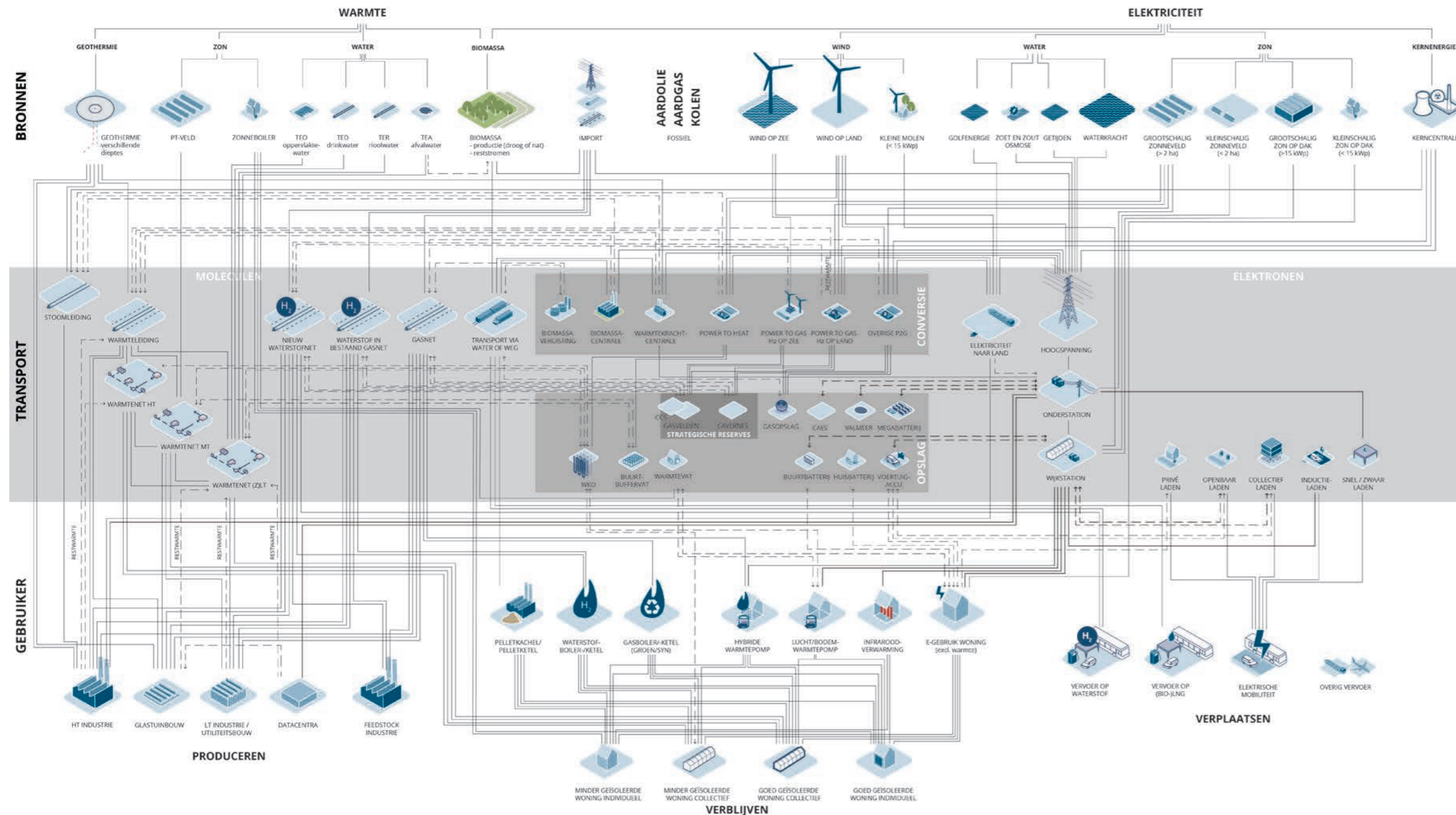


De potentie van warmtebronnen in de Rotterdamse wijk Bospolder-Tussendijken

Ruimtelijke consequenties van het energiesysteem

Ruimtelijke strategie voor het energiesysteem: ruimtelijke en beleidsmatige gevolgen van keuzemogelijkheden rondom het energiesysteem
 Min. BZK, Generation Energy, Bright en GroenLicht

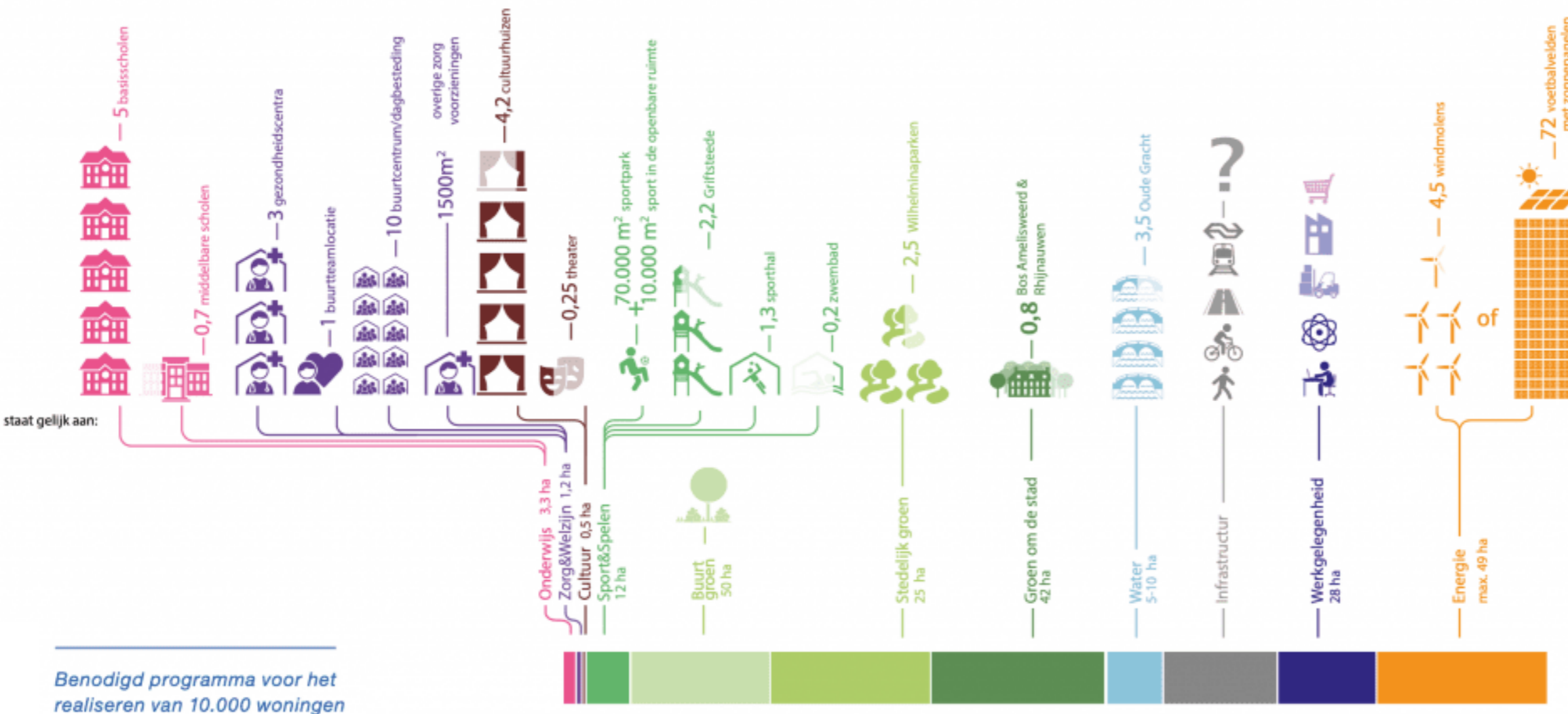
Het maken van keuzes over de verdeling van vraag en aanbod in het energiesysteem heeft vergaande consequenties, en deze zijn niet altijd duidelijk in beeld. De keuze voor de meest geschikte gebruiker voor een specifieke bron, vraagt elders om alternatieven. Het maken van goede afwegingen in de energietransitie vraagt om een breed systeemblik. Keuzes hebben immers onderlinge verbanden: een keuze kan een andere keuze mogelijk of juist onmogelijk maken. Om een breed systeemblik te ondersteunen, brengt deze studie het energiesysteem schematisch in beeld. Het schema heeft als doel de bekende en wellicht minder bekende verbindingen te laten zien. Dit project heeft niet als doel een toetsingskader te leveren: het is geen blauwdruk voor een optimaal energiesysteem en geeft geen set van 'optimale' keuzes. Het doel van deze studie is het ontwikkelen van een systematiek die inzicht biedt in de ruimtelijke implicaties die volgen uit keuzes in het energiesysteem.



Energie als ruimteclaim

Ruimtelijke Strategie
Utrecht 2040
Gemeente Utrecht

In de Ruimtelijke Strategie Utrecht is de Utrechtse barcode voor gezond stedelijk leven voor iedereen opgesteld. Deze geeft schematisch weer wat de ruimtevrage is voor de stad. De barcode is de optelsom van alle (programma) elementen die de stad vormen: groen, wonen, werken, maatschappelijke voorzieningen, sport, energie, water en infrastructuur. De barcode is per functie opgebouwd uit normen, gebaseerd op het bestaande beleid, aangevuld met trends en ontwikkelingen. Deze elementen staan in een directe afhankelijkheid van elkaar: meer van het één, betekent vaak ook meer van het ander.



Benodigd programma voor het realiseren van 10.000 woningen

Colofon

Opdrachtgever

Ministerie van Binnenlandse Zaken en
Koninkrijksrelaties
Contactpersonen: Marieke de Vries,
Marleen de Ruiten en Loes van Wolferen

Opdrachtnemer

Generation.Energy
Medewerkers: Boris Hocks, Maarten Vermeer,
Marianne Gatti

Vragen? Neem contact op met:
maarten@generation.energy

Deelnemers kennissessies

- Fred Goedbloed Gemeente Leiden
- Liselotte Gips-Heintz Gemeente Leiden
- Jos van Wersch Gemeente Leiden
- Ferry Beerepoot Gemeente Alphen aan den Rijn
- Rein de Viet Gemeente Utrecht
- Inge van de Klundert Gemeente Utrecht
- Marjolein Rours Gemeente Rotterdam
- Katalin Szántó Gemeente Rotterdam
- Joop Ketelaers Gemeente Eindhoven
- Anke Delfos Gemeente Almere
- Gerja Koldenhof Stedin
- Harm Luisman Alliander
- Erik Koeken Ministerie EZK
- Gerrie Fenten Ministerie BZK en Nationaal Programma RES
- Jasper Groos Ministerie BZK
- Lisa Blok Ministerie BZK
- Marieke de Vries Ministerie BZK
- Marleen de Ruiten Ministerie BZK
- Loes van Wolferen Ministerie BZK