

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

WARMTEPOMP: KEUZE EN ONTWERP

HERFST 2024

Warmtepomp

Getuigenis over de ervaringen van een studiebureau

Stéphane BARBIER



- ▶ Verleden, heden en toekomst van warmtepompen bij renovatie aan de hand van vier projecten:
 - Pleinlaan 11
 - ULB - Gebouw F1
 - Project Vignette
 - Kunstlaan 56



VOORGESTELDE PROJECTEN

- ▶ **Pleinlaan 11:** bivalentie
- ▶ ULB - Gebouw F1: gecentraliseerde SWW-productie met CO₂-warmtepomp
- ▶ Project Vignette: renovatie van een typisch Brussels eengezinshuis
- ▶ Kunstlaan 56: geleidelijke en volledige decarbonisatie van een gebouw uit de jaren 1970



Project: Pleinlaan 11

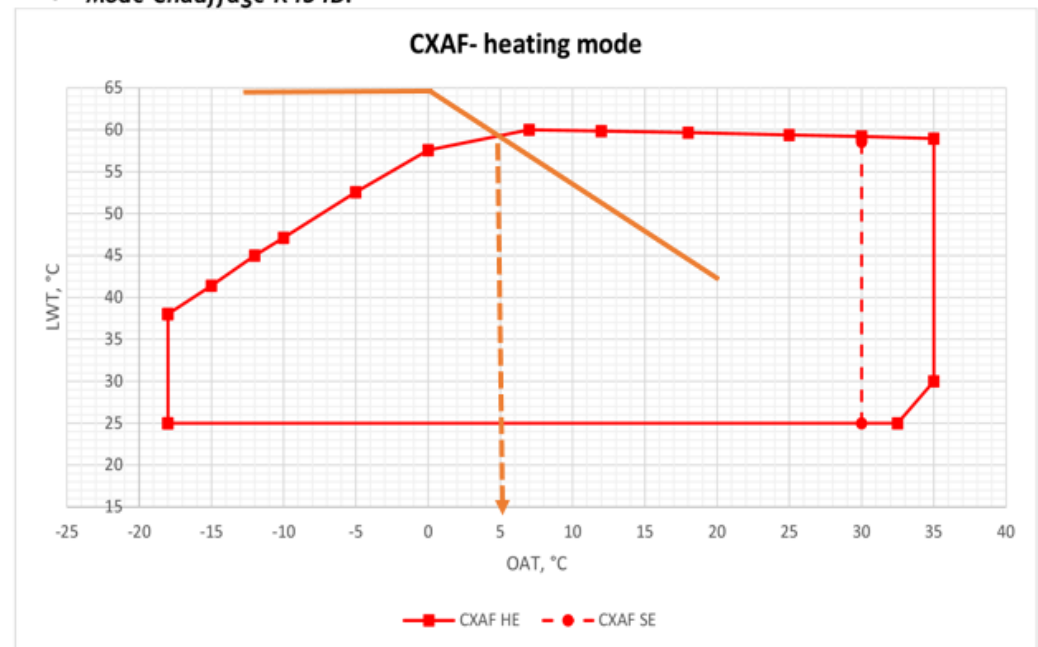
- ▶ Bestemming: kantoren
- ▶ Oppervlakte 9.177 m²
- ▶ Bouw: jaren 1990
- ▶ Sleuteldatums van het project
 - Ontwerp: 2015
 - Werken: 2018
- ▶ Gerenoveerde technieken
 - 4-pijps warmtepompen 600 kW
 - Condenserende verwarmingsketel
 - Nieuwe regeling
 - Nieuwe ventilerende convectoren



Bivalentie van warmtepompen

- ▶ Bivalentiepoint
 - Economische rentabiliteit: 7 °C
 - Max. temp.: 52 °C vs verwarmingscurve van het gebouw: 5 °C
- ▶ Verwarmingssketels vereist

- *Mode Chauffage R454B.*

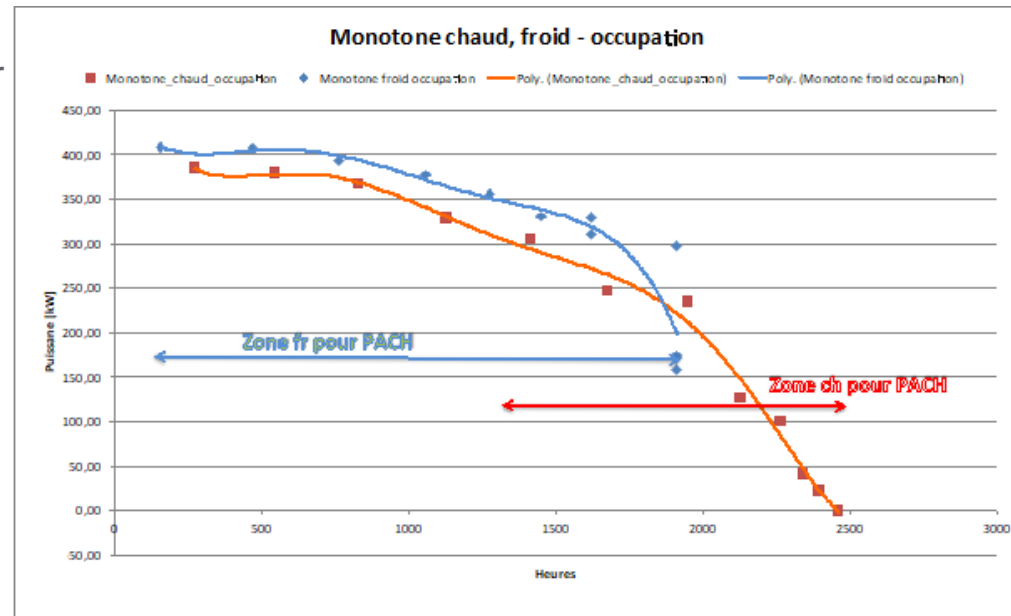
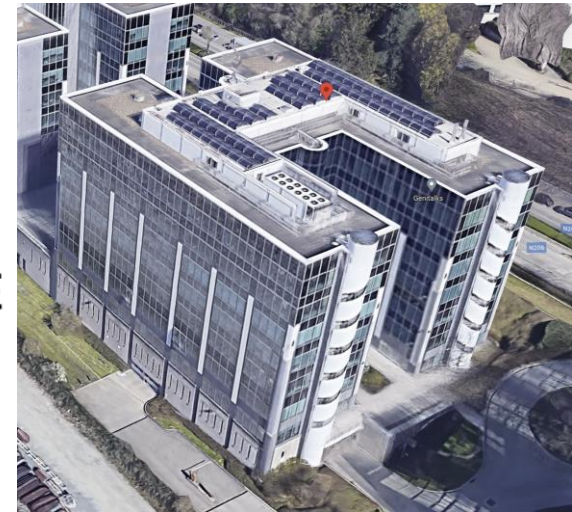
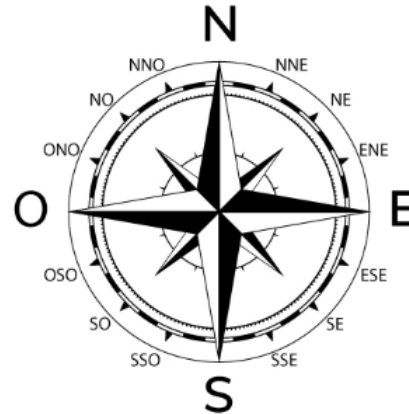


Bron: TRANE



4-pijps warmtepompen: gelijktijdige behoeften

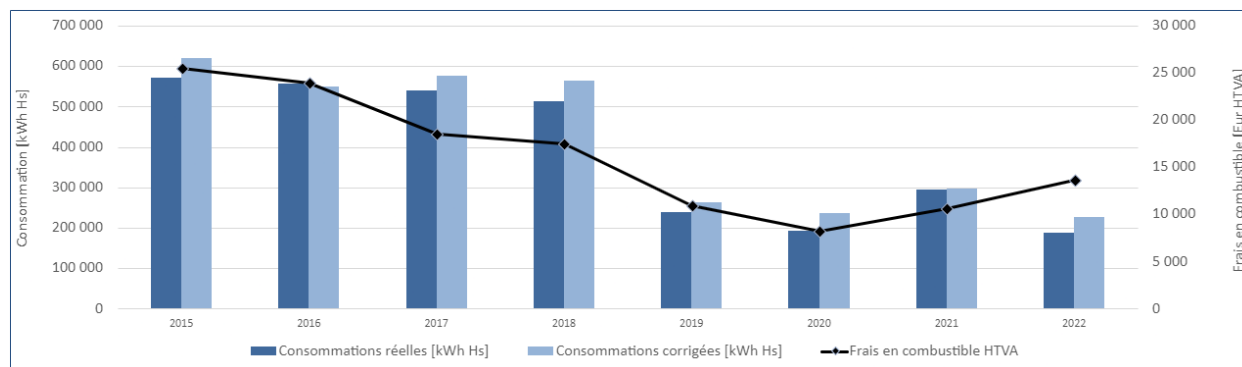
- ▶ Koudebehoeften
 - IT
 - Beglaasde gevel
 - Zuidwestelijke oriëntatie
 - ▶ Warmtebehoeften
 - Noordelijke oriëntatie
 - Gevels met lage prestaties
- ▶ 500 uren gelijktijdigheid per jaar



Pleinlaan 11: resultaten

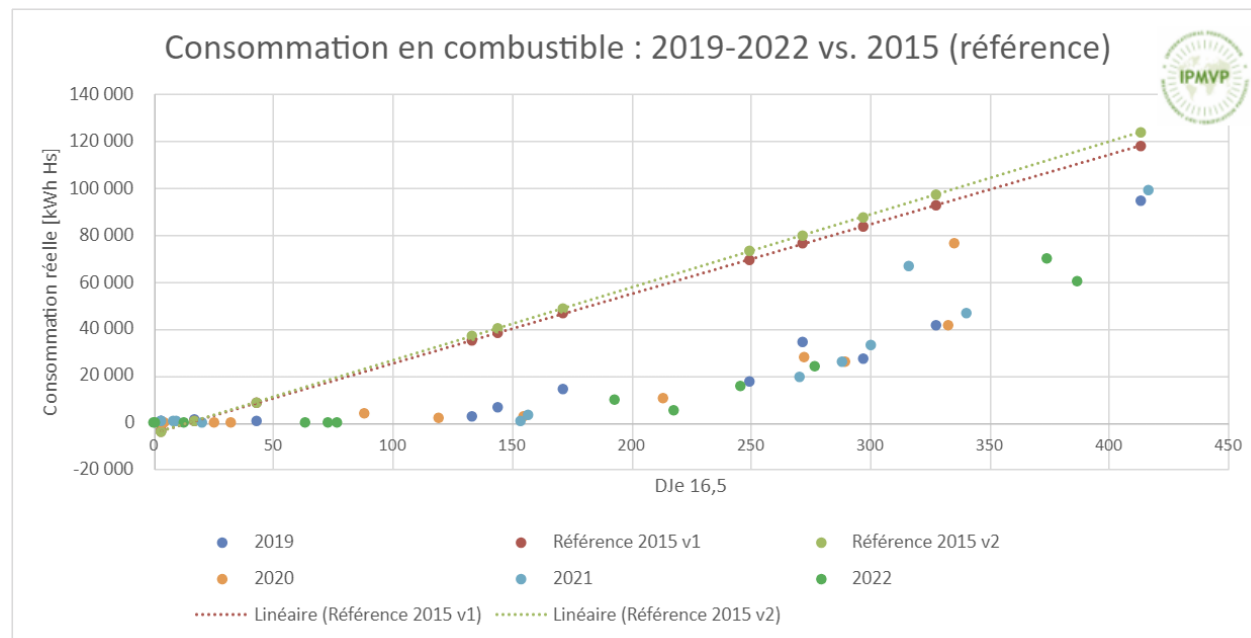
► Brandstof

- 2015: 67,68 kWh/m²
- 2022: 24,62 kWh/m²



Besparing:

-60 %



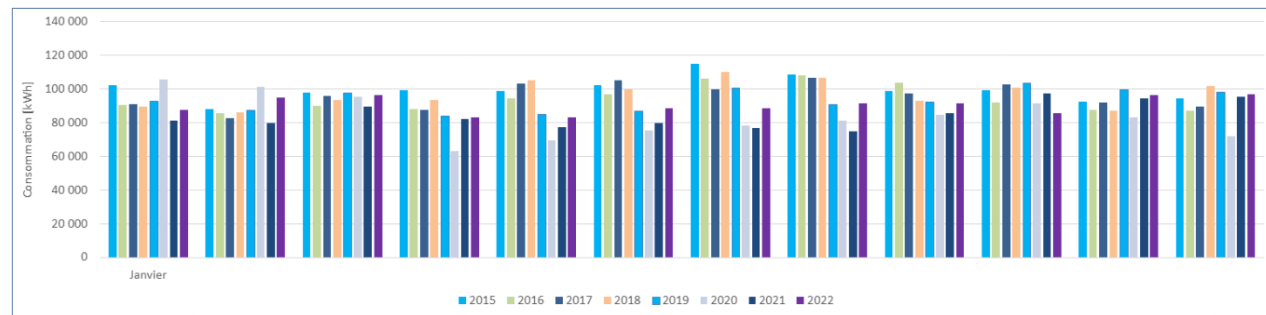
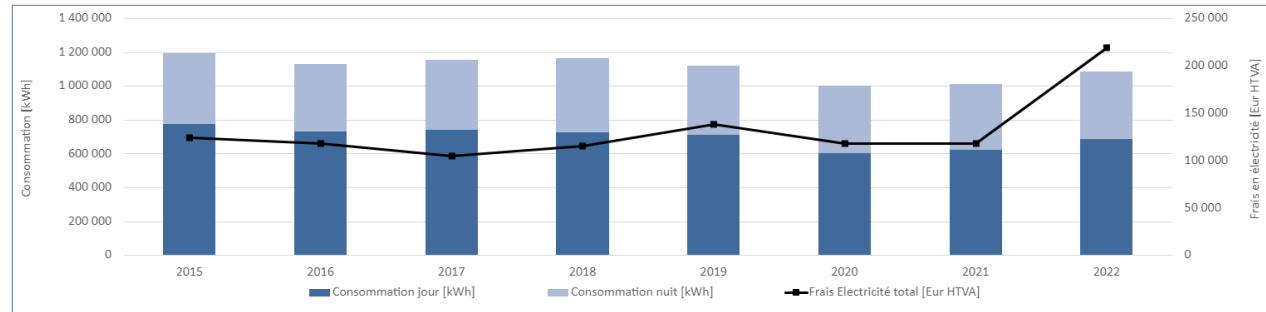
Pleinlaan 11: resultaten

► Elektriciteit

- 2016: 130 kWh/m²
- 2022: 119 kWh/m²

Besparing:

-10 %



Pleinlaan 11: resultaten

► eindenergie

- 2016: 68 kWh (gas) + 130 kWh (elek.) = 198 kWh/m²
- 2022: 24 kWh (gas) + 119 kWh (elek.) = 143 kWh/m²

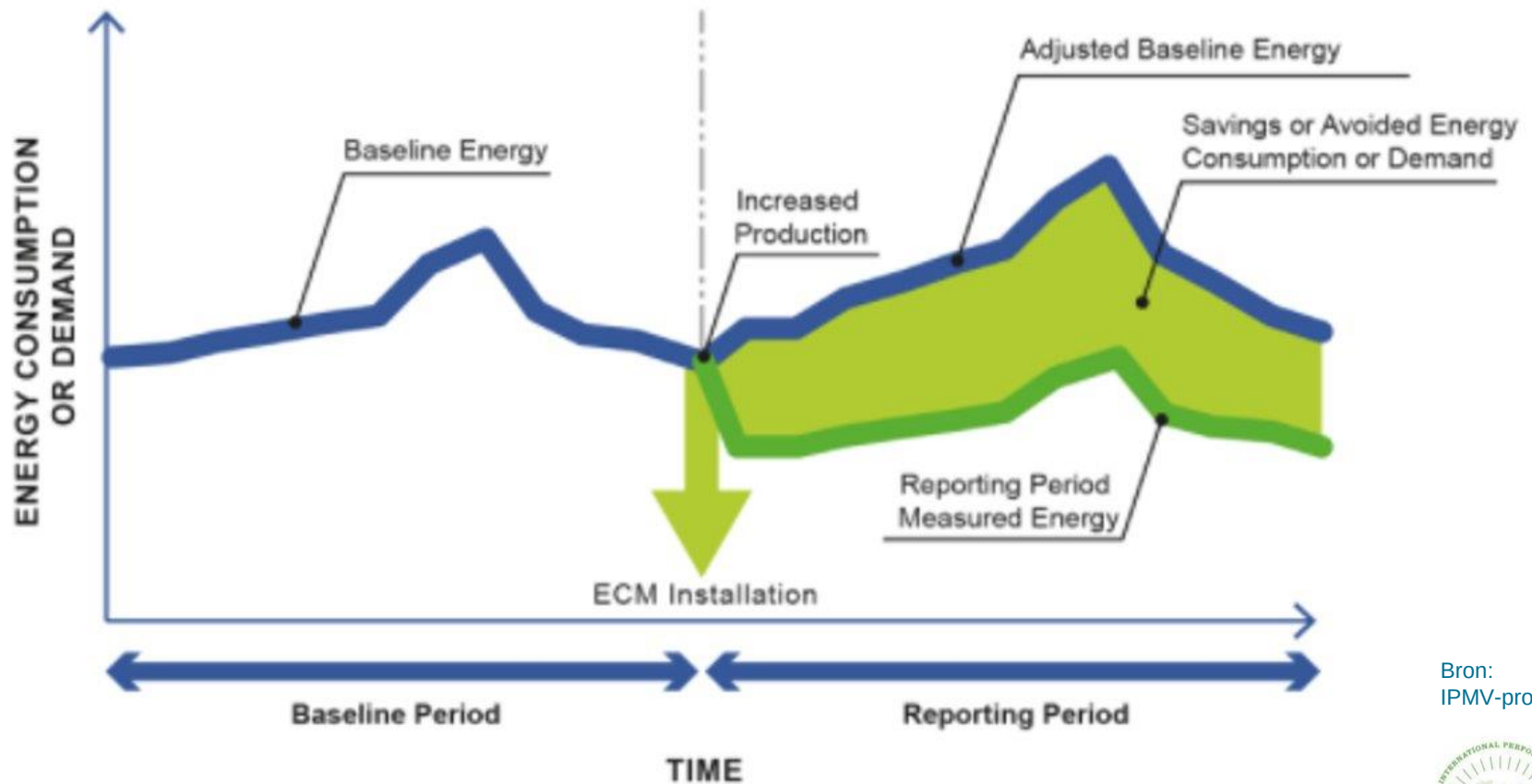
Besparing:

-27,7 % (eindenergie)

-19 % (CO₂)



Het IPMV-protocol



Bron:
IPMV-protocol



VOORGESTELDE PROJECTEN

- ▶ Pleinlaan 11: bivalentie
- ▶ **ULB - Gebouw F1:** gecentraliseerde SWW-productie met CO₂-warmtepomp
- ▶ Project Vignette: renovatie van een typisch Brussels eengezinshuis
- ▶ Kunstlaan 56: geleidelijke en volledige decarbonisatie van een gebouw uit de jaren 1970



Project: ULB - Gebouw F1

- Bestemming: gemengd & huisvesting
 - 175 studentenkamers
- Gerenoveerde technieken
 - Verwijdering van stookolieketels
 - Hydraulica warmtenet
 - CO₂-WP voor SWW
 - Nieuwe regeling



IVa. Dimensionnement suivant Norme AFNOR

Suivant Norme Francaise (non valable en Belgique). Fonction du nombre d'appartements

Nombre d'appartements :

176

	A	B	litres	eq. l/h	eq. l/s	Débit	Pinst
10min	61	0,503	822	4.931 l/h	1,37 l/	4,93 m³/h	275 kW
1h	83	0,708	3.228	3.228 l/h	0,90 l/	3,23 m³/h	180 kW
2h	108	0,773	5.878	2.939 l/h	0,82 l/	2,94 m³/h	164 kW
3h	116	0,815	7.844	2.615 l/h	0,73 l/	2,61 m³/h	146 kW

Dimensionering WP SWW

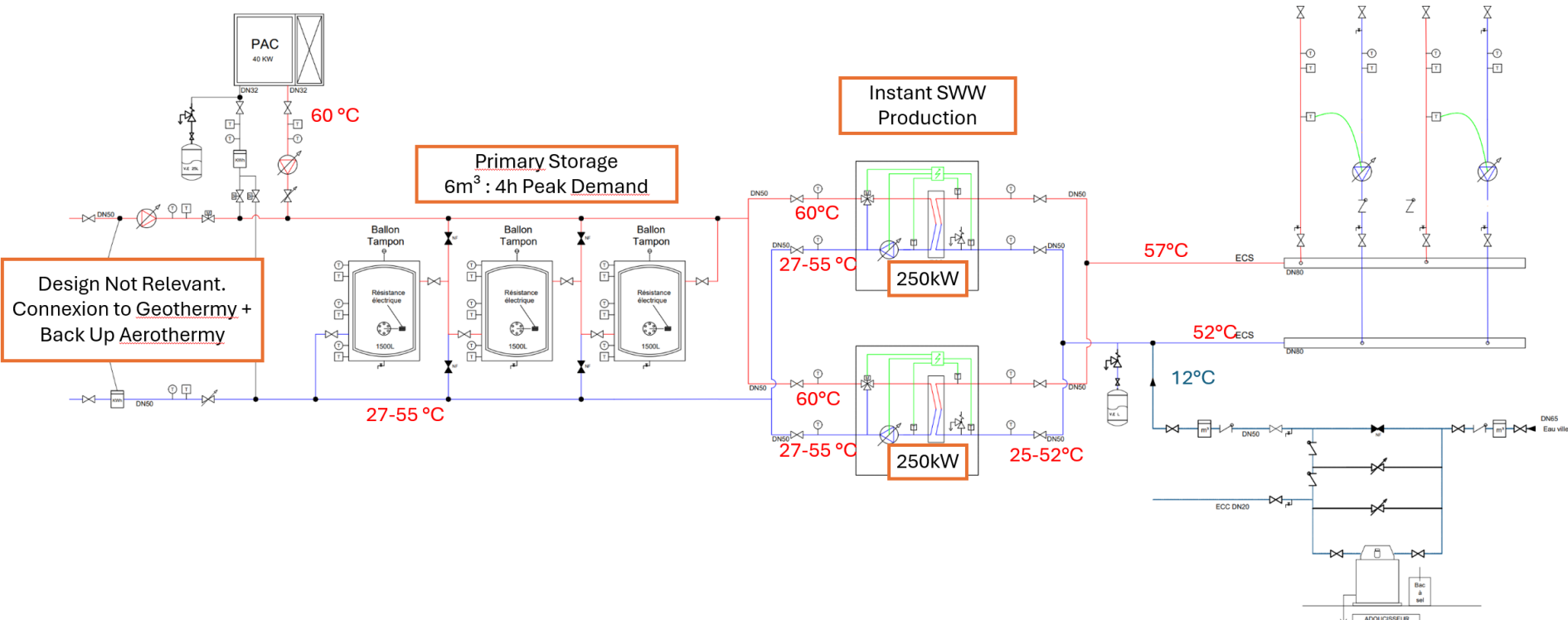
- Dimensionering ogenblikkelijke productie,
 - Max. gelijktijdige behoefte
- Dimensionering opslagcapaciteit
 - 4 uur (avondpiek)
- Dimensionering WP
 - Het kleinst mogelijke vermogen

255 Logements			Boucle	TOTAL
1,7%	0,24 m³/h	12,11 kWh	6 kWh	18 kWh
0,9%	0,13 m³/h	6,41 kWh	6 kWh	12 kWh
0,5%	0,07 m³/h	3,56 kWh	6 kWh	10 kWh
0,4%	0,06 m³/h	2,85 kWh	6 kWh	9 kWh
0,7%	0,10 m³/h	4,99 kWh	6 kWh	11 kWh
1,4%	0,20 m³/h	9,97 kWh	6 kWh	16 kWh
2,8%	0,40 m³/h	19,95 kWh	6 kWh	26 kWh
3,9%	0,56 m³/h	27,79 kWh	6 kWh	34 kWh
4,3%	0,61 m³/h	30,64 kWh	6 kWh	37 kWh
5,0%	0,71 m³/h	35,62 kWh	6 kWh	42 kWh
5,2%	0,74 m³/h	37,05 kWh	6 kWh	43 kWh
5,7%	0,81 m³/h	40,61 kWh	6 kWh	47 kWh
7,0%	1,00 m³/h	49,87 kWh	6 kWh	56 kWh
6,4%	0,91 m³/h	45,60 kWh	6 kWh	52 kWh
4,5%	0,64 m³/h	32,06 kWh	6 kWh	38 kWh
4,0%	0,57 m³/h	28,50 kWh	6 kWh	34 kWh
4,7%	0,67 m³/h	33,49 kWh	6 kWh	39 kWh
5,9%	0,84 m³/h	42,04 kWh	6 kWh	48 kWh
6,9%	0,99 m³/h	49,16 kWh	6 kWh	55 kWh
7,7%	1,10 m³/h	54,86 kWh	6 kWh	61 kWh
7,6%	1,09 m³/h	54,15 kWh	6 kWh	60 kWh
5,7%	0,81 m³/h	40,61 kWh	6 kWh	47 kWh
4,1%	0,59 m³/h	29,21 kWh	6 kWh	35 kWh
3,0%	0,43 m³/h	21,37 kWh	6 kWh	27 kWh
100%	14,3 m³/j	712 kWh	144 kWh	856 kWh
Puissance Moyenne :		30 kW	6 kW	36 kW

Bron: abclim

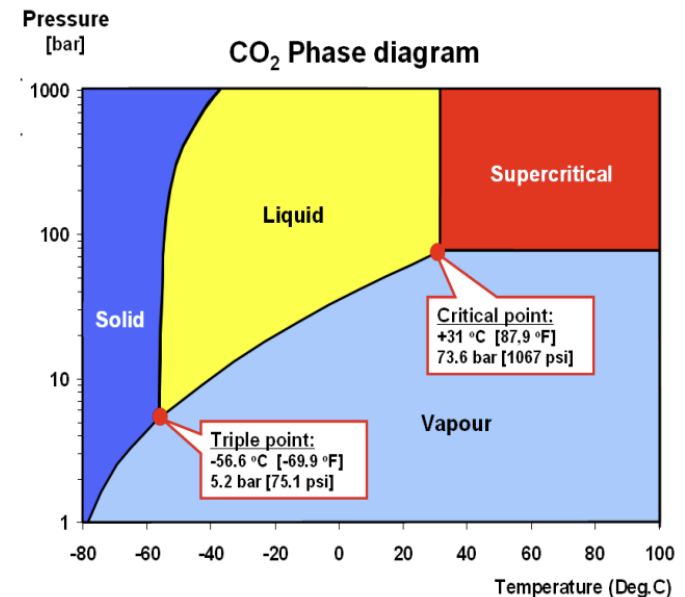
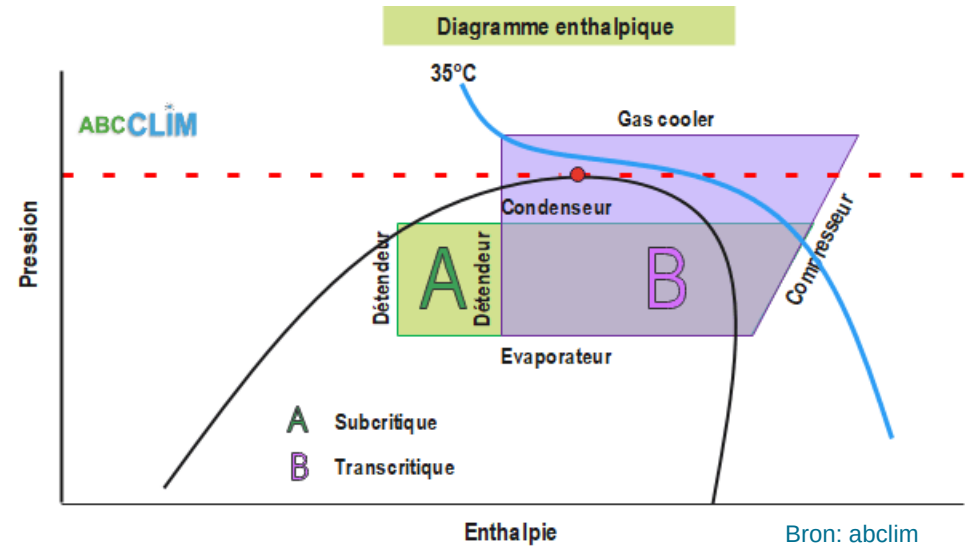


► Hydraulisch schema



CO₂-technologie

- ▶ Voordelen
 - Natuurlijk koelmiddel (GWP = 1)
 - Hoge temperatuur
- ▶ Aandachtspunten
 - Hoge druk
 - Complex (gespecialiseerde vaardigheden koeltechnici)
 - Aanzienlijk temperatuurverschil (ΔT): MAX. retourtemperatuur over het algemeen $< 50\text{ }^{\circ}\text{C}$!



Financiële rendabiliteit

- ▶ Kosten van de werken:
 - CO₂-WP 40 kW: € 30.000
 - Hydraulische aansluiting: € 35.000
 - Hydraulische opslag: € 20.000
 - Waterbehandeling: € 10.000
 - Elektriciteit: € 30.000
 - As-built/opleveringen: € 5.000
- ▶ TOTAAL: € 130.000

Gebruikskosten

- ▶ 100.000 kWh (thermisch) – COP 2,5
 - 40.000 kWh elek. [€ 0,0015/kWh]
- ▶ TOTAAL: € 6.000

ETV: ± 30 jaar

Financiële rendabiliteit

- ▶ Kosten van de werken:
 - Verwarmingsketel: € 10.000
 - Nieuwe ondergrondse kuip: € 20.000
 - Hydraulische aansluiting: € 20.000
 - Hydraulische opslag: € 5.000
 - Waterbehandeling: € 10.000
 - Elektriciteit: € 20.000
 - As-built/opleveringen: € 5.000
- ▶ TOTAAL: € 80.000

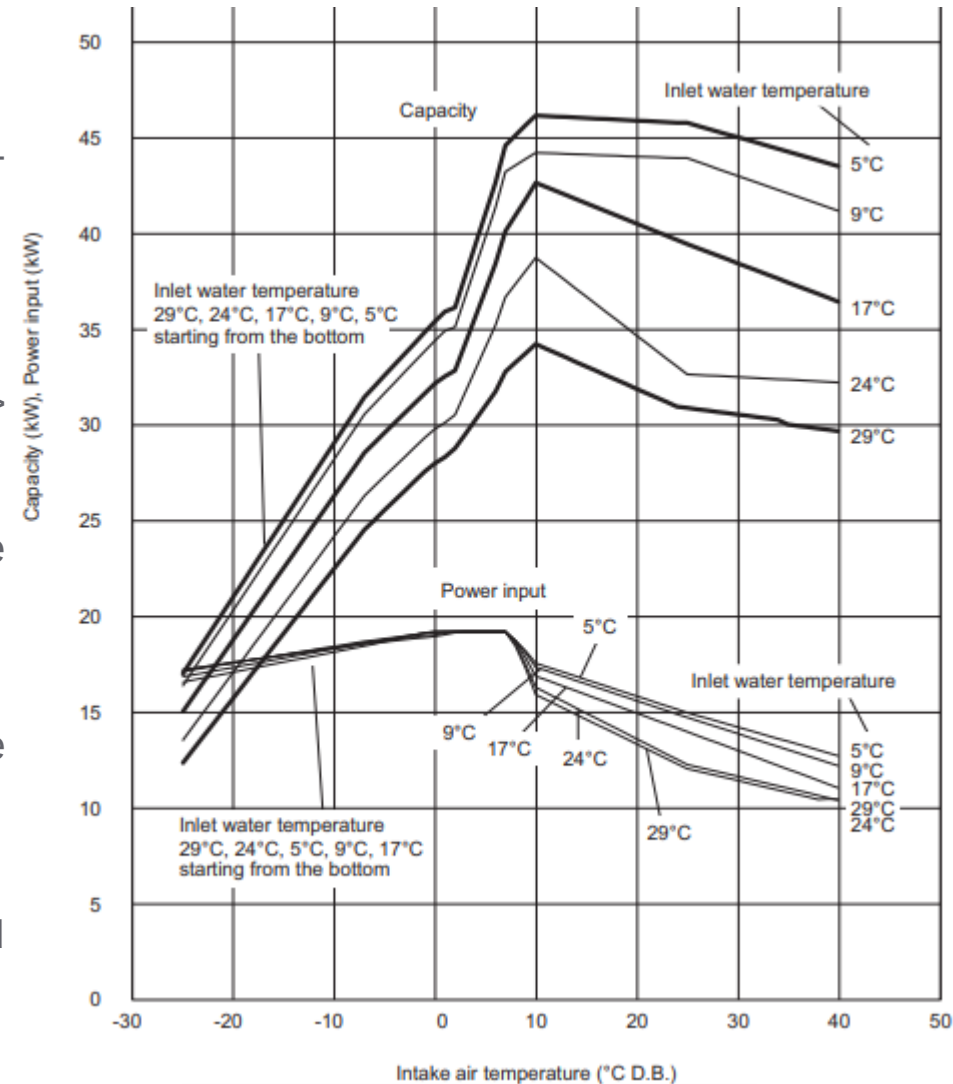
Gebruikskosten

- ▶ 100.000 kWh (thermisch) – rendement 90 %
 - 110.000 kWh stookolie [€ 0,007/kWh]
- ▶ TOTAAL: € 7.700



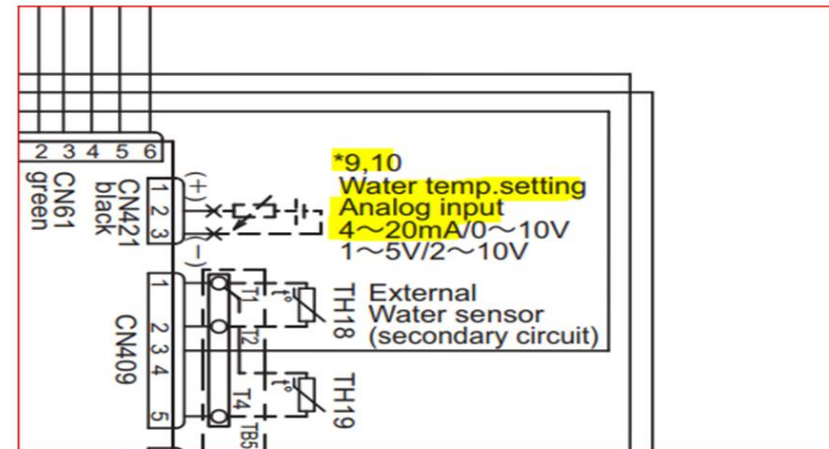
Getuigenis over ervaringen

- ▶ Vermogen
 - Nominaal vermogen 40 kW -> 25 kW per - 7 °C (ΔT)
- ▶ Temperatuur SWW
 - Primaire temperatuur tot max. 80 °C
- ▶ Regeling: debiet vs ΔT
 - Debiet van sanitaire lussen > productiedebiet van warmtepomp
- ▶ Geïntegreerde regeling
 - Problematische 4-20 mA-communicatie (externe sturing)
- ▶ Ogenblikkelijke SWW-productie
 - Afwezigheid van 3-wegklep
 - Volledige redundantie: te lage drukverliezen
- ▶ Warmtenet
 - Te lage drukverliezen wegens een te hoog debiet ondanks pomp op minimale snelheid



Getuigenis over ervaringen

- ▶ Vermogen
 - Nominaal vermogen 40 kW -> 25 kW per -7°C (ΔT)
- ▶ Temperatuur SWW
 - Primaire temperatuur tot max. 80 °C
- ▶ Regeling: debiet vs ΔT
 - Debiet van sanitaire lussen > productiedebiet van warmtepomp
- ▶ Geïntegreerde regeling
 - Problematische 4-20 mA-communicatie (externe sturing)
- ▶ Ogenblikkelijke SWW-productie
 - Afwezigheid van 3-wegklep
 - Volledige redundantie: te lage drukverliezen
- ▶ Warmtenet
 - Te lage drukverliezen wegens een te hoog debiet ondanks pomp op minimale snelheid



9. Need to select either Water temperature setting input signal. Set the SW421 as shown in the table below.

	SW421-1	SW421-2
4~20mA	ON	ON
0~10V	OFF	OFF
1~5V	OFF	ON
2~10V	OFF	OFF

10. Use a 4-20mA signal output device with insulation. Feeding 30mA or more current may damage the circuit board.
11. For prevention of damage of the pump, SWS2 is set in "A"(factory set). Change the slide switch SWS2 「B(automatic)」 in Test Run.
12. Use a contact that takes 250VAC, 10mA or above, and 1A or below for contact output.



VOORGESTELDE PROJECTEN

- ▶ Pleinlaan 11: bivalentie
- ▶ ULB - Gebouw F1: gecentraliseerde SWW-productie met CO₂-warmtepomp
- ▶ **Project Vignette:** renovatie van een typisch Brussels eengezinshuis
- ▶ Kunstlaan 56: geleidelijke en volledige decarbonisatie van een gebouw uit de jaren 1970



PROJECT VIGNETTE

- ▶ Bestemming: woongebouw
- ▶ Oppervlakte 170 m²
- ▶ Bouw: 20e eeuw
- ▶ Volledige renovatie (2022)
 - Dakisolatie
 - Isolatie langs buitenzijde achtergevel
 - Achterbouw
 - Isolatie langs binnenzijde voor-gevel
- ▶ Gerenoveerde technieken
 - Lucht/water-warmtepomp
 - Vloerverwarming & radiatoren
 - GMV met dubbele stroom
 - Houtkachel (bijverwarming)
- ▶ Begroting voor de werken:
€ 250.000

Bron: Puzzle.archi



21

PROJECT VIGNETTE

- ▶ Bestemming: woongebouw
- ▶ Oppervlakte 170 m²
- ▶ Bouw: 20e eeuw
- ▶ Volledige renovatie (2022)
 - Dakisolatie
 - Isolatie langs buitenzijde achtergevel
 - Achterbouw
 - Isolatie langs binnenzijde voorgevel
- ▶ Gerenoveerde technieken
 - Lucht/water-warmtepomp
 - Vloerververwarming & radiatoren
 - GMV met dubbele stroom
 - Houtkachel (bijverwarming)
- ▶ Begroting voor de werken: € 250.000

Bron: Puzzle.archi



Financiële rendabiliteit

- ▶ Kosten van de werken:
 - Radiatoren / vloerverwarming – niet inbegrepen
 - Lucht/water-WP 6 kW: € 7.000
 - Hydraulische aansluiting: € 3.000
 - Elektriciteit/regeling: € 1.000
 - Wanden/plafonds/luchtdichtheid: € 2.000
- ▶ TOTAAL: € 13.000
 - PREMIE € -4.000 (*)
- ▶ **TOTAAL: € 9.000**

Gebruikskosten

- ▶ 12.000 kWh (thermisch) – COP 3
 - 4.000 kWh elek. [€ 0,0030/kWh]
- ▶ **TOTAAL: € 1.200**

ETV: theoretisch negatief

(*) onzeker vanaf 2025

Financiële rendabiliteit

- ▶ Kosten van de werken:
 - Radiatoren / vloerverwarming – niet inbegrepen
 - Verwarmingsketel 22 kW: € 4.000
 - Hydraulische aansluiting: € 2.000
 - Elektriciteit/regeling: € 500
 - Rookafvoerkanalen: € 1.000
 - Wanden/plafonds/luchtdichtheid: € 500
- ▶ **TOTAAL: € 8.000**

Gebruikskosten

- ▶ 12.000 kWh (thermisch) – rendement 90 %
 - 13.200 kWh gas [€ 0,008/kWh]
- ▶ **TOTAAL: € 1.050**



Getuigenis over ervaringen

- ▶ Nominaal vermogen:
 - 6 kW volstaat ruim (winter 2023/2024 bij -10 °C)
 - Verwarmingsvermogen: 22 W/m²
- ▶ Akoestiek
 - Overdracht van trillingen naar houtstructuur
- ▶ Energieverbruik
 - Juiste trends na 6 maanden gebruik (winter)



Bron: Puzzle.archi



VOORGESTELDE PROJECTEN

- ▶ Pleinlaan 11: bivalentie
- ▶ ULB - Gebouw F1: gecentraliseerde SWW-productie met CO₂-warmtepomp
- ▶ Project Vignette: renovatie van een typisch Brussels eengezinshuis
- ▶ **Kunstlaan 56:** geleidelijke en volledige decarbonisatie van een gebouw uit de jaren 1970

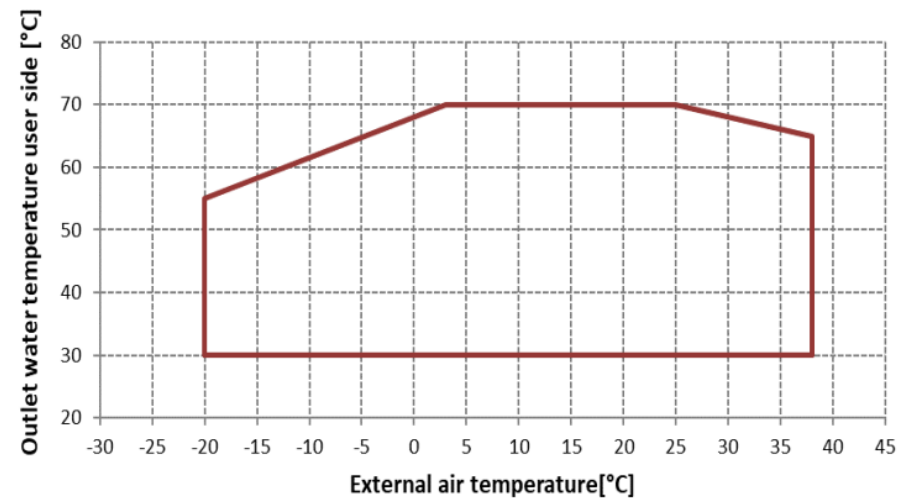


- ▶ Bestemming: kantoren
- ▶ Oppervlakte 26.000 m²
- ▶ Bouw: 1968
- ▶ Vorige renovaties:
 - Beglazing 1.1 (origineel raamwerk)
 - Slecht geïsoleerd dak:
 - Atrium met enkele beglazing
- ▶ Gerenoveerde technieken
 - 2-pijps warmtepompen
 - Thermische opslag 30 m³
 - Condenserende verwarmingsketel
 - Nieuwe regeling

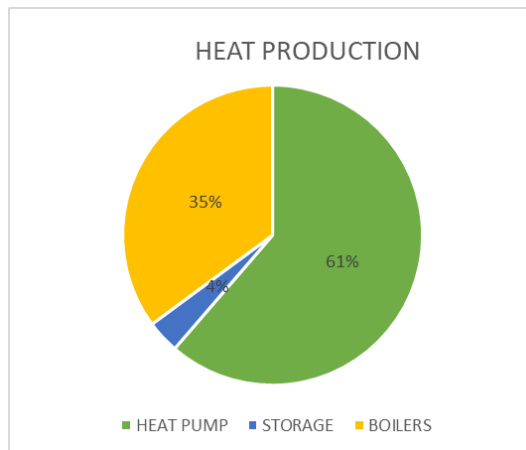
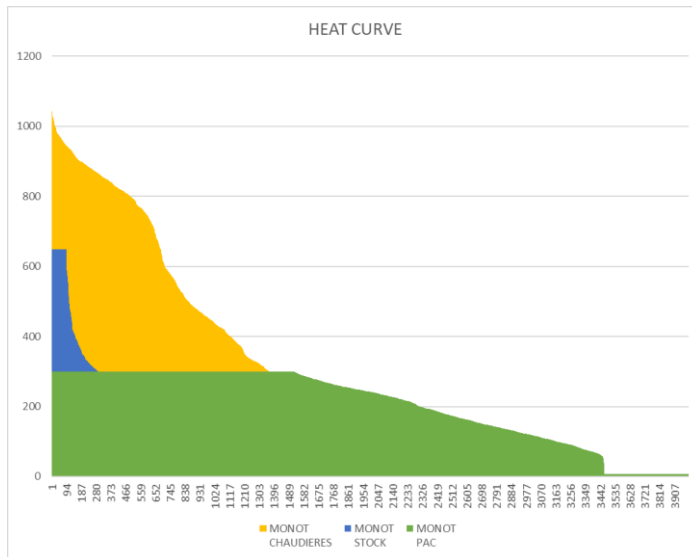


Keuze van WP

- ▶ Koelmiddel R290 (propaan)
 - Natuurlijk
 - GWP = 3
 - ODP = 0
- ▶ A-7/ W62: hoge temperatuur
- ▶ Prestaties
 - COP A7/W55: 3
 - SCOP: 3,8
- ▶ Akoestiek
 - Xtra Low Noise (44 dB)



Warmtemonotoon van het gebouw



Bâtiment : ARTS 56

22.138 m² GLA

CHAUFFAGE

1. Transmissions Losses		1.071.663 kWh th
	WALLS	87.653 kWh Nets
	ROOF	82.167 kWh Nets
	FLOOR	142.084 kWh Nets
	WINDOWS	759.758 kWh Nets

2. Déperditions par infiltrations	INFILTRATIONS	354.710 kWh Nets
-----------------------------------	---------------	------------------

4. Sun	SUN	474.346 kWh Nets
5. Internal Gains	INTERNAL GAINS	439.338 kWh Nets

6. Net Energy for HEATING		512.690 kWh th
---------------------------	--	----------------

3. CTA Heat Battery	VENTILATION	708.255 kWh Nets
---------------------	-------------	------------------

7. Pertes de distribution	Pertes Chauffage	49.207 kWh Nets
---------------------------	------------------	-----------------

8. Besoins Bruts en énergie pour le chauffage	1.270.152 kWh Nets	57 kWh Hs/m ²
---	--------------------	--------------------------

Chaleur Fournie par la PAC		820.994 kWh Nets
	SCOP	3,0

CONSUMMATION D'ELECTRICITE	273.665 kWh	12 kWh Hs/m ²
----------------------------	-------------	--------------------------

8. Besoins Bruts en énergie pour le chauffage (hors PAC)	449.158 kWh Nets	20 kWh Hs/m ²
--	------------------	--------------------------

Rend. Prod. Chauffage HS	86%
--------------------------	-----

9. Pertes de production chaudières	61.002 kWh Nets
------------------------------------	-----------------

CONSUMMATION COMBUSTIBLE	510.159 kWh Hs	23 kWh Hs/m ²
--------------------------	----------------	--------------------------

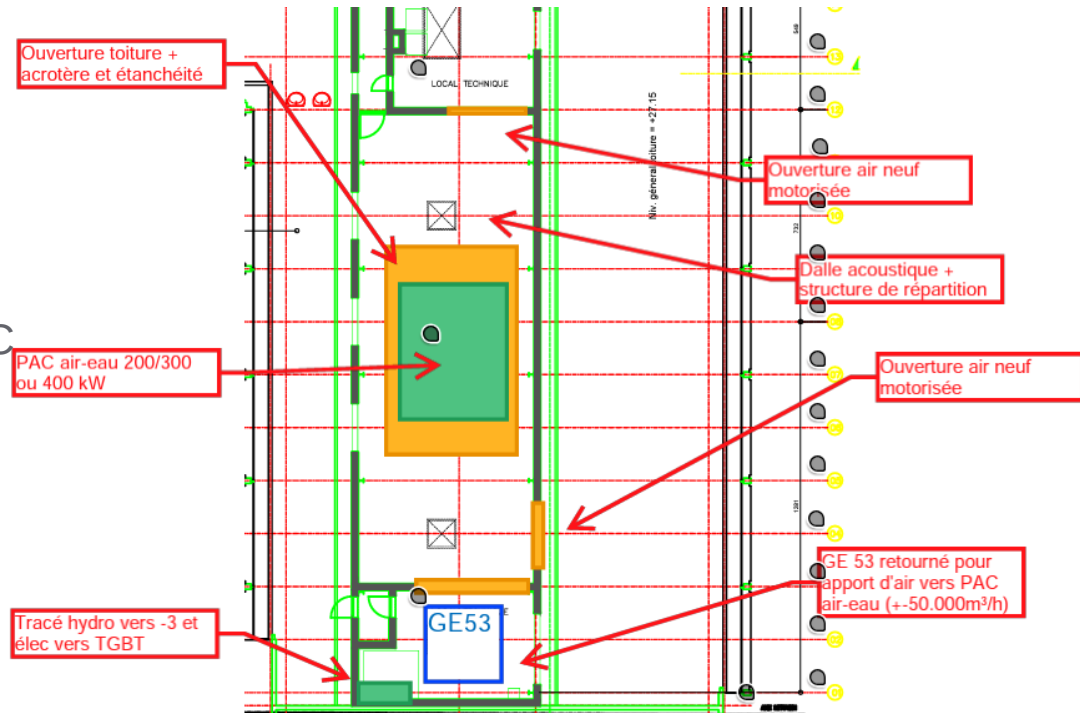


Verdamper:

- ▶ 75.000 m³/u (x2 machines)
- ▶ Extractie parking
 - 60.000 m³
 - Constante temp. van 15-20 °C
- ▶ Buitenlucht
 - 15.000 – 90.000 m³/u
 - buitentemperatuur

COP

+20-30 %

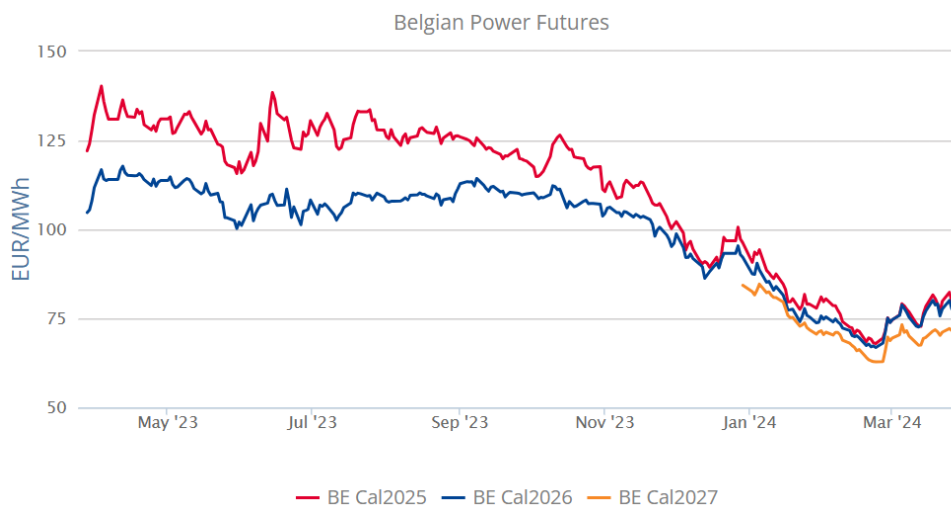
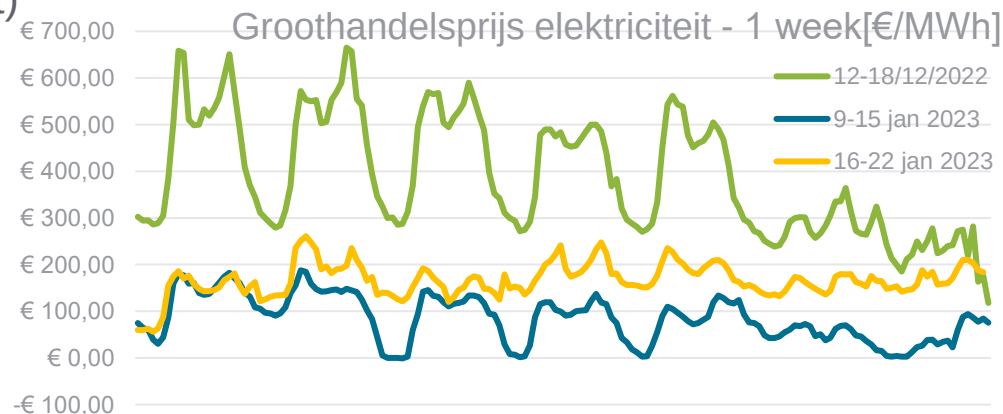
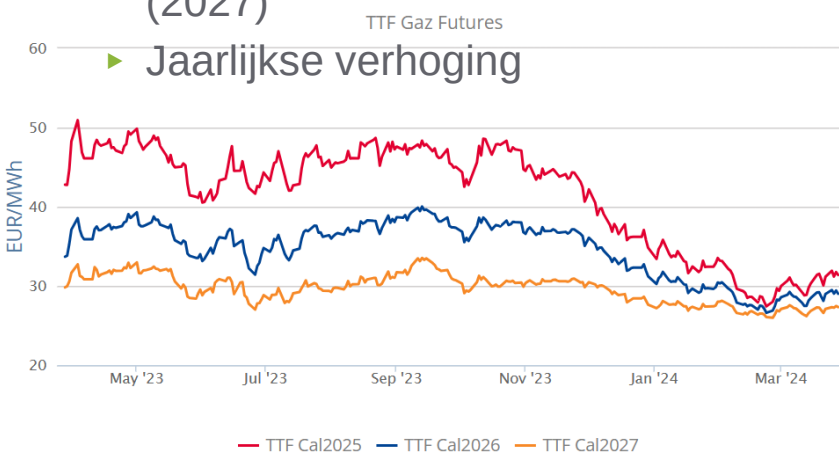


Financiële rendabiliteit

- ▶ Elektriciteitsprijzen (groothandelsmarkt)
 - € 90/MWh (sept. 2024 – 1 jaar)
 - Intraday-variatie
 - 2- tot 3-maal duurder dan gas

ETS 2

- ▶ Europese belasting op gas (emissiehandelssysteem)
- ▶ Inwerkingtreding 2027
- ▶ Verwachte impact € +10-15/MWh (2027)
- ▶ Jaarlijkse verhoging



Financiële rendabiliteit

- ▶ Elektriciteitsprijzen (groothandelsmarkt)
 - € 75/MWh (maart 2024 – 1 jaar)
 - Intraday-variatie
 - 2- tot 3-maal duurder dan gas
- ▶ R290-WP 150 kW
 - +/- € 120.000 (6x gelijkwaardige verwarmingsketel)
- ▶ Hoger investeringsrendement afhankelijk van geraamde levenscyclus van de warmtepomp

Energy /m ²	26,4 €
Economy /m ²	-2,3 €/m ² year
Charges Reduction	-8%

	Montant Travaux (CAPEX)	682.231 €
Reserve	5%	0 €
Honoraires	15%	102.335 €
	TOTAL (htva)	784.566 €
	ROI	15,2 y





- ▶ Hybridisatie is niet langer de toekomst ... er zijn 100 % koolstofvrije oplossingen verkrijgbaar op de markt
- ▶ De omschrijving “100 % fossielvrije gebouw” is niet langer voorbehouden aan passiefgebouwen
- ▶ Thermische opslag is onontbeerlijk
- ▶ Als er alleen naar de energiekosten wordt gekeken, blijft de financiële rendabiliteit moeilijk
- ▶ De nieuwe ETS 2-belasting (emissiehandelssysteem van de EU) zal leiden tot een geleidelijke gelijkschakeling van de gasprijs (verhoging) ten opzichte van de elektriciteitsprijs, wat in het voordeel van warmtepompen zal spelen.





Gids Duurzame Gebouwen

<https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/>



Websites

- Leefmilieu Brussel

<https://leefmilieu.brussels/burgers/het-milieu-brussel/renoveren-en-bouwen>



Opleidingen en seminars

- Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen
<https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>

Raadpleeg gratis alle documentatie!



Stéphane BARBIER

Partner - Manager

Deplasse & Associés

 + 32 2 736 63 23

 barbier.s@deplasse.com



BUREAU D'EXPERTS PH. DEPLASSE & ASSOCIÉS



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

