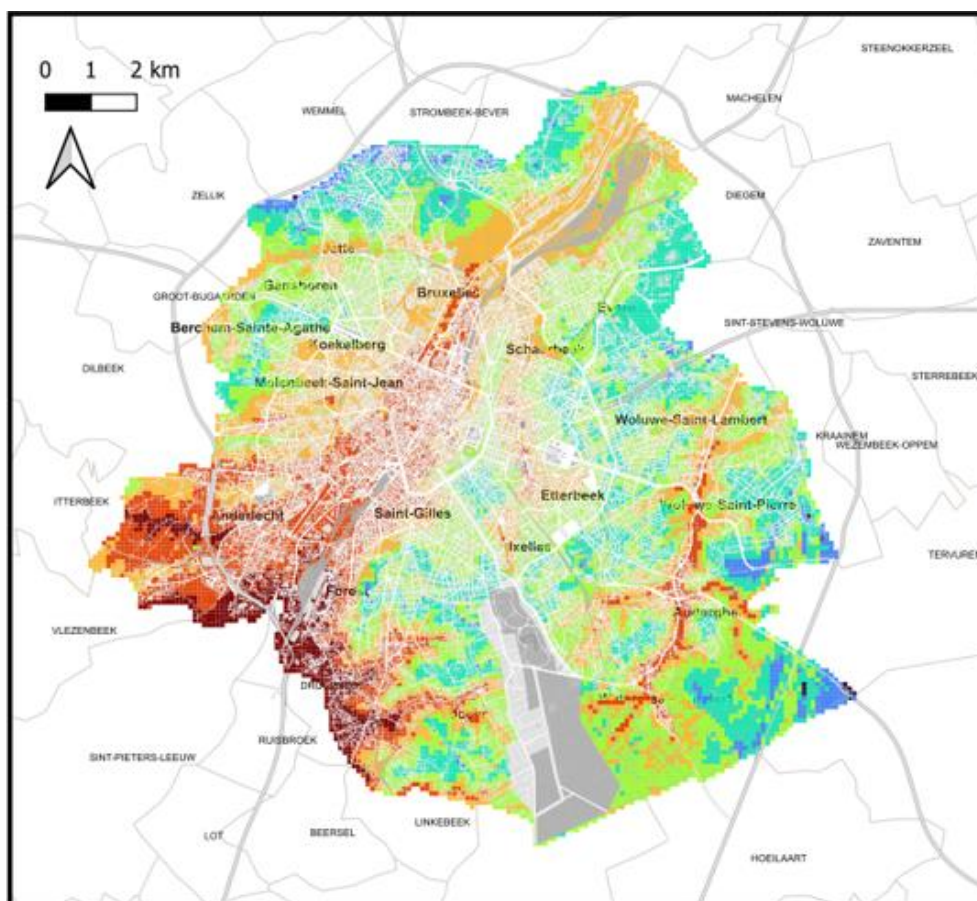


UITGEBREIDE VERWARMINGS- EN KOELINGSBEOORDELING VOOR HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST VOLGENS ARTIKEL 25 VAN RICHTLIJN 2023/1791



LEEFMILIEU BRUSSEL

APRIL 2024

EVALUATIE VAN HET POTENTIEEL VOOR EFFICIËNTIE IN WARMTE EN KOELING

LEXICON	4
INTRODUCTIE	6
1. Inhoud.....	6
2. Einddoel.....	6
3. Doelgroep	6
OVERZICHT VAN DE WARMTE- EN KOUDESYSTEMEN	7
1. Warmte- en Koudevraag in 2021	7
2. De voorziening van warmte en koude in 2021	7
3. In kaart brengen van de thermische vraag van gebouwen	15
3.1. Kaart van de warmtevraag	17
3.2. Kaart van de vraag naar koeling	17
4. Evolutie van de vraag naar warmte en koeling	18
DOELEN, STRATEGIEËN EN HUIDIGE BELEIDSMATREGELEN	20
1. Herinnering aan de belangrijkste regionale doelstellingen.	20
2. Presentatie van belangrijke maatregelen	20
ANALYSE VAN HET ECONOMISCH POTENTIEEL VOOR EFFICIËNTIE OP HET GEBIED VAN WARMTE EN KOELING	23
1. Oplossingen om te voldoen aan de behoeften aan warmte en koeling	23
2. Kosten van technologieën	25
2.1. Definitie van de vraagsegmenten.....	25
2.2. Methodologie voor kostenberekening	26
2.3. Kosten per segment	27
3. Scenario's van referentie en alternatieven	28
3.1. Referentiescenario (WAM)	28
3.2. Alternatieve scenario's	29
4. Kosten-Baten Analyse.....	34
4.1. Gevoeligheidsanalyse	35
LESSEN EN VOORUITZICHTEN	37
1. Lessen uit het rapport.....	37
2. Aanbevelingen.....	40
BIJLAGEN	43
1. BIJLAGE A: verbruik en voorzieningen in 2021	43
2. BIJLAGE B: locatie van de warmte- en koelvraag	43
3. BIJLAGE C: evaluatie van het technische potentieel.....	43
4. BIJLAGE D: definitie van kosten per technologie	43
5. BIJLAGE E1: referentiescenario en alternatieve top-down scenario's	43
6. BIJLAGE E2: alternatief bottom-up scenario	43

7. BIJLAGE F: gevoeligheidsanalyse 43



LEXICON

Woord / Acroniem / Afkorting	Definitie
ATTB	Associatie voor thermische technieken in België
BHG	Brussels Hoofdstedelijk Gewest
BRUGEL	Regulator van de elektriciteits- en gasmarkt in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
COP	Coefficient of Performance
Eindenergie	Energie geleverd op de grenzen van het gebouw via een distributie- en/of transportsysteem (typisch het hoofdgas- en elektriciteitsnet), dit is dus de energie die wordt verbruikt door het verwarmings- of koelingsapparaat
HEB	Hernieuwbare energiebronnen
HERNR	Hernieuwbare Energieën en Terugwinning
LB	Leefmilieu Brussel
LKEP	Lucht-Klimaat- Energieplan
Nuttige Energie	Werkelijke thermische energie die binnen het gebouw nodig is om te voldoen aan de verwarmings- en koelingsbehoeften, dit is dus de energie die aan de gebruikers wordt geleverd
Richtlijn EE	Richtlijn EU/2023/1791 van het Europees Parlement en de Raad van 13 september 2023 betreffende energie-efficiëntie en tot wijziging van Verordening EU/2023/955 (herziening)
Richtlijn HEB	Richtlijn EU/2023/2413 van het Europees Parlement en de Raad van 18 oktober 2023 tot wijziging van Richtlijn EU/2018/2001, Verordening EU/2018/1999 en Richtlijn 98/70/EG wat de bevordering van energie uit hernieuwbare bronnen betreft, en tot intrekking van Richtlijn EU/2015/652 van de Raad
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SIBELGA	Beheerder van de distributienetwerken voor gas en elektriciteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
SCOP	Seizoensgebonden Coëfficiënt van Prestatie
WAM	"Met aanvullende maatregelen": Aanvullend in die zin dat hier alle maatregelen worden geïntegreerd die door de regio zijn genomen en die binnenkort zullen worden genomen
Warmte / stoom	Generieke term die verschillende warmtepomptechnologieën (lucht-lucht, geothermisch, water-lucht en water-water) en andere technologieën (zonne-thermisch, verbrandingsoven, warmteterugwinning) omvat
WHO	World Health Organisation
WN	Warmtenet
WP	Warmtepomp
ZE	Concept van "Zero Emission", gedefinieerd als: "een zeer hoge energieprestatie, waarbij alleen nul- of zeer weinig energieverbruik nodig is, geen uitstoot van broeikasgassen op de site produceert uit fossiele brandstoffen en geen operationele uitstoot van broeikasgassen of een zeer kleine hoeveelheid, zoals gespecificeerd door de overheid."



VOORAFGAANDE OPMERKINGEN

Leefmilieu Brussel is de administratie voor milieu en energie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Dit rapport vat de werkzaamheden samen die zijn uitgevoerd in het kader van de verplichte evaluatie zoals bepaald in artikel 25, §§1 en 3 van Richtlijn 2023/1791 betreffende energie-efficiëntie. Dit rapport is ontworpen om te voldoen aan de relevante regelgevende bepalingen en is primair bedoeld voor de Europese Commissie.

Als onderdeel van de transparantie van het werk van de administratie, zal dit document ook worden gepubliceerd op de website van Bruxelles Environnement. In dit perspectief is het noodzakelijk om de volgende voorlopige opmerkingen aan de lezers te communiceren.

1. De nadruk van de bovengenoemde verplichte evaluatie ligt voornamelijk op kwesties en concepten die verband houden met het onderwerp 'energie'.
2. Wat betreft de economische evaluatie in deze studie, zijn de kosten voor renovatie en isolatie van gebouwen, evenals de kosten voor toekomstige ontwikkelingen van gas- en elektriciteitsnetwerken (aanpassingen, versterking, restkosten, enz.) niet meegenomen.
3. Het benadrukken van langetermijnpotentieel steunt grotendeels op een theoretische benadering. De kaarten en resultaten die daaruit voortvloeien en die in dit rapport worden gepresenteerd, impliceren geenszins het verkrijgen van vergunningen van welke aard dan ook, noch de technisch-economische haalbaarheid van een of meer individuele projecten die momenteel in ontwikkeling zijn of in de toekomst zullen worden.
4. Het vaststellen van een politieke strategie voor decarbonisatie van de regionale warmte- en koudevoorziening (die uiterlijk tegen september 2027 moet worden opgenomen in het volgende Lucht-Klimaat-Energieplan) of de voorwaarden voor toegang tot mogelijke nieuwe oproepen voor projecten kunnen worden geïnformeerd door het werk gepresenteerd in dit rapport, maar moeten ook andere elementen meer grondig overwegen, zoals bijvoorbeeld de volgende milieu-impacten:
 - Risico's verbonden aan verslechtering van de luchtkwaliteit, met name voor wat betreft technologieën die biomassa gebruiken;
 - Geluidsgerelateerde risico's van bepaalde technische installaties (bijvoorbeeld lucht-water warmtepompen) of toename van het verkeer voor de levering van bepaalde brandstoffen;
 - Impact op grondwaterlagen, met name de risico's van gebruikconflicten (het delen van hulpbronnen) met permanente waterwinningen en andere geothermische systemen die dezelfde hulpbron exploiteren;
 - Boringen (risico op verbinding tussen verschillende waterlagen);
 - Impact op de bodem, met name de risico's van bodemverontreiniging (bijvoorbeeld migratie van bestaande, al dan niet geregistreerde verontreiniging tijdens de boorfase), stabiliteitsvragen van de bodem, thermische impact op de bodem (bijvoorbeeld risico op bevroering van geothermische sondes als het systeem verkeerd gedimensioneerd is).



INTRODUCTIE

Om bij te dragen aan de doelstellingen vastgesteld tijdens de Overeenkomst van Parijs, heeft de Europese Unie in 2015 een reeks doelstellingen vastgesteld voor drie verschillende tijdschalen, namelijk 2020, 2030 en 2050. De initiële doelstellingen voor 2030 zijn verhoogd in het kader van de "Green Deal", en in juli 2021 heeft de Commissie een reeks wetsvoorstellen aangenomen onder de naam "Fit for 55" om tegen 2050 koolstofneutraliteit te bereiken. Onder deze wetsvoorstellen heeft de Europese Commissie de richtlijn betreffende energie-efficiëntie ingrijpend herzien door middel van een nieuwe versie genaamd 'herziening', die het onderwerp was van onderhandelingen tussen de lidstaten binnen de Raad en het Europees Parlement. De herziening van deze richtlijn werd gepubliceerd in het Publicatieblad van de Europese Unie op 13 september 2023¹. Artikel 25, §§1 en 3 (en hun bijlagen X en XI) legt de lidstaten op om regelmatig een uitgebreide evaluatie uit te voeren en bij te werken op de uitgebreide verwarmings- en koelingsbeoordeling.

1. INHOUD

Bijlage X van de richtlijn en de aanbevelingen (EU) 2019/1659² van de Europese Commissie stellen duidelijk de verwachtingen van de Europese Commissie ten opzichte van de lidstaten vast voor de opstelling van dit onderzoek. Dit rapport bevat de belangrijkste resultaten van het onderzoek met betrekking tot het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG). De eerste sectie presenteert de vraag naar warmte en koude in 2021 en 2050, evenals het potentieel van hernieuwbare thermische energie en warmterecuperatie. Deze sectie omvat ook verschillende kaarten die deze potentiële weergeven, evenals een kaart van de vraag en de bestaande warmtenetten. De tweede sectie vat de huidige energie- en klimaatbeleidslijnen in het BHG samen. De derde sectie analyseert, op basis van de specifieke context van het BHG, het inzetbare potentieel tegen 2050 van hernieuwbare en warmteterugwinning in warmte en koude. Deze sectie presenteert ook verschillende scenario's om tegen 2050 klimaatneutraliteit te bereiken en bevat een kosten-batenanalyse om ze te vergelijken. Tot slot presenteert de vierde sectie de belangrijkste maatregelen die zouden kunnen bijdragen aan het benaderen van de geïdentificeerde potentiële in de eerdere secties.

2. EINDDOEL

Het doel van dit rapport is in de eerste plaats het bijwerken van de uitgebreide evaluatie die in 2021 is gepubliceerd onder de titel "Evaluatie van het potentieel van warmte- en koude-efficiëntie", in overeenstemming met de voorschriften van de richtlijn inzake energie-efficiëntie en de aanbevelingen van de Europese Commissie.

3. DOELGROEP

Gezien het feit dat het rapport voldoet aan een Europese verplichting en aan specifieke aanbevelingen, is het in de eerste plaats bestemd voor de Europese Commissie.

In het kader van een ambitieuze visie op het decarboniseren van de regionale warmte- en koudevoorziening, zoals vastgelegd in het Lucht-Klimaat- Energieplan (LKEP) dat door de Regering is aangenomen op 27 april 2023, is dit rapport ook bedoeld voor leden van het regionale uitvoerend orgaan en zal het bijdragen aan de volgende versie van het LKEP, die gepland staat voor goedkeuring in september 2027.

Ten slotte, omdat het de bedoeling is om het rapport te publiceren op de website van Brussel Leefmilieu (BL), zullen ook andere doelgroepen hiervan kennis kunnen nemen, zoals onderzoekers en wetenschappers, bedrijven in de energiesector in de ruimste zin van het woord, leden van de associatieve sector zoals milieuorganisaties, opvoeders en leraren, evenals het bredere publiek dat geïnteresseerd is in vraagstukken met betrekking tot de productie van warmte en koude in het kader van de energietransitie.

¹ Richtlijn (EU) 2023/1791 inzake energie-efficiëntie

² Aanbeveling (EU) 2019/1659 van de Commissie van 25 september 2019 betreffende de inhoud van volledige beoordelingen van het rendementspotentieel van warmte en koeling overeenkomstig artikel 14 van Richtlijn 2012/27/EU



OVERZICHT VAN DE WARMTE- EN KOUDESISTEMEN

1. WARMTE- EN KOUDEVRAAG IN 2021

Deze sectie geeft een overzicht van de vraag naar warmte en koude in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) per sector (residentieel, commercieel en industrieel) in termen van nuttige en uiteindelijke energie voor het jaar 2021 op basis van gegevens uit de regionale energiebalans. De evaluatie van deze vraag wordt gepresenteerd in **Tabel 1** hieronder en gedetailleerd beschreven in Bijlage A. De energievraag voor warmte en koude bedraagt **11 TWh** voor uiteindelijke energie en **10 TWh** voor nuttige energie.

De berekeningen zijn gebaseerd op de volgende bronnen en gegevens: (i) de regionale energiebalans van 2021 ("BENXL"), (ii) gedetailleerde berekeningen uit het vorige onderzoek uitgevoerd voor BE met betrekking tot gegevens van het jaar 2017³, en (iii) de update van bepaalde gegevens met betrekking tot mix en technologische rendementen op basis van gegevens uit de EPB-certificaten.

2021	Sector	Eenheid	Warde	Totaal	
Warmte, eindenergie	Residentieel	GWh/j	6 222	10 342	11 031
	Commercieel	GWh/j	3 916		
	Industrieel	GWh/j	204		
Koud, eindenergie	Residentieel	GWh/j	209	690	
	Commercieel	GWh/j	454		
	Industrieel	GWh/j	27		
Warmte, nuttige energie	Residentieel	GWh/j	4 599	8 272	10 174
	Commercieel	GWh/j	3 500		
	Industrieel	GWh/j	174		
Koud, nuttige energie	Residentieel	GWh/j	526	1 902	
	Commercieel	GWh/j	1 316		
	Industrieel	GWh/j	61		

Tabel 1 – Warmte- en koudevraag in 2021

2. DE VOORZIENING VAN WARMTE EN KOUDE IN 2021.

2.1. De levering ter plaatse en buiten de site per bron

De volgende tabellen tonen de levering ter plaatse en buiten de site per sector en per warmte- en koudetechnologie in 2021. Ze zijn gebaseerd op de bronnen beschreven in de vorige sectie.

Levering Ter Plaatse			Eenheid	Warde
Residentiële sector	Bronnen van fossiele brandstoffen	Ketels	GWh/j	5 911
		Andere technologieën	GWh/j	149
		WKK	GWh/j	0
	Bronnen van hernieuwbare energie	Ketels	GWh/j	102
		WKK	GWh/j	0
		Warmtepompen	GWh/j	30
	Andere technologieën	GWh/j	105	
Commerciële sector	Bronnen van fossiele brandstoffen	Ketels	GWh/j	3 830
		Andere technologieën	GWh/j	67

Levering buiten de site			Eenheid	Warde
Residentiële sector	Bronnen van fossiele brandstoffen	Restwarmte	GWh/j	0
		WKK	GWh/j	58
		Andere technologieën	GWh/j	74
	Bronnen van hernieuwbare energie	Restwarmte	GWh/j	0
		WKK	GWh/j	0
		Andere technologieën	GWh/j	0
Commerciële sector	Bronnen van fossiele brandstoffen	Restwarmte	GWh/j	4
		WKK	GWh/j	173

³ Het potentieel voor efficiëntie op het gebied van warmte en koude in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.



		WKK	GWh/j	7			Andere technologieën	GWh/j	0	
	Bronnen van hernieuwbare energie	Ketels	GWh/j	86		Bronnen van hernieuwbare energie	Restwarmte	GWh/j	4	
		WKK	GWh/j	0			WKK	GWh/j	15	
		Warmtepompen	GWh/j	366			Andere technologieën	GWh/j	0	
		Andere technologieën	GWh/j	24						
Industriële sector	Bronnen van fossiele brandstoffen	Ketels	GWh/j	0	Industriële sector	Bronnen van fossiele brandstoffen	Restwarmte	GWh/j	0	
		Andere technologieën	GWh/j	218				WKK	GWh/j	0
		WKK	GWh/j	0				Andere technologieën	GWh/j	0
	Bronnen van hernieuwbare energie	Ketels	GWh/j	0		Bronnen van hernieuwbare energie	Restwarmte	GWh/j	0	
		WKK	GWh/j	0				WKK	GWh/j	0
		Warmtepompen	GWh/j	7				Andere technologieën	GWh/j	0
		Andere technologieën	GWh/j	6						

Tabel 2 - levering ter plaatse en buiten de site per bron in 2021

2.2. Potentieel voor de levering van warmte en koude

Deze sectie kwantificeert het ruwe technische potentieel van verschillende hernieuwbare energiebronnen en warmteterugwinningstechnologieën in de warmte- en koude-sector op het grondgebied van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG). Het ruwe technische potentieel komt overeen met het theoretische bruto potentieel dat toegankelijk is, i.e., rekening houdend met alle beschikbare ruimtes en bronnen zonder enige andere beperking. Het ruwe technische potentieel is in de praktijk onbereikbaar op regionale schaal vanwege een reeks wettelijke, operationele, economische of beschikbaarheidsbeperkingen van de bron. De cijfers geëxtrapoléerd naar de schaal van de regio moeten daarom worden beschouwd als **optimistische schattingen**.

Tabel 3 samenvatting van de resultaten voor het potentieel in warmte en koude via hernieuwbare energiebronnen.

Temperatuur		Bruto technisch potentieel - Nuttige energie		
		P (MW)	E (GWh/j)	
		Warmtevraag - 2021	5 479	8 272⁴
		Boorgat Energie Opslag (BEO, Gesloten systeem)	12 600	23 310
		Koude Warmte Opslag (KWO, Open systeem)	2 200	2 921
LT	Aerothermie	2 500	4 930	
	Aquathermie	148	740	
	Riothermie	37	189	
	Metro	6	30	
	Koeling (terugwinning)	66	26,4	
	Ondergrondse parking	2,5	12,5	
HT	Verbrandingsoven	57	285	

⁴ Vraag berekend in **hoofdstuk** Error! Reference source not found. van deze sectie



	Biogas	6 000	10 400 ⁵
LT en HT	Zonnewarmte	14 400	6 300
Koudevraag - 2021		1902	
LT	Boorgat Energie Opslag (BEO, Gesloten systeem)	12 600	23 310
	Koude Warmte Opslag (KWO, Open systeem)	2 470	3 300
	Aquathermie	0 ⁶	0
HT	Riothermie	13	20
	Ondergrondse parking	2,5	12,5
LT en HT	Airconditioning (aerothermie)		Buiten de scope van deze studie

Tabel 3 - Bruto potentieel voor hernieuwbare energiebronnen in warmte en koude.

De aannames, specifieke methoden en belangrijkste boodschappen van de verschillende technologieën worden hieronder kort samengevat en verder uitgewerkt in *Bijlage C*.

De verschillende bronnen zijn ingedeeld naar hun temperatuurregime.

- De bronnen met **lage temperatuur** (die warmte leveren tussen 30°C en 60°C) vereisen allemaal een warmtepomp om de temperatuur te verhogen;
- De bronnen met **hoge temperatuur** (die warmte leveren boven 60°C) maken gebruik van verbranding;
- De **gemengde bronnen** zijn apart geclassificeerd omdat deze technologieën zowel lage als hoge temperaturen kunnen leveren, afhankelijk van hoe de installatie is geconfigureerd.

2.2.1. Lage temperatuur

Gesloten geothermie

Gesloten geothermie, ook wel boorgat energie opslag (BEO) genoemd, heeft het grootste ruwe potentieel in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en komt overeen met bijna drie keer de warmtevraag van 2021 in nuttige energie. Het potentieel (**Figuur 1**) wordt geschat door de kracht van een sonde (lokaal berekend op basis van de aard van de ondergrond) te vermenigvuldigen met de dichtheid van de geothermische boringen (204 sondes per hectare) en het oppervlak van het geanalyseerde gebied, gebaseerd op boringen tot een diepte van 200 m⁷.

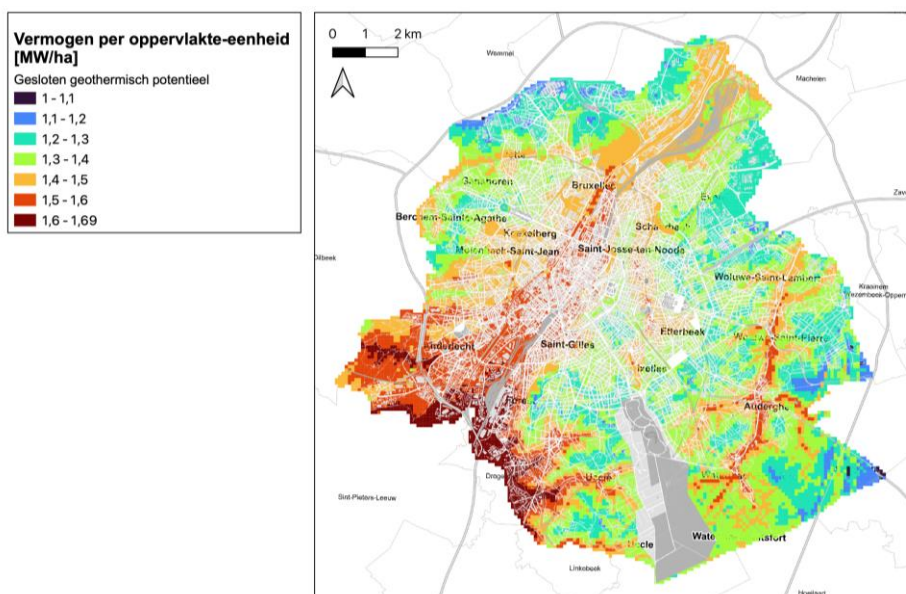
De productie van koude heeft een gelijk potentieel als de productie van warmte om de balans van de hulpbron te waarborgen tussen de winning van warmte en koude.

⁵ Productiepotentieel dat kan worden geïnjecteerd in het gasnet voor heel België

⁶ Het verwarmen van oppervlaktewater om koude te winnen is verboden in het CBR om gevolgen voor de biodiversiteit te voorkomen.

⁷ https://document.environnement.brussels/opac_css/doc_num.php?explnum_id=11125





Figuur 1 - Cartografie van gesloten geothermie met een constante boring van 200 meter.

Open Geothermie

Het bruto potentieel van open geothermie, ook wel koud warmte opslag (KWO) genoemd, is aanzienlijk en kan tot een vierde van de vraag naar energie in 2021 in de finale energie dekken. Het totale potentieel voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wordt geschat met behulp van een numeriek model dat het "gemiddelde" hydrogeologische milieu van elke watervoerende laag nabootst⁸⁹. In vergelijking met gesloten geothermie is het moeilijker om dit potentieel nauwkeurig te kwantificeren op lokaal niveau vanwege aanzienlijke onzekerheden en nogal beperkte veldgegevens.

Het potentieel voor koelproductie is gelijk aan dat van warmteproductie om de hulpbron tussen warmte- en koelopname in evenwicht te brengen, aangezien een onevenwichtigheid in een project op grotere schaal schadelijk kan zijn.

Aerothermie

Het bruto potentieel van aerothermie is aanzienlijk en kan meer dan de helft van de vraag in 2021 naar nuttige energie dekken. Dit potentieel wordt berekend op basis van individuele kenmerken van elk gebouw, zoals beschikbare platte oppervlakken op daken of in tuinen en mogelijke terugtrekking ten opzichte van de scheidingsmuur.

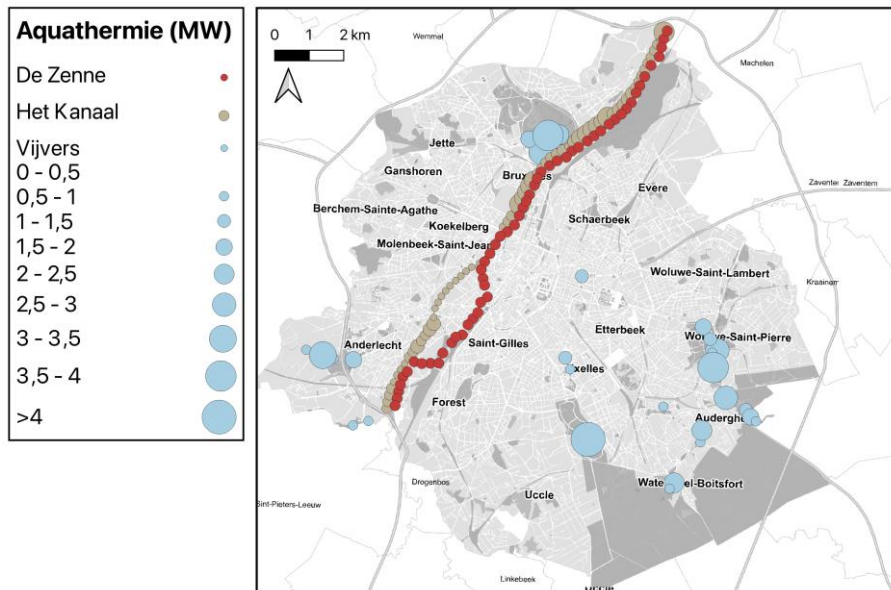
Aquathermie

Het bruto potentieel van aquathermie is minder belangrijk, maar zou toch bijna 10% van de vraag in 2021 naar nuttige energie kunnen dekken. De bronnen die in de berekening van dit potentieel zijn opgenomen, zijn vijvers van meer dan 10.000 m², het kanaal van Brussel en de Zenne (**Figuur 2**). Het grootste deel van het potentieel bevindt zich ten noorden van het Gewest, waar het kanaal het breedst is, maar het centrum van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en het zuidwesten hebben ook een aanzienlijk potentieel.

⁸ Er zijn drie hydrogeologische eenheden gebruikt: Landenian sands aquifer, Paleozoic basement aquifer en Bruxellian sands aquifer.

⁹ https://document.environnement.brussels/opac_css/doc_num.php?explnum_id=11125





Figuur 2 – Potentieel van aquathermie in het BHG

Riothermie

Het bruto potentieel van riothermie mag niet worden verwaarloosd en bedraagt iets meer dan 2% van de vraag naar nuttige energie in 2021. Dit potentieel omvat de restwarmtepotentieel van de RWZI's, waarvan het belangrijkste potentieel zich bevindt bij de noordelijke RWZI (**Figuur 5**), en van de rioolcollectoren.

Meer specifiek voor de warmteterugwinning uit riolen, geeft **Figuur 3** de belangrijkste rioolcollectoren in het Gewest weer, dat wil zeggen de riolen waar riothermie kan worden overwogen. Deze figuur toont aan dat het centrale deel van het Gewest en langs het kanaal overeenkomen met de gebieden met potentieel.

Het potentieel voor koelproductie wordt geschat met een hoger rendement dan voor warmteproductie, maar over een kortere tijdsperiode.

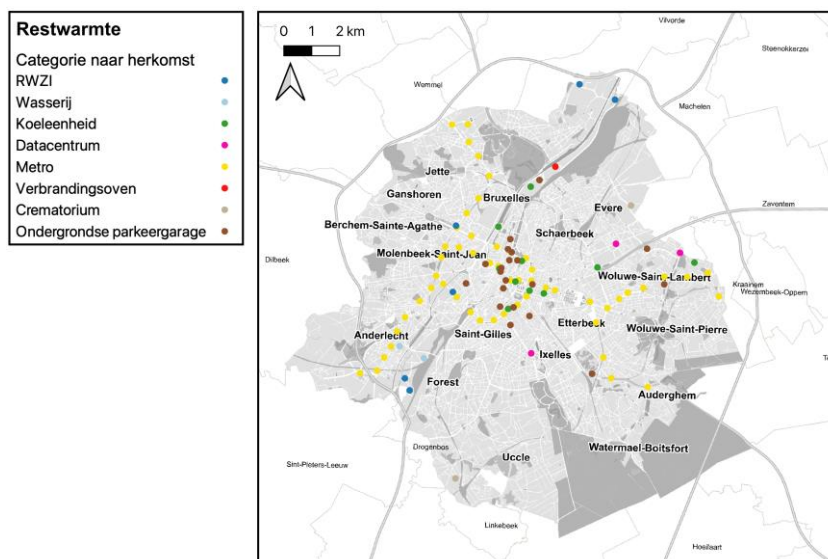


Figuur 3 - belangrijkste riolen in het Gewest

Restwarmte en warmteterugwinning



De processen die warmte genereren die niet wordt teruggewonnen of benut (restwarmte) zijn talrijk in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, maar buiten de verbrandingsoven en de noordelijke zuiveringsinstallatie zijn deze potentiële relatief laag en verspreid over het grondgebied. De meeste bronnen van restwarmte bevinden zich langs het kanaal en in het centrum van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.



Figuur 4 - Kaart van de warmteterugwinning per categorie



Figuur 5 - Kaart van de warmteterugwinning per categorie (Energie)

2.2.2. Hogetemperatuurbronnen

Afvalverbranding

Het Brusselse energie-afvalverbrandingsinstallatie bestaat uit drie ovens die momenteel ongeveer 1 TWh aan stoom per jaar produceren. Het potentieel verbonden aan de verbrandingsoven wordt berekend op basis van de beschikbare warmte, de productie van elektriciteit die nodig is voor de eigen behoeften van de site en de verwachte vermindering van het afvalvolume met een derde. Dit ruwe potentieel maakt het tot de eerste lokale hogetemperatuurbron die kan worden benut via een warmtenetwerk (WN).

Biogas



Het potentieel voor de productie van biogas in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is marginaal, de beoordeling van het ruwe technische potentieel is gebaseerd op het Belgische potentieel van 15,6 TWh¹⁰. Twee derde van dit potentieel zou in de buurt van het distributienetwerk worden geproduceerd en zou dus kunnen worden teruggeïnjecteerd, waarbij 10,4 TWh wordt overwogen. In tegenstelling tot andere potentieelbronnen is dit dus een ruw potentieel dat tussen de verschillende regio's in België moet worden verdeeld. De import van biogas uit het buitenland is niet overwogen omdat geen enkel land in staat lijkt te zijn om meer biogas te produceren dan zijn eigen behoeften.

Vaste biomassa, waterstof en e-methaan

Het ruwe technische potentieel van vaste biomassa, waterstof en e-methaan is niet geschat omdat het moeilijk te kwantificeren is of zeer beperkt in termen van lokale productie. Waterstof en e-methaan zullen uit het buitenland geïmporteerd worden.

Hoogrendements Warmtekrachtkoppeling

De markt voor warmtekrachtkoppeling wordt momenteel ondersteund door een regionale subsidie (groenestroomcertificaten), waarvan de beëindiging voor fossiele warmtekrachtkoppelingen gepland staat in 2025. Het potentieel van deze technologie lijkt momenteel sterk af te nemen tegen 2035.

2.2.3. Gemengde bronnen

Zonnewarmte

Het ruwe technische potentieel van thermische zonne-energie is aanzienlijk en kan meer dan driekwart van de vraag naar bruikbare energie van 2021 dekken, waardoor het de op een na grootste bron van potentieel is. Dit potentieel is beoordeeld op basis van het oppervlak van geschikte en goed georiënteerde daken en het netto rendement van een thermisch zonnepaneel.

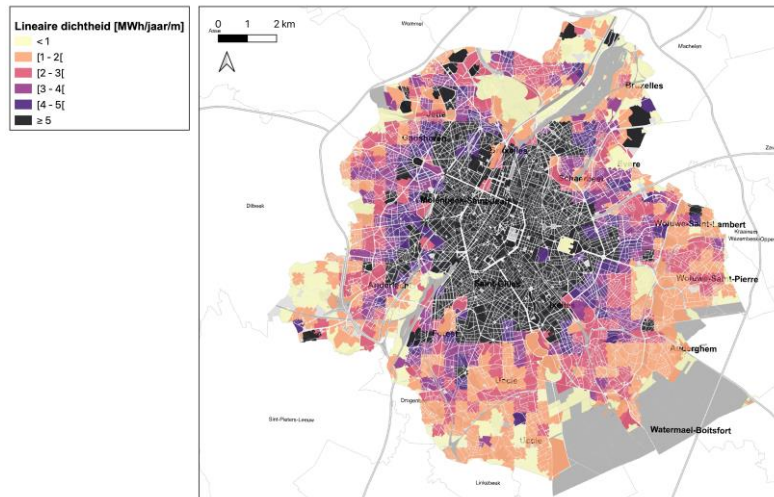
2.2.4. Thermische energienetwerken

Warmtenetten

De potentiële uitrol van warmtenetten is sterk gekoppeld aan de lineaire dichtheid (MWh/jaar/m) van toekomstige systemen, wat de jaarlijkse vraag per meter geïnstalleerd netwerk in de grond betekent. Het is mogelijk om de equivalente dichtheid van een toekomstig netwerk te schatten door, per zone, de thermische vraag van 2021 te gebruiken, berekend in **hoofdstuk 3.1** van deze sectie per oppervlakte-eenheid (GWh/jaar/km²) en de vereiste netwerkdichtheid om aan de vraag te voldoen, afgeleid van de beschikbare ruimte buiten gebouwen (plot ratio). De berekening van deze dichtheid (zie Bijlage E2 voor meer details), gecorrigeerd om rekening te houden met de verwachte afname van het verbruik in 2050 zoals berekend in **hoofdstuk 4** van deze sectie, wordt geïllustreerd in **Figuur 6**. Een dichtheid hoger dan één maakt al de installatie van kleine netwerken op lage temperatuur mogelijk. Een dichtheid hoger dan drie maakt de installatie van elk type netwerk mogelijk.

¹⁰ <https://www.valbiom.be/actualites/etude-le-potentiel-du-biomethane-injectable-dans-le-reseau-de-distribution-belge>





Figuur 6 - Kaart van de geschatte lineaire dichtheid in 2050 van warmtenetten

2.2.5. Lessen uit de verschillende geschatte potentieelbronnen

Uit de schattingen van het potentieel van verschillende technologieën blijkt het volgende:

- Geothermie op een gesloten systeem heeft het grootste en meest gelijkmatig verdeelde technische potentieel in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG). Echter, het zal moeilijk toegankelijk zijn in de meest dichtbevolkte gebieden (het centrum van de BHG) omdat het open ruimte vereist voor boringen. Deze bron moet worden bevorderd waar mogelijk, voornamelijk buiten het centrum;
- Gezien het potentieel en de relatieve eenvoud van installatie kan aerothermie een belangrijke rol spelen in de toekomstige technologiemix;
- Aquathermie heeft een interessant potentieel in het noorden en zuiden van het kanaal, evenals in sommige waterpartijen in gebieden met meer open ruimte in het oosten van de BHG;
- Het potentieel voor riothermie bevindt zich voornamelijk bij de Noordwaterzuiveringsinstallatie, maar de relatief lage lineaire dichtheid rondom maakt de exploitatie ervan via een warmtedistributienetwerk (WN) complex. Riothermie uit rioolcollectoren, indien mogelijk, bevindt zich voornamelijk langs het kanaal, in het centrum en in het noordwesten en oosten van de BHG;
- Het potentieel voor het terugwinnen van warmte uit de verbrandingsoven is aanzienlijk en moet worden geleverd via warmtedistributienetwerken in dichtbevolkte wijken in het centrum;
- Het overgrote deel van de bronnen van restwarmte (behalve de verbrandingsoven) bevindt zich langs het kanaal en in het centrum. De bijdrage van deze bronnen zal waarschijnlijk beperkt blijven en zich voornamelijk binnen gebouwen bevinden vanwege het lage potentieel;
- Biogas heeft een aanzienlijk potentieel, maar zal voornamelijk buiten de regio worden geproduceerd in veel kleinere hoeveelheden dan het momenteel geconsumeerde en verkochte aardgas. De werkelijk beschikbare hoeveelheid voor de BHG is dus onzeker en waarschijnlijk vrij beperkt;
- Zonne-thermische energie kan een rol spelen in de BHG gezien het potentieel;
- Thermische energienetwerken zullen warmte brengen naar dichtbevolkte wijken waar oplossingen beperkt zijn, zoals in het centrum. Warmtedistributienetwerken met lage temperatuur kunnen worden overwogen op het grootste deel van het grondgebied van de regio, mits gebouwen zijn uitgerust om te verwarmen op lage temperatuur.

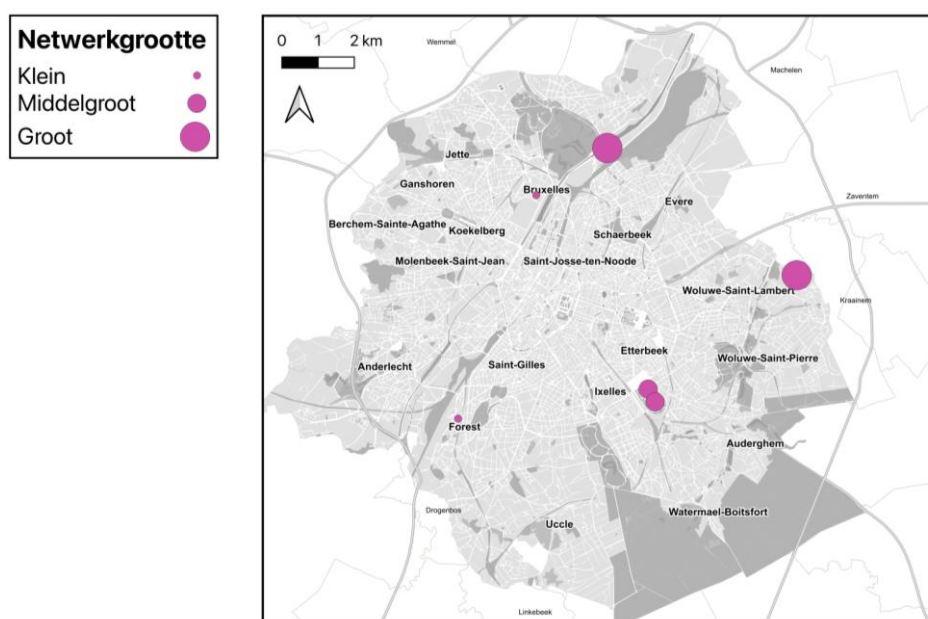
Sommige technologieën hebben zeer belangrijke technische potentieelbronnen, zoals geothermie, biogas, zonne-thermische energie en aerothermie. Het zal nodig zijn om rekening te houden met de verschillende externe factoren, kosten en beperkingen die verband houden met deze technologieën om de voorkeurs- en meest realistische oplossingen te identificeren.

2.3. Energievoorziening van warmtenetwerken



In mei 2021 heeft de Regering van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest de ordonnantie betreffende de organisatie van thermische energienetwerken en de boekhouding van thermische energie aangenomen om bepaalde bepalingen van de HEB- en EE-richtlijnen om te zetten. Deze ordonnantie verplicht netbeheerders en leveranciers onder meer om jaarlijks verbruiksgegevens aan de administratie door te geven. De huidige stand van zaken is gebaseerd op cijfers van het jaar 2021. Gegevens van voorgaande jaren zijn niet gerapporteerd.

In 2021 telde het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (in overeenstemming met de definitie van de ordonnantie, dat wil zeggen alleen netwerken waar warmte wordt verkocht) 6 warmtenetwerken (**Figuur 7**) en geen koelnetwerken, met een totaal van 99 GWh aan geleverde warmte aan klanten. Dit zijn historische netwerken die zich bevinden in verschillende Brusselse gemeenten, voornamelijk op universitaire campussen of ziekenhuissites. Een van deze netwerken valoriseert een deel van de restwarmte van afvalverbranding. Al deze netwerken worden voornamelijk gevoed door aardgas (92%). Het aandeel hernieuwbare energieën en restwarmte bedroeg respectievelijk 4% en 3,7%. Wat de technologieën betreft, voorziet warmtekrachtkoppeling (WKK) in 4,7% van de geproduceerde warmte. Een algemene cartografie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest maakt het mogelijk om deze netwerken te lokaliseren en de relatieve grootte van elk ervan te zien.



Figuur 7 - Locatie en relatieve grootte van de 6 bestaande warmtenetwerken

3. IN KAART BREGEN VAN DE THERMISCHE VRAAG VAN GEBOUWEN

Om een warmte- en koudtekaart van de regio te verkrijgen, is de thermische vraag van 2021 zoals berekend in **hoofdstuk 1** van deze sectie toegewezen aan gebouwtypologieën. Deze gemiddelde vraag per gebouwtype is vervolgens gevalideerd en gekalibreerd met behulp van de beschikbare gasverbruiksgegevens van Sibelga¹¹. Meer informatie over deze verschillende stappen wordt gepresenteerd in *Bijlage B*.

Deze statistische analyse heeft geleid tot de afleiding van de generieke kenmerken van de gebouwen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zoals gepresenteerd in **Tabel 4** voor het jaar 2021.

¹¹ Om de vertrouwelijkheid van de gegevens te waarborgen, worden de verbruikscijfers verzameld binnen bouwblokken die gedefinieerd worden door een blok gebouwen dat begrensd wordt door openbare wegen. Er zijn er 4321 in BHG.



Type gebouw Climact	Totale koelvraag (GWh/jaar)	Specifieke koelvraag (kWh/m2/jaar)
Residentieel	1.2	0.0
Industrieel	61.1	9.6
Detailhandel (exclusief horeca)	580.2	66.5
Horeca	69.5	35.6
Transport en communicatie	47.9	55.1
Bank-, verzekerings- en zakelijke diensten	106.6	16.6
Onderwijs	18.9	7.7
Zorg en gezondheid	69.3	50.0
Cultuur Sport	5.1	1.8
Administratie	71.1	18.0
Agro	0.01	0.0
Energie/Water	13.4	10.8
Andere diensten	5.8	1.1

Type gebouw Climact	Totale vraag naar ruimteverwarming (GWh/jaar)	Specifieke vraag naar ruimteverwarming (kWh/m2/jaar)
Residentieel	4525.3	47
Industrieel	0.0	0
Detailhandel (exclusief horeca)	484.2	56
Horeca	182.3	93
Transport en communicatie	169.4	195
Bank-, verzekerings- en zakelijke diensten	665.2	104
Onderwijs	293.5	119
Zorg en gezondheid	337.0	243
Cultuur Sport	161.5	58
Administratie	593.7	150
Agro	4.5	22
Energie/Water	114.6	92
Andere diensten	87.0	17

Type gebouw Climact	Totale warmwatervraag (GWh/jaar)	Specifieke warmwatervraag (kWh/m2/jaar)
Residentieel	252.4	2.6
Industrieel	162.1	25.6
Detailhandel (exclusief horeca)	44.3	5.1
Horeca	26.7	13.7
Transport en communicatie	4.2	4.8
Bank-, verzekerings- en zakelijke diensten	17.7	2.8
Onderwijs	2.7	1.1
Zorg en gezondheid	47.1	34.0
Cultuur Sport	13.3	4.7
Administratie	15.9	4.0
Agro	0.3	1.6
Energie/Water	5.6	4.5
Andere diensten	6.1	1.2

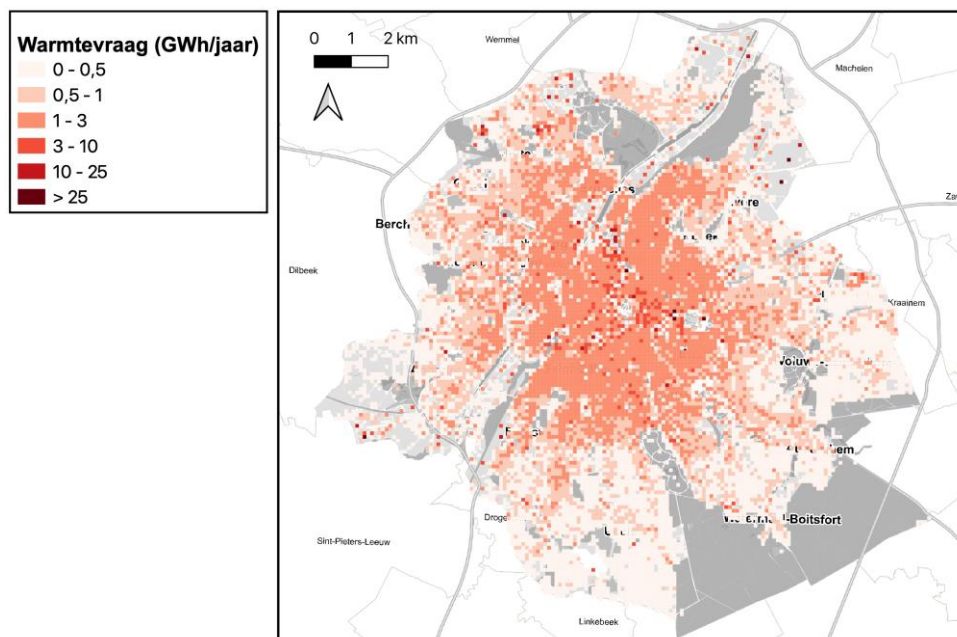
Tabel 4 - Statistische thermische eigenschappen van de gebouwen in Brussel

Met behulp van de digitale tweeling van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest kon de hierboven genoemde karakteristieke vraag worden gelokaliseerd en samengesteld per gebouw, vervolgens per kadastraal perceel en uiteindelijk per hectarezone om de onderstaande kaarten te genereren.



3.1. Kaart van de warmtevraag

Op basis van de onderstaande kaart blijkt dat het centrum en het westen tot noordwesten van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zones zijn met minstens drie keer zo hoge warmtedichtheden als aan de rand van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.



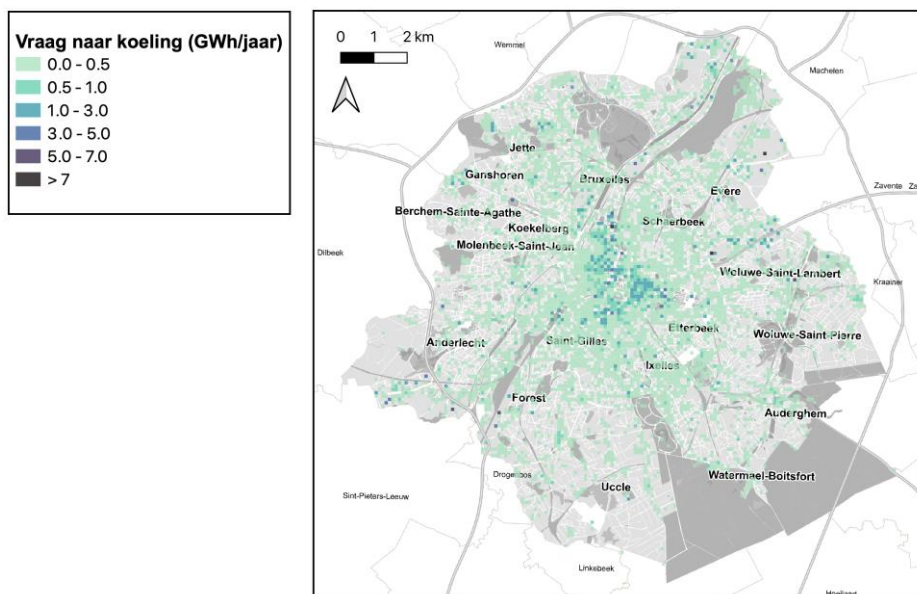
Figuur 8 - Heatmap - warmte - van BHG (Granulariteit van één hectare)

Over het algemeen komt de geografische verdeling van de warmtevraag in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest redelijk overeen met de verschillende onderzochte warmtepotentielen, hoewel sommige minder dichte gebieden in het zuiden en oosten van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest weinig andere beschikbare hulpbronnen hebben dan geothermie.

3.2. Kaart van de vraag naar koeling

De vraag naar koeling is sterk verbonden met de tertiaire activiteiten van kantoren en is daarom voornamelijk geconcentreerd in het centrum van de regio en de Europese wijk.



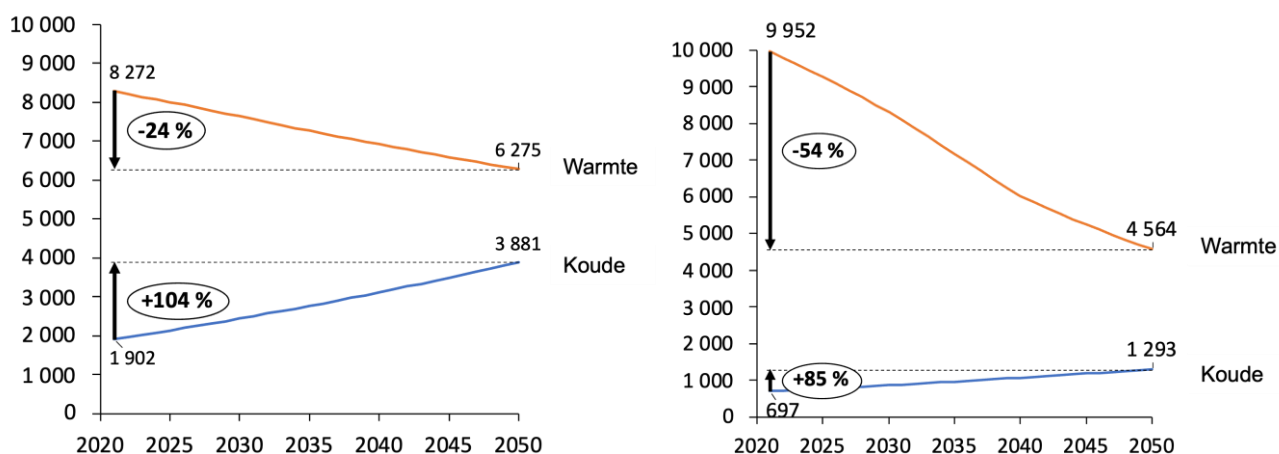


Figuur 9 - Heatmap - koud – van BHG (Granulariteit van één hectare)

4. EVOLUTIE VAN DE VRAAG NAAR WARMTE EN KOELING

Om de evolutie van de vraag naar warmte en koeling te bepalen, werden de volgende gebruiken overwogen voor de residentiële sector: hoofdverwarming voor bestaande en nieuwe woningen, bijverwarming, warm water, airconditioning en koeling¹². Voor de commerciële sector zijn de gebruiken vergelijkbaar, met uitzondering van de bijverwarming. Voor de industrie worden proceswarmte, proceskoeling en airconditioning overwogen.

De belangrijkste factoren die de evolutie van de vraag naar warmte en koeling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest beïnvloeden in de residentiële en commerciële sectoren zijn de kenmerken van de gebouwen (aantal en gemiddelde oppervlakte van de woningen, energetische intensiteit van de verwarming, etc.), het effect van renovaties, de technologiemix (verwarming, warm water, koken, koeling), de efficiëntie van elke technologie, het gebruik van airconditioning en de zuinigheid in het gebruik.



Figuur 10 - De evolutie van de vraag tussen 2021 en 2050 - nuttige energie (links) en eindenergie (rechts) [GWh]

¹² Koelen omvat ook invriezen



De evolutie van de vraag naar warmte en koude tussen 2021 en 2050 wordt geïllustreerd in **Figuur 10**¹³, links voor het nuttige energieverbruik en rechts voor het finale energieverbruik. Deze projecties zijn gebaseerd op de maatregelen van het laatste LKEP¹⁴ aangenomen door de regering op 27 april 2023. Meer informatie wordt gepresenteerd in Bijlage E1.

Het feit dat gedurende deze periode het finale energieverbruik voor warmte sneller afneemt dan het nuttige energieverbruik (en omgekeerd voor koude) is te wijten aan de verbetering in de tijd van de efficiëntie van gebruikte technologieën.

¹³ De uiteindelijke energievraag in 2021 die in deze grafiek wordt gepresenteerd verschilt enigszins van de gegevens in de tabellen in het vorige hoofdstuk, aangezien de projectiegegevens zijn genormaliseerd op basis van temperatuur, wat niet het geval is voor de gegevens in de tabellen.

¹⁴ https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PACE_NL.pdf



DOELEN, STRATEGIEËN EN HUIDIGE BELEIDSMATREGELEN

1. HERINNERING AAN DE BELANGRIJKSTE REGIONALE DOELSTELLINGEN.

De BHG streeft ernaar ambitieus te reageren op de Europese doelstellingen en de verbintenissen die zijn aangegaan tijdens het Akkoord van Parijs.

De ordonnantie van 17 juni 2021 tot wijziging van de ordonnantie van 2 mei 2013 houdende het Brussels Wetboek voor Lucht, Klimaat en Energie (BWLKE) stelt de principes vast, het kader voor het geïntegreerde beleid voor lucht, klimaat, energie, de governance ervan, evenals de minimale verminderingen van broeikasgassen die in de niet-ETS-sector moeten worden bereikt ten opzichte van 2005 :

- 2030 : ten minste -40%
- 2040 : ten minste -67%
- 2050 : ten minste -90%

Er moet worden opgemerkt dat de regio door dezelfde wet verplicht is om haar indirecte emissies in dezelfde mate te verminderen.

Het verwarmen van gebouwen is de belangrijkste bron van broeikasgasemissies in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (54% in 2021). De Regering heeft zich al vele jaren ingezet voor beleidsmaatregelen ter bevordering van energie-efficiëntie in de verwarming van gebouwen en hecht steeds meer belang aan decarbonisatie. Zo stelde het Belgische interfederaal Energiepact, aangenomen door de gewestelijke regering op 14 december 2017, al dat "in 2050 onze gebouwen niet meer zullen worden verwarmd met fossiele brandstoffen, maar met technologieën zoals warmtepompen, warmtenetten, geothermie, zonneboilers, biomassa, en hernieuwbaar gas"¹⁵.

In deze geest en in het kader van de Europese klimaatwet¹⁶ heeft de regering haar Lucht-Klimaat- Energieplan (LKEP) herzien. Deze initiatiefresulteerde op 27 april 2023 na drie lezingen en openbare raadplegingen. De belangrijkste doelstellingen van het PACE voor 2030 zijn als volgt :

- De directe broeikasgasemissies met 47% verminderen ten opzichte van 2005;
- De eindenergieconsumptie met 25% verminderen ten opzichte van 2005;
- De productie van hernieuwbare energie verhogen tot 1250 GWh.

Wat betreft de energieprestatie van gebouwen tegen 2050, steunt het plan op de renovatiestrategie van gebouwen (Renolution) en streeft het naar:

- Het verlagen van het gemiddelde primaire energieverbruik van het volledige woningenbestand in het gewest tot 100 kWh/m²/jaar. Voor het parastatale moeten deze doelstellingen in 2040 worden behaald voor het volledige woningbestand;
- Streven naar zero emission neighbourhood voor verwarming, warmwaterproductie, koeling, verlichting en elektriciteit in tertiaire gebouwen. Voor openbare gebouwen moet deze doelstelling in 2040 worden behaald.

2. PRESENTATIE VAN BELANGRIJKE MAATREGELEN

Het LKEP is het planningsinstrument voor lucht-, klimaat- en energiemaatregelen van de regering van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Het volledige plan en de in april 2023 aangenomen maatregelen zijn beschikbaar op de website van Leefmilieu Brussel¹⁷. Hieronder presenteren we een selectie van maatregelen die specifiek verband houden met de verplichte studie naar de volledige evaluatie van het potentieel voor efficiëntie op het gebied van verwarming en koeling op grond van artikel 14 van Richtlijn 2012/27/EU.

¹⁵ Bron: "Belgisch Interfederaal Energiepact - Een gedeelde visie op transitie" 2017, pagina 13.

¹⁶ VERORDENING (EU) 2021/1119 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 30 juni 2021 tot vaststelling van een kader voor het bereiken van klimaatneutraliteit

¹⁷ <https://environnement.brussels/citoyen/nos-actions/plans-et-politiques-regionales>



2.1. Maatregelen gericht op het versnellen van de renovatie van gebouwen

Het renovatie-uitdaging is aanzienlijk omdat de Brusselse woningen momenteel voornamelijk in energieklassen E, F en G vallen. Om deze uitdaging aan te gaan, implementeert het Brussels Hoofdstedelijk Gewest tegen 2026 een verplichtingssysteem met bepalingen zoals vermeld in Tabel 5.

Tabel 5 - deadlines voor de renovatie van residentiële gebouwen

Jaar	verplichting
2030	Het behalen van het energieprestatiecertificaat (EPC) voor de woning
2033	De meest energieverslindende residentiële eenheden moeten één of meerdere klassen omhoog gaan en een maximale consumptie van 275 kWh/m ² /jaar bereiken (geen EPC G en F meer).
2043	Residentiële eenheden met een EPC-klasse D en E moeten een energierenovatie ondergaan om het uiteindelijke energieprestatiedoel te bereiken, namelijk maximaal 150 kWh/m ² per jaar (EPC-klasse C bereiken).

Voor appartementsgebouwen zullen eigenaars verantwoordelijk zijn voor het naleven van de deadlines voor werken op het niveau van hun eigendom, en renovaties die het hele gebouw betreffen zullen de verantwoordelijkheid zijn van de mede-eigendom.

Vergelijkbaar met de verplichtingen voor residentiële gebouwen, zullen ook de tertiaire gebouwen worden verplicht om over een EPC-certificaat te beschikken. Een instrument voor certificering van tertiaire gebouwen zou in 2025 operationeel moeten zijn, voor alle bestemmingen. Een verplichtingssysteem voor de tertiaire sector vergelijkbaar met dat voor de residentiële sector zal ook tegen 2025 worden ingevoerd.

2.2. Voortrekkersrol van de overheid

Publieke gebouwen moeten met name een leidende rol spelen in het versnellen van het renovatietempo van de regio. Het renovatiebeleid RENOLUTION richt zich specifiek op het versterken van de EPC-vereisten voor publieke gebouwen die onderhevig zijn aan zware renovatie en op het huren en verwerven van energiezuinige gebouwen door de overheid:

- Vanaf 31/12/2026 moet elke nieuwe constructie die eigendom is van, bezet wordt door of bestemd is om te worden bezet door een overheidsinstantie het "zero emissie"-doel bereiken en uitgerust zijn met een energieproductie-installatie op basis van zonne-energie.
- Tegen 1 januari 2030 mogen regionale en lokale overheden alleen nog maar gebouwen verwerven of huren met een "nulenergie"-verbruik, en zonder uitstoot van broeikasgassen.

Om de regionale, lokale en gemeenschapsinstanties (COCOF, VGC en COCOM) te begeleiden bij de overgang van hun gebouwenpark, heeft de regering het begeleidings- en financieringsprogramma Rénoclick gelanceerd, in samenwerking met Leefmilieu Brussel en Sibelga. Het programma beoogt de rol van lokale en regionale overheden als voorbeeld te ondersteunen door middel van de diensten en ondersteuning die worden geboden via de versterking van een One Stop Shop opgezet door Sibelga en een gedeeltelijke financiering van de werken.

2.3. Uitsfasen van fossiele brandstoffen

Het geleidelijk uitsfasen van fossiele brandstoffen is essentieel om de verbintenissen tegen 2050 na te komen. In het LKEP ontwerpt de regering de regionale actie voor de komende jaren rond de volgende deadlines:

2025

- Verbod op de installatie van nieuwe verwarmingsinstallaties of vervanging van toestellen op vloeibare brandstoffen;



- Versnelling van het stopzetten van de ondersteuning (groenestroomcertificaten) voor nieuwe WKK-eenheden op aardgas;
- Afschaffing van het preferentiële aansluittarief voor gas;
- Verplichte installatie van verwarmingsinstallaties op basis van hernieuwbare energiebronnen of aansluiting op een efficiënt warmtenetwerk voor nieuwe constructies en EPC-eenheden gelijk aan nieuw.

2030

- Verplichte installatie van verwarmingsinstallaties op basis van hernieuwbare energiebronnen of aansluiting op een efficiënt warmtenetwerk voor grootschalige renovaties.

2035

- Verbod op het gebruik van verwarmingsinstallaties op vloeibare brandstoffen van meer dan 15 jaar oud. Gecombineerd met het verbod op installatie vanaf 2025, leidt dit tot een algemeen verbod op vloeibare brandstoffen voor verwarming in 2040.

Daarnaast is er een taskforce (Task Force 2050) opgericht door het plan, waarbij de regulator (Brugel) en de netbeheerder (Sibelga) van de elektriciteits- en gasnetten betrokken zijn. Deze taskforce is al opgericht in juli 2022 en heeft tot doel te bestuderen hoe en onder welke voorwaarden de levering van warmte en koude gedecarboniseerd kan worden op regionaal niveau. De resultaten van het werk en de overwegingen van deze Task Force zijn bedoeld om de regering te informeren over mogelijke beleidsstrategieën, inclusief de evolutie van het aardgasnetwerk op middellange en lange termijn.

2.4. Innovatie ten dienste van de energietransitie

Om de voortdurende innovatie van de door de regering genomen maatregelen te waarborgen, is een laboratorium voor duurzame renovatie van Brussels vastgoed opgericht, genaamd "RenoLab". Dit laboratorium stimuleert innovatie aan de hand van verschillende concrete methoden:

- Lancering van oproepen tot projecten om de ontwikkelde renovatie-instrumenten van het Brussels Gewest te testen en te laten evolueren.
- Lancering van oproepen tot projecten over specifieke onderwerpen (akoestiek, materialen, HVAC, warmtenetten...) om zo veel mogelijk informatie te verzamelen en, indien nodig, de meest relevante uitvoeringsstrategieën te ontwikkelen.
- Lancering van oproepen tot projecten met een specifieke doelgroep (bv. mede-eigenaars) met als doel opnieuw analyse, observatie en aanpassingen voor te stellen aan de gerelateerde maatregelen.

Dit laboratorium beheert continu deze gegevens en stelt ze ter beschikking van de actoren in de renovatie. Het dient ook als platform voor uitwisseling waar deze actoren hun ervaringen en goede praktijken kunnen delen.



ANALYSE VAN HET ECONOMISCHE POTENTIEEL VOOR EFFICIËNTIE OP HET GEBIED VAN WARMTE EN KOELING

1. OPLOSSINGEN OM TE VOLDOEN AAN DE BEHOEFTE AAN WARMTE EN KOELING

Dit **hoofdstuk** **evalueert** het realistische potentieel van verschillende technologieën voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest om aan de behoeften aan warmte en koeling te voldoen tegen 2050. Met realistisch potentieel wordt bedoeld het potentieel van hernieuwbare warmte en koeling en hergebruik dat in de komende jaren zou kunnen worden ingezet op basis van veronderstellingen over verschillende beperkingen:

- **Beschikbaarheid:** voor verbrandingstechnologieën (hoge temperatuur) betreft dit veronderstellingen over de beschikbaarheid van de bron;
- **Context:** dit zijn operationele en juridische obstakels voor de inzet van technologieën;
- **Sector:** veronderstellingen over de evolutie en groei van sectoren (arbeidskrachten) in de komende jaren om de technologieën te kunnen implementeren.

Het is belangrijk op te merken dat dit potentieel een **schatting** blijft die een orde van grootte biedt en die moet worden herzien op basis van het daadwerkelijke installatieritme en de evolutie van de overwogen beperkingen.

De onderstaande tabel vat de resultaten samen van de evaluatie van dit potentieel voor warmte en koeling. Meer informatie en details worden gepresenteerd in *Bijlage C*.

Realistisch potentieel (horizon 2050) - Nuttige energie				
Temperatuur		P (MW)	E (GWh/an)	Ratio realistisch / brutto
	Warmtevraag	4 156	6 275	(-24%)
LT	Gesloten geothermie (BEO)	444	821	3,5%
	Open geothermie (KWO)	124	229	7,8%
	Aerothermie	1 501	2 251	45,7%
	Aquathermie	29	86	11,7%
	Riothermie	15	75	39,4%
	Metro	3	15	50%
	Koeling (terugwinning)	33	13	50%
	Ondergrondse parking	1	6	50%
HT	Verbrandingsoven	57	285	100%
	Biogas	261	483	4,6%
	Vaste Biomassa	42	85	/
LT en HT	Zonnewarmte	50	22	0,3%
	Koudevraag	1700	3 121	(+64%)
LT	Gesloten geothermie (BEO)	444	821	3,5%
	Open geothermie (KWO)	124	229	7%
	Aquathermie	0	0	/
HT	Riothermie	13	20	100%
	Ondergrondse parking	1	6	50%



Tabel 5 - Realistische potentieel voor hernieuwbare energiebronnen voor verwarming en koeling

De som van deze verschillende realistische mogelijkheden is niet voldoende om aan de vraag naar warmte te voldoen die tegen 2050 wordt verwacht. Er ontbreekt ongeveer 2 TWh aan bruikbare energie, die, als alle realistische mogelijkheden worden benut, zou moeten worden gedekt door fossiele energieën en/of door elektrificatie van verwarming of productie van warm water via directe elektrificatie. Het is daarom belangrijk om alle technologieën te ontwikkelen en zoveel mogelijk beperkingen weg te nemen om dit realistische potentieel te vergroten, zodat aan de vraag naar warmte tegen 2050 volledig kan worden voldaan met behulp van hernieuwbare en efficiënte technologieën om zo de klimaatneutraliteitsdoelstellingen te halen.

Hieronder vindt de lezer een overzicht van de belangrijkste aannames voor de evaluatie van het realistische potentieel van technologieën.

Open en Gesloten geothermie

Ondanks het ruwe technische potentieel van meer dan 25 TWh zou geothermie slechts ongeveer 1 TWh aan energie leveren wat iets meer dan 15% van de geschatte warmtevraag voor 2050 vertegenwoordigt. Om dit realistische potentieel te schatten, wordt voornamelijk gekeken naar de **groei van de geïnstalleerde capaciteit**. Een ambitieuze groei van de geïnstalleerde capaciteit van 20% per jaar gedurende 10 jaar gevolgd door een constant installatietempo werd overwogen.

Aerothermie

De lucht-water-warmtepompen hebben het grootste realistische potentieel met 2,2 TWh, wat meer dan een derde van de geschatte warmtevraag voor 2050 vertegenwoordigt, terwijl het ruwe technische potentieel rond de 5 TWh ligt, wat dus 46% van dit potentieel zou zijn. De evaluatie van het realistische potentieel van lucht-water-warmtepompen wordt gedaan door uit te gaan van een groeipercentage van **10% per jaar gedurende 10 jaar voor het aantal jaarlijkse installaties**, gevolgd door het handhaven van een constant installatietarief tot 2050. Gezien het belang van dit potentieel en de impact ervan op het elektriciteitsnet wanneer de buitentemperaturen onder nul graden dalen, zal het noodzakelijk zijn om de impact op het distributienetwerk van elektriciteit te evalueren in geval van een sterke penetratie van deze technologie.

Aquathermie

Het realistische potentieel van aquathermie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is beperkt tot 86 GWh, ondanks een relatief groot ruw technisch potentieel. Deze technologie bevindt zich momenteel nog in de beginfase van ontwikkeling en maakt daarom geen grotere penetratie mogelijk. Het realistische potentieel vertegenwoordigt iets meer dan 1% van de geschatte warmtevraag voor 2050. Dit potentieel is bepaald op basis van pilootprojecten (5 projecten geïmplementeerd in 2025) en een groeihipothese (10% per jaar gedurende 10 jaar). Hierdoor zou ongeveer **11% van het ruwe technische potentieel tegen 2050** kunnen worden bereikt.

Riothermie

Riothermie heeft een vrij beperkt realistisch potentieel van 75 GWh, wat iets meer dan 1% van de geschatte warmtevraag voor 2050 vertegenwoordigt. **Het benutten van het volledige potentieel van rioleringssystemen lijkt haalbaar en realistisch**. Wat betreft de waterzuiveringsinstallaties, zal het potentieel niet gemakkelijk te benutten zijn vanwege technische moeilijkheden om deze systemen uit te rusten met warmterecuperatiesystemen en vanwege de relatief verre locatie ten opzichte van de warmteverbruikers. Het lijkt dus haalbaar om tegen 2030 **20% van het potentieel van waterzuiveringsinstallaties** te benutten, zonder verdere ontwikkelingen tegen 2050.

Restwarmte en warmteterugwinning

Verscheidene bronnen zijn mogelijk voor het valoriseren van afvalwarmte.

- Afvalverbranding: het volledige potentieel van de verbrandingsoven kan tegen 2050 worden benut.
- Metros : mogelijkheid om tegen 2030 10 metrostations uit te rusten en **50% van de 59 stations** tegen 2050.



- Koeling: mogelijkheid om tegen 2030 20% van de locaties uit te rusten en 50% tegen 2050
- Ondergrondse Parkings: mogelijkheid om tegen 2030 20% van het potentieel te benutten en **50% tegen 2050**. Aangezien er momenteel geen projecten bekend zijn voor het terugwinnen van warmte uit ondergrondse parkeergarages, zal het noodzakelijk zijn om te controleren of deze warmte effectief kan worden benut, bijvoorbeeld via pilootprojecten.

Terwijl de verbrandingsoven een interessant realistisch potentieel vertegenwoordigt met 285 GWh, wat iets minder is dan 5% van de vraag naar warmte in 2050, zijn de andere bronnen van terugwinning meer marginaal, met een totaal geschatte hoeveelheid van 34 GWh, wat minder is dan 1% van de warmtevraag in 2050.

Vaste Biomassa

De belangrijkste beperkingen voor vaste biomassa blijven de impact op de luchtkwaliteit, de noodzaak van opslagruimte, transportgerelateerde beperkingen en de lokale beschikbaarheid van hulpbronnen. Dit maakt het moeilijk om vaste biomassa als een belangrijk realistisch potentieel te beschouwen. Dit potentieel wordt geschat door uit te gaan van een **jaarlijkse groeisnelheid van 10% gedurende 10 jaar** in de warmteproductie, wat resulteert in een schatting van 85 GWh, iets meer dan 1% van de warmtevraag voor 2050.

Biogas

Het realistische potentieel van biogas is relatief laag voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, met 483 GWh, wat het toch de derde warmtebron in 2050 zou maken. Dit potentieel zou echter slechts ongeveer 8% van de warmtevraag tegen 2050 kunnen dekken. Dit potentieel is geschat op basis van het injectie potentieel van biogas in het Belgische netwerk, waarbij het aandeel van het verbruik van aardgas in 2021 in BHG wordt genomen ten opzichte van het totale Belgische verbruik van aardgas.

Waterstof en e-methaan

Er is geen realistisch potentieel voor groene waterstof en e-methaan in de verwarming van gebouwen. Hoewel deze groene moleculen nodig zullen zijn voor de overgang, suggereren hun beschikbaarheid, kosten (absoluut en relatief ten opzichte van andere verwarmingssystemen) en de verplichtingen/doelstellingen voor decarbonisatie van de industrie en het langeafstandstransport dat ze zullen worden gebruikt door sectoren die geen andere alternatieven hebben of moeilijk te elektrificeren zijn¹⁸.

Zonnewarmte

Het realistische potentieel van thermische zonne-energie in BHG is marginaal met 22 GWh, ondanks een zeer hoog en boven de vraag naar warmte voor 2050 liggend bruto technisch potentieel. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de concurrentie van fotovoltaïsche zonne-energie voor dakruimte, waarbij het laatste een zeer gunstig kader heeft dankzij groenestroomcertificaten. De gebruikte maatstaf voor dit realistische potentieel is de jaarlijkse geïnstalleerde additionele oppervlakte dat gedurende 25 jaar beperkt is tot **2500 m²/jaar**, wat zou resulteren in een totaal van respectievelijk 17.500 m² en 62.500 m² tegen 2030 en 2050.

2. KOSTEN VAN TECHNOLOGIEËN

Voor de kosten-batenanalyse in **hoofdstuk 4**, zijn de volgende elementen gedefinieerd:

- *De vraagsegmenten*;
- De kosten, zowel financieel als economisch, van de technologieën, per geïdentificeerd segment hierboven;

2.1. Definitie van de vraagsegmenten

Er zijn twee kenmerken in overweging genomen om de 9 vraagsegmenten te definiëren:

¹⁸ https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/NOT_202303_hydrog%C3%A8ne_clean.docx



- De bedrijfssector gerelateerd aan de vraag (residentieel, commercieel en industrieel);
- De grootte van het perceel (klein, middelgroot en groot).

Het criterium dat is gebruikt om de grootte van de percelen te definiëren, is het vermogen van de technische installatie:

- Geïnstalleerd vermogen < 20 kW → klein segment;
- 20 kW ≤ Geïnstalleerd vermogen < 50 kW → middelgroot segment;
- 50 kW ≤ Geïnstalleerd vermogen → groot segment.

2.2. Methodologie voor kostenberekening

Er is een gedetailleerde studie uitgevoerd naar de kosten per MWh voor elke warmteproductietechnologie en voor elk perceelgrootte zoals gedefinieerd in het voorgaande hoofdstuk (klein, middelgroot en groot). Deze is opgenomen in Bijlage D. Voor elke technologie zijn er dus drie verschillende prijzen, afhankelijk van de grootte van de installatie, die afnemen naarmate de installatie groter wordt (een kleine installatie kost meer per geproduceerde eenheid warmte dan een grote, die profiteert van schaalvoordelen).

Om de kosten van elke technologie te evalueren, zijn de volgende componenten overwogen, gebaseerd op de kosten en emissiefactoren van 2023:

- Primaire **energiekosten**;
- **Investerings** in opvangsystemen (sondes, warmtewisselaars, enz.) en conversiesystemen (warmtepompen, ketels, warmtewisselaars en directe elektrische verwarming);
- **Bedrijfs- en onderhoudskosten**;
- **Externaliteiten** voor economische analyse: kosten van emissies (CO₂ en vervuilende stoffen), werkgelegenheidsvoordelen.

Financiële kosten omvatten de eerste drie kosten, terwijl economische kosten naast de eerste drie kosten ook de externaliteiten omvatten.

De kosten-batenanalyse wordt uitgevoerd over een periode van 25 jaar. De verschillende kostencomponenten worden omgezet naar eenheidswaarde (uitgedrukt in €/MWh) door rekening te houden met de hoeveelheid geproduceerde energie gedurende de levensduur van de technologie, evenals de afschrijving van toekomstige kosten.

Er is ook een gedetailleerde studie uitgevoerd naar de kosten van warmtenetten, die is opgenomen in Bijlage D. De aannames worden hier kort samengevat. Een warmtenet wordt gekenmerkt door drie grootheden: :

- Injectiecapaciteit van de productie (in MW);
- Lineaire dichtheid (in MWh/m);
- Warmteverliezen (distributie en ketelhuis) uitgedrukt in %.

De totale verliezen in een netwerk zijn voornamelijk afhankelijk van de configuratie ervan, dat wil zeggen de distributietemperatuur (hoog of laag) en de lengte van de leidingen, ongeacht of de vraag hoog of laag is. Maar wanneer dit wordt omgezet naar een kost per MWh, zal de kost per MWh lager zijn naarmate de vraag hoger is.

Alle specifieke kosten en technische kenmerken kunnen worden uitgedrukt in verhouding tot de drie eerder genoemde karakteristieke grootheden, wat het mogelijk maakt om de kosten van aansluiting op een warmtenetwerk voor elk gebied van de regio te identificeren. De kosten van het netwerk zijn dus afhankelijk van de vraag en het gebied waarin men zich bevindt.

De kosten verbonden aan het ketelhuis zijn die van lokale en gedecentraliseerde technologieën. We nemen aan dat de ketelhuisen van de netwerken worden bevoorrad met de volgende technologieën:

- Laage temperatuur: gesloten geothermie (meest beschikbaar);
- Hoge temperatuur: technologie met de laagste totale kosten tussen WKK op biogas, biogasketel en biomassa-ketel;

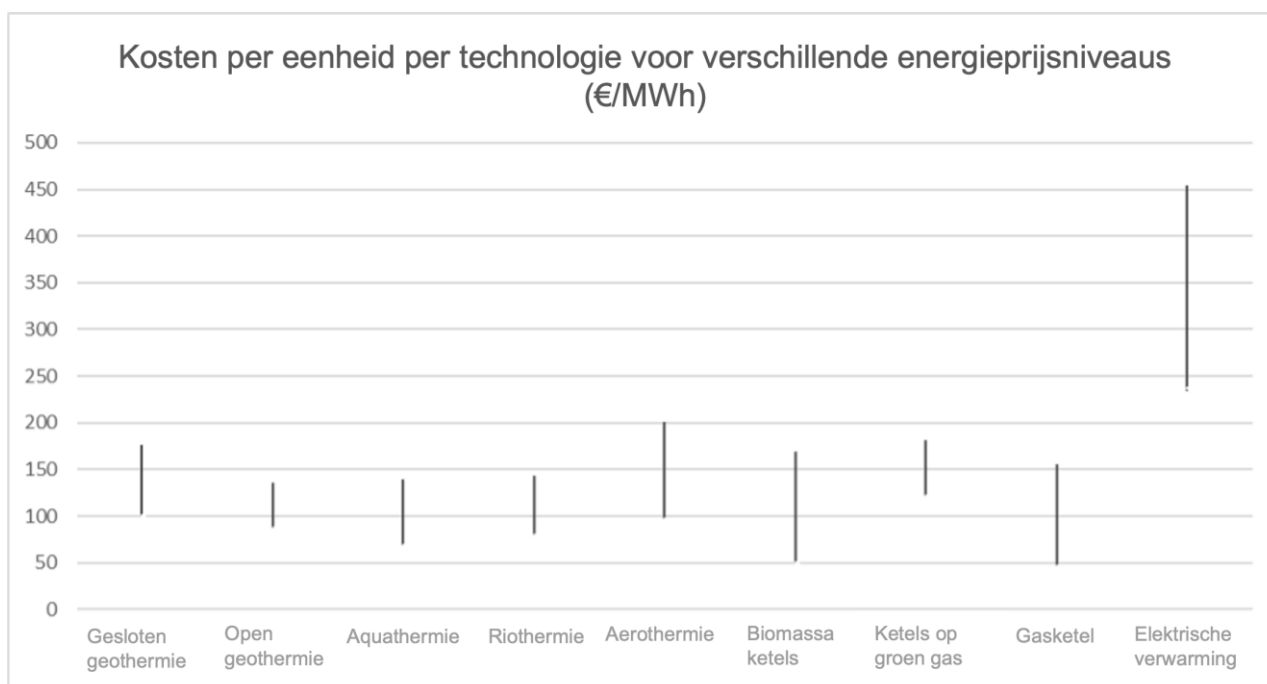


- afvalverbranding: kosten van warmteterugwinning van de verbrandingsoven (15% van de prijs van aardgas)¹⁹.

2.3. Kosten per segment

Figuur 11 toont de financiële kosten per technologie voor alle segmenten op basis van verschillende gevoeligheidsanalyses over energieprijzen (geëxtrapoleerde prijzen in 2050, april 2022 en april 2023). De kosten van verschillende technologieën worden voornamelijk beïnvloed door de kosten van energiedragers.

Het is belangrijk op te merken dat binnen de aannames voor het bottom-up scenario (zie **hoofdstuk 3.2**), niet alle technologieën toegankelijk zijn voor alle segmenten. Bijvoorbeeld, open geothermie is voorbehouden aan gebouwen met een vermogen van meer dan 140 kW. Binnen hetzelfde segment hebben niet alle percelen ook toegang tot alle technologieën. Bijvoorbeeld, voor technologieën zoals aquathermie, moet het perceel zich in de buurt van water bevinden, en voor geothermie moet het perceel buitenruimte hebben voor boringen. De volledige lijst met beperkingen en toegangsvoorwaarden voor elk van de technologieën is te vinden in bijlage E2.



Figuur 11 – Financiële kosten van technologieën voor alle sectoren en alle maten.

Naast de bovengenoemde technologieën zijn er twee technologieën die opvallen vanwege hun zeer lage kosten, namelijk warmteterugwinning (bij lage temperaturen voor €24/MWh) en warmte geleverd door de verbrandingsoven (€57/MWh). Deze technologieën, ook al is hun potentieel beperkt, lijken daarom in principe direct te moeten worden geïmplementeerd waar ze beschikbaar zijn. Op basis van gevoeligheidsanalyses van de energiekosten vertoont biomassa vergelijkbare kosten als aardgasgestookte ketels, en drie andere technologieën hebben ook vergelijkbare kosten behalve wanneer de gasprijs op zijn laagst is (prijs van april 2022), namelijk aquathermie, riothermie en open geothermie. Gesloten geothermie en aerothermie zijn duurdere technologieën, waarbij aerothermie de meest prijsgevoelige technologie blijft (afgezien van directe elektrische verwarming) voor de schommelingen in de elektriciteitsprijs.

¹⁹ De enige kostenpost is het gebruik van aardgas wanneer de verbrandingsoven niet beschikbaar is. Deze waarde van 15% is gebaseerd op de beschikbaarheidsgraad van de verbrandingsoven (85% - <https://www.nrdc.org/bio/rachel-fakhry/myth-247365-power-plant>), dus aardgas wordt over het algemeen 15% van de tijd gebruikt als vervanging.



In alle gevallen is directe elektrische verwarming buitengewoon duur, waarbij deze over een periode van 25 jaar tussen de 2 en 9 keer duurder is dan de andere bestudeerde technologieën.

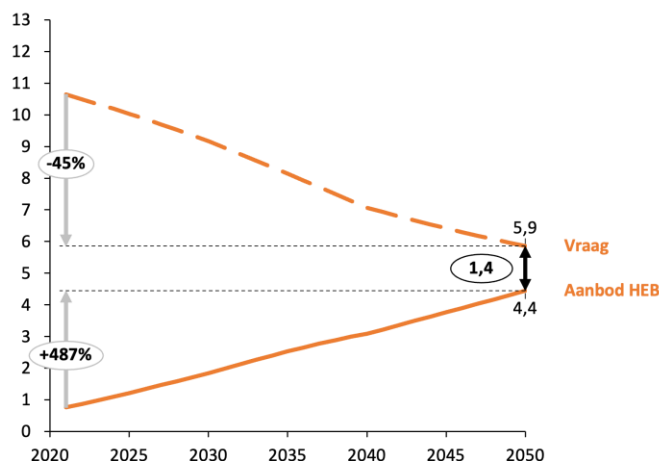
Wat betreft de economische kosten van technologieën, dat wil zeggen de kosten inclusief externe effecten, variëren deze weinig ten opzichte van de financiële kosten, behalve voor biomassa en aardgasgestookte ketels. Hoewel biomassa interessant lijkt in bepaalde gevallen, vooral voor grote installaties waarvan de kosten van snippers laag zijn, is de impact van fijnstofemissies zeer significant en wordt geschat op bijna €200/MWh. Dit maakt het dus een minder relevante technologie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zonder strenge regelgeving met betrekking tot luchtverontreinigende stoffen. Voor aardgasgestookte ketels bevestigt de verdiscontering van externe effecten de noodzaak om af te stappen van fossiele brandstoffen.

3. SCENARIO'S VAN REFERENTIE EN ALTERNATIEVEN

In deze sectie worden 4 scenario's gepresenteerd om te voldoen aan de vraag naar warmte en koude in 2050, zoals geschat in **hoofdstuk 4** van de eerste sectie.

3.1. Referentiescenario (WAM)

Dit eerste scenario is een schatting van de meest waarschijnlijke evolutie van het hernieuwbare aanbod om te voldoen aan de vraag in 2050. Dit referentiescenario, genaamd WAM, is een extrapolatie tot 2050 van de projecties van het verbruik tegen 2040, opgesteld door Leefmilieu Brussel in het kader van de Governance Regulation, projecties bijgewerkt met de laatste maatregelen gedefinieerd in het LKEP.

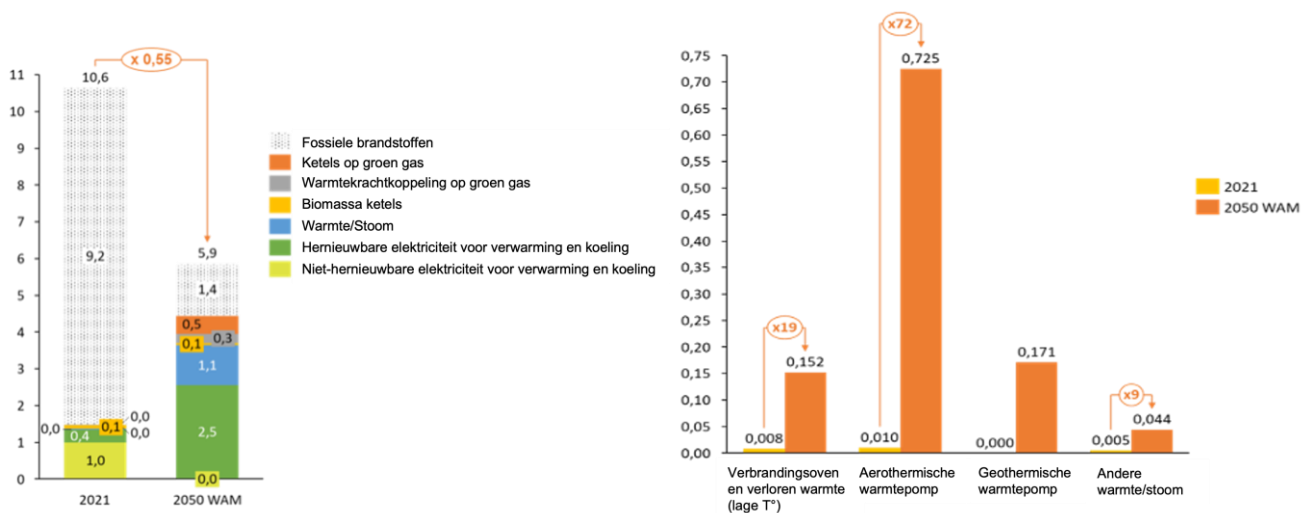


Figuur 12 – Scenario WAM - Evolutie van het aanbod en de vraag naar warmte en koude - Finale energie [TWh]

Figuur 12 illustreert de evolutie van de vraag naar warmte en koude (finale energie), evenals het beschikbare hernieuwbare aanbod (SER-aanbod) om aan deze vraag te voldoen. Deze oefening helpt bij het schatten van de hoeveelheid fossiele energie die nog steeds nodig is in 2050 in dit referentiescenario. Tegen 2050 zou er nog **1,4 TWh fossiele energie nodig zijn**, wat overeenkomt met 25% van de vraag. Het SER-aanbod in het referentiescenario bereikt 86% (in 2030) en 77% (in 2050) van het geschatte realistische potentieel voor hernieuwbare en hergebruikte technologieën in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

De twee onderstaande figuren illustreren de verwachte technologiemix en helpen bij het overwegen van de toename van hernieuwbare technologieën die nodig zijn. In dit scenario is de verwachte directe elektrificatie voor verwarming en warmwaterproductie ook zeer belangrijk, **met 1,3 TWh** van de 2,5 TWh hernieuwbare elektriciteit, de rest is elektriciteit voor koudeproductie. De 1,1 TWh aan warmte/stoom is voornamelijk afkomstig van warmtepompen (0,9 TWh zoals weergegeven in de grafiek rechts).





Figuur 13 – Eindenergievoorziening van fossiele brandstoffen en hernieuwbare energiebronnen voor 2021 en 2050 WAM (links) en per technologie (rechts) [TWh]

Het referentiescenario wordt in Bijlage E1 uitgebreid beschreven.

3.2. Alternatieve scenario's

Drie alternatieve scenario's stellen de BHG in staat om volledig (voor de eerste twee) of bijna volledig (voor de derde) te voldoen aan de klimaatneutraliteitsdoelstellingen. Twee van deze scenario's zijn ontwikkeld volgens een top-downbenadering (groene brandstoffen en energierugwinning), en één scenario is ontwikkeld volgens een bottom-upbenadering.

- **Top-down** benadering: Dit houdt in dat een technologische mix op regionaal niveau wordt ontworpen om aan de vraag te voldoen, zonder rekening te houden met lokale beperkingen. Het doel is om aan de vraag te voldoen op basis van een gekozen technologische mix. In deze benadering zijn, afgezien van de verbrandingsoven, geen warmtenetten overwogen.
- **Bottom-up** benadering: Dit is een simulatie die is gebaseerd op het principe waarbij aan elke gebruiker (kadastrale perceel) de keuze wordt gelaten om de toegankelijke technologie te gebruiken die het goedkoopst is, hetzij individueel, hetzij collectief via een warmtenet. Het gaat dus om de technologische keuze die elk kadastraal perceel zou maken als deze keuze uitsluitend gebaseerd was op de financiële kosten, beoordeeld over een periode van 25 jaar, zonder rekening te houden met de toegankelijke technologie die momenteel op het perceel wordt gebruikt. Deze benadering maakt het mogelijk om rekening te houden met lokale beperkingen bij de toegang tot verschillende technologieën, maar kan op macro-niveau onrealistisch blijken te zijn vanwege bijvoorbeeld de beschikbaarheid van hulpbronnen of luchtverontreiniging.

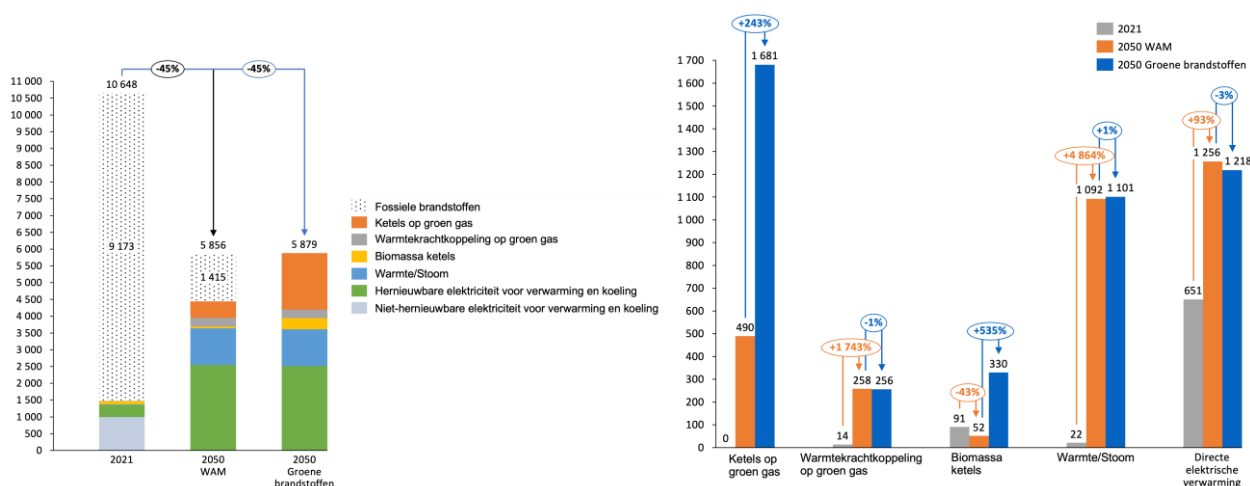
De twee top-down scenario's worden in Bijlage E1 in detail beschreven, en het bottom-up scenario in Bijlage E2. Deze scenario's vormen op zichzelf geen te bereiken doelstellingen en gaan niet uit van een bepaalde wenselijkheid. Ze stellen ons in staat om bepaalde effecten, beperkingen en mogelijkheden met betrekking tot een bepaalde technologische mix te evalueren.

Scenario "Groene brandstoffen"

In dit top-down scenario wordt de niet-fossiele technologische mix van het WAM-scenario opnieuw gebruikt, waarbij groene brandstoffen de 1,4 TWh fossiele energie vervangen. Groen gas en biomassa worden de dominante technologieën. Dit alternatieve scenario maakt het dus mogelijk om volledig te voldoen aan de vraag naar warmte en koude tegen 2050 met behulp van hernieuwbare energiebronnen, voornamelijk door gebruik te



maken van energiebronnen die kunnen worden geïntegreerd in bestaande energienetwerken (zoals het gasnetwerk) en energie-infrastructuur (zoals ketels)²⁰.



Figuur 14 – Eindenergievoorziening van fossiele brandstoffen en hernieuwbare energiebronnen voor 2021, 2050 WAM en 2050 Groene brandstoffen (links) en per technologie (rechts) [GWh]

Figuur 14 toont de technologiemix voor dit alternatieve scenario voor 2050 in eindenergie, vergeleken met het aanbod in 2021 en het WAM-aanbod in 2050. Zoals te zien is in de grafiek, wordt het verschil in dit alternatieve scenario voornamelijk gedekt door groene gasketels, groen gas cogeneratie en biomassa-verwarming, die allemaal technologieën zijn met een **laag rendement**. Dit scenario vereist aanzienlijke hoeveelheden groen gas, wat gezien het realistische potentieel dat in **hoofdstuk 1** is geschat, **weinig waarschijnlijk** lijkt.

Scenarios "Warmteterugwinning"

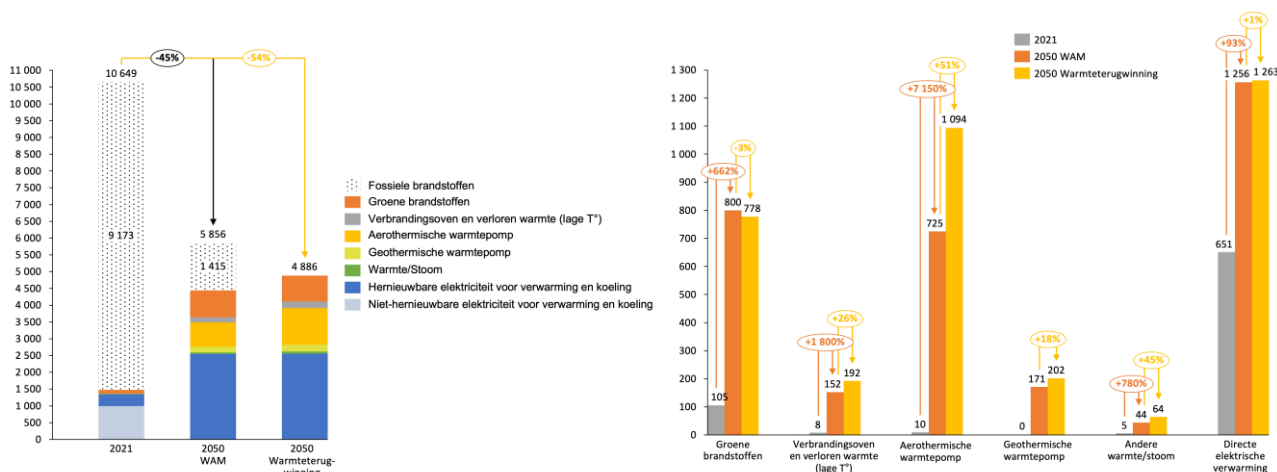
In dit top-down scenario wordt het niet-fossiele technologiemix van het WAM-scenario hergebruikt en wordt warmteterugwinning gebruikt om de 1,4 TWh fossiele energie te vervangen. Warmtepompen worden de dominante technologie. Dit alternatieve scenario maakt het mogelijk om in de vraag naar warmte en koude te voorzien tegen 2050 met uitsluitend hernieuwbare energiebronnen door gebruik te maken van technologieën met bijzonder gunstige rendementen (SCOP). De volgende technologieën, voornamelijk gevoed door elektriciteit en warmteterugwinning, staan centraal in dit alternatieve scenario: (i) lucht-water-warmtepompen, (ii) geothermische warmtepompen, (iii) rio- en aquathermische warmtepompen, (iv) zonnearmte-installaties en (v) thermische terugwinningssystemen (verbrandingsoven, restwarmte).

Figuur 15 toont de technologiemix voor dit alternatieve scenario in 2050 in eindenergie, vergeleken met het aanbod in 2021 en dat van het WAM-scenario in 2050. Zoals te zien is op de grafiek, wordt het verschil in dit alternatieve scenario voornamelijk gedekt door verschillende **zeer efficiënte** warmtepomptechnologieën met rendementen die veel hoger liggen dan 100%, en door warmteterugwinningssystemen die restwarmte benutten. Dit resulteert in een **aanzienlijk lagere** eindenergie in het alternatieve scenario dan in het WAM-scenario. De

²⁰ Dit is het geval voor (gezuiverd) biogas, e-methaan en vaste biomassa, maar niet voor waterstof, waarvoor het netwerk en de infrastructuur moeten worden aangepast.



toenames in verschillende technologieën ten opzichte van het WAM-scenario zijn relatief beperkt, behalve voor de lucht-water-warmtepompen.

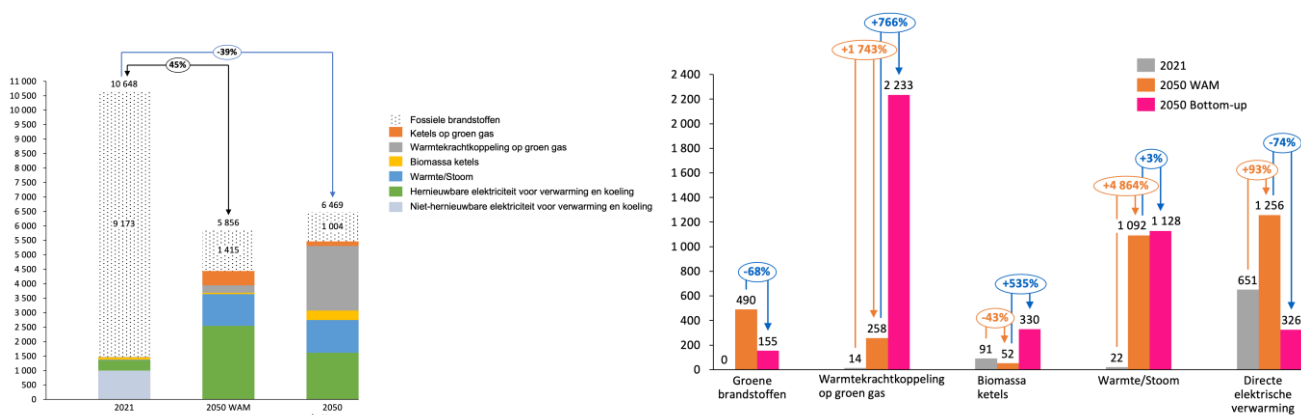


Figuur 15 – Eindenergievoorziening door fossiele brandstoffen en hernieuwbare energiebronnen voor 2021, 2050 WAM en 2050 Warmteterugwinning (links) en per technologie (rechts) [GWh]

Scenario « Bottom-up »

In dit bottom-up scenario worden de individuele technologische mixen geaggregeerd op regionaal niveau om een algeheel beeld van de technologische mix te verkrijgen. Dit scenario voorziet grotendeels in de vraag naar warmte en koude tegen 2050 met behulp van hernieuwbare energiebronnen. Dit scenario onderscheidt zich door een breed scala aan energiemixen, waarbij alle beschikbare technologieën worden benut: (i) geothermische warmtepompen, (ii) rio- en aquathermische warmtepompen, (iii) lucht-water warmtepompen, (iv) warmteterugwinningssystemen (verbrandingsoven, restwarmte), (v) groengas ketels, (vi) groengas cogeneratie, en (vii) biomassa verwarmingssystemen.

Figuur 16 toont de technologische mix voor het bottom-up scenario in 2050 in termen van eindenergie, vergeleken met het aanbod in 2021 en dat van het WAM-scenario in 2050. Zoals te zien is in de grafiek, is het aandeel fossiele brandstoffen lager dan in het WAM-scenario, en het verschil wordt voornamelijk gedekt door een toename van groengas cogeneratie en een afname van hernieuwbare elektriciteit die direct wordt gebruikt voor warmteproductie, waarbij directe elektrische verwarming een zeer kostbare technologie is (zie **hoofdstuk 2.3**). Elk MWh gas dat in de cogeneratie wordt geïnjecteerd, genereert ongeveer 0,6 MWh warmte en 0,3 MWh elektriciteit. In het bottom-up scenario wordt de toename van de benodigde eindenergie dus gecompenseerd door een indirect voordeel (niet weergegeven in de grafiek): de productie van hernieuwbare elektriciteit (groengas in de cogeneratie).

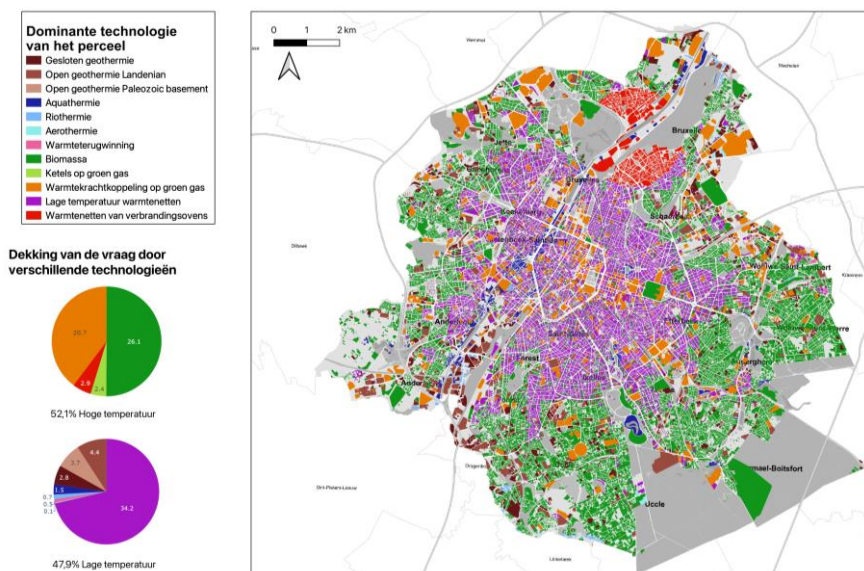


Figuur 16 – Eindenergievoorziening door fossiele brandstoffen en hernieuwbare energiebronnen voor 2021, 2050 WAM en 2050 Bottom Up (links) en per technologie (rechts) [GWh]



Figuur 17 hieronder staat een overzicht van de dominante technologie per kadastraal perceel van het bottom-up scenario. Deze kaart geeft aan dat vanuit **financieel oogpunt**:

- Het overgrote deel van de eerste en tweede kroon heeft baat bij aansluiting op een laagtemperatuur warmtenet. Vanwege de beperkte beschikbare ruimte is de keuze voor technologieën beperkt, waardoor het geothermische potentieel wordt gedeeld en warmte naar het centrum wordt gebracht;
- Warmtenetten voorzien in ongeveer 35% van de regionale vraag in dit scenario;
- Het overgrote deel van de derde kroon kiest ervoor om te verwarmen met biomassa en dus op hoge temperatuur, waarbij de lineaire dichtheid van dit gebied warmtenetten niet rechtvaardigt;
- Grote verbruikers hebben geen belang bij aansluiting op een warmtenet, zelfs niet in het centrum van de regio, ondanks een overwicht aan warmtenetten, en kiezen voor groengas-cogeneratie en dus hoge temperatuur.

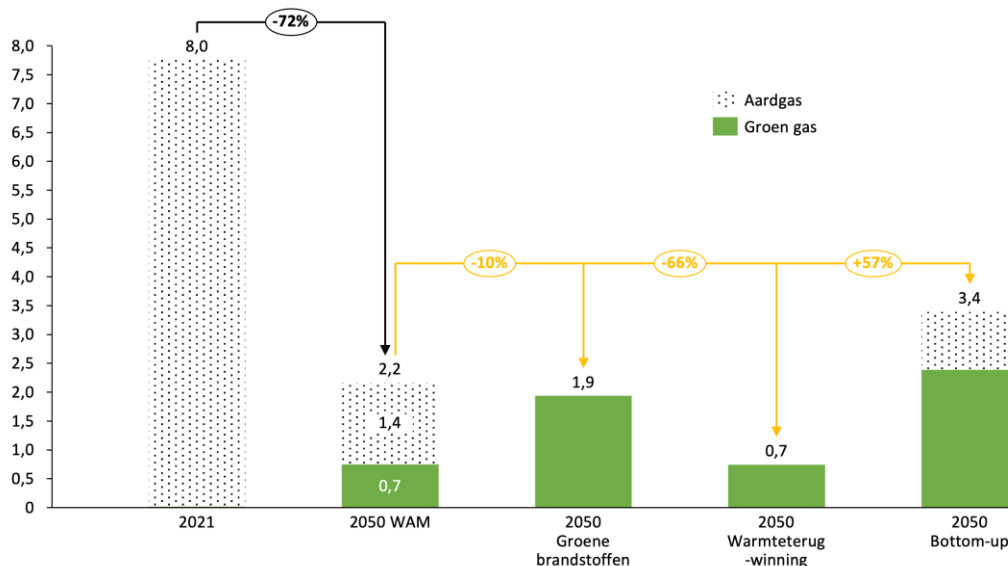


Figuur 17 – Dominante technologie per kadastraal perceel van het bottom-up scenario

Impact van de scenario's op het gas- en elektriciteitsnetwerk.

Zoals geïllustreerd in **Figuur 18**, wordt het totale gasverbruik in 2050 in de verschillende scenario's gedeeld door een coëfficiënt tussen 2,4 en 10 in vergelijking met het huidige gasverbruik. Dit is een belangrijk element om rekening mee te houden voor de toekomst van het gasnetwerk. Deze aanzienlijke daling zou kunnen leiden tot aanzienlijk hogere netwerkkosten dan vandaag. Een reflectie over de toekomst van dit gasnetwerk en de implementatie van passende financiële en technische oplossingen lijkt daarom noodzakelijk. De hoeveelheid groen gas in de scenario's "Groene brandstoffen" en "Bottom-up", respectievelijk 2,6 en 1,9 TWh, lijkt ook buitengewoon ambitieus of zelfs onrealistisch gezien het realistische potentieel van 0,43 TWh zoals geschat in **hoofdstuk 1** van deze sectie.

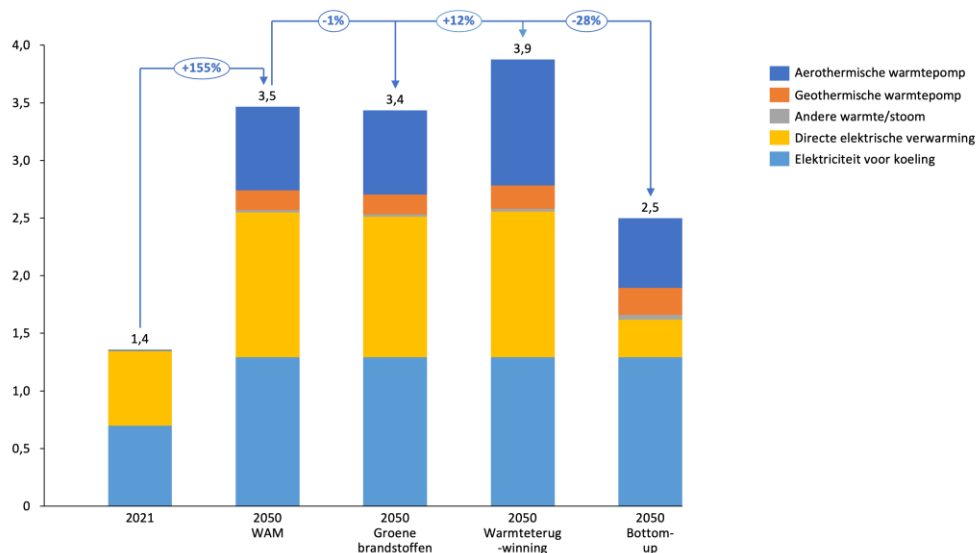




Figuur 18 - De levering van aardgas en groen gas in 2021 en 2050 voor de 4 scenario's in de uiteindelijke energie [TWh]

Met betrekking tot het elektriciteitsnetwerk (**Figuur 19**), zal het totale elektriciteitsverbruik in 2050 worden vermenigvuldigd met een coëfficiënt tussen 1,8 en 2,8. Ook dit is een belangrijk element om rekening mee te houden voor de toekomst van het elektriciteitsnetwerk. Hoewel een deel afkomstig is van de productie van koude waarvoor het aanbod van elektriciteit naar verwachting geen probleem zal zijn, kunnen scenario's met een sterke penetratie van directe elektrische verwarming of in mindere mate aërothermische warmtepompen aanzienlijke investeringen vereisen in het elektriciteitsnetwerk om te kunnen voldoen aan de piekvraag in de diepe winter. Het scenario Bottom-up, met minder gebruik van directe elektrische verwarming en een grotere inzet van warmtenetten en geothermie, kan dit investeringsbehoefte beperken. In tegenstelling tot de ontwikkeling van het gasnetwerk, zal de druk op het elektriciteitsnetwerk dus toenemen, niet alleen wat betreft de jaarlijkse energieafgifte, maar ook wat betreft de hogere piekvraag. Het elektriciteitsnetwerk zal ongetwijfeld moeten worden versterkt, ongeacht het scenario, in combinatie met andere oplossingen (technisch en niet-technisch) om de impact van piekvragen te verminderen. Om de impact op het netwerk te minimaliseren, moeten de meest efficiënte technologieën dus worden overwogen en gestimuleerd.

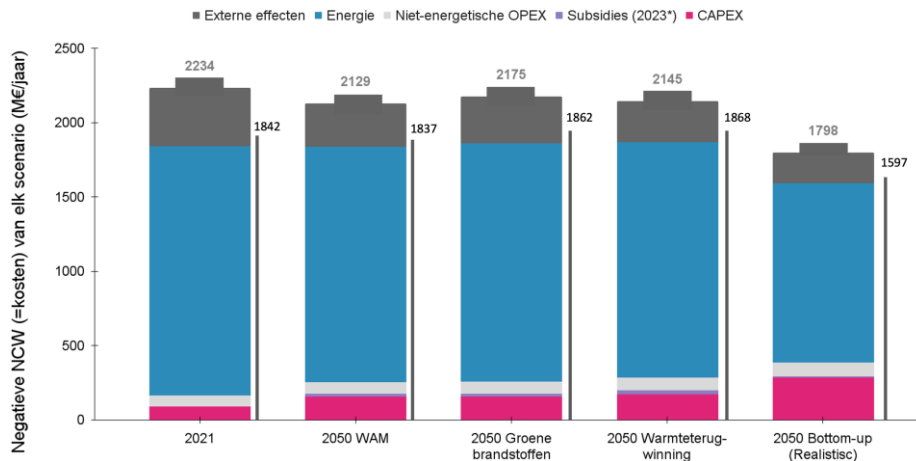




Figuur 19 - De elektriciteitsvoorziening in 2021 en 2050 voor de 4 scenario's in de uiteindelijke energie [TWh]

4. KOSTEN-BATEN ANALYSE

De financiële en economische kosten (inclusief externe effecten) van de verschillende scenario's worden weergegeven in **Figuur 20**. De kosten worden uitgedrukt in miljoenen euro's per jaar, dit is het product van de jaarlijks geleverde nuttige energie in 2050 voor elke technologie, vermenigvuldigd met de totale economische eenheidskosten ervan (€/MWh). Dit vertegenwoordigt dus de geannualiseerde kosten van elk scenario. De economische kosten bestaan uit 5 elementen: investeringskosten (CAPEX, exclusief subsidies), het subsidiebedrag²¹ (volgens het systeem dat van toepassing is in 2023, exclusief warmtekrachtkoppeling), onderhoudskosten (niet-energetische OPEX), energiekosten, en de kosten en voordelen van externe effecten (CO2-uitstoot, uitstoot van verontreinigende stoffen, werkgelegenheid).



Figuur 20 - Economische kosten (totaal) en financiële kosten (zijkant) van de verschillende scenario's, uitgedrukt in M€/jaar, en in huidige waarde

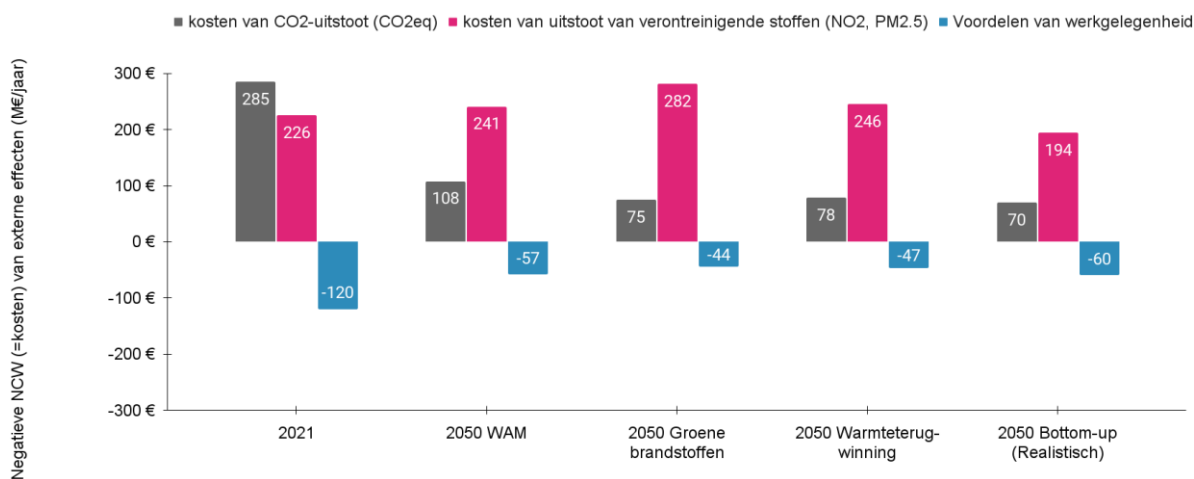
Uit dit diagram blijkt het volgende:

²¹ Opmerking over subsidies: in de totale investeringskosten wordt hier een onderscheid gemaakt tussen het CAPEX-gedeelte, dat de netto-investering is die daadwerkelijk door de gebruikers wordt gedaan, en het gesubsidieerde gedeelte, dat door de regio wordt gedragen. Het is dus de som van de CAPEX en de subsidie die moet worden gezien als de totale investeringskosten in de infrastructuur voor energieproductie/distributie (d.w.z. aankoop van machines, installatie, boringen, enz.).



- De kosten in 2050 zijn lager dan die van 2021, voornamelijk vanwege een bijna twee keer zo lage vraag;
- Het gewicht van de energiecomponent is overheersend in alle scenario's (tussen 67% voor Bottom-up en 75% voor WAM);
- De scenario's WAM, groene brandstoffen en warmteterugwinning hebben vergelijkbare kosten, rond de 2,15 miljard euro per jaar voor de warmte- en koudevoorziening. Dit komt overeen met ongeveer €1800 per jaar per inwoner in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (bevolking 2019), en €1500 per jaar per inwoner exclusief externaliteiten;
- Het Bottom-up scenario heeft aanzienlijk lagere kosten (-15%) dan de Top-down scenario's, dus de economische optimale lijkt een mix van technologieën te zijn;
- In tegenstelling tot de 3 Top-down scenario's, bevordert het Bottom-up scenario technologieën waarvan de investeringskosten hoog zijn maar de energiekosten laag, wat resulteert in hogere kapitaaluitgaven;
- Het Bottom-up scenario heeft lagere externe kosten (zie **Figuur 21**) ;

De overwogen economische externaliteiten zijn van drie soorten: de kosten van CO₂-uitstoot (€100/tCO₂eq), de kosten van uitstoot van verontreinigende stoffen (NO₂: €44/t en PM_{2.5}: €1046/t), de voordelen van werkgelegenheid. De verdeling van deze emissies wordt weergegeven in **Figuur 21** en de methodologische details in Bijlage D.



Figuur 21 - Verdeling van de externaliteiten van de verschillende scenario's, uitgedrukt in M€/jaar en in huidige waarde op basis van de gemiddelde emissiefactoren van 2023

4.1. Gevoeligheidsanalyse

Een gevoeligheidsanalyse wordt ook uitgevoerd om het effect van variaties in de volgende belangrijke parameters te kwantificeren: **energieprijs**, **externe kosten**, **vraagniveau** en **efficiëntie** van bepaalde technologieën.

Het detail van deze analyse is te vinden in Bijlage F. Hier zijn de belangrijkste lessen van deze verschillende gevoeligheidsanalyses:

- Het Bottom-up scenario, dankzij zijn grote mix van technologieën en het gebruik van technologieën met hoge kapitaalkosten, is het meest veerkrachtig tegen prijsschokken, zowel energieprijzen als externe kosten;
- De efficiëntie van technologieën en soberheid hebben een belangrijke impact op de energievraag, dus de meest efficiënte technologieën moeten worden bevorderd.
- Een aanzienlijke toename van de efficiëntie van aërothermie maakt het financieel zeer voordelig voor de kleine en middelgrote sectoren. Het vervangt de biomassa, die de voorkeursoplossing was buiten het centrum voor het Bottom-up scenario.



Lessen uit de kosten-batenanalyse

De kosten-batenanalyse toont aan dat twee elementen belangrijk zijn om de decarbonisatie van de warmte- en koudevoorziening economisch en technisch efficiënt te laten verlopen en tegelijkertijd een veerkrachtige energiemix te bevorderen.

Element #1: Benutten van alle beschikbare laag-temperatuur- en restwarmtebronnen

- Alle laag-temperatuurtechnologieën hebben een significante invloed op de kostenreductie van de voorziening. Hun uitstekende efficiëntie biedt een verhoogde veerkracht tegen prijsschokken.
- Het gebruik van een warmtenetwerk verbonden met de verbrandingsoven is de minst dure oplossing, maar is in feite afhankelijk van de aankooprijks van energie die redelijk moet blijven (valorisatie van restwarmte).

Element #2: Sommige technologieën moeten worden vermeden, terwijl andere vandaag de dag al goedkoper zijn dan de aardgasketel

- Directe elektrische verwarming moet zoveel mogelijk worden vermeden. Naast de hoge prijs kan de impact op het elektriciteitsnet in de toekomst problematisch zijn.
- Lokale warmteterugwinning, indien technisch haalbaar (metro, parkeergarage, datacenters, koelsystemen, ventilatiesystemen...) en het warmtenetwerk van de verbrandingsoven zijn zeer winstgevend in vergelijking met de aardgasketel en moeten daarom vandaag al worden ingezet.
- Geothermische, aquathermische en riothermische technologieën zijn concurrerend en moeten worden bevorderd als alternatief voor de aardgasketel.

De beperkingen die uit alle scenario's naar voren komen, geven aan dat volledige decarbonisatie van de regio alleen mogelijk zal zijn door bepaalde beperkingen op te heffen en het realistische potentieel van bepaalde sleuteltechnologieën te vergroten. Het zal nodig zijn om hoogrenderende technologieën (riotheermie, aquathermie, geothermie, warmteterugwinning) verder te benutten en hun ontwikkeling te stimuleren om de bevoorradingskosten te verlagen. De productie van groene elektriciteit via hoogrenderende warmtekrachtkoppelingen kan ook interessant zijn om te overwegen.



LESSEN EN VOORUITZICHTEN

1. LESSEN UIT HET RAPPORT

Het benutten van het realistische potentieel van technologieën is niet voldoende om aan onze toekomstige behoeften te voorzien.

De evaluatie van het realistische potentieel van hernieuwbare technologieën geeft aan dat er tegen 2050 naar schatting nog ongeveer **2 TWh** aan energie ontbreekt, die nog steeds zou worden geleverd zijn door fossiele brandstoffen of directe elektrische verwarming. Om de koolstofneutraliteitsdoelstellingen van de regio tegen 2050 te halen, is het nodig acties te ondernemen om de beperkingen van de ontwikkeling van deze technologieën weg te nemen en dit realistisch potentieel te vergroten.

Realistisch potentieel in 2050	Energie (GWh/j)	Ratio realistisch / vraag
Warmtevraag	6 275	
Gesloten geothermie	821	13%
Open geothermie	229	4%
Aerothermie	2 251	36%
Aquathermie	86	1%
Riothermie	75	1%
Terugwinning lage t°	34	1%
Verbrandingsoven	285	5%
Biogas	483	8%
Vaste Biomassa	85	1%
Zonnewarmte	22	0%
Totaal Potentieel	4 371	70%

Tabel 6 - Realistisch potentieel van technologieën in 2050 [GWh]

De beperkingen bij de implementatie van technologieën zijn verschillend van aard

De beperkingen met betrekking tot de adoptie van zogenaamde 'groene brandstoffen' verschillen van die van de 'warmteterugwinningstechnologieën'. Voor groene brandstoffen (groen gas en biomassa) gaat het voornamelijk om beperkingen in de beschikbaarheid van hulpbronnen, terwijl het voor warmteterugwinningstechnologieën (warmtepompen, verbrandingsovens en laagtemperatuur restwarmte) voornamelijk gaat om organisatorische beperkingen zoals gekwalificeerd personeel en de hoge investeringskosten van deze technologieën. Het is duidelijk dat de Regio beter gepositioneerd is om aan de laatste te werken.

Het decarboniseren van warmte vereist een mix van technologieën

De economische analyse heeft aangetoond dat de totale leveringskosten op regionaal niveau worden verlaagd wanneer een mix van technologieën wordt toegepast. De volledige decarbonisatie van de productie van warmte en koude vereist dus de implementatie van alle beschikbare technologieën.

De energiemix in 2050 zal afhangen van verschillende factoren, waaronder de marktontwikkeling, de toegankelijkheid in een bepaald gebied, de ontwikkeling van verschillende netwerken (gas, elektriciteit en warmte), de beschikbaarheid van energiedragers en de evolutie van de regelgeving. Afhankelijk van de lokale omstandigheden in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest kan een oplossing die meer in lijn is met een bepaalde technologie in dat gebied worden toegepast (bijvoorbeeld nabijheid van laagwaardige restwarmtebronnen, moeilijk te renoveren gebieden vanwege erfgoedwaarde).



Het gasverbruik zal sterk afnemen, terwijl het elektriciteitsverbruik zal toenemen

Gezien de ambitie om het Brussels Hoofdstedelijk Gewest te renoveren, tegen 2050 koolstofneutraal te maken en de verwachte evolutie van de energiemix, zal het gasverbruik naar verwachting sterk afnemen in de komende jaren. In de verschillende onderzochte scenario's zou dit verbruik tegen 2050 slechts een klein deel bedragen van wat het nu is, tussen 0,7 en 3,4 TWh, wat neerkomt op een vermindering met een factor 2,4 tot 10. Dit zal een aanzienlijke impact hebben op het gasnetwerk en de toekomstige kosten ervan.

De vraag naar elektriciteit zal naar verwachting toenemen ten opzichte van het huidige verbruik, met waarden tussen 2,5 en 3,9 TWh, wat neerkomt op een vermenigvuldiging met een factor 1,8 tot 2,8 van het verbruik in 2021. Hoewel deze stijging minder drastisch is dan de daling van het gasverbruik, zal de impact vooral te wijten zijn aan de toename van de piekvraag in de winter, die aanzienlijk kan zijn en aanzienlijke investeringen in het elektriciteitsnetwerk kan vereisen. Het is dus essentieel om initiatieven te bevorderen die de impact van de elektrificatie van verwarming beheersen.

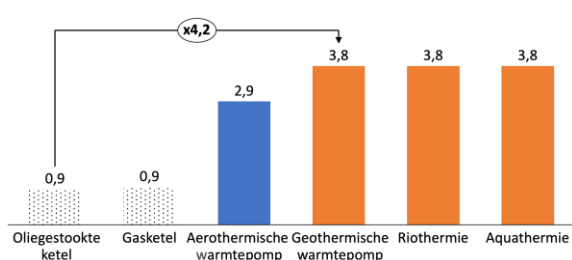
De warmteproductie zal voornamelijk elektrisch worden en aérothermie zal de standaardoplossing worden

De meest waarschijnlijke evolutie van verwarming is een aanzienlijke elektrificatie. Onder de verschillende warmtepomptechnologieën heeft aérothermie een aanzienlijk potentieel en lijkt het de standaardoplossing te worden ter vervanging van bestaande technische installaties. Hoewel deze technologie problemen met geluidsoverlast met zich meebrengt, impliceert de eenvoudige implementatie en de relatief betaalbare kosten van deze technologie dat deze in elk geval een belangrijke rol zal spelen in de komende jaren.

De Regio heeft veel onbenutte warmtebronnen en technologieën

Gesloten geothermie, open geothermie, aérothermie, thermische zonne-energie, energierugwinning (inclusief riothermie en het benutten van afvalwaterzuiveringsinstallaties) en in mindere mate aquathermie zijn hernieuwbare energiebronnen die op grote schaal in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest kunnen worden ontwikkeld gezien hun ruwe technische potentieel. Alleen al het ruwe technische potentieel van gesloten geothermie (>20 TWh/jaar) overtreft ruimschoots de huidige vraag. Het exploiteren ervan op grote schaal zal echter beperkingen in organisatorisch opzicht met zich meebrengen, zoals een aanzienlijke toename van het aantal boor- en installatiebedrijven voor deze technologieën, of een gunstiger financieel kader voor thermische zonne-energie.

De meest efficiënte technologieën en warmtenetten helpen om de impact op het elektriciteitsnetwerk te minimaliseren



Seizoensgebonden prestatiecoëfficiënt (SCOP) van verwarmingstechnologieën

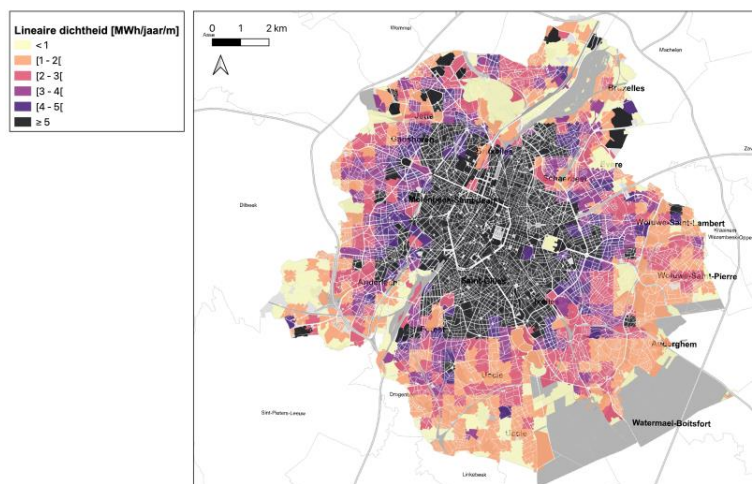
Figuur 22 - Seizoensgebonden prestatiecoëfficiënt (SCOP) van verwarmingstechnologieën

bieden ze prestatiecoëfficiënten tot 4 keer hoger dan technologieën gebaseerd op fossiele brandstoffen, groen gas of directe elektrificatie. De meest efficiënte technologieën kunnen dus helpen om de impact op het elektriciteitsnetwerk en de noodzaak tot versterking ervan te minimaliseren.

De economische analyse en gevoeligheidsanalyse hebben aangetoond dat de totale leveringskosten op regionaal niveau minder volatiel zijn wanneer efficiënte technologieën worden gebruikt. Dit vormt een veerkrachtfactor voor huishoudens en bedrijven in de regio in geval van prijsschokken op de energiemarkten.

Zoals geïllustreerd in de grafiek aan de rechterkant, hebben warmterugwinningstechnologieën (warmtepompen met en zonder geothermische bron, riothermie, aquathermie) bijzonder hoge prestaties en





Figuur 23 - Lineaire dichtheid van verwarmingsnetwerken

In een groot deel van de regio, voornamelijk het centrum, is toegang tot de meest efficiënte hernieuwbare bronnen alleen mogelijk via warmtenetten. Ruimtebeperkingen maken het over het algemeen niet mogelijk om de nodige infrastructuur te bouwen om hernieuwbare warmte rechtstreeks op de plaats van consumptie vast te leggen. Door de productie te mutualiseren via warmtenetten kan ook het totale geïnstalleerde vermogen worden verminderd, en dus de piekbelasting op het elektriciteitsnet in de winter worden verminderd. Er is dus belang bij het centraliseren van warmteproductie en deze te distribueren via efficiënte netwerken.

In 2050 zal ongeveer 70% van de warmtevraag zich bevinden in een gebied met een zeer hoge dichtheid van warmtevraag (lineaire dichtheid > 5), en op basis van het bottom-up scenario zou voor ongeveer 40% van de vraag het laagtemperatuur warmtenet de beste technisch-economische oplossing zijn. Dit potentieel zal alleen worden gerealiseerd als een deel van het grondgebied kan worden gebruikt voor de realisatie van productiemiddelen (buiten het centrum), en als de gebouwen compatibel worden gemaakt met lage temperaturen. Hoogtemperatuur netwerken zijn daarentegen op korte termijn een haalbare alternatief. Een aanpassing van de temperatuur doorheen de levensduur van het net is mogelijk.

Beschikbaarheid van groen gas is onzeker

Het realistische potentieel van biogas is zeer beperkt en zou slechts een klein deel van de vraag in 2050 kunnen dekken. Bovendien, gezien de behoeften in andere prioritaire sectoren (cement, glas, staal, meststoffen..), zou waterstof niet moeten worden gebruikt voor de verwarming van gebouwen, wat betekent dat e-methaan, geproduceerd uit waterstof, ook geen onderdeel zou zijn van de oplossingen. Daarom lijken scenario's die grotendeels afhankelijk zijn van deze groene gassen (Groene brandstoffen en bottom-up) op dit moment al weinig veelbelovend.

Gezien de impact op de gezondheid, moet biomassa worden gereguleerd en gecontroleerd

Economische analyse suggereert dat biomassa financieel interessant zou kunnen zijn, maar de verbranding ervan produceert fijnstof waarvan de gezondheidskosten aanzienlijk zijn. Een grootschalige ontwikkeling van deze technologie roept vragen op en het is noodzakelijk om strenge normen vast te stellen die kunnen worden gecontroleerd. In elk geval zou biomassa kunnen bijdragen aan grootschalige installaties of warmtenetten.



2. AANBEVELINGEN

Sommige potentiële oplossingen geïdentificeerd in dit onderzoek zullen worden ondersteund door maatregelen van het Regionaal Lucht-Klimaat- Energieplan (LKEP) goedgekeurd door de Regering van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest in april 2023, evenals door talrijke maatregelen die al zijn opgenomen in de Europese teksten in verband met het Fit for 55% pakket.

In het kader van de ontwikkeling van het volgende LKEP, dat gepland staat voor goedkeuring in september 2027, moeten aanvullende maatregelen worden genomen. Deze maatregelen kunnen een sleutelement van het nieuwe regionale plan voor warmte en koude vormen, zoals vereist in artikel 25 van de EE-richtlijn. De voorbereiding van dit plan voor warmte en koude impliceert met name de Task Force 2050 (Brussel Leefmilieu, Sibelga en Brugel) evenals de gemeenten en de administraties belast met de territoriale planning.

Hier zijn dus de aanvullende aanbevelingen aan het einde van dit onderzoek, rekening houdend met de maatregelen die zijn voorzien in het LKEP (zie hierboven) en de omzetting van het Fit for 55% pakket:

- Identificeer de wijken waar gebruik van efficiënte warmte- en koudenetwerken relevant is en bepaal met name hun technische en economische haalbaarheid;
- Herzie het wettelijk kader wat betreft de organisatie van thermische energienetten om Sibelga een rol en verantwoordelijkheden te geven, in het bijzonder door haar een centrale rol te geven in de installatie en het onderhoud van nieuwe warmtenetten op de openbare weg;
- Wijs een unieke publieke operator aan en definieer zijn taken om projecten voor de levering van thermische energie uit riothermie te ontwikkelen;
- Breid de taken van de Haven van Brussel uit om de ontwikkeling van projecten voor de levering van thermische energie uit het kanaal te vergemakkelijken;
- Organiseer oproepen tot het indienen van projecten voor de implementatie van warmtenetwerken die worden gevoed door hernieuwbare energiebronnen en voor de valorisatie van laagwaardige warmte. Als voorbeeld voor laagwaardige warmte zullen de volgende bronnen worden overwogen:
 - Ondergrondse ruimtes zoals de metro, spoorwegtunnels en ondergrondse parkeergarages;
 - Het kanaal en de overdekte ruimtes van de Zenne (kokers).
- Pas het regionale regelgevingskader aan:
 - Wat betreft de productie die de nieuwe efficiënte warmte- en koudenetwerken voedt, om een ambitieuzer aandeel van hernieuwbare en/of restwarmte in te voeren dan de eerste stappen voorzien door de EE-richtlijn;
 - Om een hoog niveau van isolatie van de leidingen in efficiënte warmte- en koudenetwerken te garanderen;
 - Om geluidsvervuiling van lucht-water warmtepompen te beperken;
 - Stedenbouwkundig om de installatie van externe eenheden van lucht-water warmtepompen op daken of gevels aan straatzijde toe te staan, mits er voldoende ruimte is tussen het gebouw en het trottoir;
 - Wat betreft (de berekeningsmethode van) de EPB om:
 - Warmteverliezen gerelateerd aan ventilatie, koelgroepen, koeltorens... te beperken, bijvoorbeeld door een verplichting voor recuperatie en valorisatie van warmte in tertiaire gebouwen, zowel ter plaatse als in de nabijheid;
 - Het evenwicht tussen fotovoltaïsche en thermische zonne-energie te herstellen, bijvoorbeeld door de methode te wijzigen zodat de elektriciteit opgewekt door zonnepanelen niet langer kan worden afgetrokken van het gasverbruik.
 - Om een kader te creëren met betrekking tot de booroperaties op straat in verband met geothermie naast de bestaande vergunningsprocedures;
- Pas de investeringsondersteuning aan om:
 - Renovatie en installatie van nieuwe leidingen voor efficiënte warmte- en koudenetwerken te integreren;
 - Een aangepast ondersteuningsniveau te verstrekken (vergelijkbaar met de tertiaire sector, ongeacht het type geleverd gebouw) voor lucht-water en water-water warmtepompen in efficiënte warmte- en koudenetwerken;
 - Investeringsrisico's in open geothermie te verminderen, bijvoorbeeld door de financiële dekking van proefpompen;
 - Op korte termijn ondersteuning te bieden voor de geluidsstudie van de plaatsing van een lucht-water warmtepomp;



- Op korte termijn alleen de minst lawaaierige lucht-water warmtepompen te ondersteunen;
- Op middellange termijn alleen lucht-water warmtepompen te ondersteunen die energieprestaties hebben die ambitieuzer zijn dan de minimale eco-designnormen;
- Een betere stimulans te geven aan thermische zonnepanelen voor niet-residentieel en warmtenetwerken, d.w.z. een premie die beter is afgestemd op de verschillende mogelijke toepassingen;
- De installatie van vloerverwarming met lage temperatuur te bevorderen.
- De theoretische en praktische opleidingen en bijscholingen geleidelijk te rationaliseren en uit te breiden om beter aan te sluiten bij de realiteit van een verstedelijkte omgeving en de volgende technologieën:
 - Efficiënte warmte- en koudenetwerken;
 - Geothermie om trainingen voor technici op te nemen met betrekking tot dimensionering, boren, installeren van systemen, maar vooral onderhoud, monitoring en afstellingen na installatie die momenteel weinig of slecht worden beheerst;
 - Riothermie en aquathermie die technologieën zijn waar de sector weinig van afweet;
 - Thermische zonne-energie die moet worden geïntegreerd met warmteopslagtechnologieën;
 - Laagwaardige warmteterugwinning die onvoldoende wordt benut.

Een gids te creëren en ter beschikking te stellen in het opleidingstraject van de professional om hem in staat te stellen gemakkelijk de opleidingen voor elke technologische sector te identificeren.

- Op middellange termijn, met het oog op informatieverstrekking aan verschillende doelgroepen, regionale begeleidingsdiensten en professionals in de sector te voorzien van een technisch instrument om de gedecarboniseerde alternatieven voor verwarming en koeling per wijk te kennen.



Redactie:

Gilles Maes – Leefmilieu Brussel

Arnaud Latiers – Resolia

François-Olivier Devaux – Climact

Leescomité:

Fanny Warsztacki - Leefmilieu Brussel

François Cornille - Leefmilieu Brussel

Marianne Squilbin - Leefmilieu Brussel

Julien Simon - Kabinet van Minister Alain Maron

Verantwoordelijke. Uitg.: Leefmilieu Brussel

Havenlaan 86C/3000

1000 Brussel, België

info@leefmilieu.brussels

Andere informatie: Rapport opgesteld met de bijdrage van de Université Libre de Bruxelles, ULiège, Vrije Universiteit Brussel, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen en het studiebureau Extraqt.



BIJLAGEN

1. BIJLAGE A: VERBRUIK EN VOORZIENINGEN IN 2021

Bijlage A bevindt zich in een apart document bij dit rapport en bevat de kerncijfers met betrekking tot het verbruik van warmte en koude in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest voor het jaar 2021, de on-site en off-site voorzieningen per sector en per warmte- en koudetechnologie, en geeft details over de gebruikte methodologie om deze gegevens te bepalen.

2. BIJLAGE B: LOCATIE VAN DE WARMTE- EN KOELVRAAG

Bijlage B bevindt zich in een apart document bij dit rapport en bevat de details (methode, creatie van een digitaal tweelingmodel, enz.) voor het lokaliseren van de warmte- en koelvraag.

3. BIJLAGE C: EVALUATIE VAN HET TECHNISCHE POTENTIEEL

Bijlage C bevindt zich in een apart document bij dit rapport en bevat details (aannames, methode) met betrekking tot de berekening van het technische potentieel voor elke onderzochte technologie.

4. BIJLAGE D: DEFINITIE VAN KOSTEN PER TECHNOLOGIE

Bijlage D bevindt zich in een apart document bij dit rapport en geeft details over de toegepaste methodologie voor het berekenen van de kosten van technologieën voor financiële en economische analyse.

5. BIJLAGE E1: REFERENTIESCENARIO EN ALTERNATIEVE TOP-DOWN SCENARIO'S

Bijlage E1 bevindt zich in een apart document bij dit rapport en bevat het referentiescenario en alternatieve top-down scenario's gericht op het decarboniseren van de productie van warmte en koude, het ontwikkelde model en de aannames die zijn overwogen.

6. BIJLAGE E2: ALTERNATIEF BOTTOM-UP SCENARIO

Bijlage E2 bevindt zich in een apart document bij dit rapport en presenteert de geïmplementeerde methode (aanpak, aannames, enz.) om de energiemix van het alternatieve bottom-up scenario te verkrijgen.

7. BIJLAGE F: GEVOELIGHEIDSANALYSE

Bijlage F bevindt zich in een apart document bij dit rapport en geeft details over de methodologie, aannames en resultaten van de gevoeligheidsanalyse.

