

Vermogen van de STAD

ENERGIEVRAAG INGEBED IN STEDELIJKE ONTWIKKELINGEN
ONTWERPEND ONDERZOEK DOOR WANDER HENDRIKS

VERMOGEN VAN DE STAD

I. Samenvatting	5
II. CO2 en energie	11
III. Transitie van de stad	23
IV. Vraag en aanbod van de stad	37
V. Vermogen van de stad	55
VI. Netwerk van de stad	69
VII. Ontwikkeling van de stad	89
VII. Conclusie en bronnen	121

COLOFON

Rotterdamse Academie van Bouwkunst
November 2018

VERMOGEN VAN DE STAD

Door	Wander Hendriks
Mentor	Eric Frijters (FABRICations)
Externe criticus	Han Dijk (PosadMaxwan)
Toegevoegde criticus	Frits Palmboom (Palmbout)
Voorzitter	Wouter Veldhuis (MUST)



I. SAMENVATTING

Het 'Akkoord van Parijs' noopt tot een beperking van CO₂-uitstoot met 40-70% in 2045 ten opzichte van 1990. Elk deelnemend land zal in 2020 zijn plan van aanpak moeten tonen om de CO₂-uitstoot tegen te gaan. Om dit te bereiken zijn ook stedelijke interventies nodig. Welke dat zijn is het onderwerp van 'Vermogen van de stad'. Geschetst wordt een overgang naar de energie-neutrale stad en wat daar stedenbouwkundig voor nodig is.

De noodzakelijke stedelijke transitie blijft betekenisloos als het niet aan een concrete plek wordt verbonden. In dit onderzoek is gekozen voor de gemeente Nijmegen. Een stad met een rijke geschiedenis aan door innovatie gedreven transitie en een stad met een woningbouwopgave van 35.000 woningen tot 2050. Dit maakt het beperken van de CO₂-uitstoot tot een uitdagende opgave.

Elke vorm van energie is gebonden aan bronnen en aan een netwerk, boven- of ondergronds, en neemt ruimte in beslag. Voor dit onderzoek is als leidraad de 'Energieagenda 2016' gevolgd, hierin wordt energie omschreven als:

1. Kracht en licht, alles wat vraagt om elektriciteit;
2. Hoge temperatuur, warmte hoger dan 90 graden;
3. Lage temperatuur, warmte lager dan 90 graden;
4. Verkeer, diverse brandstoffen en elektriciteit voor mobiliteit.

In Nijmegen wordt er jaarlijks zo'n 1.057.559 ton CO₂ uitgestoten door het verbruik van 12.450 Tj aan energie, waarvan driekwart voortkomt uit de bebouwde omgeving en de rest uit verkeer. Als er geen energie wordt bespaard komt er met 35.000 woningen extra tot 2050 nog eens 950 Tj bij in de bebouwde omgeving. Dit betekent dat er in 2050 voor 13.400 Tj aan CO₂-neutrale energie nodig is.

Voor het formuleren van de ruimtelijke opgave is het noodzakelijk na te gaan of de, op termijn, benodigde energie binnen de stad gevonden kan worden. Binnen de stad is een breed palet aan energiebronnen beschikbaar: Wind, Zon-PV, Warmtenet, Geothermie, Restwarmte, Thermische Energie uit Oppervlaktewater Warmte- Koude Opslag, Biomassa en Bio-brandstoffen. Deze zijn ruim voldoende om aan de energievraag te kunnen voldoen. Tevens is inzicht noodzakelijk in waar de energiebronnen zijn en waar de behoefte aan energie is opdat vraag en aanbod met doelmatig netwerk kunnen worden verbonden. Een nieuw netwerk en van een andere orde dan het huidige.

Het vermogen van de stad bestaat uit een totaal aan benodigde ontwikkelingen om vraag en aanbod naar CO₂ neutrale energie bij elkaar te brengen. Dit wordt uitgewerkt als strategische en stedenbouwkundige opgaven volgens de volgende drie-stappen ontwikkeling:

Stap 1 - Grote gebruikers en bronnen aan elkaar verbinden door het koppelen aan zowel bovengrondse als ondergrondse infrastructuren en ruimtelijke innovaties.

Stap 2 - Stedelijke verdichtingsopgave koppelen aan het netwerk, want dit biedt voldoende potentie om de toekomstige woningvraag te voorzien van energie.

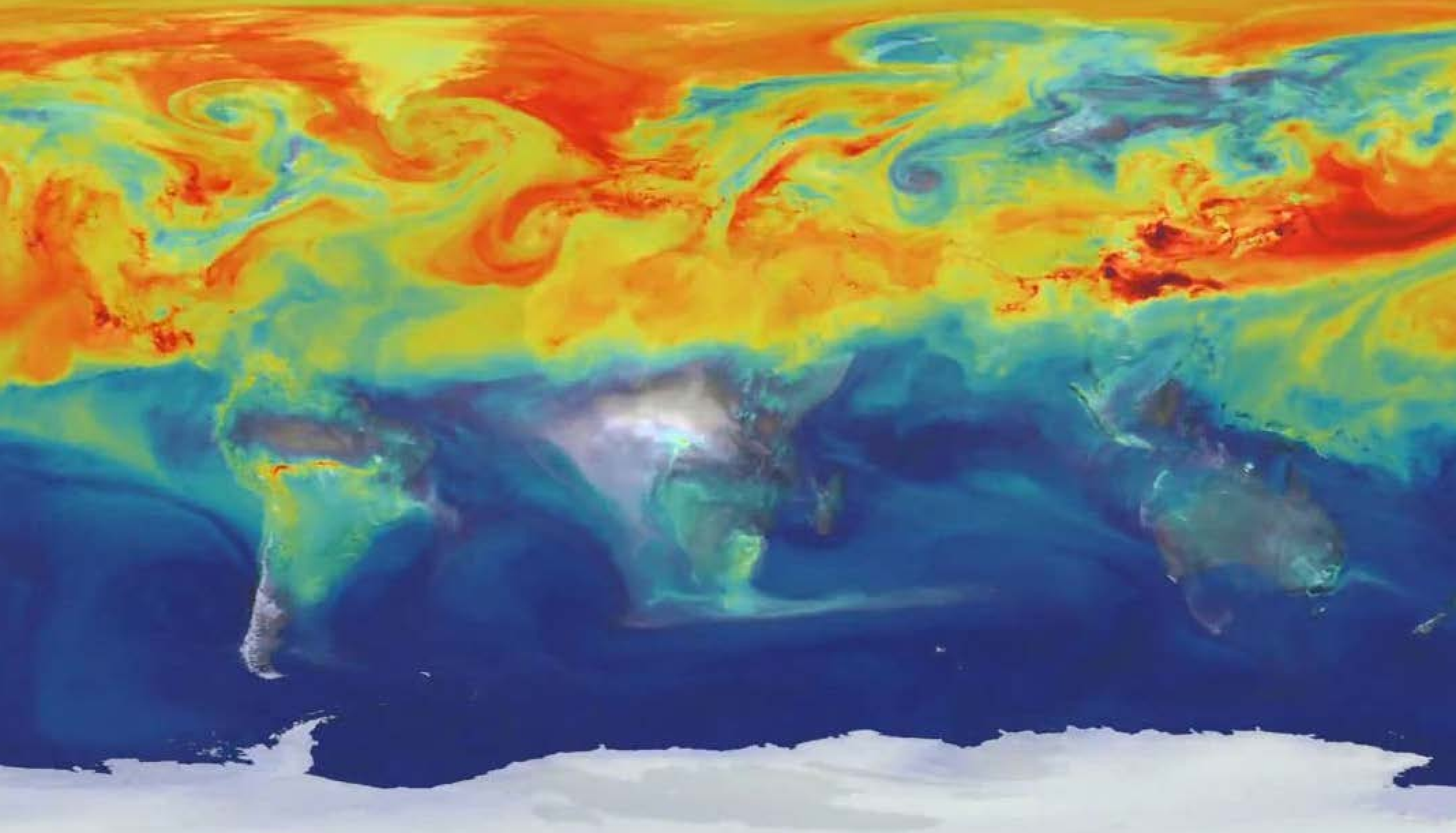
Stap 3 - Behouden en upgraden van de bestaande woningvoorraad, verduurzamen van de bestaande woningbouwvoorraad in relatie met een herstructurering van de openbare ruimte en het toepassen van technische innovaties.

In elke stap wordt een gebruikersgroep gekoppeld aan potentiële energiebronnen, wat een flowchart van energie oplevert. Met deze chart wordt inzichtelijk of de beschikbare soorten energie overeenkomen met de gevraagde.

Uit de strategische opgaven vloeien verschillende ruimtelijke opgaven die naar type kunnen worden opgepakt in de stedelijke context. Bestaande infrastructuur moet ruimte maken voor het stedelijk hoofd energienetwerk. Een metamorfose die kansen biedt voor bestaande stadsdelen om ruimte te creëren voor vergroening en andere klimaat maatregelen. Dit volgens een generieke aanpak van de stadsstructuur die berust op ontwerpprincipes die voor alle Nederlandse steden gelden. In Nijmegen is het profiel van de openbare ruimte getest op herprofilering en maatvoering die gecombineerd wordt met een boven- en ondergrondse aanpak van het energienetwerk. Dit levert naast tal van ontwerp-ingrediënten ook inzicht in kansen die de herprofilering langs het energienetwerk te boven gaan.

Ook zal er over de bestaande woningbouw nagedacht moeten worden, want waar veel potentiële energie is zal een andere typologie beter volstaan dan de huidige. Om dit toe te lichten is een voorbeeld uitwerking gemaakt voor de buurten Lankforst en Malvert in het stadsdeel Dukenburg. Op basis van de strategiekaart zijn dit interessante plekken, omdat elke stap uit de strategische opgave hier veel potentie heeft. De opgave is dan het combineren van de drie stappen tot een ruimtelijk en stedelijk functionerend stadsdeel.

Gevolg is een wijk op een geothermiebron waar stedelijke verdichting en het behoud van een jaren '70-bloemkoolwijk een leefbaar geheel oplevert. Dit alles gebaseerd op de verbinding van verschillende energiebronnen. De resultaten zijn traditionele stedenbouwkundige opgaven (de vraag naar woningen en fijne ruimtes) en principes om een stad energieneutraal te ontwerpen. De verdieping leidt tot een concreet ontwerp en technische opgaven die op verschillende stadsschalen kunnen worden uitgevoerd.



CO2 & ENERGIE



II

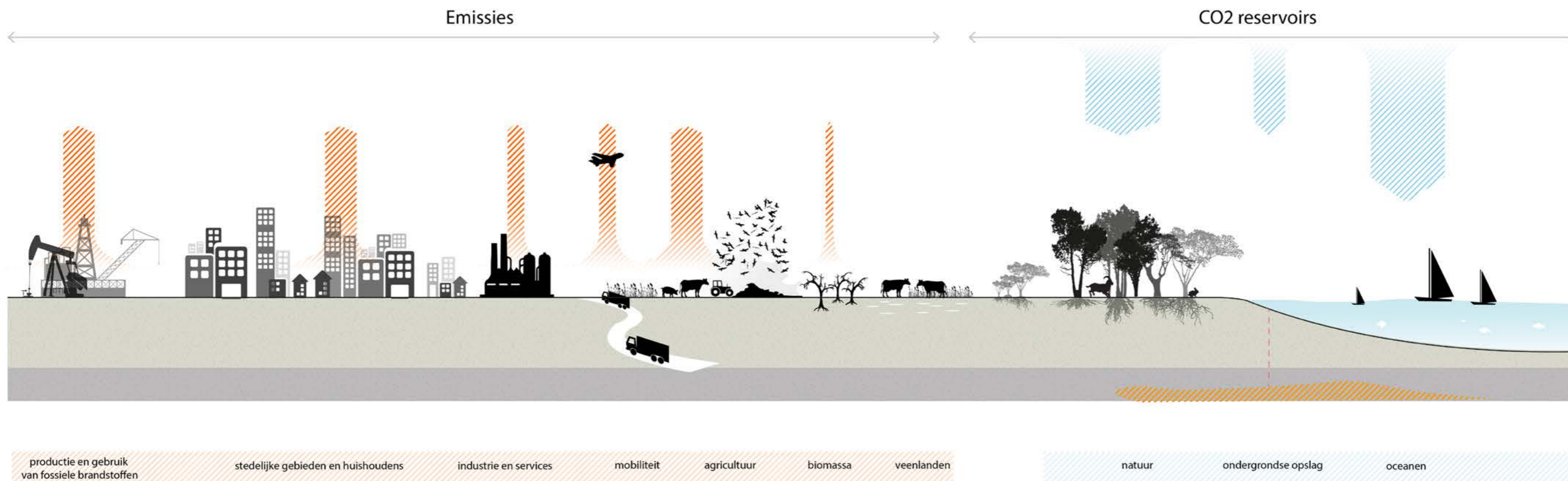
CO₂ & ENERGIE

CO₂ uitstoot en energie hebben in de huidige samenleving veel met elkaar te maken. Om aan de vraag naar elektriciteit, warmte, koeling en mobiliteit te kunnen voldoen worden er veel fossiele brandstoffen verbrand. Bij elkaar opgeteld heeft dat er voor gezorgd dat de CO₂ uitstoot de laatste decennia explosief is gestegen. Om gerichte handelingsperspectieven te kunnen ontwikkelen om de CO₂ uitstoot te beperken is het belangrijk om de verschillende stromen van energie te onderscheiden.

In de Energieagenda 2016 is energie onderscheiden in 4 vormen:

1. Kracht en licht, alles wat vraagt om elektriciteit;
2. Hoge temperatuur, warmte hoger dan 90 graden;
3. Lage temperatuur, warmte lager dan 90 graden;
4. Verkeer, diverse brandstoffen en elektriciteit voor mobiliteit

Deze 4 vormen zijn in dit onderzoek gebruikt als leidraad voor energie en worden verderop gekwantificeerd, maar eerst een blik op het verleden en de noodzaak van het klimaatakkoord van Parijs.



Van nature is er een CO2 circulatie op aarde: de uitstoot en opslag worden in balans gehouden door natuurlijke CO2 reservoirs. De industrialisering heeft er voor gezorgd dat er meer bronnen van uitstoot zijn bijgekomen en dat

de natuurlijke reservoirs kleiner zijn geworden. Er wordt mede ingezet op het opslaan van CO2 ondergronds, maar dit draagt niet bij aan het beperken van de CO2 uitstoot.

De aarde heeft zelf zijn manieren om in korte perioden veel CO2 uit te stoten; denk hierbij aan bosbranden, vulkaanuitbarstingen en uitdroging van veengronden. Maar met het moment dat de mens begonnen is met het weghalen van natuurlijke CO2 reservoirs voor landbouw en het grootschalig verbranden van fossiele voorraden, is de natuurlijke balans uit evenwicht geraakt. Vanaf dat moment is de klimaatverandering in gang gezet. Pas laat in de 20e eeuw is meetbaar geworden dat er een plafond zit aan de CO2 uitstoot in relatie tot klimaatverandering. Er is duidelijk geworden dat het klimaat snel zal veranderen als de CO2 uitstoot niet drastisch wordt beperkt.

1781 - 30 GtCO2



Uitvinding van de stoommachine, de uitstoot en aanwezigheid van CO2 begint te stijgen.

1770 - 1 GtCO2



Begin van het industriële tijdperk. West-Europa begint met het gebruik van steenkool voor industrie.

1824 - 80 GtCO2



Broeikaseffect wordt geconstateerd, CO2 aangewezen als het belangrijkste veroorzaker broeikaseffect.

1850 - 120 GtCO2



Het nieuwe goud: olie. Aan het einde van de 19e eeuw is deze brandstof verantwoordelijk voor ongeveer 1/3e van de wereldwijde CO2-uitstoot..

1880 - 220 GtCO2



Gas in hogedruk gasflessen. Ook het verbruik van gas is goed voor ongeveer 1/3e van de wereldwijde CO2-emissies aan het einde van de 19e eeuw.

3500 v.Chr. - Wiel wordt uitgevonden

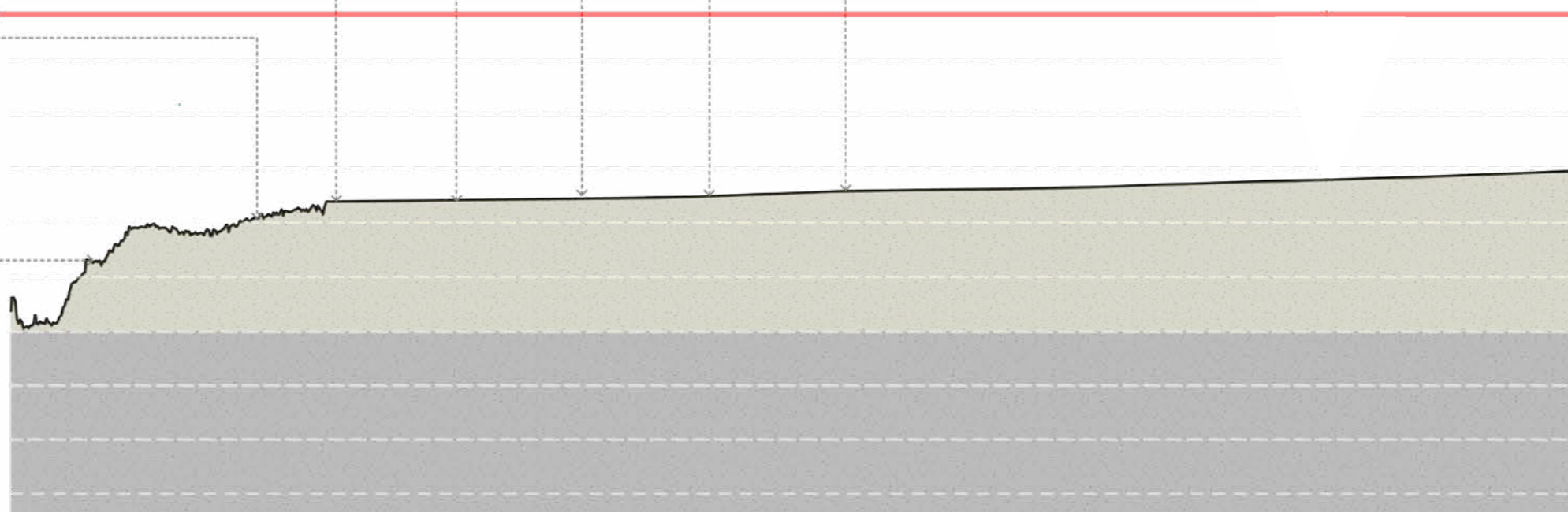


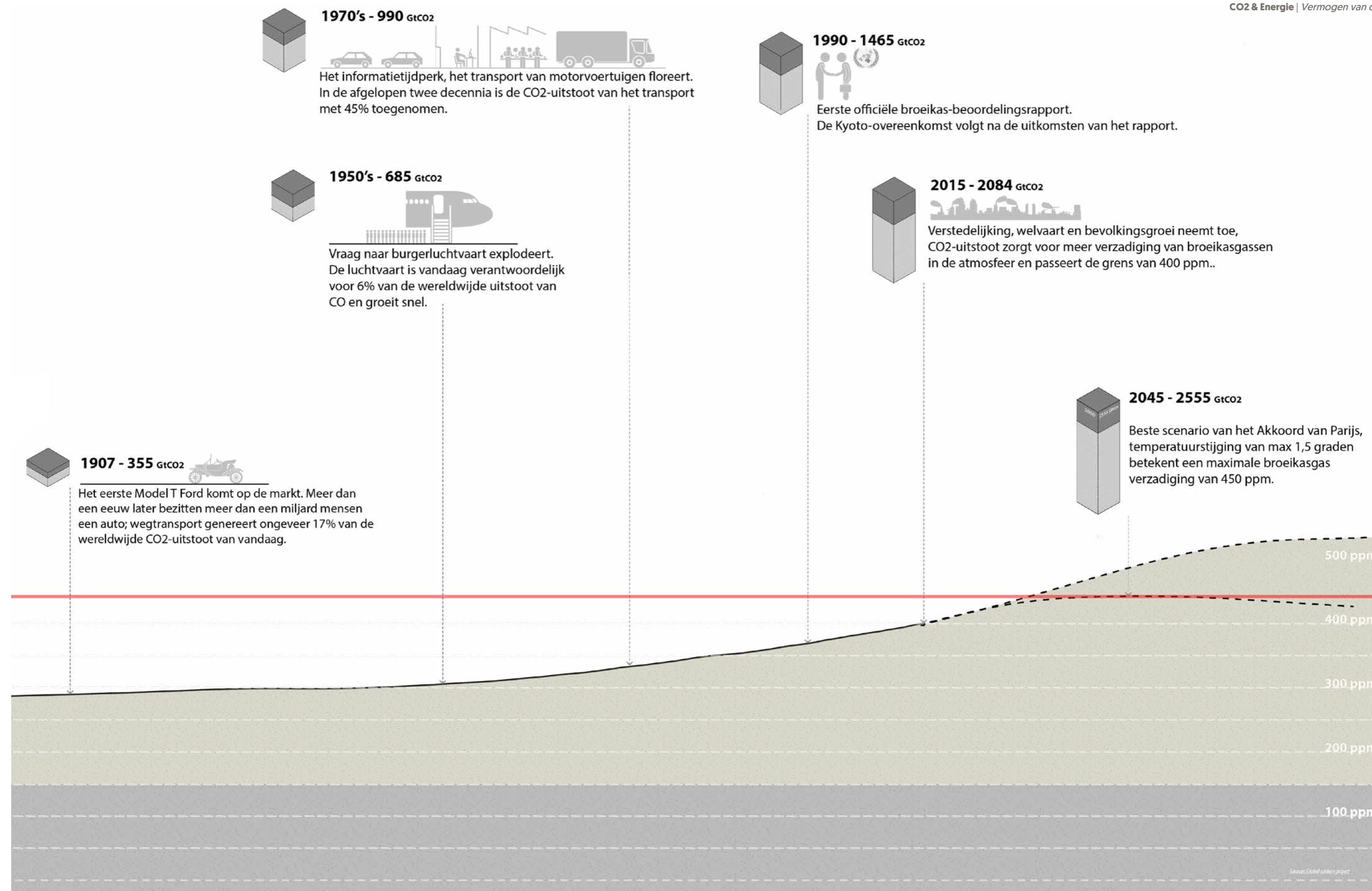
Vandaag de dag is transport voor 23% verantwoordelijk voor de wereldwijde CO2-uitstoot

14,000 v. Chr. - Van jagerverzamelaars naar agricultuur

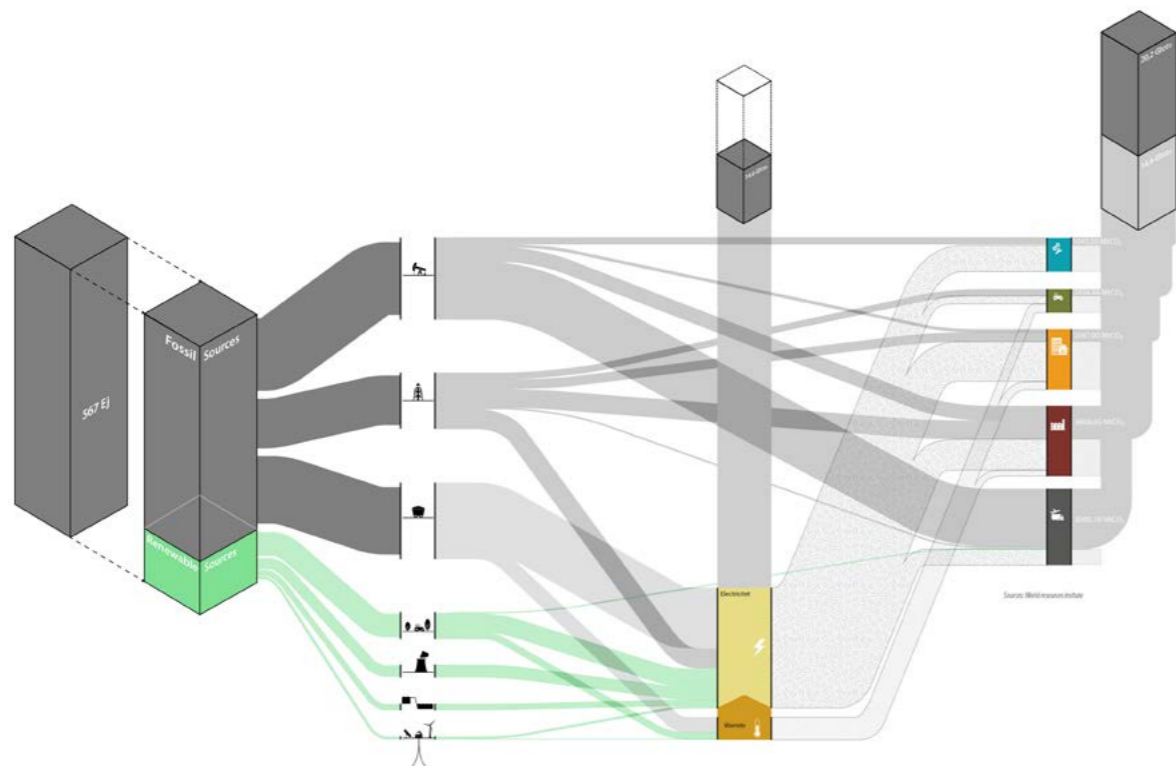


Bos wordt gekapt voor aanleg van gewassen in 2018 wordt jaarlijk bos gekapt ter grootte van België

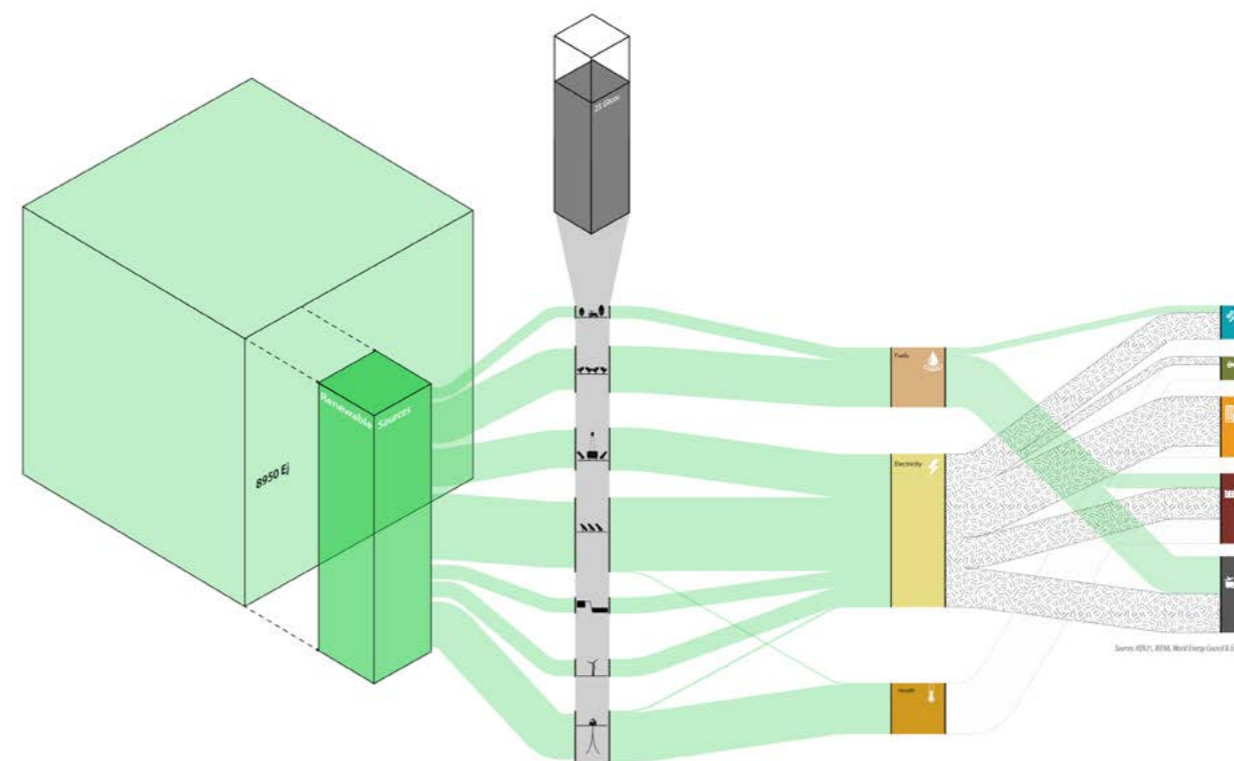




CO2 UITSTOOT OVER ENERGIE, 2015



POTENTIEEL DUURZAME ENERGIE



Het verbranden van fossiele brandstoffen is in 2015 verantwoordelijk voor 91% van de mondiale CO2-uitstoot. Het energie verbruik bedroeg in 2015 567 EJ, maar het potentieel vermogen van duurzame CO2-neutrale bronnen was 8950 EJ,

bijna 16x de toenmalige vraag. **Mondiaal betekent dit dat er genoeg duurzame energie te winnen is!**

NOVIO MAGVM.



V A H A L J S F L U V I U S.



D E W A A L S T R O O M.

TRANSITIE VAN DE STAD



TRANSITIE VAN DE STAD

Sinds 1880 is de CO2 uitstoot bijna vertienvoudigd. Dit door een toenemende welvaart en door een stijgende wereldpopulatie. Op de schaal van de stad is goed te zien hoe in een vergelijkbare periode de stad mee gegroeid is. Gerelateerd aan ontwikkelingen als de industrialisering, ontwikkeling van de dienstensector en automatisering zijn er verschillende transities geweest waar de stad telkens wat voller en groter is geworden. De opgave waar we nu voor staan is van een zelfde orde; een verandering in energie- gebruik en opwekking gecombineerd met een groei van het aantal woningen.

Voor dit onderzoek zou elke stad als voorbeeld kunnen worden genomen omdat het gaat om een mondiaal gegeven. Gekozen is voor de gemeente Nijmegen, de oudste stad van Nederland, die verschillende transities heeft gekend en voor 2018 gekozen is tot European Green Capital.

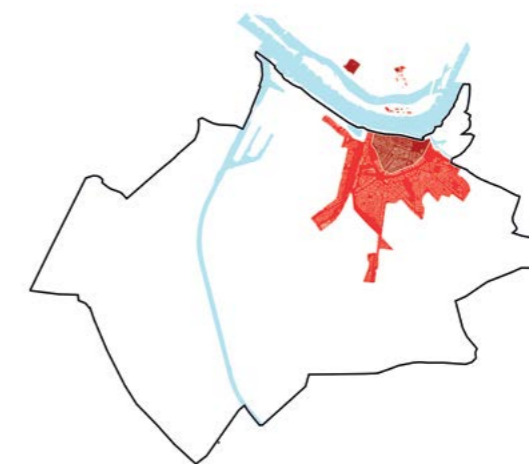
NIJMEGEN IN DE MIDDELEEUWEN



Omstreeks 69 stichten de Batavieren met hulp van de Romeinen een kamp in de buurt van de stad die nu Nijmegen heet. De huidige vorm van het centrum stamt uit ca 320 wanneer de Romeinen het paleis het Valkhof bouwen. Het paleis verandert in de volgende eeuwen onder diverse eigenaren totdat rond 1300 de eerste stadsmuren worden gebouwd. Rond 1600 is de stad tot aan haar muren volgebouwd en blijft de situatie tot omstreeks 1874 ongewijzigd.



NIMEGEN TOT 1900



Nijmegen verandert 200 jaar nauwelijks. In 1874 wordt het plan om de stadsmuren af te breken goedgekeurd en verandert Nijmegen in een "herendstad" met luxueuze herenhuizen langs brede lanen, voorzien van riolering en goede infrastructuur.

Ondertussen werkt A. Siebers aan plannen voor verdere uitbreiding van Nijmegen.

Op 1 januari 1900 heeft gemeente Nijmegen 44.000 inwoners.

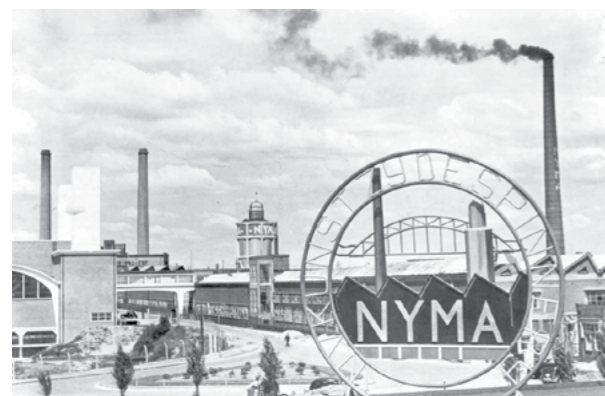


NIJMEGEN TOT 1935



Tussen 1900 en 1930 breidt Nijmegen uit. Belangrijke infrastructurele werken worden aangelegd; het Maaswaalkanaal maakt van Nijmegen een belangrijke haven, de Waalbrug versnelt nieuwe trends: toenemende mobiliteit en de eerste vaste verbinding met elektriciteit.

Op 1 januari 1930 heeft gemeente Nijmegen 81.000 inwoners.



Aanleg 50kv leidingen

NIJMEGEN TOT 1965

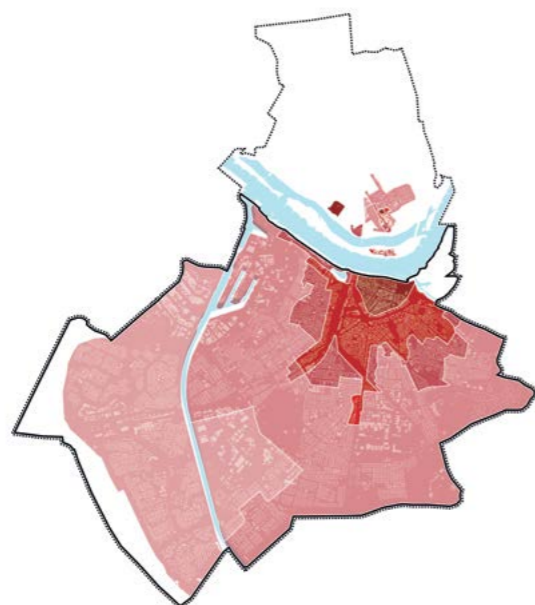


De de toenemende welvaart met een afnemende woningverdichting zorgt voor een explosie in de woningbouw. Ook wordt Nijmegen een belangrijke studentenstad met de komst van de hoog aanschreven Radboud universiteit. Rondom het centrum en de universiteit ontstaan nieuwe wijken en de stad breidt zich in razend snel uit tot aan het Maaswaalkanaal.

Op 1 januari 1965 heeft gemeente Nijmegen 130.000 inwoners.



NIJMEGEN TOT 1980

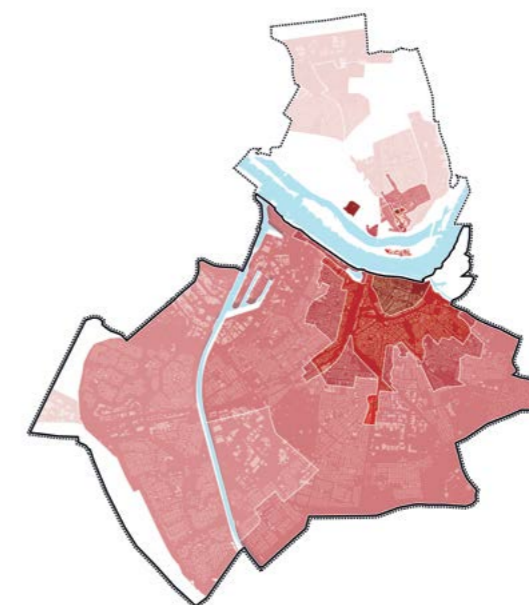


Rond 1966 worden de eerste 10.000 woningen gebouwd aan de zuidzijde van het Maas-Waalkanaal. Later gaat deze wijk Dukenburg heten. Buurten worden ontworpen met groene open structuren, met combinaties van appartementen en grondgebonden woningen en overal is ruimte voor de auto.

Op 1 januari 1980 heeft gemeente Nijmegen 147.632 inwoners.



NIJMEGEN TOT HEDEN

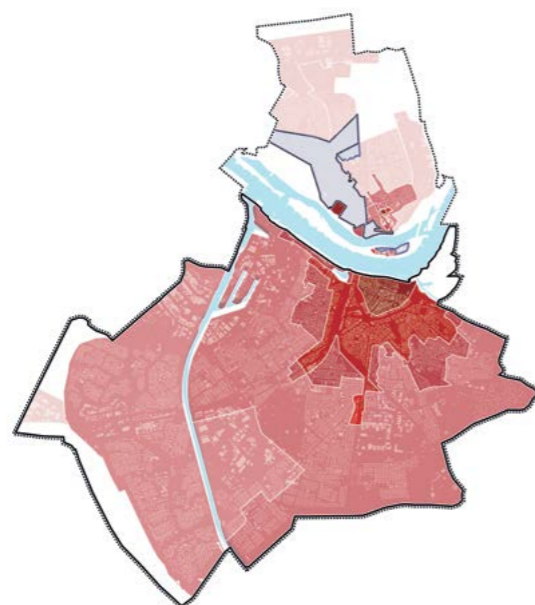


Nijmegen verdicht langzaam door onder andere herstructurering maar het is pas in 1996 als de spong over de waal wordt gemaakt in het masterplan de Waalspong. In antwoord op de nationale VINEX-opgave worden moderne wijken in landschappelijke context voorzien van alledaagse gemakken. In de crisis na 2008 worden de plannen vertraagd en gefaseerd uitgevoerd. Zaken die belangrijk zijn voor de energie-transitie worden reeds meegenomen zoals de aanleg van het warmtenet.

Op 1 januari 2017 heeft gemeente Nijmegen 174.575 inwoners en 65.020 woningen.



GEPLAND IN NIJMEGEN



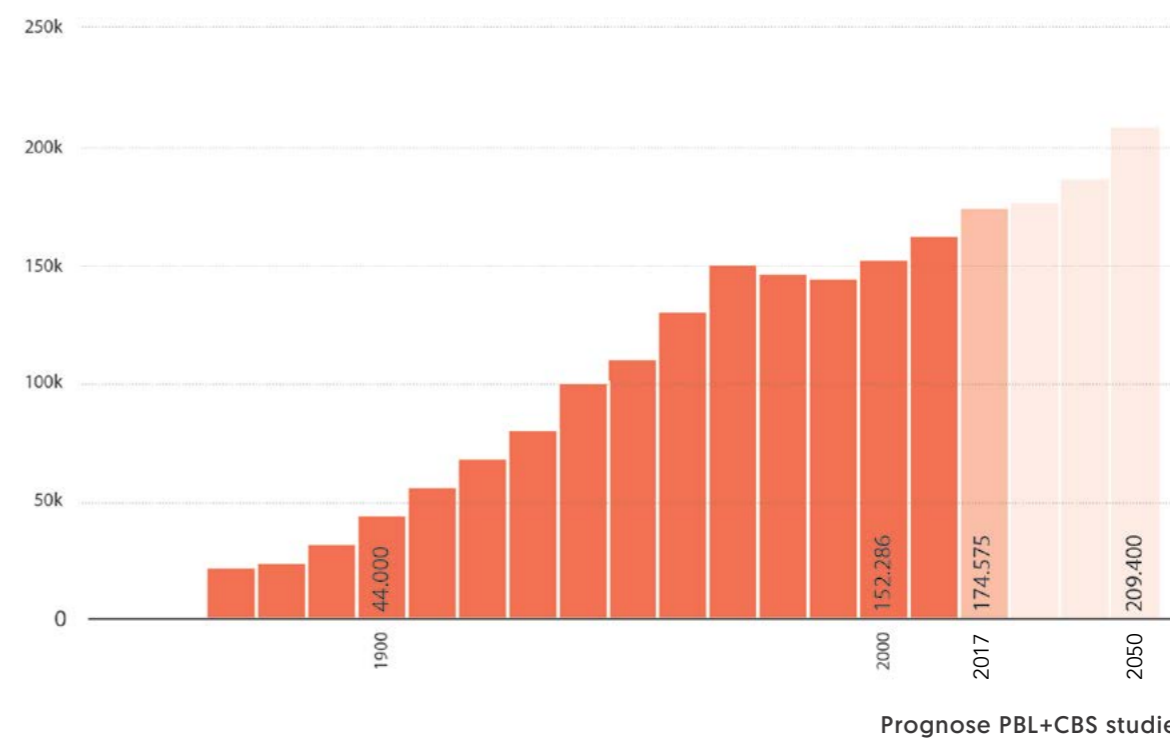
Nijmegen presenteert in 2018 het plan voor het Hof van Holland, de laatste ontwikkeling die Lent, Oosterhout en Nijmegen aan elkaar verbindt. De laatste schakel in de Vinex opgave. Ondertussen is er bij ontwikkelaars steeds meer aandacht voor duurzame woningen. Buurten moeten energie neutraal worden en er moet ruimte komen voor groenblauwe structuren waar de auto minder centraal staat.

De huidige en de nieuw te bouwen wijken moeten energie neutraal worden en de CO2 uitstoot beperken. Maar hoe kan dat worden opgepakt? Een volgende transitie is nodig waardoor de hele stad energie neutraal wordt en waar de volgende woningbouwopgave aan gaat bijdragen.

In 2020 verwacht Nijmegen volgens de huidige plannen 176.00 inwoners.



NIJMEGEN TOT 2050

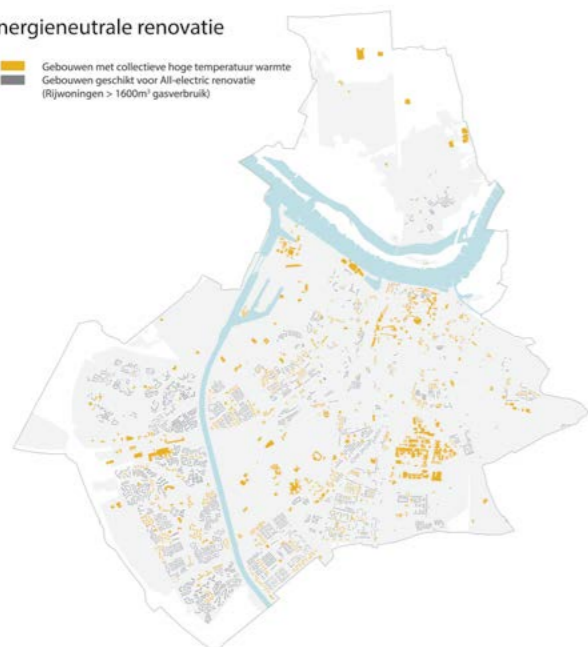


~35.000 WONINGEN TOT 2050

KANSEN VOOR UITBREIDING, NIJMEGEN TOT 2050

Energieneutrale renovatie

- Gebouwen met collectieve hoge temperatuur warmte
- Gebouwen geschikt voor All-electric renovatie (Rijwoningen > 1600m² gasverbruik)



Herstructurering / nieuwbouw

- Aangewezen bouwvelden
- Bekende herstructurerings locaties
- Gebouwen gebouwd tussen 1950-1976
- Beschermd stadsgezicht



De komende woningbouwopgave is een handvat om de komende energie-transitie in de stad vorm te geven. Hierbij gaat het niet alleen om het vergroten van woningvoorraad maar ook om het verbeteren van de bestaande voorraad.

Een analyse leert dat binnen de huidige gemeentegrenzen er verschillende kansen zijn om tot energie neutraliteit te komen. In woonwijken is een all-electric renovatie vaak al een oplossing om gebouwen energie-zelfvoorzienend te maken. Daar tegenover kunnen grote complexen zoals de universiteits campus, ziekenhuizen, winkelcentra, sportcomplexen en industriegebieden gekoppeld worden aan collectieve warmte systemen.

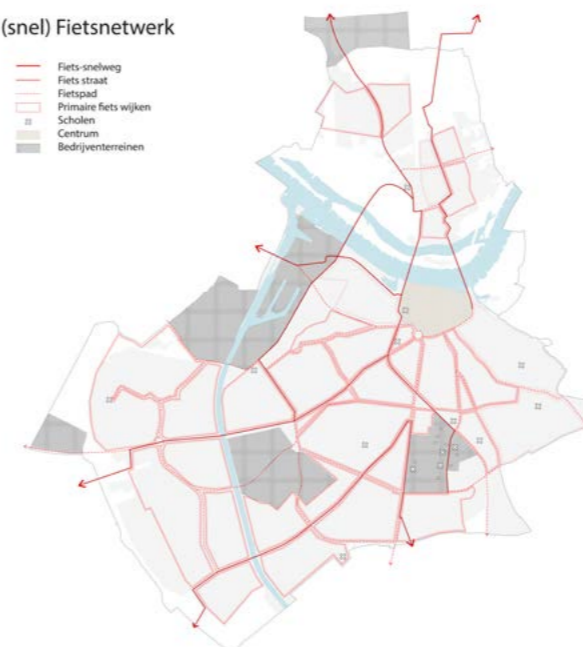
Naast renovatie is er de zoektocht naar locaties waar nieuwbouw kan plaatsvinden. De explosieve groei van na de oorlog tot 1975 heeft veel dezelfde type slecht kwalitatieve woningen opgeleverd die het best gesloopt kunnen worden. De grond daarvan kan worden gebruikt voor verdichtings mogelijkheden.

Een omvattende strategie voor de energie transitie heeft de gemeente niet, met laat het vooral over aan de woningbouwcorporaties. Deze zijn bezig met het ontwerpen van hun renovatie strategie.

NIJMEGEN VERANDERING IN VERKEERS MODALITEITEN

(snel) Fietsnetwerk

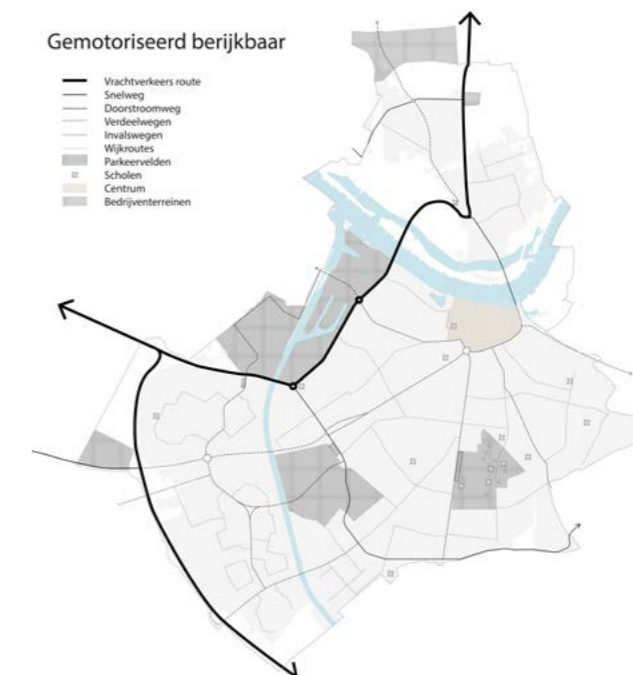
- Fiets-snelweg
- Fiets straat
- Fietspad
- Primaire fiets wijken
- Scholen
- Centrum
- Bedrijventerreinen



De gemeente is bezig met de stad voor te bereiden op de energie extensieve mobiliteit. Een groot deel van het fijnmazige wegennetwerk wordt de komende jaren omgebouwd tot fietsnetwerk. De Liemers, Batavieren pad en het RijnWaalpad zijn opgeleverd en verbinden het centrum en de Radboud campus met de omliggende dorpen en steden. De stad wordt verder dooraderd met fietsstraten met aantakking aan het bestaande stedelijk netwerk langs de oude lanen.

Gemotoriseerd bereikbaar

- Vrachtverkeers route
- Snelweg
- Doorstroombweg
- Verdeelwegen
- Invalswegen
- Wijkroutes
- Parkeervelden
- Scholen
- Centrum
- Bedrijventerreinen



Met de opkomst van fietsstraten is de auto niet buitengesloten maar wel steeds meer een gast in veel wijken aan het worden. Voor een goede doorstroming is er met de aanleg van De Oversteek (nieuwe Waalbrug) een ringweg in Nijmegen ontstaan. Deze zorgt voor een belangrijke afvang van vrachtverkeer die via de energieweg op het industrieterrein moet zijn of snel doorstroomt naar de snelweg. De bestaande ringstructuur van Nijmegen is zodoende voor personenauto's een snelle verbinder tussen woonwijken en het centrum.



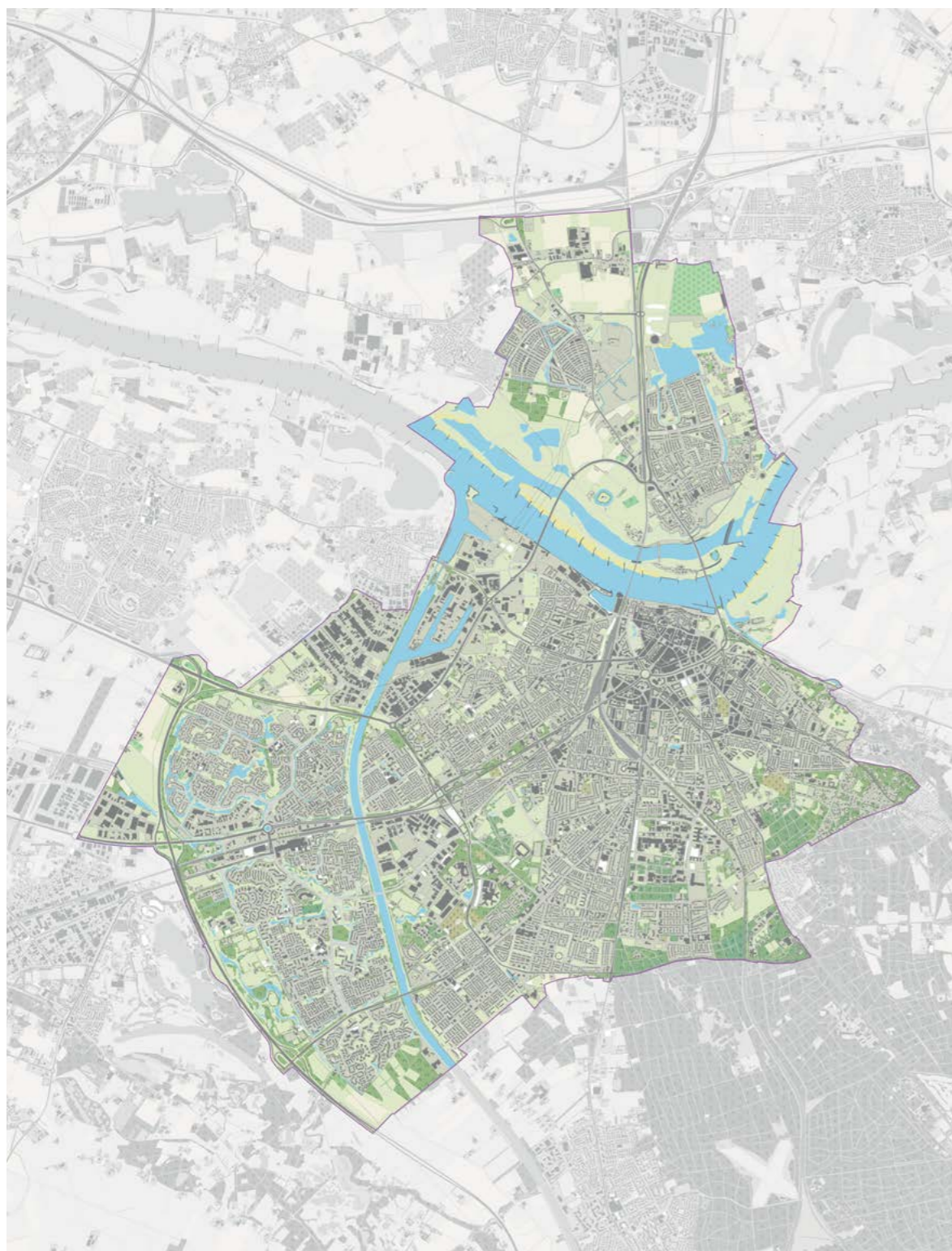
VRAAG EN AANBOD VAN DE STAD

IV VRAAG EN AANBOD VAN DE STAD

De huidige energieproductie is gebaseerd op de vraag. De energie-infrastructuur is zo efficiënt aangelegd dat er direct de juiste vorm van energie afgenomen kan worden door de juiste gebruiker. Als de energiebronnen veranderen zal het energienetwerk moeten veranderen. In de volgende kaartenreeks is per energiebron bekeken wat de maximale energiepotentie is. Daarnaast wordt op de kaart ook duidelijk op welke plekken deze vormen van energie opgewekt kunnen worden.

Het aanduiden van de locaties en hun potentie vormt de basis om een nieuw energienetwerk van vraag en aanbod te ontwerpen. In het volgende hoofdstuk (IV) worden strategische ontwerpprincipes bepaald voor dit netwerk. Maar eerst is nodig om na te gaan of er voldoende lokale potentie is om aan de toekomstige energievraag te kunnen voldoen.

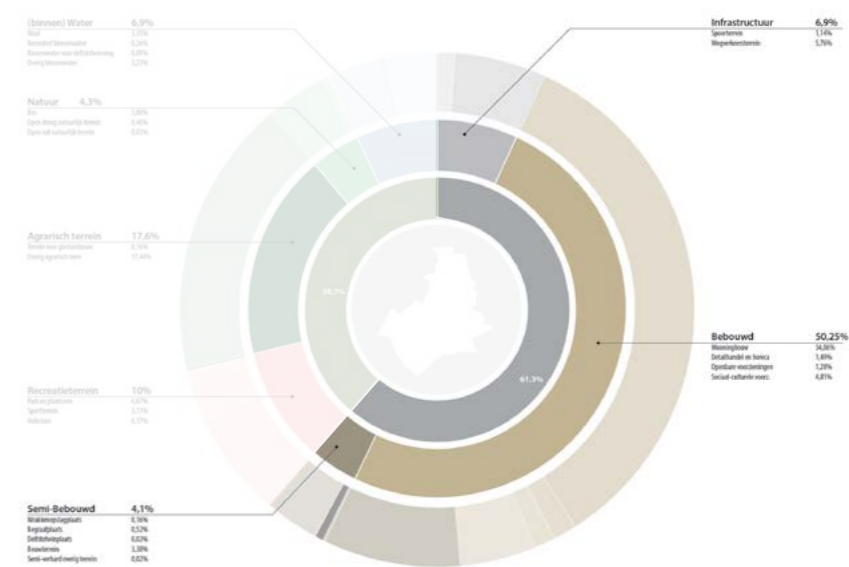
NIJMEGEN 2016



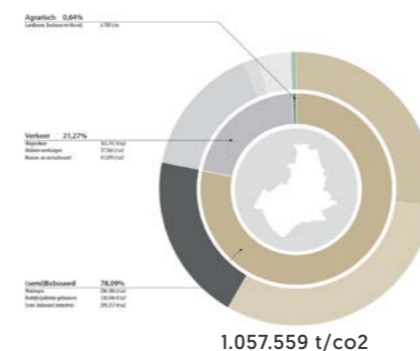
Op basis van het grondgebruik wordt inzichtelijk hoeveel wat de CO2 uitstoot en het energie verbruik binnen de gemeente Nijmegen is.

Onderverdeeld in verschillende categorieën is hieronder te zien welke soort bebouwing en infrastructuur om welke hoeveelheden energie vraagt. Dit is gebaseerd cijfers van het CBS 2016

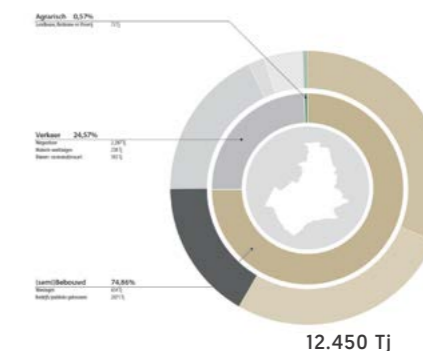
Verdeling in oppervlakten



Jaarlijkse CO2 uitstoot



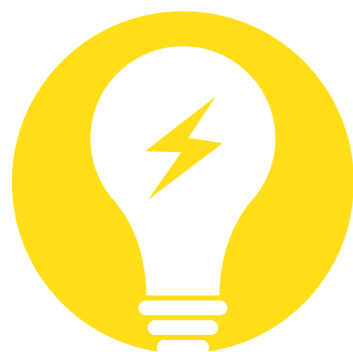
Jaarlijks energie verbruik



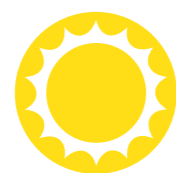
HET PALET AAN ENERGERGIEBRONNEN

De 4 vormen van energie genoemd in de Energieagenda 2016 kunnen na de analyse van potentiële energie worden aangescherpt en uitgebreid. Hierdoor ontstaat het volgende pallet voor de stedelijke energie bronnen.

KRACHT & LICHT



Wind



Zon-PV

HOGE TEMPERATUUR WARMTE



Warmtenet



Geothermie

LAGE TEMPERATUUR WARMTE



Restwarmte



TEO



WKO

VERVOER

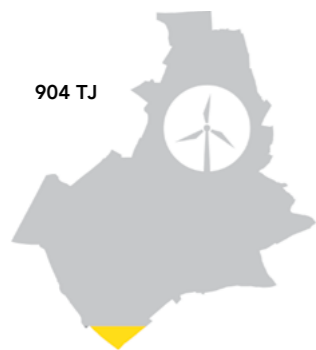
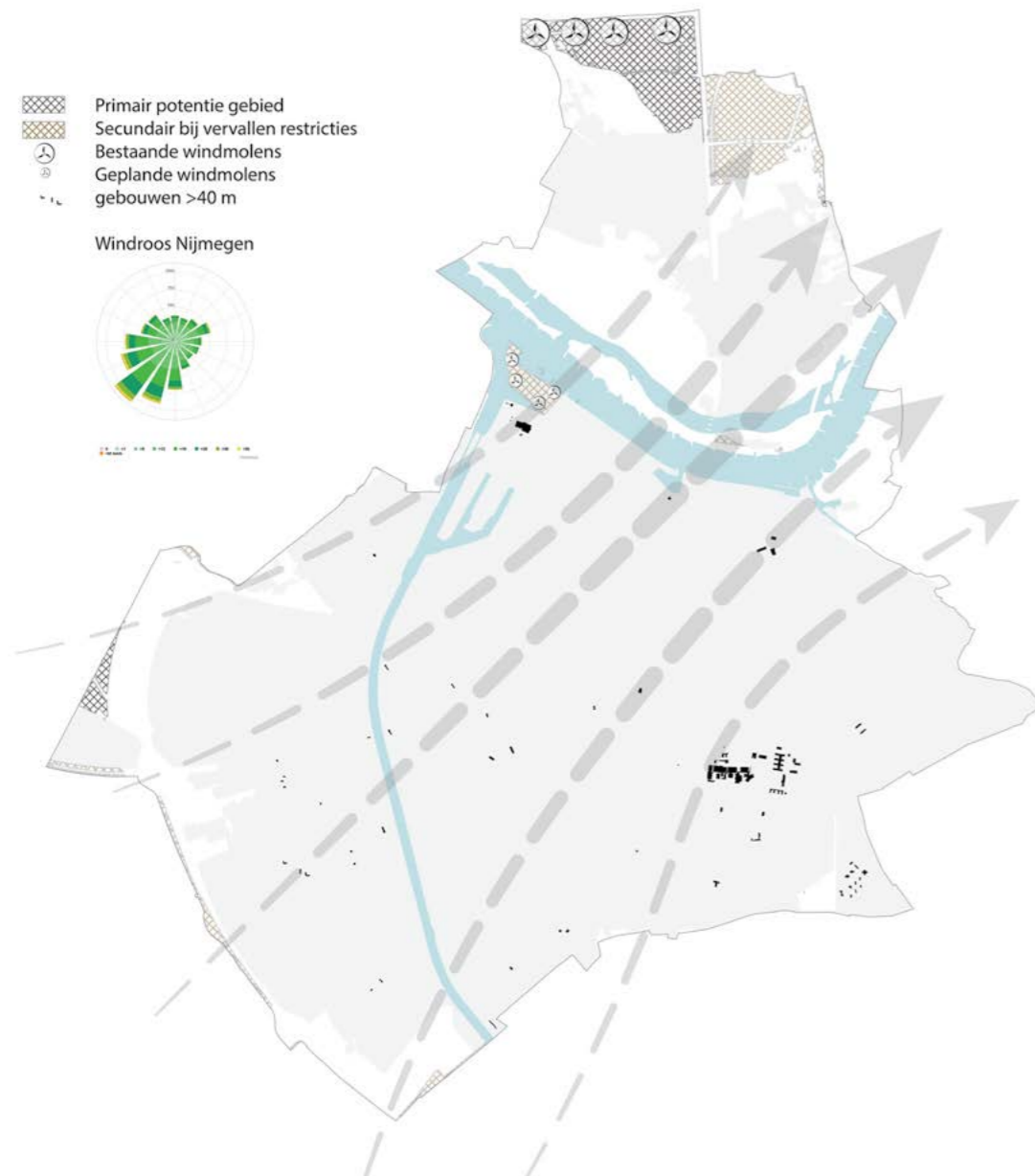


Biomassa



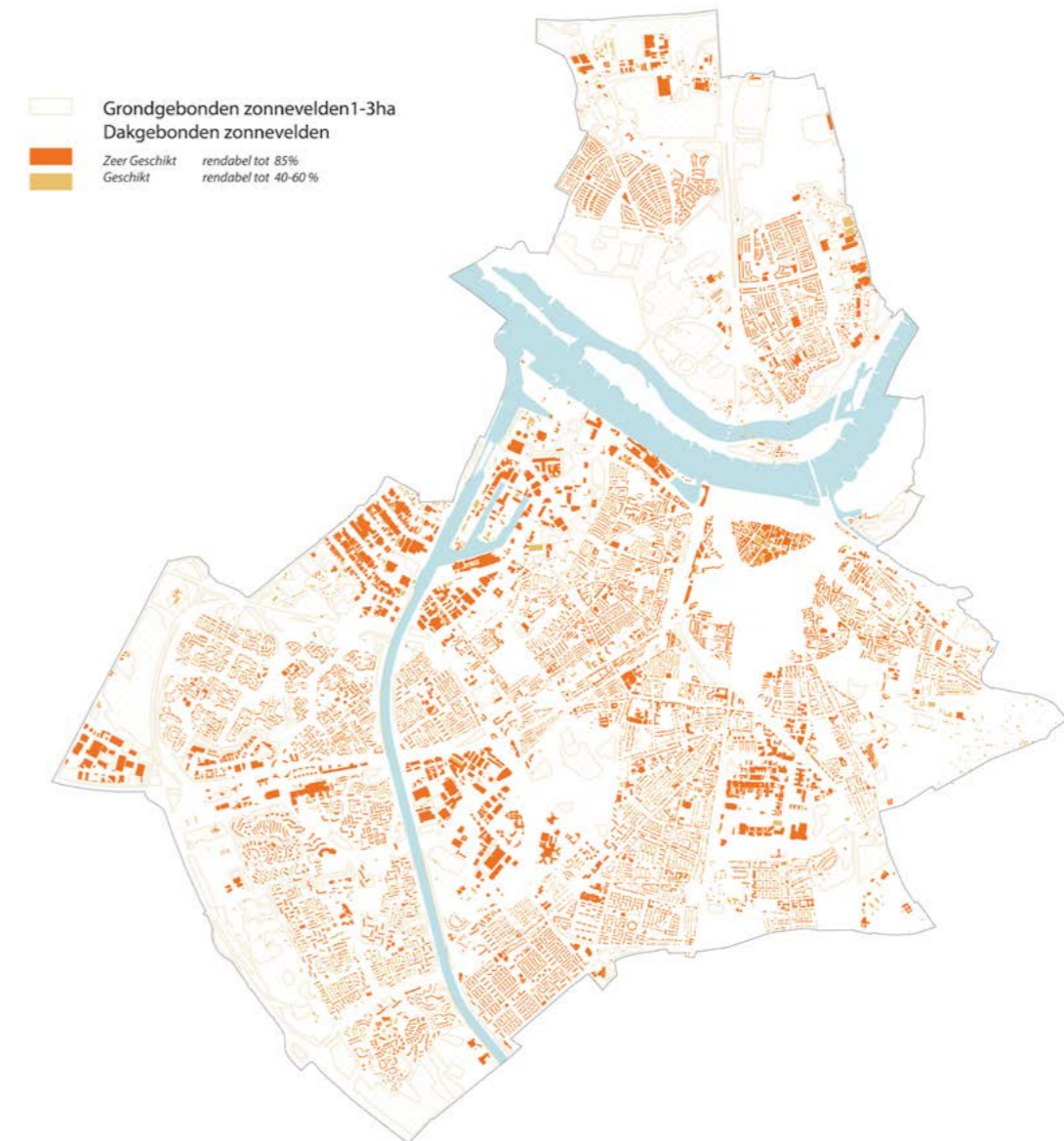
Bio-bandstoffen

WIND ENERGIE



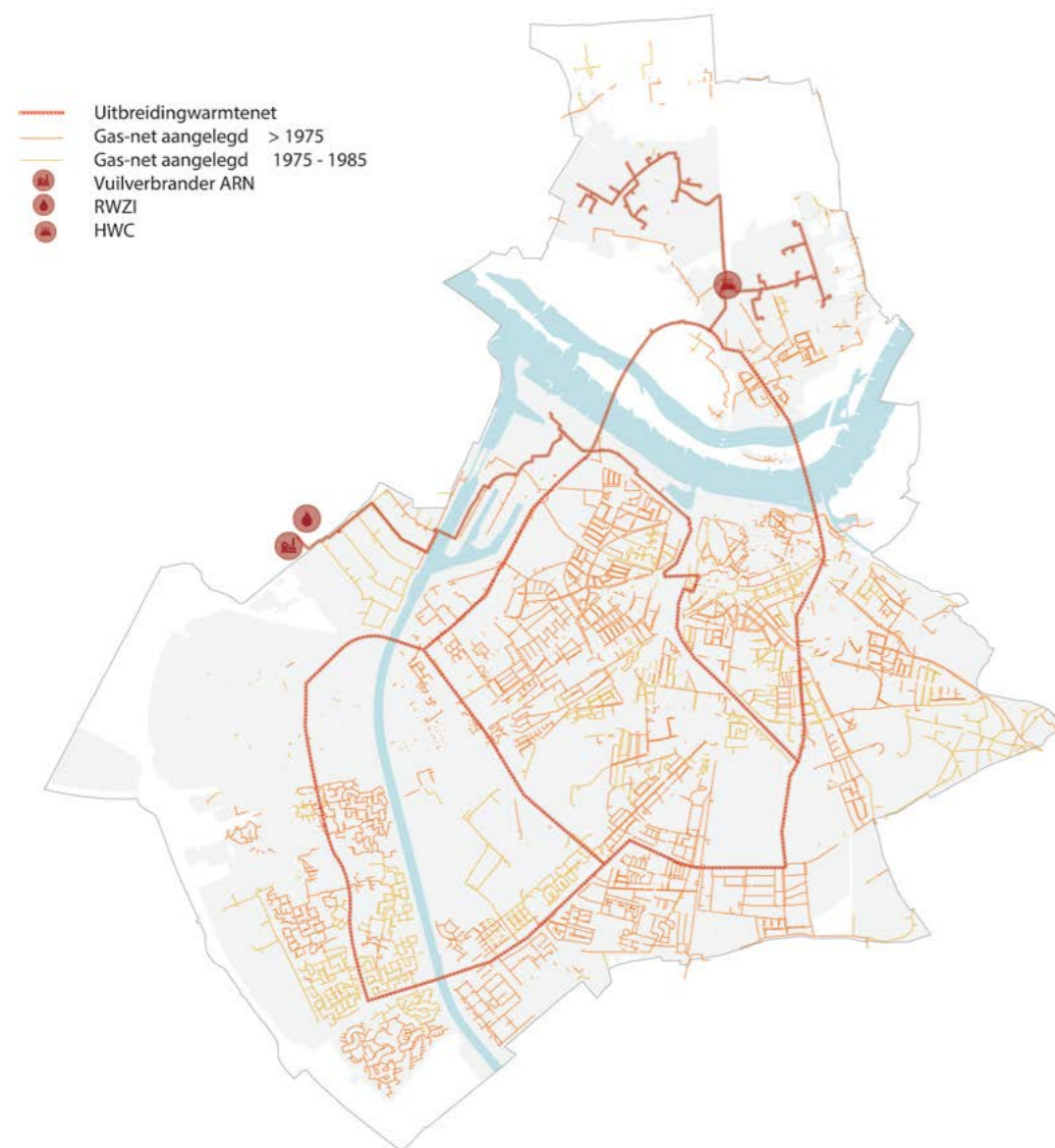
De potentie van windenergie wordt mede bepaald door beleid. Op veel plekken is het niet toegestaan om windturbines te plaatsen. Wel zijn opkomende stedelijke ontwikkelingen als PowerNest mee genomen waarin gebouwen hoger dan 40 m kunnen dienen als windtorens.

ZON (PV) ENERGIE



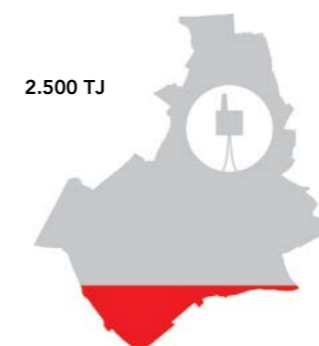
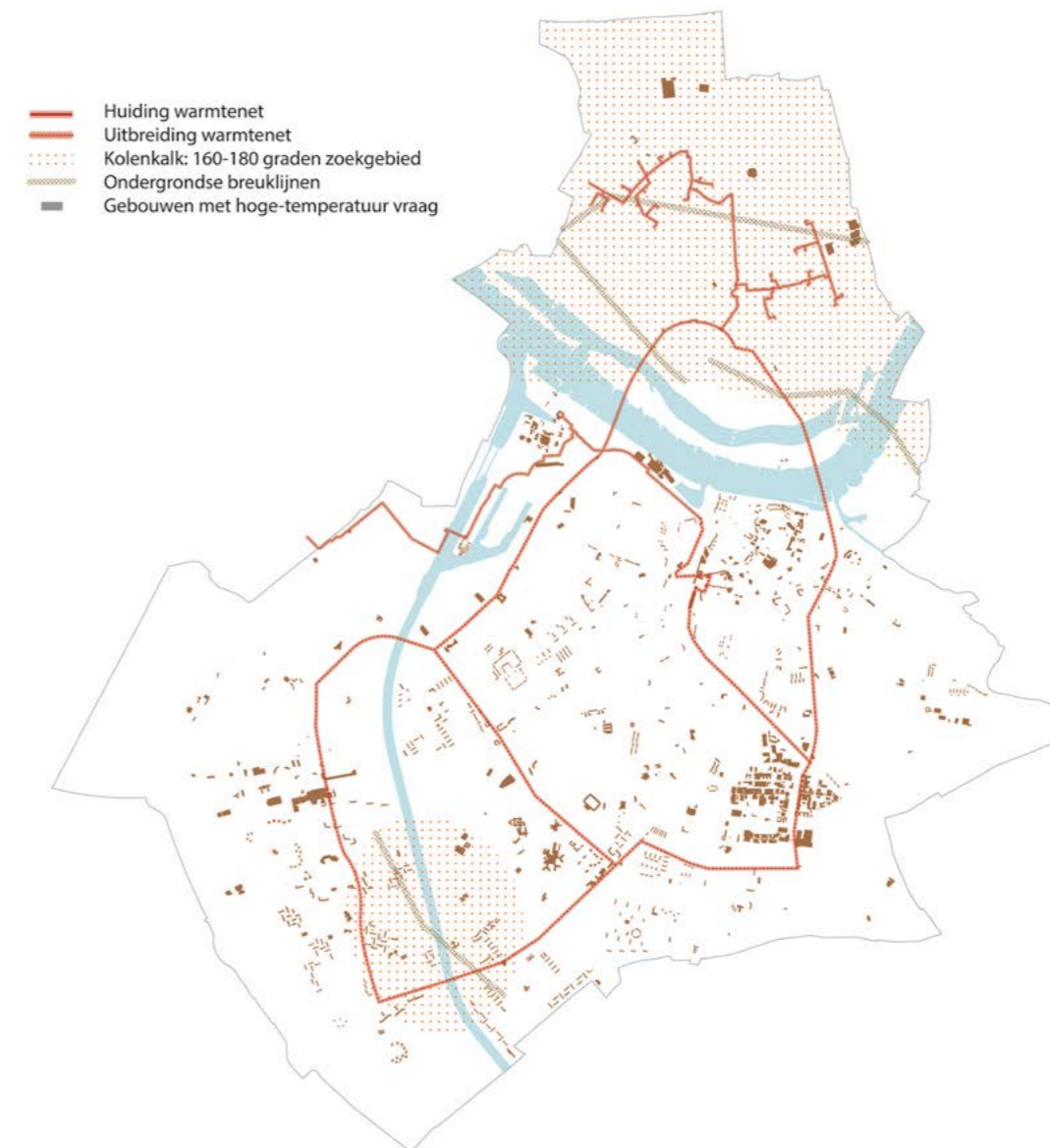
Voor PV-energie is er gebruikt gemaakt van de zonatlas.nl. Hierin worden de daken waar mogelijk 100% voorzien van PV. Berekend wordt met een technologische verbetering van 350 WP en 2200 zonne-uren per jaar.

WARMTENET



Een nieuw warmt tracé vormt de leidraad voor een stedelijk netwerk waarin uitwisseling van hoge en lage temperaturen mogelijk wordt.

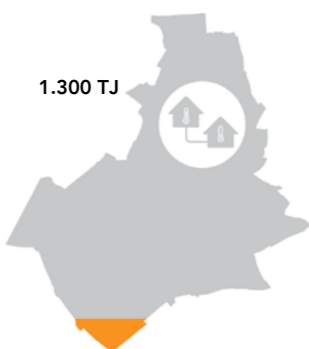
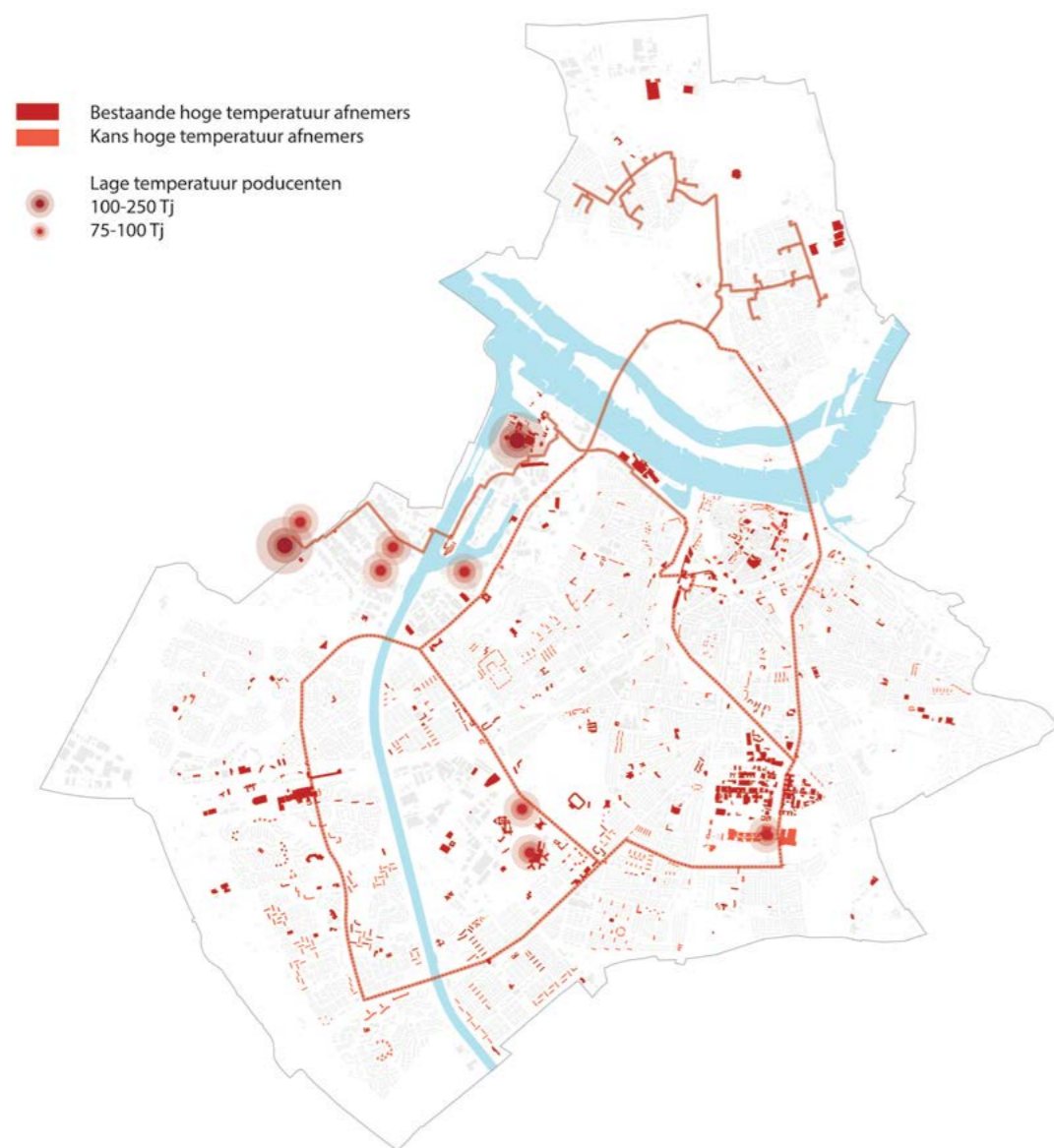
GEOOTHERMIE



2.500 TJ

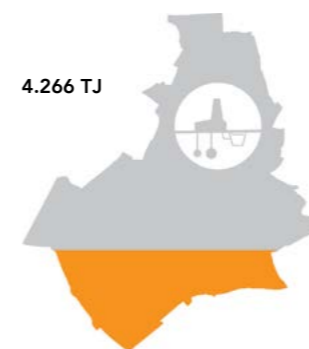
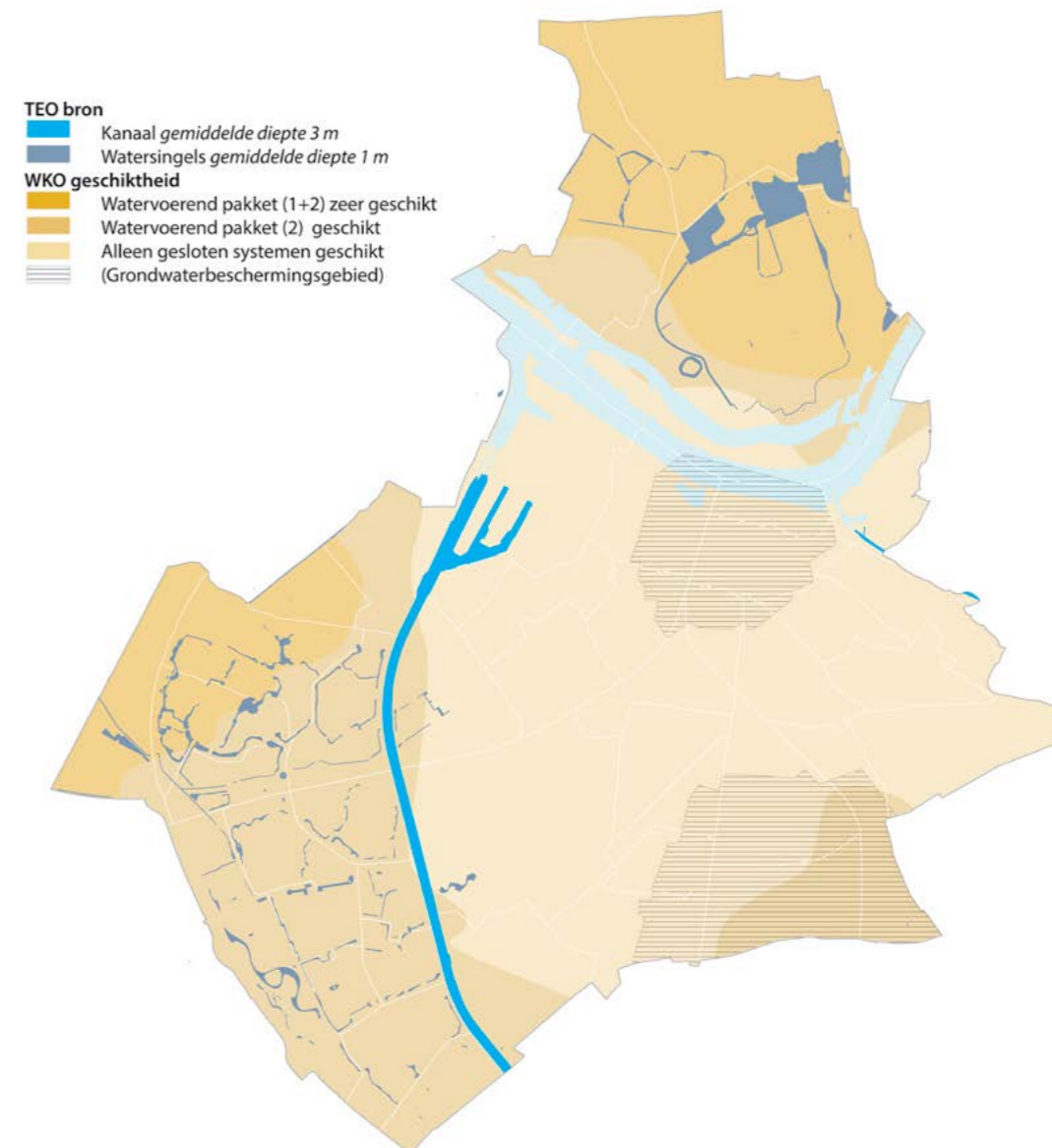
Geothermie is gebaseerd op de kolenkalkgroep, deze bevindt zich in Nijmegen 3-4km onder maaiveld en voorziet in temperaturen tussen de 160-180 graden. Gezien het aantal breuken kunnen er 5 bronnen van 500TJ gemaakt worden.

RESTWARMTE



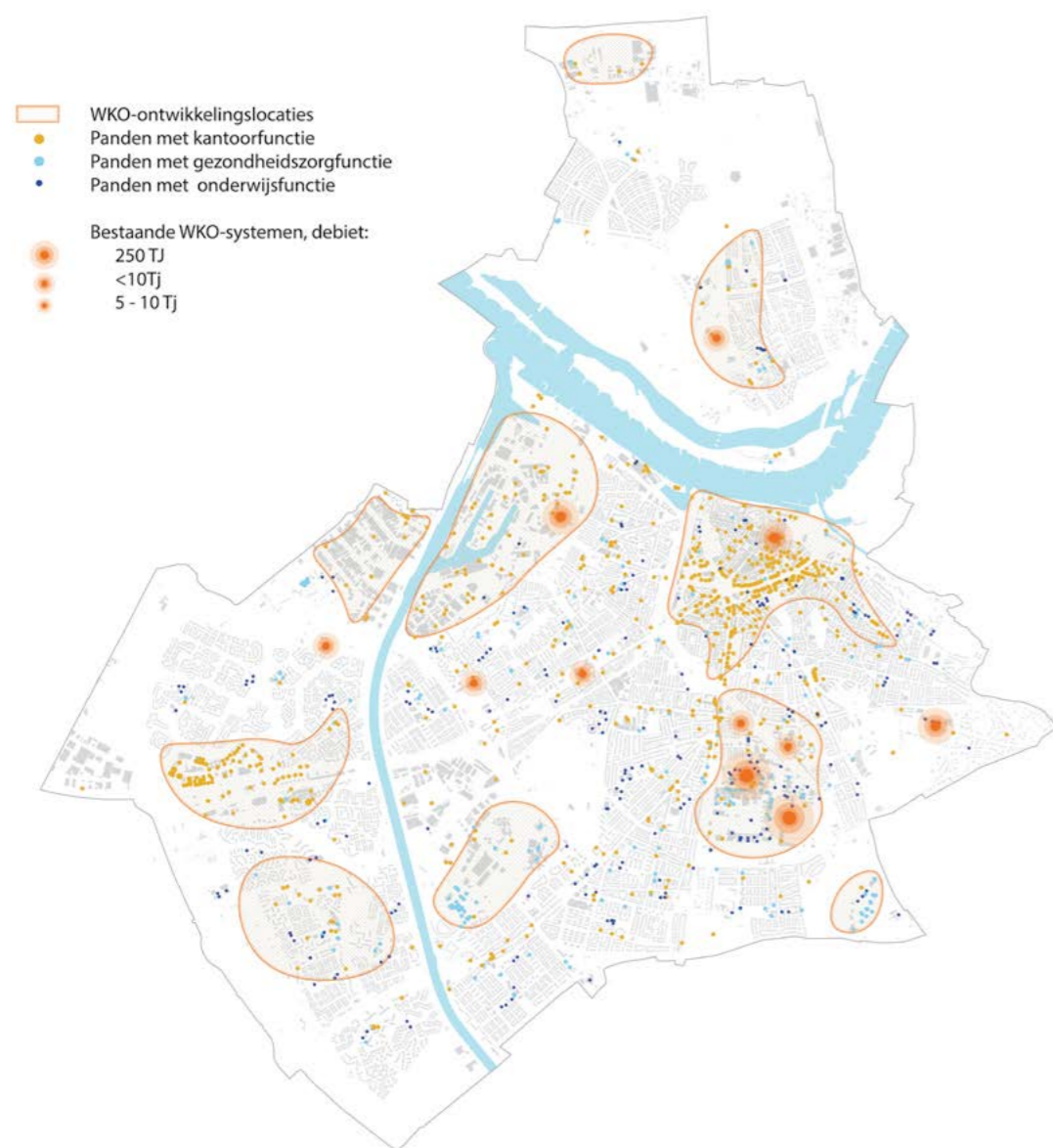
Er bevindt zich in de stad ook restwarmte die (nog) niet in een WKO opgeslagen wordt. Dit is restwarmte van bedrijven die hoge temperatuur gebruiken en lage temperatuur overhouden. Deze kan via het warmtenet uitgewisseld worden met gebruikers van lage temperatuur warmte of worden opgeslagen in een WKO.

THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKTEWATER

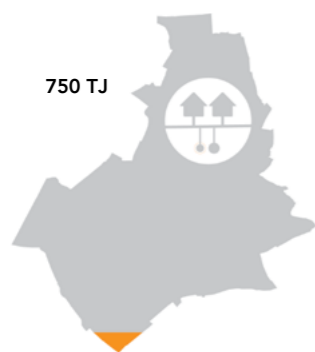


Ook wel TEO genoemd is een relatief nieuwe technologie om uit licht stromend oppervlaktewater warmte te winnen. Berekeningen zijn gebaseerd op de testcase 'Merwedekanaal' van IF-technologie. Hier kan tot max 3 m diep warmte gewonnen worden, per 8,55 m² kan er 8 GJ aan warmte gewonnen worden. Deze wordt vervolgens in een WKO opgeslagen en kan door de gebruiker daaruit gewonnen worden.

WARMTE- KOUDEOPSLAG

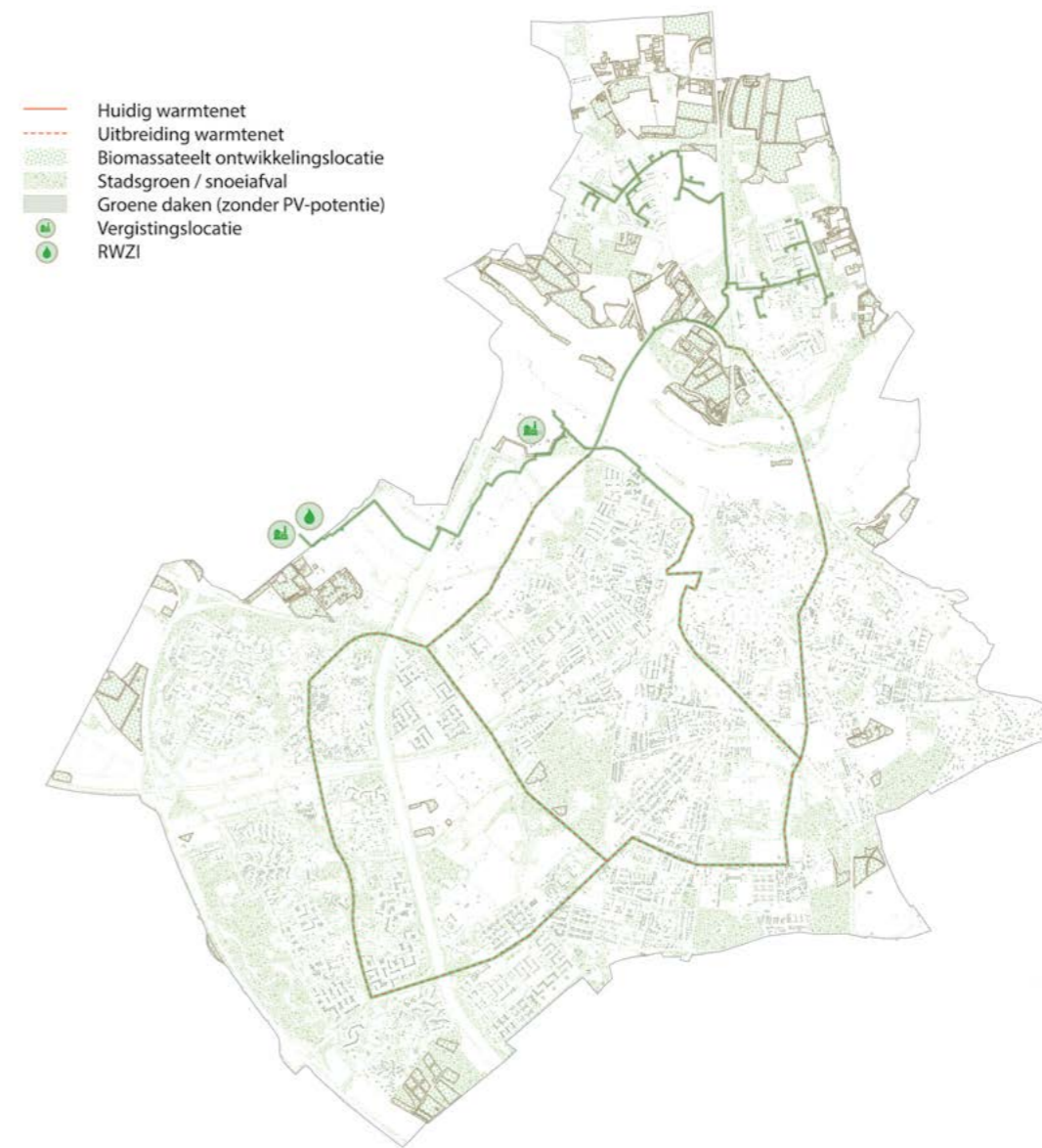


- WKO-ontwikkelingslocaties
 - Panden met kantoorfunctie
 - Panden met gezondheidszorgfunctie
 - Panden met onderwijsfunctie
- Bestaande WKO-systemen, debiet:
- 250 TJ
 - <10Tj
 - 5 - 10Tj

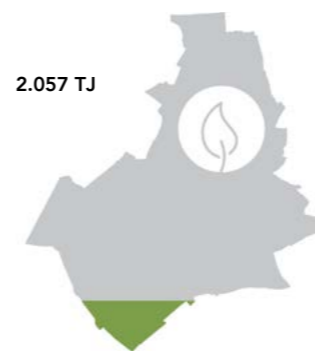


WKO is gebaseerd op data van de RIVM-energieatlas. De potentie bestaat uit restwarmte die momenteel in het watervoerend pakket wordt opgeslagen en later kan worden hergebruikt. Momenteel bevindt zich 750 TJ aan restwarmte in de stad, echter het WKO systeem kan een veelvoud ervan opslaan.

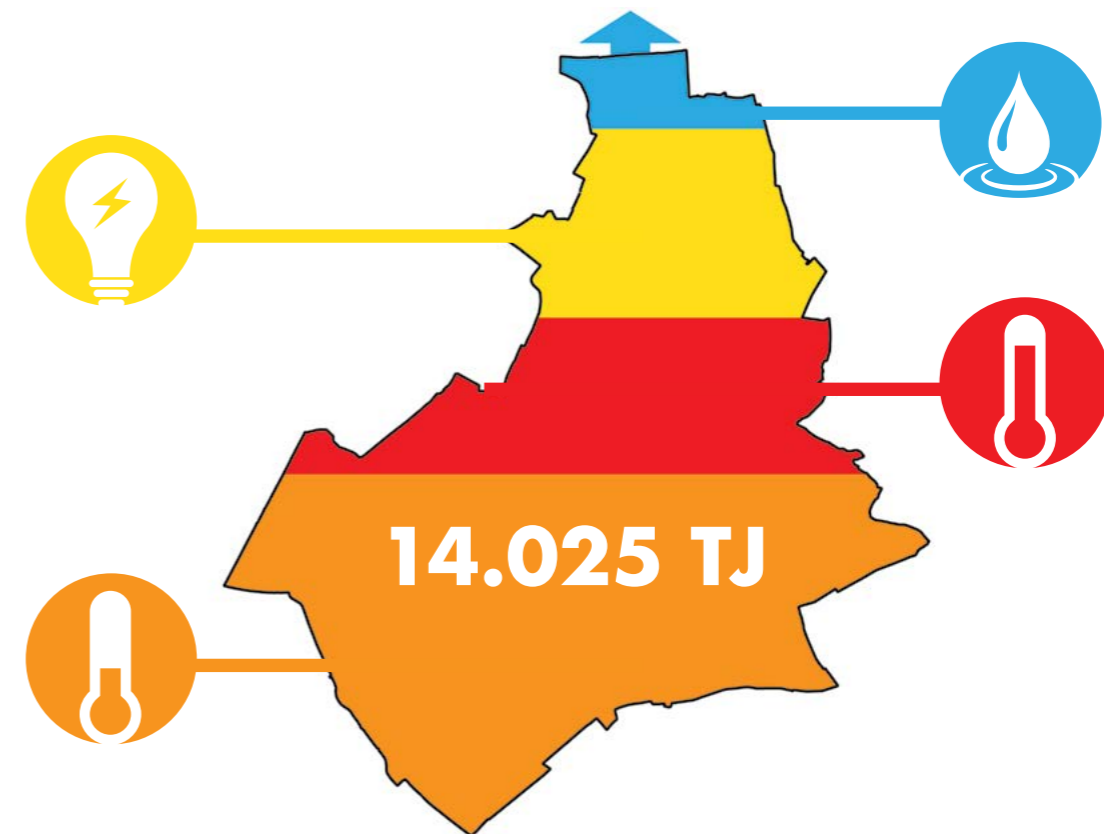
BIOMASSA EN BIO-BRANDSTOFFEN



- Huidig warmtenet
- Uitbreiding warmtenet
- Biomassateelt ontwikkelingslocatie
- Stadsgroen / snoeiafval
- Groene daken (zonder PV-potentie)
- Vergistingslocatie
- RWZI



Gemeente Nijmegen heeft net over haar grens in Beuningen een vergister staan waarin gft, slib en snoeiafval vergist worden tot biobrandstof voor het OV. Door in de stad oppervlakte te creëren waar snoeiafval kan groeien kan de potentie van biomassa verhoogd worden. De potentie die berekend is wordt in het onderzoek enkel meegenomen als productie van brandstof.



Bij elkaar opgeteld is er genoeg energiepotentie binnen de gemeente Nijmegen om zichzelf te voorzien in de vraag naar energie in 2050. De opgave is dan wel hoe de juiste vorm van energie gekoppeld kan worden aan de juiste gebruiker. En wat voor energienetwerk daarvoor nodig is.



VERMOGEN VAN DE STAD

V

NETWERK VAN DE STAD

Het vermogen van de stad bestaat uit verschillende zaken die samen de energie transitie vorm geven. De stad heeft het vermogen om transities te realiseren waarin de verandering van energie infrastructuur gecombineerd wordt met woningbouw verdichting en bestaande ruimtelijke structuren.

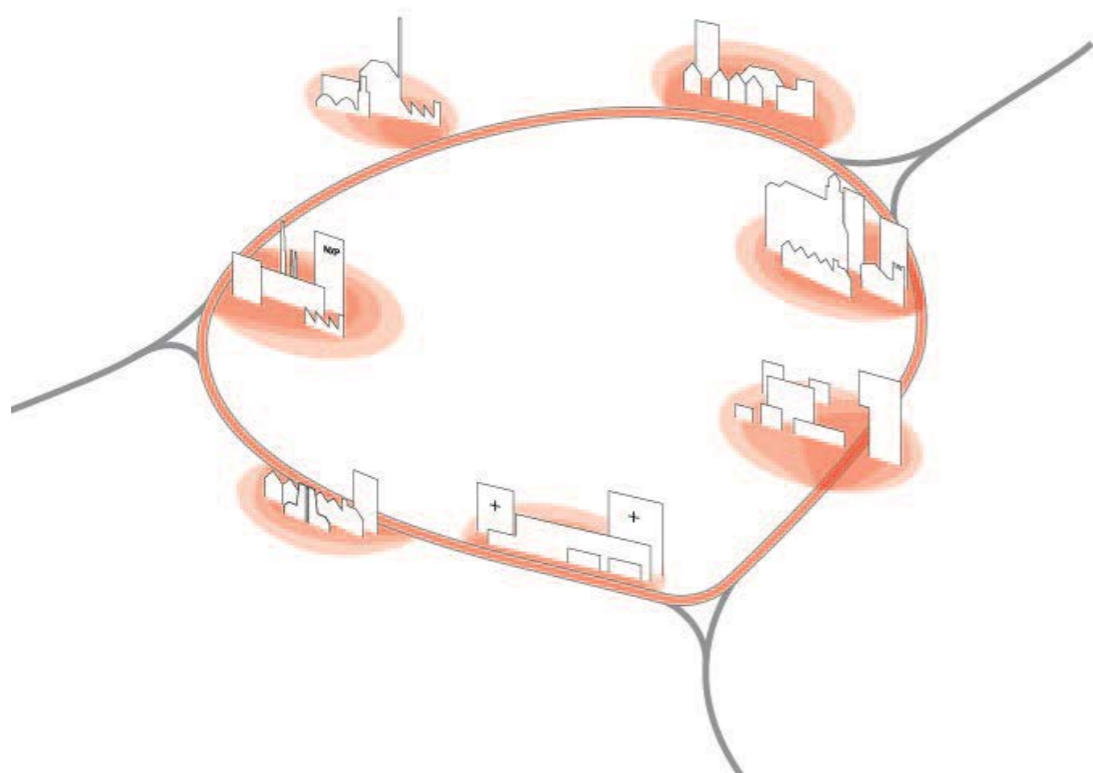
Het vermogen tot transitie biedt de kans om stedelijke planning en ontwikkeling te gebruiken om bewoners (on)bewust te verplichten mee te bewegen in de overgang naar duurzaam energie gebruik. De mogelijkheid om energie als onderdeel van de toekomstige stadsplanning te zien, zorgt er voor dat meer lokale energieopwekkingsmogelijkheden gebruikt kunnen worden en dat niet alleen energie opwekking in het landschap 'verantwoordelijk' is.

Het vermogen van de stad is een optelsom van ontwikkelingen om de juiste vorm van energie bij de juiste gebruiker te brengen en daarmee de stedelijke uitstoot tot het minimum te beperken.

Dit vermogen wordt navolgend uitgewerkt als strategie en stedenbouwkundige opgaven.

In de volgende drie stappen wordt een strategie ontwikkeld om de energieverdeling en ruimtelijke transitie-opgaven een plek te geven in de stad.

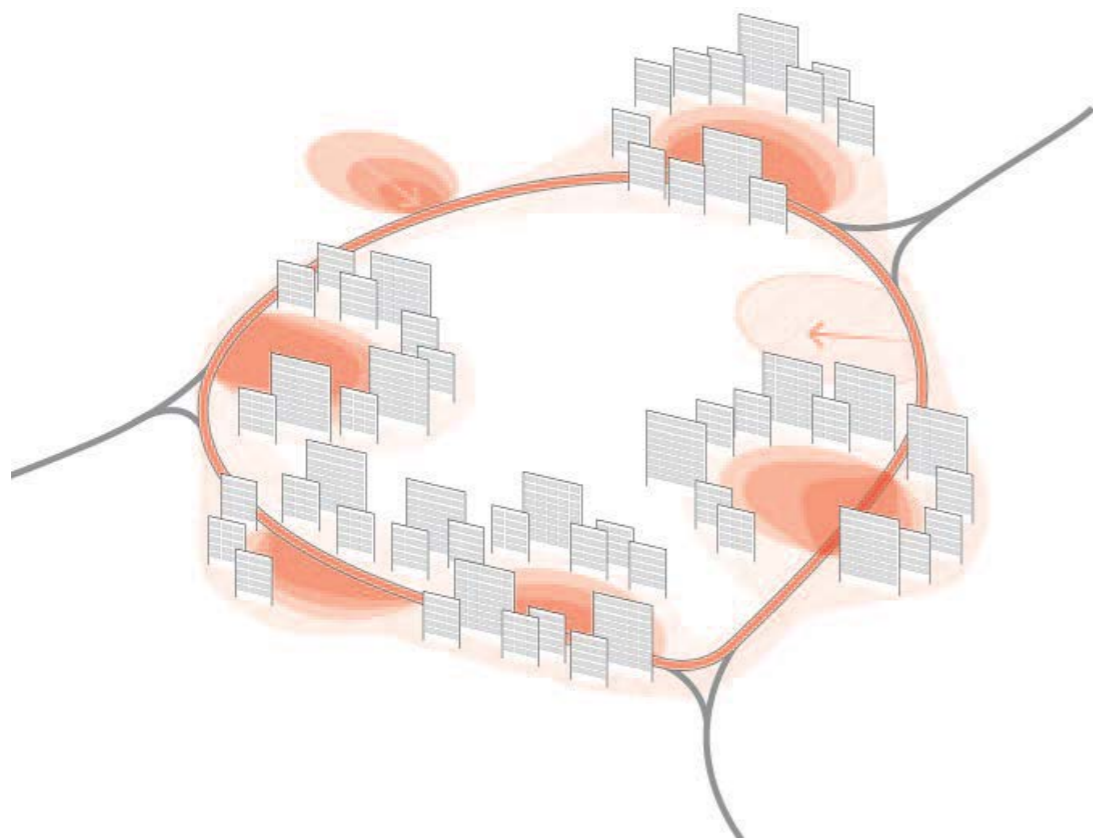
**STAP 1
GROTE GEBRUIKERS EN BRONNEN VERBINDEN**



Er is gekeken naar de opbouw van het stedelijke netwerk en welke mogelijke potentiële bronnen hierin "gemined" kunnen worden. Deze zijn gekoppeld aan de bovengrondse functie van

een stedelijke ader als transportfunctie voor goederen, mensen en energie.

STAP 2
STEDELIJKE VERDICHTINGSOPGAVE KOPPELEN AAN HET NETWERK

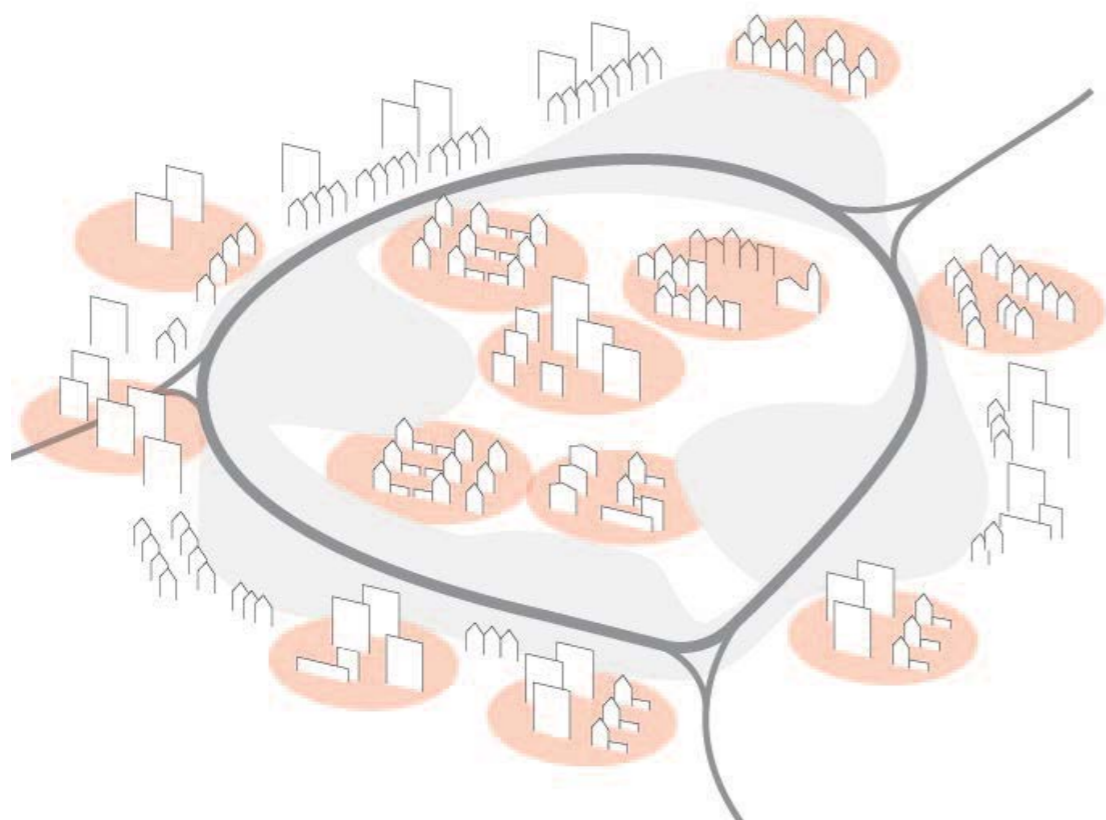


Omdat binnen het stedelijk netwerk energie zowel opgewekt als vervoerd wordt, biedt deze structuur kans voor de toekomstige woningbouw opgave. Dit combineert de energie- en woningbouw opgave. Onderzocht is waar plek is in de stad voor herstructurering langs het energienetwerk.



Er is ruimte voor de stevige opgave (35.000 woningen voor 2050) gespreid door de stad langs het energienetwerk. Dit betekent dat er op diverse plekken in de stad nieuwe stedenbouwkundige structuren nodig zijn die mogelijk conflicteren met bestaande.

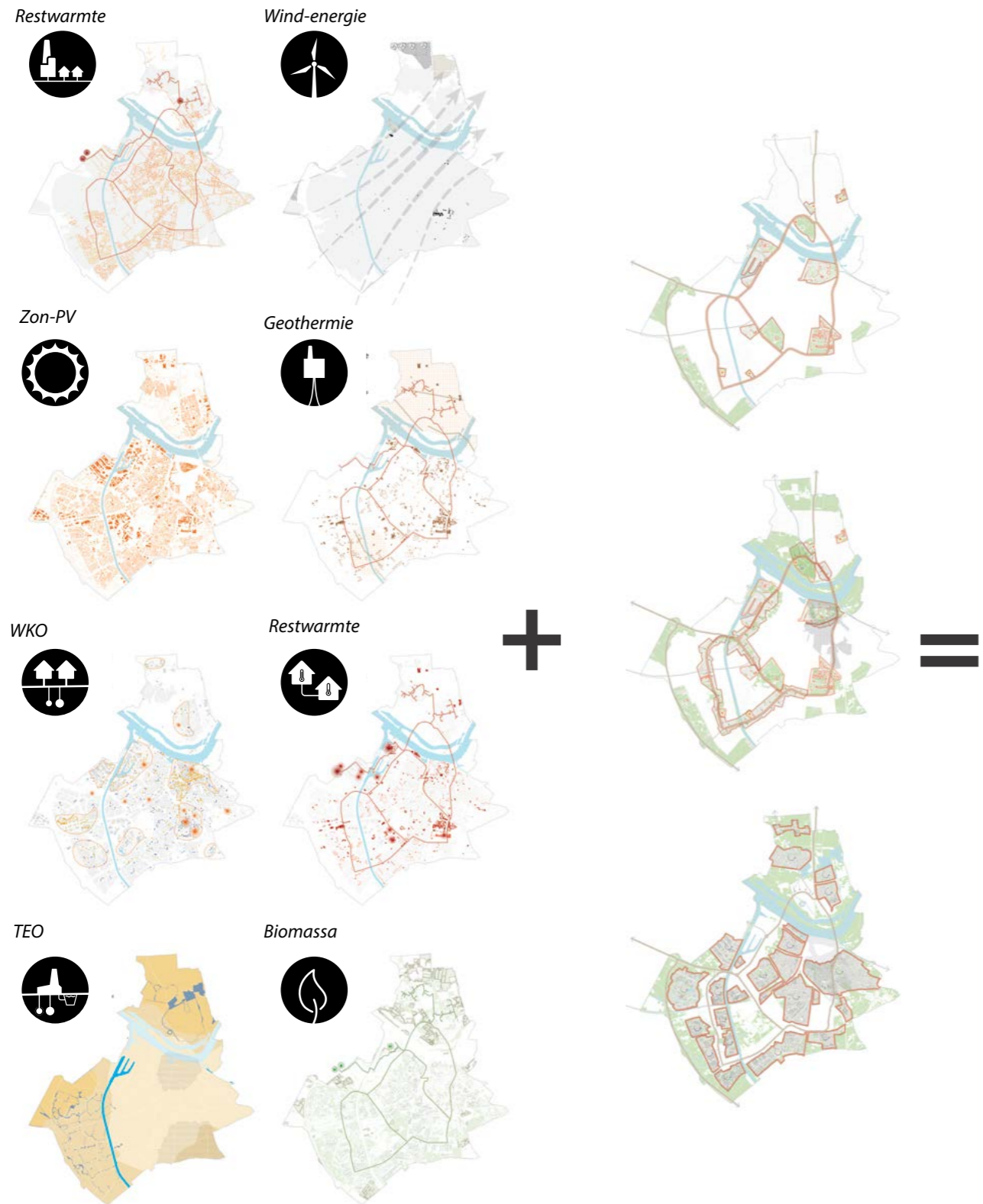
STAP 3
BEHOUDEN EN UPGRADEN VAN DE BESTAANDE WONINGVOORRAAD










In tegenstelling tot de nieuwe opgave bestaat het overgrote deel van de stad uit stedenbouwkundige structuren en typologieën die niet verduurzaamd zijn. Hier bieden zelfvoorzienende bronnen mogelijk oplossing en

moet er per plek gekeken worden welke bronnen passend zijn voor welk woningbouwtype en stedenbouwkundige structuur.





STRATEGIE EN STEDENBOUWKUNDIGE OPGAVEREN

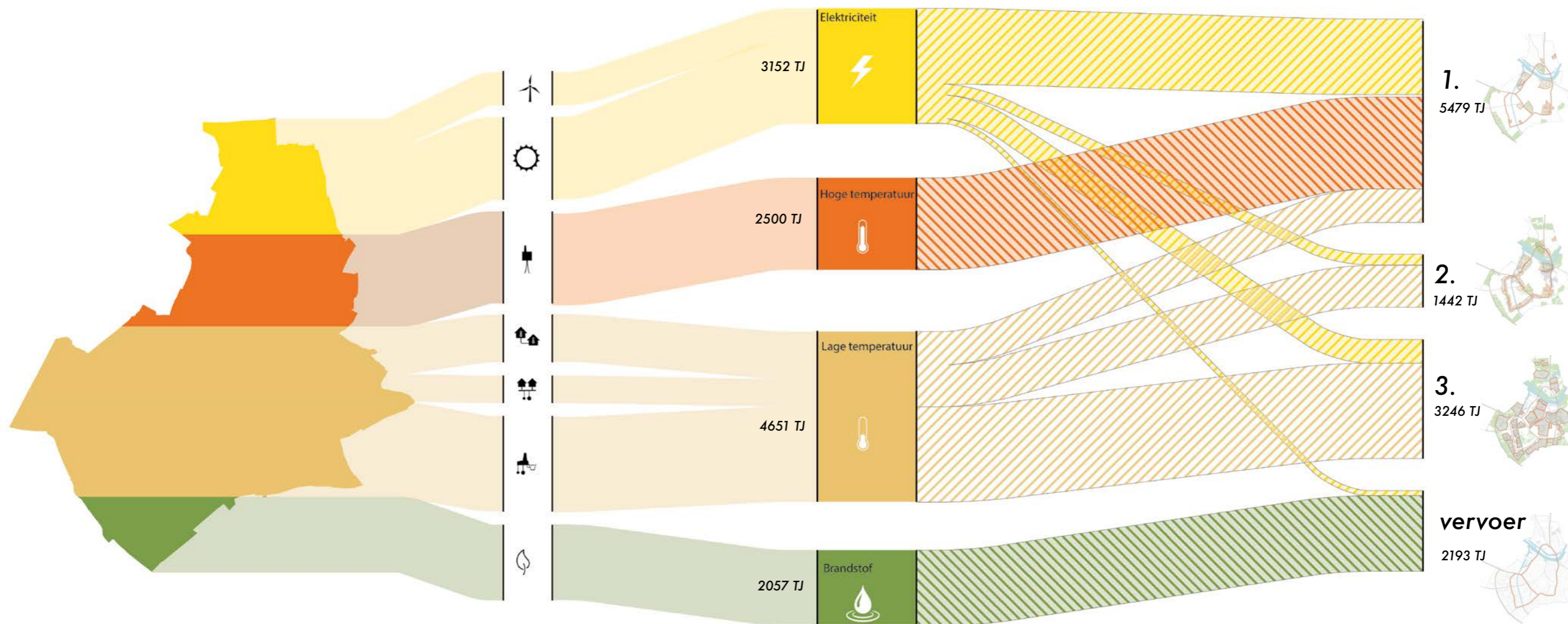
-  Stedelijk energie-netwerk
-  Belangrijke uitvalswegen
-  Bouwwerken met All-electric potentie
-  Bouwwerken met Hoge temperatuur vraag
-  Zones met hoge vraag en aanbod
-  Zones met verdichtings potentie
-  Zones met autarkische energie voorziening



Een combinatie van energiebronnen, netwerk en stedenbouwkundige ontwikkelingsmogelijkheden levert de strategiekaart. De kaart geeft precies weer welk type energiebron gekoppeld is aan een netwerk of aan een zelfvoorzienende buurtontwikkeling. Dit geeft richting aan de verdere

uitwerking voor welk stadsdeel welke vorm van energie het beste kan worden gebruikt. De gebieden waar de vraag het hoogst is, worden middels de drie-staps aanpak gepositioneerd langs het stedelijke netwerk. Zo kan toch aan de energievraag voldaan worden.

DE KOPPELING VAN DE POTENTIELE ENERGIEBRONNEN



De koppeling van de potentiële energiebronnen in de strategiekaart levert een theoretisch model op. Dit model laat zien dat, als de energiebronnen volgens de strategie gekoppeld

worden aan de afnemer, er genoeg energie beschikbaar is om de bebouwde omgeving en het vervoer te voorzien van CO2 vrije energie.



NETWERK VAN DE STAD

VI

NETWERK VAN DE STAD

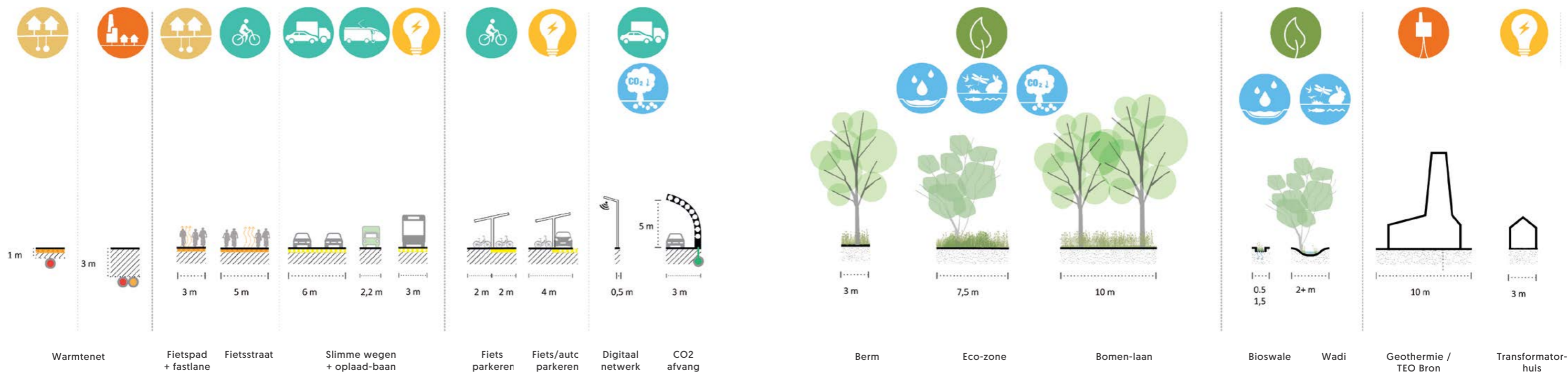
Om de juiste vorm van energie naar de gebruiker te brengen is er een netwerk nodig. Dit netwerk speelt een belangrijke rol in de toekomstige stad omdat uitwisseling een belangrijke factor wordt want binnen het netwerk wordt ook energie opgewekt. De huidige energievoorziening is vooral eenrichtingsverkeer. Maar als de potentiële energie optimaal benut wordt zal er ook uitwisseling moeten komen en is voor elk type energie een heen – en retourleiding nodig. Daarnaast is er in de publieke ruimten ook meer dan ooit vraag naar energie. Efficiënte bundeling van energetische stromen is dus van belang en zorgt er tevens voor dat de ondergrond niet overbodig vol raakt en dat er ruimte is voor andere klimaatopgaven als het tegen gaan van hittestress en wateroverlast.

Dit hoofdstuk spitst zich toe op de principes voor het ontwerp van het stedelijk energienetwerk.

INGREDIËNTEN VOOR HET NETWERK

Een optimale bundeling van bovengrondse en ondergrondse structuren zorgt voor nieuwe mogelijkheden in bestaande wegprofielen. Benodigde ingrediënten voor de huisvesting van energie-stromen zijn gecombineerd met de

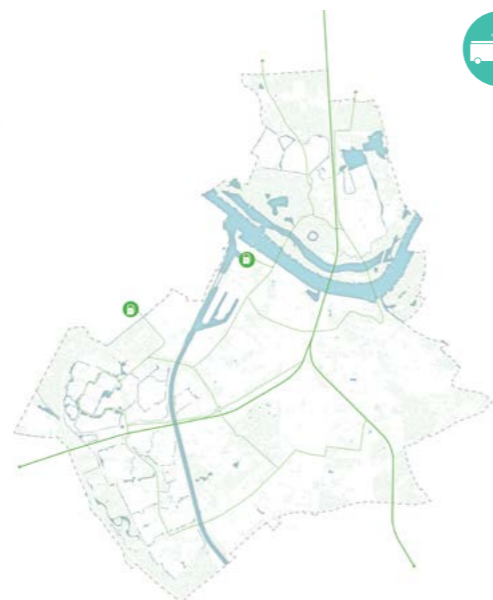
verkeers modaliteiten en ecologische en klimaat adaptieve agenda van de stad. Dit resulteert in een infrastructuur die horizontaal en verticaal constante uitwisseling van energie toestaat.



Warmtenet en warmtebronnen



Nijmeegse duurzame OV-netwerk



Bestaande hoofd-afval stromen



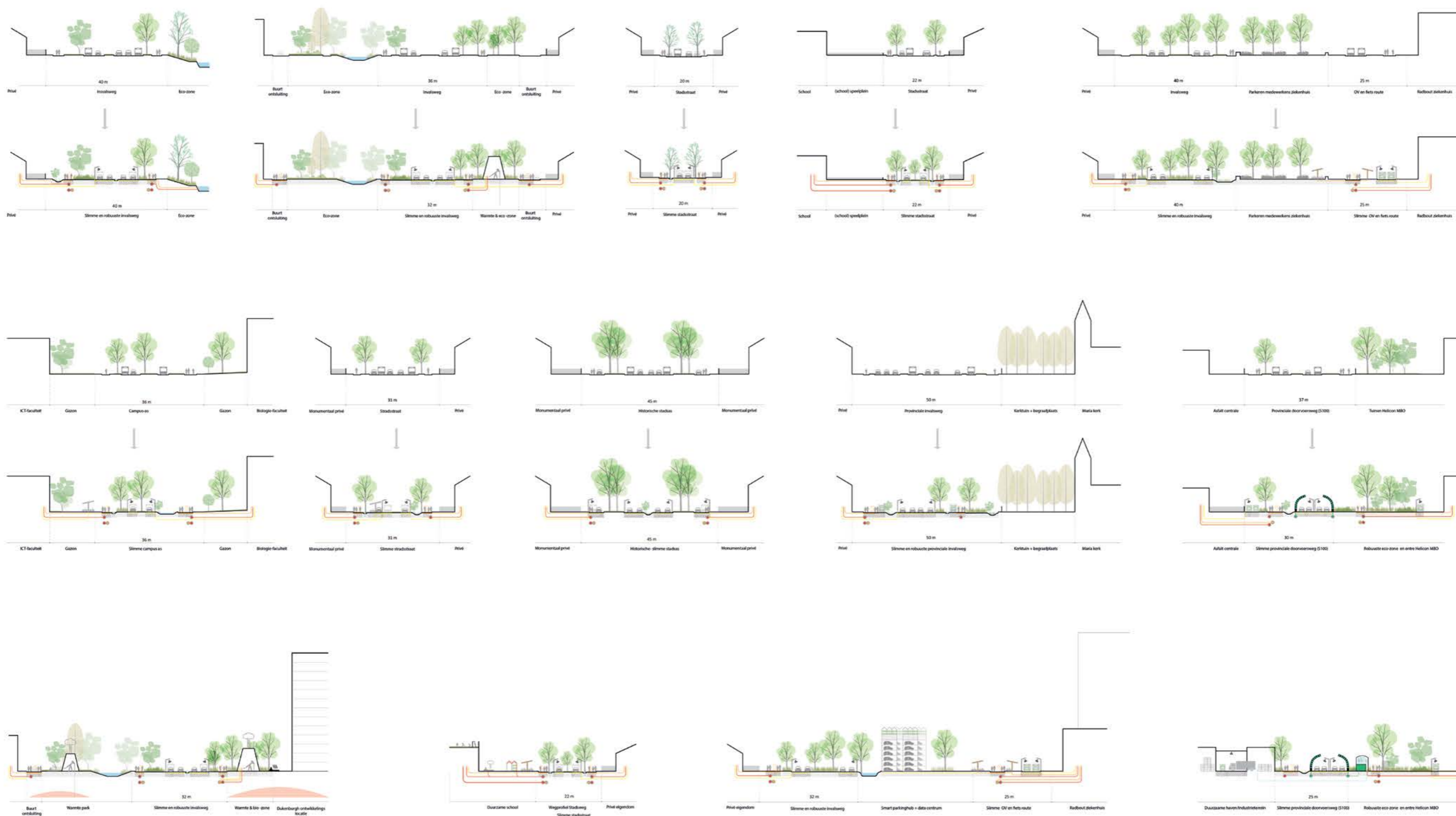
Nijmeegse ecopolis structuur

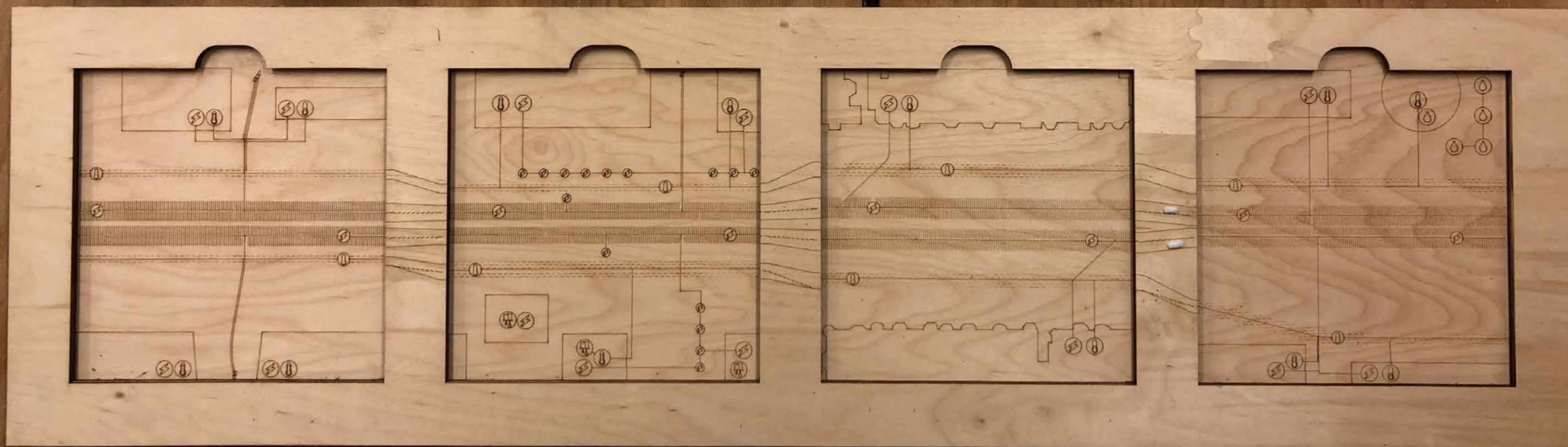
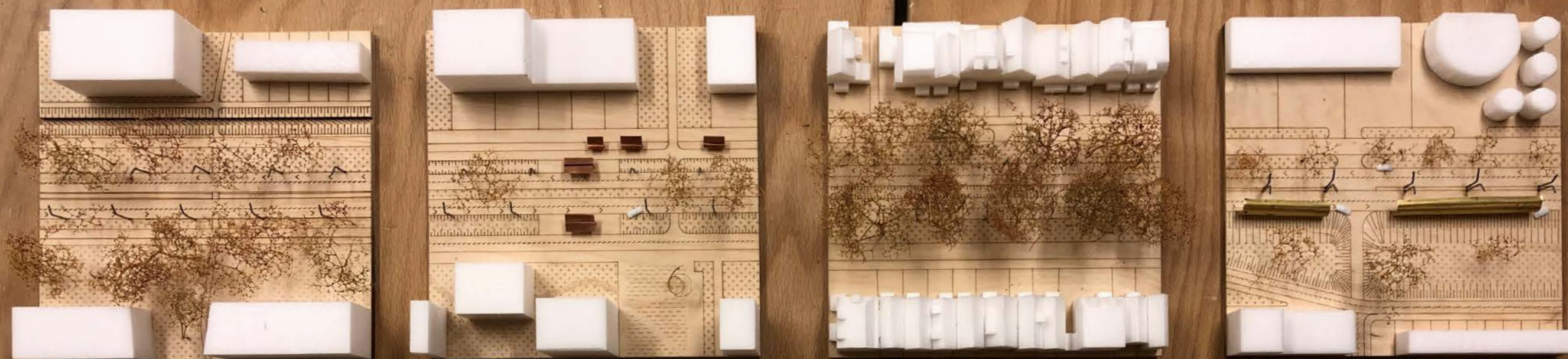


Ecologische hoofdstructuur

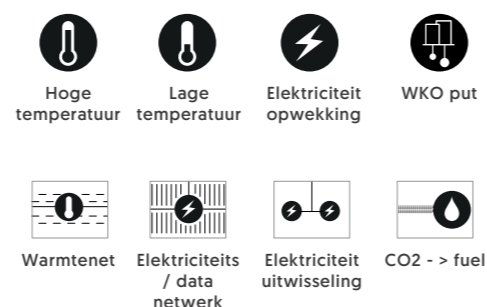
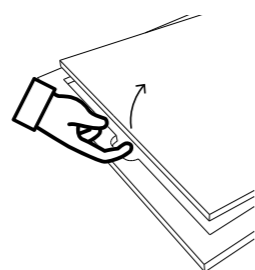


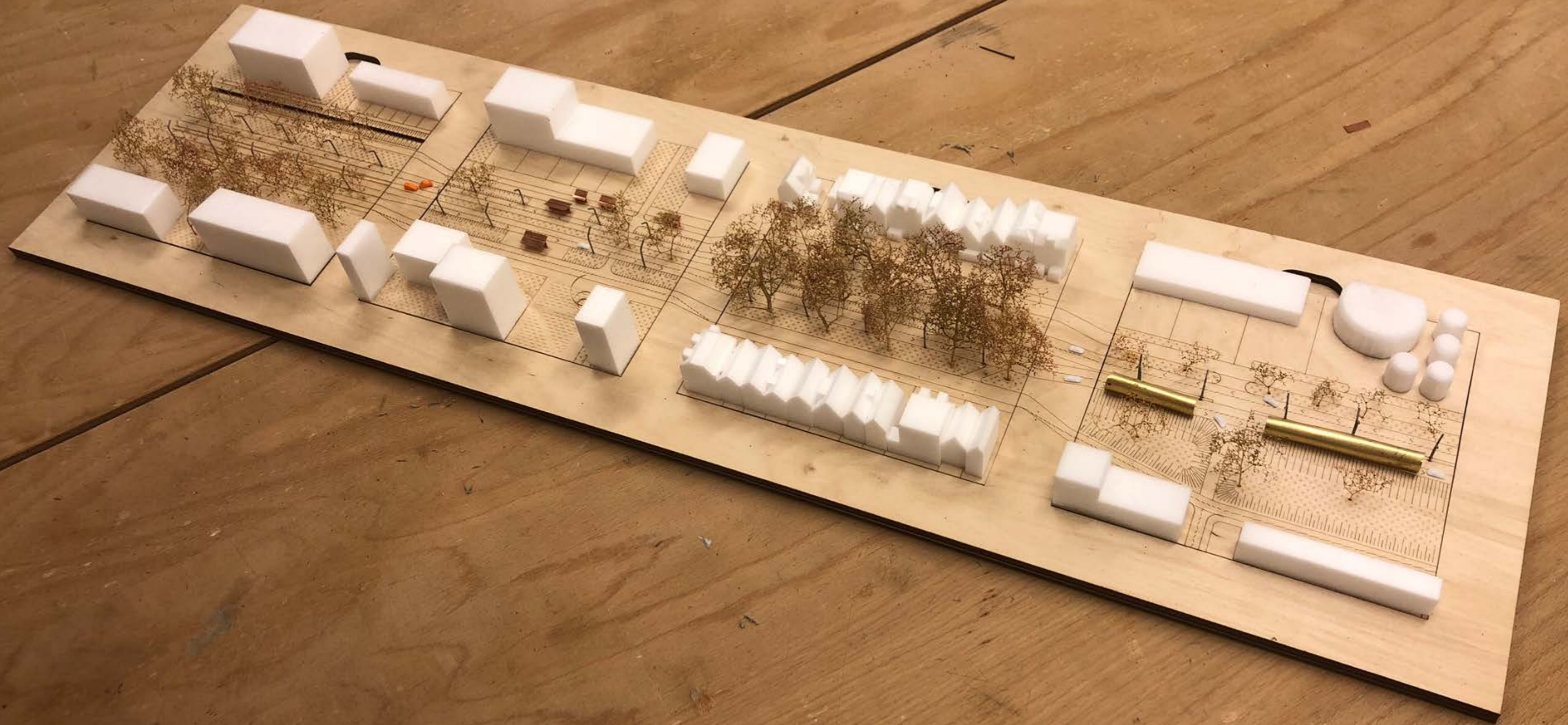
INGREDIËNTEN TOEGEPAST OP DE BESTAANDE SITUATIE



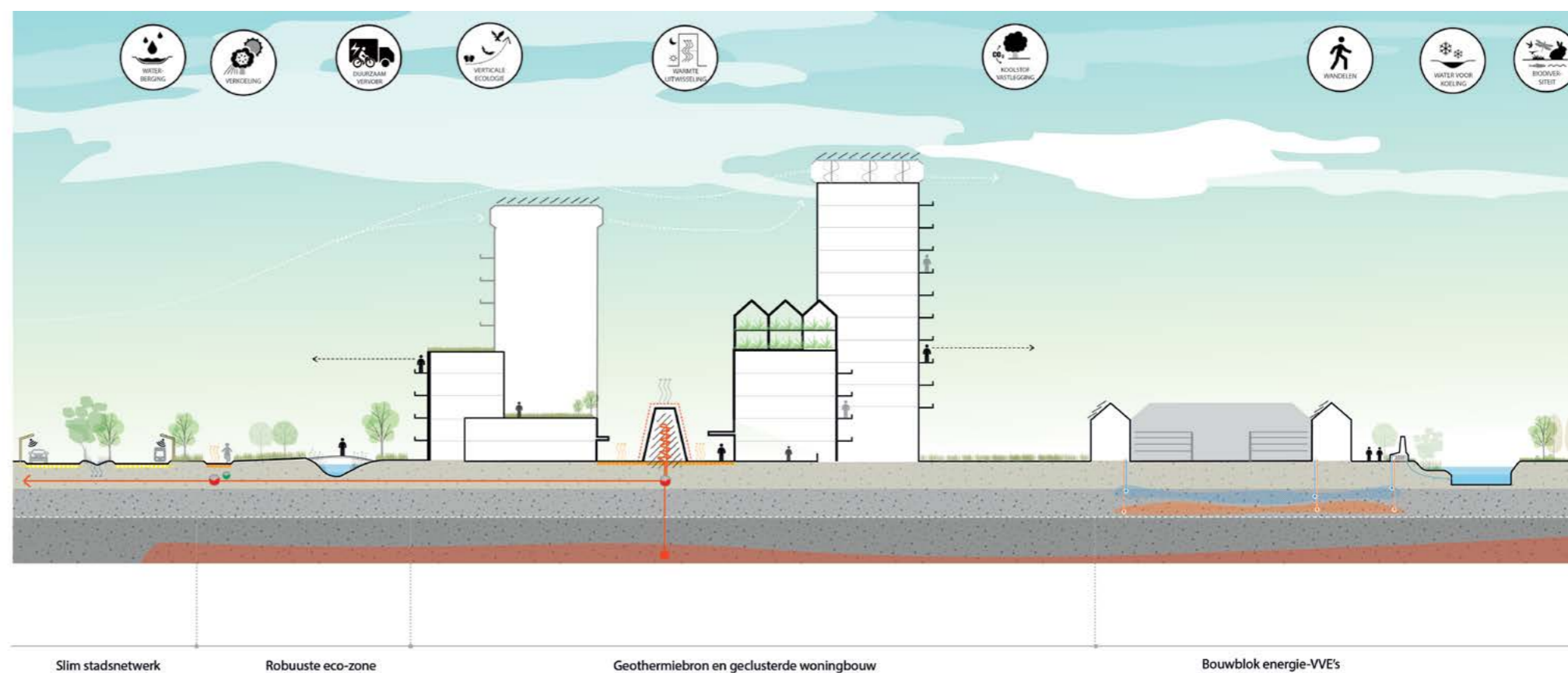
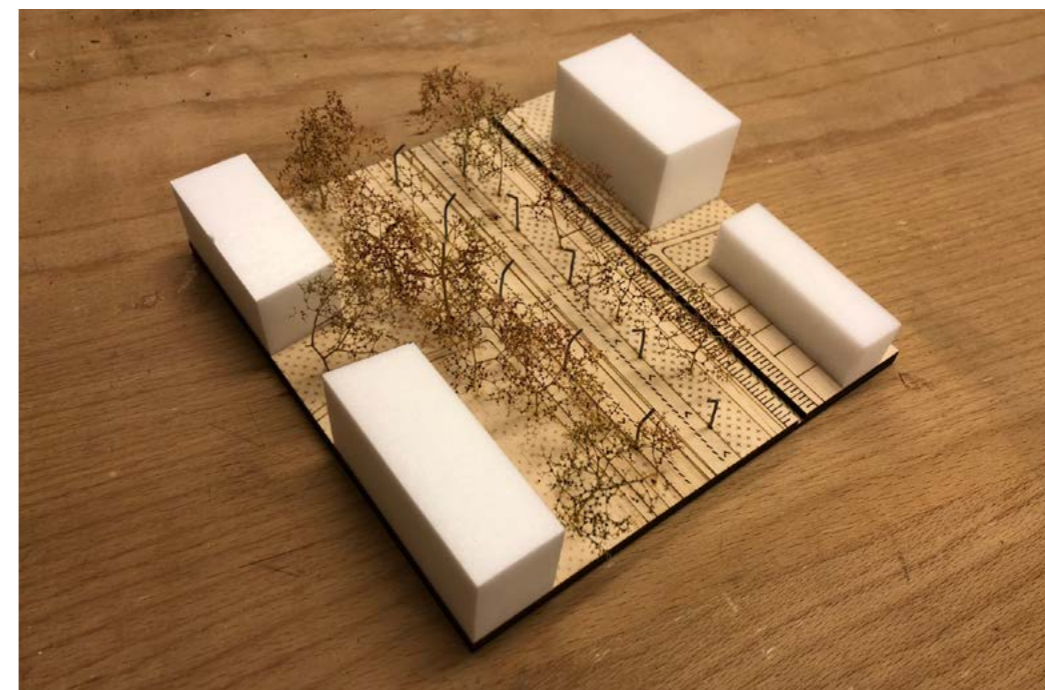
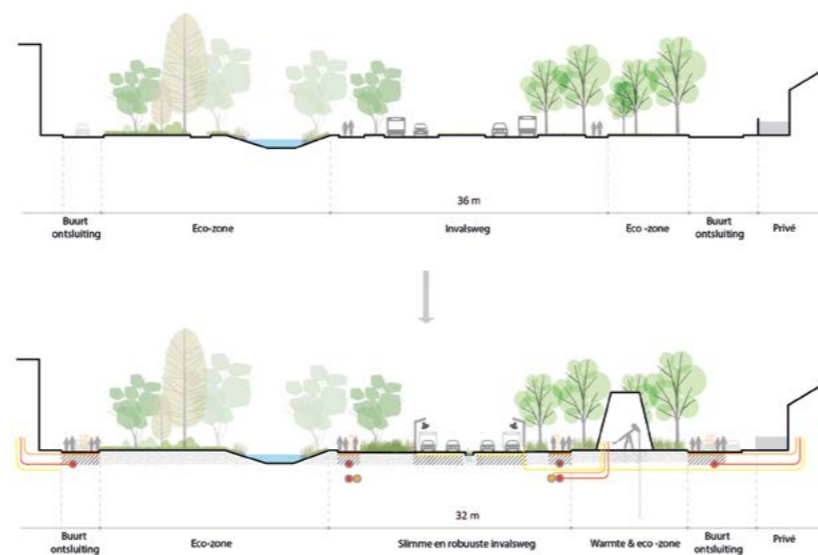


Modellen van het nieuwe stedelijk netwerk. Ze laten zien dat het nieuwe stedelijke netwerk een aanjager is voor ruimtelijke transitie op locaties met veel vraag en aanbod van energie. Ook waar de stedelijke aders liggen voor de optimale afhandeling van mobiliteit, stedelijke klimaat adaptatie en ecologische stadsstructuur.

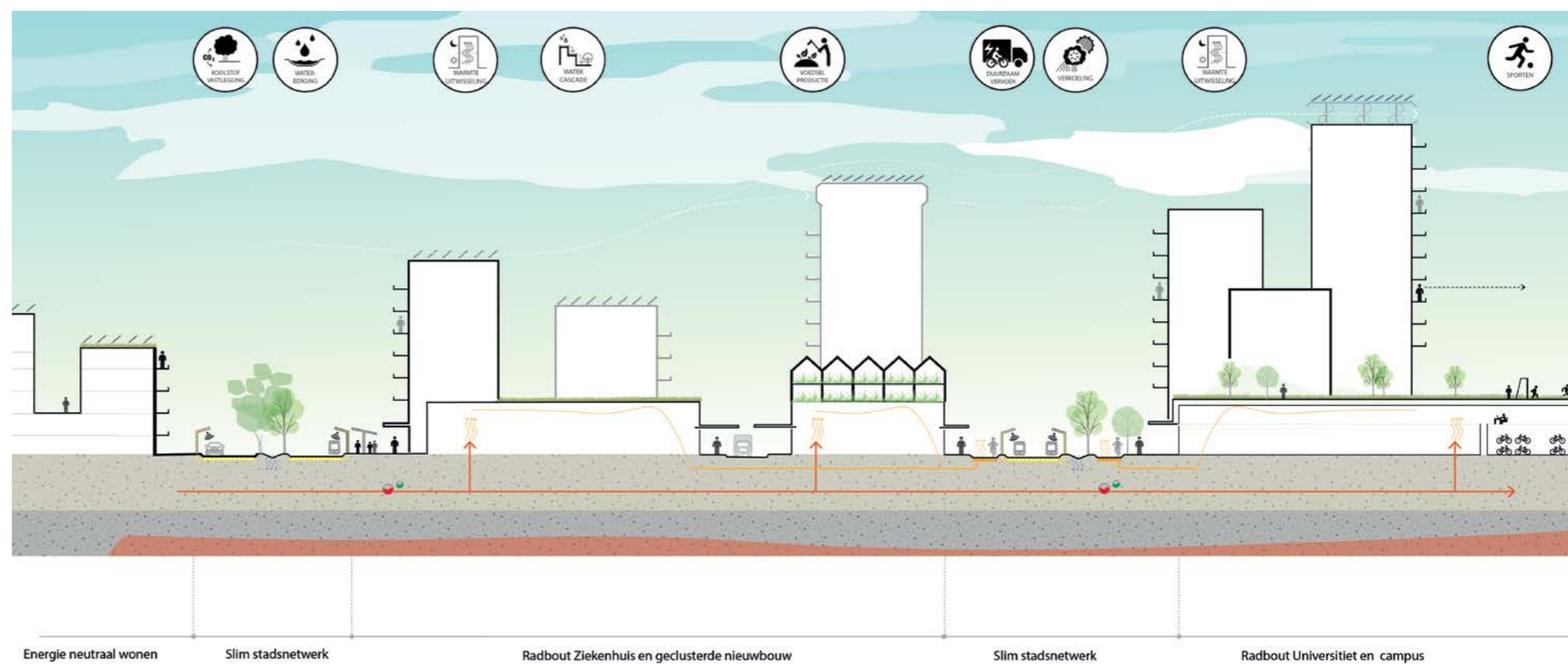
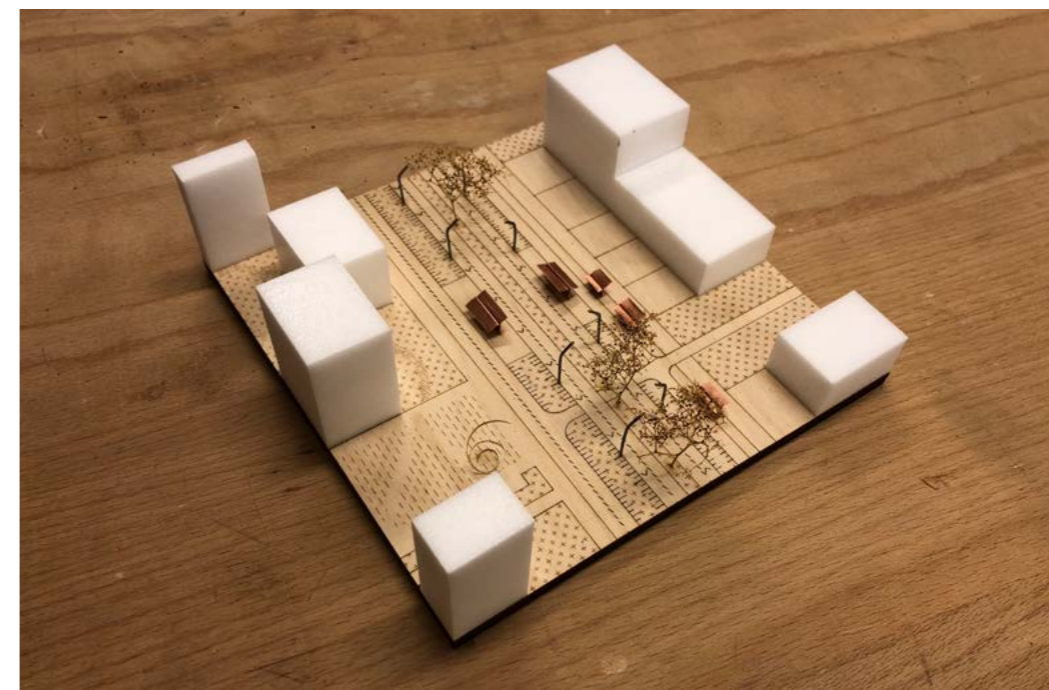
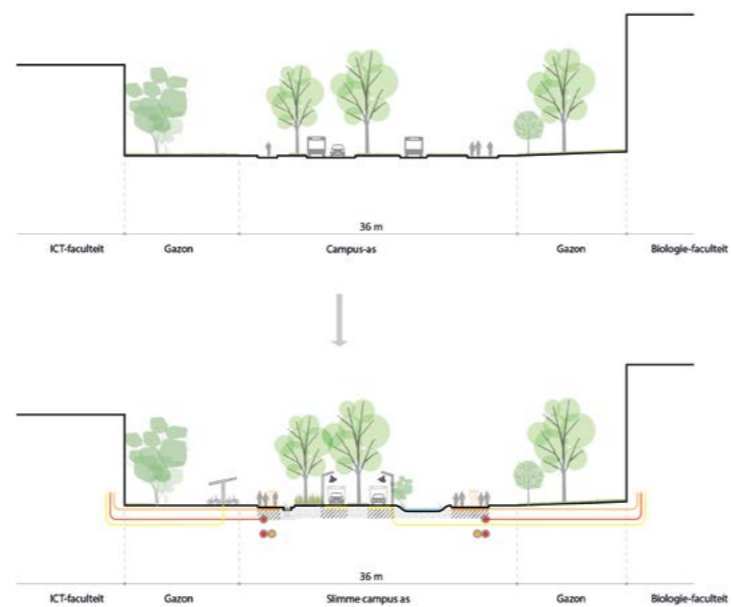




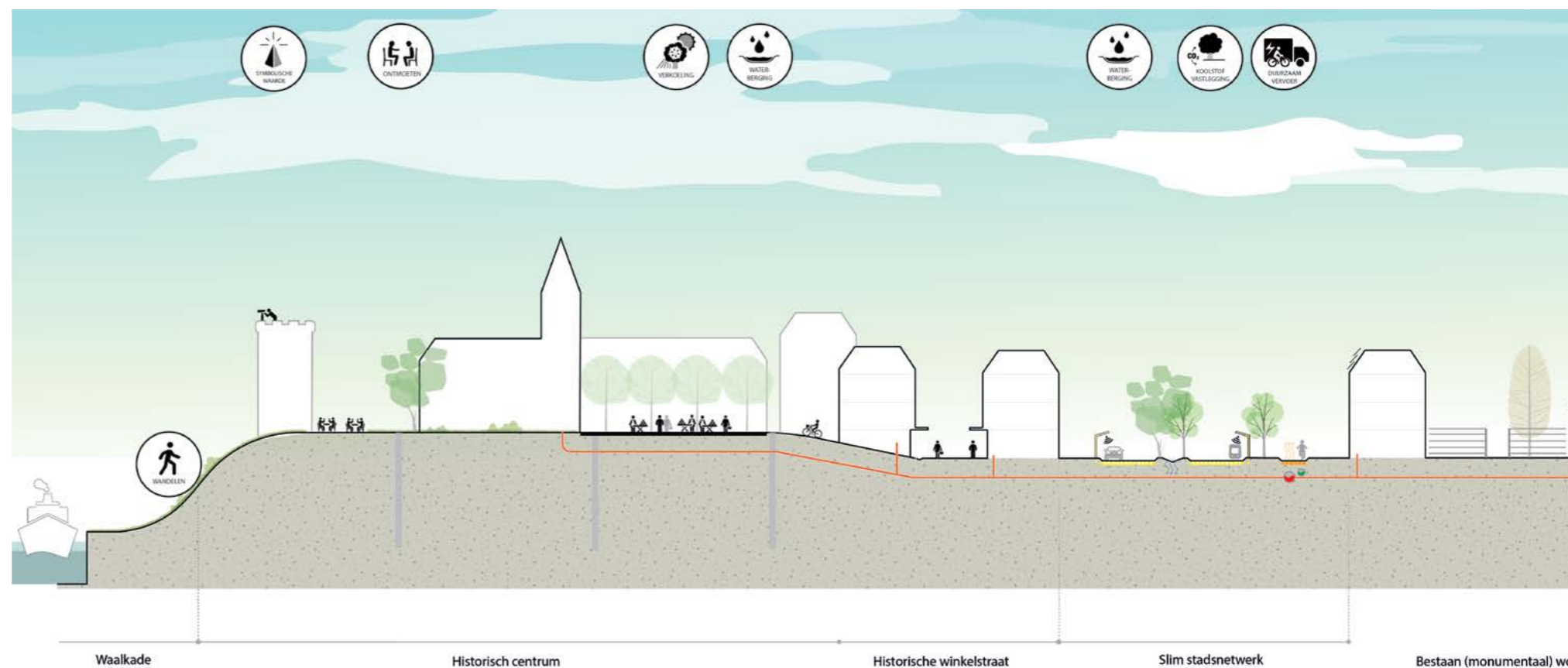
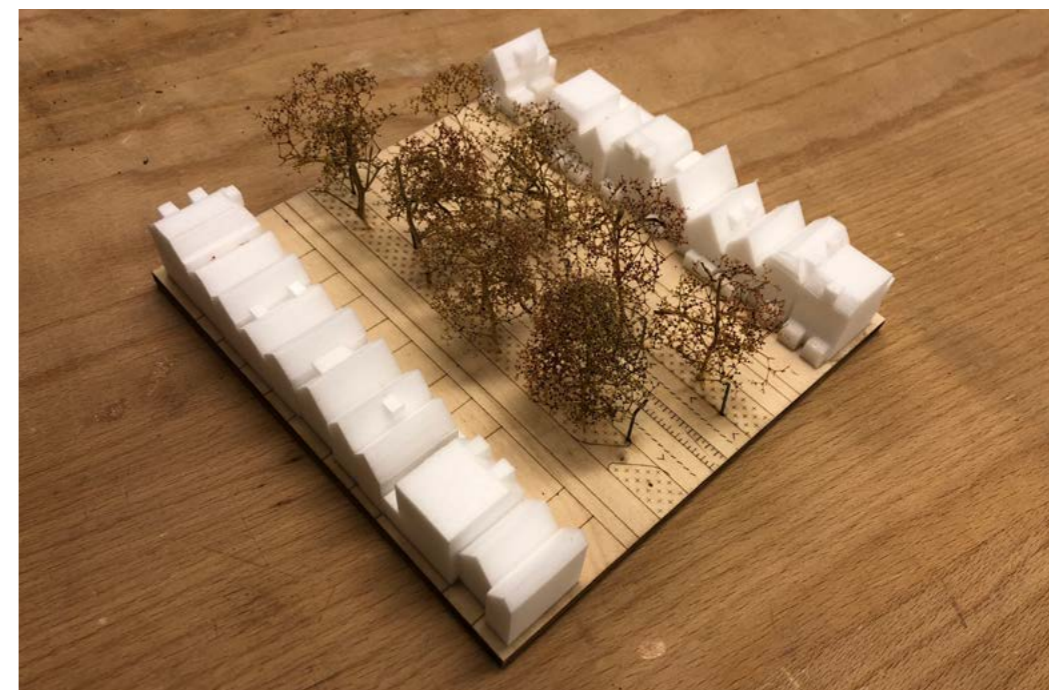
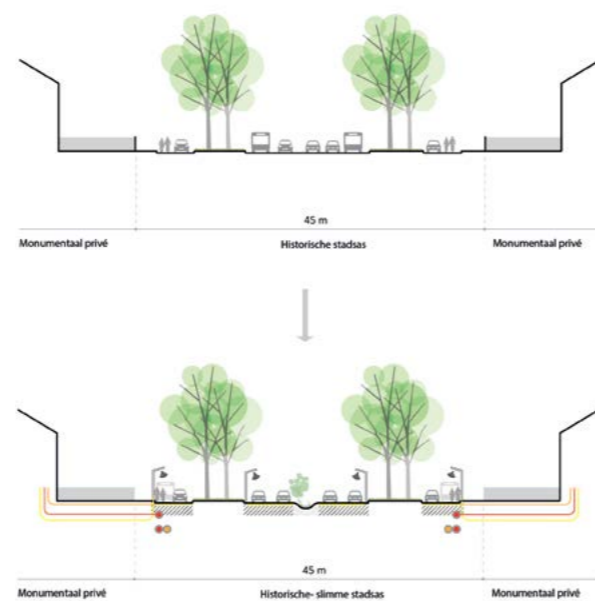
**PRINCIPE UITWERKING 1.
GEOTHERMIE EEN BRON VOOR HET NETWERK EN VERDICHTING**



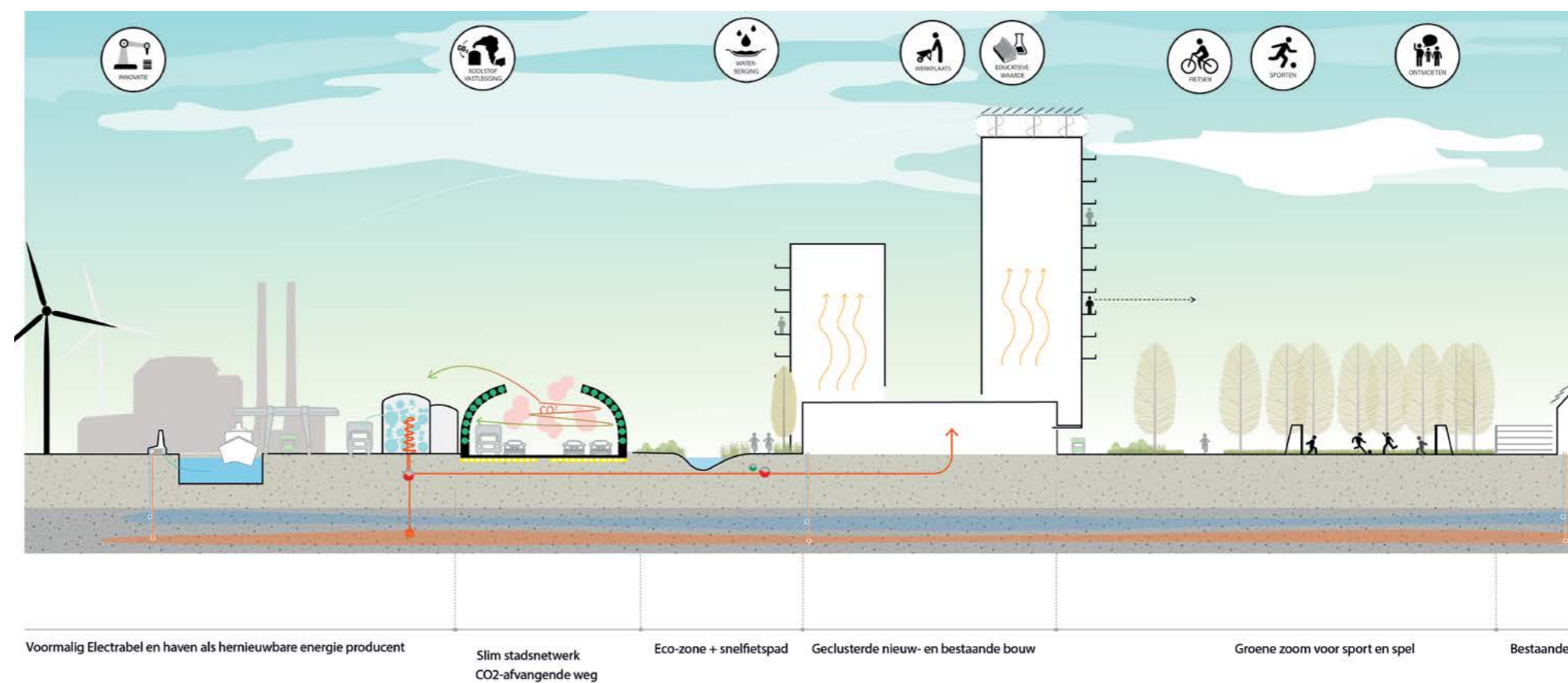
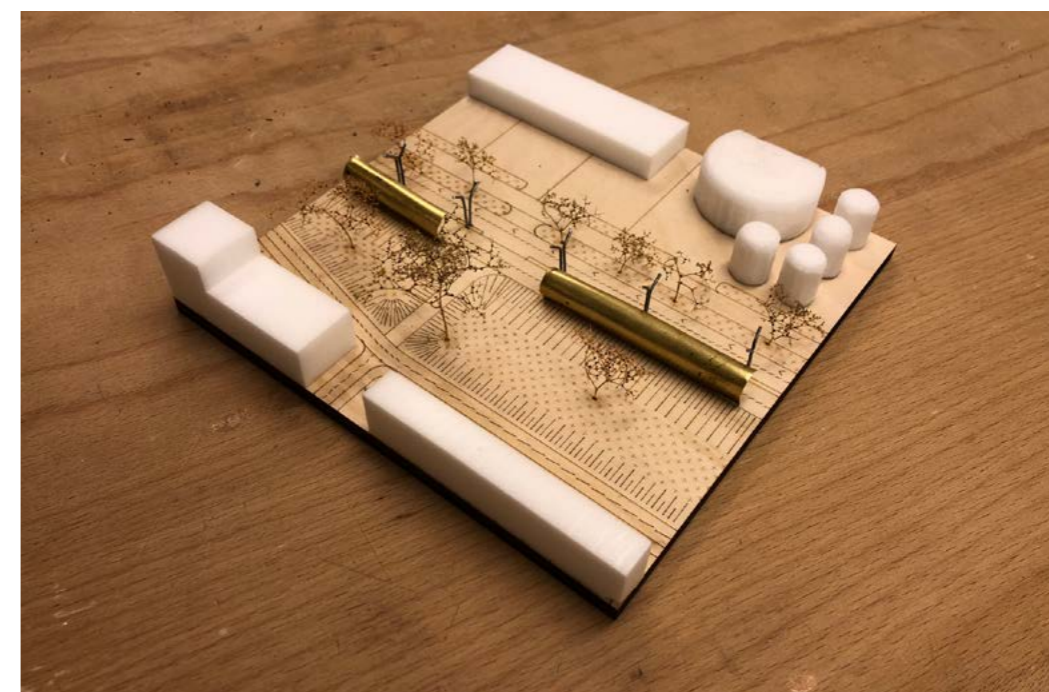
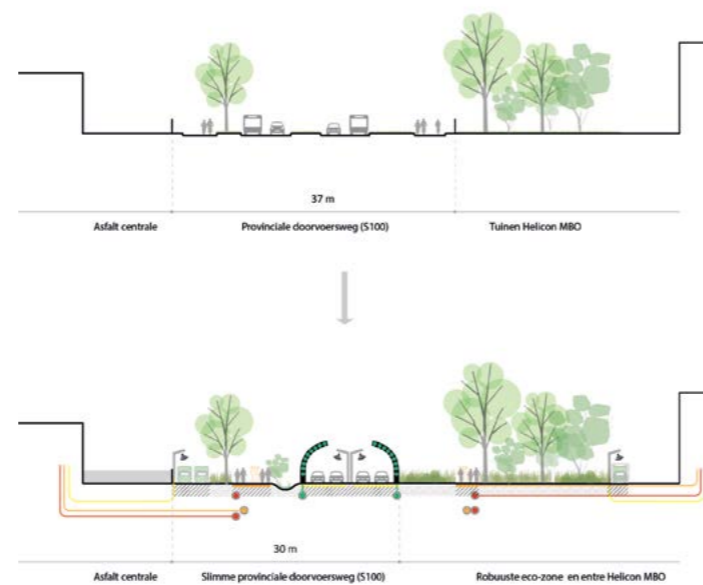
**PRINCIPE UITWERKING 2.
Radboud Campus en Ziekenhuis Energiek Verbonden**



PRINCIPE UITWERKING 3. HISTORISCH CENTRUM VOORZIEN VAN DUURZAME ENERGIE



**PRINCIPE UITWERKING 4.
ENERGIEWEG OOK EEN BRON VAN ENERGIE EN INNOVATIE**





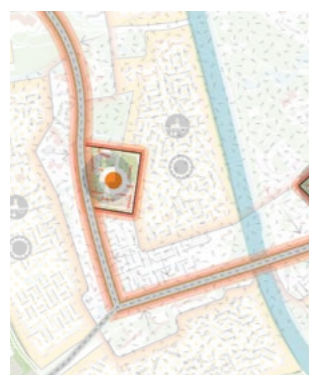
ONTWIKKELING VAN DE STAD



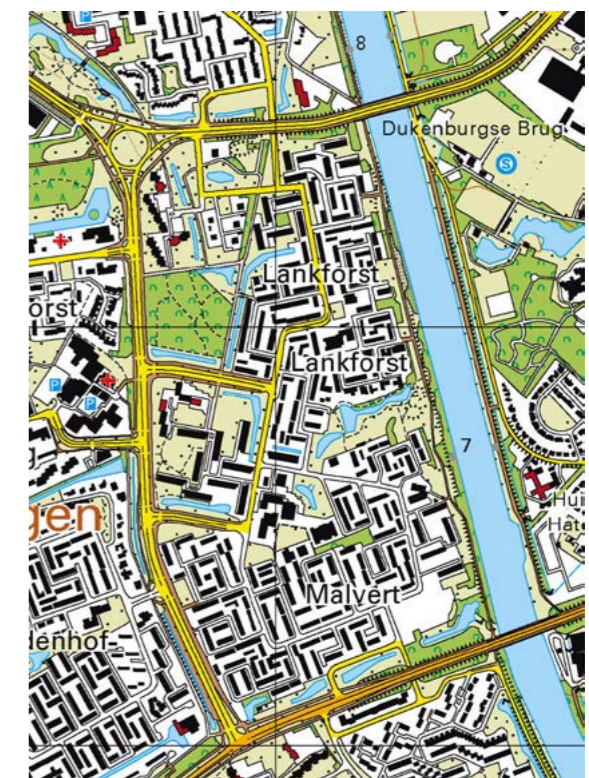
VII ONTWIKKELING VAN DE STAD

Als testcase is de drie-staps-strategie voor een stadsdeel uitgewerkt waar alle drie de groepen uit de strategie aanwezig zijn. Door een stedenbouwkundige aanpak is een wijk ontworpen bovenop een geothermiebron waar stedelijke verdichting en het behoud van een jaren '70-bloemkoolwijk gezamenlijk een leefbare wijk opleveren. Dit alles gebaseerd op de verbinding met verschillende energiebronnen. De resultaten zijn traditionele stedenbouwkundige opgaven (de vraag naar woningen en fijne ruimtes) en principes om een stad energieneutraal te ontwerpen en zo te voldoen aan de afgesproken doelen van het akkoord van Parijs.

Deze testcase is gebaseerd op de buurten Malvert en Lankforst liggend in het stadsdeel Dukenburg. Dukenburg is een naoorlogs stadsdeel dat tussen 1950 en 1975 volledig ontwikkeld is. De buurten kenmerken zich door de maisonnetteflats, appartementen en rijtjeswoningen met binnenterreinen. De wijk is goed dooraderd met infrastructuur van verschillende modaliteiten en wordt typologisch ook wel een bloemkoolwijk genoemd. Interessant aan de locatie is een ondergrondse geothermiebron met een warmtepotentie van 0,5 PJ en open water met veel thermische potentie. In het ontwerp is gezocht naar verdichting, herstructurering en waar mogelijk behoud van bestaande structuren.



DUKENBURG ZUIDOOST: EEN JAREN 70 WIJK



1960



1975



1990



2005 - heden

BESTAANDE WONINGBOUW EN INFRASTRUCTUUR



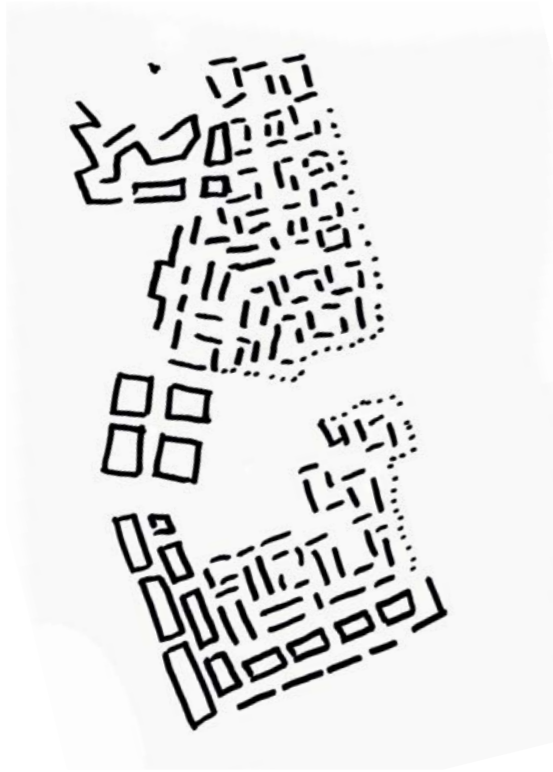
corperatie vs privaat
verhouding 60/40

typologische diversiteit

infrastructuur

ondergrondse infra

CONCEPTUELE PEILERS VOOR WIJKONTIKKELING



verdichting met behoud van typoslogien

behoud groenoppervlak

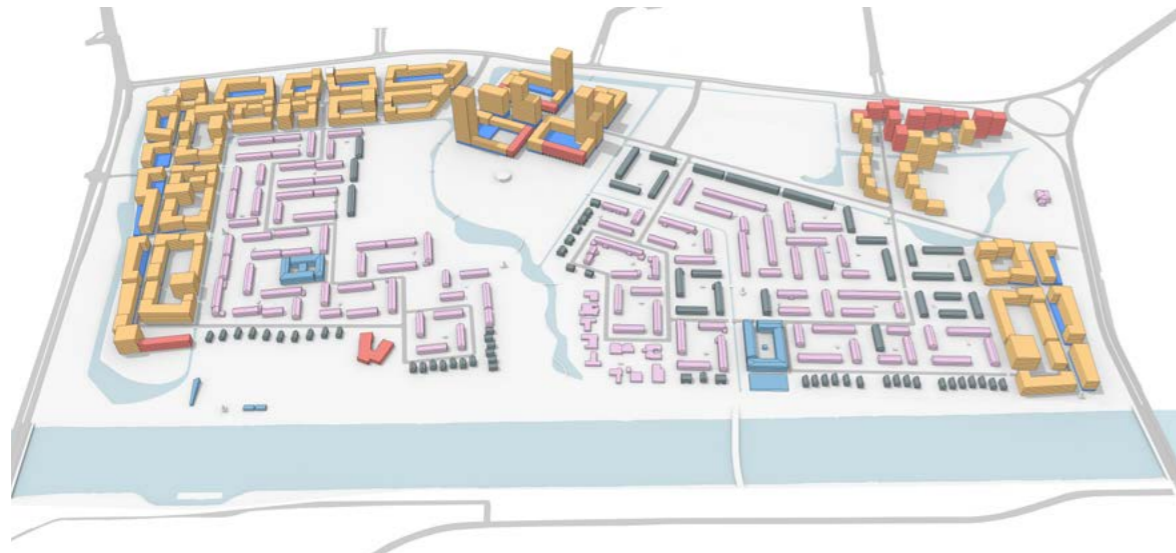
splising van modaliteiten

uitbreiden van blauwestructuur

DUURZAAM VERDICHTINGS PERSPECTIEF LANKFORST EN MALVERT



TYOLOGIEËN

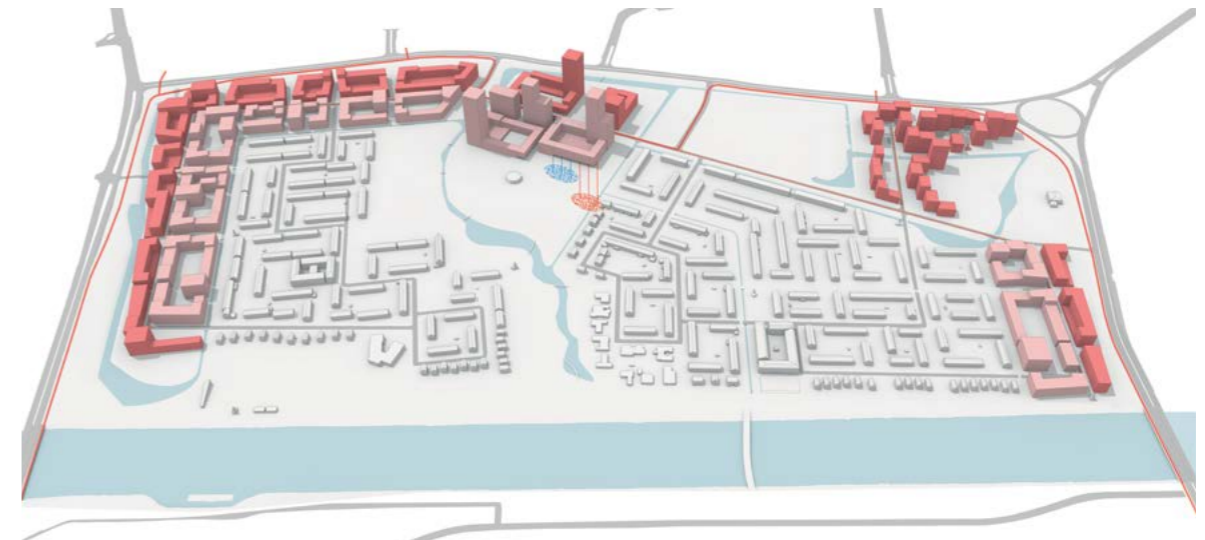


Bestaand - 2.265
 Eengezinswoningen: 1.181
 Meergezinswoningen: 1.084

Nieuwe situatie - 4.626
 Eengezinswoningen: 1.126
 Meergezinswoningen: 3.400 [380.000 m² BVO]
 Programma 100.000 m² BVO

- - Appartementen bestaand
- - Appartementen nieuw
- - Grondgebonden woning bestaand
- - Grondgebonden woning nieuw
- - Sociale functies (scholen, zorgwoningen)
- - Commercieel en parkeren

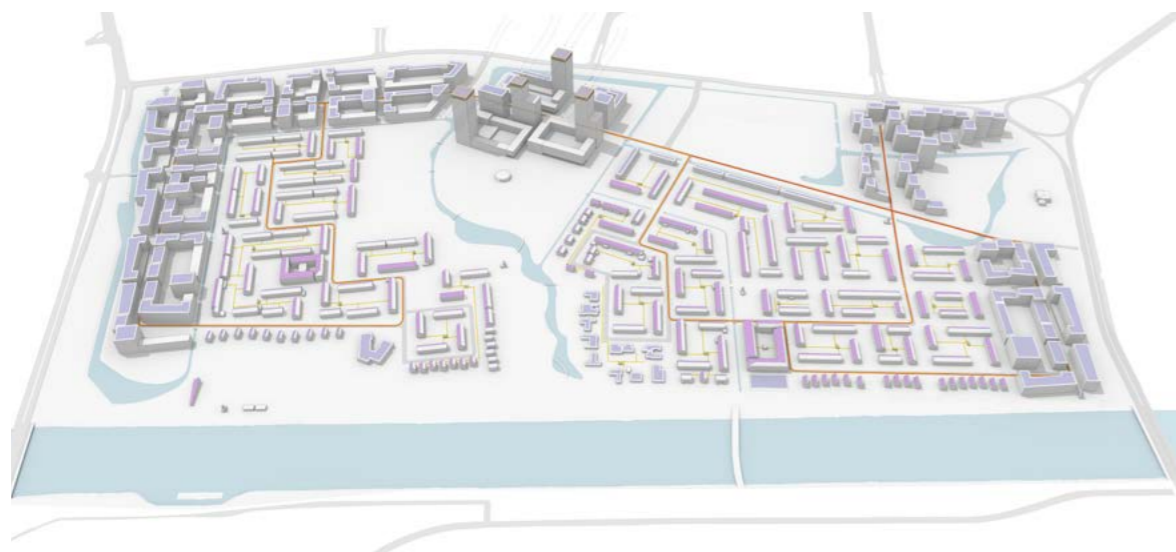
HOGE-TEMPERATUUR WARMTE



- - Appartementen aangesloten op hoge temperatuur (blokverwarming)
- - Stedelijk warmtenet
- - - - Buurt warmtenet
- Geothermie bron

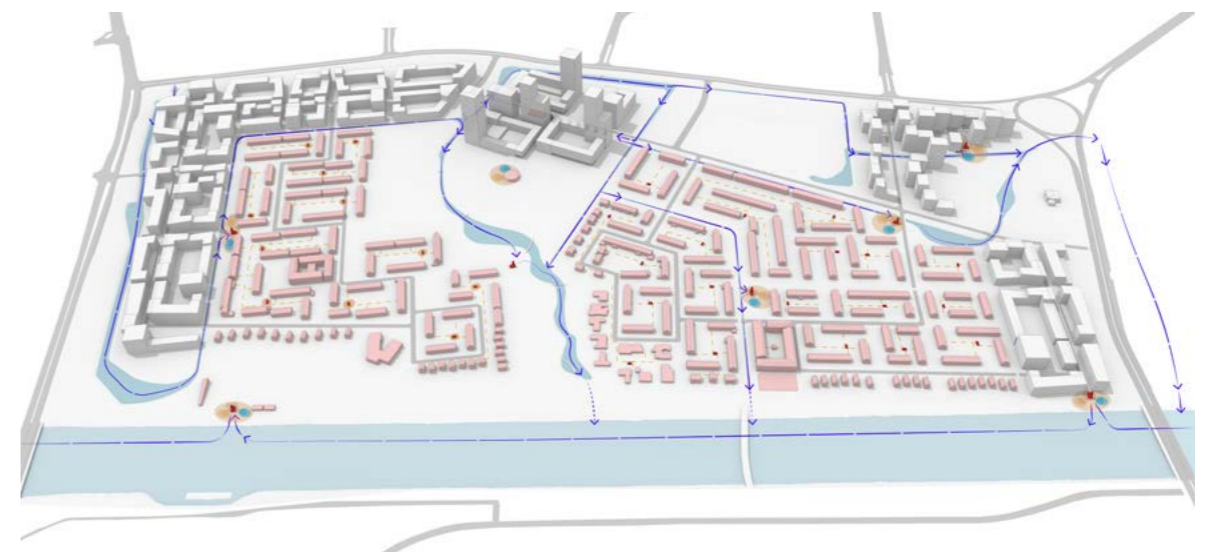


KRACHT & LICHT (ELEKTRICITEIT)



- - Zonne-velden op zon georiënteerde daken
- - Windenergie (vanaf 30m)
- - Hoofd-energie-net
- - VVE-energie-net

LAGE-TEMPERATUUR WARMTE



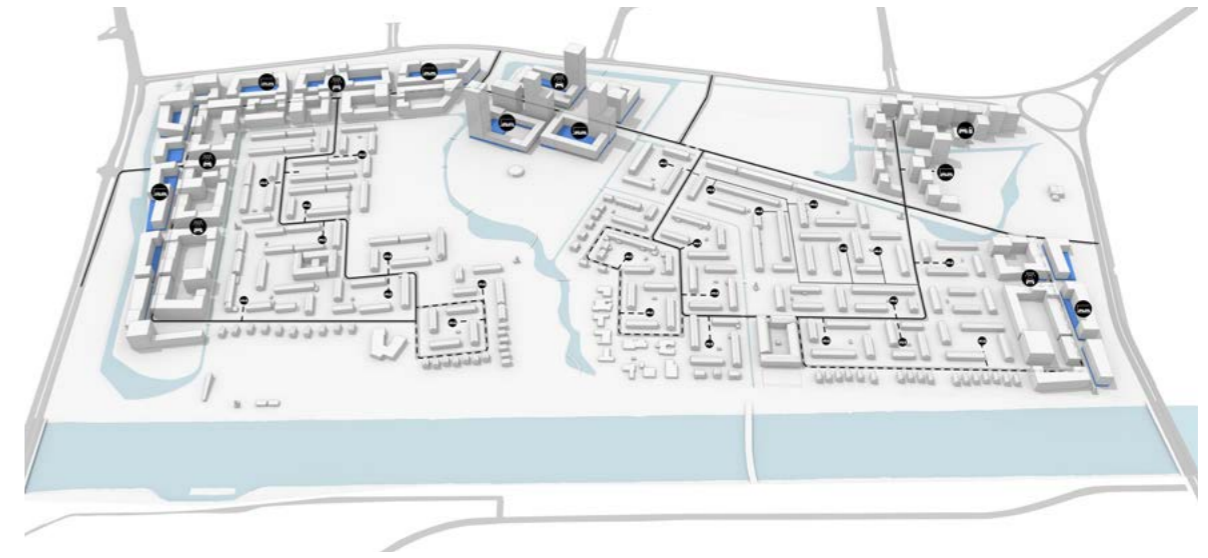
- - Warmte uit bio-vergisting
- - Waterstroom richting
- ▲ - TEO in- en uitname bron
- - Seziensberging (WKO) opslag
- - Seziensberging (WKO) extractie

GROEN STRUCTUREN



- Bestaand Uilenbos
- Landgoed van het voormalige Huis Duckenburg
- Park Wollewei
- Kanaal-sportpark
- Wadi's
- Collectief groen
- VVE-terrein
- Gemeentelijk groen

GEMOTORISEERD VERVOER



- Parkeren appartementen
- ParkerenVVE
- Elektrische deelauto's
- Hoofdontluiting
- Bereikbare straat

KLIMAATADAPTATIE



- Groen/blauw dak
- Onverhard (infiltratie)
- Oppervlaktewater structuur
- Wadi (transport)
- Oppervlakkige afstroom richting

LANGZAAM VERVOER

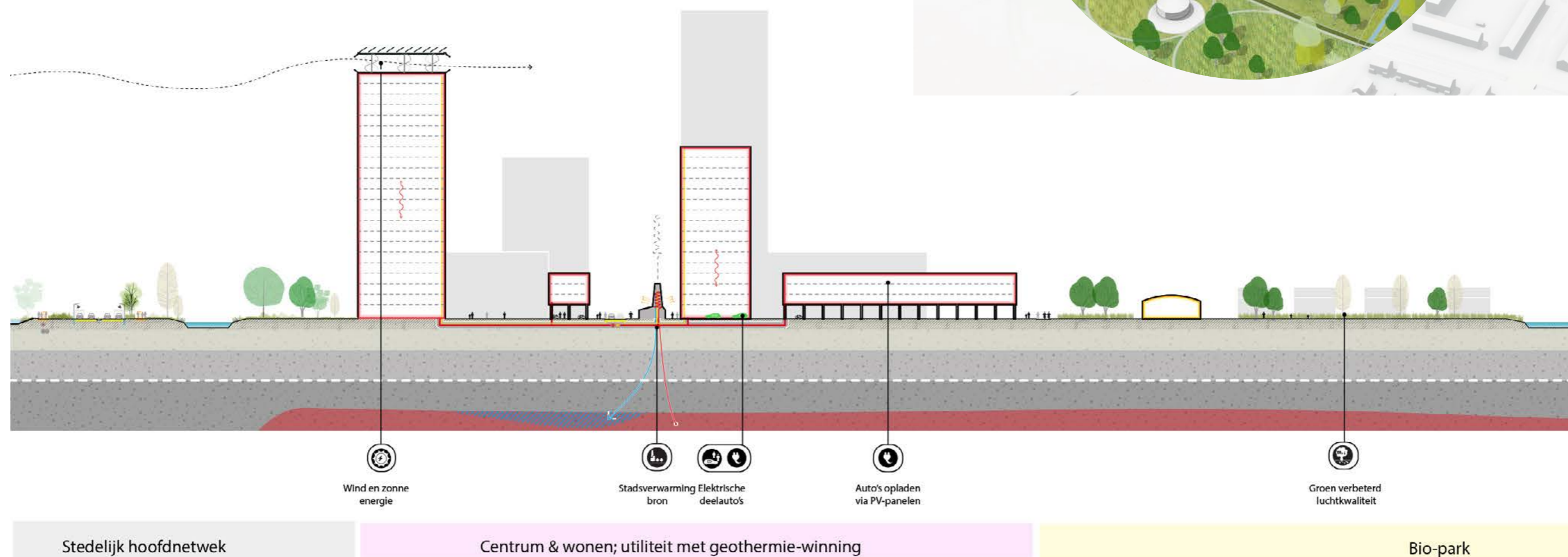
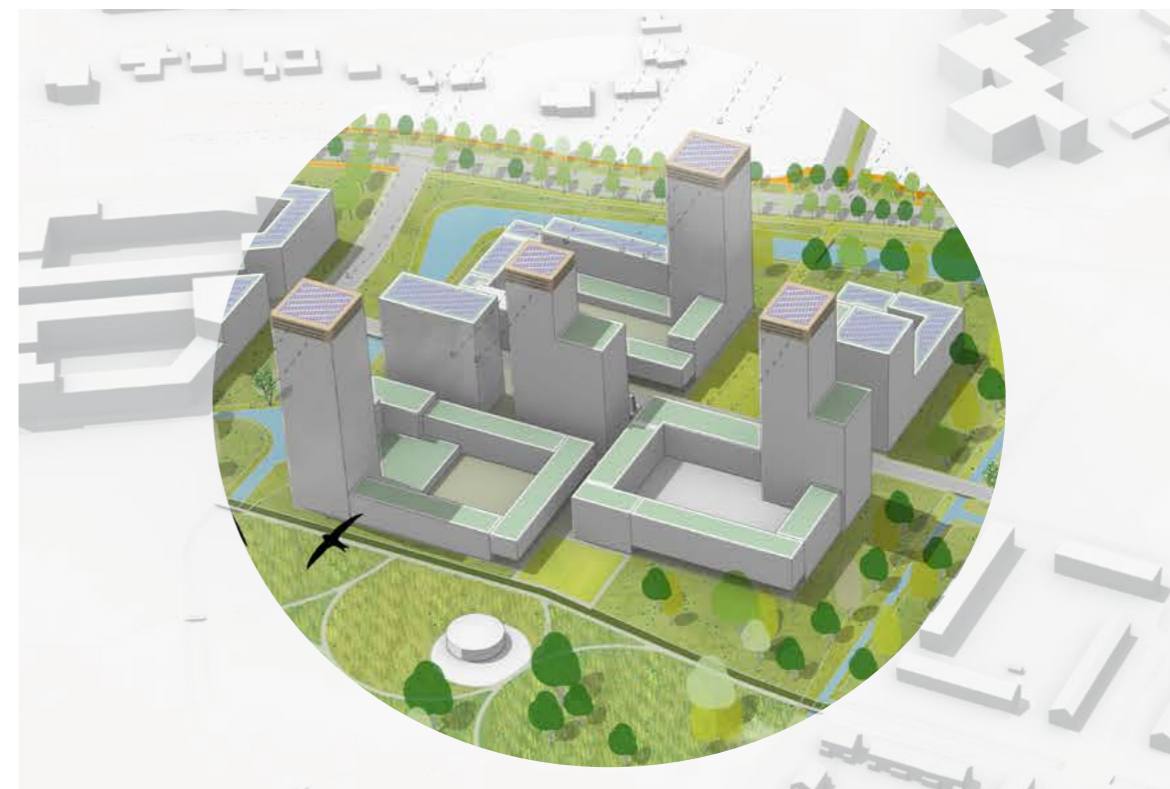


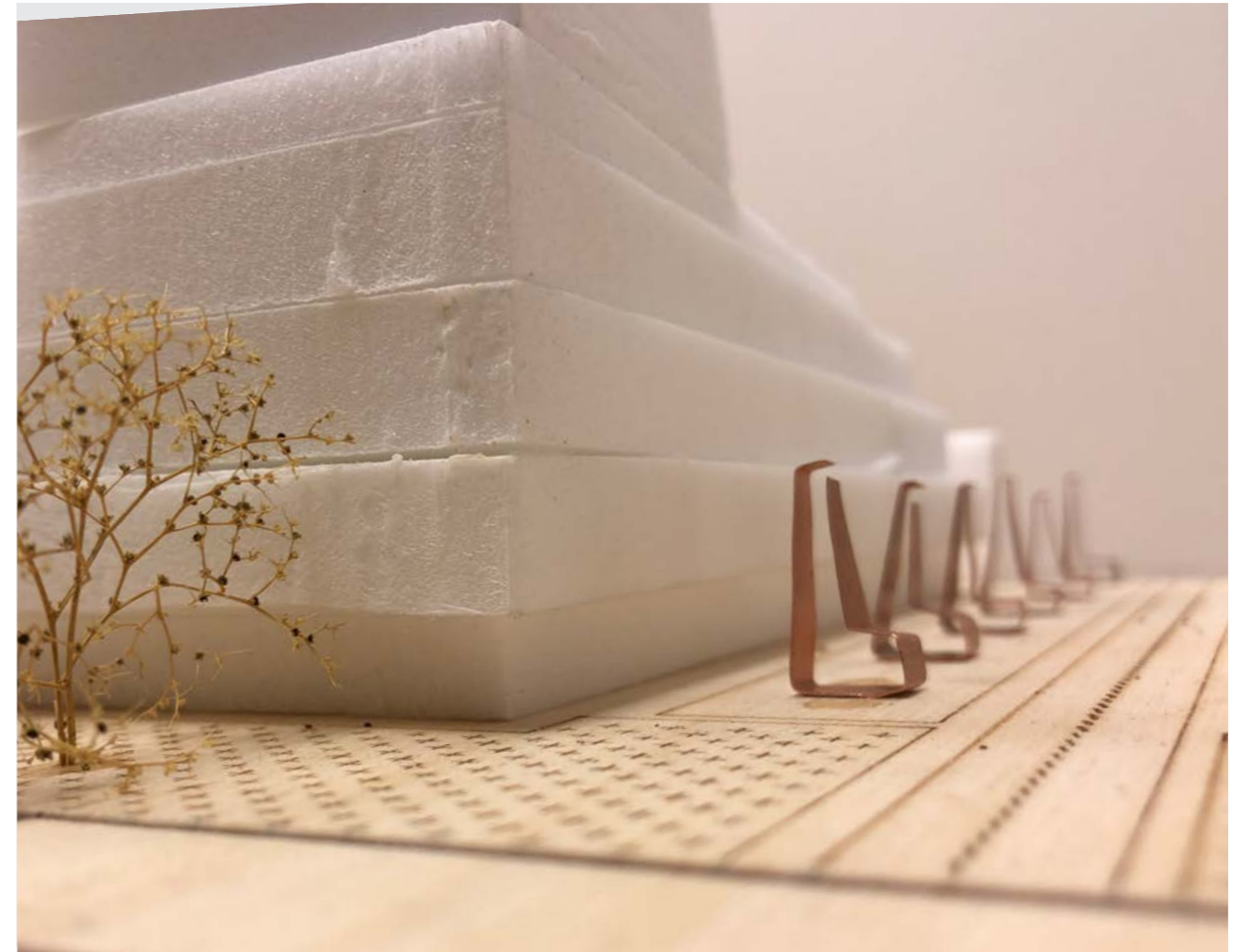
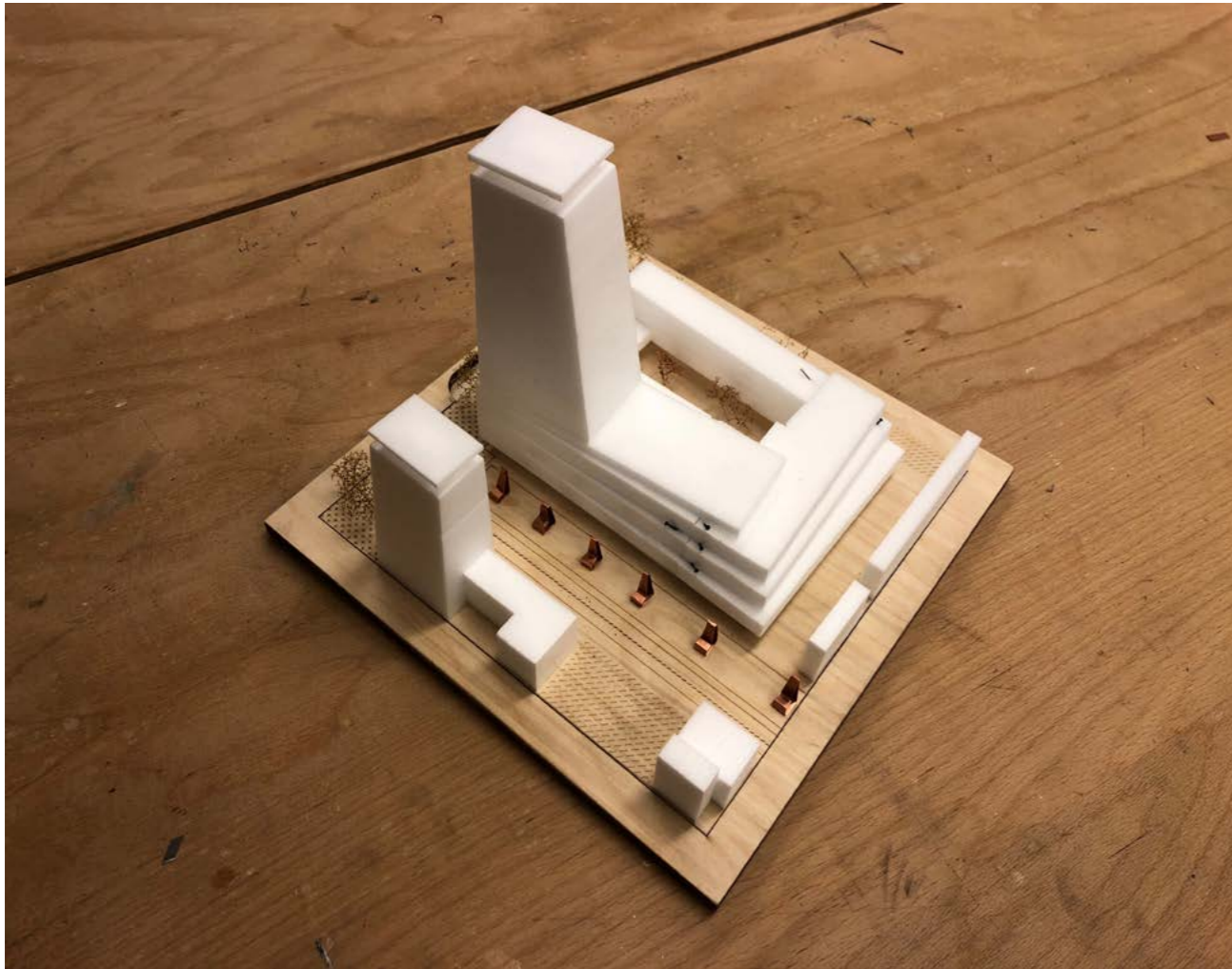
- Fietsnetwerk
- Hoofd-fietsroutes
- Pleinen
- Park-wandelroutes
- Sportvelden

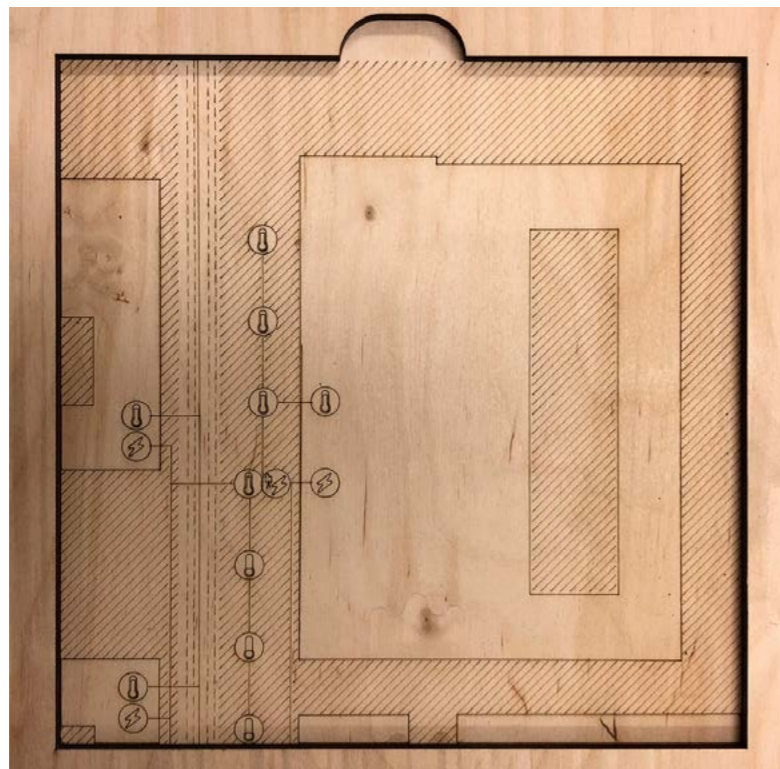
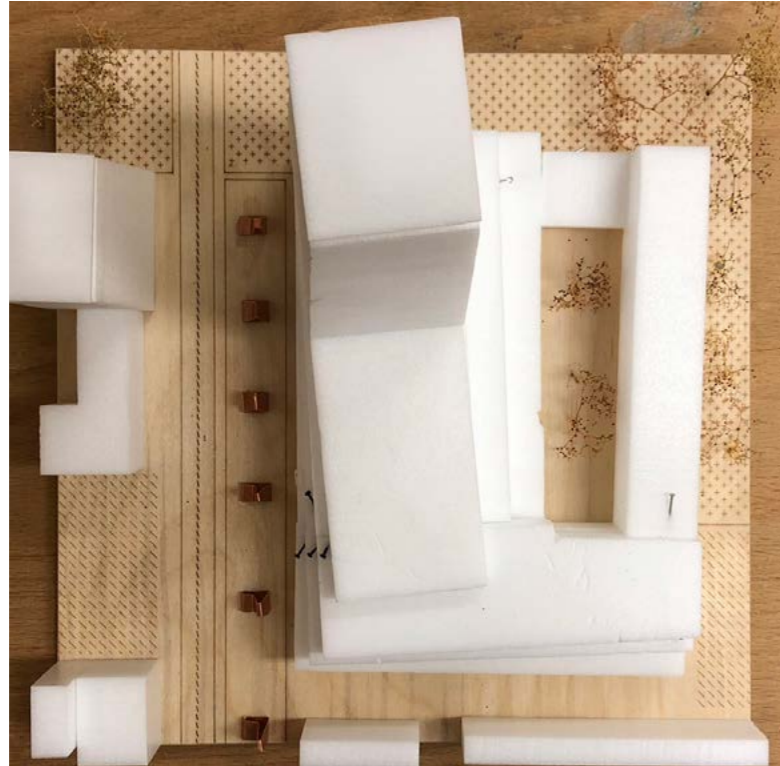
GECLUSTERD PROGRAMMA OP EEN GEOTHERMIEBRON

De potentiële energie van de geothermiebron biedt kansen op verschillende programmatische ontwikkeling direct op de bron. Een grootstedelijk blok tapt de heetste temperaturen af voor de productie van collectieve warmte en elektriciteit. De hoogbouw accentueert deze bron

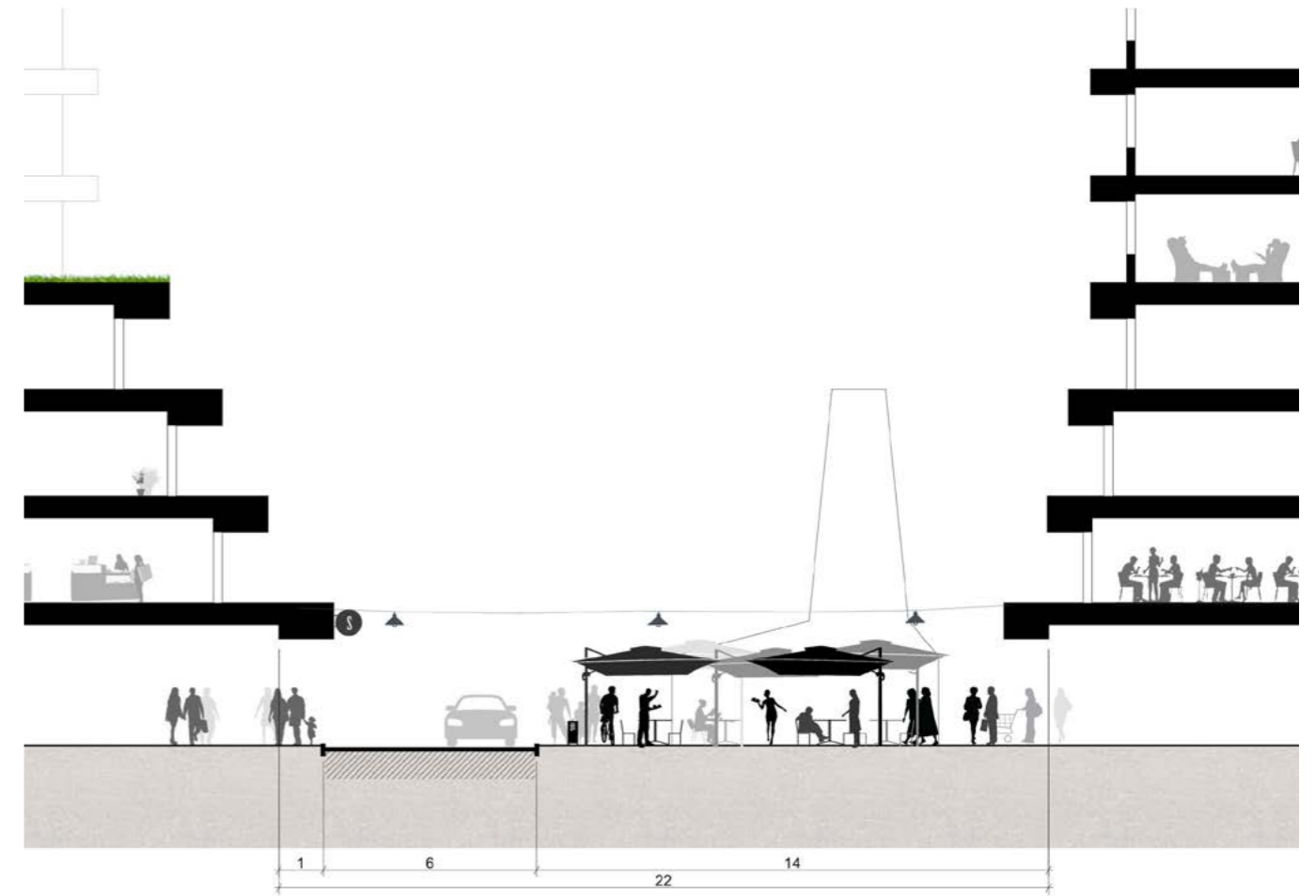
van collectieve warmte en elektriciteit dat via het stedelijk netwerk door de stad zal trekken. Op de hoogste verdieping zijn windturbines te vinden die zichtbaar zijn tot aan het centrum. De geothermiebron heeft daarmee een functie voor de wijk en de stad.







- 
 Hoge
temperatuur
- 
 Koude
temperatuur
- 
 EGS
geothermie
centrale
- 
 Elektriciteit
opwekking
- 
 Warmtenet
- 
 Ondergronds
geothermie
veld
- 
 Elektriciteit
uitwisseling

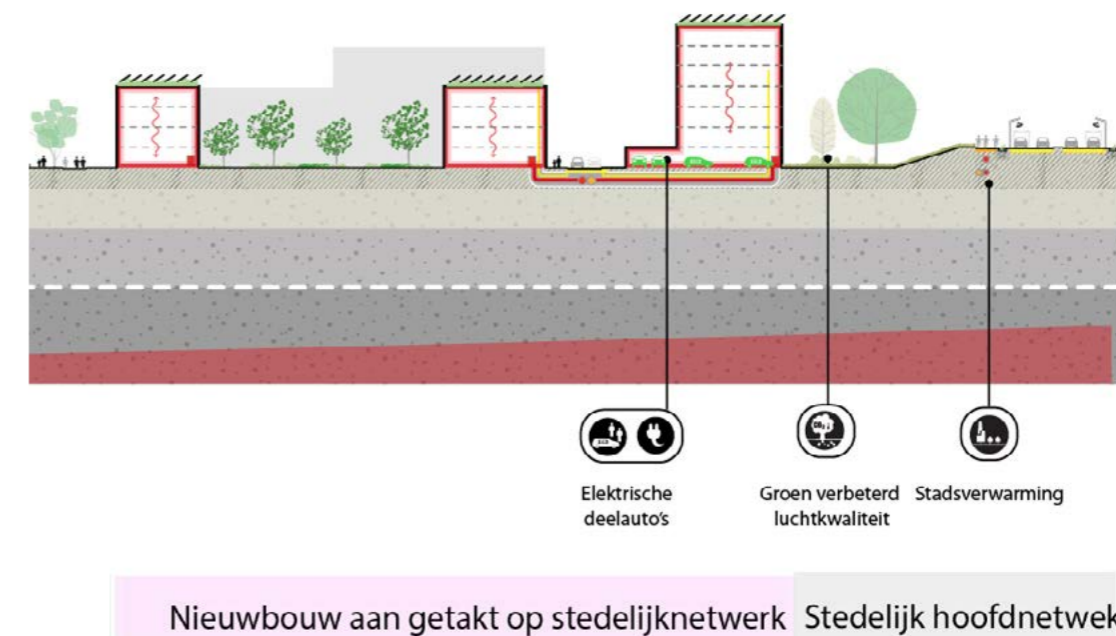
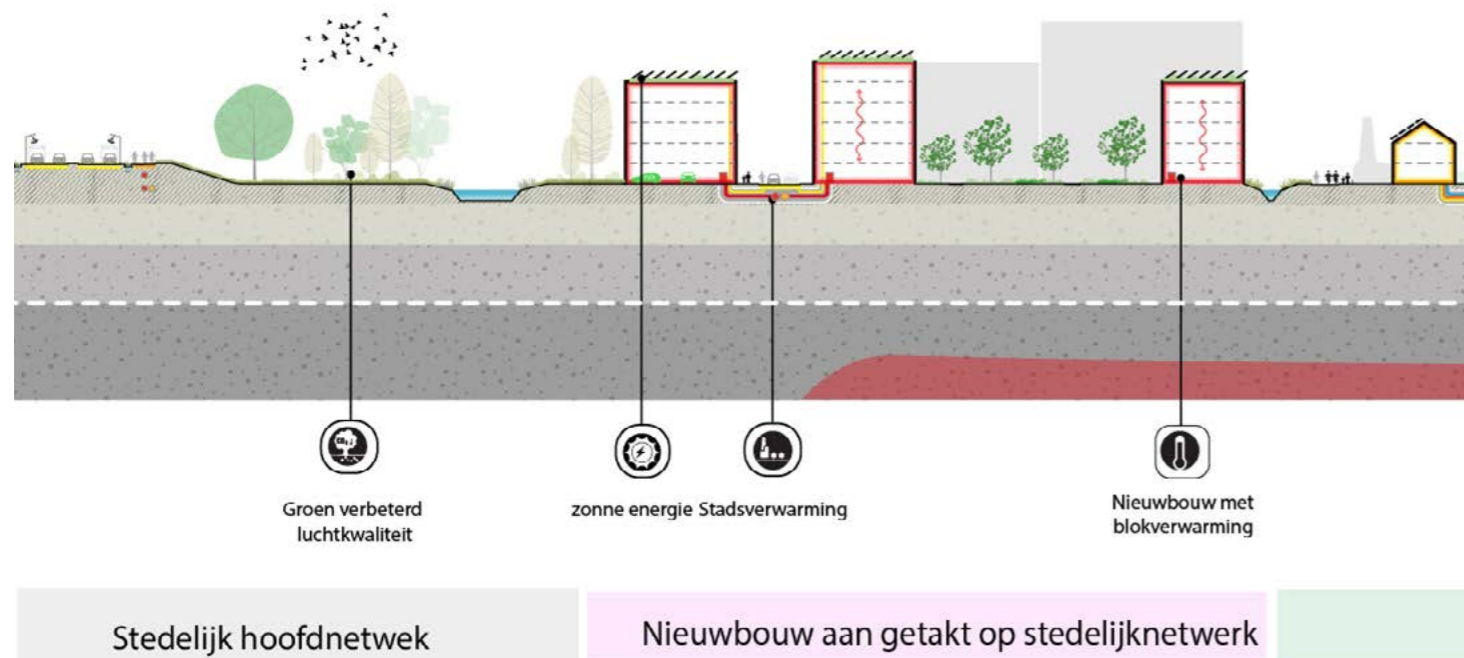
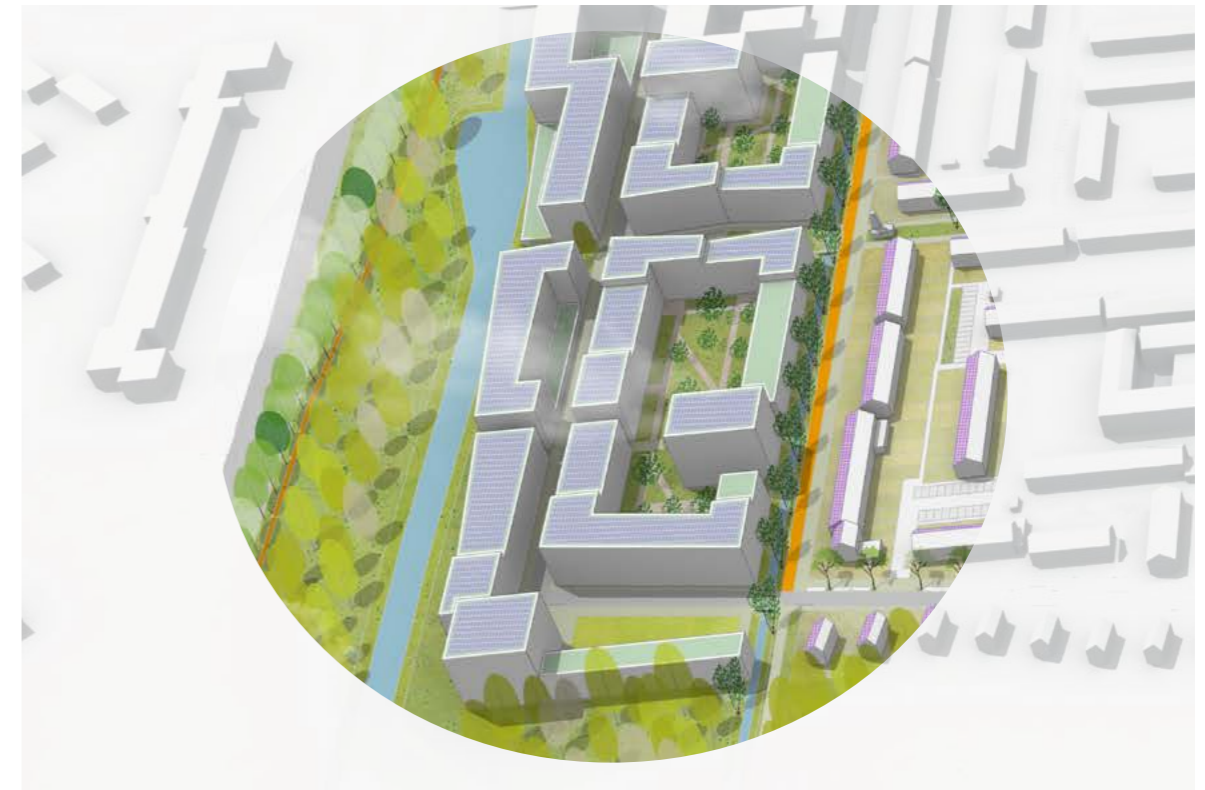


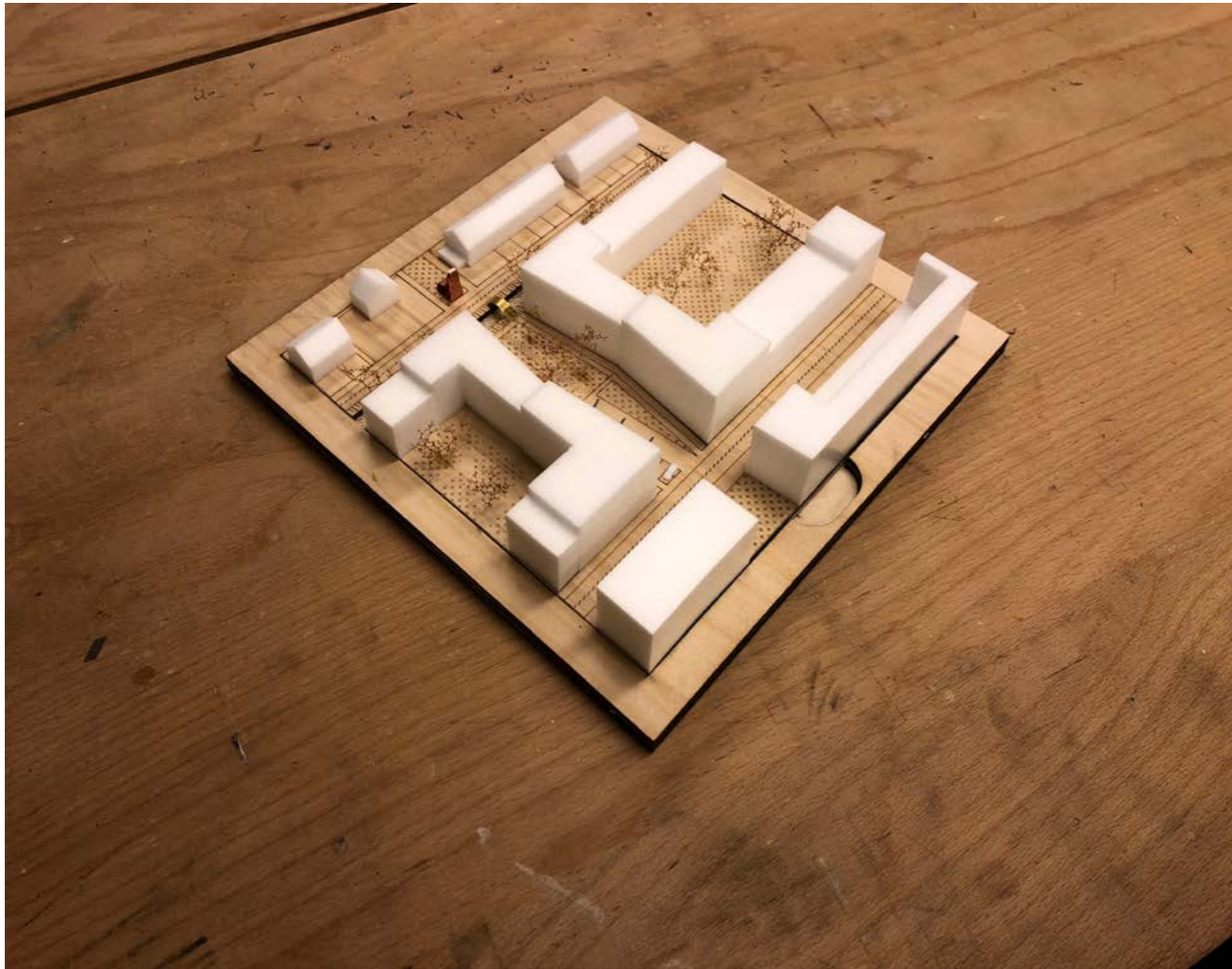
Infrastructurale wijkader met gemengd programma

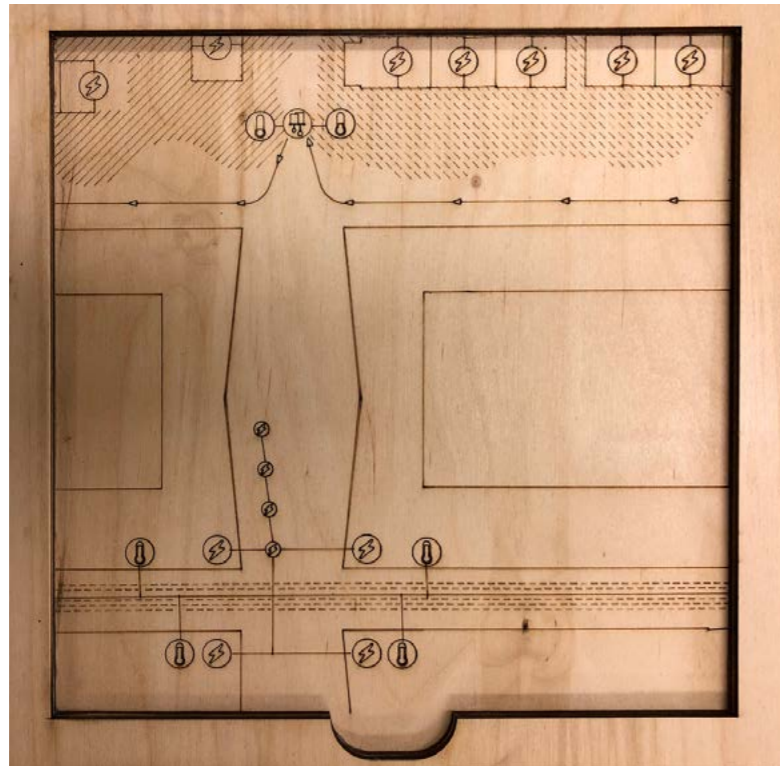
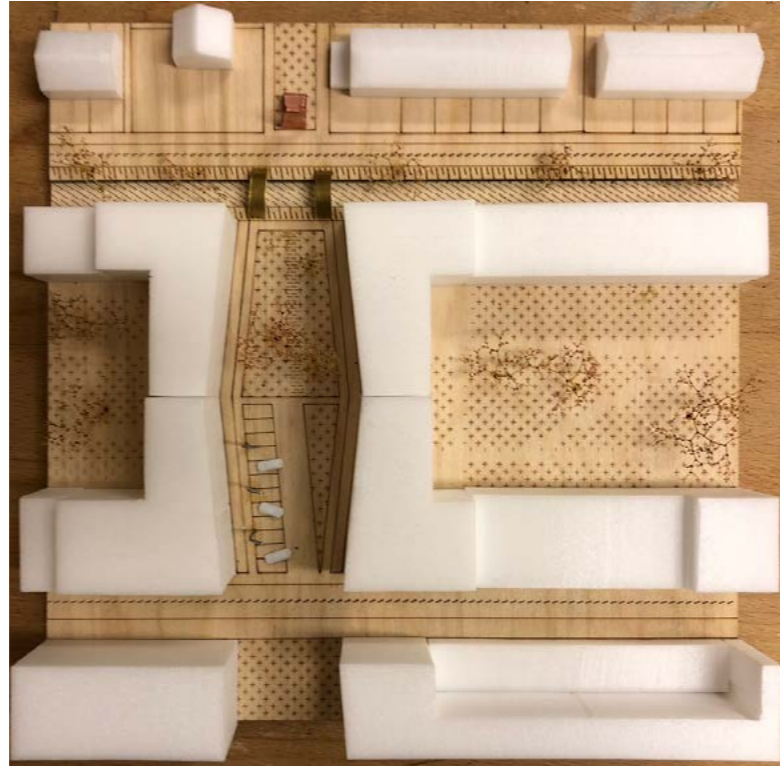
VERDICHTING IN EEN BINNENSTEDELIJK MILEU





Langs de randen van de wijk staat nieuwbouw, die gepositioneerd is tussen de geothermie bron en het stedelijk netwerk. Collectieve ketels verwarmen de bouwblokken die daarnaast een stroom van lage temperatuur warmte aan het netwerk levert. Zonnepanelen worden gekoppeld aan een stedelijk netwerk waar s 'nachts de auto-accu's de piekbelasting opvangen. De geconcentreerde energiestromen ontlasten de

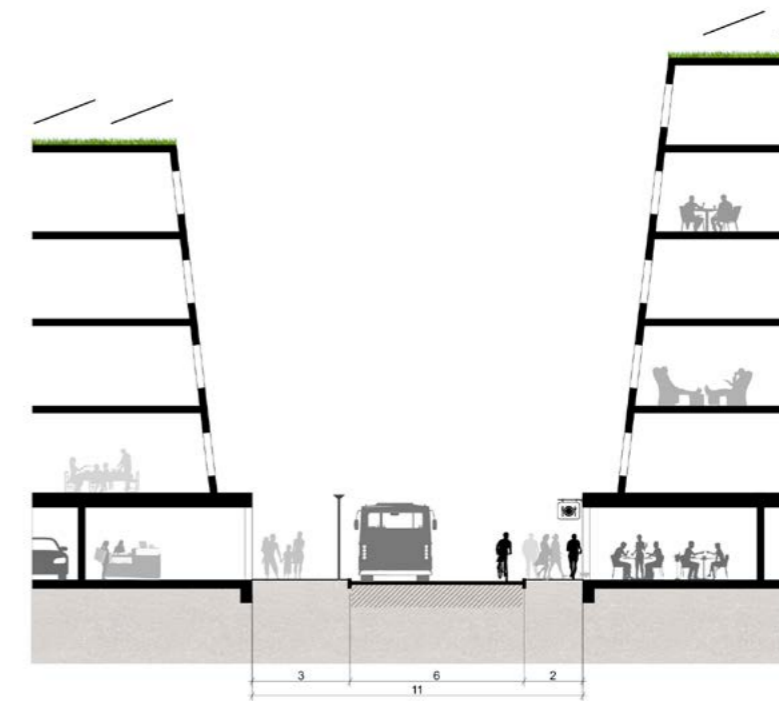
ondergrond en creëren daarmee mogelijkheden voor zowel collectieve binnentuinen en groene omzoming van de blokken. De klimaat-singels zorgen voor een aangename ruimtelijke overgang van de nieuwbouw tot aan de bestaande woningbouw. Verbonden met kleine bruggetjes is het voor de bestaande bewoner gemakkelijk om bij het openbaar vervoer of deelauto te komen.







- 
Hoge
temperatuur
- 
Lage
temperatuur
- 
Koude
temperatuur
- 
Elektriciteit
opwekking
- 
WKO put
- 
Warmtenet
- 
Elektriciteit
uitwisseling
- 
TEO
inlaatpunt
- 
Ondergronds
warmte veld
- 
Ondergronds
koude veld



Wijk en buurt ontsluiting met parkeerkoffers

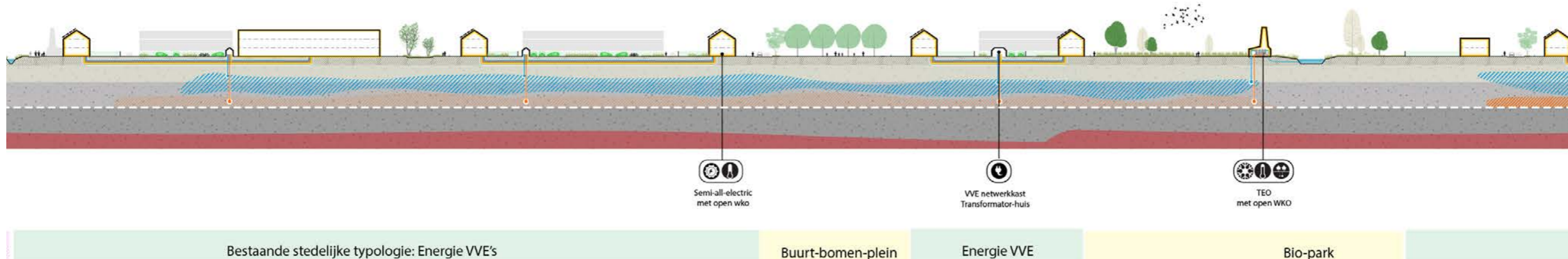


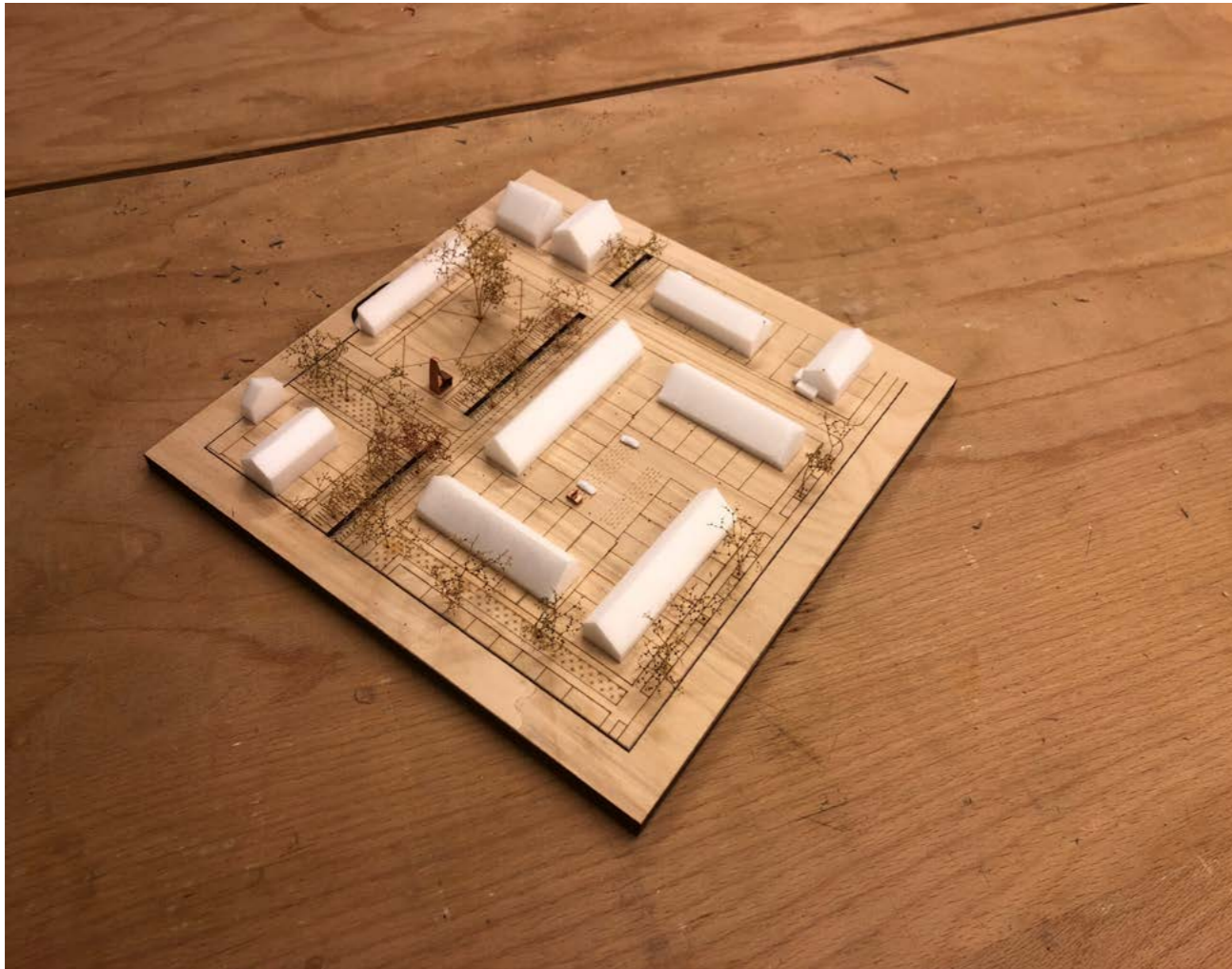
Klimaat adaptief fiets profiel tussen nieuwe en bestaande bebouwing

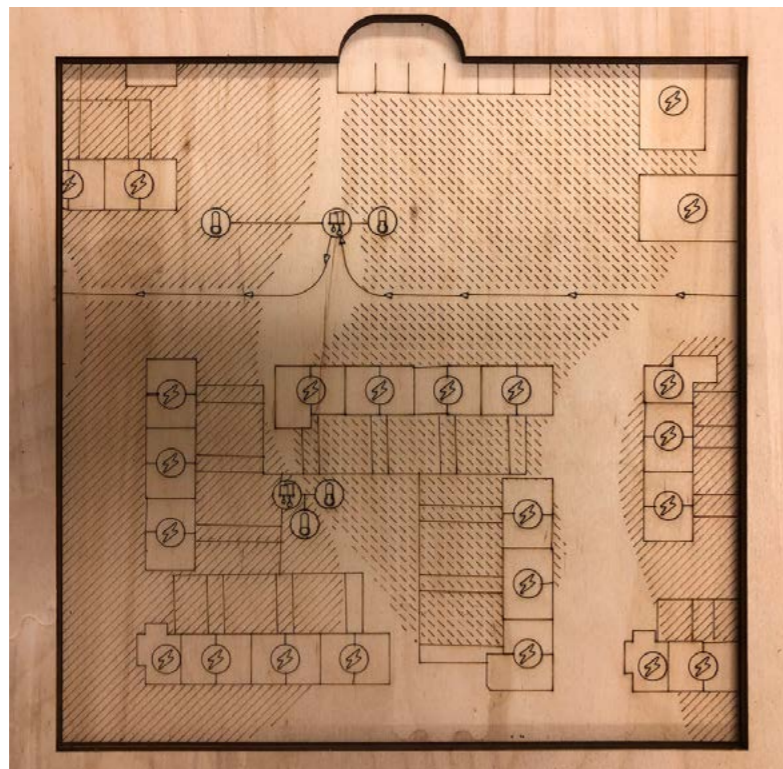
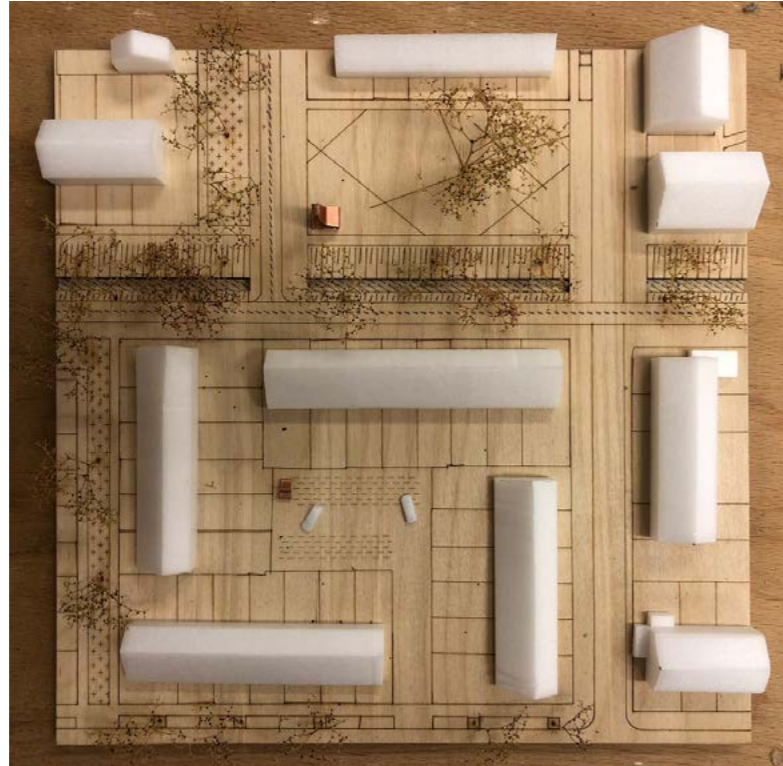
BEHOUDEN VAN BESTAANDE TYPOLOGIEËN





Van binnenuit bestaat de wijk uit bouwblokken met eigen binnenruimtes. De energietransitie heeft voor ruimte gezorgd om de bestaande stempel structuren af te maken. Bestaande woningen zijn energie neutraal gemaakt. De structurele dooradering van groen en blauw in de wijk is overal aanwezig, waardoor elk adres een aangename leefomgeving heeft. De groenblauwe structuur voedt een ondergronds netwerk van warmte en koude-opslag die door markante torens uit het oppervlaktewater wordt gehaald.

Op het binnenterrein van elke stempel staat een meterkast die de bewoners gezamenlijk ontworpen hebben. Deze architectonische meterkast verbindt de omliggende woningen in een energie collectief - de energie-VVE. Gezamenlijk delen bewoners hun geproduceerde elektriciteit en leveren ze als een collectief hun energie aan het omliggend programma. De warmte die ondergronds beschikbaar is wordt door de meterkast uit de grond gehaald en met maar 6 graden verschil kan elke woning aangenaam worden verwarmd.



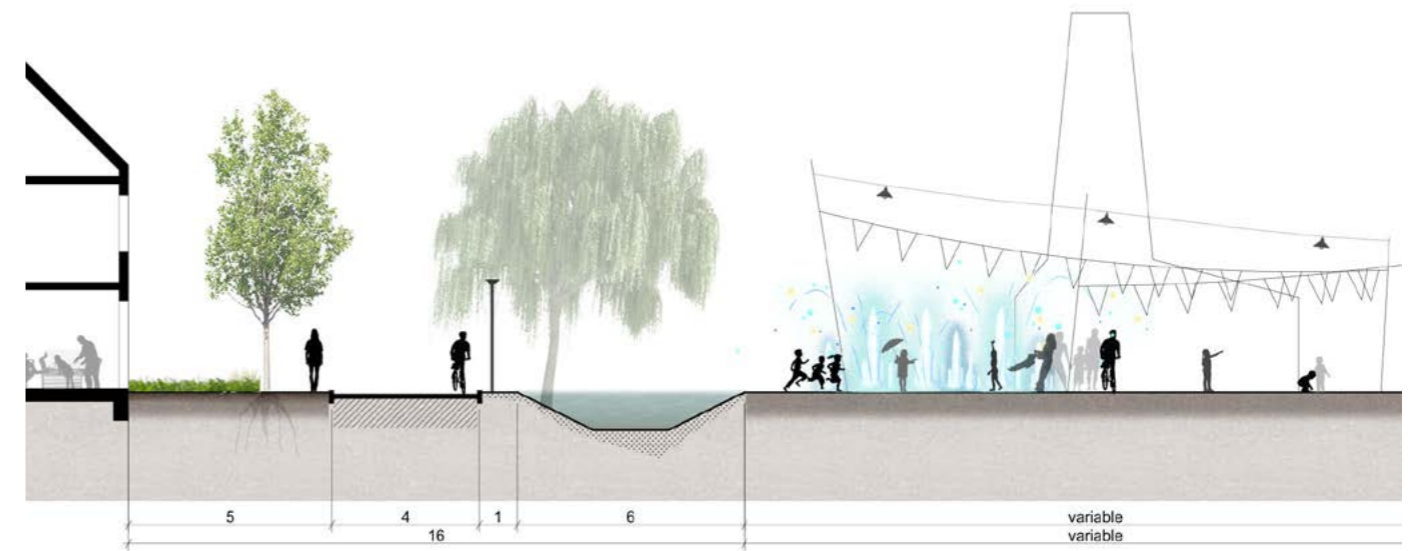




- 
Lage
temperatuur
- 
Koude
temperatuur
- 
WKO put
- 
Elektriciteit
opwekking
- 
Elektriciteit
uitwisseling
- 
TEO
inlaatpunt
- 
Ondergronds
warmte veld
- 
Ondergronds
koude veld



Herprofilering in bestaande woonomgeving; lineaire wadi-groenstructuur langs fietstraten



Buurtpleinen aan singels met TEO installaties



Energie VVE netwerk kasten

VIII CONCLUSIE

Het vermogen van de stad bestaat uit een totaal aan benodigde ontwikkelingen om vraag en aanbod naar CO2 neutrale energie bij elkaar te brengen. Ontwikkeld is een methodiek die gemeente breed vraag en aanbod van energie inbedt in stedelijke ontwikkelingen. Door de vraag naar energie en potentiële energiebronnen op de kaart te tekenen ontstaan er handvatten om het bestaande energienetwerk te herzien. Dit leidt tot een herontwerp van het hoofd energienetwerk en de ruimte die hiervoor gereserveerd moet worden. Dit geldt ook voor de aftakkingen waarmee de keuze voor een zelfvoorzienend buurtnetwerk mogelijk wordt.

Het grootstedelijk energienetwerk leidt tot spreiding van de woningbouwopgave en schept kansen voor heel de stad. Zo ontstaat er vraag naar een ander soort stedelijk ontwerp waar naast energie ook thema's als klimaatadaptatie, verandering in verkeersmodaliteit en healthy-living mee genomen kunnen worden. Locatie specifieke gegevens als nabijheid van energiebronnen, geschiedenis en cultuurhistorische waarde zorgen ervoor dat een stad haar eigen identiteit behoudt maar ook, volgens de drie-stappen ontwikkeling, een transitie aankan om een energie neutrale stad te worden.

BRONNEN

Sites

- The global carbon project, <http://www.globalcarbonproject.org/>
- The Paris Agreement, <https://unfccc.int/>
- Overmorgen, <http://aardgasvrijarnhemnijmegen.overmorgen.nl/>
- TopoTijdreis, www.topotijdreis.nl/
- Gemeente Nijmegen, www.nijmegen.nl
- De Groene Hub - www.degroenehub.nl
- Power2Nijmegen - www.power2nijmegen.com
- Warmteatlas, <http://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>
- Nationale energie atlas, <http://www.nationaleenergieatlas.nl/web/energieatlas/kaarten>
- Klimaatmonitor, klimaatmonitor.databank.nl
- Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK) – www.pdok.nl
- Aliander, Gas en elektriciteitsnetwerk
- Centraal Bureau voor de Statistiek, www.cbs.nl
- Planbureau voor de Leefomgeving, <https://www.pbl.nl/>

Publicaties

- Ruimtelijkkader ondergrond Nijmegen, 31 augustus 2010
- PBL-notitie, Ruimte en energie in Nederland, 27 februari 2013
- PBL, Toekomstbeeld Klimaatneutrale warmtenetten in Nederland, maart 2017
- IEA, CO2 emissions from fuel combustion, 2015
- Ecofys, global potential of renewable energy sources, maart 2010
- Routekaart De Groene Kracht, 7 mei 2013
- Power2Nijmegen, Op weg naar een energieneutrale stad in 2045, 28 juni 2013
- Structuurvisie Nijmegen, december 2013
- SenterNovem - Voorbeeldproject Bio-Energie – Lelystad
- Ministerie van Economische Zaken, Energieagenda 2016, December 2016
- IF Technology, Kansen voor geothermie in stadsregio Arnhem – Nijmegen, 12 oktober 2015
- IF Technology, Smart polder Merwedekanaalzone Utrecht, 9 juni 2017
- TNO Rapport, Ultra-diepe geothermie, 10 oktober 2016
- Studio Marco Vermeulen, Dutch Smart Thermal Grid



VERMOGEN VAN DE STAD

ENERGIEVRAAG INGEBED IN STEDELIJKE ONTWIKKELINGEN

ONTWERPEND ONDERZOEK DOOR WANDER HENDRIKS