



Warmtewende 2050

Strategische visie van ODE
op de groene warmtetransitie

versie 31 aug 2021

Inhoudstafel

Bijlagen: [zie link naar afzonderlijk document in Dropbox](#)

<i>Samenvatting</i>	3
1. Waarom deze visietekst?	6
2. Afbakening	7
2.1. <i>Sectoren en focus</i>	7
2.2. <i>Tijdshorizon en doelstellingen</i>	8
3. Duurzame warmtetechnieken in Vlaanderen	8
3.1. <i>Relevante warmtetechnieken voor Vlaanderen</i>	8
3.2. <i>Potentieel</i>	10
3.3. <i>Milieueffecten van gebouwverwarming</i>	12
3.4. <i>Overzicht van gekende technieken</i>	13
3.4.1 Warmtepompen	13
3.4.2 Warmtenetten	15
3.4.3 WKK	17
3.4.4 Bio-energieconversie	17
3.4.5 Thermische zonne-energie-technieken	19
3.4.6 Ondiepe geothermie	19
3.4.7 Diepe geothermie	20
3.4.8 Groen gas en waterstof	20
3.4.9 Sectorkoppeling	23
3.4.10 Thermische opslag	24
3.4.11 Duurzame koeling	24
3.5. <i>Combinaties van duurzame warmtebronnen en innovatie</i>	25
3.6. <i>Digitalisering en artificiële intelligentie</i>	25
4. Huidige situatie en bestaand beleid	26
4.1. <i>Beleidscontext: Vlaams, Belgisch en Europese warmtebeleid</i>	26
4.1.1 Vlaams gewest	26
4.1.2 Belgische federale overheid	27
4.1.3 Europees niveau	27
4.2. <i>Relevante beleidsdocumenten</i>	27
5. “Warmtewende 2050”: streefbeeld voor groene warmte	28
5.1. <i>Streefbeeld en strategische doelen ODE</i>	28
5.2. <i>Impact van alternatieve ontwikkelingen en doorbraken</i>	31

5.3.	<i>Relatie met gebouwrenovatie en ruimtelijk beleid</i>	32
5.4.	<i>Opportunities en knelpunten</i>	32
5.4.1	Tewerkstelling	32
5.4.2	Kennis	33
6.	Pad naar realiseren van doelstellingen	33
6.1.	<i>Cruciale beleidsmaatregelen voor de warmtetransitie</i>	33
6.1.1	Inzetten op elektrificatie door energielastenverschuiving	33
6.1.2	Lock-ins vermijden	37
6.1.3	Collectief verwarmen	38
6.1.4	Faciliteren van warmtezoneringskaart en opstellen warmteplan	38
6.1.5	In kaart brengen en mobiliseren van beschikbare biomassa(rest)stromen	38
6.1.6	Nieuwbouw: apart verplicht aandeel hernieuwbare warmte	38
6.1.7	Huidige renovatiegraad verhogen	39
6.1.8	Aansluitingspremie warmtenet voor bestaande gebouwen	40
6.1.9	Een geïntegreerde innovatiestrategie	41
6.1.10	Verplichte uitkoppeling van warmte uit nieuwe gascentrales	41
6.2.	<i>Verwachte neveneffecten en flankerende maatregelen</i>	42
6.2.1	Groene warmte bij beschermde afnemers	42
6.2.2	Impact op energiearmoede bij klimaattaxshift	42
6.2.3	Uitfasen van inkomsten uit aardgas en stookolie	42
6.3.	<i>Niet-technische aspecten: communicatie, participatie, coöperatie</i>	43
7.	Prioritaire maatregelen op korte termijn	43
8.	Referenties	44

Samenvatting

ODE, de Organisatie voor Duurzame Energie, werkt actief rond het thema groene warmte via haar drie technologieplatformen: het Warmtepompplatform (WPP), het Bio-energie-platform (BEP) en Warmtenetwerk Vlaanderen. Met deze strategische en geïntegreerde visietekst wil ODE bijdragen aan het Vlaamse beleid inzake groene warmte.

Deze visietekst schetst een gewenst toekomstbeeld voor 2050 waarbij we de toekomstige warmtevraag in Vlaanderen invullen door hernieuwbare en CO₂-neutrale warmtebronnen. De focus hierbij gaat naar de (invulling van) de **gebouwgebonden warmte- en koudevraag**, zowel residentieel als niet-residentieel. Industriële proceswarmte heeft ook een belangrijk aandeel in het verbruik, maar komt in deze visietekst enkel aan bod in het kader van uitkoppeling van restwarmte voor warmtenetten.

We selecteren de **primaire energiebronnen en conversietechnieken** die voor duurzame warmte in Vlaanderen relevant zijn. Een technisch overzicht daarvan staat in een afzonderlijke bijlage, de visietekst gaat enkel in op innovaties en potentieel voor elke relevante techniek en primaire energiebron.

Bron	Aanbodsprofiel	Vermogenschaal thermische bron						Ruimtelijke beschikbaarheid	Aanvoertemperatuur thermische bron
									
		Woning	Gebouw	Buurt	Wijk	Stad	Regio		
Hernieuwbare thermische bronnen									
Diepe Geothermie	continu beschikbaar							Antwerpse en Limburgse Kempen	60° C - >200° C (afh. van boordiepte)
Renewable Power-to-heat	sterk fluctuerend profiel							nabij hernieuwbare elektriciteitsproductie	60° C tot ...
Oppervlakte-water	continu beschikbaar - seizoensafhankelijk							0 - 1 km nabij rivieren, kanalen, meren, ...	0° C - 20° C
Omgevings-lucht	continu beschikbaar - seizoensafhankelijk							overall in Vlaanderen	-10° C - 35° C
Zonnewarmte	hoofdzakelijk lente - zomer - herfst							overall (i.f.v. beschikbare oppervlakte voor plaatsing)	30° C - 95° C (vlakkeplaat + vacuumbuis) concentr. spiegels tot 400°
Ondiepe geothermie	continu beschikbaar							ruim beschikbaar - afhankelijk van het bronconcept	8 - 12° C
Vaste biomassa	continu beschikbaar							energetische valorisatie vindt best plaats nabij de biomassawinning	60° C tot ...
Biogas	fluctuerend profiel afh. van gasbron							beperkt potentieel in Vlaanderen: tot 9,5% van gasverbruik in 2030 (GGP, 2019)	60° C tot ...
Reststromen									
Restafval (of gelijkgesteld)	continu beschikbaar							binnen straal 0 - 10 km rond afvalverbrandingsoven	60° C tot ...
Industriële restwarmte	doorgaans continu (afh. v. productieproces)							binnen straal 0 - 10 km rond industrie (afh. v. vermogen)	30° C tot 200° C
Fossiele brandstoffen									
Aardgas	continu beschikbaar							bijna overal in Vlaanderen leverbaar	60° C tot ...
Stookolie	continu beschikbaar							overall in Vlaanderen leverbaar	60° C tot ...

Na een korte samenvatting van het huidige Vlaamse, Belgische en Europese warmtebeleid gaan we meer in detail in op het **gewenste streefbeeld voor 2050** en de lange termijn doelstellingen, de opportuniteiten en knelpunten.

De standpunten en cijfers in deze visietekst zijn gedeeltelijk gebaseerd op recente en relevante studies (zie bronvermelding).

Cruciale beleidsmaatregelen

Als cruciale beleidsmaatregelen voor de warmtetransitie stellen we voor:

1. **Inzetten op elektrificatie** door energielastenverschuiving van elektriciteit naar fossiele brandstoffen;
2. **Lock-ins vermijden** door een gefaseerd verbod op het vervangen of nieuw installeren van aardgas- en stookolieketels, in combinatie met het stimuleren van lagetemperatuurafgiftesystemen;
3. **Collectieve duurzame warmteconcepten** voor nieuwe appartementsgebouwen en verkavelingen;
4. Faciliteren van **lokale warmtezoneringskaarten** en opstellen van een **lokaal warmteplan**;
5. In kaart brengen en **mobiliseren van beschikbare biomassa(rest)stromen en restwarmtestromen**;
6. Nieuwbouw: **apart verplicht aandeel hernieuwbare warmte en lagetemperatuurafgiftesysteem**;
7. **Huidige renovatiegraad verhogen** door sleutelmomenten optimaal te gebruiken, verplichte EPC-analyse, ambitieuze energielabels, positieve communicatie en ontzorging door renovatiecoaches;
8. **Aansluitingspremie warmtenet** voor bestaande gebouwen;
9. Een gezamenlijke **innovatieroadmap** voor ontwikkeling van groene warmteoplossingen door de industrie, wetenschappelijke instellingen, overheid, en eindgebruikers.
10. Verplichte uitkoppeling van warmte bij (aard)gas gestookte elektriciteitsproductie.

Flankerende maatregelen

Daarbij zijn een aantal flankerende maatregelen nodig, om ongewenste effecten te vermijden:

- **faciliteren van groene warmte bij beschermde afnemers** door verhoogde premies en renovatiecoaches;
- **budget neutrale energielastenverschuiving voor gezinnen**, met maatregelen om de eventuele negatieve financiële impact hiervan te compenseren;
- **oplossingen uitwerken voor de dalende inkomsten uit aardgas en stookolie**, zowel voor de federale overheid (accijnzen en heffingen) als voor de gemeenten (dividenden van Fluvijs).

Naast deze voornamelijk technische en financiële beleidsmaatregelen is er ook **nood aan een reeks niet-technische maatregelen**:

- vertrouwenwekkende en heldere communicatie vanuit de overheid;
- impulsen voor innovaties in groene warmtesystemen en sectorkoppeling;
- oplossingen voor juridische knelpunten bij collectieve warmte (zoals hinderpalen in EPB);
- het faciliteren van de actieve rol van lokale overheden in de opmaak en uitvoering van warmtebeleidsplannen (zowel voor individuele als collectieve opties voor groene warmte);
- ...en last but not least de toekomstgerichte opleidingen van bouwprofessionelen inclusief het aanreiken van marketingstrategieën om individuele bouwers en wijken te benaderen.

Prioritaire maatregelen op korte termijn

Naast de strategische beleidsmaatregelen op langere termijn stellen we voor de periode 2020-2030 ook de volgende prioritaire maatregelen voor:

- **Hervorm in 2021 de EPB-regeling voor nieuwbouw:**
 - Maak in nieuwbouw van een lagetemperatuurafgiftesysteem de norm via het opnemen hiervan in de EPB-eis voor nieuwe woningen.
 - Geef groene warmte een prominentere rol in EPB door de optie uit te sluiten om enkel te investeren in hernieuwbare elektriciteit.
- **Pas de primaire energiefactor aan:**
 - Voer een lijst van gedifferentieerde primaire energiefactoren in per energietechnologie. Dergelijke realistische parameters stimuleren het correcte optimum tussen de CO₂ reductie en de economische kost – individueel én maatschappelijk.
 - Verlaag in de primaire energieberekening de ondergrens van 0,7 voor het systeem van externe warmtelevering.
- **Maak werk van een “klimaattaxshift” die eerlijke concurrentie toelaat met fossiele technologieën.** Waar het beleid nu al kijkt naar het verwijderen van enkele openbare dienstverplichtingen uit de elektriciteitsfactuur, moeten alle partijen (Vlaams en federaal niveau, samen met de regulatoren CREG en VREG) samen aan tafel zitten om een duurzame klimaattaxshift door te voeren.
- **Voer een aansluitpremie in voor individuele bestaande gebouwen op een warmtenet** om een deel van de kosten voor dergelijke aansluitingen te dekken en zo de aansluiting van bestaande gebouwen (het grootste potentieel voor warmtenetten) te stimuleren.

1. Waarom deze visietekst?

Om de gevolgen van de klimaatverandering tegen te gaan, moet ons energiesysteem CO₂-neutraal en duurzaam worden. Dat vraagt om een strategische aanpak, op lange termijn, met ambitieuze doelstellingen: een grondige energietransitie. Die is volop bezig, maar de aandacht ging in de voorbije jaren vooral naar groene stroom. Duurzame warmte bleef in het debat wat in de schaduw staan. Nochtans verbruiken Vlaamse gezinnen 85% van hun totaal verbruik voor warmte (ruimteverwarming en warm water).

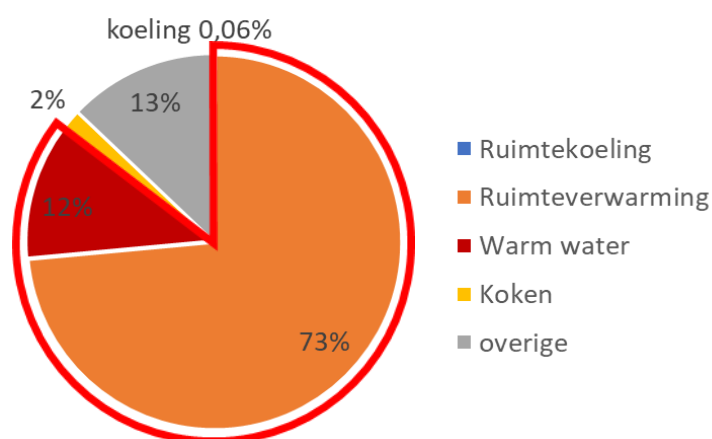


Fig. 1: Procentuele verdeling van het energieverbruik (excl. transport) van Vlaamse gezinnen (VEKA, 2021)

Ondertussen is ook de Vlaamse regering overtuigd van de noodzaak van een groene “warmtewende”. Na een eerste Warmteplan 2014-2019 werkt de Vlaamse overheid aan een nieuw Warmteplan 2021-2025.

ODE is actief in het thema groene warmte met drie technologieplatformen: het Warmtepompplatform (WPP), het Bio-energie-platform en Warmtenetwerk Vlaanderen. Met deze strategische en geïntegreerde visietekst wil ODE bijdragen aan het Vlaamse beleid inzake groene warmte. ODE start binnenkort bovendien ook met een nieuwe overkoepelende pijler over energiesysteemintegratie en energieopslag.

Het doel in 2050 is helder: een 100% CO₂-neutrale warmtevoorziening. De weg ernaartoe begint nu, omdat de ambitieuze ombouw van het energiesysteem tijd vraagt en een stappenplan op lange termijn. De meeste technieken voor groene warmte zijn gekend, de uitdaging is vooral om ze op grote schaal en op de best geschikte plaats toe te passen.

2. Afbakening

2.1. Sectoren en focus

Deze visietekst schetst een gewenst toekomstbeeld voor 2050 waarbij we de toekomstige warmtevraag¹ in Vlaanderen invullen door hernieuwbare en CO₂-neutrale warmtebronnen.

De focus hierbij gaat naar de (invulling van) **de gebouwgebonden warmte- en koudevraag**², zowel residentieel als niet-residentieel. Industriële proceswarmte heeft ook een belangrijk aandeel in het verbruik, maar komt in deze visietekst enkel aan bod in het kader van uitkoppeling van restwarmte voor warmtenetten. De gebouwgebonden warmtevraag (huishoudens en tertiair) heeft een aandeel van 44% in het totaal; de industrie neemt 51% voor haar rekening.

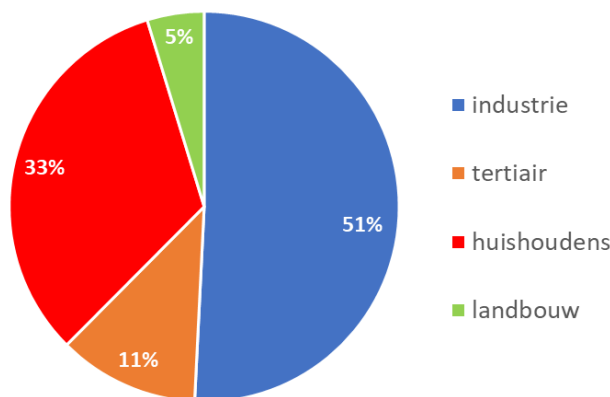


Fig. 2: Aandeel van sectoren in het finaal energiegebruik voor warmte in het Vlaams gewest in 2019 (VEKA, 2021)

Klimaatneutrale oplossingen voor deze warmtevraag bekijken we in volgend kader:

- een vooropgestelde **reductie van de warmtevraag** uit externe scenario's, zonder een eigen reductiescenario te berekenen; de vraag naar koude zal echter toenemen.
- de **schaalgrootte** van warmtebronnen omvat zowel individuele als collectieve oplossingen;
- als **conversietechnieken** belichten we "elektronen en moleculen": elektrificatie van de warmtevoorziening, nuttige toepassingen van restwarmte, inzet van groene brandstoffen (vast, vloeibaar, groen gas);
- als **geografische afbakening** geven we voorrang aan binnenlands beschikbare en toepasbare warmtebronnen, met in tweede orde ook aandacht voor de mogelijke import van duurzame brandstoffen. Voor groene stroom gaan we niet verder in op de geografische herkomst (eigen binnenlandse productie of import via interconnectie). We veronderstellen dat de invulling van de elektriciteitsvraag in 2050 met 100% duurzame stroom gebeurt.

De warmtetransitie kunnen we niet los zien van het ruimere energiesysteem. De interactie met het elektriciteitssysteem (naast warmte mogelijk ook elektrische mobiliteit) via **sectorkoppeling** kan belangrijke winsten in efficiëntie en duurzaamheid opleveren. Thema's daarbij zijn flexibiliteit (groene stroom), thermische opslag (ook in de gebouwmassa) en de toepassing van restwarmte uit industriële processen in warmtenetten.

¹ Met de term "warmte" bedoelen we thermische energie, dus ook koude. Dit is een relatief begrip in functie van het verschil in temperatuur: "koud" betekent op lagere temperatuur in vergelijking met een andere temperatuur.

² "Gebouwgebonden" verwijst naar de vraag naar verwarming, koeling en sanitair warm water en dus niet andere huishoudelijke warmte-toepassingen zoals koken, (af)wassen, drogen... noch industriële proceswarmte.

2.2. Tijdshorizon en doelstellingen

Een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 is het heldere einddoel. De realisatie ervan kan alleen slagen met een ambitieus en realistisch traject van **tussendoelstellingen op korte termijn (2025) en middellange termijn (2030)**. In deze strategische visie op 2050 gebeurt dit door backcasting vanuit een gewenst toekomstbeeld, met als centrale vraag: “welke tussentijdse stappen zijn nodig om het gewenste toekomstbeeld te bereiken”. Omgaan met onzekerheden en onbekende factoren hoort hier ook bij, ook al zijn deze moeilijk te voorzien en te formuleren.

De Vlaamse **doelstellingen** voor groene warmte bevatten best volgende elementen (BBL, 2018):

- afzonderlijke doelstellingen voor de verschillende **warmtevraagsectoren**: huishoudens, industrie, landbouw, tertiair; in deze visie beperken we ons tot de sector gebouwen (huishoudens en tertiair); de industrie bekijken we in deze visie enkel als bron van restwarmte voor warmtenetten.
- **koppeling van doelstellingen** voor groene warmte aan die van energie-efficiëntie en groene stroom;
- operationele en strategische doelstellingen.

3. Duurzame warmtetechnieken in Vlaanderen

3.1. Relevante warmtetechnieken voor Vlaanderen

Het doel van energieproductie is het leveren van gewenste energiediensten, zoals gebouwverwarming voor thermisch comfort, sanitair warm water, proceswarmte en -koude voor de industrie, ruimtekouling in gebouwen. De energie die daarvoor nodig is, wordt aan de gebruiker geleverd via verschillende energiedragers zoals elektriciteit en thermische vloeistoffen. Deze energiedragers halen energie met een bepaald rendement uit primaire energiebronnen, via een energieconversietechniek.

Een voorbeeld: zonlicht (de primaire energiebron) wordt door een thermische zonnecollector (de conversietechniek) omgezet in warmte (de energiedrager) die sanitair warm water opwarmt (de energiedienst).

Voor het beoordelen van de duurzaamheid van een energiebron bekijken we twee criteria: klimaatneutraliteit (geen bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen³) en de uitputbaarheid van bronnen: hernieuwbare bronnen zijn per definitie onuitputbaar. In grote lijnen staan zes hernieuwbare energiebronnen ter beschikking: zon, wind, waterkracht, omgevingsbronnen (thermische energie uit water en lucht), aardwarmte (diepe en ondiepe geothermische) en biomassa.

³ Naast CO₂ ook waterdamp, CH₄ (methaan), N₂O (lachgas), O₃ (ozon) en diverse fluorhoudende gassen (koelmiddel)

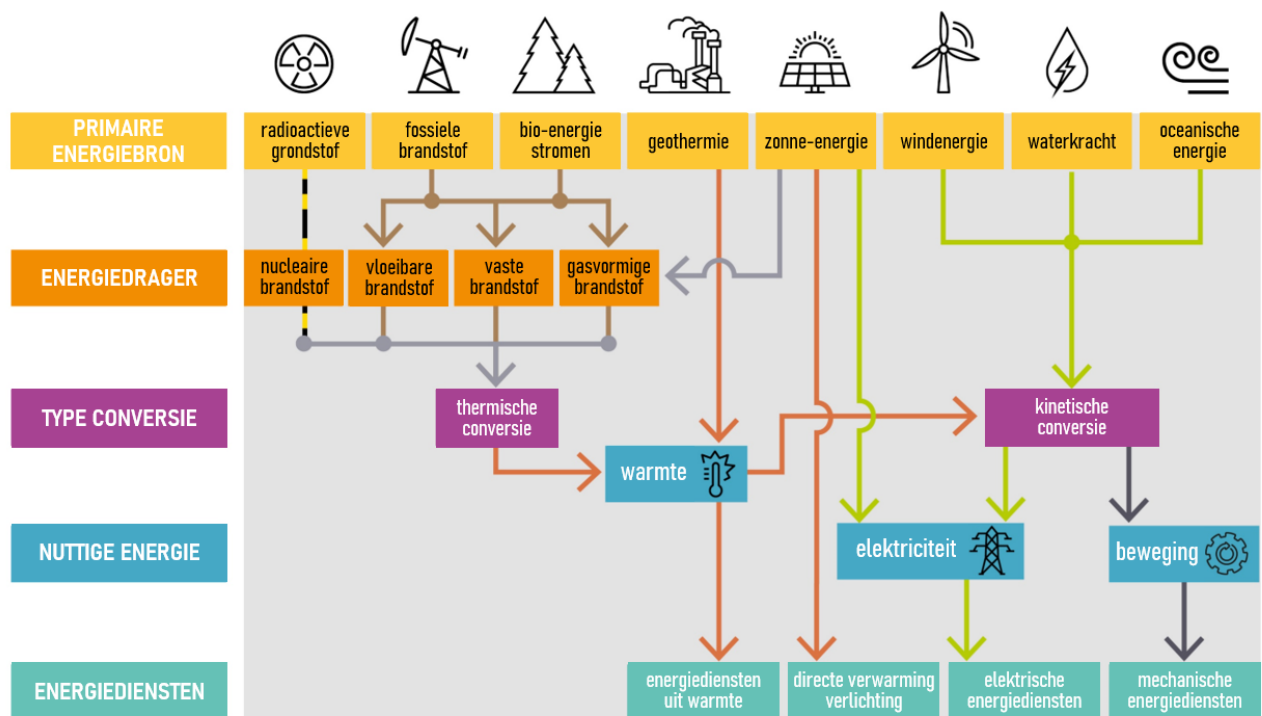


Fig. 3: Illustratieve routes van primaire energiebron naar energiedienst (vertaling, uit REN21, 2019);
 bv.. thermische elektriciteitscentrale: thermische conversie van brandstof naar warmte die draaiende turbine aandrijft (kinetische conversie) die tenslotte elektriciteit opwekt.

In dit hoofdstuk selecteren we de primaire energiebronnen en conversietechnieken die voor duurzame warmte in Vlaanderen relevant zijn. Een overzicht staat in figuur 4 (BBL, 2018), met een evaluatie van hun kenmerken. Hieruit kunnen we enkele belangrijke conclusies afleiden voor het maximaliseren van de inzet van de beschikbare groene warmtebronnen:

1. Leveringsprofiel: thermische opslag en combinatie van bronnen is nodig bij niet-continu profiel;
2. Vermogensschaal: differentiatie tussen thermische bronnen en technieken die individueel per woning geschikt zijn of een collectieve inzet op kleine of grote schaal vereisen;
3. Ruimtelijke valoriseerbaarheid: afstand tot de bron is voor warmtenetten een belangrijk criterium; ook microwarmtenetten met een combinatie van lagetemperatuurbronnen, lokale thermische opslag en warmtepompen zijn individueel moeilijk te huisvesten, en vragen connecties op microniveau ("lokale energiegemeenschappen")
4. Aanvoertemperatuur voor verwarming en sanitair warmwater: warmtepompen kunnen lage temperaturen opwaarden, lagetemperatuurafgiftesystemen zijn daarbij een noodzakelijke voorwaarde.

Bron 	Aanbodsprofiel 	Vermogenschaal thermische bron 						Ruimtelijke beschikbaarheid 	Aanvoertemperatuur thermische bron 
		Woning	Gebouw	Buurt	Wijk	Stad	Regio		
Hernieuwbare thermische bronnen									
Diepe Geothermie	continu beschikbaar							Antwerpse en Limburgse Kempen	60° C - >200° C (afh. van boordiepte)
Renewable Power-to-heat	sterk fluctuerend profiel							nabij hernieuwbare elektriciteitsproductie	60° C tot ...
Oppervlakte-water	continu beschikbaar - seizoensafhankelijk							0 - 1 km nabij rivieren, kanalen, meren, ...	0° C - 20° C
Omgevings-lucht	continu beschikbaar - seizoensafhankelijk							overal in Vlaanderen	-10° C - 35° C
Zonnewarmte	hoofdzakelijk lente - zomer - herfst							overal (i.f.v. beschikbare oppervlakte voor plaatsing)	30° C - 95° C (vlakkeplaat + vacuumbuis) concentr. spiegels tot 400°
Ondiepe geothermie	continu beschikbaar							ruim beschikbaar - afhankelijk van het bronconcept	8 - 12° C
Vaste biomassa	continu beschikbaar							energetische valorisatie vindt best plaats nabij de biomassawinning	60° C tot ...
Biogas	fluctuerend profiel afh. van gasbron							beperkt potentieel in Vlaanderen: tot 9% van gasverbruik in 2030 (GGP, 2019) -	60° C tot ...
Reststromen									
Restafval (of gelijkgesteld)	continu beschikbaar							binnen straal 0 - 10 km rond afvalverbrandingsoven	60° C tot ...
Industriële restwarmte	doorgaans continu (afh. v. productieproces)							binnen straal 0 - 10 km rond industrie (afh. v. vermogen)	30° C tot 200° C
Fossiele brandstoffen									
Aardgas	continu beschikbaar							bijna overal in Vlaanderen leverbaar	60° C tot ...
Stookolie	continu beschikbaar							overal in Vlaanderen leverbaar	60° C tot ...

Fig. 4: Overzicht van beschikbare thermische bronnen in Vlaanderen (BBL, 2018; herwerkt door ODE)

3.2. Potentieel

Deze tabel geeft geen cijfers over het beschikbare potentieel. Hiervoor verwijzen we o.a. naar de analyse in de Hernieuwbare energie-atlas Vlaamse Gemeenten (Vito, 2016a). Dit rapport raamt het potentieel voor een lijst van mogelijke hernieuwbare warmtebronnen en onderscheidt twee niveaus van potentieel:

- Het **technisch potentieel**: het theoretisch, technisch maximum om met een technologie, met de fysisch beschikbare ruimte in Vlaanderen, warmte of koude te produceren.
- Het **realistisch potentieel**: een doorrekening die de haalbaarheid van het technisch potentieel per hernieuwbare energietechnologie afweegt: dit potentieel houdt rekening met ruimtelijke, economische en maatschappelijke aspecten en wordt gedeeltelijk subjectief bepaald (voor de Hernieuwbare energie-atlas gebeurde dit door stakeholders in regionale workshops).

Een kritische bedenking bij de potentieelraming in dit rapport is dat de auteurs zich baseren op de gemiddelde groei van installaties in de periode 2013-2015, en dus bestaande tijdelijke tendensen doortrekken als richtinggevend voor de toekomst. Ook waren voor zonne-energie (fotovoltaïsche en thermische) de resultaten uit de Zonnelijst uit 2017 nog niet bekend. Dit levert een ander beeld op. Een meer genuanceerde benadering van het begrip potentieel (viWTA, 2004) hanteert volgend onderscheid:

- Het “**fysisch potentieel**” hangt af van het aanbod van hernieuwbare energiestromen bv. de totale zoninstraling op de volledige grondoppervlakte van het Vlaams gewest.
- Het “**technisch realiseerbaar potentieel**” hangt af van de technologie om het fysisch potentieel om te zetten in nuttig bruikbare energie. Het hangt af van de stand van de techniek (energie-omzettingsrendement), en van sociaalgeografische randvoorwaarden (bv. plaatsbeperking).
- Het “**socio-economisch realiseerbaar potentieel**” hangt af van de investerings- en onderhoudskosten van hernieuwbare energiesystemen, van de eindverbruikersprijzen van de niet hernieuwbare concurrerende energietechnieken en van de waarde die men aan de toekomst en aan toekomstige generaties hecht (verdiscontering).
- Het “**economisch potentieel**” hangt af van de feitelijke markt (bv. van de prijzen die producenten van warmte voor hun product krijgen), en dus van politieke en institutionele factoren. Economische rendabiliteit is daarom tot op zekere hoogte geen objectieve, maar een subjectief-politieke aanstuurbare factor.

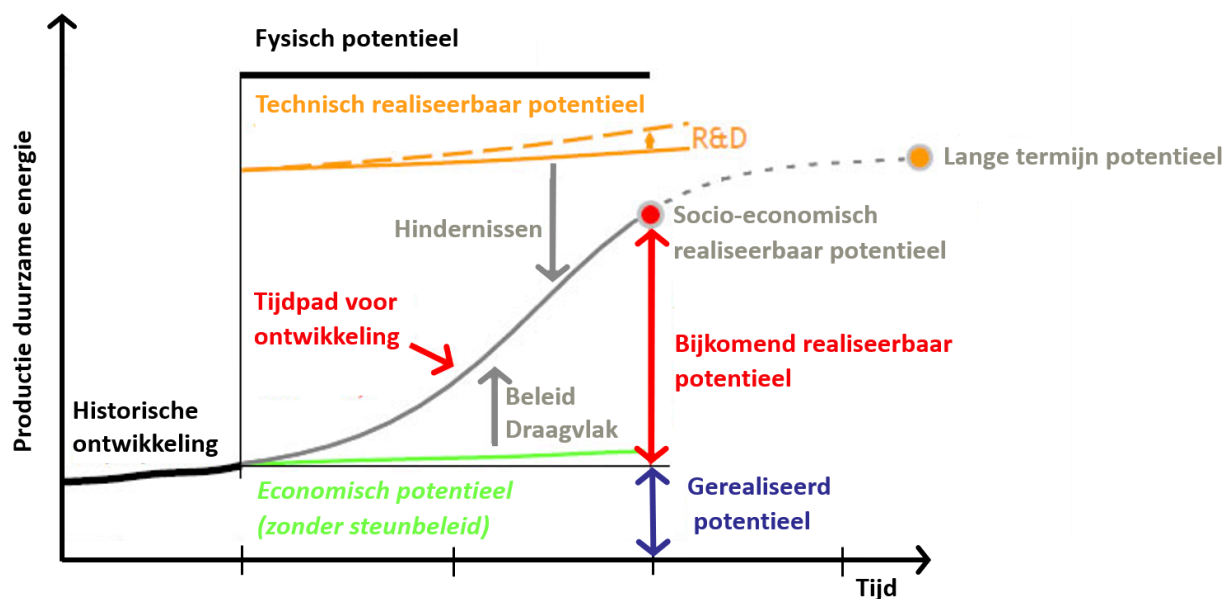


Fig. 5: Overzicht van verschillende potentieelniveaus voor duurzame energie (viWTA, 2004)

3.3. Milieueffecten van gebouwverwarming

Gebouwverwarming draagt bij aan een hele reeks emissies naar lucht in de bebouwde omgeving. Naast CO₂ gaat het ook over andere vormen van luchtverontreiniging zoals de uitstoot van kleine stofdeeltjes (PM_{2,5}), door de WHO bestempeld als een belangrijke doodsoorzaak in veel landen. Naast gezondheidsschade en klimaatverandering leidt luchtverontreiniging door woningverwarming ook tot schade aan ecosystemen en gebouwen.

Een studie in opdracht van VMM onderzocht de milieuschadekosten door diverse warmtetechnieken voor woningverwarming in Vlaanderen, met deze conclusies (VMM, 2019):

- **woningverwarming met fossiele brandstof** en vooral hout leidt in Vlaanderen tot grote gezondheidsschade, in termen van kosten (zie fig. 7). De totale milieuschade (ruimer dan gezondheidsschade) door woningverwarming in Vlaanderen schat de studie op ongeveer 2,1 miljard euro per jaar voor de directe emissies en 0,5 miljard euro voor de indirecte emissies (productie en transport van brandstoffen).
- Het gebruik van **hout voor woningverwarming** is verantwoordelijk voor 61% van de totale directe milieuschadekosten (zie fig. 6). Dit ondanks het feit dat houtstook maar in 1,6% van de huishoudens voorkomt als hoofdverwarming en in 19,1% van de huishoudens als bij- of sfeerverwarming.

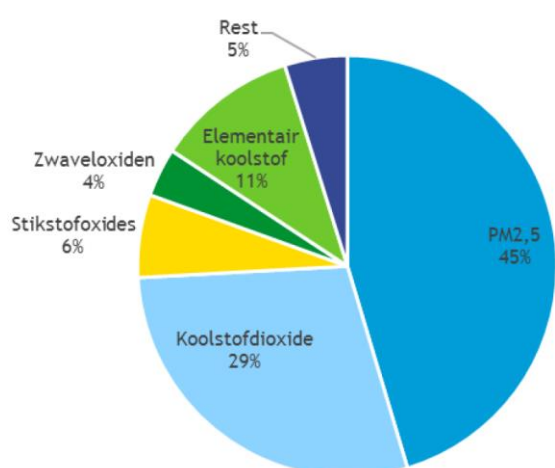


Fig. 6a: Verdeling per emissiestof van milieuschadekosten van woningverwarming door directe emissies (2015) (VMM, 2019)

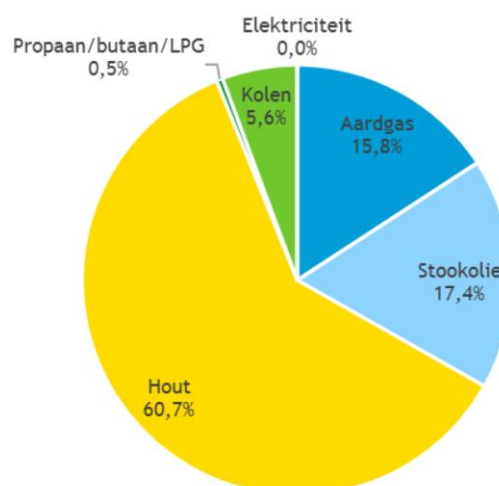


Fig. 6b: Verdeling per energiedrager van milieuschadekosten van woningverwarming door directe emissies (2015) (VMM, 2019)

Er is een heel **groot verschil in de milieuschadekosten per eenheid geleverde warmte** voor de diverse technieken (zie figuur 7). Om de totale milieuschadekost van een verwarmingstoestel te berekenen, is rekening gehouden met:

- de directe uitstoot van verschillende stoffen per verwarmingstoestel aan de schoorsteen;
- de indirecte luchtmissies door ontginning, transport en opwerking van de brandstof;
- de schadekosten per stof;
- de geleverde warmte van het toestel.

Warmtetechnieken gebaseerd op elektriciteit (warmtepompen en directe weerstandsverwarming) hebben de laagste milieuschadekosten.

Voor een warmtenet is de berekening gebaseerd op de elektriciteit die nodig is om aard- of restwarmte te leveren. Emissies van de centrale bron zijn niet ingerekend, wat de vergelijking met andere bronnen vertekent. Daarom hebben we warmtenetten niet opgenomen in de grafiek.

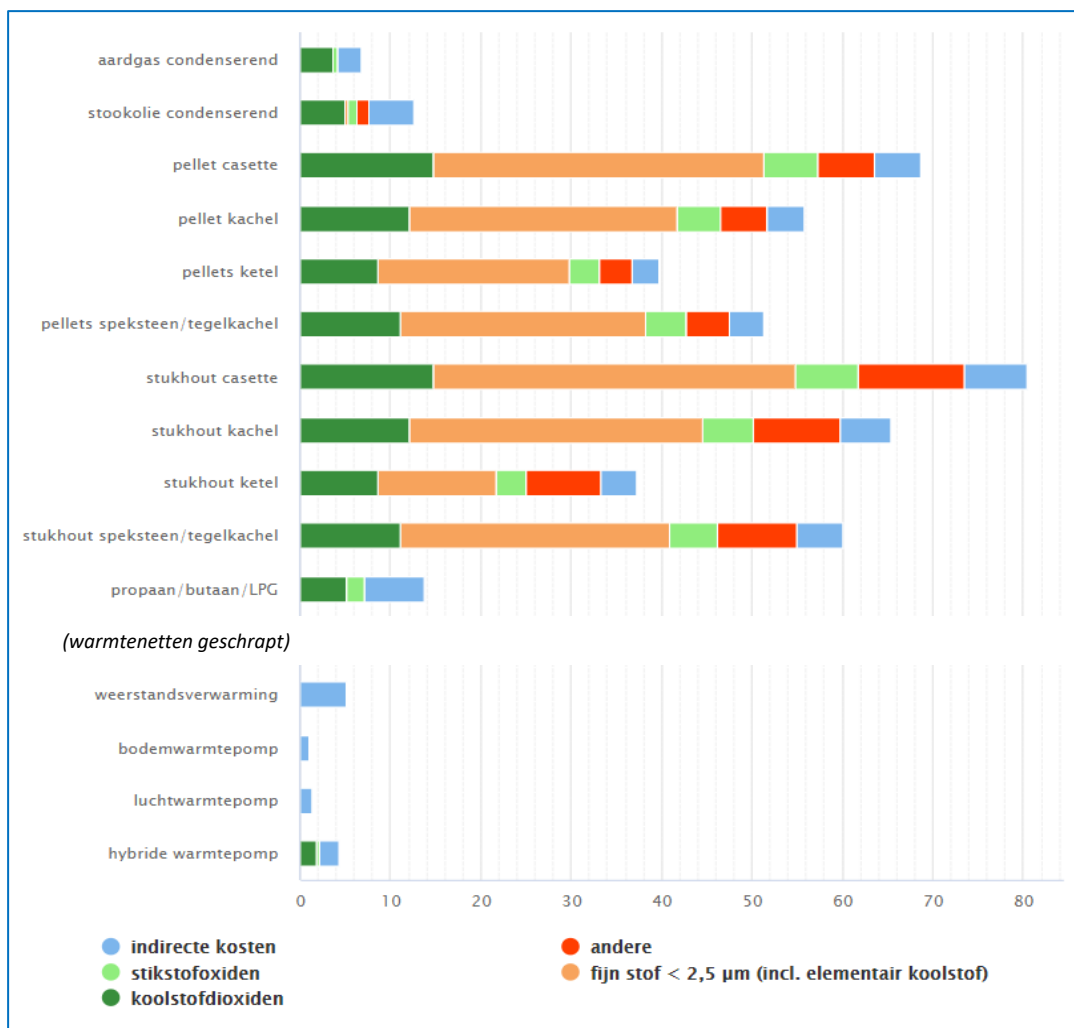


Fig. 7: Milieuschadekosten voor warmtetechnieken in Vlaanderen, in euro/GJ geleverde warmte (1 GJ = 0,278 MWh) (VMM, 2019; aanpassing door ODE: schrapping warmtenetten)

3.4. Overzicht van gekende technieken

Een technisch overzicht van de diverse warmtetechnieken die voor Vlaanderen relevant zijn, staat in een [afzonderlijke bijlage](#). Hieronder beperken we ons tot innovaties en potentieel.

3.4.1 Warmtepompen

Potentieel

Tussen 2015 en 2019 werden meer dan 124.000 warmtepompen verkocht op de Belgische markt (alle types samen). Ook al wijzen de cijfers de laatste jaren op een groei van de vraag naar warmtepompen, toch zal het marktaandeel van warmtepompen binnen de verwarmingstechnologieën sneller moeten toenemen om naar 100% groene warmte te gaan in 2050. Het wegvallen van de terugdraaiende teller begin 2021 heeft een verstorend effect op de markt. Het potentieel van de warmtepomp in nieuwbouw en renovatie is groot, maar een hoge elektriciteitsprijs weerhoudt de warmtepomp van een grote marktdoorbraak.

VEKA schat het economische potentieel van de warmtepomp in op 28.869 GWh/jaar, op basis van de som van de nuttige warmtevraag in 2050 in de sectoren residentieel, tertiair en landbouw samen. In 2019 werd volgens VEKA 905GWh van de warmtevraag door warmtepompen ingevuld. Deze

potentieelraming voor 2050 zien we echter binnen het huidige beleid en met de huidige elektriciteitsprijs als weinig realistisch.

Deze visietekst (zie verder) veronderstelt een **aandeel voor warmtepompen van 30 tot 60%** van de residentiële warmtevraag tegen 2050. Dit betekent dat warmtepompen tussen 4200 en 8400 GWh/jaar zouden produceren (de residentiële warmtevraag zou volgens VEKA in 2050 14000 GWh/jaar bedragen). Deze toename zal enkel mogelijk zijn door een duurzame klimaattaxshift.

Innovatie

In de innovatie van warmtepompen zullen onder meer volgende aspecten belangrijk zijn om een grote toepassingsgraad te ondersteunen:

- Verdere aandacht voor maximale (praktijk)**efficiëntie** ("Seasonal Performance Factor SPF), **geluid comfort** en plaatsingsgemak.
- Verder ontwikkeling van natuurlijke **koelmiddelen**
- Technische vooruitgang: bv. verbetering van **compressorrendement** in deellast
- Verdere **systeemintegratie** door:
 - Van componentoptimalisatie naar systeem- en siteoptimalisatie door systeemintegratie van multi-energievectorsystemen. Dit veronderstelt de maximale inzet van synergieën en flexibiliteit. Sturing van warmtepompen en warmtepompboilers zal daarbij couranter worden. Hiermee spelen deze toestellen in op de vraag naar flexibiliteit binnen de markt. De labels Smart Grid-ready en PV-ready maken nu al breed hun intrede en zullen eigenaars de mogelijkheid geven om in de toekomst verder in te spelen op dynamische energieprijzen en een belangrijke rol spelen bij het ontlasten van het distributienet indien nodig.
 - Rol van warmtepompen in het aanbieden van koolstofneutrale energiediensten op gebouw- en clusterniveau. Daarbij koppelen warmtepompen de elektrische en thermische energiemarkten.
 - Geïntegreerde bouw- en renovatieconcepten met een optimale dimensionering/samenwerking tussen de warmtepompen en de gebouwinnovatie, met o.a. innovatieve/hybride combinaties van warmtepompen met andere systeemcomponenten zoals thermische opslag, zonneboilers, PV(T), e.d. De hybride warmtepomp (combinatie van warmtepomp met condensatieketel op aardgas) kan een overgangstechnologie zijn, maar is op lange termijn geen gewenste oplossing zolang deze van fossiele brandstoffen gebruik blijft maken.
 - Nieuwe oplossingen voor betaalbare aanpassingen naar lage-temperatuur verwarmingssystemen die essentieel zijn voor de performantie. Daarnaast ook verdere ontwikkeling van betaalbare hogere temperatuur warmtepompen voor de renovatiemarkt.
- Verder zal koeling ook een prominenter rol spelen door de steeds warmere zomers en wijzigende comforteisen bij de gebruikers. Hierbij zien we toenemende interesse in omkeerbare warmtepompen en de link in de zomer tussen PV en actieve koeling via warmtepompen.

3.4.2 Warmtenetten

Warmtenetten zijn geen duurzame bron op zich, maar een transportmiddel voor collectieve warmtevoorziening. De duurzaamheid van warmtenetten hangt dus af van de warmtebron(nen).

Potentieel

In het rapport Warmte in Vlaanderen (VEKA, 2021) berekent Vito het Vlaamse potentieel voor warmtenetten in 2050 in acht scenario's, met drie variabele parameters: de beschikbaarheid van restwarmte in een straal van 5 km, de investeringskost van een warmtenet en de fossiele brandstofprijzen.

Het berekende potentieel voor warmtenetten in Vlaanderen varieert tussen 13% en 52% van de (gereduceerde) warmtevraag in 2050. Het hoogste economisch rendabele potentieel zit zoals verwacht in het scenario met veel beschikbare restwarmte, relatief lage aanlegkosten en hoge fossiele brandstofprijzen. Overigens houdt deze raming geen rekening met andere duurzame bronnen voor warmtenetten.

Een andere potentieelraming voor België in het Europese onderzoeksproject Heat Roadmap Europe (HRE, 2018) kwam uit op een optimaal cijfer voor economisch rendabele warmtenetten van 37% van het Belgische warmteverbruik (exclusief de industrie) in het jaar 2050.

Evolutie van warmtenetten

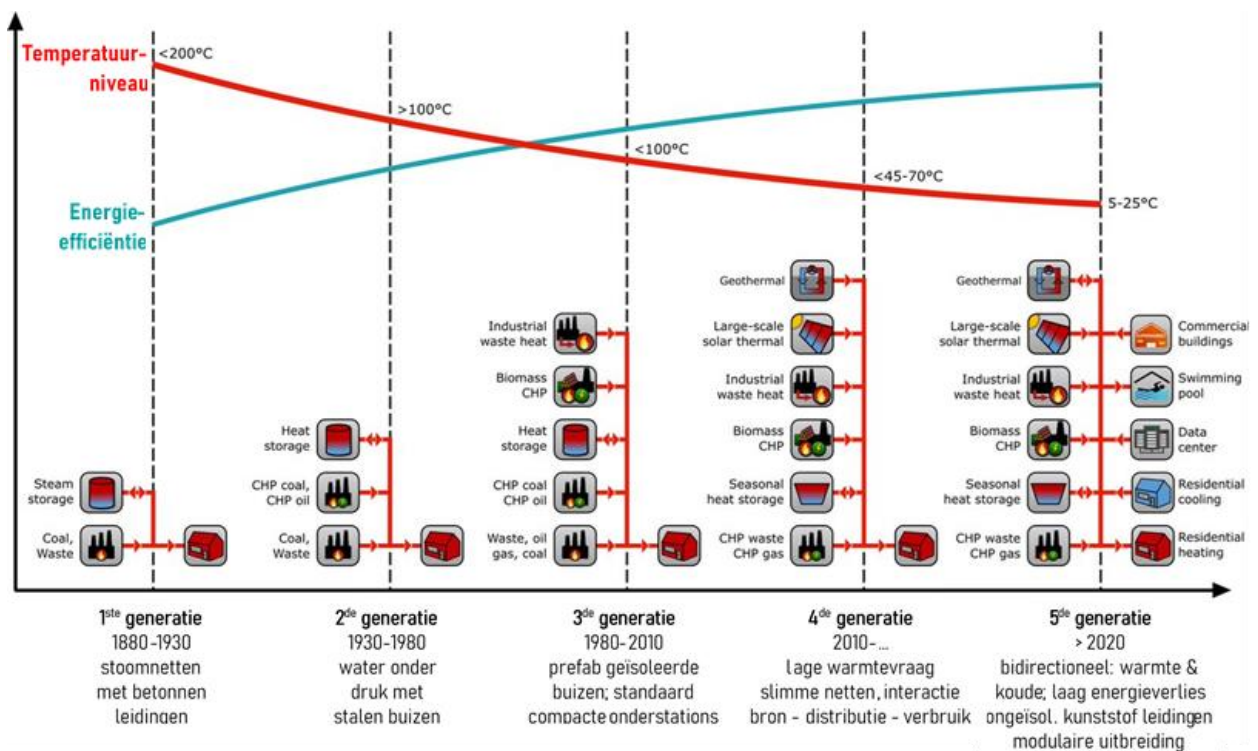


Fig. 8: Overzicht van 5 generaties warmtenetten (Wirtz, 2019)

Warmtenetten worden ingedeeld in “generaties”, in functie van de transportvloeistof en de temperatuur. De meeste Vlaamse warmtenetten behoren tot de derde generatie met warm water als transportvloeistof en een aanvoertemperatuur van 90 graden. Deze categorie blijft relevant in de toekomst voor historische stadskernen, net zoals industriële stoomnetten op hoge temperatuur en druk voor industriële warmteuitwisseling.

Internationale innovaties in warmtenetten

Momenteel ontwikkelt men de vierde en vijfde generatie warmtenetten vol innovatieve technieken. We groeperen ze in vier belangrijke evoluties:

1. *Verduurzaming van de warmtebronnen*

- inschakeling van hernieuwbare bronnen en duurzame restwarmtebronnen (bv. datacenter);
- open warmtenetten met meerdere (decentrale) duurzame (restwarmte)bronnen en combinatie warmte – koude (bv. koelabsorptie); met tweerichtingsverkeer, ook vanuit aangesloten gebouwen.

2. *Verlaging van de aanvoer- en retourtemperatuur*

- lagere temperaturen (en combinatie van temperatuurniveaus) en hogere rendementen, ook geschikt voor lage-energiewoningen;
- combinatie van duurzame omgevingsbronnen op lage temperatuur en warmtepompen (centraal of individueel nageschakeld); een lagere afgiftetemperatuur is ook een randvoorwaarde bij de verduurzaming van de warmtebron.

3. *Opslag en sectorkoppeling (zie verder)*

- slimme thermische opslag, actieve onderstations met intelligente sturingsalgoritmes gekoppeld aan het elektriciteitsnet en het netbeheer;
- het gezamenlijk sturen van verschillende temperatuurniveaus, energievectoren (warmte, koude, elektriciteit), en warmte/koudebronnen met een mogelijke rol voor prosumenten;
- inschakeling van thermische zonne-energie met centrale seizoensopslag op lage temperatuur.

4. *Digitalisering en servitizing voor slimme thermische netten (zie verder)*

- dynamisch afstemmen van vraag en aanbod met continue metingen en modelgebaseerde voorspellende regeling op gebouw- en clusterniveau (via weersafhankelijke voorspellingen van aanbod- en vraagprofielen);
- slim en flexibel opslagbeheer in functie van dynamische elektriciteitsprijzen;
- innovatieve businessmodellen voor thermisch comfort als een service.

Prioriteiten voor duurzame Vlaamse warmtenetten

Verduurzaming van de warmtebronnen

Momenteel werken de meeste Vlaamse warmtenetten op restwarmte uit afvalverbrandingsinstallaties of WKK, met warmtelevering op hoge temperatuur; een groeiend aantal kleinere warmtenetten gebruikt duurzame warmtebronnen uit ondiepe geothermie en aquathermie (oppervlaktewater en riothermie) met warmteleveringen op lage temperatuur. Omdat de warmte centraal wordt opgewekt, is ook een collectieve verduurzaming mogelijk waarbij ineens alle aangesloten verbruikers duurzame warmte krijgen.

Lagere temperaturen in warmtenetten en warmteafgifte

Lagere aanvoertemperaturen in een warmtenet maken het mogelijk om duurzame bronnen op lage temperatuur in te schakelen, meestal in combinatie met warmtepompen, vooral om sanitair water aan te maken. Een combinatie van temperatuurniveaus is mogelijk en energetisch (exergetisch) efficiënt door cascadering toe te passen om verbruikers op verschillende temperatuur aan te sluiten.

Smart thermal grids

Het concept van slimme thermische netten (smart thermal grids) is sterk verbonden met vijfde-generatie warmtenetten. In vergelijking met de vierde generatie gaat dit concept van thermisch net nog een stap verder en werkt op 'neutrale' temperatuur waarbij het net dienst doet als thermische batterij en zorgt voor de thermische uitwisseling tussen verschillende gebruikers; warmtepompen springen enkel bij als nodig. Digitalisering speelt een belangrijke rol in deze innovaties, inclusief tijdige en precieze detectie van problemen.

Het concept van slimme thermische netten is verwant met dat van slimme elektriciteitsnetten. Beide concepten zijn gericht op de integratie en het efficiënte gebruik van potentiële hernieuwbare energiebronnen en op het slimme beheer van een netwerkstructuur die gedistribueerde opwekking mogelijk maakt, met interactie met de verbruikers. De twee concepten vullen elkaar aan: de koppeling van warmtenetbeheer aan het elektriciteitssysteem biedt nieuwe opportuniteiten voor efficiëntie en een hogere inschakeling van duurzame energiebronnen. Warmtepompen spelen hierin een cruciale rol.

3.4.3 WKK

Potentieel

COGEN-Vlaanderen schat dat er tegen 2030 een bijkomend potentieel van 1000 MW opgesteld vermogen aan WKK-installaties mogelijk is (exclusief mogelijke inschakeling van micro-WKK in particuliere installaties).

Innovaties

Nieuwe WKK-installaties worden zo ontworpen dat zij naast de invulling van de elektriciteits- en warmtevraag ook flexibel inspelen op de intermitterende productie door hernieuwbare energiebronnen, op voorwaarde dat de WKK warmte kan leveren aan een thermische opslag. Daardoor kunnen ze een relevante oplossing bieden als flexibele capaciteit: ze faciliteren de groei van intermitterende bronnen en zijn eenvoudig op warmtenetten aan te sluiten.

Decentrale WKK-eenheden vlakbij dicht bebouwde kernen kunnen de bouwstenen vormen voor de uitrol van een lokaal warmtenet, dat in de toekomst ook verder kan verduurzamen door de vervanging van de WKK op aardgas door een duurzame bron, zoals bio-WKK's op duurzame brandstoffen: vaste (houtachtige reststromen), vloeibare (biodiesel) en gasvormige brandstoffen (biogas, groene waterstof, synthetisch gas...).

3.4.4 Bio-energieconversie

Potentieel

In verschillende studies werd het potentieel van biomassa voor energieopwekking en groene warmte onderzocht. Maar er zijn diverse redenen waarom het niet evident is om een eenduidige kwantitatieve uitspraak te doen over het potentieel van bio-energie in Vlaanderen:

- Het is onduidelijk hoeveel hout lokaal beschikbaar is en hoeveel er momenteel (nog) niet ingezameld wordt.
- De globale markt voor biomassa(rest)stromen is constant in evolutie: de wereldwijde vraag en aanbod heeft een invloed op de biomassa(rest)stromen die men in Vlaanderen energetisch kan valoriseren.
- Sommige biomassa(rest)stromen die momenteel nog niet verwerkt worden (materiaal en/of energie) zouden in de toekomst door innovatie een nuttige toepassing kunnen krijgen (bijvoorbeeld grasmaaisel).

Innovatie

Voor elke biomassa(rest)stroom moet men eerst evalueren of deze een nuttige materiaaltoepassing kan krijgen vooraleer van een energetische toepassing sprake kan zijn. Een aantal voorbeelden:

- **Groenafval** is bestemd voor compostering indien mogelijk, waarbij de reststoffen dan een energetische toepassing krijgen.
- Een **deel van het houtafval** dient voor de productie van spaanplaten. Door innovatie stijgt het percentage houtafval in spaanplaten jaar na jaar. Bepaalde stromen, zoals MDF, kan men nog niet gebruiken. Een Vlaams innovatief project plant om op basis van deze MDF-stroom actieve kool te produceren. In beide gevallen kan men de reststromen na deze materiaaltoepassing energetisch valoriseren.
- De chemische industrie onderzoekt de **recuperatie van moleculen** uit biomassa(rest)stromen, waarbij de reststromen vervolgens een energetische toepassing krijgen. Ook het recupereren van **vezels uit biomassa** (bijvoorbeeld uit bermmaaisel of Japanse duizendknoop) wordt onderzocht.
- Onderzoek naar de energetische **valorisatie van tot nu toe ongebruikte biomassa(rest)stromen**, bv. via vergassing.

Lokale biomassa uit houtkanten

Een interessante opportuniteit voor energetische valorisatie van biomassa is het beheer van lokaal beschikbare houtkanten langs wegen. De provincie Oost-Vlaanderen heeft hierover een visie ontwikkeld (OVL 2019)

Resthout uit groen- en landschapsbeheer kan makkelijk verwerkt worden tot houtsnippers om in een moderne biomassaketel om te zetten in duurzame warmte. Het is een ideale kleinere warmtebron om warmtenetwerken op een duurzame manier (bij) te voeden, of om openbare gebouwen, fabriekshallen of serrecomplexen te verwarmen.

Naast groene energie valoriseert het houtkantbeheer ook ecologische, landschappelijke en economische voordelen: stimulansen voor biodiversiteit, opslag van CO₂, verhoogde landschapskwaliteit, inkomsten voor landbouwers.

De gemeenten Bierbeek en Bocholt valoriseren deze duurzaam geoogste houtachtige biomassa in een lokaal warmtenet voor gemeentelijke gebouwen.

Vito heeft een GIS-kaart ontwikkeld die per gemeente het potentieel aan biomassa-installaties weergeeft.

<https://moov.vito.be/en/dashboard-biomassa>

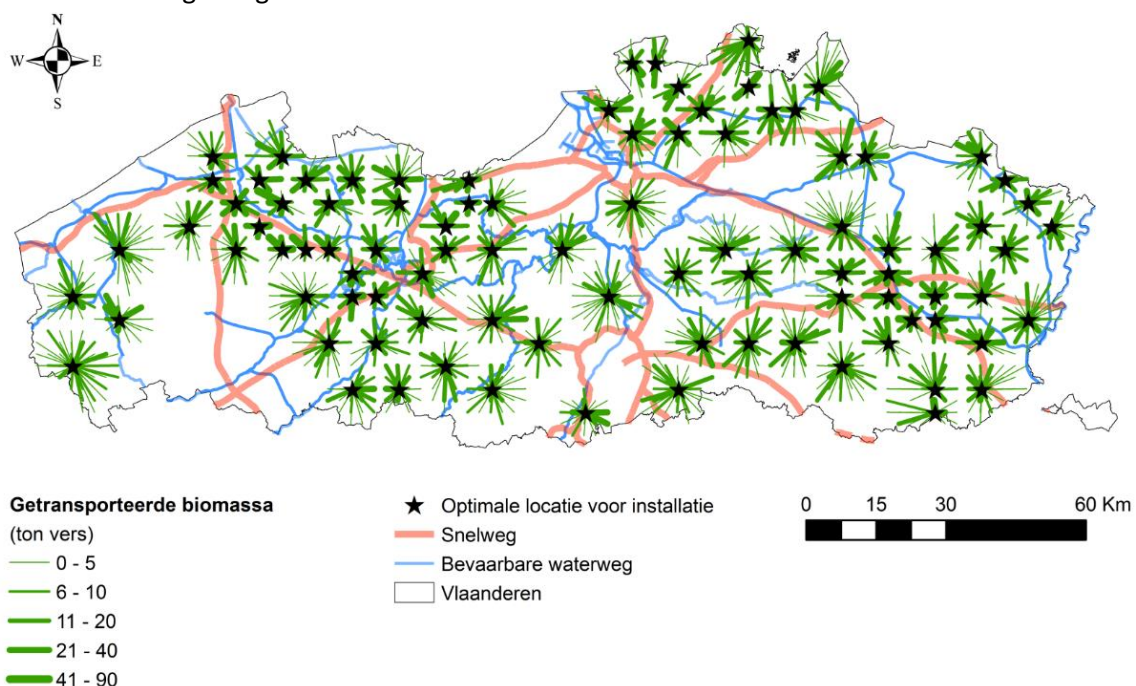


Fig. 9: Voorbeeld van potentieelkaart voor lokale biomassa (Vito, 2018)

3.4.5 Thermische zonne-energie-technieken

Potentieel in Vlaanderen

De Hernieuwbare energie-atlas (Vito, 2016) berekent de beschikbare dakoppervlakte en houdt hierbij ook rekening met de oriëntatie van de daken. Dit laat toe een onderscheid te maken tussen residentiële en niet-residentiële daken.

Voor de warmteproductie van zonneboilers neemt men een minimale oppervlakte van 5 m² per installatie met een gemiddelde productie van 0,37 MWh/m² per jaar. Het zuivere technische potentieel werd afgetopt op basis van de verwachte warmtevraag voor sanitair warm water bij huishoudens. Het potentieel voor verwarmingsondersteuning door zonneboilerinstallaties in Vlaanderen is laag en wordt zelden toegepast.

Met deze gegevens komt deze raming uit op een totaal **technisch realiseerbaar potentieel van 4.946 GWh** jaarlijks gegenereerde zonnewarmte. Dat is omgerekend een totale oppervlakte aan zonnecollectoren van 13,367 miljoen m², of een equivalent van 2,673 miljoen huishoudelijke installaties, bijna evenveel als het totaal aantal gezinnen in Vlaanderen.

De beschikbare oppervlakte op daken van gebouwen moet gedeeld worden met fotonvoltaïsche panelen. Eind december 2020 stond er een geïnstalleerd vermogen van 3866 MWp PV-panelen op Vlaamse daken; in vergelijking met het technische potentieel van bijna 57 000 MW (op basis van de Zonnekaart) is dat 6,8%. Sectorkoppeling kan hier ook een optie zijn: conversie van zonnestroom in warmte met buffering in lokale of centrale opslag.

In Denemarken en Duitsland kennen centrale grondopstellingen van grote zonthermische collectorvelden een sterke groei, als bijkomende duurzame warmtebron voor warmtenetten (jaarlijkse bijdrage 20-40%).

Innovaties

Een innovatieve decentrale toepassing zet zonne-energie om in warmte én elektriciteit: de **PVT-panelen**, met een combinatie van een laag fotonvoltaïsche cellen met warmterecuperatie aan de achterzijde, dikwijls als bron voor een warmtepomp. Men kan PVT-panelen zowel op individuele als op collectieve schaal inschakelen.

De integratie van thermische zonnecollectoren in gebouwen (BIST, building integrated solar thermal) is een interessante onderzoekspiste. Diverse technische concepten zijn mogelijk: luchtcollectoren, vloeistofcollectoren (water, koelvloeistof) en “phase changing materials” (PCM).

3.4.6 Ondiepe geothermie

Potentieel

Het potentieel voor ondiepe geothermie (aardwarmte) is erg hoog. De nuttige opbrengst varieert over heel Vlaanderen naargelang de onderliggende geologisch lagen tussen 0 en 1000 kWh per m² oppervlakte-eenheid. Het technisch-realiseerbare potentieel werd in de analyse van het rapport Warmte in Vlaanderen (VEKA, 2021; Vito, 2016a) afgetopt op basis van de totale warmtevraag van de gebouwen (residentieel, tertiair en landbouw). Het totale potentieel bedraagt 32.933GWh per jaar, verdeeld over 43% particuliere en 57% niet-particuliere installaties. Deze cijfers betreffen enkel het hernieuwbare deel van de warmtevraag uit ondiepe geothermie. Het potentieel is een factor 100 maal groter dan de effectieve toepassing in 2015 en kan ongeveer 1,3 miljoen gezinnen en 73 000 niet-particuliere warmtepompinstallaties van ondiepe aardwarmte voorzien.

Innovaties

Als bron voor warmtepompinstallaties kan men ondiepe geothermische boringen ook in een collectief systeem van koudewarmteopslag (KWO) of boorgatenergieopslag (BEO) groeperen, om via een lokaal verdeelnet (“thermisch energienet”) zowel warmte als koude te leveren aan collectieve bouwprojecten of meerdere bestaande woningen. Er is al ruime ervaring met KWO- en BEO-velden voor grotere gebouwen, maar nog niet zo vaak met lokale wijknetten met verspreide residentiële verbruikers.

3.4.7 Diepe geothermie

Potentieel

In de Hernieuwbare Energie Atlas Vlaamse gemeenten (Vito, 2016a) kwamen de onderzoekers uit op een maximaal technisch potentieel van 16874 GWh warmte uit diepe geothermieputten, verdeeld over 468 geothermische centrales in de geschikte noordoostelijke regio's. Dit cijfer houdt geen rekening met de warmtevraag of de economische randvoorwaarden.

De EFRO-studie (Vito, 2015) heeft voor een realistische inschatting een ruimtelijke analyse uitgevoerd met variante scenario's in functie van de warmtevraagdichtheid en een aantal prijsniveaus voor de geleverde warmte. Voor 4 verschillende prijsniveaus voor warmte en elektriciteit zijn geothermische centrales optimaal geplaatst. De profijtkarten die hierbij zijn opgesteld brengen duidelijk de zones in beeld waar de meest voordelige locaties zich bevinden. Het eindrapport vermeldt geen socio-economische potentieelcijfers.

In de prijs voor warmte werd ook het warmtenet verrekend. Het aantal potentiële geothermische centrales varieert van 20 tot 99, afhankelijk van de vooropgestelde prijsniveaus voor warmte en elektriciteit. Een recentere nota (Vito, 2016b) veronderstelde dat er tegen 2030 in totaal 12 geothermische centrales operationeel zouden zijn, met de opstart van één project per jaar vanaf 2017.

Vito bouwde op de Balmatt-site in Mol de eerste diepe geothermie centrale in Vlaanderen. Maar de problemen bij de derde geothermische putboring op de Balmatt site in Mol stelt dit scenario sterk in vraag. De bestaande plannen voor het uitgebreide netwerk dat Mol en Dessel zou omvatten, zijn daarom 'on hold' geplaatst. Janssen Pharmaceutica (in Beerse) is een van de eerste industriële spelers in België die diepe geothermie energiecentrales aan het bouwen is voor haar eigen energiebehoefte. De evaluatie van de twee geothermieprojecten moet nog uitwijzen in hoeverre de diepe geothermische boringen efficiënt en economisch rendabel zijn.

3.4.8 Groen gas en waterstof

Groen gas is een verzamelterm voor diverse duurzame gassen. Voor de duidelijkheid onderscheiden we vier soorten “groen gas”: biogas, biomethaan, synthetisch methaan en groene waterstof.

De huidige potentieelanalyses komen uit op een beperkt potentieel voor “geïnjecteerd biomethaan” (biogas opgewerkt tot aardgaskwaliteit) dat via het aardgasdistributienet geleverd kan worden: volgens de studie (GGP, 2019) van het Green Gas Platform (met als leden Gas.be, Valbiom en Biogas-E) bedraagt het realistische potentieel van biogas 15,6 TWh_{CBW}⁴, wat overeenkomt met ongeveer 9% van het huidige Belgische aardgasverbruik, ofwel 18% van de afname via het aardgasdistributienet.

Omwille van deze beperkte beschikbaarheid is het energetisch logisch om deze volumes groen gas (met inbegrip van waterstof) voor te behouden voor hogetemperatuurprocessen in de industrie, en niet voor gebouwverwarming.

⁴ CBW = calorische bovenwaarde

Waterstof

Waterstof (H₂) is geen energiebron maar een energiedrager; er is energie nodig om het te maken. Als energiedrager is waterstof een medium voor het opslaan, omzetten en/of transporteren van energie.

Met waterstof kan men verder ook andere gasen en vloeistoffen produceren om energie op te wekken en op te slaan. Naast methaan is ook de productie van ammoniak mogelijk, dat makkelijker op te slaan is dan waterstof. Deze extra omzettingen gaan wel gepaard met belangrijke energieverliezen.

Gebruik van waterstof voor klimaatneutrale gebouwen: nog veel vraagtekens

In de BathyBuild studie uitgevoerd door de KU Leuven en WaterstofNet (Rongé, 2021), is gekeken hoe en in welke omstandigheden waterstof een zinvolle oplossing kan zijn in de gebouwde omgeving. Er is een model uitgewerkt dat de energiekosten voor de bewoner berekent voor een aantal combinaties van technologieën (waterstofketels, warmtepompen en WKK) en woningtypes (nieuwbouw, bestaande bouw en appartementen). Uit deze modelberekeningen blijkt dat waterstof in een aantal gevallen een interessante oplossing kan zijn, vooral voor oudere gebouwen waarin lage temperatuur-verwarmingssystemen niet mogelijk zijn of tot zware renovatiekosten zouden leiden. Combinaties van technologieën, zoals hybride warmtepompen (warmtepomp in combinatie met een waterstofketel of een WKK-installatie) lijken ook heel wat potentie te hebben.

De berekeningen uit deze studie zijn ruim onvoldoende om te kunnen concluderen dat waterstof zeker gebruikt moet worden voor verwarming van gebouwen. Echter, de resultaten tonen wel aan dat men het gebruik van waterstof niet a priori moet afschrijven.

Beperkingen van de studie

- De studie gaat uit van de optimistische hypothesen van 100% groene stroomproductie, onbeperkte import van betaalbare waterstof en de volledige aanpassing van de gasdistributienetten aan waterstof; daarbij zijn er grote onzekerheden over de aannames voor de parameters in 2050.
- Een aantal belangrijke warmtetechnologieën zijn buiten beschouwing gelaten: grond-water warmtepompen, lucht – lucht warmtepompen, biomassaketels, thermische zonnecollectoren, industriële restwarmte in warmtenetten.

Warmtepompen zijn de meest efficiënte technologie

De studie stelt duidelijk dat een warmtepomp de hoogste efficiëntie van warmteproductie behaalt, met een energie-omzettingsrendement dat geen andere technologie kan evenaren (zie fig. 10). Bijgevolg is de primaire energievraag voor verwarming lager bij toepassing van een warmtepomp.

Als lage temperatuurverwarming aanwezig is, is all-electric verwarmen de goedkoopste optie

Als lage temperatuurverwarming reeds aanwezig is zonder bijkomende kosten, is verwarmen met uitsluitend een warmtepomp de goedkoopste optie. Dit weliswaar vanuit het lokale standpunt, zonder rekening te houden met de impact op het energiesysteem. Voor nieuwe verkavelingen lijkt het weinig zinvol om te investeren in een uitbreiding van het gasnet.

Hybride verwarming als optie voor bestaande gebouwen

In vele bestaande gebouwen zal verwarmen op beperkte temperatuur mogelijk zijn (bv. klassieke radiatoren die overgedimensioneerd zijn). In dergelijke gevallen kan men de laagste kost bekomen door een warmtepomp te combineren met een waterstofketel (individueel) of een WKK (centraal, met een lokaal warmtenet).

Vele aspecten van gebouwverwarming via waterstof zijn nog te weinig onderzocht

Deze studie is de eerste stap naar het beter begrijpen van hoe waterstof aan deze kwestie kan bijdragen. Er zijn echter nog vele onbekenden: de rol van gascentrales; de capaciteit van het elektrische distributienet; de haalbaarheid van distributienetten op waterstof; import van groene waterstof; de hoeveelheid binnenlandse hernieuwbare energieproductie; de hoeveelheid hernieuwbare energieproductie op daken van gebouwen; de renovatiegraad en het toekomstige woningpatrimonium; nood aan wetgeving; de rol van energiegemeenschappen en collectieve verwarming; tariefstructuren; etc. Om deze vragen op te lossen, is er nood aan bijkomend onderzoek en pilootprojecten.

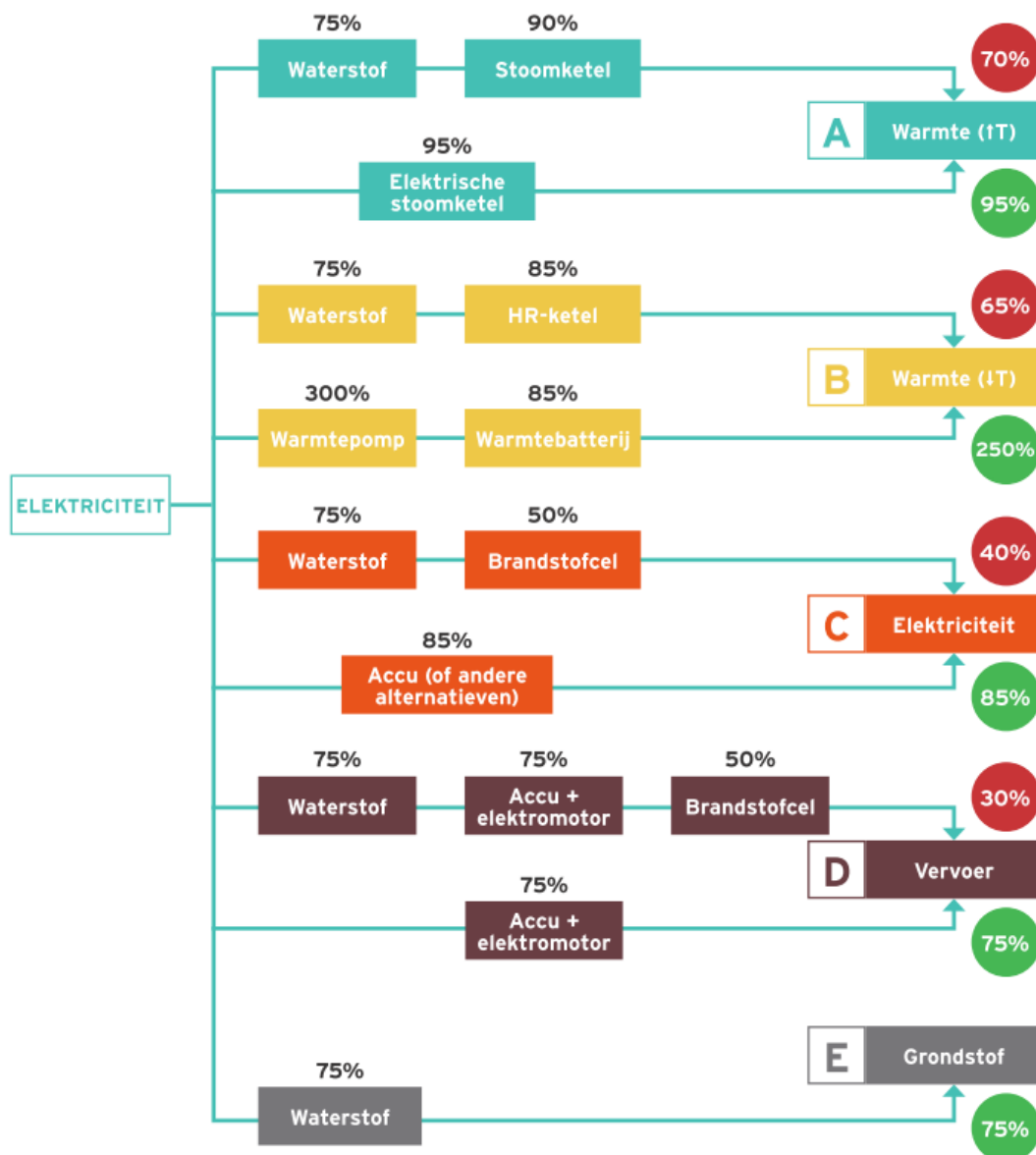


Fig. 10: Vergelijking van waterstofroutes en alternatieven met elektriciteit als startpunt (Over Morgen, 2018)

Waterstof in de gebouwde omgeving: geen rol op middellange termijn

Waterstof speelt tot 2030 een zeer beperkte rol in de gebouwde omgeving, omdat de hoge vraag naar koolstofarme waterstof in de industrie de eerste prioriteit zal zijn. Op korte termijn blijft waterstof in gebouwen duur door gebrek aan infrastructuur voor distributie en de hoge investeringskosten.

Voor het invullen van een stuk van de warmtevraag (het elektrificeerbare aandeel) in de gebouwde omgeving lijken voorlopig efficiëntere en bewezen routes meer geschikt te zijn. Het is daarom niet logisch om in deze sectoren te gaan wachten op en te gaan experimenteren met waterstof. In de

gebouwde omgeving zijn efficiëntere routes beschikbaar met warmtepompen of warmtenetten. Inzet van waterstof in de meer logische routes voor industriële grondstoffen en zwaar internationaal vervoer heeft prioriteit.

3.4.9 Sectorkoppeling

Sectorkoppeling (of ook systeemintegratie) betekent het afstemmen en slim koppelen van de verschillende onderdelen van het energiesysteem, verschillende sectoren en energievectoren zodat het efficiënt, betaalbaar en betrouwbaar is. Het kan daarbij gaan om het omzetten van energie in een andere vorm (bijvoorbeeld van elektriciteit naar warmte), opslaan van energie tot het optimale moment van gebruik en het afstemmen van vraag en aanbod.

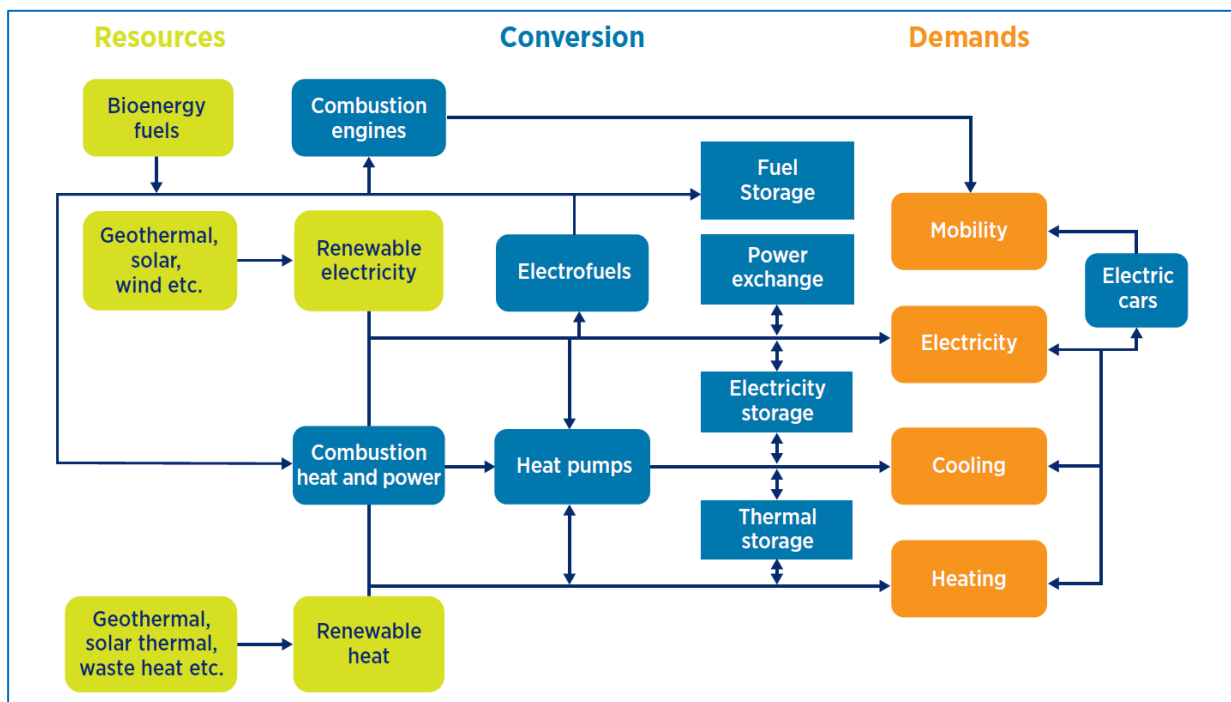


Fig. 11: Interactie tussen bronnen, energieconversie en -vraag in een geïntegreerd energiesysteem (IRENA, 2021)

In de 4 sectoren van het energiesysteem elektriciteit, gebouwen, industrie en transport is er door de energietransitie immers een groeiende nood aan flexibiliteit. Dat komt door drie onderliggende oorzaken:

1. De toenemende **onbalans tussen vraag en aanbod**: de productie van zonne- en windenergie is variabel en intermitterend, met piek- en dalperiodes en een onevenwicht tussen de profielen van vraag en aanbod
2. De **decentrale opwekking** van elektriciteit in ruimtelijk verspreide installaties;
3. De **elektrificatie** van warmte en transport (warmtepompen en elektrische voertuigen): de toenemende vraag verhoogt de druk op het elektriciteitssysteem.

Op die manier kan sectorkoppeling een antwoord bieden op de toenemende behoefte aan optimale integratie van hernieuwbare energie, flexibiliteit, zowel voor warmte-opwekking als elektriciteit, en de daarmee samenhangende problematiek van de netcapaciteit en de impact op de marktprijzen.

Doorgaans betekent een verschuiving van vraag of aanbod, met diverse vormen van buffering of flexibiliteit, een verlies aan energetische efficiëntie. In de energietransitie zal men toch moeten aanvaarden dat flexibiliteit via vraag-aanbod afstemming ten koste gaat van een zuivere optimalisatie van energetische omzettingsrendementen.

Innovatie

Voor de Europese Commissie is sectorintegratie al een belangrijk onderdeel van de innovatie. In de hogerop vermelde innovaties zijn al verschillende voorbeelden van deze sectorintegratie aan bod gekomen.

3.4.10 Thermische opslag

Afstemming van vraag en aanbod is belangrijk. Wanneer deze niet momentaan met elkaar overeenstemmen kan thermische opslag een oplossing bieden. Dit kan zowel op individueel (buffervat), lokaal collectief als grootschalig collectief niveau (thermisch net).

Zowel afstemming op dagbasis als seizoensbasis van aanbod hernieuwbare warmte, of conversie van hernieuwbare elektriciteit, spelen hierbij een rol. Op seizoensbasis worden boorgatenergieopslag en lokaal collectieve opslag ("pit storage") als de momenteel meest inzetbare aanzien. Individueel op gebouwniveau en op dag- of weekhorizon is technische opslag in buffervaten of integratie in de gebouwenconstructies (vloerplaten) het sterkst opkomend.

Innovatie

Op het vlak van innovatie werkt men aan de verdere ontwikkeling van compacte vormen van thermische opslag zoals PCM's (phase change materials) en TCM's (thermochemische materialen).

3.4.11 Duurzame koeling

Bij koeling onderscheiden we actieve comfortkoeling voor gebruikers van gebouwen, productkoeling (koelkasten en diepvriezers in de industrie, distributie, transport en de huishoudens) en proceskoeling (industrie, datacenters). We behandelen hier alleen comfortkoeling. De vrijgekomen warmte van koelinstallaties kan overigens ook als warmtebron dienen in innovatieve warmtenetten.

Momenteel gebeurt actieve koeling meestal met behulp van elektriciteit. De duurzaamheid van koeling hangt dus af van de (lokale) elektriciteitsmix of de groenestroomcontracten. Koelinstallaties dragen bovendien bij aan de broeikasgasemissies door lekkage van schadelijke koelvloeistoffen. Net als bij de warmtevoorziening heeft besparen op de koelvraag, verduurzamen van de koelconcepten (inclusief passieve concepten) en daarnaast minder lekkage van koelvloeistoffen dus een gunstig effect op het totale energiegebruik en op de broeikasgasuitstoot.

Individuele opties voor verduurzaming

Comfortkoeling in de gebouwde omgeving heeft als doel het realiseren van comforttemperaturen binnen het gebouw bij zomerse hoge buitentemperaturen, te hoge zonnewinsten of interne warmtewinsten. Een eerste cruciale stap is het verminderen van de extra koelvraag door preventieve ingrepen die de interne temperatuurstijging binnen het gebouw beperken:

- vermijden van zomerse zonnewinsten door het gebouwconcept (ontwerp van de raampartijen, zonnewering, kleur buitenschil, thermische massa om warmtepieken af te vlakken...);
- beperken van de interne warmteproductie: energie-efficiëntie verlichting, toestellen.

De tweede stap is de afvoer van overtollige warmte door passieve koeling, pas als laatste stap kan een actief koelproces nodig zijn. Verduurzaming is hier mogelijk door directe uitwisseling met koude uit de omgeving (ook "free cooling" genoemd): intensieve nachtventilatie, circuleren van koud water in verwarmingselementen. Dat kan vanuit diverse "koudebronnen" zoals oppervlaktewater, ondergrondse watervoerende lagen, boorgatenergieopslag, ondergrondse aardwarmtewisselaars.

Koelen met zonne-energie of restwarmte

Actief koelen kan ook via een absorptie- of adsorptiekoelmachine op basis van (niet-elektrisch opgewekte) duurzame warmte, zoals thermische vacuümbuiscollectoren of warmte uit een warmtenet.

Collectieve duurzame koude uit koudenetten

Koudenetten werken op dezelfde wijze als warmtenetten, alleen verdelen ze koude in plaats van warmte. Interessante duurzame bronnen hiervoor zijn aquathermie (oppervlaktewater, drinkwaterwinning, afvalwater) en ondiepe geothermie. Om de temperatuursimpact op het aquatisch ecosysteem te beperken gaat de voorkeur naar gecombineerde warmte-en koudeopwekking in systemen van KWO en boorgatenergieopslag. Koudenetten zijn vooral geschikt voor locaties met een zeer grote koudevraag, bijvoorbeeld kantoorzones.

3.5. Combinaties van duurzame warmtebronnen en innovatie

De hoger vermelde technologieën kan men combineren met andere duurzame verwarmings-technologieën. Zo kan op individueel niveau een warmtepomp samenwerken met een zonthermische installatie of op collectief niveau een warmtepomp nodig zijn in een lage temperatuur warmtenet.

Verder zien we ook dat de mogelijke types warmtebronnen voor een warmtenet sterk kunnen variëren zoals de restwarmte van een datacenter of warmte/koude uit water (aquathermie en riothermie).

Ook de link met koeling wint aan belang door de steeds warmere zomers. Hierbij kunnen omkeerbare warmtepompen met 'free chilling', koudewarmteopslag (KWO) in de bodem, het regenereren van ondiepe geothermische putten via de afgevoerde warmte uit een koelinstallatie en de link in de zomer tussen PV en actieve koeling via warmtepompen een rol spelen.

Bovenstaande innovaties zijn slechts een fractie van wat al in realiteit bestaat. Dit toont aan dat de mogelijke toepassingen van hernieuwbare warmte niet los van elkaar staan, maar tot creatieve en innovatieve combinaties kunnen leiden als oplossing voor specifieke projecten. Daarbij zijn innovatieve beslissingstools essentieel om voor elke situatie de gepaste combinaties te evalueren en te dimensioneren. Bij dergelijke systeemintegratie zal het afstemmen van vraag en aanbod samen met voorspellingsmodellen en energieopslag een doorslaggevend effect realiseren.

3.6. Digitalisering en artificiële intelligentie

Digitalisering en artificiële intelligentie maken heel wat nieuwe opportuniteiten bereikbaar in het domein van gebouwverwarming en -koeling. Een slim ontwerp en het preventief onderhoud is onder meer essentieel voor de realisatie van sectorkoppeling (bv. om de vraag en aanbod aan warmte en elektriciteit op elkaar af te stemmen).

Een voorspellende aansturing op basis van virtuele modellen ("Model predictive control") kan bijvoorbeeld anticiperen op vraag en aanbod van hernieuwbare energie en het systeem optimaliseren in de fasen van ontwerp en werking (investering en operationele kosten).

Andere voorbeelden van digitale toepassingen in warmtenetten zijn onder meer:

- Planning via GIS-software voor de ruimtelijke en economische optimalisatie van leidingtrajecten
- Hydraulisch ontwerp van het leidingstelsel
- Slimme warmtemetingen en datacommunicatie
- Slim warmtenetbeheer en onderhoudstoepassingen (lekdetectie)
- Optimaal inzetten van flexibiliteit via voorspellende regeling (MPC)
- Communicatie en facturatie van klanten

4. Huidige situatie en bestaand beleid

4.1. *Beleidscontext: Vlaams, Belgisch en Europese warmtebeleid*

4.1.1 Vlaams gewest

Op dit moment bestaan voor verschillende duurzame verwarmingstechnologieën (zowel verwarming als sanitair warmwater) **premies** voor zowel residentiële en niet-residentiële gebouwen. Zo bestaat er vandaag een **premie voor warmtepompen** (geothermische, lucht-lucht, lucht-water en hybride warmtepomp), **zonneboiler en warmtepompboiler**. Beschermde afnemers⁵ kunnen een verhoogde premie aanvragen voor sommige technologieën.

Naast het promoten van hernieuwbare verwarmingstechnologieën voerde de Vlaamse regering ook een **verbod in op het plaatsen van stookolieketels** bij nieuwbouw en ingrijpende energetische renovaties. Dit is voorlopig nog geen algemeen verbod.

Niet iedereen kan echter even makkelijk deelnemen aan de energietransitie. De Vlaamse Regering keurde daarom enkele **flankerende maatregelen** goed voor **beschermde afnemers**. Zo kunnen beschermde afnemers een premie ontvangen voor het plaatsen van een condensatieketel op aardgas als een aardgasnet aanwezig is in de straat of door een nieuwe condensatieketel op butaan of propaan in niet-aardgasgebied. Wie behoort tot de prioritaire doelgroep van de Vlaamse energielening, kan een verhoogde premie krijgen wanneer deze nieuwe ketels een bestaande stookolieketel vervangen. Beschermde afnemers ontvangen ook een verhoogde premie voor plaatsen van een warmtepomp.

Daarnaast bestaan er ook **premies voor isolatie** (buitenmuur, dak of zolder, vloerisolatie of beglazing) waarmee eigenaars de bouwschil kunnen verbeteren.

Naast premies voor individuele investeringen kunnen grotere projecten beroep doen op de **call groene warmte**. Deze investeringssubsidie (budget 10,5 miljoen euro in 2020) is bedoeld voor nieuwe installaties die groene warmte uit biomassa produceren (groter dan 1 MWth), restwarmte benutten of biomethaan produceren en injecteren.

De Vlaamse overheid tekende een **lange termijn renovatiestrategie** uit. Daarin staat beschreven dat tegen 2050 de gemiddeld EPC met 75% moet dalen (tot gemiddeld label A). Om dit te verwezenlijken werd de **EPC-labelpremie** geïntroduceerd. Deze premie mikte eerst op sleutelmomenten (aankoop woning, erfenis, huurderswissel, enz.), maar staat nu open voor alle eigenaars die het EPC label van hun woning of appartement verbeteren. Verder wordt vanaf 2021 een databank met informatie over verwarming per gebouw gekoppeld aan de woningpas. Dit maakt het mogelijk om eigenaars te melden wanneer onderhoud nodig is, dit te handhaven en te informeren over mogelijke energiebesparingen.

Naast verbod op individuele stookolieketel in nieuwbouw, is vanaf 2021 geen aardgasaansluiting meer toegelaten als hoofdverwarming in nieuwe grote verkaveling/appartementsgebouw. **Duurzame collectieve verwarming** is wettelijk verplicht sinds januari 2021 indien men een grote verkaveling of appartementsgebouw aansluit op aardgasnet.

Het **lokale niveau** speelt een belangrijke rol in de realisatie van bovenstaande plannen. Het **Netwerk Klimaat** opgericht door VVSG met steun van de Vlaamse overheid helpt steden en gemeenten met hun vragen over het opzetten van een lokaal energie- en klimaatbeleid. Steden en gemeenten krijgen ook de uitnodiging om het **Vlaams Energie- en Klimaatpact** te ondertekenen. Via het realiseren van acties binnen de vier uitgetekende “werven” (thematische doelen) dragen de steden en gemeenten bij tot de realisatie van het Vlaams Energie en Klimaatplan.

⁵ Beschermde klanten zijn mensen die recht hebben op het sociaal tarief voor elektriciteit en aardgas.

Werf twee moedigt gemeenten aan om in totaal 150.000 extra collectieve energiebesparende renovaties te realiseren en één participatief hernieuwbaar energieproject per 500 inwoners op te starten tegen 2030.

Gemeenten die het Klimaatpact ondertekenen moeten ook lokale warmteplannen uitwerken, op basis van een **warmtezoneringsplan** met een ruimtelijke analyse van de warmtevraag, de beschikbare bronnen van restwarmte en voorkeurzones voor individuele duurzame warmtetechnieken (zoals warmtepompen) of warmtenetten (zie 6.1.4.).

4.1.2 Belgische federale overheid

Energie is grotendeels een regionale bevoegdheid, al speelt het federaal niveau ook een belangrijke rol. Zo is het federaal niveau bevoegd voor de transmissienettarieven en de sociale maximumprijzen, het hoogspanningsnet van elektriciteit, opslag en vervoer van aardgas, productie van elektriciteit (uitgezonderd groene stroom en WKK) en kernenergie.

De elektriciteits- en gasfactuur bestaan dus uit regionale (Vlaamse) en federale componenten.

4.1.3 Europees niveau

Europa eist van de deelstaten een groeiende inspanning om klimaatneutraliteit te bereiken. Hiervoor werden verschillende (financiële) instrumenten gecreëerd. De European Green Deal is daar één van. België kreeg de kans om tegen april 2021 een sterk dossier voor een groen relanceplan in te dienen waarbij ook hernieuwbare warmte en ambitieuze renovaties een belangrijk element moeten zijn.

Verder neemt Europa renovatie op binnen de nog te lanceren “Renovation Wave” waarin een versnelling (verdubbeling) van de renovatie snelheid noodzakelijk wordt geacht om zowel het economisch herstel binnen Europa een boost te geven als energiearmoede te doen dalen.

Daarnaast vaardigt de commissie ook verschillende richtlijnen uit voor zijn lidstaten:

- Dalen van de uitstoot tegen 2030 en 2050
- Verhogen van energie efficiëntie (EED)
- Richtlijn omtrent energieprestatie van gebouwen
- Richtlijn hernieuwbare energie
- Technologische eisen: Ecodesign
- Communicatie rond systeemintegratie

4.2. Relevante beleidsdocumenten

Hieronder lijsten we de meest relevante beleidsdocumenten kort op:

- [Vlaams Energie- en Klimaatplan](#) (VEKP) 2021-2030 (goedgekeurd op 9 december 2019). Hierin werden doelstelling voor hernieuwbare energie en groene warmte opgetekend, naast een visie omtrent energie-efficiëntie.
- [Vlaamse Klimaatstrategie 2050](#) (goedgekeurd op 20 december 2019). Ook Wallonië en Brussel keurden een klimaatstrategie tegen 2050 goed. Dit bevat onder andere de ambitie om de broeikasgasemissies van niet-ETS-sectoren te reduceren met 85% tegen 2050 (t.o.v. 2005).
- [Nationaal Energie- en klimaatplan 2021-2030](#): de federale overheid moest dit tegen eind 2019 indienen bij de Europese Commissie. Het combineert de strategieën van de verschillende gewesten.
- Rapport [Warmte in Vlaanderen 2020](#)
- [Vlaamse langetermijnrenovatiestrategie](#) voor gebouwen 2050 (goedgekeurd op 29 mei 2020). Deze strategie tekent op dat het gemiddelde EPC-kengetal van het volledige Vlaamse woningpark tegen 2050 met 75% moet dalen. Dit komt overeen met het A label (kengetal 100).

5. “Warmtewende 2050”: streefbeeld voor groene warmte

5.1. Streefbeeld en strategische doelen ODE

De **Vlaamse Klimaatstrategie 2050** stelt voor de sector gebouwen een reductie van de broeikasgasemissies met meer dan 80% voorop ten opzichte van vandaag. Voor de woongebouwen komt dit neer op een reductie met bijna 75%, terwijl voor de niet-woongebouwen klimaatneutraliteit het streefdoel voor 2050 is.

De urgentie van de klimaatcrisis wordt meer en meer duidelijk en zet druk op het **verhogen van deze ambities richting 100% klimaatneutraliteit in 2050 voor alle sectoren**. Dat is ook het strategische doel van ODE in deze visietekst.

Streefbeeld

☒ **100% hernieuwbare warmte op individuele en collectieve schaal**

In 2050 wordt 100% hernieuwbare warmte en koude geleverd aan warmteafnemers in steden, wijken, gebouwen en industriële processen. Dat gebeurt enerzijds door grote warmtenetten gebaseerd op hernieuwbare energie en op verschillende schaalniveaus: van stadsbrede systemen tot lokale micronetwerken. Deze leveren kosteneffectieve collectieve warmte in gebieden met een hoge dichtheid.

In de buitengebieden met een lage dichtheid gebeurt de warmtevoorziening via individuele of kleinschalige lokale hernieuwbare warmte- en koude-installaties, met een optimale integratie van verschillende hernieuwbare technologieën (warmtepompen, zonnecollectoren, kleinschalige bio-WKK en opslag) in installatievriendelijke (plug-and-play) en eenvoudig te beheren systemen.



Fig. 12: Prioriteiten in de visie op 100% hernieuwbare warmte en koude (bron: www.rhc-platform.org)

Positieve energiewijken georganiseerd in energiegemeenschappen bieden ontzorging aan individuele wooneenheden.

✓ **Lokale hernieuwbare warmtebronnen**

De maximale inschakeling van lokale hernieuwbare warmtebronnen wordt aangevuld met hernieuwbare elektriciteit. Ze vormen de ruggengraat van een nieuw energiesysteem, dat gebruikersgericht, koolstofneutraal, efficiënt, betrouwbaar en flexibel is. Het transitiebeeld hieronder gaat uit van een volgehouden daling van de warmtevraag, uitfasering van aardgastoepassingen en stookolieketels en een stijgend aandeel van warmtenetaansluitingen en warmtepompen tegen 2050 (indicatieve aandelen).

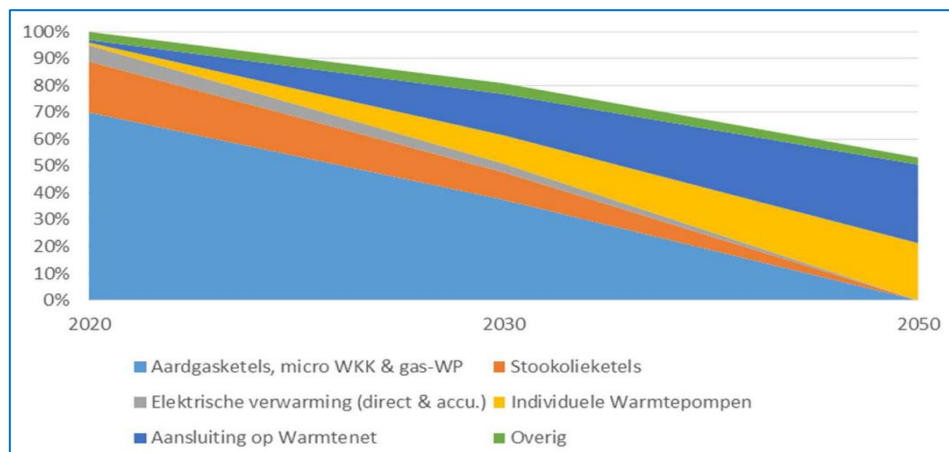


Fig. 13: Transitiebeeld 2020; evolutie aandeel energietechnieken t.o.v. warmtevraag gebouwen in 2020 (BBL, 2017)

In Vlaanderen zijn volgende duurzame warmtetechnieken relevant: thermische zonne-energie, diepe en ondiepe geothermie, bio-energie (vast, gasvormig en vloeibaar), restwarmte voor warmte- en koudenetten, omgevingsenergie (lucht als bron voor warmtepompen), aquathermie. Sectorkoppeling maakt het mogelijk om ook groene stroom in te schakelen (integratie van opslag en flexibiliteitsmechanismen)

Na het stap voor stap uitfaseren tegen uiterlijk 2050 van stookolieketels, aardgasketels, micro WKK en gaswarmtepompen leveren warmtenetten 15 tot 55% van de residentiële warmtevraag. De invulling van het andere grote aandeel van de warmtevraag gebeurt via warmtepompen. Zonthermie speelt een ondersteunende rol als warmtebron. Duurzame biomassa-installaties produceren groen gas of warmte voor kleine collectieve warmtecentrales.

Sectorkoppeling zorgt voor een optimale integratie van warmtevragers, warmtenetwerken, warmtebronnen en het elektriciteitsnet voor de efficiënte inzet van bronnen en een optimaal elektriciteitsnetbeheer.

✓ **Economische meerwaarde**

De optimale inzet van lokaal beschikbare hernieuwbare energiebronnen zorgt voor aanzienlijke werkgelegenheid en economische voordelen voor de lokale economieën. Daarbij betreft het nieuwe energiesysteem tegelijk ook de eindgebruikers als actieve consumenten en zorgt het voor een sociaal rechtvaardige energietransitie die energie-armoede wegwerkt.

Macro-economisch zorgt deze warmtewende voor nieuwe opportuniteiten voor een lokale innovatieve industrie en verbetert ze de betalingsbalans door over te schakelen van de invoer van fossiele brandstoffen naar binnenlandse waardecreatie.

Duurzame warmte in 2050: een streefbeeld

Na de oranje knipperlichten van verdroging en opeenvolgende hittegolven in de jaren '20 was de grote meerderheid van de Vlamingen gewonnen voor een duurzame omschakeling van de energievoorziening. De toenemende roep om ambitieuze klimaatmaatregelen gaf politici de moed om een doortastend beleid op te starten met het doel van 100% klimaatneutrale energievoorziening in het vizier.

Massale investeringen in een grootschalig renovatieprogramma van woningen verhoogden de woonkwaliteit en verlaagden de energiefactuur. Voor de ombouw naar duurzame warmte konden eigenaars en huurders beroep doen op deskundige begeleiding en collectieve wijkrenovatie. Sociale correctiemaatregelen met slimme financiering namen de aanvankelijke weerstand van minder draagkrachtige groepen in de samenleving weg.

Burgercoöperaties ondersteunen dit proces via coöperatieve projecten die energiebesparing en 100% hernieuwbare energie combineren, inclusief slimme sectorkoppeling tussen groene stroom, warmte en elektrische mobiliteit. Met hun expertise in de organisatie en uitbating van lokale energiegemeenschappen en via hun lokale aanpak bereiken burgercoöperaties ook huurders en kansengroepen, die zelf niet kunnen investeren in een eigen installatie.

In de uitfasering van fossiele brandstof kregen installateurs een belangrijke rol als ambassadeurs van duurzame warmte, begeleid door opleiding en bijscholing. Een ontzorging van onderhoud, beheer en optimalisatie van individueel wooncomfort, als aanvullende facilitator, bleek in één beweging zowel een sprong omhoog als vooruit.

In 2050 kunnen we de vruchten plukken van een lange weg: alle gebouwen zijn energiezuinig gemaakt, met aandacht voor haalbare maatregelen en isolatieniveaus aangepast aan het type gebouw. Te grote woningen op het platteland zijn opgedeeld in collectieve woonvormen, een selectie van afgelegen woningen werd door de overheid opgekocht en afgebroken. Dat leverde grotere “verwilderde” natuurgebieden op waar de Vlaming graag ontspanning zoekt. Ook de jarenlange campagnes om meer bomen en hagen te planten hebben Vlaanderen vergroend. Het is ook een noodzakelijke aanpassing aan het drogere zuiderse klimaat.

Bij de heraanleg van verkeersluwe centra van steden en gemeenten zorgde een integrale planning ook voor de aanleg van collectieve thermische netten. De lokale besturen gaven zelf het goede voorbeeld door hun gebouwen aan te sluiten en ook andere grootverbruikers te overtuigen, zoals zorginstellingen en appartementsgebouwen. En met veel communicatie en participatie konden ze ook de meerderheid van hun inwoners overtuigen om hun fossiele verwarming te vervangen door een warmtenetaansluiting. Het resultaat is dat een groot deel van de Vlamingen nu in zijn woning duurzame warmte uit een warmtenet krijgt. Grootschalige installaties van boorgatenergieopslag onder parken leveren warmte aan nabije gebouwen in de winter en koeling in de zomer, waarbij de afgevoerde zomerwarmte het opslagveld tegelijk ook regenereert voor de volgende winter. In de omgeving van rivieren en kanalen is aquathermie een belangrijke bron voor lokale thermische netten.

Bewoners van zones zonder warmtenet kregen begeleiding om over te schakelen op een warmtepomp, soms ook collectief aangelegd met verschillende burens.

Zonne-energie kent diverse toepassingen: zonnecollectoren op daken dragen voor de helft bij aan de duurzame productie van sanitair warm water; grote thermische zonnecentrales op industriedaken leveren zonnewarmte aan de industrie zelf en aan warmtenetten. Hybride elektrisch-thermische panelen hebben gedeeltelijk de oudere PV-panelen vervangen en vormen een efficiënte bron voor warmtepompen, samen met groenestroomproductie.

Het gasnetwerk levert nu vooral aan de industriële verbruikers groen gas voor toepassingen op hoge temperatuur. De energie-intensieve industrie nabij de Vlaamse havens heeft haar eigen netwerk voor groene waterstof dat rechtstreeks is aangesloten op de H2-terminal in Zeebrugge die waterstof uit het Energie-eiland op de Noordzee aanvoert. Ook de landbouw produceert en verkoopt groen gas uit biovergisters, die in grote aantallen werden gebouwd na de bijsturing van het mestbeleid in de jaren '20, onder druk van de stikstofcrisis.

Dit groene gas bevoorraadt ook de warmtekrachtkoppelingen die een belangrijke warmtebron en bevoorradingszekerheid vormen voor de warmtenetten. In elk warmtenet zorgt een grote thermische opslag voor de nodige flexibiliteit, niet alleen voor de WKK's maar ook door pieken in groenestroomproductie uit wind- en zonne-energie op te vangen. Ook decentrale opslag in gebouwen speelt hierin een rol, met compacte en slim aangestuurde opslagtechnieken zoals een thermochemische zoutbatterij.

Een doorgedreven digitalisering van de meters voor elektriciteit en warmte levert de nodige data voor een optimaal beheer van de slimme energienetten. Warmteklanten hoeven zich daarover geen zorgen te maken: het beheerssysteem doet het nodige op de achtergrond.

De Vlaamse industrie draagt volop bij aan innovatieve ontwikkelingen door in te zetten op componenten en systemen die gemakkelijk installeerbaar zijn, een grote interoperabiliteit hebben en dus ook smart proof zijn.

5.2. Impact van alternatieve ontwikkelingen en doorbraken

De groene warmtesector is ambitieus. We verwachten op het niveau van de individuele technologieën (warmtepomp, warmtenet, WKK, enz.) verdere investeringen in energie-efficiëntie en innovatie.

Daarnaast zijn ook op systeemniveau verdere innovaties nodig met maximaal gebruik van de restwarmte van de industrie door warmtenetten en koppelingen met thermische opslag en slimme sturing. De combinatie van een warmtenet met warmtepompen toont ook aan dat technologieën niet louter los van elkaar hoeven te functioneren, maar complementair kunnen werken.

Aansturing van verwarmingstechnologie (warmtepompen, warmtepompboiler, accumulatieverwarming, enz.) zal couranter worden. Verder zal ook thermische opslag, naast batterijen het ons mogelijk maken om in te spelen op de fluctuerende productie van hernieuwbare energie, dynamische prijzen en eigenverbruik.

Door de opkomst van concepten zoals energie- en warmtedelen en energiegemeenschappen zal de elektriciteit en warmte van de buur(t) en niet enkel het eigen individuele gebruik belangrijk worden. Dit collectieve denken is een game changer.

5.3. Relatie met gebouwrenovatie en ruimtelijk beleid

In 2021 maakte de Europese Commissie van renovatie een prioriteit via de Renovation Wave Strategy. De renovatiegraad verhogen zal verschillende effecten hebben. Een renovatie verbetert eerst en vooral de levenskwaliteit van de bewoners. Verder daalt de warmtevraag van de woning door betere isolatie en efficiëntere technieken, wat dan weer de CO₂ uitstoot doet afnemen en energiearmoede tegengaat.

Op basis van data uit de EPC-databank blijkt dat op dit moment slechts 3,5% van het bestaande woningenpark van bijna 3 miljoen woningen (huizen en appartementen) voldoet aan de eisen binnen de langetermijnrenovatiestrategie. Er moeten dus nog 2,9 miljoen woningen evolueren naar de doelstelling 2050 (96,5% van het woningenbestand).

De wisselwerking tussen het energiesysteem en ruimtelijke planning wint aan belang in het kader van de energietransitie met veel meer ruimtelijk verspreide hernieuwbare energie-installaties. Momenteel is dat het duidelijkst voor energietransport (elektriciteit, gas, warmte) en voor grote decentrale bronnen zoals windenergie.

Ook in de warmtevoorziening zullen lokaal opgewekte (rest)warmte en warmtenetten een groeiende rol spelen en daarmee een impact hebben op de ruimtelijke organisatie. Maar er is ook een omgekeerd verband: een ruimtelijk beleid dat de “warmtewende” faciliteert, zal een positieve impact hebben op de uitrol van warmtenetten. Daarom is het belangrijk dat ruimtelijke planning de warmtevraag en het potentieel warmte-aanbod meeneemt bij zowel nieuwe verkavelingen, wijkrenovaties als de vervanging van bestaande (energie)netinfrastructuur. Dat zijn de momenten bij uitstek om de diverse opties voor de verduurzaming van de warmtevoorziening af te wegen (individuele of collectieve systemen, keuze van warmtebronnen).

Warmtezoneringsplannen op lokaal detailniveau zijn volgens Europees onderzoek dé topmaatregel om de ombouw naar duurzame warmte (dus niet alleen warmtenetten) te faciliteren.

5.4. Opportuniteiten en knelpunten

5.4.1 Tewerkstelling

Positieve direct effecten betreffen voornamelijk de sectoren bouw, installatie, IT en energie.

De Europese Commissie schat dat haar renovatiegolf zal resulteren in 35 miljoen⁶ gerenoveerde gebouwen en een toename van 160.000 groene jobs binnen de constructiesector. Vlaanderen moet nog 2,9 miljoen woningen renoveren, wat dan zou resulteren in het creëren van meer dan 13.000 jobs. De SERV keek verder dan enkel renovatie. De SERV-studie over klimaatbeleid wijst erop dat, om de Vlaamse broeikasgasdoelstellingen te halen in niet-ETS-sectoren tegen 2030 (een daling van 35%), het **investeringsritme met een factor 2 tot 7 moet toenemen en er 250.000 extra arbeidskrachten in de Vlaamse bouwsector nodig zullen zijn**. De IEA onderzocht dat binnen duurzame relanceplannen een investering van 1 miljoen euro in het energie-efficiënt maken van gebouwen of deze retrofitten ongeveer overeenkomt met de creatie van 12 nieuwe jobs.

De stimulering van een optimale doorontwikkeling van o.a. de warmtepomptechnologie in bestaande en nieuwe productiesites zal ook zorgen voor een verankering van de internationale producenten.

Gestimuleerd kwalitatief onderzoek in technologieën van de toekomst moet leiden tot goede opleidingen, interesse van internationale bedrijven, verankering en daardoor ook ruim bijkomende arbeidsplaatsen voor alle opleidingsniveaus.

⁶ [Renovation Wave \(europa.eu\)](https://european-council.europa.eu/media/e300042/1678704/renovation-wave-2020-10-20.pdf)

5.4.2 Kennis

De nodige shift in technologieën van de klassieke aardgas- en stookolieketel naar duurzame alternatieven daagt de hele bouw- en verwarmingssector uit. Het verhoogt de nood aan een zekere omscholing en verbreding van de kennis binnen de installatiesector. Ook de ontwerpende ingenieurs en architecten spelen een belangrijke rol als begeleider van de investeerders. Bij deze groep is zowel een verdere bewustwording nodig over de toekomstgerichte verbouwingen en nieuwbouw als vorming. Er is ook nood aan het samenbrengen van de kennis van deze verschillende actoren in een geïntegreerd proces van keuze, ontwerp, installatie en onderhoud.

Het voorbereiden van sterke vormingen waar nodig met toevoeging van internationale expertise voor het vervullen van de kenniskaart als doorstartmotor is prioritair.

De expertise van onderzoekscentra is historisch hoog o.a. ook via een grote betrokkenheid in Europese lighthouse-projecten. Het formuleren van gemeenschappelijke doelen zal, samen met het wegnemen van de overdreven competitie, leiden tot vruchtbare samenwerkingen waar synergie allen tot een hoger niveau tilt. Het is wel belangrijk om de integratie zo sterk mogelijk uit te bouwen zodat een keten van laag naar hoog TRL (technology readiness level) niveau in Vlaanderen kan gerealiseerd worden. Deze moet gebaseerd zijn op een gemeenschappelijke Vlaamse innovatieroadmap voor duurzame thermische energie (onder beheer van de relevante speerpuntcluster voor energie), die gedreven is door industrie en gebruikers en toelaat om een doorstroming te creëren van labo-onderzoek, over living labs naar de markt.

Ook een vertaling van deze informatie en kennis naar het niveau van het werkveld (installatiesector) en de eigenaar/klant (brede publiek) is cruciaal om een echte disseminatie mogelijk te maken.

Het moderniseren van de bouwsector zal meer jeugd inspireren om een technische en bouwtechnische opleiding te volgen, en daagt het bestaande werkveld uit tot vervolmaking. De maatschappelijke relevantie van de energietransitie in de bebouwde omgeving zal ook meer vrouwelijke studenten aantrekken in bouw-gerelateerde opleidingen en STEM richtingen in het algemeen.

6. Pad naar realiseren van doelstellingen

6.1. *Cruciale beleidsmaatregelen voor de warmtetransitie*

6.1.1 Inzetten op elektrificatie door energielastenverschuiving

Probleem: prijsverschil tussen fossiele brandstoffen en elektriciteit

De warmtevraag in de residentiële sector wordt in Vlaanderen in overgrote mate nog door fossiele technologieën ingevuld. De toepassing van o.a. warmtepompen zorgt voor een forse primaire energiebesparing en vermindering van de CO₂ uitstoot, maar dit resulteert nog steeds niet in een energiekostenbesparing omwille van het **verschil tussen de prijs voor fossiele brandstoffen en voor elektriciteit**.

Dit prijsverschil is toe te schrijven aan de distributie- en transmissienettarieven en de heffingen.

- In het elektriciteitsstarief dragen deze componenten voor 70% bij aan de totale factuur.
- Bij aardgas is dit maar 46% en bij stookolie zelfs maar 17%.

Dit blijkt ook duidelijk uit de onderstaande figuren (fig. 14) van de VREG, die de componenten van de elektriciteitsfactuur (links) en aardgasfactuur (rechts) voor een gemiddeld gezin weergeven.

- Bij de elektriciteitsfactuur bedraagt de energiekost slechts 30%. Heffingen voor het federale groene energiebeleid, Vlaamse openbare dienstverplichtingen (ODV) en bijdragen groene stroom en WKK zorgen voor 26,5 % van het elektriciteitsstarief
- In de aardgasfactuur, met 54,2 % energiekost, komen alleen de federale heffingen (3,39%) en een klein aandeel openbare dienstverplichtingen (ODV, 1,78%) voor, in totaal 5,2%.

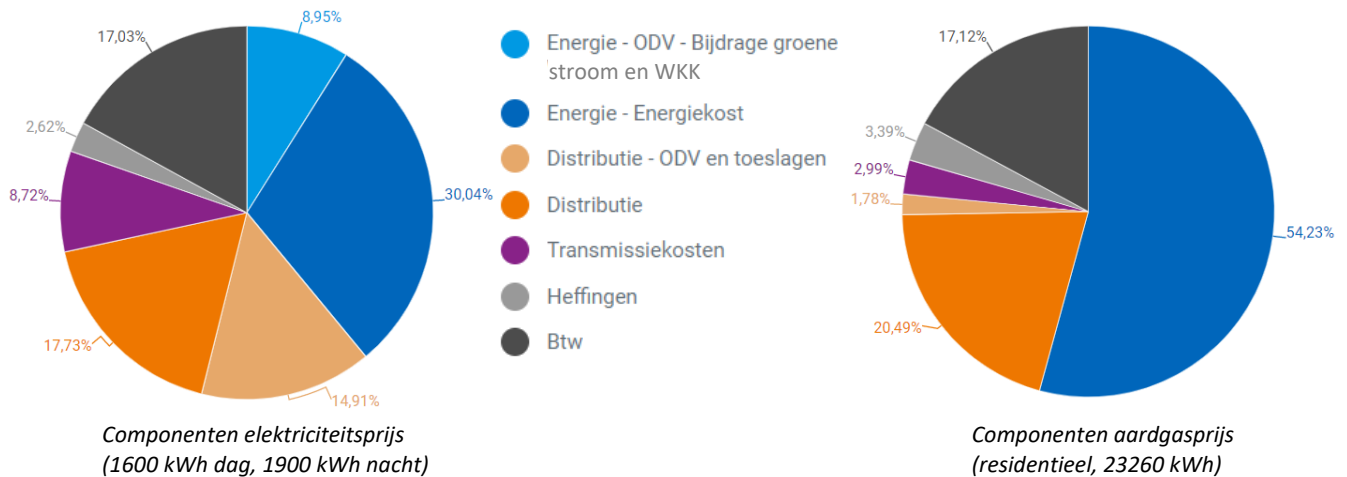


Fig. 15: Aandeel van componenten in de energiefactuur voor een gemiddeld gezin in april 2021
bron: VREG, <https://infogram.com/samenstelling-energiefactuur-gezin-1hxr4zn705no4yo?live>

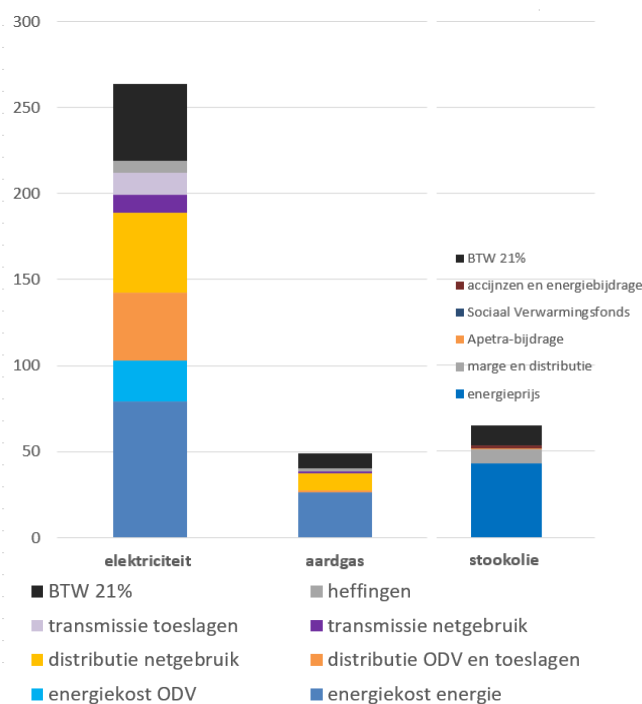


Fig. 15: Vergelijking van componenten in de energietarieven
(bron: VREG en Petrolfed)

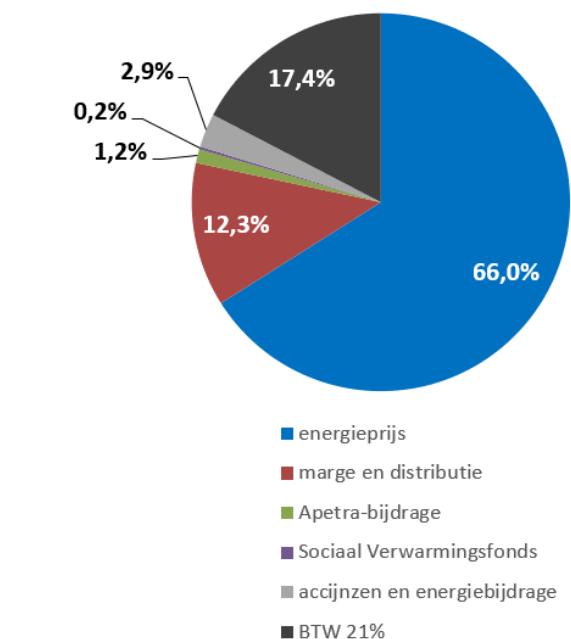


Fig. 14: Aandeel van prijscomponenten in de stookolieprijs
(bron: www.petrolfed.be/nl/maximumprijzen)

Het verschil in heffingen op de drie energiedragers (elektriciteit, aardgas en stookolie) is groot en resulteert in enkele ongewenste effecten.

- Bij de elektrificatie van de warmtevraag is een elektrisch aangedreven warmtepomp één van de belangrijkste opties, zowel bij collectieve als individuele cases. Dit doet het elektriciteitsverbruik

van de woning wel toenemen en verhoogt dus de totale jaarlijkse energiefactuur in vergelijking met de veel goedkopere aardgas- en stookolieprijzen per MWh verbruikte energie voor verwarming.

- Een succesvolle uitrol van warmtenetten hangt sterk samen met de warmteprijs die de warmtekanten aangerekend krijgen. De sleutel voor voldoende aansluitingen ligt in een aantrekkelijk warmtetarief dat gelijk of lager is dan het fossiele alternatief (bv.. een aardgascondensatieketel). Lage fossiele brandstofprijzen zetten de aangeboden warmteprijs onder druk en beperken de jaarlijkse inkomsten om de investering in het warmtenet terug te verdienen.
- Wie investeert in een warmtepomp kan daarvoor een premie aanvragen. Op het niveau van de individuele woning met een warmtepomp neutraliseren de huidige heffingen in het elektriciteitstarief volledig de Vlaamse premie voor warmtepompen over een periode van 10 jaar, zoals blijkt uit het voorbeeld hieronder:

Jaarlijks verbruik warmtepomp	"groene heffing" (zie hierboven)	Totale heffing per WP over 10 jaar
4000 kWh = 4 MWh*	99 euro/MWh incl. BTW	3960 euro (= 4 x 99 x 10)
Premie geothermische warmtepomp		4000 euro

* jaarlijkse warmtevraag 14 MWh en COP 3,5

Een CO₂-gebaseerde tarifiering bestaat al voor de ETS-sectoren (zie kader). Onrechtstreeks is vandaag ook binnen de non-ETS sector een (onevenwichtige) CO₂-taxatie aanwezig als we de huidige heffingen die rechtstreeks dienen voor de steun aan hernieuwbare energie en WKK omrekenen naar een "impliciete CO₂ taks" (zie kader). Het rekenvoorbeeld toont opnieuw de onevenwichtige verschillen aan tussen heffingen op elektriciteit en op aardgas en stookolie.

Groene energieheffing en impliciete CO₂-taks in de residentiële tarieven

In het **rekenvoorbeeld** (met de gemiddelde elektriciteitsfactuur voor een gezin in april 2021, volgens de infografiek van de VREG⁷) selecteren we in het distributietarief de volgende componenten: federale heffingen via transmissietoelag, openbare dienstverplichtingen distributie (voor REG-premies en certificaatsteun) en openbare dienstverplichtingen via de energieprijs van de leverancier (certificaatkosten voor WKK en GSC). Daarmee berekenen we een "groene energieheffing" en vervolgens een "equivalente CO₂ taks".

Energiedrager	Elektriciteit	Aardgas	Stookolie
CO ₂ -emissie (g/kWh) (*)	260	202	263
"groene heffing" €/MWh (incl. BTW)	99,01	1,86(**)	3,18 (**)
eq. heffing €/kg CO ₂	99/260 = 0,318	1,86/202 = 0,009	3,18/263 = 0,12
eq. heffing €/ton CO₂ (incl. BTW)	381	9	12

(*) referentie voor emissiefactoren elektriciteit (broeikasgasequivalenten): VMM, cijfer voor 2017

<https://www.milieurapport.be/sectoren/energieproductie/emissies-afval/emissie-per-eenheid-geproduceerde-stroom>

(**) in het aardgastarief en de stookolieprijs komen alleen de federale bijdrage en de bijdrage op de energie voor.

Dit resulteert respectievelijk in een **impliciete taxatie** in Vlaanderen van 381 euro per ton CO₂ op elektriciteit, 9 euro/ton CO₂ op aardgas en 12 euro/ton CO₂ op stookolie. In 2018 bedroeg het residentieel elektriciteitsverbruik 8.857.533 MWh⁸. Dat levert aan "groene heffingen" via de elektriciteitsfactuur (zie rekenvoorbeeld) een totaal budget van 871 miljoen euro op (inclusief BTW, die naar de federale overheid gaat).

⁷Bron: <https://www.vreg.be/nl/evolutie-energieprijzen-en-distributienettarieven#4>, geraadpleegd 5/8/2021

⁸Bron: VREG, Evolutie energieverbruik, <https://www.vreg.be/nl/evolutie-energieverbruik#2>

Oplossing: energielastenverschuiving

Verschuiving van tariefcomponenten van elektriciteit naar fossiele brandstoffen

Het klinkt logisch om de financiële knelpunten voor warmtepompen en warmtenetten samen aan te pakken in een verschuiving van tariefcomponenten van elektriciteit naar fossiele brandstoffen (aardgas en stookolie). Lagere elektriciteitsprijzen zijn gunstig voor warmtepompen, hogere aardgasprijzen geven warmtenetten een betere concurrentiële positie t.o.v. gas. Hierdoor worden op termijn ook premies overbodig, terwijl ze in de huidige situatie een noodzakelijk instrument blijven om gezinnen te overtuigen in groene warmte te investeren.

Evenredige verrekening van CO₂-uitstoot

Naast het verschuiven van tariefcomponenten (o.a. ODV openbare verlichting, ODV REG premies, enz.) die niet in de elektriciteitsfactuur horen, moet het principe van “de vervuiler betaalt” gelden. Wij vragen om alle toeslagen die niet toe te wijzen zijn aan netbeheer op een sociaal rechtvaardige manier en op basis van CO₂-inhoud te verschuiven van elektriciteit naar aardgas en stookolie.

Een verschuiving van de “groene energieheffingen” uit het elektriciteitstarief naar bijkomende heffingen in het aardgastarief en de stookolieprijs moet evenredig met de CO₂-uitstoot per MWh gebeuren. Het gevolg is dat heffingen op elektriciteit en stookolie 30% hoger mogen liggen dan op aardgas (zie CO₂-emissies in het rekenvoorbeeld). Nu ligt de “groene heffing” in het rekenvoorbeeld 53 keer hoger dan de heffing via het gastarief.

Randvoorwaarden

Budgetneutraal voor residentiële klanten

Omdat een gemiddeld gezin vandaag zowel een factuur voor elektriciteit als voor aardgas ontvangt of stookolie aankoopt, pleiten we ervoor om bij een duurzame lastenverschuiving de totaalfactuur van de gezinnen niet negatief te beïnvloeden en dus budgetneutraal te houden. Enkel de verhouding tussen de facturen voor elektriciteit en fossiele brandstof zou hierbij wijzigen. Een gedetailleerd simulatiemodel van ODE toont aan dat dit mogelijk is (zie figuur 17).

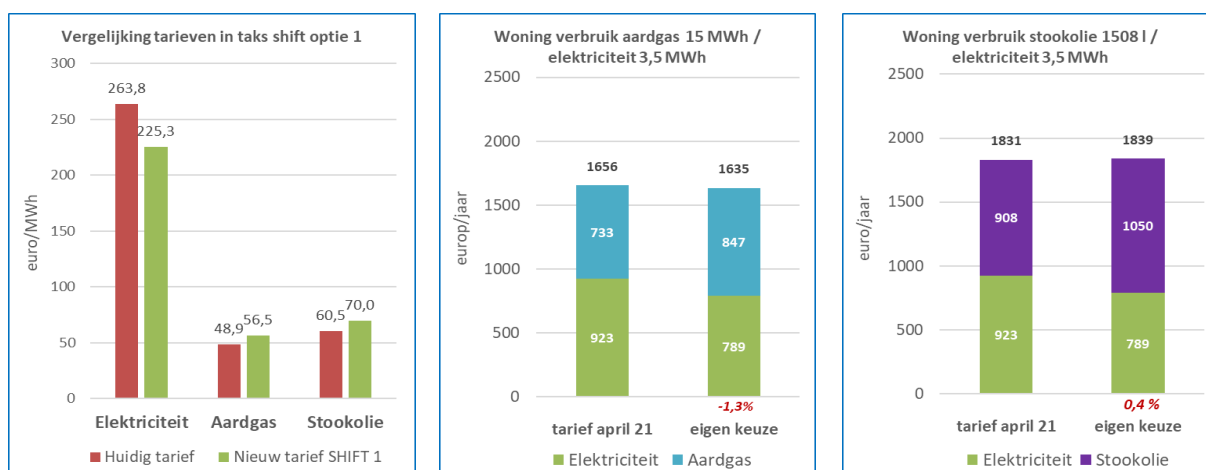


Fig. 16: Voorbeeld van taks shift en invloed op jaarlijkse facturen voor elektriciteit, aardgas en stookolie

Flankerende maatregelen voor sociale correcties

Wel moeten we natuurlijk ongewenste neveneffecten vermijden van deze klimaatfaxshift voor beschermde groepen. Het uitwerken van flankerende maatregelen moet deze kansengroepen voor mogelijke energie-armoede behoeden. Het behouden of uitbreiden van de investeringspremie voor

warmtepompen voor deze groep, terwijl deze wordt afgebouwd voor andere groepen, kan daar deel van uitmaken.

De verhoogde brandstofprijzen moeten ook gepaard gaan met verhoogde inspanning voor collectieve en gesubsidieerde energetische renovatie van woningen van kansengroepen.

Budgetneutraal voor de overheid

Een deel van de inkomsten uit de heffingen gaat naar de Vlaamse overheid voor de financiering van het “groene” energiebeleid (REG-premies en hernieuwbare energie), via openbare dienstverplichtingen in de tarieven. De federale overheid krijgt ook via ODV's in de federale componenten inkomsten voor o.a. de ondersteuning van offshore windparken, en int de BTW.

Een budgetneutrale verschuiving van energielasten gaat uit van gelijkblijvende inkomsten (in vergelijking met de huidige tarieven) voor beide overheidsniveaus. Dit is mogelijk door de totale inkomsten via de huidige tariefcomponenten te herverdelen over de drie energiedragers (elektriciteit, aardgas en stookolie) in functie van de specifieke CO₂-emissies.

6.1.2 Lock-ins vermijden

Wie vandaag nog een stookolie- of aardgasketel kiest, zal de komende jaren zijn toestel niet inruilen voor een duurzamer alternatief. Het aanhouden van de verkoop van deze toestellen verhoogt echter significant de milieukost (zie 3.3.)

Daarom pleiten we ervoor om het huidig verbod op het plaatsen van een stookolieketel in nieuwbouw of het vervangen van een stookolieketel door een andere bij een Ingrijpende Energetisch Renovatie (IER) geleidelijk uit te breiden. Daarnaast vinden we het ook belangrijk om in nieuwbouw en IER geen gasketel meer te plaatsen. We stellen volgende tijdslijn voor:

- Vanaf 2025 een algemeen verbod op het vervangen van een bestaande stookolieketel door een nieuwe;
- Vanaf 2030 ook een uitfasering van aardgasketels door een verbod op vervanging van bestaande aardgasketels.

Daarmee realiseren we dat men vanaf 2030 enkel nog duurzame energiesystemen installeert bij het vervangen van het verwarmingstoestel.

Wij pleiten daarbij ook duidelijk voor een hoogdringende stimulering van vloerverwarming (wandverwarming), radiatoren of andere **warmteafgiftesystemen op lage en op zeer lage temperatuur** (<35°C), in nieuwbouw en bij grondige renovaties vanaf heden. Dit kan deel uitmaken van een **EPB-eis**. Woningen die vandaag al dergelijke systemen voorzien, zullen de transitie naar duurzame verwarmingsbronnen vereenvoudigd, goedkoper en sneller kunnen maken in de toekomst. Wie een nieuwbouwwoning zet, zou vanaf heden een lagetemperatuurafgiftesysteem moeten voorzien. Vanaf 2025 zou dit ook de norm moeten worden in IER. We zien dat de markt een breed scala van oplossingen heeft die dit voor IER mogelijk moeten maken (vloerverwarming, wandverwarming, radiatoren, plafond)

Lage systeemtemperaturen verlagen ook de kost en verhogen de efficiëntie van zowel warmtepompen als thermische netten. Een duurzame renovatie gaat dus iets breeddenkender tewerk dan een louter energetische renovatie. Het aanpassen van enkele afgiftesystemen (bv. radiatoren) kan na een lichte renovatie, maar wel met een accurate installatieberekening al de woning op lage systeemtemperatuur brengen, en openzetten voor duurzame verwarming.

Het is verder belangrijk om concepten te ontwikkelen en vermarkten die het mogelijk maken om de investeringskosten van een renovatie op te splitsen en een gefaseerde aanpak op te stellen zonder lock-ins te creëren. Dit verhoogt ook de betaalbaarheid van een renovatie (zie ook 6.1.7).

6.1.3 Collectief verwarmen

Vanaf 2021 is er een belangrijke beperking voor aardgas in nieuwe grote verkavelingen, grote appartementsgebouwen en grote groepswoningbouwprojecten. De aardgasaansluiting is alleen nog toegelaten voor bijverwarming in combinatie met een hernieuwbaar energiesysteem dat de hoofdverwarming vormt (warmtepomp, warmtenet, micro-WKK, bio-kachel, enz.) of als het aardgas dient voor collectieve verwarming via warmtekrachtkoppeling. Deze stap naar toekomstgericht en duurzaam bouwen is belangrijk.

Of men voor collectieve of individuele duurzame verwarmingstechnologieën zal kiezen, hangt echter steeds af van specificiteit van het project. Het totaalplaatje meenemen bij renovatie en nieuwbouw is cruciaal. Hierbij kunnen ook buurtrenovatieplannen, collectieve aankopen, lokale energiegemeenschappen enz. een rol spelen. Het is belangrijk om tijdig een toekomstgericht kader uit te werken voor deze nieuwe concepten (zoals **energiegemeenschappen**) en een samenhangend aanbod van beslissingsinstrumenten aan te bieden om de juiste keuzes in functie van de lokale situatie te ondersteunen.

6.1.4 Faciliteren van warmtezoneringskaart en opstellen warmteplan

Een warmtezoneringskaart inventariseert de warmtevraag en de potentiële warmtebronnen. We merken hierbij op dat men vooral moet kijken naar langdurige potentiële warmtebronnen die nog vele jaren voldoende warmte zullen bieden.

Deze lokale warmtezoneringskaart dient in een volgende stap om een **transitievisie en warmtebeleidsplan** uit te werken voor het grondgebied van de stad of de gemeente. Dit warmtebeleidsplan zal definiëren hoe de toekomstige warmtevraag wordt ingevuld door het afbakenen van voorkeurszones voor collectieve of individuele oplossingen en welke acties de gemeente wil nemen om deze keuzes te stimuleren en ondersteunen.

Dit instrument zal het de inwoners ook mogelijk maken om te anticiperen op de acties van hun gemeente. De mogelijkheid om deze **kaarten publiek te raadplegen**, is dus belangrijk zodat mensen zich kunnen informeren en zo kunnen beslissen hoe ze hun eigen toekomstige warmtevraag zullen invullen.

6.1.5 In kaart brengen en mobiliseren van beschikbare biomassa(rest)stromen

Het Bio-energieplatform heeft als missie om biomassa(rest)stromen zo hoogwaardig mogelijk in te zetten. Om de circulaire keten te sluiten, hebben we als doel om de biomassa(rest)stromen die alsnog vrijkomen maximaal nuttig te valoriseren in hernieuwbare energie.

Dit impliceert dat men voor elke biomassa(rest)stroom eerst moet evalueren of deze kan dienen voor een materiaaltoepassing vooraleer van een energetische toepassing sprake kan zijn. Dit staat ook omschreven in het actieplan “Voedselverlies en Biomassa(rest)stromen Circulair 2021-2025” (OVAM, 2020) en de Green Deal Huishoudelijke Houtverbranding⁹.

6.1.6 Nieuwbouw: apart verplicht aandeel hernieuwbare warmte

De nieuwbouw van vandaag moet klaar zijn voor de toekomst! Dit betekent dat er in een tweede fase geen ingrijpende energetische renovatie nodig zou mogen zijn om over te schakelen naar een niet-

⁹ Departement Omgeving, Green Deal huishoudelijke houtverwarming, <https://omgeving.vlaanderen.be/green-deal-huishoudelijke-houtverwarming>

fossiele verwarmingstechnologie (als de bouwer deze nog niet heeft geïnstalleerd in de initiële bouwfase).

De **EPB-eisen en de normering** waaraan een gebouw moet voldoen bij melden of aanvragen van stedenbouwkundige vergunning, spelen hierbij een belangrijke rol. Ze geven de ambitie aan voor de huidige nieuwbouw. Zo moet vanaf 2021 elke nieuwbouw ‘bijna-energie neutraal’ zijn, met een E-peil gelijk of lager dan E30. Daarnaast moet een nieuwbouw ook in een **minimum aandeel hernieuwbare energie** investeren. Dit kan op verschillende manieren, maar resulteert in de praktijk vooral in het plaatsen van zonnepanelen. In 2018 was dit in 68% van de gevallen zo volgens de energiekarta van VEKA¹⁰. Groene warmte en hernieuwbare elektriciteit mag in nieuwbouw geen “of”-verhaal zijn.

Warmte moet een prominentere rol krijgen binnen EPB. Dit kan door het minimum aandeel hernieuwbare energie op te splitsen in een elektrische (PV) component en een warmtecomponent. Binnen dit **minimumaandeel “duurzame warmte”** verdienen de verschillende duurzame technieken een plaats. Men kan inzetten op sanitair warmwater via een zonneboiler of warmtepompboiler of voor ruimteverwarming kiezen voor een warmtepomp, een ketel/kachel/WKK op biobrandstof of een aansluiting op een thermisch net (voor warmte en/of koude).

Verder zou elke toekomstgerichte nieuwbouw moet voorzien zijn van een warmte-afgiftesysteem op lage temperatuur. Dit zorgt ervoor dat, als mensen in eerste fase enkel kiezen om hun sanitair warmwater via duurzame technieken te produceren, ze zonder een grondige renovatie in een tweede fase ook hun ruimteverwarming kunnen vergroenen. Daarom is het cruciaal om het lagetemperatuurafgiftesysteem op te nemen binnen de EPB-eisen.

Verder mag het realiseren van een 10% strenger E-peil geen te makkelijke uitweg zijn. We vragen om een verhoging van dit percentage te onderzoeken, om zo de ambitie bij nieuwbouw hoog te houden.

6.1.7 Huidige renovatiegraad verhogen

De Vlaamse Regering is ambitieus. Om de doelstellingen van de lange-termijn-renovatiestrategie te bereiken, moet bijna 96% van de Vlaamse woningen gerenoveerd worden om aan de eisen binnen deze renovatiestrategie (gemiddeld A-label) te voldoen.

Een renovatie is een cruciaal moment waarop de eigenaar een analyse kan maken van zijn energiesystemen, gebouwschil en afgiftesysteem. We vinden dat de Vlaamse Regering verder moet inzetten op kwalitatieve renovaties die het energiesysteem, het afgiftesysteem en de bouwconstructie (bouwschil) aanpakken. Opnieuw is het belangrijk dat men hierbij onmiddellijk ambitieus genoeg renoveert en geen lock-ins creëert voor de toekomst. Om de renovatiegraad te verhogen doen we volgende aanbevelingen:

1. Gebruik elk sleutelmoment

Wanneer mensen hun huis willen verhuren of verkopen is het opmaken van een EPC vaak verplicht. Dit zal resulteren in een label van A+ (uitstekend) tot F (zeer slecht). Voor deze sleutelmomenten werd de labelpremie in het leven geroepen die voor een substantiële verbetering van het energielabel een premie uitreikt. De labelpremie moedigt aan om energetisch te renoveren en dus het E-peil te doen dalen. De **labelpremie alleen zal echter waarschijnlijk niet volstaan** om de renovatiegraad genoeg te verhogen. Een mix van strategieën zal belangrijk zijn. Proactief en breed informeren via bv. beslissingsbomen en renovatiecoaches is cruciaal. Ook collectief renoveren (buurtrenovatie) via innovatieve businessmodellen moet stimulansen krijgen.

2. Verplichte EPC analyse tegen 2030

Bij elk sleutelmoment (verkoop van woning, erven van woning, enz.) is een EPC analyse verplicht. Toch

¹⁰ EPB: toepassing hernieuwbare energie, <https://apps.energiesparen.be/energiekaart/vlaanderen/epb-hernieuwbaar-nb-ier>

zullen vele woningen geen sleutelmoment hebben binnen de volgende 10 tot 15 jaar. We pleiten er dan ook voor om **tegen 2030 voor elke woning een verplicht EPC** te laten opmaken. Dit zal woningeigenaars beter motiveren om actie te ondernemen om de woning optimaal te renoveren.

3. Ambitieuze labels en aanbevelingen

Het belang van het EPC label is groot, een **juiste valorisatie van zowel de verwarmingstechnieken als het afgiftesysteem binnen EPC** is dan ook cruciaal. Minder energiegebruik, waarop nu de nadruk ligt, is immers slechts één facet van de algemene doelstelling. De huidige bestaande valorisatie van de verwarmingstechnieken en afgiftesysteem is volgens ons momenteel niet correct. Het foutief gebruik van de primaire energiefactor (PEF) speelt hierbij een belangrijke rol. Deze theoretische waarde mag niet blindelings gebruikt worden binnen EPB en EPC.

Het EPC-atteest, met de EPC-waarde en het label, bevat ook aanbevelingen om het gebouw energiezuiniger te maken. **De aanbevelingen binnen EPC focussen vaak te sterk op de warmteopwekker.** In het geval van een warmtepomp, condenserende ketel, WKK of warmtenet raadt het EPC-atteest aan om enkel het afgiftesysteem te verbeteren en niet te investeren in een andere warmteopwekker. Impliciet veronderstelt men daarbij dat al deze technieken evenwaardig zijn, wat allesbehalve correct is. Indien een woning over een condenserende ketel beschikt en men wil de EPC verbeteren, dan zou het atteest zeker ook een duurzame warmtebron moeten aanbevelen naast adviezen over de bouwschil en het warmteafgiftesysteem. De energetische efficiëntie beoordelen zonder rekening te houden met de duurzaamheidsgraad is achterhaald.

Het EPC label zou een ambitieus kwaliteitslabel moeten zijn met het hoogste (beste) label voor een ideale situatie. Daarbij moeten hernieuwbare technologieën centraal staan en fossiele verwarmingstechnologieën uitgesloten worden. Het zou dus niet mogelijk mogen zijn om bij een A-label te verwarmen via een aardgas- of stookolieketel.

Bij het kopen of huren van een woning met A+ label zou men zeker moeten zijn dat het gaat om een goedgeïsoleerde woning, met lage-temperatuur afgiftesysteem en duurzame verwarmingstechnologie.

4. Positieve communicatie

Naast premies blijven informatiecampagnes belangrijk, om gezinnen te wijzen op de **voordelen van een renovatie** op korte en langere termijn. Een **eengemaakt systeem met labels** biedt communicatievoordelen. Daarmee kan men actief communiceren over de voordelen bij het verbeteren van het label: verhoogde waarde van het huis voor latere verkoop, betere leefkwaliteit in de woning, mogelijk verlagen van de energiekost, enz.

5. Inzetten van renovatiecoaches en -strategie

Naast de aanbevelingen die uit een EPC analyse volgen, zijn ook renovatiecoaches en renovatiestrategieën belangrijk. Een renovatieplan voor een woning stippelt in vele gevallen een **gefaseerd traject**¹¹ uit. Dit is voor vele gezinnen noodzakelijk voor de **financiële haalbaarheid** van een (energetische) renovatie. Elk renovatietraject is op maat van de woning en de bewoners, met specifieke prioriteiten en keuzes. Die houden rekening met het beschikbare budget, de resulterende daling in energiekost, comfort, enz.

6.1.8 Aansluitingspremie warmtenet voor bestaande gebouwen

Voor de vergroening van de warmtevoorziening zijn warmtenetten in kernen van gemeenten en steden een belangrijke optie. Het **aansluiten van bestaande woningen** is hierbij een noodzakelijke en onmisbare stap. De ervaringen tot nu toe leren dat een individuele aansluitpremie een noodzakelijk instrument is om woningeigenaars te overtuigen om hun fossiele verwarmingsinstallatie te vervangen.

¹¹ Voorbeeld: Energiecentrale Gent, <https://stad.gent/nl/energiecentrale/een-expert-aan-huis>

Een **individuele aansluitpremie** voor bestaande woningen dekt een bepaald percentage van de aansluitkost, analoog aan andere premies voor duurzame verwarming zoals de premie voor een geothermische warmtepomp. Verschillende Duitse deelstaten en steden kennen al een aansluitpremie toe, soms gedifferentieerd in functie van het aansluitvermogen en de vervangen fossiele warmtebron (aardgas of stookolie).

Nederland heeft vanaf dit jaar een aansluitpremie van € 3.325 voor een individuele aansluiting ingevoerd voor particuliere woningeigenaren¹². Voor centrale aansluitingen van collectieve woongebouwen met overwegend particulier bezit kunnen de verenigingen van mede-eigenaars een premie in functie van het aansluitvermogen aanvragen. Voor bestaande huurwoningen geldt sinds mei 2020 al een aansluitpremie van 4.000 euro in de Stimuleringsregeling Aardgasvrije Huurwoningen (SAH)¹³.

De financiering van het jaarlijkse premiebudget gebeurt bij voorkeur via een heffing voor openbare dienstverplichtingen in het aardgastarief. Voor een mogelijke bijdrage uit heffingen op stookolie is het federale beleid bevoegd.

6.1.9 Een geïntegreerde innovatiestrategie

Om de economische impact van deze transitie in thermisch comfort van gebouwen voor Vlaanderen te maximaliseren, is het noodzakelijk een **gezamenlijke innovatieroadmap** (industrie, wetenschappelijke instellingen, overheid, eindgebruikers) te beheren. Deze is gebaseerd op de sterktes van de Vlaamse industrie als ontwikkelaar, toeleverancier, integrator van gebouwverwarming en -koeling en positioneert ons tegelijk als state-of-the-art toepasser van thermisch comfort.

Deze roadmap (bij voorkeur onder beheer van de speerpuntcluster voor energie) moet met regelmatig voortschrijdend inzicht de prioritaire bouwblokken (onderzoek, pilootprojecten, living labs, demonstratoren) definiëren die essentieel zijn voor de voeden van de bovenvermelde ambitie. Tegelijkertijd moet een goed begeleide terugkoppeling uit de praktijk de inspiratie opleveren voor nieuwe innovaties.

6.1.10 Verplichte uitkoppeling van warmte uit nieuwe gascentrales

Via het capaciteitsmechanisme (CRM, “capacity remuneration mechanism”) worden nieuwe aardgascentrales gepland voor de invulling van piekcapaciteit voor elektriciteitsproductie. In de actuele discussie ontbreekt de vraag of de restwarmte uit deze nieuwe eenheden een nuttige toepassing kan krijgen. Een uitkoppeling van warmte naar een warmtenet kan ook met een klein aantal draaiuren (die statistisch vaak in de winter voorkomen) een relevante toepassing zijn, die het totale energetische rendement sterk verhoogt. Bovendien zouden de nieuwe centrales in de toekomst van aardgas op groen gas (groene waterstof, biomethaan, synthetisch gas) kunnen overschakelen. Dat maakt er duurzame bronnen voor een warmtenet van.

Over de haalbaarheid van dit concept blijven nog belangrijke vragen onbeantwoord, die wel nader onderzoek verdienen:

- Welke temperaturen voor nuttige uitkoppeling van warmte zijn haalbaar in functie van een beperkt rendementsverlies op de elektriciteitsproductie?
- Op welke locaties is dergelijk concept haalbaar? Op het eerste zicht eerder vlak bij een grote stad zoals Brugge (bestaande STEG-centrale Herdersbrug) of Vilvoorde (geplande nieuwe gascentrale)

¹² ISDE: Aansluiting op een warmtenet woningeigenaren

<https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/isde/woningeigenaren/voorwaarden-woningeigenaren/aansluiting-op-een-warmtenet>

¹³ Zie Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/sah-voor-verhuurders>

- Vraagtekens over de integratie van het planningsproces van het warmtenet en de impact op de uitbating van andere bronnen in het warmtenet (bv.. IVBO afvalverbrandingscentrale die nu het warmtenet voedt).

6.2. *Verwachte neveneffecten en flankerende maatregelen*

6.2.1 Groene warmte bij beschermde afnemers

In het overzicht van de huidige maatregelen hebben we al aangehaald er momenteel verhoogde subsidies mogelijk zijn voor beschermde afnemers, om investeringen in groene warmte toegankelijk te maken voor iedereen. Een verplichting om vanaf 2030 een fossiel verwarmingstoestel te vervangen door een niet-fossiel alternatief, kan resulteren in een **hoge investeringskost**.

Een belangrijke hinderpaal voor lage-inkomensgroepen is de voorfinanciering: slimme initiatieven die voorfinanciering faciliteren zijn dus beter dan een premie achteraf. Daarnaast kunnen ook **verhoogde premies** (voor warmtepompen, warmtepompboilers of aansluitingspremie op het warmtenet) en voordelige groeps- of buurtaankopen de individuele investeringskost drukken.

Energetische renovaties vormen door hun complexiteit en investering voor kansengroepen ook een hinderpaal. Het is daarom belangrijk dat **renovatiecoaches** ook voor deze situaties de juiste aanbevelingen kunnen maken: vaak is het namelijk niet nodig om tot het uiterste te gaan qua isolatie om al een groene verwarmingstechnologie te kunnen plaatsen en weegt de economische kost voor extra isolatie soms niet op tegen de energetische winst. Een renovatiecoach moet deze belangrijke balans bekijken om de kosten bij renovaties voor gezinnen te beperken.

6.2.2 Impact op energiearmoede bij klimaattaxshift

Bovenstaande maatregelen mogen nooit resulteren in energiearmoede. ODE stelt een klimaattaxshift voor waarbij volgens het principe “de vervuiler betaalt” de kosten verschuiven naar de aardgasfactuur en de stookolieprijs (een federale bevoegdheid) in plaats van de elektriciteitsfactuur. We streven er hierbij naar dat dit geen invloed heeft op de totale jaarlijkse energiefactuur van de gezinnen (die zowel gas of stookolie als elektriciteit verbruiken). Bij het invoeren van deze klimaattaxshift moet de overheid de mogelijke gevolgen voor gezinnen nauwkeurig bekijken en flankerende maatregelen (zoals specifieke sociale tarieven) opstellen om te vermijden dat gezinnen een financieel nadeel ondervinden.

6.2.3 Uitfaseren van inkomsten uit aardgas en stookolie

De bovenstaande klimaattaxshift dient om kosten vanuit de elektriciteitsfactuur te verschuiven naar de aardgas- en stookoliefactuur. Het doel is om de keuze voor verwarmen op fossiele brandstoffen minder aantrekkelijk te maken en een belangrijke financiële hindernis voor onder andere warmtepompen en warmtenetten weg te nemen. Op middellange termijn zal dit resulteren in het dalen van het fossiele brandstofverbruik in de residentiële sector.

Een neveneffect hiervan is een daling van de inkomsten uit fossiele brandstoffen (accijnzen en heffingen). Dit zal het budget voor flankerende maatregelen en investeringen in groene energie impacteren. We stellen voor om, tot deze afbouw, een fonds aan te leggen dat de nodige flankerende maatregelen kan financieren in de termijn waarbij de inkomsten voor het Vlaams en federaal niveau zullen dalen via het verminderen van het fossiele brandstofverbruik.

6.3. Niet-technische aspecten: communicatie, participatie, coöperatie

Naast financiële en technische maatregelen moeten ook niet-technische aspecten aandacht krijgen:

- **Vanuit het Vlaams Energie- & Klimaatagentschap VEKA:**
 - Beslissingsboom duurzame verwarming;
 - Steun voor triple helix kennisdelingplatformen en kenniscentra met praktijkveldparticipatie;
 - Juridische/notariële innovatie voor clustering in heat communities;
 - Steun voor projecten van energiesysteemintegratie.
- **Acties door lokale besturen:**
 - Opstellen van een lokaal warmtezoneringsplan en warmtebeleidsplan (transitievisie warmte);
 - Steun voor clustering van gebouwen, burens en buurten;
 - Publieke gebouwen inschakelen in de warmtestrategie (zowel individueel als collectief).
- **Toekomstgerichte bijscholingen voor bouwprofessionals:**
 - Kwalitatieve, toekomstgerichte en toegankelijke RESCert opleiding voor installateurs;
 - Opleidingen en bijscholingen voor bouwprofessionals
 - Marketing modellen om burens en buurten als klant te benaderen.

7. Prioritaire maatregelen op korte termijn

Volgende maatregelen moet het Vlaamse beleid op korte termijn invoeren of realiseren om de doelstelling voor 2050 mogelijk te maken.

- **Herzie in 2021 de EPB voor nieuwbouw:**
 - Lagetemperatuuraufgiftesystemen moeten in nieuwbouw de norm zijn via het opnemen hiervan in de EPB-eis voor nieuwe woningen vanaf heden (2021);
 - Een prominentere rol voor groene warmte in EPB door het uitsluiten van de optie om enkel te investeren in hernieuwbare elektriciteit.
- **Pas de primaire energiefactor aan:**
 - Voer een lijst van gedifferentieerde primaire energiefactoren in per energietechnologie. Dergelijke realistische parameters stimuleren het correcte optimum tussen de CO₂ reductie en de economische kost – individueel én maatschappelijk;
 - Verlaag in de primaire energieberekening de ondergrens van 0,7 voor externe warmtelevering.
- **Maak werk van een klimaattaxshift** die eerlijke concurrentie toelaat met fossiele technologieën. Waar het beleid nu al kijkt naar het verwijderen van enkele openbare dienstverplichtingen uit de elektriciteitsfactuur, moeten alle partijen (Vlaams en federaal niveau samen met de regulatoren VREG en CREG) samen aan tafel zitten om een duurzame klimaattaxshift door te voeren.
- **Voer een aansluitpremie in voor het aansluiten van individuele bestaande gebouwen op een warmtenet** om een deel van de kosten voor dergelijke aansluitingen te dekken en zo de aansluiting van bestaande gebouwen (het grootste potentieel voor warmtenetten) te stimuleren.

8. Referenties

- Aalborg, 2019 Mathiesen, B. V. et al., (2019). *Towards a decarbonised heating and cooling sector in Europe: Unlocking the potential of energy efficiency and district energy*. Aalborg Universitet.
- BBL, 2018 Cyx, W. et al.(2018). *Naar een vergroening van de warmtevoorziening voor huishoudens in Vlaanderen*, Studieopdracht van Kelvin Solutions voor Bond Beter Leefmilieu.
https://www.bondbeterleefmilieu.be/sites/default/files/files/studie-naar_een_vergroening_van_de_warmtevoorziening_voor_huishoudens_in_vlaanderen_def.pdf
- EC, 2020 European Commission (2020). *Renovation Wave: doubling the renovation rate to cut emissions, boost recovery and reduce energy poverty*
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_1835
- GGP, 2019 Welke plaats voor injecteerbaar biomethaan in België?, Brochure, Green Gas Platform, 2019
<https://greengasplatform.be/assets/potentiel-biomethane-nl.pdf>
- HRE, 2018 Paardekooper, S.et al. (2018). *Heat Roadmap Belgium: Quantifying the Impact of Low-Carbon Heating and Cooling Roadmaps*, Report for Horizon2020 project Heat Roadmap Europe, Aalborg Universitet.
http://vbn.aau.dk/files/287929422/Country_Roadmap_Belgium_20181005.pdf
- IEA, 2020 International Energy Agency (2020). *Energy efficiency jobs and the recovery*.
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020/energy-efficiency-jobs-and-the-recovery>
- IRENA, 2021 Angelino, L. et al. (2021). *Integrating low-temperature renewables in district energy systems: Guidelines for policy makers*.
https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/IRENA_District_Energy_Systems_2021.pdf
- IWT, 2014 Ondiepe geothermie: Basisbegrippen, Versie 2014, rapport voor het project SmartGeotherm
<https://www.smartgeotherm.be/documents/2013/05/basisbegrippen-geothermie.pdf/>
- MINA, 2021 Coorens, S. (2021). *Studie Gebiedsgerichte afstemming van hernieuwbare energie*, rapport voor de Minaraad, 2020-104, feb. 2021
<https://publicaties.vlaanderen.be/download-file/41532>
- OVAM, 2020 Ontwerp actieplan voedselverlies en biomassa(rest)stromen circulair 2021-2025, OVAM, juni 2020
<https://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/Actieplan%20voedselverlies%20en%20biomassa%28rest%29stromen%20circulair%202021-2025.pdf>
- Over Morgen, 2018 Mathijssen, T. et al. (2018), *De positie van waterstof in de energietransitie: een nuancering van de belofte*, Over Morgen
<https://overmorgen.nl/en/de-positie-van-waterstof-in-de-energietransitie-een-nuancering-van-de-belofte/>
- OVL, 2019 Energetische valorisatie van lokale houtige biomassa: visie Provincie Oost-Vlaanderen
https://dms.oost-vlaanderen.be/download/19131bff-54a1-4505-ba14-eedabf6f28d4/2018.06.12_Visie%20valorisatie%20lokale%20houtige%20biomassa%20DEF.pdf
- Prov. OVL Energetische valorisatie van lokale houtige biomassa: visie Provincie Oost-Vlaanderen
<https://oost-vlaanderen.be/wonen-en-leven/energie/valorisatie-van-houtigebiomassa.html>
- REN21, 2017 REN21 (2017). *Renewables Global Futures Report: Great debates towards 100% renewable energy*, Paris: REN21 Secretariat
https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/06/GFR-Full-Report-2017_webversion_3.pdf
- Rongé, 2021 J. Rongé, I. François (2021). *Use of hydrogen in buildings*; BatHyBuild study, KU Leuven, WaterstofNet, Leuven, 29 april 2021
https://www.waterstofnet.eu/_asset/_public/BatHyBuild/Hydrogen-use-in-builings-BatHyBuild-29042021.pdf
- SERV, 2019 Bollen, A., *Elementen voor een gesublimeerd klimaat- en energiebeleid 2019-2024*, Advies, SERV, juni 2019
[SERV_20190624_gesublimeerd klimaat-en energiebeleid ADV.pdf](https://www.serv.be/sites/default/files/atoms/files/SERV_20190624_gesublimeerd_klimaat-en_energiebeleid_ADV.pdf)
- VEA, 2018 François, I. (2018). *Het potentieel voor groene waterstof in Vlaanderen. Een routekaart*, studie i.o.v. Vlaams Energie Agentschap (VEA), okt. 2018
<https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Rapport-Vlaams-potentieel-groene-waterstof.pdf>

- VEKA, 2020 EPB: toepassing hernieuwbare energie bij nieuwbouw en ingrijpende energetische renovaties in Vlaanderen.
<https://apps.energiesparen.be/energiekaart/vlaanderen/epb-hernieuwbaar-nb-ier>
- VEKA, 2021 Vingerhoets, P. et al. (2020). *Warmte in Vlaanderen rapport 2020*,
https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Warmte-in-Vlaanderen-rapport-2020_0.pdf
- Vito, 2015 Vranckx, S. et al. (2015). *Eindrapport EFRO project geothermie: Ruimtelijke Inplantingsanalyse*, Studie uitgevoerd in opdracht van: EFRO-910, RMA/1410166/2015-0001, Februari 2015
https://vito.be/sites/vito.be/files/efro910_eindrapport_ruimtelijkeanalyse.pdf
- Vito, 2016a Van Esch, L. et al. (2016). *Hernieuwbare Energie Atlas Vlaamse gemeenten*, Vito, september 2016
<http://www.burgemeestersconvenant.be/hernieuwbare-energieatlas>
- Vito, 2016b Broothaers, M. et al. (2016). *Steunpunt energie: nota potentieel diepe geothermie*, studie in opdracht van VEA, Vito, 2016
https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Potentieel_diepe_geothermie_2030.pdf
- Vito, 2018 Guisson, R. (2018). *Oogstbare Landschappen; Potentieel van biomassa uit houtkanten*, presentatie op "Infonamiddag voor gemeenten; Lokale biomassa in warmtenetten", WNVL & Bio-energieplatform
- viWTA, 2004 Neyens, J. et al. (2004). *Is er plaats voor hernieuwbare energie in Vlaanderen?*, Studie voor viWTA, 2004
<https://ist.vito.be/nl/pdf/rapporten/rapporthernieuwbareenergie.pdf>
- VLAREG, 2019 Vlaamse regering, *Vlaamse klimaatstrategie 2050*, VR 2019 2012 DOC.1356/2
https://omgevingvlaanderen.login.paddlecms.net/sites/default/files/atoms/files/2019-12-20_VlaamseKlimaatstrategie2050.pdf
- VLAREG, 2020 Vlaamse regering, *Langetermijnstrategie voor de renovatie van Vlaamse gebouwen*, VR 2020 2905 DOC.0517/4BIS, mei 2020
<https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Vlaamse%20langetermijnrenovatiestrategie%20gebouwen%202050.pdf>
- VMM, 2019 de Bruyn, S. et al. (2019). *Milieuschadepkosten van verschillende technologieën voor woningverwarming*; Studieopdracht van CE Delft voor Vlaamse Milieumaatschappij
<https://www.vmm.be/publicaties/milieuschadepkosten-van-verschillende-technologieen-voor-woningverwarming>
- Wirtz, 2019 Wirtz, M. et al. (2019). *5th Generation District Heating: A novel design approach based on mathematical optimization*, In: Applied energy 260.
https://www.researchgate.net/publication/338646473_5th_Generation_District_Heating_A_novel_design_approach_based_on_mathematical_optimization
- WNVL, 2019 Neyens, J. (2019). *Scenario voor aansluitpremie warmtenetten*, intern voorstel, Warmtenetwerk Vlaanderen, V1 nov. 2019 (niet gepubliceerd)