Duurzame bedrijventerreinen Utrecht

Routes naar CO_2-vrije bedrijventerreinen

CE Delft

Committed to the Environment

Duurzame bedrijventerreinen Utrecht

Routes naar CO_2-vrije bedrijventerreinen

Dit rapport is geschreven door:
Nanda Naber, Thijs Scholten, Joeri Vendrik, Chris Jongsma

Delft, CE Delft, februari 2021

Publicatienummer: 21.200308.014

Gemeenten / Bedrijventerreinen / Energievoorziening / Warmte / Duurzaam / Vraag / Aanbod / Kosten / Kooldioxide / Afname / Meetmethode
VT: CEGOIA-tool

Opdrachtgever: Gemeente Utrecht
Uw kenmerk: 2020-OOR-036

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Nanda Naber (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

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

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
	1.1 Aanleiding onderzoek	8
	1.2 Doel en scope	8
2	Kenmerken bedrijventerreinen	10
	2.1 Oppervlaktes en functies gebouwen	10
	2.2 Leeftijd panden	11
	2.3 Huidige warmtetechniek	13
	2.4 Beschikbare warmtebronnen	13
	2.5 Potentieel zon op daken	14
	2.6 Ontwikkelingen op bedrijventerreinen	16
3	Huidig energieverbruik	17
	3.1 Methode	17
	3.2 Huidig energieverbruik per bedrijventerrein	17
4	Oplossingsrichtingen	20
	4.1 Inleiding	20
	4.2 Verduurzamen processen	20
	4.3 Duurzame warmte-opties	21
	4.4 Energiebesparing op warmte	24
5	Kosten energievoorziening	28
	5.1 Maatschappelijke kosten	28
	5.2 Eindgebruikerskosten	31
6	Routekaart naar CO_2-vrij	34
7	Conclusies	39
	7.1 Kansrijke routes voor CO_2-vrije terreinen	39
	7.2 Verduurzamen van processen	39
8	Referenties	41
A	Methode bepalen energieverbruik	42
	A.1 Methode voor inschatting van het energiegebruik	42
	A.2 Aardgas in processen	46
	A.3 Top-down validatie uitkomsten	47
	A.4 Overzicht kengetallen	51

B Overzicht energieverbruik 57

C Oplossingsrichtingen 61
C.1 Warmtenet 61
C.2 All electric 61
C.3 Duurzaam gas 62

D Isolatiemaatregelen 64

E CEGOIA 66
E.1 Korte omschrijving CEGOIA 66
E.2 Uitgangspunten 67
E.3 Hoe werkt CEGOIA? 70

F Factsheets 71

G Routekaart 72

Samenvatting

Aanleiding van het onderzoek

De gemeente Utrecht streeft ernaar om zo snel mogelijk klimaatneutraal te zijn en heeft de ambitie om vóór 2030 40.000 gebouwen aardgasvrij te maken. Het gaat dan voornamelijk om woningen, maar ook om maatschappelijk vastgoed en bedrijfsgebouwen. Voor het uitwerken van een strategie richting aardgasvrije bedrijventerreinen heeft de gemeente Utrecht behoefte aan een goed overzicht van het (type) energiegebruik bij bedrijven op de negen, voor dit onderzoek geselecteerde, bedrijventerreinen en de bijbehorende verduurzamingsmogelijkheden naar CO_2-vrij. De bedrijventerreinen zijn door de gemeente Utrecht geselecteerd op basis van hun aardgasverbruik.

Doel en scope

Het doel van dit onderzoek is om van al deze bedrijventerreinen inzichtelijk te krijgen hoeveel en wat voor energie er wordt gebruikt, waarbij het gaat om elektriciteits- en gasverbruik. Vervolgens wordt per bedrijventerrein in kaart gebracht wat de opties zijn voor een duurzame energievoorziening en wat de kosten hiervan zijn. De bedrijventerreinen die in dit onderzoek zijn meegenomen, zijn weergegeven op onderstaande kaart.

1. Lage Weide
2. Demkade (Demka terrein)
3. Cartesiuswegterrein
4. De Wetering
5. Haarrijn
6. Oudenrijn
7. Nieuwerijn (Papendorp)
8. Nieuw Overvecht
9. Businesseiland Kanaleneiland

Voor alle bedrijventerreinen die zijn meegenomen in dit onderzoek is een factsheet gemaakt, waarin de kenmerken van het bedrijventerrein zijn opgenomen en de kansrijke routes naar CO_2-vrij zijn weergeven. Daarnaast is een routekaart opgesteld om de bedrijven, de gemeente en overige stakeholders verder te helpen met het maken van een plan naar een CO_2-vrij bedrijventerrein.

Huidig energieverbruik

Het huidige energieverbruik is bepaald op basis van openbare data en de database van VTH (Vergunningen, Toezicht en Handhaving), die de gemeente beschikbaar heeft gesteld. Wanneer van bepaalde gebouwen of bedrijven geen energiedata beschikbaar waren, is op basis van oppervlak, bouwjaarcategorie en functie van de gebouwen, een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van het huidige energiegebruik. De resultaten van de huidige energie-vraag per bedrijventerrein zijn weergeven in de volgende figuur. Op slechts drie bedrijven-terreinen bestaat een aanzienlijk deel van het gasverbruik uit procesgas.

Oplossingsrichtingen

Er zijn drie hoofdroutes als alternatief voor verwarmen met aardgas:
1. Overschakelen op een warmtenet.
2. Overschakelen op een all electric-oplossing.
3. Het aardgas vervangen door groengas of waterstof.

Voor het bepalen van de duurzame warmte-optie zijn de volgende factoren meegenomen:
- energievraag;
- oppervlaktes en functies gebouwen;
- huidige gebouwschil;
- huidige warmtetechniek;
- beschikbare warmtebronnen;
- warmtevraagdichtheid.

De mogelijkheden en kosten voor energiebesparing zijn in grote mate bepalend voor de economisch meest efficiënte duurzame warmtetechniek. In dit onderzoek zijn twee isolatieniveaus meegenomen:
- minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5[1];
- maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5.

Isolatie kan tot forse besparing van de warmtevraag leiden op de bedrijventerreinen. Het is afhankelijk van de leeftijd van de panden hoeveel bespaard kan worden. Voor LT-warmte-oplossingen is het nodig om de gehele schil naar een Rc-waarde van 3,5 te isoleren. Op de bedrijventerreinen waar het merendeel van de gebouwen is gebouwd ná 1990, zijn minder isolerende maatregelen nodig om het bedrijventerrein geschikt te maken voor LT-warmte. Dit geldt voor de terreinen De Wetering, Haarrijn, Demkade en Ouderrijn. Op sommige bedrijventerreinen, zoals Nieuw Overvecht, is een gedeelte van de bebouwing ná 1990 gebouwd en daarmee al geschikt voor LT-verwarming. Ook met het toepassen van een efficiëntere warmtetechniek kan veel energie worden bespaard, dit geldt voornamelijk voor de elektrische warmtepomp en in mindere mate voor de hybride warmtepomp, waar een deel van de warmte met de hr-ketel wordt opgewekt. Bij het toepassen van de wko is nog heel weinig 'nieuwe' energie nodig, omdat de meeste warmte en koude wordt hergebruikt.

Elektrificatie is in de meeste gevallen de meest logische optie voor het verduurzamen van de industriële processen. Voor de meeste van de gebruikte processen op de bedrijven-terreinen zijn al elektrische alternatieven commercieel verkrijgbaar. De elektrische apparaten hebben dezelfde functionaliteit als de huidige gasgestookte apparatuur.
De overstap naar elektrische apparaten heeft wel wat aandachtspunten, namelijk een vereiste investering, de prijs van elektriciteit ten opzichte van het huidige aardgas, en de netaansluiting die mogelijk verzwaard moet worden.

Kosten energievoorziening

Een belangrijke factor voor de keuze voor een bepaalde warmteoptie zijn de kosten.
Deze kosten kun je onderverdelen in twee typen:
- Maatschappelijke kosten: Alle kosten die de maatschappij moet maken ongeacht degene die de investeringen moet doen of wie de voordelen krijgt. Onder maatschappelijke kosten valt bijvoorbeeld de aanleg van het warmtenet of het verzwaren van het elektriciteitsnet.
- Eindgebruikerskosten: De eindgebruikerskosten en baten resulteren in de businesscase voor bedrijven. Deze is gebaseerd op kosten die zij moeten maken om hun warmte-voorziening en/of processen van het aardgas af te krijgen en de baten die dit oplevert.

Binnen dit project zijn de maatschappelijke en eindgebruikerskosten beiden berekend.
Bevindingen met betrekking tot de kosten zijn:
- De maatschappelijke kosten van duurzame warmteopties liggen over het algemeen dicht bij elkaar. Op basis van deze kosten kan daarom nog geen keuze worden gemaakt voor een techniek.
- De maatschappelijk goedkoopste CO_2-vrije opties per bedrijventerrein in 2030 zijn qua kosten vergelijkbaar met de kosten van hr-ketels op aardgas in 2030. Uit kosten-perspectief zou het daarom voor de maatschappij geen belemmering moeten zijn om over te stappen. Wél zijn er vaak hoge initiële investeringen nodig.

[1] Een Rc-waarde van 3,5 van de gehele schil, staat ongeveer gelijk aan energielabel B voor het gehele pand.

- In het algemeen zijn HT/MT-warmtenetten het goedkoopste voor eindgebruikers, maar de beschikbaarheid van restwarmte is beperkt. Het technisch potentieel van geothermie is wel hoog, maar deze warmte is niet op korte termijn beschikbaar.
- LT-oplossingen zijn voornamelijk interessant op terreinen met gebouwen die na 1995 zijn gebouwd, aangezien hier minder/geen isolatie nodig is.

Routekaart naar CO_2-vrij

Binnen dit onderzoek is een eerste stap gezet om de energievraag per bedrijventerrein in kaart te brengen en de mogelijkheden te verkennen naar een CO_2-vrij bedrijventerrein. Er is binnen dit onderzoek nog geen keuze gemaakt wat de beste oplossing is per bedrijventerrein en hoe deze oplossing gerealiseerd moet worden. Er is wel een routekaart opgesteld waarmee elk bedrijventerrein aan de slag kan om een plan naar CO_2-vrij op te stellen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding onderzoek

Gemeenten moeten uiterlijk eind 2021 een transitievisie warmte hebben opgesteld. Deze visie geeft aan in welke volgorde wijken van het aardgas af gaan en wat de beoogde alternatieve energie-infrastructuur is voor wijken die in 2030 CO_2-vrij moeten zijn. De gemeente Utrecht streeft ernaar om zo snel mogelijk klimaatneutraal te zijn en heeft de ambitie om vóór 2030 40.000 gebouwen aardgasvrij te maken. Het gaat dan voornamelijk om woningen, maar ook om maatschappelijk vastgoed en bedrijfsgebouwen.
Om te komen tot keuzes en prioritering van buurten heeft Utrecht met het Vesta MAIS-model analyses gemaakt van de kosten voor alternatieven voor aardgas per buurt (Gemeente Utrecht, 2020). Dit levert goede inzichten op voor buurten met veel woningen, maar niet voor het CO_2-vrij maken van bedrijventerreinen. Voor het uitwerken van een strategie richting CO_2-vrije bedrijventerreinen heeft de gemeente Utrecht behoefte aan een goed overzicht van het (type) energiegebruik bij bedrijven op de negen verschillende bedrijventerreinen en de bijbehorende verduurzamingsmogelijkheden naar CO_2-vrij.

1.2 Doel en scope

Het doel van dit onderzoek is om van al deze bedrijventerreinen inzichtelijk te krijgen hoeveel en wat voor energie er wordt gebruikt. Hierbij gaat het om energieverbruik van aardgas en elektriciteit. Van het gebruik van overige energiedragers is geen data beschikbaar. Hier moet in de uitwerking per bedrijventerrein wel naar worden gekeken. Er wordt per bedrijventerrein in kaart gebracht wat voor duurzame energievoorziening in de toekomst kan worden toegepast en wat de kosten hiervan zijn.

Er wordt openbare data gebruikt en daarnaast de database van VTH (Vergunningen, Toezicht en Handhaving), die de gemeente beschikbaar stelt. Wanneer van bepaalde gebouwen of bedrijven geen energiedata beschikbaar zijn, wordt op basis van oppervlak, bouwjaarcategorie en functie van de gebouwen, een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van het huidige energiegebruik.

Binnen dit onderzoek worden de volgende Utrechtse bedrijventerreinen meegenomen:
1. Lage Weide
2. Demkade (Demka terrein)
3. Cartesiuswegterrein
4. De Wetering
5. Haarrijn
6. Oudenrijn
7. Deelgebied Nieuwerijn (Papendorp[2])
8. Nieuw Overvecht
9. Businesseiland Kanaleneiland (Kanaleneiland incl. Kanaleneiland Merwede)

De geografische afbakening van elk van deze bedrijventerrein is weergegeven in Figuur 1.

[2] In de rest van het rapport wordt dit bedrijventerrein aangeduid met 'Nieuwerijn'. In de factsheet wordt de naam Papendorp gebruikt.

Figuur 1 – Ligging en geografische afbakening van de bedrijventerreinen

2 Kenmerken bedrijventerreinen

De bedrijventerreinen hebben elk hun eigen kenmerken, welke een directe invloed hebben op de verduurzaming mogelijkheden. Zo verschillen ze qua grootte, qua type bedrijven en qua bouwjaren. In dit hoofdstuk worden de verschillende kenmerken behandeld die van invloed zijn op de keuze voor een bepaalde duurzame warmtevoorziening. In Hoofdstuk 3 wordt het energieverbruik van de bedrijventerreinen behandeld, uiteraard ook een belangrijke factor die van invloed is op de keuze voor een bepaalde duurzame warmtevoorziening.

2.1 Oppervlaktes en functies gebouwen

Tabel 1 - Overzicht kenmerken terreinen

	Aantal panden[3]	Aantal bedrijven	Aantal woningen	Oppervlakte gebouwen (m^2)
Oudenrijn	256	560	6	403.000
Nieuwerijn	31	20	1	77.000
Cartesiuswegterrein	374	578	43	230.000
De Wetering	204	268	-	273.000
Demkade	39	91	-	34.000
Nieuw Overvecht	404	641	9	332.000
Kanaleneiland	217	1.385	219	470.000
Haarrijn	29	38	-	53.000
Lage Wiede	759	1.219	19	1.628.000

De functies van de bedrijven verschillen per bedrijventerrein. Dit heeft invloed op het energieverbruik en de verduurzamingsmogelijkheden van de bedrijven. Figuur 2 geeft per bedrijventerrein een opdeling naar functionaliteit. Op sommige terreinen, zoals Kanaleneiland en Cartesiuswegterrein, zijn voornamelijk utiliteitsgebouwen[4] aanwezig. Terwijl op andere terreinen, zoals Nieuwerijn, vooral industrie aanwezig is. De functies die apart in de figuur worden weergegeven zijn industrie, utiliteiten, loodsen, en woningen, omdat deze categorieën qua energieverbruik sterk van elkaar verschillen. Loodsen worden apart weergegeven, omdat hun warmtevraag over het algemeen lager ligt dan dat van andere functies.

[3] Hierin zijn enkel de panden meegenomen met een oppervlakte van groter dan 20 m^2.

[4] Hieronder vallen gebouwen met de functie: kantoor, logies, gezondheidszorg, bijeenkomst, onderwijs, sport, cel en overige utiliteitsgebouwen.

Figuur 2 - Verdeling oppervlakte gebouwen naar functionaliteit, per bedrijventerrein

2.2 Leeftijd panden

De leeftijd van de panden is relevant voor het energieverbruik en de verduurzamingsopties. Op de terreinen De Wetering, Demkade en Haarrijn, zijn bijna alleen maar nieuwe panden aanwezig. Op de terreinen Nieuwerijn, Nieuw Overvecht en Cartesiuswegterrein zijn veel oude panden, waardoor hier — naar verwachting — nog veel potentieel is voor energie-besparing.

Figuur 3 - Verdeling oppervlakte gebouwen naar leeftijd, per bedrijventerrein

In Figuur 4 zijn de bouwjaarklassen weergegeven op een kaart.

Figuur 4 - Bouwjaarklassen bedrijventerreinen

2.3 Huidige warmtetechniek

Momenteel wordt verreweg het grootste deel van alle panden verwarmd met aardgas. Op vijf van de negen bedrijventerreinen zijn wel panden met een warmteaansluiting, maar hier gaat het maar om een klein deel van de panden. Op Kanaleneiland heeft 17% van de gebouwen een warmteaansluiting en op het Cartesiuswegterrein is dit 16%. Op Nieuwerijn, De Wetering en Lage Weide is het aandeel warmteaansluitingen 10% of lager. Ook bij bedrijventerreinen die zelf geen warmteaansluitingen hebben is er in de aanliggende wijk een warmtenet aanwezig. Dit betreft vaak niet de gehele wijk, maar een gedeelte hiervan. Het biedt wel kansen om het warmtenet door te trekken naar het bedrijventerrein om deze in de toekomst te laten overschakelen op een warmtenet.

Figuur 5 - Aandeel warmte-aansluitingen per bedrijventerrein en aanwezigheid warmtenetten in de overige wijken in Utrecht

2.4 Beschikbare warmtebronnen

In deze studie nemen we de volgende potentiële warmtebronnen mee:
- lagetemperatuurrestwarmte;
- hogetemperatuurrestwarmte;
- geothermie;
- wko;
- aquathermie.

Het potentieel van deze bronnen is in kaart gebracht in de studie ‘Hernieuwbare warmte-bronnen in de gemeente Utrecht’(Greenvis, 2019). Dit potentieel wordt gebruikt in deze studie. Voor een inschatting van de technische mogelijkheid van het toepassen van wko op een bedrijventerrein maken we gebruik van de WarmteAtlas van RVO (RVO, 2020b). In Tabel 2 is per warmtebron per bedrijventerrein weergegeven of deze technisch beschikbaar is op het bedrijventerrein zelf. Het is afhankelijk van de bodem of geothermie of een wko-systeem mogelijk op een terrein mogelijk is. Voor HT-restwarmte en LT-restwarmte is een

restwarmtebron nodig. Voor de hogetemperatuurwarmtebronnen, HT-restwarmte en geothermie, geldt dat de bron niet op het bedrijventerrein zelf hoeft te liggen, om er gebruik van te kunnen maken. Wel is het interessant om te weten of er op het terrein zelf een bron beschikbaar is, omdat dit de kans dat het potentieel van de bron kan worden gebruikt op het terrein zelf wel groter is. Daarnaast kan er bij beschikbaarheid van een bron op eigen terrein, ook een onderzoek worden gestart naar het benutten van de bron.

Tabel 2 - Technisch beschikbare warmtebronnen op het bedrijventerrein zelf

Bedrijventerrein	LT-warmte	HT-restwarmte	Geothermie	Wko	Aquathermie
Lage Weide	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Demkade (Demka terrein)	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja
Cartesiuswegterrein	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja
De Wetering	Ja	Nee	Ja	Ja	Ja
Haarrijn	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja
Oudenrijn	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Nieuwerijn (noordelijke deel)	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja
Nieuw Overvecht	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja
Businesseiland Kanaleneiland	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja

Er loopt in de gemeente al een warmtetransportnet die in de buurt van alle bedrijventerreinen ligt. Voor alle bedrijventerreinen is het technisch mogelijk om aan te sluiten op dit HT-transportnet. Het totale aanbod uit de hogetemperatuurrestwarmtebronnen is echter bij lange na niet genoeg om de warmtevraag van alle bedrijventerreinen te dekken. Wanneer het voor een bedrijventerrein gunstig is om gebruik te maken van deze restwarmte, moet er dus eerst nog onderzoek worden gedaan naar de daadwerkelijk beschikbare warmte voor dat bedrijventerrein. Het potentieel aan geothermie is wel een stuk hoger. Hiermee is het technisch mogelijk om ongeveer de hele huidige warmtevraag van de gemeente te kunnen invullen(Greenvis, 2019).

Voor aquathermie geldt dat het potentieel in de gemeente vrij hoog ligt voor thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). De verwachting is dat 62% van de huidige warmtevraag van de gemeente hiermee kan worden ingevuld(Greenvis, 2019). Dit komt voornamelijk door het Amsterdam-Rijnkanaal en het Merwedekanaal die door Utrecht stromen. Deze waterwegen lopen allen door, of in de buurt van, elk bedrijventerrein. Daarom is het potentieel van het gebruik van deze warmte voor elk bedrijventerrein aanwezig. De brontemperatuur is wel zeer laag (12-20°C) waardoor een seizoensbuffer in ieder geval nodig is (zoals een wko) om de techniek efficiënt in te kunnen zetten in de winter.

2.5 Potentieel zon op daken

Binnen dit onderzoek is per bedrijventerrein berekend wat het potentieel is van zon op daken. Dit is gedaan op basis van het beschikbare dakoppervlak en de kengetallen die Over Morgen in haar studie voor de gemeente heeft gebruikt voor het bepalen van het potentieel aan zon-pv (Overmorgen, 2020). Zij gaan ervan uit dat 50% van het dakoppervlak van grote daken kan worden benut door zon-pv. In de analyses van het Nationaal Programma RES wordt uitgegaan van een benuttingspercentage van 30%. Met 50% ga je uit van een vrij optimistische inschatting van het potentieel. De gemeente Utrecht laat momenteel een onderzoek uitvoeren door Greenspread om te berekenen wat een realistisch potentieel is voor de benuttingsgraad van het dakoppervlak voor zon-pv.

In Tabel 3 is per bedrijventerrein weergegeven wat de potentiële opwek is van zon-pv op daken bij een benuttingsgraad van 50% en hoeveel procent deze opwek kan dekken van het huidige elektriciteitsverbruik. In
Figuur 6 is visueel weergegeven hoeveel procent van de potentiële opwek kan bijdragen aan het invullen van het huidige elektriciteitsverbruik per bedrijventerrein.

Tabel 3 - Potentiële opwek zon-pv op daken per bedrijventerrein

Bedrijventerrein	Aantal panden (> 20 m²)	Dakoppervlak (m²)	Potentieel vermogen (MW)	Potentiële jaarproductie (MWh/jr)	Huidig elektriciteits-gebruik (MWh/jr)	Potentiële opwek t.o.v. elektriciteits-verbruik (%)
Oudenrijn	256	296.000	27,8	25.100	48.100	52%
Nieuwerijn	31	53.000	5,0	4.500	12.400	36%
Cartesiuswegterrein	374	164.000	14,9	13.400	14.300	94%
De Wetering	204	211.000	19,6	17.600	29.600	60%
Demkade	39	33.000	3,1	2.800	3.700	76%
Nieuw Overvecht	404	318.000	29,5	26.600	31.600	84%
Kanaleneiland	217	313.000	29,5	26.500	46.700	57%
Haarrijn	29	35.000	3,3	3.000	5.400	55%
Lage Weide	759	1.205.000	113,5	102.100	117.800	87%

Figuur 6 - Percentage potentiële opwek zon-pv op daken ten opzichte van huidig elektriciteitsgebruik

2.6 Ontwikkelingen op bedrijventerreinen

Voor de bedrijventerreinen Haarrijn, Oudenrijn, De Wetering Noord en Zuid zijn er geen plannen met betrekking van sloop en nieuwbouw (Koolen, 2020). Op Lage Weide zijn enkele transformatielocaties aan de orde, onder andere een 30 ha groot Eneco-terrein langs de A2, maar ook het zogenaamde vierde kwadrant van Leidsche Rijn Centrum (de noordoostzijde van Leidsche Rijn Centrum). Dat vierde kwadrant is een intensivering van de zuidpunt van bedrijventerrein Lage Weide, waardoor het beter deel uit gaat maken van Leidsche Rijn Centrum met een intensief bedrijvigheidsprofiel. Ten oosten van bedrijventerrein Oudenrijn, wordt bedrijventerrein Strijkviertel gerealiseerd. Daarnaast is er voor bedrijventerrein Werkspoorkwartier (Cartesiuswegterrein) een visie in ontwikkeling, waarbij ook een Eneco-locatie kansen biedt voor herontwikkeling. De Merwedekanaalzone is een voormalige bedrijvenzone, die getransformeerd wordt naar gemengd woon-werkmilieu (Wanders, 2020). De ontwikkelingen op de bedrijventerreinen zijn niet meegenomen in de cijfers van het energieverbruik, omdat er te weinig informatie over de ontwikkelingen beschikbaar was.

3 Huidig energieverbruik

Voor verduurzaming en de warmtetransitie is het belangrijk om zowel de huidige situatie als de verwachte ontwikkelingen in energieverbruik in beeld te hebben. Dit vormt het startpunt van de transitie en bepaalt mede de omvang van de transitie-opgave. In dit hoofdstuk brengen we per bedrijventerrein in kaart wat de uitgangspunten zijn: het huidige energie-gebruik per energiedrager en gebruikstype (kleinverbruiker tot en met grootverbruiker).

3.1 Methode

Het huidige energieverbruik van de bedrijventerreinen is ingeschat op basis van een bottom-upmethode, waarbij we voor elk individueel bedrijf het energieverbruik bepalen. Voor een deel van de bedrijven is het energieverbruik bij de Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving gemeente Utrecht (VTH) bekend. Deze gegevens hebben we gebruikt.
Door middel van een geografische analyse en koppeling van verschillende databronnen zijn de functies en bouwjaren van de gebouwen op de terreinen bepaald. Deze gegevens hebben we gebruikt om met behulp van kengetallen het energieverbruik in te schatten, waar dit nog niet bekend was. We hebben de bottom-upresultaten gevalideerd op basis van gegevens die bij het CBS bekend zijn over het energieverbruik van buurten, waar bedrijventerreinen deel van uitmaken (Nationale Energieatlas, 2014). Een uitgebreide omschrijving van de methode is te vinden in Bijlage A.

3.2 Huidig energieverbruik per bedrijventerrein

Met de voorgaande methode wordt de energievraag per bedrijventerrein in kaart gebracht. Per bedrijventerrein is het volgende bepaald:
- aantal bedrijven;
- aantal panden;
- bedrijfsoppervlak;
- warmtevraag;
- warmtevraag per m^2;
- gasverbruik (opgesplitst naar ruimteverwarming en procesgas);
- gebruik warmte en aantal aansluitingen;
- koudevraag;
- gebruik procesgas en aantal aansluitingen;
- elektriciteitsvraag.

Bijlage B geeft een overzicht van alle resultaten, per bedrijventerrein en in totaal. In deze paragraaf lichten we de belangrijkste uitkomsten toe.

Ten eerste het gasverbruik. Figuur 7 toont het gasverbruik per bedrijventerrein[5], opgesplitst naar ruimteverwarming en procesgas. Op drie bedrijventerreinen (Oudenrijn, Nieuwerijn en Haarrijn) is het aandeel procesgas van het totale gasverbruik aanzienlijk doordat daar enkele grotere industriële bedrijven staan. Op de andere terreinen is het aandeel procesgas verwaarloosbaar (maximaal 6% van het totaal). Het aantal bedrijven dat gebruik maakt van procesgas is opgenomen in Bijlage B.

[5] We maken gebruik van een range voor het berekende gasverbruik. Dit figuur geeft het gemiddelde van die range.

Figuur 7 - Aardgasverbruik per bedrijventerrein

Het gasverbruik en ook de warmtevraag per terrein wordt voor een belangrijk deel bepaald door de grootte van het terrein. Voor het bepalen van de warmtevraagdichtheid, is het interessant om te kijken naar de warmtevraag per m^2, ook wel de warmte-intensiteit genoemd. Figuur 8 geeft de warmtevraag voor ruimteverwarming per m^2 per bedrijven-terrein en van alle terreinen samen[6]. De warmte-intensiteit wordt voornamelijk bepaald door de isolatiegraad van de panden op het terrein en het type activiteiten van de bedrijven.

[6] De blokjes geven de range weer voor elk terrein.

Figuur 8 - Warmtevraag ruimteverwarming per m²

Figuur 9 geeft de verdeling van de energievraag weer. Ongeveer de helft van de finale energie die wordt gebruikt is ten behoeve van de elektriciteitsvraag. Hierin zit ook het elektriciteitsverbruik voor productie van koude. De koudevraag is een stuk kleiner dan de warmtevraag. De totale koudevraag is gemiddeld per bedrijventerrein ongeveer zeven keer zo klein dan de totale warmtevraag (ruimteverwarming en procesgas)[7]. Het grootste gedeelte van de warmtevraag bestaat uit ruimteverwarming, zoals eerder ook al te zien was in Figuur 7.

Figuur 9 - Verdeling energievraag, per terrein

[7] De vraag naar koude is bepaald op basis van kengetallen per gebouwfunctie. Het is niet bekend of deze koudevraag ook daadwerkelijk wordt ingevuld door de bedrijven.

4 Oplossingsrichtingen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de oplossingsrichtingen beschreven die er zijn om een bedrijventerrein in zijn geheel van het aardgas af te laten gaan. Wanneer je wil dat er voor het verwarmen van een bedrijventerrein helemaal geen fossiele brandstoffen meer worden gebruikt, kun je grofweg twee dingen doen:

1. Energie besparen, waarin drie varianten onderscheiden worden:
   a Warmtevraagreductie. Dit is het onderzoeksveld van deze studie.
   b Elektriciteitsbesparing, bijvoorbeeld door efficiëntere verlichting te gebruiken. Dit is geen onderdeel van deze studie.
   c Procesintensivering, oftewel het verminderen van de hoeveelheid energie in de processtappen. Dit is alleen relevant voor het gebruik van procesgas, niet voor de ruimteverwarmingsvraag. Procesintensivering is niet expliciet meegenomen in de studie.
2. De overige energievraag invullen met een duurzame bron, waarin in deze studie onderscheid wordt gemaakt tussen twee typen energievraag:
   a Procesgas: aardgas dat in het proces wordt gebruikt.
   b Ruimteverwarming.

Er zijn drie hoofdroutes voor de invulling van de energievraagwarmtevraag:

1. Overschakelen op een warmtenet.
2. Overschakelen op een all electric-oplossing.
3. Het aardgas vervangen door groengas of waterstof.

In dit hoofdstuk wordt eerst weergeven wat de opties zijn voor het verduurzamen van processen. Vervolgens worden de duurzame warmteopties beschreven met daarbij de kenmerken die de keuze voor een duurzame warmteoptie bepalen. Als laatste worden de opties voor energiebesparing behandeld, opgesplitst in isolatiemaatregelen en efficiëntere warmtetechnieken.

4.2 Verduurzamen processen

Er is in Hoofdstuk 2 geïnventariseerd welke typen bedrijven er zijn en of deze bedrijven gebruikmaken van procesgas. Hoewel er vele verschillende mogelijke toepassingen zijn van procesgas valt het grootste gedeelte van de aangetroffen toepassingen in de volgende categorieën:

- gasgestookte ovens lage temperatuur (bakkerijen, kunststofbewerking);
- gasgestookte ovens hoge temperatuur (sinterovens kunststof, smeltovens metaal);
- gasgestookte procesverwarming (brouwerijen);
- gasgestookte drogers (mengvoerproductie, koffie roosteren, zeefdrukkerijen).

Voor al deze toepassingen zijn elektrische apparaten commercieel verkrijgbaar.
De elektrische apparaten hebben dezelfde functionaliteit als de huidige gasgestookte apparatuur. De overstap naar elektrische apparaten heeft wel de volgende aandachtspunten:

- de nieuwe apparatuur vereist een investering;
- elektriciteit is per hoeveelheid energie vooralsnog duurder dan gas;

— de netaansluiting moet voldoende groot zijn voor het extra elektriciteitsverbruik, anders is netverzwaring noodzakelijk.

In onze analyse is alleen BASF geïdentificeerd als bedrijf dat haar processen minder makkelijk over kan schakelen naar elektrisch. Dit is technisch wel mogelijk, maar heeft meer voeten in de aarde. Voor dit bedrijf en mogelijk voor nog een aantal anderen, is het overstappen op een duurzaam gas een logischere oplossing. Toepassing van groengas kan, als het beschikbaar is, in principe altijd, omdat dit dezelfde specificaties heeft als aardgas. Bij het gebruik van groengas hoeven aardgasinstallaties dus niet te worden aangepast.

Bij het omschakelen op waterstof is wel ombouw van installaties nodig. Dit vraagt dus om een investering. Voor de meeste apparatuur is er op dit moment nog geen waterstofversie beschikbaar. Een ander vereiste bij het gebruik van duurzaam gas, is dat het gasnet dat leidt naar deze bedrijven blijft liggen. Hiervoor is het belangrijk wat andere bedrijven op het terrein doen. Het is niet rendabel om het gasnet in bedrijf te houden voor één of enkele bedrijven. Voor het gebruik van groengas is geen aanpassing nodig aan dit gasnet. Bij waterstof is de vraag of de huidige leidingen geschikt zijn.

4.3 Duurzame warmteopties

4.3.1 Kenmerken warmtetechnieken

Er zijn grofweg drie oplossingsrichtingen mogelijk, namelijk een warmtenet, een all electric-oplossing of overschakelen op duurzaam gas. Binnen deze oplossingsrichtingen zijn er meerdere varianten mogelijk. Binnen dit onderzoek kijken we naar de meest gangbare warmtetechnieken. In Tabel 4 zijn de warmtetechnieken weergegeven die zijn meegenomen in het onderzoek met daarbij kenmerken van deze warmtetechnieken. Meer informatie over de oplossingsrichtingen is te vinden in Bijlage C. Voor meer informatie over de warmtetechnieken verwijzen we naar www.warmtetechnieken.nl en de Strategiefactsheets van het ECW.

Tabel 4 - Kenmerken warmtetechnieken

Pictogram	Naam techniek	Oplossings-richting	Energiedrager[8]	Benodigd isolatieniveau	Ook voor koude-voorziening?
	Hr-ketel	Duurzaam gas	(Groen)gas of waterstof	Geen	Nee
	Hybride warmtepomp - buitenlucht	Duurzaam gas	(Groen)gas of waterstof en elektriciteit	Geen eisen, maar goede isolatie verbetert het rendement	Eventueel
	Warmtepomp - bodem	All electric	Elektriciteit	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau[9])	Ja

[8] Alle technieken maken naast de genoemde energiedrager ook gebruik van elektriciteit voor hulpenergie.

[9] LT-niveau komt overeen met een warmtevraag van maximaal 50 kW/m^2, wat ongeveer gelijk is aan Rc=3,5.

Pictogram	Naam techniek	Oplossings-richting	Energiedrager[8]	Benodigd isolatieniveau	Ook voor koude-voorziening?
	Warmtepomp - buitenlucht	All electric	Elektriciteit	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)	Ja
	Warmtenet HT	Warmtenet	Warmte van hoge temperatuur (~70 tot 90°C)	Geen	Nee
	Warmtenet MT	Warmtenet	Warmte van middelhoge temperatuur (~55 tot 70°C)	Redelijke schilisolatie (Minimaal MT-niveau[10])	Nee
	Warmtenet LT	Warmtenet	Warmte van lage temperatuur (~30 tot 55°C)	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)	Nee
	Wko-net	Warmtenet	Lokale bodem-warmte en koude	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)	Ja

4.3.2 Factoren bepalend voor keuze warmtevoorziening

Elk van de duurzame warmteoplossingen heeft voor- en nadelen. Het hangt af van de kenmerken van een bedrijventerrein en de beschikbaarheid van de verschillende warmte-bronnen welke oplossing het meest geschikt is.

In Hoofdstuk 2 zijn al kenmerken gegeven van bedrijventerreinen die bepalend zijn voor de keuze van een duurzame warmtevoorziening. In Hoofdstuk 3 is het energieverbruik per bedrijventerrein weergegeven, eveneens een zeer belangrijke factor. In deze paragraaf wordt toegelicht waarom de verschillende kenmerken en het energieverbruik van invloed zijn op de keuze van een duurzame warmtevoorziening.

Energievraag

De energievraag bepaalt de benodigde hoeveelheid energie en daarmee de energiekosten. Daarnaast bepaalt de energievraag de benodigde netcapaciteit en de installaties die nodig zijn om de benodigde energie mee op te kunnen wekken.

Oppervlaktes en functies gebouwen

De oppervlaktes en functies van gebouwen hebben voornamelijk invloed op de kosten van de isolatiemaatregelen en gebouwgebondeninstallaties. Oppervlaktes en functies van de gebouwen hebben uiteraard ook invloed op de energievraag.

[10] MT-niveau komt overeen met een warmtevraag van maximaal 70 kW/m^2.

Huidige gebouwschil

Om te bepalen of een warmteoplossing de warmtevraag kan invullen, is het belangrijk dat panden een minimale isolatieschil hebben. Wanneer dit niet het geval is, lukt het in koude perioden niet om een pand voldoende warm te krijgen. Bij bedrijventerreinen met vooral nieuwe panden, voldoen deze voor een groot deel al aan deze eis. De investeringskosten in isolatie zijn daarom voor deze panden een stuk lager.

Een bedrijventerrein met vooral oudere panden heeft vaak wel een hogere warmtevraag-dichtheid, waardoor het bedrijventerrein meer geschikt is voor een hogetemperatuur-warmtenet. De warmtevraagdichtheid heeft naast warmtevraag per gebouw ook te maken met de dichtheid van de bebouwing.

Huidige warmtetechniek

De warmtetechniek die op dit moment wordt gebruikt op een bedrijventerrein is belangrijk omdat dit bepaalt welke infrastructuur er aanwezig is en wat de kosten zijn om een bedrijf te laten overschakelen op een duurzame warmtetechniek.

Beschikbare warmtebronnen

Voor het bepalen of een warmtenet een optie is voor een bedrijventerrein, is het essentieel om te weten wat de beschikbare warmtebronnen zijn op het bedrijventerrein of in de omgeving. Dat er een technisch potentieel van een warmtebron is, wil niet zeggen dat hij kan worden ingezet. Dit hangt af van onder andere de ruimte die er is om de warmte te winnen of in op te slaan, zoals bij geothermie en wko. In het geval van restwarmtebronnen, is het van belang of de restwarmte ook daadwerkelijk beschikbaar kan worden gesteld voor ruimteverwarming op het bedrijventerrein. Voor aquathermie is het ook nog de vraag of het efficiënt is om de warmte te winnen, aangezien deze van zeer lage temperatuur is. Daarnaast kan het zijn dat bepaalde warmtebronnen wel een gedeelte van het bedrijventerrein kunnen verwarmen, maar dat de warmte niet voldoende is voor het gehele bedrijventerrein. In dat geval moeten andere warmtebronnen beschikbaar zijn om de rest van de warmtevraag in te kunnen vullen.

Warmtevraagdichtheid

De warmtevraagdichtheid is van belang voor de rentabiliteit van een warmtenet. De aanleg van een warmtenet is kostbaar. Wanneer er veel warmte op een klein oppervlak nodig is, is de aanleg van een warmtenet gunstiger dan wanneer de warmtevraag laag is en/of verspreid over een groter oppervlak.

Netcapaciteit

De netcapaciteit of mogelijke uitbreiding hiervan is een belangrijke factor om te bepalen of overschakelen op warmtepompen mogelijk is.

Potentieel zon op daken

Het potentieel aan zon-pv heeft geen directe relatie met de keuze voor een bepaalde warmtetechniek. Het is echter wel noodzakelijk om uiteindelijk het elektriciteitsverbruik op een duurzame manier op te wekken. Wanneer een bedrijventerrein overschakelt op verwarming door middel van warmtepompen, wordt de elektriciteitsvraag hoger.
Ook doordat naar verwachting het percentage auto's dat elektrisch rijdt in de toekomst toeneemt, zal de elektriciteitsvraag toenemen. Voor het realiseren van zon-pv op daken, is er meer netcapaciteit nodig. Wanneer deze nog niet voldoende aanwezig is, zal het elektriciteitsnet aangepast moeten worden om het potentieel aan zon op daken daadwerkelijk te kunnen realiseren.

Ontwikkelingen op bedrijventerreinen

Voor het bepalen van de mogelijkheden voor energiebesparing en een duurzame warmteoplossing, is het interessant om de geplande ontwikkelingen op de bedrijventerreinen mee te nemen. Ook zijn de ontwikkelingen in de omgeving van een bedrijventerrein interessant, omdat het wellicht mogelijk is om een gezamenlijke warmtetechniek te kiezen.

4.4 Energiebesparing op warmte

Voor het bepalen van het potentieel aan energiebesparing, ligt de focus binnen dit onderzoek op energiebesparing van de ruimtewarmtevraag. Besparing van de warmtevraag voor industriële processen wordt niet onderzocht, hierbij is alleen gekeken naar opties om deze warmtevraag CO_2-vrij in te vullen.

Besparing van de ruimteverwarmingsvraag wordt voornamelijk bereikt met het nemen van isolatiemaatregelen en efficiëntere warmtetechnieken. Daarnaast kan er ook besparing worden bereikt met gedragsmaatregelen. Het effect hiervan is echter moeilijk meetbaar. In dit onderzoek ligt daarom de focus op isolatiemaatregelen en alternatieve warmtetechnieken.

4.4.1 Isolatiemaatregelen

De te bereiken energiebesparing op warmte en de kosten van de maatregelen die hiervoor nodig zijn, hangen sterk af van de huidige gebouwschil en daarmee de bouwjaarklasse. Wanneer er al isolatiemaatregelen zijn genomen, zal de isolatiewaarde van een bepaald pand anders zijn dan op basis van het bouwjaar. Voor de berekening van de te bereiken energiebesparing, gaan we uit van de huidige warmtevraag zoals berekend in Hoofdstuk 3. Hierdoor wordt er ook meegenomen dat in sommige gevallen al isolatiestappen zijn gezet en de warmtevraag hierdoor lager is dan verwacht mag worden op basis van de bouwjaarklasse.

De kosten voor de isolatiemaatregelen zullen in de berekening wel gelijk zijn aan die van panden waar nog geen isolatiestappen zijn gezet. Het nut van het nemen van isolatiemaatregelen hangt af van de functie van een pand. Zo zal een onverwarmde loods niet geïsoleerd hoeven worden. In ons onderzoek wordt voor de kosten en het effect op isolatie wel onderscheid gemaakt tussen de verschillende functies van gebouwen. Bij het nemen van isolerende maatregelen, wordt bij de berekening ervan uitgegaan dat alle gebouwen op een bedrijventerrein deze zelfde isolatiemaatregelen nemen. De praktijk zal hier iets van afwijken. In de eerste fase van dit onderzoek is ondervonden dat maar een klein deel van de panden loodsen betreft en dat ook deze loodsen vaak een warmtevraag hebben.

Daarom kan het voor bepaalde loodsen toch nuttig zijn om isolerende maatregelen te nemen. Per gebouw moet in het vervolgproces uiteindelijk worden bepaald of isolerende maatregelen nemen noodzakelijk is.

In dit onderzoek gaan we uit van twee isolatieniveaus:
- minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5[11];
- maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5.

Het minimale niveau is in de meeste gevallen uit kostentechnisch oogpunt gunstig voor bedrijven om te nemen. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met natuurlijke vervangmomenten. Voor vloerisolatie is dit het moment dat een vloer wordt vervangen, voor dakisolatie wanneer de dakbedekking wordt vervangen of bijvoorbeeld voordat er zonnepanelen op het dak worden geplaatst. Zeker met het oog op de stijgende energie-kosten door prijsverhogingen. Het isolatieniveau waarbij de totale gebouwschil wordt geïsoleerd naar een Rc-waarde van 3,5 is kostentechnisch voor hogetemperatuuroplossingen vaak niet rendabel. Dit isolatieniveau is wel nodig wanneer wordt overgeschakeld op een lagetemperatuuroplossing. Voor comfort en energiebesparing, kan een hoger isolatieniveau ook aantrekkelijk zijn. Voor meer informatie over de keuze voor de twee isolatieniveaus, zie Bijlage D.

Figuur 10 en Figuur 11 geven het effect van isolatie op de warmtevraag weer voor de verschillende terreinen. Figuur 10 geeft de relatieve besparing weer en Figuur 11 de absolute besparing. De potentiële besparing is het grootst op terreinen waar veel oude gebouwen staan, zoals het Cartesiuswegterrein en Nieuwerijn (zie Paragraaf 2.2 voor de bouwjaarklassen van de panden). Panden die gebouwd zijn ná 1995, hebben al een (zeer) goede schilisolatie en panden die ná 1990 zijn gebouwd, hebben ook al een redelijk goede schilisolatie. Voor deze panden zijn de maatregelen die nodig zijn om naar een voldoende goede schilisolatie te gaan, niet zo ingrijpend.

Figuur 10 - Effect isolatie op warmtevraag (relatief)

[11] Een Rc-waarde van 3,5 van de gehele schil, staat ongeveer gelijk aan energielabel B voor het gehele pand.

Figuur 11 - Effect isolatie op warmtevraag (absoluut)

4.4.2 Efficiëntere warmtetechniek

Met het overschakelen naar een andere warmtetechniek, kan ook energie worden bespaard. Sommige technieken hebben een veel hoger rendement, zij zetten energie veel efficiënter om, dan andere technieken. Dit geldt vooral voor de warmtepomp, waarbij warmte uit de lucht of bodem wordt benut. Hierdoor is er veel minder energie nodig voor de verwarming van de ruimte dan bijvoorbeeld bij de traditionele hr-ketel die al zijn energie uit aardgas haalt. Voor dit onderzoek kijken we naar onderstaande warmtetechnieken. In Tabel 5 is het rendement weergegeven van de warmtetechnieken die zijn meegenomen in dit onderzoek. Een rendement van 400% betekent dat er vier keer zo weinig energie nodig is voor het maken van dezelfde hoeveelheid warmte als bij een rendement van 100%. Bij deze rendementen is rekening gehouden met de benodigde isolatiewaarde voor de warmte-techniek.

Tabel 5 - Rendement ruimteverwarming en ruimtekoeling van verschillende warmtetechnieken, zoals meegenomen in Vesta MAIS en CEGOIA

Type warmtetechniek	Rendement	Rendement koude
Hr-combiketel	0,94	N.v.t.
Hybride warmtepomp buitenlucht	2,5[12]	N.v.t.
Warmtepomp buitenlucht	4	5
Bodemwarmtepomp	5	8
Warmtenet HT	1[13]	N.v.t.
Warmtenet LT	1	N.v.t.
Wko (rendement warmtepomp)	3,5	20
Airconditioning	N.v.t.	3

In Figuur 12 is het gemiddelde effect op het energieverbruik van warmte en koude weergeven per warmtetechniek ten opzichte van de hr-ketel voor de bedrijventerreinen in Utrecht. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de koudevraag bij alle warmtetechnieken die zelf geen warmte kunnen genereren, wordt opgewekt met een airconditioning. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden, opgesplitst naar energiedrager. Bij warmte gaat het om warmte die aangevoerd wordt via een warmtenet. Bij de wko is de warmte en koude die wordt gebruikt, hergebruikte warmte en koude van het gebouw, uit een eerder seizoen. Daarom hoeft deze niet van buitenaf aangevoerd te worden en wordt deze niet meegenomen.

Figuur 12 - Gemiddeld effect van efficiëntere warmtetechniek op warmtevraag (absoluut) voor alle bedrijventerreinen meegenomen binnen dit onderzoek

[12] Afhankelijk van het energielabel van het gebouw. Hoe beter de isolatiewaarde, hoe groter het deel dat verwarmd wordt met de warmtepomp en hoe hoger daarmee ook het gemiddelde rendement.

[13] Het rendement van warmte in een gebouw zelf is nagenoeg 100%, vanaf het moment dat de warmte bij het gebouw aankomt. Er is wel een paar procent leidingverlies in het warmtenet. Daarnaast is het afhankelijk van de warmtebron wat het totale rendement is. Dit geldt ook voor opwek van elektriciteit en groengas.

5 Kosten energievoorziening

Een belangrijke factor voor de keuze voor een bepaalde warmteoptie zijn de kosten. Deze kosten kun je onderverdelen in twee typen:

1. Maatschappelijke kosten: Alle kosten die de maatschappij moet maken ongeacht degene die de investeringen moet doen of wie de voordelen krijgt. Onder maatschappelijke kosten valt bijvoorbeeld de aanleg van het warmtenet of het verzwaren van het elektriciteitsnet.
2. Eindgebruikerskosten: De eindgebruikerskosten en baten resulteren in de businesscase voor bedrijven. Deze is gebaseerd op kosten die zij moeten maken om hun warmte-voorziening en/of processen van het aardgas af te krijgen en de baten die dit oplevert.

Met behulp van ons CEGOIA-model hebben we per bedrijventerrein de kosten per warmte-optie doorgerekend. Voor meer informatie over het CEGOIA-model, zie Bijlage E. Het CEGOIA-model rekent met dezelfde kengetallen en grotendeels dezelfde rekenmethodiek als het Vesta MAIS-model. Voor dit project hebben we de grenzen van de bedrijventerreinen ingeladen in het model als ook de energiegegevens die volgenden uit de berekeningen in Fase 1 in Hoofdstuk 3. Daarnaast hebben we de beschikbare warmtebronnen, zoals die zijn bepaald door Greenvis, meegenomen in het model.

5.1 Maatschappelijke kosten

Het CEGOIA-model berekent per bedrijventerrein voor elke techniek wat de kosten zijn voor de samenleving als geheel. Deze kosten worden ook wel de nationale kosten genoemd. Nationaal betekent hier dus ‘voor de hele samenleving’. Het model houdt rekening met de kosten over de gehele keten van de warmtevoorziening (zie Figuur 13). Alle kosten zijn berekend exclusief belastingen. Belastingen zijn een verschuiving van geld (tussen de overheid en de consument) en zeggen niets over de kosten voor de samenleving.

Figuur 13 - Totale keten van de warmtevoorziening

- Onder bronkosten vallen de kosten voor investeringen in de bron en het energieverbruik buiten het gebouw. Het gaat hierbij om onder andere warmteverliezen (bij een warmtenet), collectieve opwaardering en de kosten van duurzame warmte[14].
- Onder distributie vallen de kosten voor de energie-infrastructuur: het (verzwaarde) elektriciteitsnet en indien van toepassing gasnet of warmtenet. Het betreft de kosten voor de regionale netten. Ook eventuele amoveringskosten van het gasnet zijn inbegrepen.
- Onder gebouw vallen de isolatiemaatregelen.

[14] De kosten van duurzame warmte hangen af van het type bron en de locatie. Sommige bronnen hebben een grote initiële investering en hebben lage kosten per geleverde GJ, bij andere bronnen is het precies andersom. Zo kan het zijn dat de ene bron goedkoper is in de ene buurt en duurder is in de andere buurt.

- Onder installatie worden alle kosten bedoeld die te maken hebben met de installatie in het gebouw. Hieronder vallen de systemen voor ruimteverwarming en afgifte, warm tapwater, koeling en ventilatie.
- Onder energieverbruik vallen de kosten voor het energieverbruik in het gebouw.

Let op: dit zijn de kosten exclusief de belastingen (energiebelasting, ODE en btw).

CEGOIA berekent dus op buurtniveau deze bovenstaande kosten voor elke warmtetechniek en voor ieder isolatieniveau. Uiteindelijk bekijkt het model welke combinatie van techniek en isolatieniveau de goedkoopste kosten geeft. Een hoger isolatieniveau betekent hogere kosten voor gebouw, maar levert een besparing op voor het energieverbruik. Bij bepaalde technieken met een lagetemperatuurverwarming, zoals een all electric-warmtepomp, is een minimaal isolatieniveau vereist, zie Tabel 4 in Hoofdstuk 3.

In de factsheets per bedrijventerrein, is een overzicht gegeven van de maatschappelijke kosten per techniek, zie Bijlage F. In de hoofdrapportage geven we alleen de drie goedkoopste duurzame technieken weer met hun jaarlijkse maatschappelijke kosten per WEQ (150 m^2). Het isolatieniveau dat kostentechnisch het meest voordelig is voor HT/MT-opties is het minimale isolatieniveau. Voor LT-opties moet de gebouwschil wel minimaal een Rc-waarde van 3,5 hebben. Voor een groot deel van de bedrijventerreinen betekent dit dat een fors isolatiepakket nodig is.

Voor bedrijventerreinen met voor een groot deel nieuwe gebouwen (De Wetering, Haarrijn, Demkade en Oudenrijn), zijn de benodigde maatregelen om een LT-optie toe te kunnen passen minimaal. Op sommige bedrijventerreinen, zoals Nieuw Overvecht, is een gedeelte van de bebouwing ná 1990 gebouwd, en daarmee al geschikt voor LT-verwarming. Voor de keuze voor een bepaalde warmteoptie is het belangrijk om te kijken naar de kosten van de andere duurzame warmteopties. Wanneer deze dichtbij elkaar liggen, kan op basis van maatschappelijke kosten geen keuze worden gemaakt. Daarnaast moeten natuurlijk altijd andere factoren worden meegewogen, zoals de eindgebruikerskosten en de financierings-mogelijkheden. Zie Hoofdstuk 6 voor de stappen die leiden tot het maken van een keuze voor een bepaalde warmteoptie.

In Tabel 6 is weergegeven wat de jaarlijkse maatschappelijke kosten zijn van de hr-ketel op aardgas in 2030[15] en welke drie duurzame warmte-optie in 2030 het goedkoopst zijn voor elk bedrijventerrein, uitgaande van de kenmerken van het bedrijventerrein zoals beschreven in deze rapportage en in de factsheets. Wat opvalt is dat het HT-warmtenet met restwarmte voor alle bedrijventerreinen de goedkoopste optie is, behalve voor Oudenrijn, waarbij de warmtepomp een fractie goedkoper is dan het HT-warmtenet op restwarmte. Er is echter lang niet voldoende restwarmte om alle bedrijventerreinen te voorzien.

De op-één-na-goedkoopste optie is voor een deel van de bedrijventerreinen een MT-warmtenet gevoed met geothermie en voor een deel van de bedrijventerrein een warmte-pomp. De hybride warmtepomp komt alleen bij Kanaleneiland als op-één-na-goedkoopste optie naar voren. De haalbaarheid van een warmtenet met geothermie is afhankelijk van of het in de praktijk mogelijk is geothermie te winnen, of er voldoende fysieke ruimte is voor het maken van de geothermieputten en of er voldoende partijen zijn die hierin willen investeren. Daarnaast is het zeer de vraag of grootschalige toepassing van geothermie in 2030 al realistisch is, aangezien hier nog veel onderzoek en opschaling voor nodig is.
De investeringskosten in een geothermiebron zijn heel hoog, maar als de put eenmaal goed

[15] Hierin is een prognose voor de ontwikkeling van de aardgasprijs richting 2030 meegenomen.

werkt, zijn de kosten voor het winnen van de warmte laag. Hiervoor is het wel belangrijk dat er voldoende warmtevraag is.

Ook de hybride warmtepomp komt als redelijk goedkope optie naar voren voor de meeste bedrijventerreinen. Voor deze optie hoeft, net al bij een HT/MT-warmtenet, niet veel geïnvesteerd te worden in het verbeteren van de gebouwschil, wat wel nodig is bij LT-warmteopties. Bij deze optie moet worden opgemerkt dat niet bekend is of er groengas beschikbaar zal komen voor verwarmen van de gebouwde omgeving. Dit moet verder onderzocht worden als bedrijven concreet bezig gaan met plannen voor een CO_2-vrij bedrijventerrein. Enkel voor de bedrijventerreinen met relatieve nieuwe gebouwen komt de volledig elektrische warmtepomp als één van de goedkoopste opties naar voren. Op deze bedrijventerreinen is de schil van de gebouwen al voldoende om zonder veel kosten voor isolatiemaatregelen over te stappen op een LT-warmteoptie.

Wat verder opvalt is dat de goedkoopste duurzame warmteoptie in 2030 rond de huidige kosten van de warmtevoorziening ligt en in enkele gevallen zelfs significant goedkoper is. Een duurzame warmte-optie hoeft jaarlijks dus niet duurder te zijn dan de huidige hr-ketel op aardgas. Dit is een mooie extra stimulans voor bedrijventerreinen om het proces van overschakelen op een duurzame warmteoptie in gang te zetten. Er zijn voor het overschakelen naar een duurzame warmtevoorziening wel investeringen nodig. Bij de aanleg van een warmtenet liggen deze investeringen vooral bij een bedrijf dat het warmtenet aanlegt.

Wanneer we kijken naar de drie goedkoopste duurzame warmteopties, valt op dat de kosten van deze opties vaak dicht bij elkaar liggen. Een warmtenet op restwarmte en een warmtenet op geothermie hebben allebei dezelfde kosten voor het warmtenet en de aanpassingen die nodig zijn in de bedrijven. Alleen de kosten van de warmtebron verschillen. Over het algemeen zijn de kosten voor het aanleggen van een geothermieput hoger dan de kosten voor het onttrekken van restwarmte bij een bedrijf. Ook de jaarlijkse kosten van de hybride warmtepomp, en in de gevallen van nieuwe gebouwen, de kosten van de volledig elektrische warmtepomp, liggen dichtbij de kosten van een HT-warmtenet. Hieruit kan worden geconcludeerd dat op basis van de maatschappelijke kosten nog geen keuze kan worden gemaakt voor een bepaalde warmtetechniek. Nadere inventarisatie van de mogelijkheid van het gebruik van bepaalde bronnen en mogelijke besparingsopties bij bedrijven zal nodig zijn voor het maken van een keuze.

Tabel 6 - Jaarlijkse maatschappelijke kosten per WEQ (150 m² BVO) van goedkoopste duurzame warmteopties per bedrijventerrein (2030)

Bedrijventerrein		Huidige warmte-optie (hr-ketel aardgas)	Goedkoopste duurzame warmteoptie	Op-één-na goedkoopste duurzame warmteoptie	Op-twee-na goedkoopste duurzame warmteoptie
Oudenrijn	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtepomp (buitenlucht)	Warmtenet HT (restwarmte)[16]	Warmtenet MT (geothermie)
	Kosten	€ 3.700	€ 3.600	€ 3.600	€ 3.900
Lage Weide	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet HT (restwarmte)	Warmtenet MT (geothermie)	Warmtepomp (buitenlucht)
	Kosten	€ 4.200	€ 3.700	€ 4.000	€ 4.500

[16] De HT-warmtebronnen die in deze studie worden meegenomen zijn BASF, ACLW (asfaltcentrale) en Douwe Egberts.

Bedrijven-terrein		Huidige warmte-optie (hr-ketel aardgas)	Goedkoopste duurzame warmteoptie	Op-één-na goedkoopste duurzame warmteoptie	Op-twee-na goedkoopste duurzame warmteoptie
Nieuw Overvecht	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet HT (restwarmte)	Warmtenet MT (geothermie)	Hybride warmtepomp
	Kosten	€ 3.800	€ 3.800	€ 4.100	€ 4.200
Kanaleneiland	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet HT (restwarmte)	Hybride warmtepomp	Warmtenet MT (geothermie)
	Kosten	€ 2.600	€ 2.800	€ 3.000	€ 3.100
Nieuwerijn	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet HT (restwarmte)	Warmtenet MT (geothermie)	Warmtepomp (buitenlucht)
	Kosten	€ 5.600	€ 4.600	€ 4.900	€ 5.100
Demkade	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtepomp (buitenlucht)	Warmtenet HT (restwarmte)	Hybride warmtepomp
	Kosten	€ 3.400	€ 3.400	€ 3.400	€ 3.800
Haarrijn	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet HT (restwarmte)	Warmtepomp (buitenlucht)	Warmtenet MT (geothermie)
	Kosten	€ 3.700	€ 3.600	€ 3.600	€ 3.900
De Wetering	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet HT (restwarmte)	Warmtepomp (buitenlucht)	Warmtenet MT (geothermie)
	Kosten	€ 3.500	€ 3.300	€ 3.400	€ 3.700
Cartesiusweg-terrein	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet HT (restwarmte)	Warmtenet MT (geothermie)	Hybride warmtepomp
	Kosten	€ 3.100	€ 3.200	€ 3.500	€ 3.600

5.2 Eindgebruikerskosten

Minstens zo belangrijk voor de bedrijven, zijn de eindgebruikerskosten van de duurzame warmteoptie. Om dit inzichtelijk te maken hebben we ook eindgebruikerskosten berekend met het CEGOIA-model. Deze bestaan uit:

- investeringskosten in isolatiemaatregelen en installaties;
- jaarlijkse energiekosten.

Voor de eindgebruikers zijn belastingen wel relevant. Omdat het bedrijven betreft, hebben we de btw niet meegerekend, maar wel de ODE en de energiebelasting wel.

Het moet worden opgemerkt dat de maatschappelijke kosten nauw samenhangen met de kosten voor de bedrijven. De kosten van het energienet en de opwek van warmte, zal natuurlijk uiteindelijk ook bij de eindgebruikers terecht komen in de vorm van aansluit-kosten, netkosten en warmtetarieven. De kosten van het netwerk worden in de praktijk gesocialiseerd, waardoor niet de volledige kosten voor mogelijke netuitbreiding bij de eindgebruiker terecht komen. Daarnaast is het niet bekend hoe de belastingen op duurzame energie zich gaan ontwikkelen. Ook voor de eindgebruikerskosten geldt dat we in de hoofdrapportage alleen de drie goedkoopste opties weergeven en dat in de factsheets van alle meegenomen warmteopties de eindgebruikerskosten worden weergegeven.

In Tabel 7 is per bedrijventerrein weergegeven welke warmteopties het goedkoopst zijn voor de eindgebruiker. De tabel geeft de investeringskosten, de jaarlijkse kosten voor energie en de kosten die de eindgebruiker jaarlijks moet betalen (totale jaarlijkse kosten). Voor alle duurzame opties zijn de meest kosteneffectieve isolatiemaatregelen toegepast, wat bij HT-opties neerkomt op het minimale isolatiepakken. Voor de LT-opties is het maximale isolatieniveau benodigd om de warmtevraag voldoende omlaag te brengen.

Wanneer op een bedrijventerrein voornamelijk oudere gebouwen staan, is er een grote investering nodig voor een bedrijf om de isolatieschil geschikt te maken voor een LT-warmteoptie. Wat opvalt in de resultaten is dat voor de eindgebruiker een MT/HT-warmtenet financieel het meest aantrekkelijk is.

Als 2e en 3e optie komen het wko-net en LT-warmtenet naar voren. Het wko-net en het LT-warmtenet zorgen vooral voor hoge investeringskosten bij bedrijventerreinen die nog geen goed geïsoleerde gebouwen hebben. De energiekosten van deze opties liggen wel vrij laag. We zien dat de jaarlijkse kosten van de verschillende opties redelijk dichtbij elkaar liggen voor bedrijventerreinen met nieuwere bebouwing. Voor de overige bedrijventerreinen liggen de kosten van een LT-warmteoptie wel duidelijk hoger dan de kosten van een MT/HT-optie. Voor de hr-ketel op groengas hoeven weinig investeringen gedaan worden, maar de jaarlijkse energiekosten voor deze optie zijn erg hoog. Daardoor zijn de totale kosten voor de eindgebruiker bij deze optie hoger dan bij een warmtenet (MT/HT of LT) of een wko-net. Deze optie is in de meeste gevallen wel goedkoper dan een hybride- of all electric warmtepomp.

Tabel 7 - Kosten goedkoopste duurzame warmte-optie per WEQ (150 m² BVO) per bedrijventerrein vanuit de eindgebruiker (2030)

Bedrijven-terrein		Huidige warmte-optie (hr-ketel aardgas)	Goedkoopste duurzame warmteoptie	Op-één-na goedkoopste duurzame warmteoptie	Op-twee-na goedkoopste duurzame warmteoptie
Oudenrijn	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Wko-net	Warmtenet MT/HT	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 10.000	€ 8.000	€ 12.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 2.800	€ 2.100	€ 2.200	€ 2.200
	Totale jaarlijkse kosten	€ 3.000	€ 3.000	€ 3.000	€ 3.300
Lage Weide	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet MT/HT	Wko-net	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 8.000	€ 20.000	€ 22.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 2.800	€ 2.300	€ 2.200	€ 2.200
	Totale jaarlijkse kosten	€ 3.100	€ 3.000	€ 3.700	€ 4.100
Nieuw Overvecht	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet MT/HT	Wko-net	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 8.000	€ 20.000	€ 22.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 2.800	€ 2.200	€ 2.100	€ 2.200
	Totale jaarlijkse kosten	€ 3.100	€ 2.900	€ 3.600	€ 4.000
Kanalen-eiland	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet MT/HT	Wko-net	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 9.000	€ 22.000	€ 24.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 2.700	€ 1.900	€ 1.900	€ 2.000

Bedrijven-terrein		Huidige warmte-optie (hr-ketel aardgas)	Goedkoopste duurzame warmteoptie	Op-één-na goedkoopste duurzame warmteoptie	Op-twee-na goedkoopste duurzame warmteoptie
	Totale jaarlijkse kosten	€ 3.000	€ 2.700	€ 3.500	€ 3.900
Nieuwerijn	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet MT/HT	Wko-net	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 8.000	€ 20.000	€ 22.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 3.000	€ 2.300	€ 2.200	€ 2.400
	Totale jaarlijkse kosten	€ 3.300	€ 3.100	€ 3.800	€ 4.100
Demkade	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet MT/HT	Wko-net	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 8.000	€ 10.000	€ 12.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 2.600	€ 2.100	€ 2.100	€ 2.200
	Totale jaarlijkse kosten	€ 2.900	€ 2.900	€ 2.900	€ 3.300
Haarrijn	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Wko-net	Warmtenet MT/HT	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 10.000	€ 8.000	€ 12.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 2.700	€ 2.000	€ 2.100	€ 2.200
	Totale jaarlijkse kosten	€ 2.900	€ 2.900	€ 2.900	€ 3.200
De Wetering	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet MT/HT	Wko-net	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 8.000	€ 10.000	€ 12.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 2.500	€ 2.000	€ 2.000	€ 2.100
	Totale jaarlijkse kosten	€ 2.800	€ 2.700	€ 2.800	€ 3.100
Cartesiusweg -terrein	Techniek	Hr-ketel (aardgas)	Warmtenet MT/HT	Wko-net	Warmtenet LT
	Investering	€ 2.000	€ 8.000	€ 22.000	€ 24.000
	Jaarlijkse energiekosten	€ 2.800	€ 1.900	€ 1.800	€ 2.000
	Totale jaarlijkse kosten	€ 3.100	€ 2.700	€ 3.500	€ 3.900

6 Routekaart naar CO_2-vrij

Binnen dit onderzoek is een eerste stap gezet om de energievraag per bedrijventerrein in kaart te brengen en de mogelijkheden te verkennen naar een CO_2-vrij bedrijventerrein. De kenmerken per bedrijventerrein en de kosten per warmteoplossing, zijn weergegeven op de factsheets. In deze factsheets is ook een geanalyseerd welke oplossingen mogelijk zijn en welke minder voor de hand liggen. De factsheets zijn te vinden in Bijlage F. Er is binnen dit onderzoek nog geen keuze gemaakt wat de beste oplossing is per bedrijventerrein en hoe deze oplossing gerealiseerd moet worden. We hebben een routekaart opgesteld waarmee elk bedrijventerrein aan de slag kan om een plan naar CO_2-vrij op te stellen. De routekaart is te vinden in Bijlage G is deze routekaart. In dit hoofdstuk worden de stappen in de routekaart verder toegelicht.

Stap 1: Stel een werkgroep en een stuurgroep samen met belangrijke stakeholders

Het is belangrijk dat alle stakeholders betrokken zijn tijdens het ontwikkelen van een plan voor het bedrijventerrein om over te stappen op een andere energievoorziening.
De belangrijkste stakeholders vormen onder leiding van de gemeente een werkgroep en een stuurgroep.
De werkgroep zorgt ervoor dat de stappen die beschreven worden in de routekaart worden uitgevoerd. De werkgroep bestaat uit een aantal mensen van de gemeente en enkele stakeholders die het leuk vinden om mee te werken aan het verduurzamingsplan.
Deze stuurgroep begeleidt het gehele proces tot aan het definitieve plan voor het bedrijventerrein. In de stuurgroep nemen in ieder geval de volgende partijen zitting:

- gemeente;
- ondernemingsvereniging;
- vertegenwoordigers duurzame initiatieven;
- netbeheerders;
- gebruikers en pandeigenaren.

De stuurgroep houdt in de gaten dat op gewenste momenten andere stakeholders worden ingelicht en een bijdrage kunnen leveren aan het plan. Deze overige stakeholders zijn bijvoorbeeld energiecoöperaties en een warmtebedrijf dat mogelijk aan de slag gaat om warmte te leveren aan het bedrijventerrein. In deze fase is het belangrijk dat wordt geïnventariseerd welke initiatieven er op het gebied van verduurzaming al lopen op het bedrijventerrein. Betrokkenen hiervan moeten worden ingelicht en gevraagd mee te denken in de stuurgroep of op een ander moment in het proces.

Binnen dit project hebben we geïnventariseerd of er al duurzame stichtingen actief zijn. Het is goed om deze stichtingen mee te nemen in verdere planvorming met betrekking tot het verduurzamen van de bedrijventerreinen. De gemeente heeft bij de inventarisatie twee stichtingen genoemd, STIP en ECUB, die bezig zijn met verduurzaming van bedrijven.

- **STIP (stichting innovatie en promotie)**
  Op De Wetering is STIP actief als het gaat om verduurzaming en dergelijke: STIP staat voor Stichting Innovatie en Promotie. Het initiatief wordt gefaciliteerd door Business-club de Wetering-Haarrijn, Vereniging Parkmanagement de Wetering en Ondernemers-fonds Utrecht. Samen met haar partners ondersteunt STIP vernieuwende initiatieven. “Duurzaamheid, samenwerking en innovatie, daar staan wij voor,” meldt STIP-voorzitter Edward van Tuinen. “Met deze samenwerking kunnen we de Wetering-Haarrijn een stuk mooier maken.”

— **ECUB (stichting Energie Collectief Utrechtse bedrijven)**
Op Lage Weide en de Wetering-Haarrijn is stichting Energie Collectief Utrechtse bedrijven (ECUB) actief. Ze adviseren daar ongeveer 60 bedrijven over verduurzaming en energiebesparing.

Stap 2: Stel kaders op voor een CO_2-vrij bedrijventerrein

Nadat de werkgroep en de stuurgroep gevormd zijn, zullen zij beide aan de slag gaan met het opstellen van kaders voor een CO_2-vrij bedrijventerrein. Hierbij moeten zowel keuzes worden meegenomen die worden gemaakt voor de hele gemeente als een keuzes gemaakt voor het bedrijventerrein. Principekeuzes kunnen bijvoorbeeld zijn het wel of niet toepassen van groengas of het gebruik van (bepaalde) restwarmtebronnen. De beslissing hierover wordt mogelijk ergens anders gemaakt, bijvoorbeeld in de transitievisie warmte. Per bedrijventerrein kan ook worden bepaald met elkaar wat belangrijk wordt gevonden, zoals het waarde creëren voor de bedrijven en als voorwaarde stellen dat voor iedereen die de kosten niet kan dragen, wordt gezocht naar een oplossing. Daarnaast kan een algemene richting aangeven worden waar de stuurgroep focus op wil leggen en welke stappen eerst genomen moeten worden. Het doel is niet om van te voren grote belemmeringen op te leggen aan het verduurzamingsproces, maar ondersteuning te geven in het bepalen van richting en prioriteiten. Daarnaast is het in kaart brengen van wat binnen vergunningen wel en niet mogelijk is belangrijk voor het kader.

Stap 3: Breng alle energiestromen en het besparingspotentieel in kaart

Energiestromen

In de analyse heeft CE Delft al een start gemaakt met het in kaart brengen van de energie-stromen. Dat heeft zij gedaan op basis van een gemeentelijke database en openbare data. Daarnaast zijn kengetallen gebruikt om de ontbrekende gegevens mee te schatten. In deze fase is het belangrijk dat een nog beter beeld wordt verkregen van de verschillende energiestromen per bedrijf. Zo is het belangrijk om te weten wat de warmtevraag, maar ook het warmteaanbod is van een bedrijf. Dit geldt ook voor de koudevraag.
Daarnaast is het belangrijk om in kaart te brengen welke bedrijven aardgas of andere fossiele brandstoffen nodig hebben, als procesgas of voor het maken van producten.
Een methode om deze gegevens beter in beeld te krijgen is de uitvraag van deze informatie in een enquête aan alle bedrijven. Bij deze enquête kunnen de bedrijven dan ook direct geïnformeerd worden over het traject dat het bedrijventerrein gestart is naar CO_2-vrij toe. Er kan tevens gevraagd worden wie er input wil leveren voor het plan. Hiermee komt direct in beeld welke bedrijven wat intensiever betrokken willen worden bij het opstellen van het verduurzamingsplan.

Besparingspotentieel

De gemeente zet sterk in op verduurzaming van bedrijventerreinen, waarvan energie-besparing bij bedrijven een belangrijk onderdeel is. Daartoe heeft zij al een stappenplan uitgewerkt, op basis van de trias energetica. De start is het in kaart brengen van het eigen energiegebruik en daarna aan de slag gaan met besparende maatregelen. Daarbij verwijzen zij ook naar de Wet milieubeheer, waarin maatregelen worden genoemd met een terugverdientijd van minder dan vijf jaar. De gemeente adviseert om natuurlijke vervangingsmomenten te benutten en plannen te maken voor het verduurzamen van het vastgoed op de langere termijn.

In deze stap zal de werkgroep aan de slag moeten met het inventariseren van de plannen van bedrijven. Middels de enquête kan zij inventariseren wat het besparingspotentieel is bij de bedrijven op het bedrijventerrein. Wanneer de bedrijven zelf nog niet aan de slag zijn gegaan met het verkennen van hun besparingsopties, zal de werkgroep op basis van de functie en warmtevraag van bedrijven, zelf een inschatting moeten maken van de kosten van isolerende maatregelen en het besparingspotentieel. Dit kan zij doen op basis van kengetallen ontwikkeld door EIB en ECN (2016).

Voor het verwarmen van gebouwen met lagetemperatuurwarmte is een bepaalde minimale schilisolatie nodig om de gebouwen voldoende warm te kunnen krijgen. Is het mogelijk om alle gebouwen hiervoor voldoende te isoleren? Ook moeten de kosten goed in beeld worden gebracht van verschillende besparingsopties. Zijn de te nemen maatregelen rendabel? En is er voldoende investeringsruimte bij de bedrijven om de maatregelen te nemen? Zijn er mogelijkheden voor externe financiering?

Stap 4: Onderzoek de haalbaarheid van verschillende warmteopties

In dit onderzoek van CE Delft is op basis van de analyse van Greenvis (2019) gekeken naar de technisch mogelijke warmteopties per bedrijventerrein. In deze fase moeten de opties nader worden onderzocht. In hoeverre zijn ze daadwerkelijk beschikbaar voor dit bedrijventerrein? Binnen deze stap wordt ook gekeken of bedrijven onderling warmte kunnen uitwisselen.

Voor warmtenetten is het van belang dat er wordt onderzocht of er voldoende warmte-bronnen zijn. En is de aanleg van een warmtenet mogelijk op dit bedrijventerrein? Hiervoor is het onder andere belangrijk dat er voldoende ruimte is in de ondergrond. Bij het toepassen van een Wko, is er nog meer ruimte nodig dan wanneer enkel een warmtenet wordt aangelegd.

Ook wordt de mogelijkheid om over te stappen op een all electric-oplossing onderzocht. Met behulp van bodem- of luchtwarmtepompen kan de warmtevraag worden opgewekt. Het voordeel van warmtepompen is dat ze ook op een efficiënte manier koude kunnen opwekken. Het nadeel van warmtepompen is dat de elektriciteitsvraag wordt verhoogd alsmede de piekbelasting op het net. Wanneer een heel bedrijventerrein overschakelt op een warmtepomp, is de kans groot dat het elektriciteitsnet moet worden verzwaard. In deze fase moet dan ook met de netbeheerder worden gekeken wat de huidige netcapaciteit is, of eventuele verzwaring mogelijk is en wat de kosten hiervan zijn. Stedin werkt momenteel kansenkaarten uit, waarin de kansen voor netverzwaring per bedrijven-terrein in kaart worden gebracht. Deze kansenkaarten zijn belangrijk om mee te nemen in het verdere proces voor de keuze voor een bepaalde warmtevoorziening en voor de inzet van zonnepanelen voor opwek van duurzame stroom. Meer informatie over de verschillende warmtetechnieken is te vinden op www.warmtetechnieken.nl.

Daarnaast wordt per bedrijf voor het vereiste procesgas gekeken of elektrificatie van het proces mogelijk is en wat de kosten hiervan zijn. Indien elektrificatie niet mogelijk is, wordt gekeken of het huidige gasnet bijvoorbeeld beschikbaar kan blijven voor dit bedrijf, om hier op termijn groengas of waterstof in te vervoeren. Voor het eventueel toepassen van een duurzaam gas, zal moeten worden bekeken wat de mogelijkheden hiervan zijn. Is het realistisch dat er binnen tien jaar voldoende groengas of waterstof beschikbaar is voor het bedrijventerrein?

In deze fase kan worden onderzocht voor welk deel van de bedrijven welke warmteoptie het meest geschikt is. Dit hangt bijvoorbeeld af van de bouwjaarklasse en van de functie van het gebouw. Wanneer er een duidelijke geografische splitsing te maken is op het bedrijventerrein van bedrijven met een verschillende voorkeursoptie, dan kan het logisch zijn om voor meerdere warmteopties naast elkaar te kiezen. De aanleg van een warmtenet is wel kostenintensief. Het zal eerder rendabel zijn als er meer afnemers zijn. Bij de keuze voor een warmtenet is het wel belangrijk om een zo groot mogelijk aandeel bedrijven hierop aan te sluiten.

Binnen deze stap moet ook nog worden gekeken naar specifieke wet- en regelgeving die voor het desbetreffende bedrijventerrein van kracht is.

Stap 5: Werk de kosten per warmteoptie uit

Nu meer inzicht is in de beschikbaarheid van de verschillende warmteopties en de energie-stromen op het bedrijventerrein, kan een goede inschatting worden gemaakt van de kosten van het overstappen op de verschillende duurzame warmteopties. Hiervoor zijn verschillen-de modellen beschikbaar, die met de informatie ingewonnen in de eerste stappen, een berekening kunnen maken van de maatschappelijke- en de eindgebruikskosten.

Voor bedrijven is het heel belangrijk wat hun investeringskosten zijn en hun jaarlijkse energierekening wordt. Voor andere stakeholders, zoals de netbeheerder en het warmtebedrijf, zijn de investeringskosten in het net van belang. Deze moeten zich uiteindelijk terugverdienen, waardoor dit ook voor de bedrijven een belangrijke factor is.

Een volgende vraag is wie de kosten betaalt. Wanneer de kosten hoger uitvallen dan de huidige kosten van de warmtevoorziening, wie neemt de kosten van de onrendabele top dan op zich? In deze stap moet worden uitgezocht of er subsidies mogelijk zijn en/of andere financieringsmogelijkheden.

Stap 6: Maak met elkaar een keuze voor één of meerdere warmtetechnieken

Nadat de vorige vijf stappen doorlopen zijn, is het tijd om met elkaar een keuze te maken voor een bepaalde warmtevoorziening. Het is belangrijk dat in deze fase iedereen gehoord wordt en rekening wordt gehouden met verschillende meningen en belangen. Het is vast niet mogelijk om iedereen helemaal tevreden te stellen, maar er kan wel meegedacht worden mee bedrijven die het lastig vinden om mee te gaan met de overschakeling op een CO_2-vrij bedrijventerrein. Wellicht is het mogelijk dat deze bedrijven een andere warmte-optie kiezen of dat ze extra worden ondersteund, financieel of procesmatig. Ook kan worden gekeken of het mogelijk is bedrijven te verplichten om de overschakeling te maken, bijvoorbeeld via het Warmteplan of Omgevingsplan.

In deze stap is het ook goed om te kijken naar ontwikkelingen in omliggende buurten. Zijn er al plannen gemaakt in het kader van de transitievisie warmte? Wellicht is het mogelijk om procesmatig een koppeling te maken met andere buurten die de overstap maken naar CO_2-vrij.

In deze stap kan een afwegingskader worden gemaakt om verschillende opties af te wegen. De stakeholders kunnen input geven over wat zij belangrijk vinden. Dit zal dan meewegen in het maken van de uiteindelijke keuze. Deze fase resulteert uiteindelijk in een korte rapportage met resultaten van het onderzoek en toelichting op de keuze die wordt gemaakt voor één of meerdere warmteopties.

Stap 7: Stel een plan op voor realisatie met tijdspad

In deze stap moet aan de hand van de rapportage gemaakt in de vorige stap, een plan worden gemaakt voor de realisatie, inclusief een tijdspad. Bij de aanpak voor realisatie hangt het voor een groot deel af van of de gekozen warmteoplossing een collectieve of individuele oplossing is.

Bij een collectieve aanpak moet de sturing veel meer vanuit de overheid komen.
Alle bedrijven schakelen op eenzelfde moment over op deze collectieve oplossing, wat veel coördinatie en communicatie vergt. Bij een individuele oplossing, kunnen bedrijven veel meer zelf de regie houden. Er kan bijvoorbeeld een bepaald jaar worden afgesproken wanneer een bedrijf moet zijn overgeschakeld. Het bedrijf kan dan zelf een natuurlijk moment kiezen om de benodigde aanpassingen aan het pand en het aanschaffen van de benodigde installatie te doen. Het gezamenlijk inkopen van isolerende maatregelen en installaties, kan financieel wel voordeliger zijn dan wanneer dit individueel wordt gedaan.

Bij het opstellen van het plan, moet onder andere gedacht worden aan:
- In hoeveel tijd kunnen bedrijven overschakelen op een andere warmtevoorziening?
- Kan er op korte termijn al worden gestart?
- In hoeveel tijd kunnen panden worden geïsoleerd?
- Hoeveel jaar kost het om productieprocessen aan te passen?
- Hoeveel tijd kost de aanleg van nieuwe infrastructuur?

Het is belangrijk dat in deze fase het warmtebedrijf en/of de netbeheerders worden betrokken om mee te denken over de termijn van realisatie. Ook andere partijen die zich bezig houden met de openbare ruimte moeten worden betrokken. Door goede afstemming, kunnen natuurlijke vervangmomenten worden gebruikt voor de benodigde aanpassing van de infrastructuur.

7 Conclusies

In deze studie is op basis van de kenmerken van negen bedrijventerrein in de gemeente Utrecht, gekeken naar mogelijke oplossingsrichtingen naar CO_2-vrij. In dit hoofdstuk presenteren we de belangrijkste ondervindingen.

7.1 Kansrijke routes voor CO_2-vrije terreinen

- Isolatie kan tot forse besparing van de warmtevraag leiden op de bedrijventerreinen. Het is afhankelijk van de leeftijd van de panden hoeveel bespaard kan worden. Panden op nieuwe terreinen zijn al beter geïsoleerd, dus hier levert extra isolatie minder op.
- De maatschappelijke kosten van duurzame warmteopties liggen over het algemeen dicht bij elkaar. Op basis van deze kosten kan daarom nog geen keuze worden gemaakt voor een techniek.
- De goedkoopste CO_2-vrije opties per bedrijventerrein in 2030 zijn qua maatschappelijke kosten vergelijkbaar met de kosten van hr-ketels op aardgas in 2030. Uit kostenperspectief zou het daarom voor de maatschappij geen belemmering moeten zijn om over te stappen. Wél zijn er vaak hoge initiële investeringen nodig.
- In het algemeen zijn HT/MT-warmtenetten het goedkoopste voor eindgebruikers, maar de beschikbaarheid van restwarmte is beperkt. Het technisch potentieel van geothermie is wel hoog, maar deze warmte is niet op korte termijn beschikbaar.
- Op sommige terreinen kan aangesloten worden op bestaande warmtenetten. Dit kan leiden tot lagere investeringskosten.
- Wko-systemen komen bij veel terreinen naar voren als interessante optie voor eindgebruikers, maar zijn minder interessant vanuit het oogpunt van maatschappelijke kosten. Op veel terreinen zijn al individuele wko-systemen actief.
- LT-oplossingen zijn voornamelijk interessant op terreinen met gebouwen die na 1995 zijn gebouwd, aangezien hier minder/geen isolatie nodig is. Maar ook op terreinen met oude gebouwen is een LT-warmtenet een interessante optie. In die gevallen is deze optie voor eindgebruikers echter wel een stuk duurder dan een HT/MT-warmtenet of een wko-systeem. LT-warmtenetten zijn in het algemeen goedkoper voor eindgebruikers dan warmtepompen vanwege de hoge energiebelasting op elektriciteit. Vanuit maatschappelijke kosten scoren warmtepompen beter.
- De terreinen waarbij LT-warmtenetten interessant zijn, liggen aan grote kanalen. Hier zijn LT-warmtenetten met TEO een optie. Er zijn soms ook nog andere LT-warmtebronnen beschikbaar.
- Groengasopties kunnen een alternatief zijn voor warmtenetten op terreinen met veel oude panden. Deze optie is een stuk duurder dan warmtenetten of wko-systemen door de hoge energiekosten, maar is in de meeste gevallen nog wel goedkoper dan een hybride of all electric-warmtepomp vanwege de hoge energiebelasting op elektriciteit. Er is voor deze optie wel meer groengas nodig, terwijl de beschikbaarheid hiervan voor de gebouwde omgeving nog erg onzeker is.

7.2 Verduurzamen van processen

- De hoeveelheid procesgas die wordt gebruikt is op drie bedrijventerreinen significant (Oudenrijn, Nieuwerijn, Haarrijn).

- Er zijn weinig HT-industriële processen op de bedrijventerreinen. Dit betekent dat elektrificatie de meest voor de hand liggende optie is voor het grootste deel van de processen waarbij aardgas gebruikt wordt.
- Het gebruik van duurzame gassen (groengas, waterstof) is ook een optie voor deze lageretemperatuurprocessen, maar dit is naar verwachting duurder voor de eind-gebruiker en de beschikbaarheid hiervan is onzeker.
- Het is technisch mogelijk voor de bedrijven om te elektrificeren. De benodigde technieken zijn volwassen en beschikbaar op de markt. De juiste financiële prikkels zijn nodig om elektrificatie te stimuleren.
- Alleen bij chemiebedrijf BASF ligt elektrificatie van de processen niet direct voor de hand. Hier is het gebruik van duurzame gassen de meest logische route voor verduurzaming.

8 Referenties

ECN, 2014. Verbetering referentiebeeld utiliteitssector : - voorraadgegevens, - energieverbruik, - besparingspotentieel, -investeringskosten, - arbeidsinzet. Petten, ECN.

EIB & ECN, 2016. Ontwikkeling energiekentallen utiliteitsbouw : Een analyse van 24 gebouwtypen in de dienstensector en 12 industriële sectoren. Petten, ECN.

Gemeente Utrecht, 2020. Data-analyses ten behoeve van het afwegingsproces voor de Transitievisie Warmte in Utrecht. Utrecht, Gemeente Utrecht.

Greenvis, 2019. Hernieuwbare warmtebronnen in de gemeente Utrecht. Utrecht, Greenvis.

Klimaatmonitor, 2019. *Gemiddeld energieverbruik alle woningen (gemeente Utrecht)* [Online]. Available: https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/woningen [Accessed].

Koolen, 2020. Beleidsadviseur/Projectleider gemeente Utrecht.

Ministerie van BZK, 2020. Ontwikkelingen verduurzaming bestaande utiliteitsbouw. Den Haag, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK).

Nationale Energieatlas, 2014. *Huidig energieverbruik* [Online]. Available: https://www.nationaleenergieatlas.nl/onderwerpen/huidig-energieverbruik [Accessed].

Overmorgen, 2020. *Potentie opwek duurzame elektriciteit Gemeente Utrecht, Web Map* [Online]. Available: https://www.arcgis.com/home/item.html?id=ca82248e06294081977154b4a7f9aa30 [Accessed].

RVO, 2020a. *Rapportage investeringskosten energiebesparende maatregelen bestaande utiliteitsbouw 2020* [Online]. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Available: https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/technieken-beheer-en-innovatie/investeringskosten-energiebesparende-maatregelen [Accessed].

RVO, 2020b. Warmteatlas.

Wanders, 2020. Senior beleidsadviseur ruimtelijke economie.

A Methode bepalen energieverbruik

A.1 Methode voor inschatting van het energiegebruik

De gebiedsafbakening en de gewenste uitsplitsing in verschillende energiedragers voor de bedrijventerreinen (elektriciteit, gas, procesgas, warmte en koude), vraagt om een bottom-upaanpak per bedrijf en bedrijventerrein. Cijfers over energiegebruik bij bedrijven zijn veelal vertrouwelijk en niet openbaar beschikbaar. Voor een deel van de bedrijven hebben we gegevens ontvangen omtrent het energieverbruik vanuit de vergunningverlening, toezicht en handhaving gemeente Utrecht (VTH). Voor de overige bedrijven maken we inschattingen die gebaseerd zijn op kengetallen per bedrijfsgebruiksoppervlak. Om de methodiek duidelijk te kunnen toelichten beschrijven we eerst de bronnen die we gebruikt hebben.

Belangrijkste databronnen en kengetallen

Onze analyse is hoofdzakelijk gebaseerd op de volgende databronnen:

- **Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG)**
  De BAG bevat gemeentelijk basisgegevens van alle adressen en gebouwen in een gemeente[17]. In de BAG wordt onderscheid gemaakt tussen panden en verblijfsobjecten. Simpel gezegd zijn panden alle gebouwen en zijn verblijfsobjecten de adresseerbare verblijfsruimten binnen een pand[18]. Niet elk pand heeft een gebruiksruimte, zo is een vrijstaande schuur bij een woning wel een pand, maar als het geen adres heeft, bevat het geen verblijfsobject. Dat geldt ook voor vrijstaande bedrijfshallen bij een hoofd-gebouw. Panden kunnen op basis van hun geometrie op een kaart worden weergegeven. Verblijfsobjecten kunnen op een kaart worden weergegeven als een adrespunt waarvan in de BAG daarnaast informatie geeft over het gebruiksoppervlak in vierkante meters en het gebruiksdoel. De BAG kent een beperkte set van gebruiksdoelen, waaronder de veelvoorkomende gebruiksdoelen woonfunctie, bijeenkomstfunctie, industriefunctie en kantoorfunctie. Soms worden ook meerdere gebruiksdoelen toegewezen, wat het moeilijk maakt om te duiden welke activiteit in de praktijk voornamelijk plaatsvindt. Omdat de industriefunctie niet nader is uitgewerkt, levert de BAG met name voor industriegebouwen geen informatie over de daadwerkelijke bedrijfsactiviteit.
- **Provinciaal Arbeidsplaatsen Register (PAR)**
  Dit is een database van de provincie Utrecht waarin bedrijven in de provincie staan geregistreerd[19]. Het bevat informatie over bedrijfsvestigingen en werkgelegenheid, waarbij van elk bedrijf het adres bekend is. Ook bevat het per bedrijf nauwkeurige informatie over de bedrijfsactiviteit volgens de SBI-indeling.
- **Database bedrijfsgegevens en energieverbruik vergunningverlening, toezicht en handhaving gemeente Utrecht (VTH)**
  Een deel van deze database is vertrouwelijk door de gemeente Utrecht ter beschikking gesteld. Het bevat per bedrijfsinrichting gegevens over het elektriciteitsgebruik,

[17] https://www.geobasisregistraties.nl/basisregistraties/adressen-en-gebouwen

[18] Zo kan in één bedrijfsgebouw (het pand) bestaan uit twee eenheden met ieder een eigen adres, bijvoorbeeld nummer 1A en 1B, er zijn dan twee verblijfsobjecten in één pand. Er zijn ook wat meer ingewikkeldere situaties denkbaar. Zie voor meer informatie hierover en de formele definitie van panden en verblijfsobjecten de Praktijkhandleiding BAG: https://imbag.github.io/praktijkhandleiding/objecttypen.

[19] https://www.provincie-utrecht.nl/onderwerpen/economie/provinciaal-arbeidsplaatsen-register-par

gasgebruik en/of warmtegebruik, voor zover deze gegevens beschikbaar zijn. Dit overzicht is niet compleet en bevat niet voor alle recente jaren het energiegebruik.

— **CBS-gegevens over energiegebruik bedrijven per buurt en postcode voor 2014**
  Het CBS heeft voor de Nationale Energieatlas een analyse gemaakt van het elektriciteitsverbruik en het gasverbruik van bedrijven in 2014 (Nationale Energieatlas, 2014). De gegevens die het CBS gebruikt in haar analyse zijn afkomstig van de netbeheerders. In elk postcodegebied (PC6) en elke buurt is van elk leveringsadres het verbruik bekend en na een analyse toegekend aan woningen of bedrijven. Wanneer er te weinig bedrijven aanwezig zijn in een postcodegebied of buurt om de privacy te garanderen, zijn de cijfers voor dat gebied niet bekend. De dataset bevat het gemiddelde verbruik per leveringsadres en het totale verbruik van het gebied voor aardgas in m^3 en elektriciteit in kWh. Deze dataset is gebruikt voor validatie van de uitkomsten van de bottom-upmethode.

Tot slot hebben we voor verschillende energiedragers (elektriciteit, warmte en koude) kengetallen verzameld uit de literatuur. Het gaat om kengetallen over energieverbruik per m^2 gebruiksoppervlak[20]. Voor de warmtevraag van utiliteiten gebruiken we een bewerking op de kengetallen uit de studie 'Verbetering referentiebeeld utiliteitssector' (ECN, 2014). Voor de koudevraag gebruiken we kengetallen uit het Vesta MAIS-model, versie 4.0 (PBL, 2020), voor een aantal industriële sectoren (SBI) zijn kengetallen beschikbaar van (EIB & ECN, 2016)[21].

Bottom-upinschatting energiegebruik per bedrijf

Om een inschatting te maken van het energiegebruik per bedrijf zijn de verschillende databronnen gecombineerd. De basis hiervoor zijn de bedrijfsgebouwen op de bedrijventerreinen. In elk gebouw zal in meer of mindere mate energie verbruikt worden. Voor een deel is deze data bekend vanuit de VTH-database. Om het verbruik per gebouw in te schatten wanneer dit niet vanuit de VTH bekend is, maken we gebruik van kengetallen voor energiegebruik per vierkante meter en vermenigvuldigen dit met het gebruiksoppervlak van de bedrijfsgebouwen die we halen uit de BAG. Figuur 14 schetst globaal onze aanpak om te komen tot de energieverbruikscijfers per bedrijventerrein. Hierbij maken we dus de aanname dat de energie-intensiteit van bedrijven goed schaalt met het gebruiksoppervlak van gebouwen. Voor industriële bedrijfsactiviteiten die vrij divers zijn is deze aanname minder nauwkeurig dan voor utiliteitsgebouwen zoals kantoren die wat betreft bedrijfsactiviteiten en energiegebruik homogener zijn.

[20] Dit is de definitie voor gebouwoppervlak die ook in de BAG wordt gebruikt. Een aantal bronnen gebruiken niet gebruiksoppervlak maar bruto vloeroppervlak (BVO). Dit hebben we dan omgerekend naar gebruiksoppervlak (zie Bijlage A.4 voor omrekenfactoren).

[21] Er is gebruikgemaakt van de gewogen intensiteit.

Figuur 14 – Globale schematische weergave van de gebruikte bepalingsmethode

Door verschillende databronnen te combineren kunnen we de belangrijkste karakteristieken van bedrijven bepalen, zoals bouwjaren, gebruiksoppervlak en bedrijfsactiviteiten. Het combineren van de verschillende databronnen is grotendeels gedaan met een bewerking op 'Verbetering referentiebeeld utiliteitssector' (ECN, 2014) en geografische analyse. De BAG geeft informatie over het gebruiksoppervlak van bedrijfsgebouwen, dit is op basis van locatie gecombineerd met de PAR om deze gebouwgegevens aan te vullen met informatie over de bedrijfsactiviteit (SBI).
Deze data kan op zichtzelf gebruikt worden om kengetallen specifiek voor SBI-bedrijfs-activiteit of BAG-gebruiksdoel toe te passen. Een gedeelte van de panden kon niet gekoppeld worden aan de PAR, waardoor de SBI-categorie voor deze panden niet bekend is. Dit is alleen relevant voor panden met een industriefunctie, aangezien we voor utiliteits-gebouwen gebruik maken van het BAG-gebruiksdoel en het bouwjaar om het energie-verbruik in te schatten en deze wel bekend zijn bij die panden. Sommige panden in de BAG hebben geen verblijfsfunctie, het gaat dan om (bij)gebouwen zonder eigenadres. Daardoor is er weinig bekend over deze gebouwen. Vaak zijn het loodsen of bedrijfshallen.

Voor de grotere panden waarbij de SBI-categorie of het BAG-gebruiksdoel niet bekend is hebben we in samenwerking met de VTH een additionele analyse uitgevoerd om dit te bepalen. Hierbij is gekeken naar individuele panden. Deze analyse heeft ertoe geleid dat voor meer panden het energieverbruik, het gebruiksdoel en/of de SBI-categorie geïdentificeerd is, waardoor een betere inschatting gemaakt kan worden.

Uiteindelijk kan zodoende een complete inschatting worden gemaakt van het energie-gebruik per bedrijventerrein: enerzijds via bekende VTH-gegevens en voor het overige deel via energiekengetallen uit de literatuur of gebaseerd op de VTH-cijfers. Bij de inschatting van het energieverbruik van de bedrijventerreinen maken we gebruik van een range. In de volgende paragraaf gaan we nader in op de gebruikte kengetallen.

Gebruikte kengetallen voor energie-intensiteit

Voor het verbruik van elektriciteit, gas, warmte en koude zijn kengetallen voor energie-verbruik per vierkante meter gebruiksoppervlak gebruikt. Voor procesgas is een aanvullende analyse gedaan, die in de volgende paragraaf wordt besproken.

In Figuur 15 staat in een beslisboom weergegeven op basis van welke beschikbare gegevens we gekozen hebben om bepaalde kengetallen toe te passen voor de warmtevraag en de elektriciteitsvraag. Grofweg wordt gebruikgemaakt van twee typen kengetallen, namelijk kengetallen uit literatuur en berekende kengetallen op basis van gegevens van de VTH. Indien voor een bedrijf meerdere kengetallen beschikbaar zijn, bijvoorbeeld bij utiliteits-gebouwen, gebruiken we een range voor de inschatting van het energieverbruik.

Figuur 15 - Beslisboom voor het gebruik van de kengetallen voor energie-intensiteit warmte en elektriciteit

Figuurnoten: [1] Kantoor, logies, gezondheidszorg, bijeenkomst, onderwijs, sport, cel of overig
[2] EIB/ECN- Ontwikkeling energiekengetallen utiliteitsgebouwen (2016).
[3] SBI categorieën zijn handmatig gekoppeld.

De kengetallen op basis van de gegevens van de VTH zijn als volgt bepaald. Voor een bepaalde BAG-gebruiksfunctie of SBI-categorie bepalen we de totale warmtevraag of het elektriciteitsverbruik van alle bedrijven waarbij dit bekend is bij de VTH. Dit delen we door het gebruiksoppervlak van deze bedrijven waarbij het energieverbruik bekend is bij de VTH. Zo krijgen we een gemiddeld energieverbruik per m^2 voor deze BAG-gebruiksfunctie of SBI-categorie. Dit wordt gebruikt als kengetal.

Bij de panden met een industriefunctie en waarvoor de SBI-categorie onbekend is hebben we gebruikgemaakt van een gemiddeld kengetal voor alle panden met een industriefunctie. Dit is ook berekend op basis van de bedrijven waarvoor het energieverbruik bekend is bij de VTH, zoals beschreven in de voorgaande paragraaf.

Voor de panden zonder bekende verblijfsfunctie, de loodsen, is gebruikgemaakt van een algemeen kengetal. Hiervoor gebruiken we een kengetal voor 'groothandel zonder koeling' uit de literatuur(EIB & ECN, 2016). Panden in deze categorie die kleiner zijn dan 100 m^2 laten we buiten beschouwing, dit zijn veelal schuurtjes bij woningen of andere kleine bijgebouwen (transformatorhuisjes) waar we nauwelijks energieverbruik verwachten.

Voor gebouwen met de verblijfsfunctie wonen (woningen) gebruiken we de het gemiddelde energieverbruik van woningen in de desbetreffende buurt, dit zijn cijfers afkomstig van het CBS.

Koude in de vorm van ruimtekoeling wordt toegepast bij utiliteitsgebouwen en industrie, het gaat dan voornamelijk om koeling van kantoren en bijeenkomstruimten op warmte dagen. We hebben dit bepaald aan de hand van de kengetallen die zijn weergegeven in Tabel 8. Deze kengetallen zijn afkomstig uit Vesta MAIS 3.5. Het gaat hier om de koelvraag. Het verschilt per bedrijf of deze koelvraag ook wordt ingevuld. Koeling wordt vaak al via elektrische installaties ingevuld. Dit zit al verwerkt in de cijfers van het elektriciteits-verbruik.

Tabel 8 Vraag ruimtekoeling per utiliteitsfunctie

Functie	GJ/m^2/jaar
Bijeenkomst	0,176
Cel	0,086
Gezondheidszorg	0,032
Kantoren	0,086
Logies	0,156
Onderwijs	0,004
Overig	0,087
Sport	0,087
Winkels	0,035
Industrie	0,007

Invulling warmtevraag

Per bedrijf en pand is de warmtevraag berekend. Per pand is het bekend of het pand aangesloten is op een warmtenet. Indien een pand aangesloten is op een warmtenet wordt de warmtevraag ingevuld met warmtelevering. Indien dit niet het geval is gaan we ervan uit dat de warmtevraag wordt ingevuld met een cv-ketel op aardgas.

A.2 Aardgas in processen

Aardgas kan ook gebruikt worden voor andere doelen dan ruimteverwarming, dit noemen we procesgas. Voorbeelden hiervan zijn een gasgestookte bakkerijoven of een droogtunnel in een zeefdrukkerij. Het is niet eenduidig vast te stellen of een bedrijf aardgas gebruikt voor dergelijke toepassingen zonder gedetailleerd onderzoek per bedrijf. Om helemaal zeker te weten of een bedrijf procesgas gebruikt, zal het vaak nodig zijn om individuele bedrijven te contacteren en hen direct te vragen of zij procesgas gebruiken. Het is in het huidige onderzoek echter niet mogelijk of wenselijk om ieder bedrijf individueel te benaderen.

In dit onderzoek hebben we een inschatting gemaakt op sectorniveau van de kans dat er bedrijven zijn in de sector die procesgas gebruiken. Hierbij hebben we gekeken of er bedrijfsprocessen voorkomen in de sector die een temperatuur van circa 80°C of hoger vereisen. Voor de sectoren met een redelijke kans op procesgas zijn vervolgens voor alle bedrijven de activiteiten in kaart gebracht door een korte zoektocht op internet.

Voor de bedrijven die gebruik maken van procesgas nemen we aan dat de warmtevraag voor ruimteverwarming gelijk is aan de ruimteverwarming van een loods/bedrijfshal. Hieruit berekenen we het gedeelte van het gasverbruik dat gebruikt wordt voor ruimteverwarming. We nemen aan dat het resterende deel van het gasverbruik gebruikt wordt als procesgas.

Voor de sectoren in Tabel 9 is per bedrijf een inschatting gemaakt of er procesgas gebruikt wordt. Voor de overige sectoren nemen we aan dat er geen procesgas gebruikt wordt.

Tabel 9 - Sectoren die in meer detail op procesgas onderzocht zijn

SBI	Omschrijving categorie	Aantal bedrijven met procesgas	Geschat verbruik procesgas in m^3/j
10	Vervaardiging van voedingsmiddelen	7	210.000-330.000
11	Vervaardiging van dranken	3	0-130.000
13	Vervaardiging van textiel	2	3.000
14	Vervaardiging van kleding	0	-
16	Primaire houtbewerking en vervaardiging van artik. van hout	0	-
17	Vervaardiging van papier, karton en papier- en kartonwaren	1	-
18	Drukkerijen, reproductie van opgenomen media	0	-
20	Vervaardiging van chemische producten	1	4.700.000
22	Vervaardiging van producten van rubber en kunststof	0	-
23	Vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale prod.	2	11.000
24	Vervaardiging van metalen in primaire vorm	2	1.200.000
25	Vervaardiging van prod. van metaal (geen machines en app.)	5	1.100.000
31	Vervaardiging van meubels	0	-
96	Wellness en overige dienstverlening[22]	1	1.600.000

A.3 Top-down validatie uitkomsten

Voor het inschatten van het energieverbruik op de bedrijventerreinen hebben we gebruikgemaakt van een bottom-upmethode waarbij we voor elk bedrijf bepalen en dit optellen om het totale energieverbruik van het bedrijventerrein te krijgen. Er zitten verschillende onzekerheden in de uitgevoerde analyse. Daarom moeten de resultaten zien worden als de absolute waarheid, maar als een indicatie van het energieverbruik.

We valideren onze resultaten door het door ons berekende energieverbruik te vergelijken met CBS-cijfers over het gasverbruik en elektriciteitsverbruik van bedrijven per buurt uit 2014 (Nationale Energieatlas, 2014)[23]. Uiteraard zijn deze cijfers verouderd, maar ze geven wel een goede indicatie of de berekende totalen in deze gebieden een goede inschatting zijn.

[22] Het gaat hier om een industriële wasserij.

[23] Van latere jaren zijn alleen cijfers bekend over het gemiddelde verbruik per aansluiting. Deze zijn niet bruikbaar omdat het aantal aansluitingen niet bekend is.

Onzekerheden

Hierna bespreken we de belangrijkste onzekerheden van de uitgevoerde analyse.

- Sommige panden konden niet gekoppeld worden aan het Provinciaal Arbeidsplaatsen Register. Hierdoor was de SBI-code van deze panden niet bekend. Bij de panden met een industriefunctie is daarom gebruikgemaakt van een algemeen kengetal in plaats van een kengetal specifiek voor het bedrijfstype.

  Daarnaast zijn er panden zonder verblijfsobject. We hebben aangenomen dat dit loodsen/bedrijfshallen zijn. Maar het is onzeker of dit ook daadwerkelijk het geval is.

  Voor de grotere panden uit de voorgaande twee categorieën is een individuele check gedaan.

  Tabel 10 geeft een overzicht van voor hoeveel panden geïdentificeerd konden worden.

  Tabel 10 - Overzicht bepaling functie panden

Opsplitsing type gebouw	PAR-bedrijven met verblijfsobject én panden	Panden zonder verblijfsobject	Panden met verblijfs-object, zonder PAR
Aantal	3.396	330	1701
Oppervlakte (m^2)	2.406.000	279.000	748.000
Oppervlakte t.o.v. totaal	70%	8%	22%

- Voor het bepalen van het energieverbruik is in veel gevallen gebruik van kengetallen, aangezien het energieverbruik niet bekend was bij de VTH. Deze kengetallen zijn gebaseerd op gemiddeldes. Maar individuele bedrijven, of zelfs bedrijventerreinen, kunnen afwijken van het gemiddelde.

  Voor panden waarvoor de functie niet gedefinieerd kon worden (zie vorig punt) wordt gebruikt gemaakt van een algemeen kengetal, wat aanzienlijke onzekerheid oplevert.

  Tabel 11 geeft weer hoe vaak de verschillende methodes gebruikt zijn voor het bepalen van het energieverbruik. Het energieverbruik was bekend voor ongeveer 30% van de bedrijven.

  Tabel 11 - Overzicht frequentie gebruikte methode bepaling energieverbruik

Methode	Industrie	Utiliteiten	Woningen	Loodsen	Totaal
Energieverbruik bekend (aantal)	491	1.054	5	2	1.552
Berekening op basis specifiek kengetal type bedrijf (aantal)	534	1.319	940	-	2.793
Berekening op basis algemeen kengetal (aantal)	837	-	-	245	1.082

- In sommige gevallen is het energieverbruik voor slechts een paar bedrijven met een bepaalde BAG-gebruiksfunctie of SBI-categorie bekend. In deze gevallen zit er veel onzekerheid in het gebruikte kengetal. Figuur 16 geeft een overzicht van hoeveel bedrijven gebruikt zijn voor het bepalen van de kengetallen.

Figuur 16 - Bepaling kengetallen op basis van gegevens VTH

— Van de panden die niet gekoppeld konden worden aan het PAR (circa 30%) is niet bekend of deze een warmte-aansluiting hebben. Van deze panden is aangenomen dat ze gebruik maken van aardgas. Dit leidt naar verwachting tot een overschatting van het gasverbruik en een onderschatting van de warmtelevering.

Validatie

Voor de validatie gebruiken we cijfers van het CBS over het gas- en elektriciteitsverbruik per buurt uit 2014 (Nationale Energieatlas, 2014). Deze vergelijken we met het energie-verbruik uit de berekeningen. Voor een zo eerlijk mogelijke vergelijking nemen we geen bedrijven mee die na 2014 zijn opgericht.

Gasverbruik

Tabel 12 geeft voor elk terrein een vergelijking van het berekende gasverbruik (ondergrens en bovengrens range) met de validatiewaarde. In het algemeen liggen de berekende waardes iets hoger dan de validatiewaarde, zelfs bij de ondergrens van de range. Dit geeft een indicatie dat onze inschattingen een lichte overschatting zijn, maar het is ook mogelijk dat het gasverbruik gegroeid is sinds 2014.

Tabel 12 - Validatie gasverbruik per bedrijventerrein

Bedrijventerrein	Gasverbruik berekeningen-ondergrens (m^3)	Gasverbruik berekeningen-bovengrens (m^3)	Gasverbruik validatie (m^3)	Relatief verschil
Cartesiuswegterrein	1.800.000	2.108.000	Onbekend	-
De Wetering	1.611.000	1.769.000	1.307.00	+23 - +25%
Demkade	273.000	349.000	541.000	-50% - -35%
Haarrijn	21.000	21.000	24.000	-14%
Kanaleneiland	1.582.000	2.115.000	1.028.000	+54% - +106%
Lage Weide	11.830.000	13.930.000	11.395.000	+4% - +22%
Nieuw Overvecht	3.120.000	3.790.000	2.543.000	+27% - +54%

Bedrijventerrein	Gasverbruik berekeningen-ondergrens (m^3)	Gasverbruik berekeningen-bovengrens (m^3)	Gasverbruik validatie (m^3)	Relatief verschil
Nieuwerijn	1.794.000	1.796.000	Onbekend	-
Oudenrijn[24]	8.954.000	9.482.000	9.218.000	-3% - +3%
Totaal[25]	**27.390.000**	**31.456.000**	27.164.000	+18% - +34%

Alleen bij bedrijventerrein Demkade ligt het ingeschatte gasverbruik een stuk lager dan de validatiewaarde. Bij bedrijventerrein Kanaleneiland is juist een uitschieter de andere kant op. Hier ligt het ingeschatte gasverbruik 1,5 tot 2 keer hoger dan de validatiewaarde. Het is niet duidelijk te verklaren waar dit door komt. Mogelijk komt dit door de panden waarbij niet bekend is of ze een warmteaansluiting hebben. Bij deze panden is nu aangenomen dat ze gas verbruiken, terwijl in de praktijk waarschijnlijk een deel aangesloten is op een warmtenet. Demkade heeft relatief veel groothandels en maakindustrie, terwijl Kanaleneiland veel utiliteiten heeft.

Elektriciteitsverbruik

Tabel 13 geeft de vergelijking tussen de berekening en de validatiewaarde voor het elektriciteitsverbruik. In tegenstelling tot bij het gasverbruik ligt hier de inschatting juist lager dan de validatiewaarde. Dit impliceert dat een onderschatting van het elektriciteitsverbruik, al kan dit ook komen doordat het elektriciteitsverbruik gedaald is sinds 2014.

Tabel 13 - Validatie elektriciteitsverbruik per bedrijventerrein

Bedrijventerrein	Elektriciteitsverbruik berekeningen ondergrens (kWh)	Elektriciteitsverbruik berekeningen bovengrens (kWh)	Elektriciteitsverbruik validatie (kWh)	Relatief verschil
Cartesiuswegterrein	10.598.000	15.714.000	28.183.000	-62% - 34%
De Wetering	26.741.000	29.175.000	29.928.000	-11% - -3%
Demkade	3.157.000	4.159.000	4.268.000	-26% - -3%
Haarrijn	183.000	183.000	387.000	-53%
Kanaleneiland	38.019.000	46.328.000	50.087.000	-24% - -8%
Lage Weide	96.688.000	110.641.000	126.503.000	-24% - 13%
Nieuw Overvecht	27.579.000	34.062.000	20.932.000	+32% - +63%
Nieuwerijn	12.305.000	12.260.000	49.101.000	-75%
Oudenrijn[26]	43.604.000	48.764.000	46.184.000	-4% - + 4%
Totaal[27]	258.874.000	301.286.000	406.842.000	-36% - -26%

[24] Bij Oudenrijn was het energieverbruik van een groot chemiebedrijf (BASF) niet bekend en hiervoor waren ook geen kengetallen beschikbaar. Daarom is het energieverbruik van dit bedrijf ingeschat op basis van het verschil tussen het berekende gasverbruik en het gasverbruik van de validatie. Daarom komt het gasverbruik van het terrein (gemiddeld) precies overeen met de validatiewaarde.

[25] Bij de totalen van de berekeningen is het energieverbruik van Cartesiuswegterrein en Nieuwerijn niet meegenomen omdat daar het gasverbruik van de validatie niet bekend is.

[26] Bij Oudenrijn was het energieverbruik van een groot chemiebedrijf (BASF) niet bekend en hiervoor waren ook geen kengetallen beschikbaar. Daarom is het energieverbruik van dit bedrijf ingeschat op basis van het verschil tussen het berekende gasverbruik en het gasverbruik van de validatie. Daarom komt het gasverbruik van het terrein (gemiddeld) precies overeen met de validatiewaarde.

[27] Bij de totalen van de berekeningen is het energieverbruik van Cartesiuswegterrein en Nieuwerijn niet meegenomen omdat daar het gasverbruik van de validatie niet bekend is.

Alleen bij bedrijventerrein Nieuw Overvecht ligt de inschatting van het elektriciteitsverbruik hoger dan de validatiewaarde. Bij bedrijventerrein Nieuwerijn is de afwijking ten opzichte van de validatiewaarde het grootst.

Bij Nieuw Overvecht is er relatief veel onbekende industrie. Mogelijk is het elektriciteitsverbruik van deze categorie overschat. Bij Nieuwerijn komt het overgrote gedeelte van het elektriciteitsverbruik van 1 bedrijf (Nedal aluminium). Het energieverbruik van dit bedrijf is bekend bij de VTH, dus we verwachten dat dit een goede inschatting is. Het verschil met de validatiewaarde kan komen doordat het elektriciteitsverbruik van dit bedrijf sterk gedaald is of doordat enkele grote elektriciteitsverbruikers uit bedrijf zijn gegaan.

A.4 Overzicht kengetallen

De volgende tabellen geven de kengetallen weer die gebruikt zijn voor de warmtevraag, de elektriciteitsvraag en de koudevraag. Indien twee kengetallen beschikbaar zijn is de hoogste waarde gebruikt voor de bovengrens van de range en de kleinste waarde voor de ondergrens van de range. De kengetallen voor utiliteitsfuncties zijn gegeven per m^2 bruto vloeroppervlak (BVO). Deze zijn omgerekend naar m^2 gebruiksoppervlak (GO), aangezien deze oppervlakte bekend is vanuit de BAG. De omrekenfactoren hiervoor staan in Tabel 15.

Tabel 14 - Overzicht kengetallen warmtevraag utiliteitsfuncties

BAG-functie	Bron kengetal	0-1919	1920-1974	1975-1989	1990-1994	1995-2017	Eenheid
Winkelfunctie	Vesta-MAIS	0,49	0,39	0,20	0,19	0,15	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	0,09	0,80	0,00	0,28	GJ/m^2 BVO
Logiesfunctie	Vesta-MAIS	0,72	0,58	0,32	0,30	0,26	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	0,08	0,29	0,91	0,21	GJ/m^2 BVO
Gezondheidszorg-functie	Vesta-MAIS	1,12	0,82	0,46	0,45	0,38	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	0,30	0,28	0,28	0,22	GJ/m^2 BVO
Kantoorfunctie	Vesta-MAIS	0,98	0,77	0,39	0,36	0,30	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	0,21	0,15	0,52	0,26	GJ/m^2 BVO
Bijeenkomstfunctie	Vesta-MAIS	0,56	0,81	0,61	0,62	0,44	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	0,16	0,21	0,15	0,03	GJ/m^2 BVO
Onderwijsfunctie	Vesta-MAIS	0,52	0,39	0,21	0,20	0,16	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	0,02	0,10	1,07	0,18	GJ/m^2 BVO
Sportfunctie	Vesta-MAIS	0,72	0,54	0,33	0,33	0,28	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	0,05	0,05	0,09	0,08	GJ/m^2 BVO
Celfunctie	Vesta-MAIS	1,17	0,80	0,47	0,47	0,38	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	Ontbreekt	Ontbreekt	Ontbreekt	Ontbreekt	GJ/m^2 BVO
Overige gebruiksfunctie	Vesta-MAIS	0,23	0,17	0,09	0,09	0,07	GJ/m^2 BVO
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt	0,17	Ontbreekt	Ontbreekt	0,25	GJ/m^2 BVO

Tabel 15 - Overzicht kengetallen koudevraag, elektriciteitsvraag en omrekenfactor bruto vloeroppervlak (BVO) naar gebruiksoppervlak (GO)

BAG-functie	Bron kental	Elektriciteitsvraag (GJ/m² BVO)	Koudevraag (GJ/m² BVO)	Omrekenfactor BVO - GO (RVO, 2020a)
Winkelfunctie	Vesta-MAIS	0,581	0,04	106%
	Gemiddelde VTH	0,343		
Logiesfunctie	Vesta-MAIS	0,57	0,16	114%
	Gemiddelde VTH	1,447		
Gezondheidszorg-functie	Vesta-MAIS	0,499	0,03	113%
	Gemiddelde VTH	0,607		
Kantoorfunctie	Vesta-MAIS	0,358	0,09	113%
	Gemiddelde VTH	0,246		
Bijeenkomstfunctie	Vesta-MAIS	0,57	0,18	110%
	Gemiddelde VTH	0,149		
Onderwijsfunctie	Vesta-MAIS	0,1718	0,00	110%
	Gemiddelde VTH	0,207		
Sportfunctie	Vesta-MAIS	0,3891	0,09	109%
	Gemiddelde VTH	0,139		
Celfunctie	Vesta-MAIS	0,57	0,09	113%
	Gemiddelde VTH	Ontbreekt		
Overige gebruiksfunctie	Vesta-MAIS	0,581	0,09	111%
	Gemiddelde VTH	0,343		
Industriefunctie	Vesta-MAIS	Afhankelijk van SBI categorie	0,01	111%
	Gemiddelde VTH	Afhankelijk van SBI categorie		106%

Tabel 16 - Overzicht kengetallen gasverbruik en elektriciteitsverbruik industrie

SBI-categorie	SBI-nr.	Kental gas literatuur (m³/m² GO)	Kental gas VTH (m³/m² GO)	Kental elektriciteit literatuur (kWh/m² GO)	Kental elektriciteit VTH (kWh/m² GO)
Landbouw, jacht en dienstverlening voor de landbouw en jacht	1	Meegenomen als Kantoorfunctie	Onbekend	Meegenomen als Kantoorfunctie	Onbekend
Vervaardiging van voedingsmiddelen	10	267	15	642	832
Vervaardiging van dranken	11	149	12	467	126
Vervaardiging van textiel	13	Onbekend	10	Onbekend	163
Vervaardiging van kleding	14	Onbekend	4	Onbekend	36
Primaire houtbewerking en vervaardiging van artikel van hout	16	Onbekend	14	Onbekend	56
Vervaardiging van papier, karton en papier- en kartonwaren	17	Onbekend	29	Onbekend	229
Drukkerijen, reproductie van opgenomen media	18	Onbekend	3	Onbekend	73
Vervaardiging van chemische producten	20	Los meegenomen	Onbekend	Los meegenomen	Onbekend
Vervaardiging van producten van rubber en kunststof	22	45	7	518	208
Vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale prod.	23	Onbekend	21	Onbekend	107

SBI-categorie	SBI-nr.	Kental gas literatuur (m^3/m^2 GO)	Kental gas VTH (m^3/m^2 GO)	Kental elektriciteit literatuur (kWh/m^2 GO)	Kental elektriciteit VTH (kWh/m^2 GO)
Vervaardiging van metalen in primaire vorm	24	77	47	581	356
Vervaardiging van prod. van metaal (geen machines en app.)	25	22	32	161	114
Vervaardiging van computers, elektronische en optische mach.	26	36	5	300	49
Vervaardiging van elektrische apparatuur	27	20	17	206	114
Vervaardiging van overige machines en apparaten	28	14	3	146	25
Vervaardiging van auto's, aanhangwagens en opleggers	29	32	6	545	58
Vervaardiging van overige transportmiddelen	30	21	10	152	47
Vervaardiging van meubels	31	Onbekend	7	Onbekend	60
Vervaardiging van overige goederen	32	15	13	113	137
Reparatie en installatie van machines en apparaten	33	11	9	62	33
Productie, distributie, handel in elektriciteit, aardgas	35	Meegenomen als Kantoorfunctie	1	Meegenomen als Kantoorfunctie	79
Winning en distributie van water	36	Onbekend	9	Onbekend	121
Afvalwaterinzameling en -behandeling	37	Onbekend	3	Onbekend	1016
Afvalinzameling en -behandeling; voorbereiding tot recycling	38	Onbekend	8	Onbekend	30
Sanering en overig afvalbeheer	39	Onbekend	20	Onbekend	109
Algemene burgerlijke en utiliteitsbouw, projectontwikkeling	41	Onbekend	10	Onbekend	59
Grond-, water- en wegenbouw (geen grondverzet)	42	Onbekend	16	Onbekend	84
Gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw	43	Onbekend	12	Onbekend	71
Handel in en reparatie van auto's, motorfietsen, aanhangers	45	Onbekend	8	Onbekend	57
Groothandel en handelsbemiddeling (niet in auto's e.d.)	46	Onbekend	11	Onbekend	75
Detailhandel (niet in auto's e.d.)	47	Onbekend	6	Onbekend	112
Vervoer over land	49	Onbekend	6	Onbekend	60
Luchtvaart	51	Onbekend	7	Onbekend	62
Opslag en dienstverlening voor vervoer	52	Onbekend	11	Onbekend	64
Post en koeriers	53	Meegenomen als Winkelfunctie	6	Meegenomen als Winkelfunctie	62
Logiesverstrekking	55	Meegenomen als Logiesfunctie	14	Meegenomen als Logiesfunctie	115
Eet- en drinkgelegenheden	56	Meegenomen als Logiesfunctie	7	Meegenomen als Logiesfunctie	183
Uitgeverijen	58	Meegenomen als Kantoorfunctie	18	Meegenomen als Kantoorfunctie	118
Productie en distributie van films en televisieprogramma's	59	Meegenomen als Kantoorfunctie	6	Meegenomen als Kantoorfunctie	57

SBI-categorie	SBI-nr.	Kental gas literatuur (m^3/m^2 GO)	Kental gas VTH (m^3/m^2 GO)	Kental elektriciteit literatuur (kWh/m^2 GO)	Kental elektriciteit VTH (kWh/m^2 GO)
Telecommunicatie	61	Meegenomen als Kantoorfunctie	12	Meegenomen als Kantoorfunctie	21
Dienstverl. activiteiten op het gebied van informatietechn.	62	Meegenomen als Kantoorfunctie	6	Meegenomen als Kantoorfunctie	54
Dienstverlenende activiteiten op het gebied van informatie	63	Meegenomen als Kantoorfunctie	13	Meegenomen als Kantoorfunctie	130
Financiële instellingen (geen verzekeringen , pensioenfonds)	64	Meegenomen als Kantoorfunctie	14	Meegenomen als Kantoorfunctie	166
Overige financiële dienstverlening	66	Meegenomen als Kantoorfunctie	10	Meegenomen als Kantoorfunctie	69
Verhuur van en handel in onroerend goed	68	Meegenomen als Kantoorfunctie	8	Meegenomen als Kantoorfunctie	41
Rechtskundige dienstverlening, accountancy, belastingadvies	69	Meegenomen als Kantoorfunctie	8	Meegenomen als Kantoorfunctie	93
Holdings (geen financiële), interne concerndiensten	70	Meegenomen als Kantoorfunctie	5	Meegenomen als Kantoorfunctie	50
Architecten, ingenieurs en technisch ontwerp en advies	71	Meegenomen als Kantoorfunctie	3	Meegenomen als Kantoorfunctie	30
Speur- en ontwikkelingswerk	72	Meegenomen als Kantoorfunctie	7	Meegenomen als Kantoorfunctie	47
Reclame en marktonderzoek	73	Meegenomen als Kantoorfunctie	6	Meegenomen als Kantoorfunctie	78
Industrieel ontwerp en vormgeving, fotografie, vertaling	74	Meegenomen als Kantoorfunctie	7	Meegenomen als Kantoorfunctie	76
Veterinaire dienstverlening	75	Meegenomen als Kantoorfunctie	32	Meegenomen als Kantoorfunctie	136
Verhuur en lease van auto's, consumentenartikelen, machines	77	Meegenomen als Kantoorfunctie	6	Meegenomen als Kantoorfunctie	55
Arbeidsbemiddeling, uitzendbureaus en personeelsbeheer	78	Meegenomen als Kantoorfunctie	5	Meegenomen als Kantoorfunctie	31
Reisbemiddeling, reisorganisatie, toeristische informatie	79	Meegenomen als Kantoorfunctie	9	Meegenomen als Kantoorfunctie	90
Beveiliging en opsporing	80	Meegenomen als Kantoorfunctie	18	Meegenomen als Kantoorfunctie	142
Facility management, reiniging en landschapsverzorging	81	Meegenomen als Kantoorfunctie	12	Meegenomen als Kantoorfunctie	84
Overige zakelijke dienstverlening	82	Meegenomen als Kantoorfunctie	8	Meegenomen als Kantoorfunctie	73
Openbaar bestuur, overheidsdiensten, sociale verzekeringen	84	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	5	Meegenomen als Bijeenkomst=functie	96
Onderwijs	85	Meegenomen als Onderwijsfunctie	10	Meegenomen als Onderwijsfunctie	66
Gezondheidszorg	86	Meegenomen als Gezondheidszorg-functie	6	Meegenomen als Gezondheidszorg-functie	114

SBI-categorie	SBI-nr.	Kental gas literatuur (m^3/m^2 GO)	Kental gas VTH (m^3/m^2 GO)	Kental elektriciteit literatuur (kWh/m^2 GO)	Kental elektriciteit VTH (kWh/m^2 GO)
Verpleging, verzorging en begeleiding met overnachting	87	Meegenomen als Gezondheidszorg-functie	8	Meegenomen als Gezondheidszorg-functie	170
Maatschappelijke dienstverlening zonder overnachting	88	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	5	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	86
Kunst	90	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	6	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	50
Culturele uitleencentra, archieven, musea, dierentuinen	91	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	3	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	61
Loterijen en kansspelen	92	Meegenomen als Winkelfunctie	Onbekend	Meegenomen als Winkelfunctie	Onbekend
Sport en recreatie	93	Meegenomen als Sportfunctie	4	Meegenomen als Sportfunctie	64
Levensbeschouwelijke en politieke organisaties	94	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	15	Meegenomen als Bijeenkomst-functie	138
Reparatie van computers en consumentenartikelen	95	Meegenomen als Winkelfunctie	16	Meegenomen als Winkelfunctie	146
Wellness en overige dienstverlening; uitvaartbranche	96	Meegenomen als Kantoorfunctie	26	Meegenomen als Kantoorfunctie	144
Industrie algemeen		8	6	79	28
Loodsen		10		42	

Bron: (EIB & ECN, 2016).

Tabel 17 - Overzicht kengetallen gasverbruik en elektriciteitsverbruik woningen[28] (Klimaatmonitor, 2019)

Bedrijventerrein	Buurt	Gasgebruik (m^3/woning/jaar)	Elektriciteitsgebruik (kWh/woning/jaar)
Cartesiuswegterrein	Schepenbuurt, Cartesiusweg en omgeving	1.250	2.690
De Wetering	Bedrijventerrein De Wetering	1.447	3.418
Demkade	Prins Bernhardplein en omgeving	1.020	2.080
Haarrijn	Haarrijn	2.740	4.880
Kanaleneiland		165	1.410
Kanaleneiland (noord, deel Merwede meubelboulevard)	*Transwijk-Zuid*	120	1.410
Kanaleneiland (zuid)	*Bedrijvengebied Kanaleneiland*	210	
Lage Weide	Bedrijventerrein Lageweide	1.240	4.460
Nieuw Overvecht	Bedrijventerrein en omgeving	2.940	4.590
Nieuwerijn	Bedrijvengebied Papendorp	2.590	3.418
Oudenrijn		1.180	3.615
Oudenrijn (klein deel, NO)	*Rijnvliet*	*470*	*3.750*
Oudenrijn (merendeel)	*Bedrijvengebied Oudenrijn*	*1.890*	*3.480*

[28] De bedrijventerreinen Kanaleneiland en Oudenrijn bestaan uit twee buurten. Voor het gehele bedrijventerrein is het gemiddelde van de twee buurten genomen.

B Overzicht energieverbruik

Tabel 18 - Overzicht uitkomsten per bedrijventerrein (1/2)

	Oudenrijn	Nieuwerijn	Cartesiusweg-terrein	De Wetering	Demkade	Eenheid
Aantal panden	287	18	343	187	39	#
Aantal bedrijven	414	12	330	193	79	#
Oppervlakte gebouwen	403.000	77.000	230.000	273.000	34.000	m^2 GO
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	-	2	90	21	-	#
Aandeel warmteaansluiting	0%	17%	27%	11%	0%	
Warmtevraag ruimteverwarming (rv)						
Warmtevraag rv laag	97.000	20.000	71.000	54.000	8.000	GJ
Warmtevraag rv hoog	113.000	20.000	98.000	62.000	10.000	GJ
Warmtevraag rv gemiddeld	105.000	20.000	84.000	58.000	9.000	GJ
Warmtevraag rv gemiddeld-besparing terugverdientijd <5 jaar	84.000	14.000	59.000	50.000	7.000	GJ
Warmtevraag rv gemiddeld-besparing Rc 3,5	63.000	8.000	39.000	41.000	6.000	GJ
Gemiddelde warmtevraag rv per m^2						
Gemiddelde warmtevraag rv per m^2 laag	0,24	0,26	0,31	0,20	0,23	GJ/m^2
Gemiddelde warmtevraag rv per m^2 hoog	0,28	0,26	0,42	0,23	0,29	GJ/m^2
Gemiddelde warmtevraag rv per m^2 gemiddeld	0,26	0,26	0,36	0,21	0,26	GJ/m^2
Gebruik aardgas voor ruimteverwarming (rv)						
Gebruik aardgas rv laag	3.400.000	631.000	1.891.000	1.685.000	273.000	m^3/jaar
Gebruik aardgas rv hoog	3.947.000	642.000	2.249.000	1.954.000	349.000	m^3/jaar
Gebruik aardgas rv gemiddeld	3.674.000	636.000	2.070.000	1.820.000	311.000	m^3/jaar
Warmtelevering voor ruimteverwarming (rv)						
Warmtelevering rv laag	400	2.000	17.000	6.000	-	GJ/jaar
Warmtelevering rv hoog	400	2.000	33.000	6.000	-	GJ/jaar
Warmtelevering rv gemiddeld	400	2.000	25.000	6.000	-	GJ/jaar
Koudevraag	18.000	1.000	18.000	11.000	1.000	GJ/jaar
Aantal bedrijven met procesgas	6	1	2	3	0	#
Gebruik procesgas						
Gebruik procesgas laag	5.802.000	1.178.000	33.000	8.000	-	m^3/jaar
Gebruik procesgas hoog	5.802.000	1.178.000	40.000	36.000	-	m^3/jaar
Gebruik procesgas gemiddeld	5.802.000	1.178.000	36.000	21.000	-	m^3/jaar

	Oudenrijn	Nieuwerijn	Cartesiusweg-terrein	De Wetering	Demkade	Eenheid
Gebruik procesgas gemiddeld	165.000	34.000	1.000	600	-	GJ/jaar
Elektriciteitsverbruik in kWh/jaar						
Elektriciteitsverbruik laag	45.315.000	12.390.000	11.362.000	27.783.000	3.157.000	kWh/jaar
Elektriciteitsverbruik hoog	50.902.000	12.405.000	17.218.000	31.475.000	4.159.000	kWh/jaar
Elektriciteitsverbruik gemiddeld	48.109.000	12.398.000	14.290.000	29.629.000	3.658.000	kWh/jaar
Elektriciteitsverbruik in GJ/jaar						
Elektriciteitsverbruik laag	163.000	45.000	41.000	100.000	11.000	GJ/jaar
Elektriciteitsverbruik hoog	183.000	45.000	62.000	113.000	15.000	GJ/jaar
Elektriciteitsverbruik gemiddeld	173.000	45.000	51.000	107.000	13.000	GJ/jaar
Oppervlakte terrein	87	42	56	106	8	ha

Tabel 19 - Overzicht uitkomsten per bedrijventerrein (2/2)

	Nieuw Overvecht	Kanaleneiland	Haarrijn	Lage Weide	Totaal	Eenheid
Aantal panden	383	357	29	668	2.311	#
Aantal bedrijven	641	1.385	38	1.219	4.800	#
Oppervlakte gebouwen	332.000	470.000	53.000	1.628.000	3.501.000	m^2 GO
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	-	238	-	9	360	#
Aandeel warmteaansluiting	0%	17%	0%	1%	8%	
Warmtevraag ruimteverwarming (rv)						
Warmtevraag rv laag	86.000	129.000	11.000	395.000	761.000	GJ
Warmtevraag rv hoog	105.00	170.000	15.000	454.000	893.000	GJ
Warmtevraag rv gemiddeld	96.000	149.000	13.000	424.000	827.000	GJ
Warmtevraag rv gemiddeld- minimale besparing	71.000	116.000	11.000	343.000	755.000	GJ
Warmtevraag rv gemiddeld- maximale besparing	47.000	84.000	9.000	253.000	550.000	GJ
Gemiddelde warmtevraag rv per m^2						
Gemiddelde warmtevraag rv per m^2 laag	0,26	0,27	0,22	0,24	0,22	GJ/m^2
Gemiddelde warmtevraag rv per m^2 hoog	0,32	0,36	0,28	0,28	0,26	GJ/m^2
Gemiddelde warmtevraag rv per m^2 gemiddeld	0,29	0,32	0,25	0,26	0,24	GJ/m^2
Gebruik aardgas voor ruimteverwarming (rv)						
Gebruik aardgas rv laag	3.036.000	1.697.000	402.000	13.693.000	26.709.000	m^3/jaar
Gebruik aardgas rv hoog	3.674.000	2.255.000	514.000	15.774.000	31.359.000	m^3/jaar
Gebruik aardgas rv gemiddeld	3.355.000	1.976.000	458.000	14.734.000	29.034.000	m^3/jaar
Warmtelevering voor ruimteverwarming (rv)						
Warmtelevering rv laag	8	80.000	-	5.000	-	GJ/jaar
Warmtelevering rv hoog	8	105.000	-	5.000	-	GJ/jaar
Warmtelevering rv gemiddeld	8	93.000	-	5.000	-	GJ/jaar
Koudevraag	11.000	30.000	2.000	59.000	152.000	GJ/jaar
Aantal bedrijven met procesgas	7	3	1	11	34	#
Gebruik procesgas						
Gebruik procesgas laag	198.000	7.000	1.585.000	222.000	9.033.000	m^3/jaar
Gebruik procesgas hoog	236.000	50.000	1.585.000	344.000	9.269.000	m^3/jaar
Gebruik procesgas gemiddeld	217.000	28.000	1.585.000	283.000	9.151.000	m^3/jaar
Gebruik procesgas gemiddeld	6.000	800	45.000	8.000	261.000	GJ/jaar

	Nieuw Overvecht	Kanaleneiland	Haarrijn	Lage Weide	Totaal	Eenheid
Elektriciteitsverbruik in kWh/jaar						
Elektriciteitsverbruik laag	28.262.000	39.584.000	4.738.000	109.941.000	282.532.000	kWh/jaar
Elektriciteitsverbruik hoog	34.851.000	53.790.000	5.981.000	125.680.000	336.461.000	kWh/jaar
Elektriciteitsverbruik gemiddeld	31.556.000	46.687.000	5.360.000	117.810.000	309.497.000	kWh/jaar
Elektriciteitsverbruik in GJ/jaar						
Elektriciteitsverbruik laag	102.000	143.000	17.000	396.000	1.017.000	GJ/jaar
Elektriciteitsverbruik hoog	125.000	194.000	22.000	452.000	1.211.000	GJ/jaar
Elektriciteitsverbruik gemiddeld	114.000	168.000	19.000	424.000	1.114.000	GJ/jaar
Oppervlakte terrein	185	154	20	422	1.080	ha

C Oplossingsrichtingen

C.1 Warmtenet

Een warmtenet is er in verschillende varianten, is mogelijk met warm water van verschillende temperaturen en kan gevoed worden met verschillende warmtebronnen. Een warmtenet is een collectieve warmteoplossing, die rendabeler wordt naarmate de warmtevraagdichtheid hoger is en het aansluitpercentage van een buurt of bedrijventerrein hoog is. Bij een hogetemperatuurwarmtenet, is het ook belangrijk dat het warmtenet op grote schaal kan worden toegepast. Dit betekent dat er meerdere buurten op eenzelfde warmtenet worden aangesloten. Voor meer informatie over de verschillende type warmtenetten en bronnen die deze warmtenetten kunnen voeden, verwijzen we naar de factsheets van het Expertise Centrum Warmte (ECW).

Voor de aanleg van een warmtenet, moet er voldoende ruimte zijn in de ondergrond. De buizen hebben een bepaalde minimale diameter. Bedrijventerreinen zijn over het algemeen voldoende ruim opgezet, waardoor dat op weinig plekken een beperkende factor zal zijn.

Het voordeel van gebruik van warmte uit een HT-warmtenet, is dat er weinig gebouwaanpassingen nodig zijn. De gebouwschil hoeft niet extra te worden geïsoleerd, hoewel dit wel wenselijk is uit het oogpunt van energiebesparing en comfort. Daarnaast is er geen individuele warmte-installatie nodig, waardoor ook de aanpassingen binnen een gebouw minimaal zijn. Bij gebruik van een LT-warmtenet, waarbij warmte wordt geleverd van een lage temperatuur, is een goede schilisolatie wel belangrijk. Indien de schilisolatie niet voldoende is, wordt een pand in koude perioden niet warm genoeg.

Voor de koudevoorziening is bij gebruik van een warmtenet wel een extra installatie nodig, behalve als het een wko betreft, waarbij ook koude wordt geleverd.

Een warmtenet levert niet per definitie duurzame warmte. De warmte die op dit moment in Nederland wordt geleverd door warmtenetten, wordt vaak opgewekt met gascentrales of biomassacentrales. Wanneer je naar een volledig duurzame warmtevoorziening gaat, is het belangrijk dat de warmte met duurzame bronnen wordt opgewekt. Dit kan bijvoorbeeld met geothermie of een wko, waarbij de benodigde elektriciteit duurzaam wordt opgewekt. Wanneer gebruik wordt gemaakt van restwarmtebronnen, moet naar de levensduur van deze bronnen worden gekeken. Wanneer bedrijven die restwarmte leveren zelf verduurzamen, kan het zijn dat de beschikbare restwarmte minder wordt of zelfs niet meer beschikbaar is over een aantal jaar. Er moet bij gebruik van restwarmtebronnen altijd worden nagedacht over andere warmtebronnen die in de toekomst warmte kunnen leveren aan het warmtenet. Bij een warmtenet is ook een installatie voor de piekvoorziening nodig. Deze installatie moet ook volledig op duurzame energiebronnen draaien.

C.2 All electric

Een andere route voor bedrijventerreinen is om over te schakelen op een volledig elektrische energievoorziening. De warmtetechnieken die hiervoor geschikt zijn, zijn de buitenluchtwarmtepomp en de bodemwarmtepomp. Een vereiste voor het toepassen van een warmtepomp voor ruimteverwarming, is dat er een goede schilisolatie aanwezig is bij de gebouwen. Het temperatuurniveau van verwarming met een elektrische warmtepomp is

namelijk laag. Wanneer de gebouwschil niet voldoende is, lukt het hier niet mee om de gebouwen voldoende warm te krijgen wanneer het buiten heel koud is. Een goede gebouwschil betekent voor veel panden dat er veel moet worden geïnvesteerd is isolatiemaatregelen. Alleen panden die ná 1990 zijn gebouwd, hebben over het algemeen een voldoende lage warmtevraag om zonder veel isolatiemaatregelen te kunnen overschakelen op een elektrische warmtepomp.

Naast dat er vaak extra isolatiemaatregelen nodig zijn, is de huidige capaciteit van het elektriciteitsnet vaak ook niet voldoende als een hele buurt of bedrijventerrein overschakelt op een elektrische warmtepomp. Daarnaast is er ook nog de ontwikkeling gaande dat er steeds meer zon-pv-installaties op daken komen en dat er meer elektriciteit nodig is voor elektrische auto's. Met al deze ontwikkelingen is het waarschijnlijk nodig om het elektriciteitsnet te verzwaren. Dit is niet in alle gevallen mogelijk. Stedin werkt momenteel kansenkaarten uit, waarin de kansen voor netverzwaring per bedrijventerrein in kaart worden gebracht. Deze kansenkaarten zijn belangrijk om mee te nemen in het verdere proces voor de keuze voor een bepaalde warmtevoorziening en voor de inzet van zonnepanelen voor opwek van duurzame stroom.

Een voordeel van overschakelen op elektrische warmtepompen, is dat deze warmtetechniek ook efficiënt koude kan maken. Hierdoor is geen extra installatie nodig om deze op te wekken.

Wanneer sommige delen van een gebouw om wat extra warmte vragen, bijvoorbeeld omdat op die plek mensen aan het werk zijn, kan het interessant zijn om een elektrische warmtepomp te combineren met infraroodpanelen. Deze panelen verwarmen heel gericht een bepaald oppervlak (of persoon als deze onder het paneel staat of zit), waardoor de temperatuur van de ruimte iets minder warm hoeft te zijn. Het stroomverbruik van een infraroodpaneel is wel veel hoger dan dat van een warmtepomp, wanneer je met een infraroodpaneel een ruimte wilt verwarmen. Om deze reden is deze warmtetechniek alleen geschikt als bijverwarming.

Het overschakelen op een elektrische warmtevoorziening is een individuele oplossing. Het is niet nodig dat alle bedrijven de overschakeling gelijktijdig maken, zodat dat bij een warmtenet wel wenselijk is. Hierdoor is het gemakkelijk voor bedrijven om een natuurlijk moment te kiezen voor overschakelen van de hr-ketel op aardgas naar de elektrische warmtepomp.

Bij het verwarmen met elektriciteit moet wel worden opgemerkt dat de opgewekte elektriciteit in Nederland in 2019 pas voor 18% met hernieuwbare energiebronnen gebeurde. Er moet dus nog een grote verduurzaming van de elektriciteit gaan plaatsvinden, voordat verwarmen met elektrische warmtepompen kan worden gezien als een volledig duurzame warmteoplossing.

C.3 Duurzaam gas

In plaats van over te schakelen naar een warmtenet of een volledig elektrische warmtevoorziening, kan mogelijk ook worden overgeschakeld naar een duurzaam gas. Hierbij zijn groengas en waterstofgas de meest waarschijnlijke opties. De aanpassingen die hiervoor nodig zijn bij een bedrijf en de infrastructuur zijn klein vergeleken met overschakelen op een warmtenet of elektrische warmtepompen. Bij gebruik van groengas zijn deze aanpassingen verwaarloosbaar, omdat groengas dezelfde kenmerken heeft als aardgas. Wel kan het nodig zijn om veel isolatiemaatregelen te treffen, omdat de beschikbaarheid

van groengas beperkt is. Voor waterstofgas geldt dat installaties wel moeten worden aangepast en dat ook een aantal aanpassingen aan het gasnet nodig is.

Het is zeer de vraag of er op afzienbare termijn genoeg hernieuwbaar gas beschikbaar komt voor de warmtevoorziening. Hierdoor is de verwachting dat de prijs van hernieuwbaar gas in ieder geval een stuk hoger ligt dan de huidige aardgasprijs. Doordat de beschikbaarheid van duurzaam gas op grote schaal erg onzeker is, is het niet wenselijk om hier grootschalig op in te zetten. Bij lage beschikbaarheid is de hybride warmtepomp wel een optie, waarbij de hr-ketel op duurzaam gas wordt gecombineerd met de elektrische warmtepomp. Het voordeel van deze techniek is dat alleen bij piekbelasting de hr-ketel inschakelt. Hierdoor is de belasting op het elektriciteitsnet ook een stuk lager dan bij de volledig elektrische warmtepomp. Wanneer de hr-ketel wordt gecombineerd met een elektrische warmtepomp zou met de elektrische warmtepomp ook koude kunnen worden gemaakt. Indien alleen de hr-ketel wordt gebruikt, is er nog een aparte installatie nodig om aan de koudevraag te voldoen.

Om ervoor te zorgen dat het gebruik van groengas of waterstofgas volledig duurzaam is, moet de energie die gebruikt wordt om het gas mee te maken, ook volledig duurzaam zijn. Bij waterstof betekent dit dat de elektriciteit voor 100% uit hernieuwbare bronnen komt. Bij groengas moet de gebruikte biomassa volledig hernieuwbaar zijn. Het gebruik van biomassa voor de opwek van energie staat de laatste tijd hevig ter discussie in Nederland.

D Isolatiemaatregelen

Tabel 20 - Indeling bouwjaarklassen aan de hand van Rc-waarde

Ref.	Bouwjaarklasse	Isolatieniveau gevel	Rc-waarde gevel	Rc-waarde vloer	Rc-waarde dak
1	Tot 1920	Geen isolatie, enkelsteens gevel	0,2	0,2	0,2
2	Van 1920 tot 1975	Geen isolatie, spouwmuur	0,4	0,2	0,4
3	Van 1975 tot 1988	Slechte/matige isolatie	1,3	0,5	1,3
4	Van 1988 tot 1992	Redelijke isolatie	2,0	1,3	2,0
5	Van 1992 tot 2015	(zeer) goede isolatie	2,5	2,5	2,5
6	Vanaf 2015	(zeer) goed isolatie	3,5	3,5	3,5

Bron: (ECN, 2014).

De meest voorkomende isolatiemaatregelen die kunnen worden genomen zijn:
- gevelisolatie: buitenmuur of spouwmuurisolatie, afhankelijk van of er een spouw aanwezig is;
- dakisolatie;
- vloerisolatie;
- enkelglas of dubbelglas vervangen door HR++-glas of triple glas.

Het effect van een maatregel hangt voornamelijk af van het isolatiemateriaal en de dikte van het isolatiepakket. We gaan ervan uit dat er met een isolerende maatregel, een Rc-waarde van 3,5 wordt bereikt voor dat onderdeel van de gebouwschil. Wanneer alle genoemde isolatiemaatregelen worden genomen, komt een utiliteitsgebouw of industrieel gebouw uit op een totale Rc-waarde van ongeveer 3,5. Dit staat gelijk aan schilisolatie-niveau B.

Bedrijven die vallen onder de Wet milieubeheer, zijn verplicht om maatregelen te nemen die zichzelf binnen vijf jaar terugverdienen. Binnen de maatregelen die hiervoor zijn opgesteld, valt qua isolatie alleen spouwmuurisolatie. Dit kan alleen bij panden met een spouwmuur. Daarnaast zijn er maatregelen voor kierdichting opgenomen in deze maatregelenlijst. We gaan er binnen dit onderzoek van uit dat deze maatregelen al zijn genomen en dat dit de warmtevraag al enigszins heeft teruggebracht.

Na spouwmuurisolatie, is gemiddeld genomen de goedkoopste maatregel vloerisolatie, gevolgd door dakisolatie. Buitenmuurisolatie en het vervangen van ramen zijn relatief duurdere maatregelen, vergeleken met de besparing die ermee wordt bereikt. De totale kosten van isolerende maatregelen hangen af van veel factoren, zoals:
- bouwjaarklasse van het pand;
- aantal verdiepingen van een pand;
- hoogte van de verdiepingen;
- verhouding ramen ten opzichte van een dichte gevel.

Tabel 21 - Gemiddelde kosten van isolatiemaatregelen op een natuurlijk vervangmoment in euro per m², waarbij de nieuwe Rc-waarde 3,5 wordt

Bouwjaarklasse	Buitenmuurisolatie (euro per m² gevel)	Dakisolatie per (euro per m² dak)	Vloerisolatie (euro per m² vloer)	Naar HR++-glas (euro per m² glas)
Tot 1920	136	25	16	110
Van 1920 tot 1975	135	25	16	110
Van 1975 tot 1988	129	15	14	110
Van 1988 tot 1992	125	15	14	110
Van 1992 tot 2015	121	10	13	110
Vanaf 2015	136	25	16	110

Bron: (ECN, 2014).

We gaan er voor de berekening van maatregelen met een maximale terugverdientijd van vijf jaar van uit dat dit geldt voor dak- en vloerisolatie. Dit volgt uit de kostenkengetallen van ECN alsmede uit de memo van het ministerie van BZK (2020). Voor de besparing die hiermee wordt bereikt, gaan we uit van de 50% van de besparing van het totale pakket aan maatregelen, zoals hierboven beschreven.

In de CEGOIA-berekening gaan we ervan uit dat kan worden geïsoleerd naar twee verschillende isolatieniveaus, namelijk:
- minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5[29];
- maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5.

Voor het berekenen van het effect van deze isolatiemaatregelen, wordt uitgegaan van de functie van de gebouwen, zoals door ons bepaald in Fase 1, en de bouwjaarklasse. Hierbij wordt niet meegenomen dat een aantal bedrijven al isolatiemaatregelen heeft genomen. Voor de bedrijven die al isolatiemaatregelen hebben genomen, zal de huidige warmtevraag lager liggen dan de initiële warmtevraag. Dit wordt meegenomen in de berekeningen.
Wel zijn in de berekeningen de kosten voor de bedrijven om de isolatiemaatregelen te nemen gelijk aan de kosten voor bedrijven die de maatregelen nog niet hebben genomen. CEGOIA gaat ervan uit dat een maatregelenpakket door alle bedrijven op hetzelfde terrein wordt genomen.

[29] Een Rc-waarde van 3,5 van de gehele schil, staat ongeveer gelijk aan energielabel B voor het gehele pand.

E CEGOIA

E.1 Korte omschrijving CEGOIA

De Nederlandse warmtevoorziening gaat op de schop. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat de gebouwde omgeving klimaatneutraal moet zijn in 2050. De gebouwde omgeving, oftewel woningen en utiliteiten (zoals kantoren, scholen en gezondheidszorg), wordt nu voor het grootste gedeelte verwarmd door aardgas. Voor al deze woningen en utiliteiten moet dus een klimaatneutrale oplossing worden gezocht.

Wat houdt dat eigenlijk in, een 'klimaatneutrale gebouwde omgeving'? Welke opties zijn er om gebouwen klimaatneutraal te verwarmen (en koelen)? Welke bronnen en technieken zijn er beschikbaar, en wat is de meeste kostenefficiënte oplossing in een buurt?

Het CEGOIA-model is ontwikkeld om deze vragen te beantwoorden. Het model berekent op CBS-buurtniveau welke opties een buurt heeft om klimaatneutraal te worden, en hoeveel deze gaan kosten. Het model maakt gebruik van lokale informatie zoals woningtype en bouwjaar, buurteigenschappen en lokale warmtebronnen. De resultaten geven uiteindelijk antwoord op de vraag: Welke warmtevoorziening in welke buurt levert voor uw gebied de laagste maatschappelijke kosten op binnen de doelstelling om klimaatneutraal te worden?

Diverse partijen, waaronder gemeentes, woningcorporaties en netbeheerders, zijn momenteel actief bezig om de energietransitie vorm te geven. De resultaten en het advies rondom het CEGOIA-model bieden een basis om verdere stappen te nemen op weg naar een klimaatneutrale warmtevoorziening.

Wat kun je ermee?

Het CEGOIA-model berekent op buurtniveau wat de kosten zijn voor elke warmtetechniek in combinatie met het meest rendabele isolatieniveau. Dit maakt het mogelijk om de kosten van de verschillende technieken te vergelijken. Daarnaast houdt het model ook rekening met de beschikbare warmtebronnen per buurt. Als een warmtebron en/of energiedrager beperkt beschikbaar is (bijvoorbeeld groengas), dan berekent het model welke verdeling van de warmtebron/energiedrager over de buurten uiteindelijk de laagste kosten oplevert voor het hele gebied (de optelsom van alle buurten). Het resultaat is dat de energiebron op die plek wordt ingezet waar het de grootste kostenbesparing oplevert ten opzichte van een (duurder) alternatief.

De uitkomsten kunnen gebruikt worden als input voor diverse vormen van beleid, waaronder de Transitievisie Warmte, de investeringsplanning van woningcorporaties, en als input voor netbeheerders.

Leeswijzer

Uitgangspunten

Hoe werkt CEGOIA?

Resultaten

Toepassing

E.2 Uitgangspunten

Algemene uitgangspunten

De gebouwde omgeving in Nederland heeft een bepaalde vraag naar ruimteverwarming, warm tapwater en in sommige gevallen ook koeling. Omdat de doelstelling voor de gebouwde omgeving in 2050 'klimaatneutraal' is, zal er voor de warmtevoorziening geen gebruik meer gemaakt worden van aardgas. Wel zal er mogelijk nog sprake zijn van het gebruik van duurzame gassen, bijvoorbeeld groengas of waterstof.

Op het gebied van de warmtetransitie zijn er veel innovaties gaande. In het model wordt er gebruikgemaakt van bewezen technieken.[30]
Er zijn een aantal verschillende warmtetechnieken beschikbaar. Deze zijn grofweg op te delen in vijf categorieën[31]:

1. Conventionele hr-ketel. Deze oplossing maakt gebruik van gas. Momenteel is dit vooral aardgas, maar om klimaatneutraal te worden moet aardgas worden vervangen door duurzaam gas.
2. Hybride warmtepomp. Een hybride warmtepomp gebruikt een combinatie van omgevingswarmte, elektriciteit en gas. Net als bij de hr-ketel is de aanname dat er in de toekomst alleen nog duurzaam gas wordt gebruikt.
3. All electric-warmtepomp. Een warmtepomp maakt gebruik van bodemwarmte of buitenlucht en waardeert deze warmte op met elektriciteit om de woning en tapwater te kunnen verwarmen. Dit gebeurt met lage temperatuur (LT) warmte, wat betekent dat een woning voldoende geïsoleerd moet zijn/worden om de woning voldoende te kunnen verwarmen op LT-niveau. Daarnaast zijn lagetemperatuurradiatoren[32] vereist.
4. Collectieve warmtenetten. Warmtenetten zijn er in verschillende varianten. De temperatuur van het net hangt af van de brontemperatuur en eventuele opwaardering. Over het algemeen geldt: hoe lager de temperatuur van het net, hoe beter het gebouw geïsoleerd moet zijn.
5. Cv-ketel op vaste biomassa. Dit is een cv-ketel die vaste biomassa, meestal houtpellets, verbrandt met een hoog rendement. Bij de verbranding komen emissies vrij, waaronder fijnstof, wat een negatieve impact heeft op de luchtkwaliteit. Er speelt een maatschappelijke discussie over de wenselijkheid van deze techniek. In CEGOIA wordt deze techniek meestal alleen toegepast in schaars bebouwde gebieden.

Voor elke techniek worden de investeringskosten (CAPEX) en de operationele kosten (OPEX) berekend bij ieder mogelijk isolatieniveau. Een verdere toelichting van deze kosten vindt u in Hoofdstuk E.3. De investeringen worden met behulp van een rentevoet en de gemiddelde levensduur omgerekend naar jaarlijkse kosten. Dit maakt het mogelijk om alle technieken met elkaar te kunnen vergelijken op buurtniveau.

[30] Nieuwe technieken kennen een lange ontwikkeltijd voordat ze daadwerkelijk op grote schaal geïmplementeerd kunnen worden. Wanneer een techniek voldoende bewezen is, kan deze worden opgenomen in het CEGOIA-model.

[31] Uiteraard zijn er nog meer technieken in de omloop, waaronder zonneboilers en infraroodpanelen. Deze technieken worden vaak als toevoeging gebruikt maar niet als zelfstandige techniek. Vandaar dat ze niet in het model worden weergegeven.

[32] Voor meer uitleg over radiatoren, zie deze factsheet over afgiftesystemen.

De berekeningen van de kosten vinden plaats op CBS-buurtniveau. De resultaten voor woningen worden berekend op basis van een gemiddelde in de buurt. Dit geeft inzicht in welke techniek op buurtniveau de laagste kosten oplevert. Uiteraard zullen de specifieke kosten per woning of gebouw variëren.

De berekeningen maken gebruik van buurtgegevens van het CBS, gebouwkenmerken en gebruiksfuncties uit de BAG, en de parameters. Hieronder vallen onder andere de rentevoet, investeringskosten en energieprijzen. Alle kengetallen en parameters zijn te vinden in de parameterbijlage die wij afzonderlijk per project leveren.

Energiedragers

Warmtetechnieken zetten energie om in warmte voor de woningen en gebouwen.
De energiedragers die gebruikt worden voor ruimteverwarming zijn:

- **Elektriciteit:** wordt door elke techniek gebruikt, voor de meeste technieken in de vorm van hulpenergie (om water rond te pompen) en voor warmtepompen om de omgevingswarmte op te waarderen.
- **Warm water**: Warmte wordt via water dat in een warmtedistributienet stroomt verplaatst van de bron naar de gebruiker. De warmte wordt uit het warme water overgedragen naar de woning door warmtewisselaars.
- **Vaste biomassa (houtpellets)**: Deze pellets worden gemaakt uit hernieuwbare grondstoffen (biomassa) en zijn geschikt voor verbranding in een pellet cv-ketel. Duurzame biomassa is zeer beperkt beschikbaar en wordt daarom altijd gelimiteerd ingezet.
- **Groengas: G**roengas is duurzaam gas dat wordt gewonnen uit biogas. Het heeft vergelijkbare eigenschappen als aardgas, en kan dus ook in aardgasgestookte installaties worden ingezet. Groengas is zeer beperkt beschikbaar en wordt daarom altijd gelimiteerd ingezet.
- **Waterstof:** Waterstof is een gas dat op verschillende manieren opgewekt kan worden. 'Groene' waterstof is waterstof opgewekt uit duurzame elektriciteit. Waterstof is momenteel nog niet beschikbaar voor de gebouwde omgeving. In de toekomst is de beschikbaarheid van waterstof voor de gebouwde omgeving nog onbekend.

Warmtebronnen

Afhankelijk van de beschikbaarheid in de regio zijn er meerdere warmtebronnen mogelijk: warmte uit een stoom en gascentrale (STEG), industriële restwarmte, geothermie, lagetemperatuurrestwarmte, warmte opgewekt in een biomassacentrale, en aquathermie.

CEGOIA maakt gebruik van data uit verschillende bronnen, waaronder het warmtebronnenregister en ThermoGIS, om deze warmtebronnen in kaart te brengen. Per project wordt de beschikbaarheid van de bronnen afgestemd met de opdrachtgever, en is het mogelijk om lokale input toe te voegen of aanpassingen te maken indien gewenst.

Warmtetechnieken

Het CEGOIA-model berekent de kosten van een aantal warmtetechnieken. Hieronder vindt u een overzicht welke technieken er mogelijk zijn. Per individueel project wordt in samenwerking met de projectgroep afgestemd welke technieken wel en niet meegenomen worden. De meeste technieken bevatten een link naar factsheets waarop een verdere uitleg over de techniek te vinden is.

Overzicht warmtetechnieken

Pictogram	Naam techniek	Energiedrager[33]	Benodigd isolatieniveau[34]
	Hr-ketel	(Groen)gas	Geen
	Hybride warmtepomp - buitenlucht	(Groen)gas en elektriciteit	Geen eisen, maar goede isolatie verbetert het rendement
	Cv-ketel	Vaste biomassapellets	Geen
	Warmtepomp - bodem	Elektriciteit	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau[35])
	Warmtepomp - buitenlucht	Elektriciteit	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)
	Hr-ketel [waterstof]	Waterstof	Geen
	Hybride warmtepomp - buitenlucht [waterstof]	Waterstof en elektriciteit	Geen
	Warmtenet HT	Warmte van hoge temperatuur (~70 tot 90°C)	Geen
	Warmtenet MT	Warmte van middelhoge temperatuur (~55 tot 70°C)	Redelijke schilisolatie (Minimaal MT-niveau[36])
	Warmtenet LT	Warmte van lage temperatuur (~30 tot 55°C)	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)
	Wko-net	Lokale bodemwarmte en koude	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)
	Warmtenet LT met individuele warmtepomp	Warmte van lage temperatuur	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)
	Warmtenet ZLT met individuele warmtepomp	(Warmte (zeer lage temperatuur (<30°C))	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)

[33] Alle technieken maken naast de genoemde energiedrager ook gebruik van elektriciteit voor hulpenergie.

[34] De isolatieniveau 's worden in de webtool weergegeven in een warmtevraag per m^2. Dit is in de plaats gekomen van zogenoemde (schil)labels, omdat dit meer informatie geeft over de warmtevraag van het gebouw.

[35] LT-niveau komt overeen met een warmtevraag van maximaal 50 kW/m^2.

[36] MT-niveau komt overeen met een warmtevraag van maximaal 70 kW/m^2.

E.3 Hoe werkt CEGOIA?

Het CEGOIA-model berekent per buurt voor elke techniek wat de kosten zijn voor de samenleving als geheel. Deze kosten worden ook wel de nationale kosten genoemd. Nationaal betekent hier dus 'voor de hele samenleving'. Het model houdt rekening met de kosten over de gehele keten van de warmtevoorziening (zie Figuur 17). Alle kosten zijn berekend exclusief belastingen. Belastingen zijn een verschuiving van geld (tussen de overheid en de consument) en zeggen niets over de kosten voor de samenleving. Het is wel mogelijk om de resultaten ook inclusief belastingen te berekenen.

Figuur 17 - Totale keten van de warmtevoorziening

- Onder **bron**kosten vallen de kosten voor het energieverbruik buiten het gebouw en investeringen in de bron. Het gaat hierbij om onder andere warmteverliezen (bij een warmtenet), collectieve opwaardering en de kosten van duurzame warmte.
- Onder **distributie** vallen de kosten voor de energie-infrastructuur: het (verzwaarde) elektriciteitsnet en indien van toepassing gasnet of warmtenet. Het betreft de kosten voor de regionale netten. Ook eventuele amoveringskosten van het gasnet zijn inbegrepen.
- Onder **gebouw** vallen de isolatiemaatregelen.
- Onder **installatie** worden alle kosten bedoeld die te maken hebben met de installatie in het gebouw. Hieronder vallen de systemen voor ruimteverwarming en afgifte, warm tapwater, koeling en ventilatie.
- Onder **energieverbruik** vallen de kosten voor het energieverbruik in het gebouw. Let op: dit zijn de kosten exclusief de belastingen (energiebelasting, ODE en btw).
- Indien gewenst is het wel mogelijk om belastingen apart weer te geven in de webtool.

CEGOIA berekent dus op buurtniveau deze bovenstaande kosten voor elke warmtetechniek en voor ieder isolatieniveau. Uiteindelijk worden in de webtool alleen de kosten weergegeven per warmtetechniek voor het isolatieniveau met de laagste kosten. Dit werkt als volgt: een hoger isolatieniveau betekent hogere kosten voor gebouw maar levert een besparing op voor het energieverbruik. Het model berekent de totale kosten per isolatiestap, en laat het isolatieniveau zien wat de laagste kosten oplevert. Dit kan ook inhouden dat niet extra isoleren de laagste kosten oplevert. Bij bepaalde technieken met een lagetemperatuurverwarming, zoals een all electric-warmtepomp, is een minimaal isolatieniveau vereist, zie het overzicht Warmtetechnieken in Paragaaf E.2.

F Factsheets

Bedrijventerrein Lage Weide

422 hectare terrein
1.219 bedrijven
1.628.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

Lage Weide in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	395-454 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,24-0,28 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	14-16 mln. m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	59 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	11
Gebruik procesgas	0,3 mln. m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	396-452 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	9

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

De bedrijven op het terrein zijn voor het overgrote deel aangesloten op het gasnet. Er zijn meerdere HT- en LT-restwarmtebronnen aanwezig. Daarnaast zijn enkele WKO-systemen actief. Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	ja*
LT-restwarmte:	ja
Geothermie (>45°):	ja*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	50
Opwek SDE+ gerealiseerd	10.464 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	65.006 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m^2)	759
Oppervlak	1.205.000 m^2
Vermogen	113,5 MW
Opbrengst	102.100 MWh/jr

7% van de panden heeft zon-pv op het dak. De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m^2 zonnepanelen worden gelegd is 87% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:

- Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
- Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

CE Delft

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:

- Isolatiemaatregelen
- Aanleg infrastructuur
- Aanleg/uitkoppeling warmtebron
- Nieuwe installaties
- Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 2.800	€ 3.100	Huidig
HR-ketel (groengas)	€ 8.000	€ 3.600	€ 4.300	Minimaal
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 11.000	€ 3.300	€ 4.400	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€ 26.000	€ 3.200	€ 5.200	Maximaal
Warmtenet MT of HT	€ 8.000	€ 2.300	€ 3.000	Minimaal
Warmtenet LT	€ 22.000	€ 2.300	€ 4.100	Maximaal
WKO-net	€ 20.000	€ 2.200	€ 3.700	Maximaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties

De opties met maatschappelijk de laagste kosten zijn het HT-warmtenet op restwarmte en het MT-warmtenet op geothermie. De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. Voor de eindgebruiker is het HT/MT-warmtenet ook het goedkoopst. Er zijn twee HT-restwarmtebronnen aanwezig op het terrein en er zijn al enkele bedrijven aangesloten op een warmtenet. Uitbreiding van het warmtenet is daarom een kansrijke optie. Na de HT/MT-warmtenetten zijn WKO-systemen of een LT-warmtenet het goedkoopste voor eindgebruikers. Een LT-warmtenet is met name een kansrijke optie voor de nieuwere panden in het noordwesten aangezien er verschillende LT-warmtebronnen zijn. Voor de oude panden in het zuidoosten minder aangezien daar veel moet worden geïnvesteerd in isolatie.

Procesgas

Voor zover bekend wordt er in twee panden op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas en is de hoeveelheid hiervan zeer beperkt. Deze processen kunnen geëlektrificeerd worden. Een alternatief voor verduurzaming van deze processen is het gebruik van duurzame gassen zoals groengas of waterstof.

Routekaart

Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt. De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G van het rapport van CE Delft.

Bedrijventerrein Demkade

8 hectare terrein
91 bedrijven
34.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

Demkade in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	8-10 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,23-0,29 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	0,3 mln. m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	1 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	0
Gebruik procesgas	0 mln. m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	11-15 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	0

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

Het bedrijventerrein is momenteel in zijn geheel aangesloten op een gasnet. Er is potentie voor TEO aangezien het terrein aan het Amsterdam-Rijnkanaal ligt.
Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	nee*
LT-restwarmte:	ja
Geothermie (>45°):	nee*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	0
Opwek SDE+ gerealiseerd	0 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	729 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m^2)	39
Oppervlak	33.000 m^2
Vermogen	3,1 MW
Opbrengst	2.800 MWh/jr

0% van de panden heeft zon-pv op het dak.
De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m^2 zonnepanelen worden gelegd is 76% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:
- Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
- Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:

- Isolatiemaatregelen
- Aanleg infrastructuur
- Aanleg/uitkoppeling warmtebron
- Nieuwe installaties
- Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 2.600	€ 2.900	Huidig
HR-ketel (groengas)	€ 8.000	€ 3.400	€ 4.200	Minimaal
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 11.000	€ 3.200	€ 4.200	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€ 15.000	€ 2.100	€ 4.400	Minimaal
Warmtenet MT of HT	€ 8.000	€ 2.100	€ 2.900	Minimaal
Warmtenet LT	€ 12.000	€ 2.200	€ 3.300	Minimaal
WKO-net	€ 10.000	€ 2.100	€ 2.900	Minimaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties

De opties met maatschappelijk de laagste kosten zijn het HT-warmtenet op restwarmte en de warmtepomp buitenlucht.
De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. De panden op dit terrein zijn grotendeels na 1990 gebouwd. Daarom zijn deze panden met beperkte isolerende maatregelen al geschikt voor een LT-warmtetechniek. Voor de eindgebruiker is een HT/MT-warmtenet of een WKO-net het goedkoopst. Ook de kosten voor een LT-net zijn relatief laag aangezien nauwelijks isolatie nodig is. Aangezien het bedrijventerrein Demkade aan het Amsterdam-Rijnkanaal ligt is een LT-net in combinatie met TEO een kansrijke optie.

Procesgas

Voor zover bekend wordt er in geen van de panden op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas.

Routekaart

Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt.
De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G van het rapport van CE Delft.

Bedrijventerrein Cartesiuswegterrein

56 hectare terrein
578 bedrijven
230.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

Cartesiuswegterrein in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	71-98 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,31-0,42 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	1,9-2,2 mln. m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	18 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	2
Gebruik procesgas	0,04 mln. m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	18 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	90

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

Een deel van het bedrijventerrein is aangesloten op een warmtenet. De rest is aangesloten op het aardgasnet. Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	nee*
LT-restwarmte:	ja
Geothermie (>45°):	nee*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	16
Opwek SDE+ gerealiseerd	1.149 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	180 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m^2)	374
Oppervlak	164.000 m^2
Vermogen	14,9 MW
Opbrengst	13.000 MWh/jr

4% van de panden heeft zon-pv op het dak. De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m^2 zonnepanelen worden gelegd is 94% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:

- Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
- Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:

- Isolatiemaatregelen
- Aanleg infrastructuur
- Aanleg/uitkoppeling warmtebron
- Nieuwe installaties
- Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 2.800	€ 3.100	Huidig
HR-ketel (groengas)	€ 8.000	€ 4.000	€ 4.800	Minimaal
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 12.000	€ 3.300	€4.500	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€ 27.000	€ 2.900	€ 5.000	Maximaal
Warmtenet MT of HT	€ 9.000	€ 1.900	€ 2.700	Minimaal
Warmtenet LT	€ 24.000	€ 2.000	€ 3.900	Maximaal
WKO-net	€ 22.000	€ 1.800	€ 3.500	Maximaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties

De opties met maatschappelijk de laagste kosten zijn het HT-warmtenet op restwarmte en de buitenlucht warmtepomp.
De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. Voor de eindgebruiker is het HT/MT-warmtenet ook het goedkoopst, dus uitbreiding van het huidige warmtenet is een kansrijke optie. De op één-na-goedkoopste optie voor eindgebruikers is het WKO-net. In het noorden van het terrein staan nieuwere panden, hier zijn LT-opties eventueel mogelijk. Voor de oudere panden in het zuiden van het terrein moet veel worden geïnvesteerd in isolatie voor LT-opties, waardoor dit hier minder voor de hand ligt.

Procesgas

Voor zover bekend wordt er in twee panden op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas en is de hoeveelheid hiervan zeer beperkt. Deze processen kunnen geëlektrificeerd worden. Een alternatief voor verduurzaming van deze processen is het gebruik van duurzame gassen zoals groen gas of waterstof.

Routekaart

Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt.
De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G in het rapport van CE Delft.

Bedrijventerrein De Wetering

106 hectare terrein
268 bedrijven
273.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

De Wetering in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	54-62 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,20-0,23 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	1,7-2,0 mln m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	11 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	3
Gebruik procesgas	0,02 mln m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	100-113 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	21

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

Een deel van het bedrijventerrein is aangesloten op een warmtenet. Daarnaast zijn enkele WKO-systemen actief. Er zijn meerdere LT-warmte-bronnen. Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	nee*
LT-restwarmte:	ja
Geothermie (>45°):	ja*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	23
Opwek SDE+ gerealiseerd	2.963 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	9.715 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m^2)	204
Oppervlak	211.000 m^2
Vermogen	19,6 MW
Opbrengst	17.600 MWh/jr

11% van de panden heeft zon-pv op het dak. De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m^2 zonnepanelen worden gelegd is 60% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:

- Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
- Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:

- Isolatiemaatregelen
- Aanleg infrastructuur
- Aanleg/uitkoppeling warmtebron
- Nieuwe installaties
- Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 2.500	€ 2.800	Huidig
HR-ketel (groen gas)	€ 6.000	€ 3.600	€ 4.300	Huidig
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 11.000	€ 3.100	€ 4.200	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€ 15.000	€ 3.000	€ 4.300	Minimaal
Warmtenet MT of HT	€ 8.000	€ 2.000	€ 2.700	Minimaal
Warmtenet LT	€ 12.000	€ 2.100	€ 3.100	Minimaal
WKO-net	€ 10.000	€ 2.000	€ 2.800	Minimaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties

De optie met maatschappelijk de laagste kosten is het HT-warmtenet, gevolgd door de hybride warmtepomp op groengas en de buitenlucht warmtepomp. De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. De panden op dit terrein zijn gebouwd ná 1995. Daarom zijn deze panden met beperkte isolerende maatregelen al geschikt voor een LT-warmtetechniek. Voor de eindgebruiker is het HT/MT-warmtenet het goedkoopst, wat betekent dat dit een kansrijke optie is. Een andere goedkope optie voor eindgebruikers is een WKO-net. Ook een LT-net is kansrijk aangezien de kosten hiervoor relatief laag zijn aangezien nauwelijks isolatie nodig is en er meerdere LT-warmtebronnen aanwezig zijn.

Procesgas

Voor zover bekend wordt er in drie panden op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas en is de hoeveelheid hiervan zeer beperkt. Deze processen kunnen geëlektrificeerd worden. Een alternatief voor verduurzaming van deze processen is het gebruik van duurzame gassen zoals groengas of waterstof.

Routekaart

Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt. De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G van het rapport CE Delft.

Bedrijventerrein Haarrijn

20 hectare terrein
38 bedrijven
53.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

Haarrijn in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	11-15 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,22-0,28 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	0,4-0,5 mln. m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	2 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	1
Gebruik procesgas	1,6 mln. m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	17-21 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	0

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

Het bedrijventerrein is momenteel in zijn geheel aangesloten op een gasnet. Er is één WKO-systeem actief.
Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	nee*
LT-restwarmte:	nee
Geothermie (>45°):	ja*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	5
Opwek SDE+ gerealiseerd	429 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	1.489 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m^2)	29
Oppervlak	35.000 m^2
Vermogen	3,3 MW
Opbrengst	3.000 MWh/jr

17% van de panden heeft zon-pv op het dak.
De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m^2 zonnepanelen worden gelegd is 55% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:
Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:
Isolatiemaatregelen
Aanleg infrastructuur
Aanleg/uitkoppeling warmtebron
Nieuwe installaties
Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 2.700	€2.900	Huidig
HR-ketel (groengas)	€ 8.000	€ 3.500	€ 4.300	Minimaal
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 11.000	€ 3.200	€ 4.300	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€15.000	€ 3.200	€ 4.400	Minimaal
Warmtenet MT of HT	€ 8.000	€ 2.100	€ 2.900	Minimaal
Warmtenet LT	€ 12.000	€ 2.200	€ 3.200	Minimaal
WKO-net	€ 10.000	€ 2.000	€ 2.900	Minimaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties
De opties met maatschappelijk de laagste kosten zijn het HT-warmtenet op restwarmte en de warmtepomp buitenlucht.
De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. De panden op dit terrein zijn gebouwd ná 1995. Daarom zijn deze panden met beperkte isolerende maatregelen al geschikt voor een LT-warmtetechniek. Voor de eindgebruiker is een HT/MT-warmtenet of een WKO-net het goedkoopst. Ook de kosten voor een LT-net zijn relatief laag aangezien nauwelijks isolatie nodig is. Aangezien het bedrijventerrein Haarrijn aan de Haarrijnse plas ligt is een LT-net in combinatie met TEO een kansrijke optie.
Procesgas
Voor zover bekend wordt er in één pand op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas, een industriële wasserij/drogerij. Voor dit proces is elektrificatie de meest logische optie. De benodigde technologie hiervoor is reeds beschikbaar op de markt, dus het bedrijf kan elektrificeren als de juiste financiële prikkels aanwezig zijn.
Routekaart
Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt.
De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G van het rapport van CE Delft.

Bedrijventerrein Oudenrijn

87 hectare terrein
560 bedrijven
403.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

Oudenrijn in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	97-113 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,24-0,28 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	3,4-3,9 mln. m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	18 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	6
Gebruik procesgas	5,8 mln. m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	163-183 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	0

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

Het bedrijventerrein is momenteel in zijn geheel aangesloten op een gasnet. Het terrein heeft meerdere actieve WKO-systemen en er zijn verschillende warmtebronnen aanwezig op het terrein, zowel HT als LT. Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	ja*
LT-restwarmte:	ja*
Geothermie (>45°):	ja*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan ook vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	27
Opwek SDE+ gerealiseerd	964 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	1.400 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m^2)	256
Oppervlak	296.000 m^2
Vermogen	27,8 MW
Opbrengst	25.100 MWh/jr

11% van de panden heeft zon-pv op het dak. De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m^2 zonnepanelen worden gelegd is 52% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:

- Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
- Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:

- Isolatiemaatregelen
- Aanleg infrastructuur
- Aanleg/uitkoppeling warmtebron
- Nieuwe installaties
- Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 2.800	€ 3.000	Huidig
HR-ketel (groengas)	€ 8.000	€ 3.500	€ 4.300	Minimaal
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 11.000	€ 3.300	€4.300	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€ 15.000	€ 3.300	€ 4.500	Minimaal
Warmtenet MT of HT	€ 8.000	€ 2.200	€ 3.000	Minimaal
Warmtenet LT	€ 12.000	€ 2.200	€ 3.300	Minimaal
WKO-net	€ 10.000	€ 2.200	€3.000	Minimaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties

De opties met maatschappelijk de laagste kosten zijn het HT-warmtenet op restwarmte en de warmtepomp buitenlucht.
De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. Voor de eindgebruiker is het HT/MT-warmtenet of een WKO-net het goedkoopst. Dit zijn daarom de meest kansrijke opties. Er is nog geen warmtenet, dus deze zou aangelegd moeten worden. Hierop kan eventueel ook het nieuwe bedrijventerrein Strijkviertel aangesloten worden dat ten oosten van Oudenrijn wordt gerealiseerd. Er is en warmtebron op het terrein die in potentie de gehele ruimteverwarmingsvraag van het terrein kan invullen. Er zijn al meerdere WKO-systemen actief. Het grootste deel van de panden op dit terrein zijn gebouwd ná 1995, met uitzondering van de panden in het noordoosten van het terrein. De panden van na 1995 zijn met beperkte isolerende maatregelen al geschikt voor een LT-warmtetechniek. Voor deze panden is een LT-warmtenet een kansrijke optie.

Procesgas

Voor zover bekend wordt er in 6 panden op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas. Het merendeel van deze processen kunnen geëlektrificeerd worden. Alleen voor chemiebedrijf BASF ligt dit niet direct voor de hand. Voor dit bedrijf is overstappen op een duurzaam gas (groen gas of waterstof) een logischere oplossing.

Routekaart

Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt.
De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G van het rapport van CE Delft.

Bedrijventerrein Papendorp

42 hectare terrein
20 bedrijven
77.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

Papendorp in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	20 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,26 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	0,6 mln. m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	1 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	1
Gebruik procesgas	1,2 mln. m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	45 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	2

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

Het bedrijventerrein is momenteel grotendeels aangesloten op het gasnet. Er is een HT-rest-warmtebron en een WKO-systeem aanwezig op het terrein.
Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	ja*
LT-restwarmte:	nee
Geothermie (>45°):	ja*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	0
Opwek SDE+ gerealiseerd	0 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	0 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m²)	31
Oppervlak	53.000 m²
Vermogen	5,0 MW
Opbrengst	4.500 MWh/jr

0% van de panden heeft zon-pv op het dak.
De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m² zonnepanelen worden gelegd is 36% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:
Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:
Isolatiemaatregelen
Aanleg infrastructuur
Aanleg/uitkoppeling warmtebron
Nieuwe installaties
Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 3.000	€ 3.300	Huidig
HR-ketel (groengas)	€ 8.000	€ 3.700	€ 4.500	Minimaal
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 11.000	€ 3.400	€ 4.500	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€ 25.000	€ 3.300	€ 5.300	Maximaal
Warmtenet MT of HT	€ 8.000	€ 2.300	€ 3.100	Minimaal
Warmtenet LT	€ 22.000	€ 2.400	€ 4.100	Maximaal
WKO-net	€ 20.000	€ 2.200	€ 3.800	Maximaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties
De opties met maatschappelijk de laagste kosten zijn het HT-warmtenet op restwarmte en het MT-warmtenet op geothermie. De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. Het uitbreiden van het bestaande warmtenet is een kansrijke optie, aangezien dit de goedkoopste optie is voor eindgebruikers en er een HT-restwarmte bron aanwezig is op het terrein. Na het HT/MT-warmtenet zijn het WKO-net en het LT-warmtenet het goedkoopste voor de eindgebruiker. Een LT-warmtenet in combinatie met TEO is technisch mogelijk, maar er moet op dit bedrijventerrein veel worden geïnvesteerd in isolatie voor deze optie waardoor dit een stuk duurder uitvalt voor de eindgebruiker dan een HT/MT-warmtenet of een WKO-net.
Procesgas
Voor zover bekend wordt er in één pand op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas. Hier worden aluminium producten gemaakt door middel van verwarming en extrusie. Elektrificatie is technisch gezien nu al een mogelijk en ligt het meest voor de hand. Een alternatieve verduurzamingsroute is verwarmen met duurzame gassen zoals groengas of waterstof.
Routekaart
Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt. De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G van het rapport van CE Delft.

Bedrijventerrein Nieuw Overvecht

185 hectare terrein
641 bedrijven
332.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

Nieuw Overvecht in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	87-105 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,26-0,32 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	3-3,7 mln. m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	11 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	7
Gebruik procesgas	0,2 mln. m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	101-125 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	0

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

Het bedrijventerrein is momenteel in zijn geheel aangesloten op een gasnet.
In het overige deel van de wijk Overvecht is wel een warmtenet aanwezig. Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	nee*
LT-restwarmte:	nee
Geothermie (>45°):	ja*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	23
Opwek SDE+ gerealiseerd	851 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	5.118 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m^2)	404
Oppervlak	318.000 m^2
Vermogen	29,5 MW
Opbrengst	26.600 MWh/jr

6% van de panden heeft zon-pv op het dak.
De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m^2 zonnepanelen worden gelegd is 84% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:
- Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
- Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:

- Isolatiemaatregelen
- Aanleg infrastructuur
- Aanleg/uitkoppeling warmtebron
- Nieuwe installaties
- Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 2.800	€ 3.100	Huidig
HR-ketel (groengas)	€ 8.000	€ 3.600	€ 4.400	Minimaal
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 11.000	€ 3.300	€ 4.400	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€ 26.000	€ 3.100	€ 5.100	Maximaal
Warmtenet MT of HT	€ 8.000	€ 2.200	€ 2.900	Minimaal
Warmtenet LT	€ 22.000	€ 2.200	€ 4.000	Maximaal
WKO-net	€ 20.000	€ 2.100	€ 3.600	Maximaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties

De opties met maatschappelijk de laagste kosten zijn het HT-warmtenet op restwarmte en het MT-warmtenet op geothermie. De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. Voor de eindgebruiker is het HT/MT-warmtenet ook het goedkoopst, gevolgd door een WKO-net. Voor de LT-opties moet op dit bedrijventerrein veel worden geïnvesteerd in isolatie. Op het noordwestelijke deel van dit bedrijventerrein staan panden die gebouwd zijn na 1995. Deze panden zijn zonder isolerende maatregelen al geschikt voor een LT-warmtetechniek. Het kan voor dit bedrijventerrein interessant zijn om dit gedeelte van de bebouwing los te zien van de rest en hier een andere warmteoptie voor te kiezen.

Procesgas

Voor zover bekend wordt er in zeven panden op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas. Het merendeel van de processen die nu aardgas gebruiken, kunnen geëlektrificeerd worden. Voor de overige kan overschakelen naar groengas of waterstofgas een optie zijn.

Routekaart

Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt. De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G van het rapport van CE Delft.

Bedrijventerrein Kanaleneiland

154 hectare terrein
1.385 bedrijven
470.000 m² gebouwen

* Hierin zit ook het elektriciteitsgebruik t.b.v. koude. Het is niet bekend hoeveel dit is.

Kanaleneiland in energiecijfers	
Warmtevraag rv*	129-170 TJ/jaar
Gemiddelde warmtevraag rv**	0,27-0,36 GJ/m²/jaar
Gebruik aardgas rv	1,7-2,3 mln. m³/jaar
Koudevraag (o.b.v. kengetallen)	30 TJ/jaar
Aantal panden met procesgas	3
Gebruik procesgas	0,03 mln. m³/jaar
Elektriciteitsverbruik	143-194 TJ/jaar
Aantal bedrijven met warmteaansluiting	238

* rv staat voor ruimteverwarming

** gem. warmtevraag rv bedrijventerreinen Utrecht: 0,24 GJ/m²/jaar

Kansen voor duurzame warmte

Het bedrijventerrein is momenteel gedeeltelijk aangesloten op een warmtenet. Daarnaast zijn er meerdere wko-systemen actief.
Technisch potentieel warmtebron** op bedrijventerrein:

HT-restwarmte:	nee*
LT-restwarmte:	nee
Geothermie (>45°):	nee*
WKO (potentieel ondergrond):	ja
TEO:	ja

* HT-warmte (restwarmte en geothermie) kan vanuit andere buurten met een transportleiding naar het bedrijventerrein worden vervoerd.

** Hierin worden alleen bronnen meegenomen met een potentieel van minimaal 5 TJ/jaar.

Kansen voor zon-pv op daken

Huidig zon-pv op daken (2019)	
Aantal daken met zon-pv (incl. kleine daken)	4
Opwek SDE+ gerealiseerd	2.677 MWh/jr
Opwek SDE+ in planning	3.044 MWh/jr
Potentieel zon-pv op daken	
Aantal daken (>20 m^2)	217
Oppervlak	313.000 m^2
Vermogen	29,5 MW
Opbrengst	26.500 MWh/jr

2% van de panden heeft zon-pv op het dak.
De potentiële opbrengst wanneer op alle daken >20 m^2 zonnepanelen worden gelegd is 57% van de huidige elektriciteitsvraag.

Kansen voor energiebesparing

Isolerende maatregelen:
- Minimaal: vloer en dak naar Rc=3,5
- Maximaal: vloer, dak en gevel naar Rc=3,5

Voor LT-oplossingen (warmtepomp, LT-warmtenet en WKO-net) is het maximale isolatieniveau vereist (gehele schil naar Rc=3,5). Voor andere oplossingen zijn isolerende maatregelen niet vereist.

Door het gebruik van een efficiëntere warmte-techniek en hergebruik van warmte/koude wordt ook energie bespaard. De figuur geeft de energie weer die van buiten af aangevoerd moet worden.

Jaarlijkse maatschappelijke kosten (2030)

De jaarlijkse maatschappelijke kosten, zijn de som van kosten voor:

- Isolatiemaatregelen
- Aanleg infrastructuur
- Aanleg/uitkoppeling warmtebron
- Nieuwe installaties
- Energiekosten

De kosten zijn berekend zonder belastingen voor het jaar 2030. Ter vergelijking zijn de huidige jaarlijkse kosten van de HR-ketel op aardgas erbij gezet.

Eindgebruikerskosten (2030)

Techniek	Investering	Jaarlijkse energierekening	Totale jaarlijkse kosten	Toegepast isolatieniveau
HR-ketel (aardgas)	€ 2.000	€ 2.700	€ 3.000	Huidig
HR-ketel (groengas)	€ 8.000	€ 3.700	€ 4.500	Minimaal
Hybride warmtepomp (groengas)	€ 12.000	€ 3.200	€ 4.300	Minimaal
Warmtepomp - buitenlucht/bodem	€ 27.000	€ 2.900	€ 5.000	Maximaal
Warmtenet MT of HT	€ 9.000	€ 1.900	€ 2.700	Minimaal
Warmtenet LT	€ 24.000	€2.000	€ 3.900	Maximaal
WKO-net	€ 22.000	€ 1.900	€ 3.500	Maximaal

Bij de eindgebruikerskosten gaat het om de kosten die terecht komen bij de eindgebruiker; de energiekosten en de investeringen in het pand. De totale jaarlijkse kosten zijn de kosten die betaald moeten worden door de eindgebruiker. De investeringskosten zijn berekend zonder btw. De jaarlijkse energierekening is berekend zonder btw, maar wel met ODE en Energiebelasting. Voor de LT-oplossingen wordt altijd het maximale isolatieniveau toegepast. Voor HT-oplossingen wordt het isolatieniveau toegepast dat kosten-optimaal de beste oplossing is per warmtetechniek. De investeringskosten voor het isoleren van de gehele schil naar Rc = 3,5 liggen hoog; dat maakt LT-oplossingen duur op bedrijventerreinen waar voornamelijk oudere gebouwen staan.

Route naar aardgasvrij

Kansrijke opties

De opties met maatschappelijk de laagste kosten zijn het HT-warmtenet op restwarmte en de hybride warmtepomp op groengas. De maatschappelijke kosten van alle warmtetechnieken liggen echter zo dicht bij elkaar, dat op basis hiervan geen conclusie kan worden getrokken over voorkeursoptie. Voor de eindgebruiker is het HT/MT-warmtenet ook het goedkoopst. Bijna 20% van de bedrijven zit nu al aangesloten op een warmtenet. Uitbreiding van dit warmtenet is daarom een kansrijke optie. Vanwege het grote aandeel kantoren op het terrein is uitbreiding van het aantal WKO-systemen kansrijk. Dit is de optie met de op één-na-laagste eindgebruikerskosten.

Procesgas

Voor zover bekend wordt er in drie panden op het bedrijventerrein gebruikgemaakt van procesgas is de hoeveelheid hiervan zeer beperkt. Deze processen kunnen geëlektrificeerd worden. Een alternatief voor verduurzaming van deze processen is het gebruik van duurzame gassen zoals groengas of waterstof.

Routekaart

Voor het overschakelen van het hele bedrijventerrein op een andere energiebron en warmtetechniek, zijn nog extra analyses nodig. Er zal met stakeholders een proces moeten worden doorlopen voordat er een definitieve keuze kan worden gemaakt. De stappen die nodig zijn, zijn weergegeven op de routekaart in Bijlage G van het rapport van CE Delft.

Algemene toelichting

Deze factsheet is onderdeel van het resultaat van een project naar de verduurzaming van bedrijventerrein in de gemeente Utrecht, dat CE Delft heeft uitgevoerd in opdracht van de gemeente. Binnen dit project zijn negen verschillende bedrijventerreinen in Utrecht onder de loep genomen. Op deze pagina wordt per onderdeel van de factsheet een korte toelichting gegeven. Voor meer toelichting verwijzen wij naar de rapportage. Vragen kunnen gesteld worden via duurzaamondernemen@utrecht.nl.

Energieverbruik
Het energieverbruik is per bedrijventerrein in kaart gebracht op basis van verschillende databronnen. De bronnen zijn echter in veel gevallen niet volledig en daarom is gebruik gemaakt van kengetallen om de gegevens aan te vullen. Voor een uitleg over de gebruikte methodiek, zie Bijlage A van het rapport van CE Delft.

Kansen voor duurzame warmte
Op deze factsheet zijn potentiële bronnen weergegeven om de warmtevoorziening te verduurzamen. Er moet nog worden onderzocht of het in de praktijk mogelijk is deze warmte daadwerkelijk in te zetten en bijvoorbeeld hoe lang de warmte voorradig is. Het kan zijn dat het bedrijf dat restwarmte kan leveren overschakelt naar een efficiëntere manier van verwarmen en daardoor in de toekomst minder restwarmte beschikbaar heeft. En voor aardwarmte moeten proefboringen bijvoorbeeld uitwijzen of de beoogde warmte ook gewonnen kan worden. Meer informatie over potentiële beschikbaarheid van warmtebronnen is hier beschikbaar.

Kansen voor zon-pv en wind
Het potentieel aan zon-pv op grote daken is in kaart gebracht door Over Morgen. Zij gaan uit van een benuttingsgraad van 50%. Het is de vraag of 50% in de praktijk wordt gehaald, omdat er veel factoren zijn, waardoor een dak maar voor minder dan 50% kan worden vol gelegd met zonnepanelen. De gemeente Utrecht laat momenteel een studie uitvoeren door Greenspread om de benuttingsgraad van daken voor zon-pv nauwkeuriger in kaart te brengen. Over Morgen heeft ook het technisch potentieel voor zonnevelden en windmolens bepaald. Het is echter de vraag of het braakliggende terrein op de bedrijventerreinen zal worden ingezet voor zon-pv en windmolens, of dat er voor andere functies wordt gekozen.

Beschikbare energiedragers
In de grafieken zijn voor verschillende warmteopties de energiebesparing en kosten weergegeven. Voor warmtebronnen is al opgemerkt dat deze schaars zijn en dat het nog niet duidelijk is of deze daadwerkelijk beschikbaar zijn voor dit bedrijventerrein. In de transitievisie warmte wordt op basis van maatschappelijke kosten een afweging gemaakt over de verdeling van die schaarse bronnen. Ook worden warmteopties met groengas en waterstofgas weergegeven in de grafieken. Het is onzeker of deze energie-dragers beschikbaar komen voor het bedrijventerrein.

Kansen voor energiebesparing
Energiebesparing kan worden bereikt door het toepassen van isolatiemaatregelen, door een efficiëntere warmtetechniek toe te passen of door gedragsmaatregelen[1]. De kosten voor verschillende isolatieniveaus zijn berekend met behulp van kengetallen voor verschillende bouwjaarklassen en de functie van de gebouwen op het bedrijventerrein. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat een bedrijf nog geen verregaande isolatiemaatregelen heeft genomen, waarbij een Rc-waarde van 3,5 is bereikt. Indien dit wel zo is, zullen de kosten voor dat specifieke bedrijf minder hoog zijn om naar een bepaald energielabel te gaan. Er zijn twee isolatieniveaus door-gerekend. Het ene isolatieniveau betreft het isoleren van dak en vloer naar een Rc-waarde van 3,5. Bij het andere isolatieniveau wordt de gehele gebouwschil geïsoleerd naar een Rc-waarde van 3,5. Dit is nodig om een pand geschikt te maken voor lage-temperatuurverwarming. Door het toepassen van een andere warmtetechniek, kan ook veel energie worden bespaard. Dit geldt voornamelijk voor warmtepompen, omdat deze energie uit lucht of bodem op een heel efficiënte manier omzetten in warmte, en WKO-systemen waarbij warmte en koude van het gebouw wordt hergebruikt.

Kosten
Voor het berekenen van de kosten per warmteoptie, is gebruik gemaakt van het CEGOIA-model van CE Delft. Meer informatie over dit model is te vinden in Bijlage E van het rapport van CE Delft.

Route naar aardgasvrij
De informatie op deze factsheet geeft inzicht in verschillende aspecten die van belang zijn bij de keuze voor een duurzame warmte-optie. Voor het maken van een uiteindelijke keuze, zal per bedrijventerrein een proces moeten worden doorlopen met de verschil-lende stakeholders. Hoe dit proces er uit kan komen te zien, is weergegeven op de routekaart die CE Delft voor de gemeente heeft ontwikkeld.

[1] Het effect van gedragsmaatregelen is in deze studie niet meegenomen.

G Routekaart

Routekaart

CO_2-vrij bedrijventerrein

EXTRA INFORMATIE

per stap, dingen waar je rekening mee moet houden

STAPPEN

VRAGEN

die binnen de stappen beantwoord moeten worden

METHODE

RESULTAAT

1 Stel een werkgroep en een stuurgroep samen met belangrijke stakeholders

Stakeholders in stuurgroep en/of werkgroep:
- *Gemeente*
- *Ondernemersvereniging*
- *Vertegenwoordigers duurzame initiatieven*
- *Netbeheerders*

De werkgroep, o.l.v. de gemeente, voert het benodigde onderzoek uit of zorgt dat derden het uitvoeren.

De stuurgroep, o.l.v. de gemeente, begeleidt het gehele proces tot aan het definitieve plan voor het bedrijventerrein.

VRAGEN
- *Zijn er al ondernemersverenigingen actief op het bedrijventerrein?*
- *Worden er al duurzame initiatieven ondernomen?*
- *Ga na welke andere stakeholders binnen het proces moeten worden betrokken, zoals:*
  - *Energiecooperaties*
  - *Warmtebedrijf*

METHODE

Gemeente inventariseert stakeholders en benadert ze

RESULTAAT

Werkgroep en stuurgroep die samen aan de slag willen met het verduurzamen van het bedrijventerrein

2 Stel kaders op voor een CO_2-vrij bedrijventerrein

Het is goed om in deze fase te kijken naar wet- en regelgeving m.b.t. de warmtetransitie. Zijn er mogelijkheden tot verplichtingen, bijv. via Warmteplan of Omgevingsplan?

Deze stap moet helpen bij het ondersteunen van de keuze voor een bepaalde warmtevoorziening. Het is belangrijk om zowel kaders vanuit de gemeente als vanuit het bedrijventerrein mee te nemen.

VRAGEN
- *Zijn er binnen de gemeente al kaders opgesteld?*
- *Moeten er vanuit de gemeente nog andere keuzes worden gemaakt?*
- *Welke voorwaarden wil het bedrijventerrein stellen?*
- *Wat zijn de ontwikkelingen in omliggende buurten op het gebied van de warmtetransitie? Wat zijn de plannen in het kader van de Transitievisie Warmte?*

METHODE

Interne inventarisatie werkgroep en stuurgroep

RESULTAAT

Overzicht van kaders voor een CO_2-vrij bedrijventerrein

3 Breng alle energiestromen en het besparingspotentieel in kaart

In de analyse van CE Delft is een start gemaakt met het in kaart brengen van de energiestromen. Er moet echter uitgebreider onderzoek worden gedaan bij de bedrijven op het terrein naar hun energieverbruik.

De gemeente heeft een stappenplan uitgewerkt voor verduurzaming van bedrijven o.b.v. de trias energetica. Hierin wordt gewezen op de wet milieubeheer, het zoveel mogelijk benutten van natuurlijke vervangingsmomenten en het plannen maken op langere termijn.

VRAGEN
- *Hoeveel warmte-/koudevraag en –aanbod is er per bedrijf?*
- *Hoeveel procesgas, productgas of andere fossiele brandstoffen worden er gebruikt?*
- *Hoeveel energiebesparing kan worden bereikt?*
- *Is het mogelijk om bij alle panden een bepaald isolatieniveau te bereiken?*

METHODE

Inventarisatie bij alle bedrijven, middels een enquête

RESULTAAT

Overzicht van energievraag= en aanbod en besparingspotentieel van het bedrijventerrein

4 Onderzoek de haalbaarheid van de verschillende warmteopties

Er is procesmatig een verschil tussen het realiseren van een collectieve warmteoptie en individuele warmteopties (zie rapportage CE Delft)

VRAGEN
- *Zijn er voldoende warmtebronnen, duurzaam gas en netcapaciteit beschikbaar?*
- *Is er voldoende ruimte in de ondergrond voor een warmtenet of uitbreiding elektriciteitsnet?*
- *Zijn er bedrijven die onderling warmte kunnen uitwisselen?*
- *Kunnen de bedrijven die procesgas gebruiken hun proces elektrificeren?*
- *Kunnen er meerdere warmtetechnieken naast elkaar worden gebruikt?*

METHODE

Bronnen-analyse, analyse ruimte in ondergrond en in panden

RESULTAAT

Overzicht van geschikte warmteopties voor het bedrijventerrein

5 Werk de kosten per warmteoptie uit

Kijk in deze fase naar verschillende financieringsmogelijkheden, zoals subsidie, groene leningen of externe partijen die maatregelen kunnen financieren.

VRAGEN
- *Wat zijn de investerings- en operationele kosten per ondernemer, netbeheerder en/of warmtebedrijf?*
- *Wie betaalt de onrendabele top van de kosten?*
- *Zijn er subsidies mogelijk?*

METHODE

CEGOIA of ander model dat maatschappelijke kosten en eindgebruikerskosten kan berekenen

RESULTAAT

Overzicht van maatschappelijke en eindgebruikerskosten per warmteoptie en besparing

6 Maak met elkaar een keuze voor één of meerdere warmtetechnieken

Het is belangrijk dat in deze fase iedereen gehoord wordt en rekening wordt gehouden met verschillende belangen en meningen.

VRAGEN
- *Kunnen eventuele bezwaren worden opgelost, bijv. door bepaalde bedrijven een andere keuze te laten maken?*

METHODE

Afwegingskader

RESULTAAT

Korte rapportage met resultaten uit eerdere stappen en toelichting op keuze voor één of meerdere warmteopties

7 Stel een plan op voor realisatie met tijdspad

Doe dit in nauwe samenwerking met de beheerders van de openbare ruimte. Neem natuurlijke vervangmomenten en geplande aanpassingen in de ondergrond mee.

VRAGEN
- *In hoeveel tijd kunnen de ondernemers overschakel- en op de nieuwe warmtetechniek?*
- *Kan er op korte termijn al gestart worden?*
- *In hoeveel tijd kunnen de panden worden geïsoleerd?*
- *Hoeveel jaar kost het om productieprocessen aan te passen?*
- *Hoeveel tijd kost de aanleg van nieuwe infrastructuur?*

METHODE

RESULTAAT

Plan met tijdspad voor realisatie verduurzamen bedrijventerrein