

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

HERNIEUWBARE ENERGIE

LENTE 2025

Productie en opslag van warmte en elektriciteit op basis van hernieuwbare energiebronnen

Overzicht van bestaande technologieën en hun toepasbaarheid in de Brusselse context



David PLUNUS
écORce
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



- ▶ De verschillende technologieën voor de productie en opslag van hernieuwbare energie begrijpen
 - ⇒ **Een coherente strategie invoeren voor een bepaald vastgoedproject**



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE



INLEIDING

- ▶ **Doelstelling**
- ▶ **Behoeften**

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

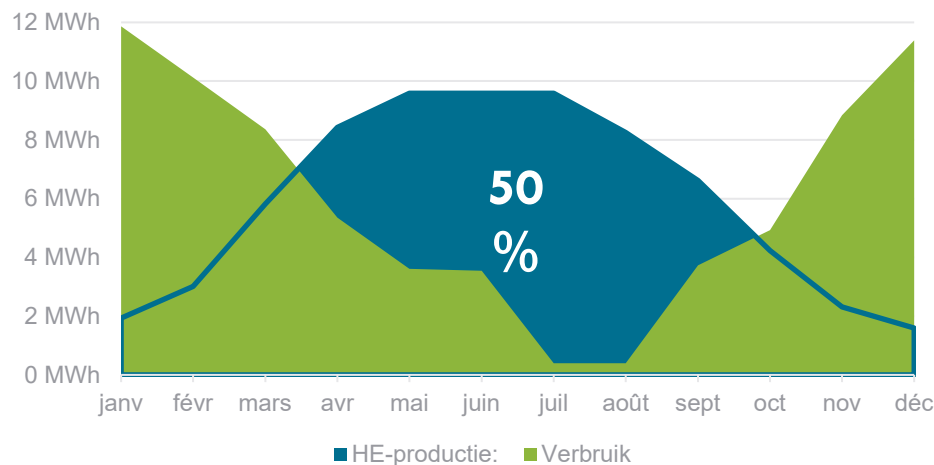


Koolstofneutraliteit in 2050 = massaal gebruik van HE

► Het systeem moet:

- financieel duurzaam blijven
- een evenwicht verzekeren tussen productie, verbruik en opslagcapaciteit (einde van 'blinde' systemen zoals terugdraaiende meters en groenestroomcertificaten en omschakeling op beheerste systemen m.b.t. collectief of individueel eigenverbruik en tarifiering - MIG6)

⇒ **Een precieze raming van de energiebehoeften over het jaar is onontbeerlijk**



Selectie van de HE-productiesystemen

- ▶ Op basis van hun technische afgestemdheid
 - op de fysieke kenmerken van het project (daken, open ruimten, ...)
 - op het energieverbruiksprofiel van het project
- ⇒ **Een goede kennis van de beschikbare technologieën maakt het mogelijk een coherent project te ontwikkelen**



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

- ▶ **Fotovoltaïsche zonnepanelen**
- ▶ Windturbines
- ▶ Waterkracht

ELEKTRICITEITSOPSLAG

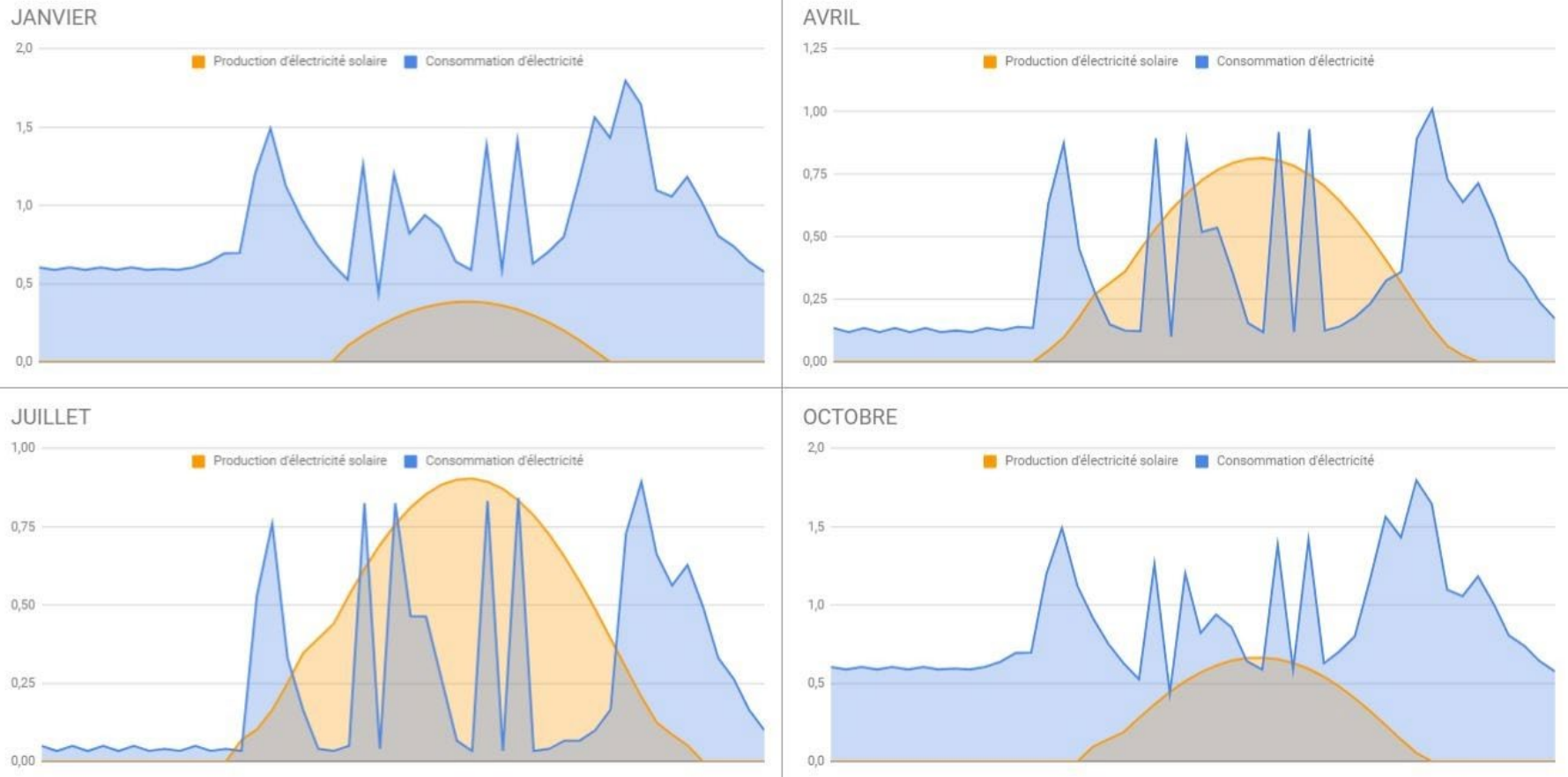
WARMTEPRODUCTIE



8 FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Productie

- Sterke wisselvalligheid (dag/nacht – zomer/winter)
- Doelstelling: minstens 65 % eigenverbruik



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Integratie

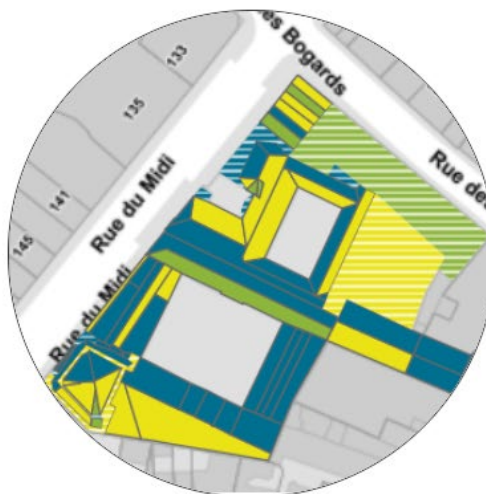
- ▶ Nominaal vermogen: 200 - 250 Wp/m²
- ▶ Belangrijke rol van de geometrische eigenschappen (helling, oriëntatie en beschaduwing)
- ▶ Zonnekaart van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

<https://geodata.leefmilieu.brussels/client/solar/>

 [geodata.leefmilieu.brussels](https://geodata.leefmilieu.brussels/client/solar/)  > CARTE SOLAIRE



Revenir à la carte



Surface totale de toiture traitée
12 001 m²



■ Excellent potentiel 2 258 m²
■ Bon potentiel 4 624 m²
■ Faible potentiel (exclu du calcul) 5 119 m²



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Rapport de simulation d'installation photovoltaïque

Rapport émit le 28/03/2022

URL du bâtiment : <https://www.cartesolaire.brussels/client/solar/detail/21809K0108-00F000>Rue du Midi 142
à Bruxelles

- 1128 m² Excellent potentiel
- 2312 m² Bon potentiel
- 2559 m² Faible potentiel (exclu du calcul)

Gain net sur 10 ans : 17 176 €

Ma toiture

6 000 m ²	Surface totale
1 092 m ²	Obstacles estimés
2 815 m ²	Surface utilisable

Mon énergie

10 169 kWh/an	Production des panneaux
2 036 kWh/an	Consommation du ménage
40 %	Auto consommation
4 TCO ₂ /an	Gain pour l'environnement

Mon installation

48	Nombre de panneaux
	Monocristallin
77 m ²	Superficie installée
12 kWc	Puissance totale installée
25 ans	Durée de vie de l'installation

Mes finances

18 000 €	Prix d'achat TVAC
15 524 €	Gains certificat vert (10 ans)
66 366 €	Gain facture d'électricité sur 25 ans
45 890 €	Gains nets sur 25 ans
6 ans	Temps de retour actualisé



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Financiering

- ▶ Variabele kosten volgens de grootte: € 0,50 tot € 1,75/Wp
- ▶ Kosten over een periode van 15 jaar: € 0,04 tot € 0,15/kWh
- ▶ Groenestroomcertificaten: € 0,13 tot € 0,23/kWh

Fotovoltaïsche (PV) ^{**}	kWp	≤ 5	1,130	2,055
		]5-36]	1,074	1,953
		]36-100]	0,559	1,016
		]100-250]	0,353	0,642
		> 250	0,319	0,580
	BIPV		Onder bepaalde voorwaarden ^{***}	



Websites

- ▶ BRUGEL - Mechanisme van de groenestroomcertificaten

https://www.brugel.brussels/nl_BE/themes/hernieuwbare-energie-11/mechanisme-van-de-gsc-35

- ▶ Financiële fotovoltaïsche simulator voor particulieren in Brussel

<http://sifpv-bxl.apere.org/>



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Schaduwaken met PV

- ▶ Variabele kosten volgens de grootte: € 1 tot € 4/Wp
- ▶ Kosten over een periode van 15 jaar: € 0,08 tot € 0,30/kWh



Bron : AdiWatt



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

BIPV

- ▶ Nominaal vermogen: 80 - 200 Wp/m²
- ▶ Sterk variabele kosten: € 1 tot 6 €/Wp
- ▶ Productie van verticale panelen is kleiner en beschaduwing is hinderlijker
- ▶ Kosten over een periode van 15 jaar: € 0,10 tot € 0,60/kWh

BIPV type	Skylight	Borstwering	Zonnewering	Geventileerde gevel
Toekening [GSC/MWh]	1,9	1,9	1,8	2,4

Bron: https://www.brugel.brussels/nl_BE/



Bron : ISSOL



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

- Fotovoltaïsche zonnepanelen
- **Windturbines**
- Waterkracht

ELEKTRICITEITSOPSLAG

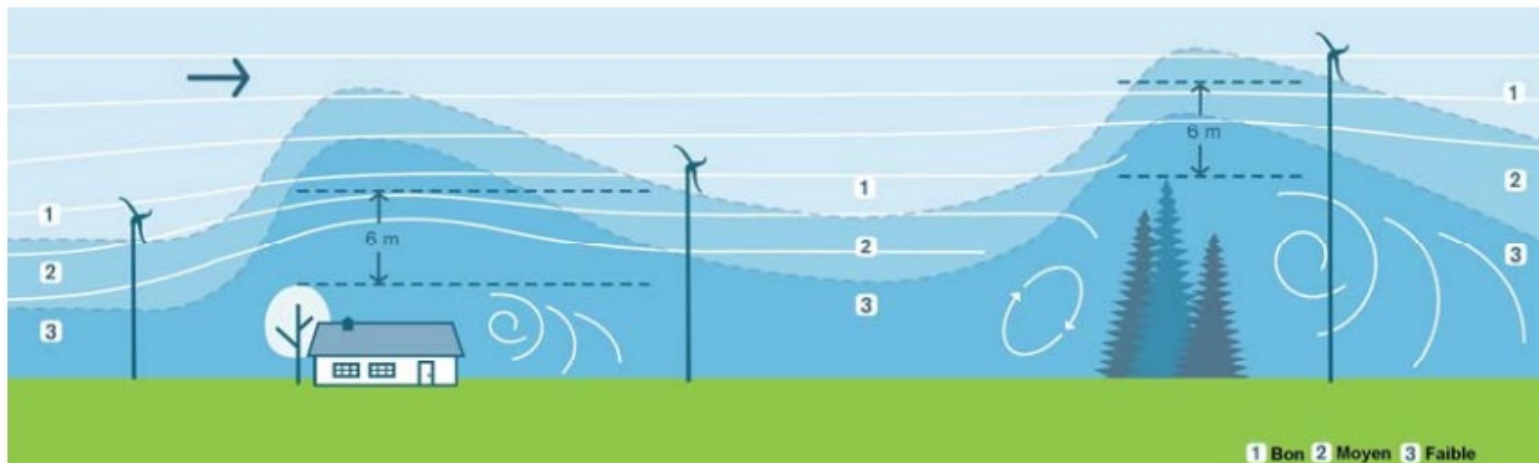
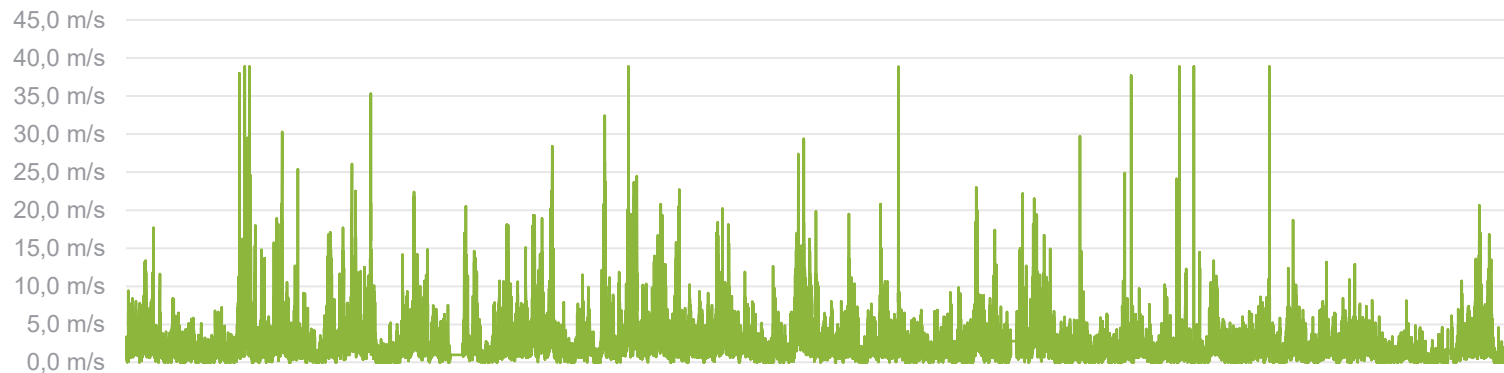
WARMTEPRODUCTIE



Productie

- Meteorologische veranderlijkheid
- Windstudie

Windsnelheid



Integratie

(Studie 2014 VUB-3E)

- ▶ Kleine windturbines zijn interessant op zeer hoge gebouwen
(cf. The Hotel in Brussel – toren van 96 m – masten van 7 m – windturbines van 3,5 en 7 kW)
- ▶ Middelhoge windturbines (100 kW) op mast van 40 m



EOX M-26

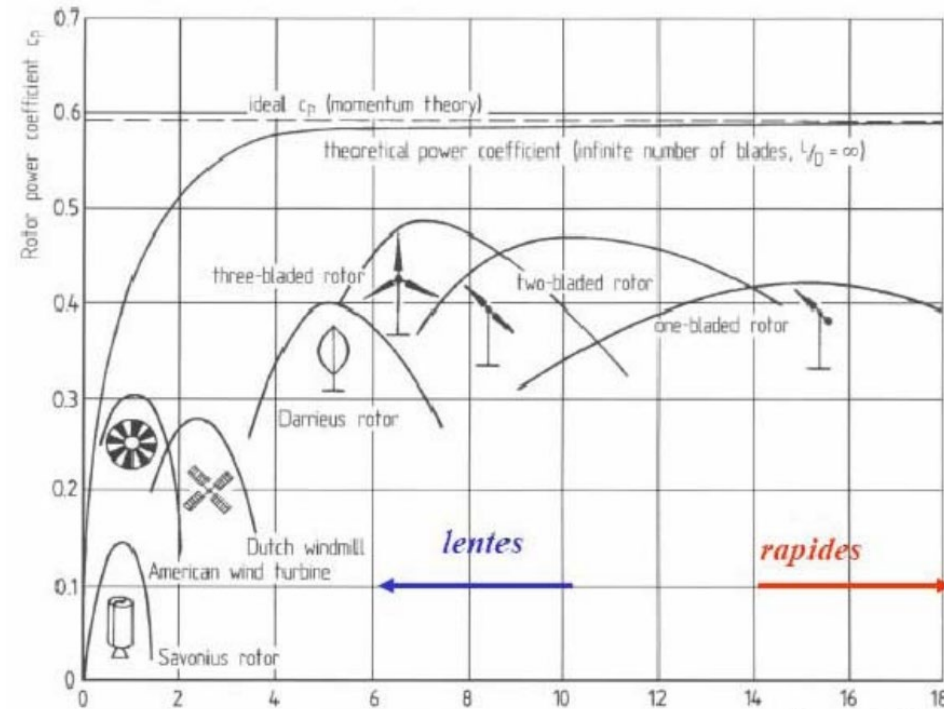
AVERAGE WIND SPEED (M/S)	GROSS OUTPUT 1000(KWH/YEAR)
4.0	126,2
4.5	170,3
5.0	216,4
5.5	262,1
6.0	305,9
6.5	346,7
7.0	383,9
7.5	417,0

Bron : ENERSOL



Financiering

- ▶ Variabele kosten van € 3 tot € 8/W
- ▶ Kosten over een periode van 15 jaar: € 0,12 tot € 0,30/kWh
- ▶ Groenestroomcertificaten: € 0,15/kWh



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

- ▶ Fotovoltaïsche zonnepanelen
- ▶ Windturbines
- ▶ **Waterkracht**

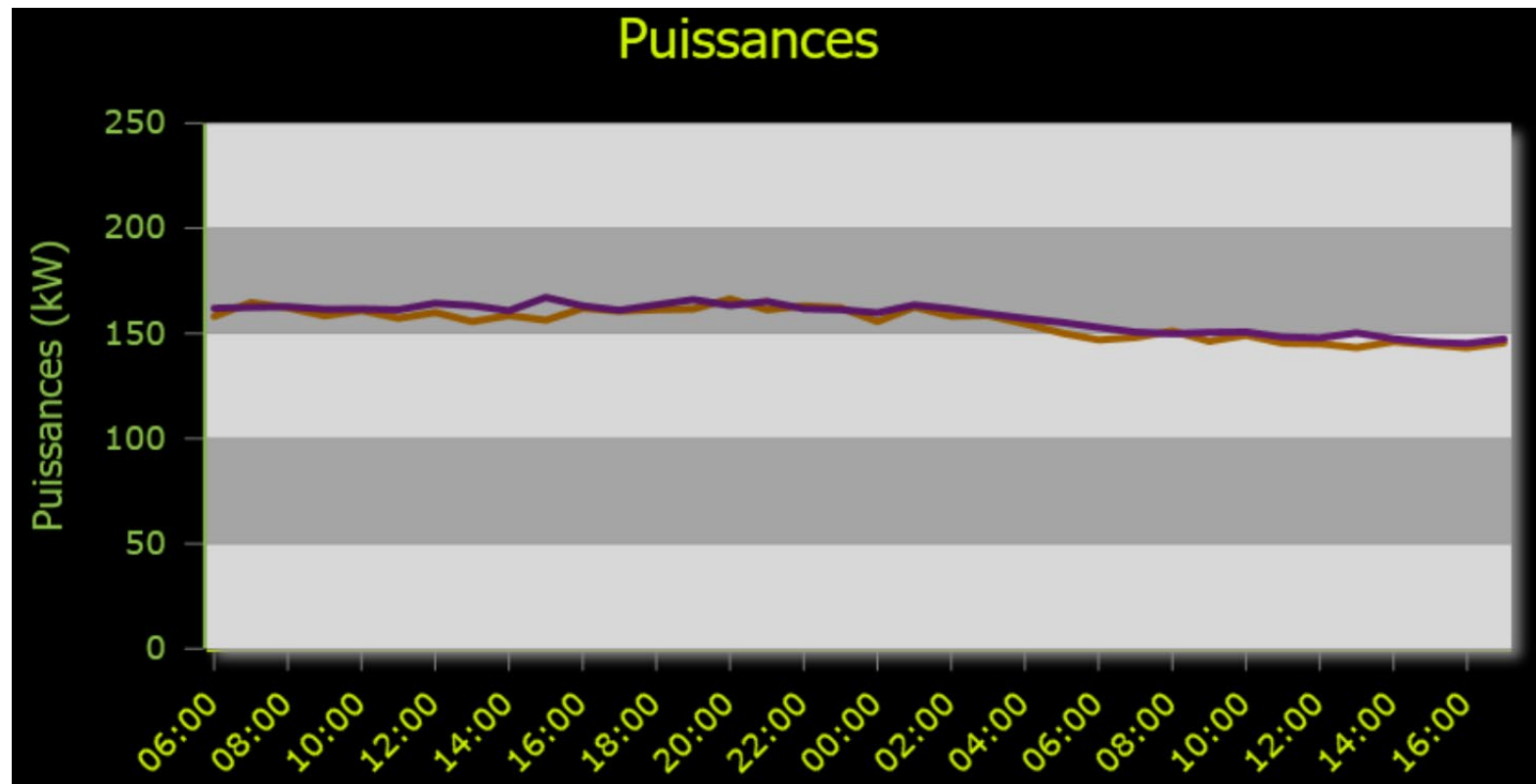
ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE



Productie

- ▶ Constante productie (buiten eventuele daling van de waterstand)
- ▶ Weinig potentieel in BHG



Bron : HOSe



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

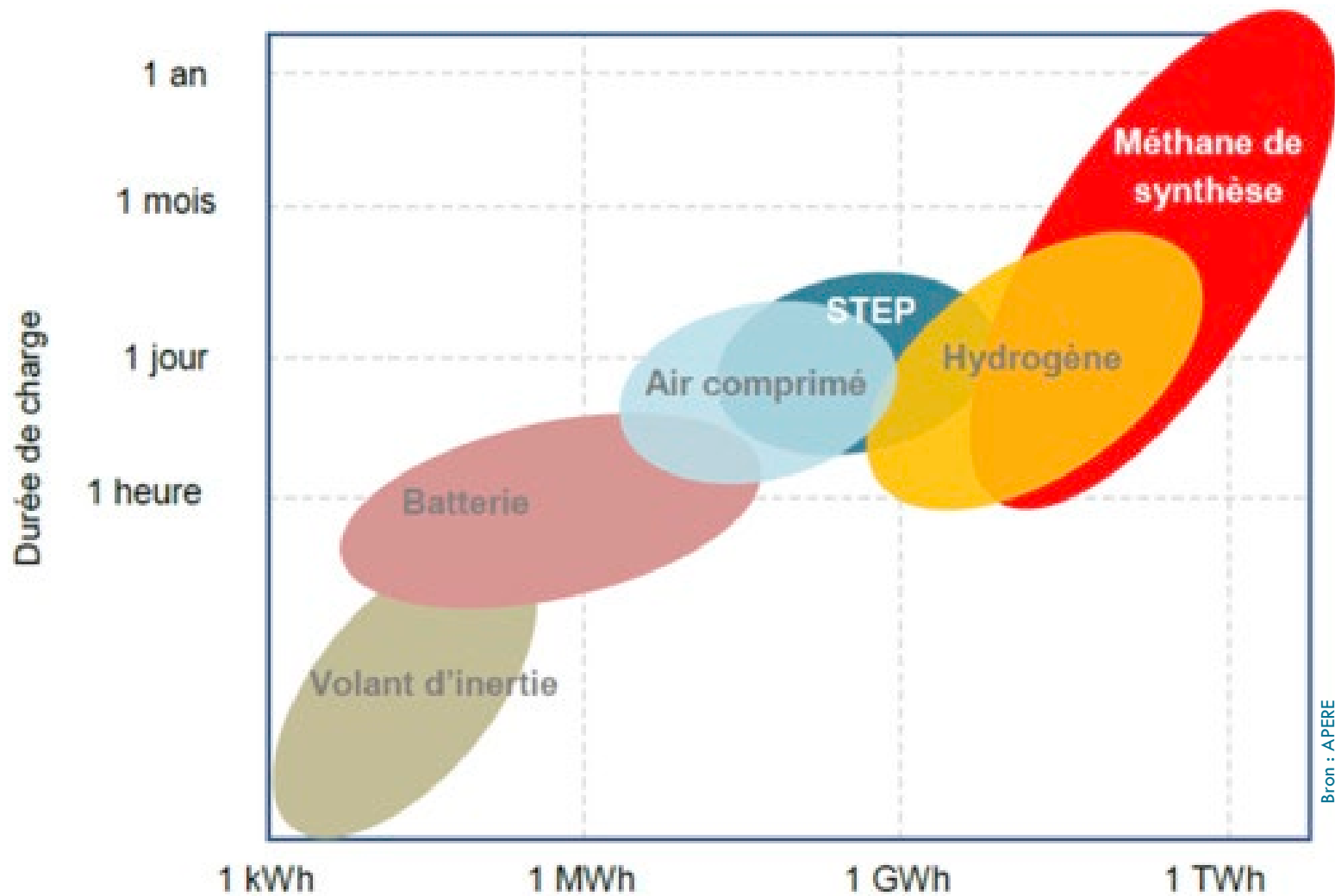
ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

- Thermische zonnepanelen
- Biomassa
- Warmtepomp



Technologie



Integratie Li-ion-accu

- ▶ Huishoudelijk verbruik van 1 dag = 10 kWh
 - = 50 tot 100 kg
 - = 0,1 m³



Bron : TESLA



Financiering

- ▶ Huishoudelijk verbruik 1 dag = 10 kWh = € 5-6000
- ▶ Opslagkosten: € 0,20 - € 0,30/kWh
- ▶ Verschil in prijs bij aankoop en verkoop

Aandachtspunten

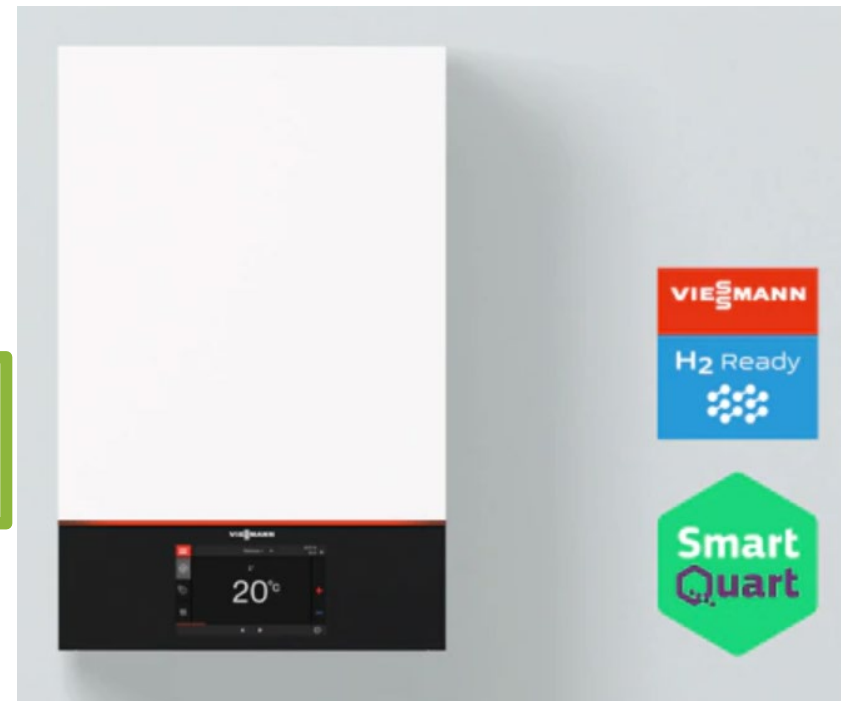
- ▶ Afnamevermogen (4 - 6 kW)
- ▶ Al dan niet geïntegreerde omvormer
- ▶ Globaal rendement (90 %)
- ▶ Garantie / aantal laden/ontladen-cycli



Waterstof

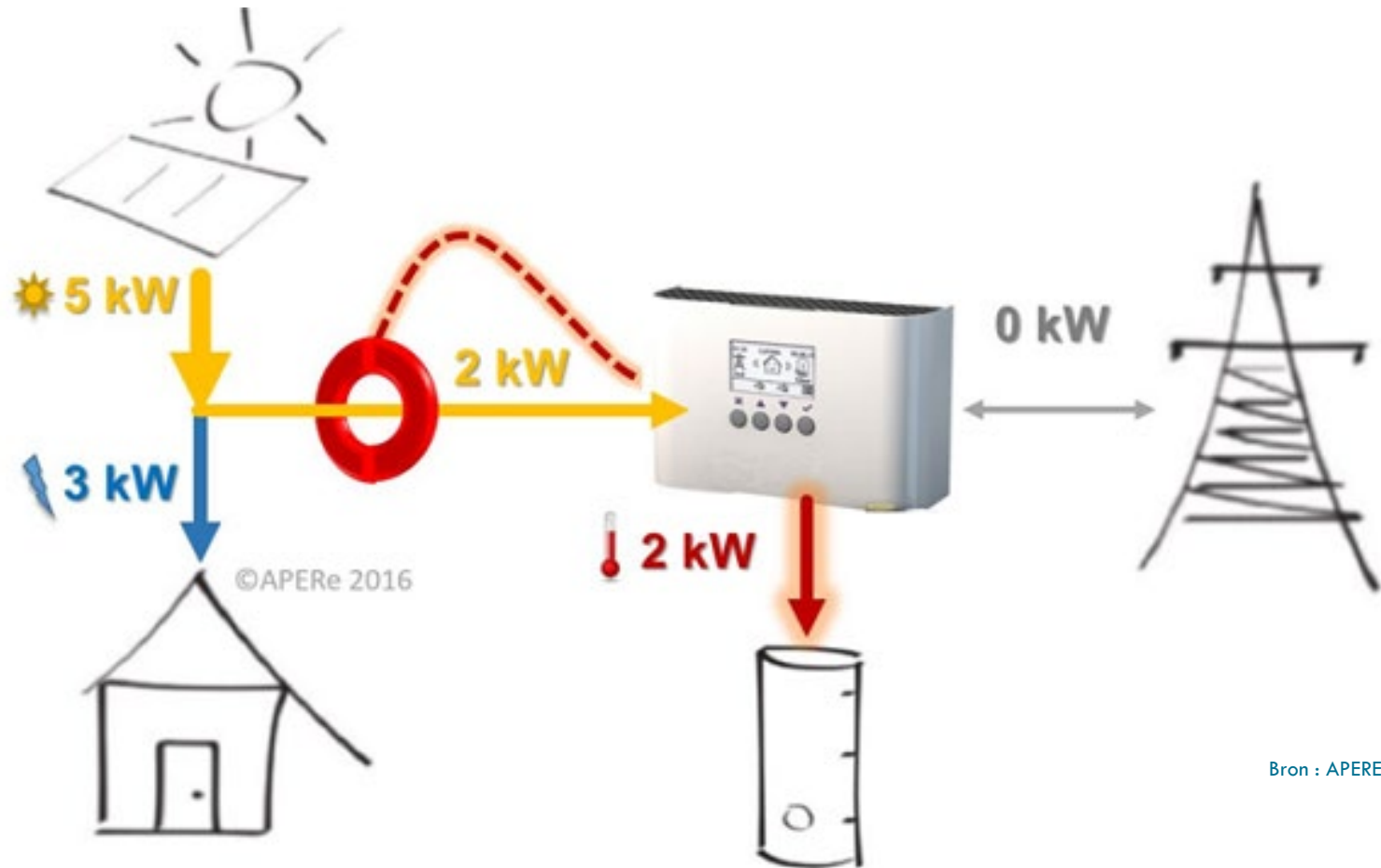
- ▶ Elektrolyserendement van het water = 40 %
- ▶ Opslag bij 350/700 bar of vloeibaar gemaakt bij $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ▶ Rendement brandstofcel = 50 %
- ▶ Huishoudelijk verbruik 1 dag = 10 kWh =
 - 1/3 kg
 - 16 dm³ bij 350 bar
- ▶ H₂-ready condenserende verwarmingsketel tot 30 % H₂

Algemene relevantie???
**Afstemming tussen beschikbaarheid
en behoefte???**



Technologie

- ▶ Automaat voor het beheer van de lading volgens de PV-productie
- ▶ PV Heater



Bron : APERE



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

ELEKTRICITEITSOPSLAG

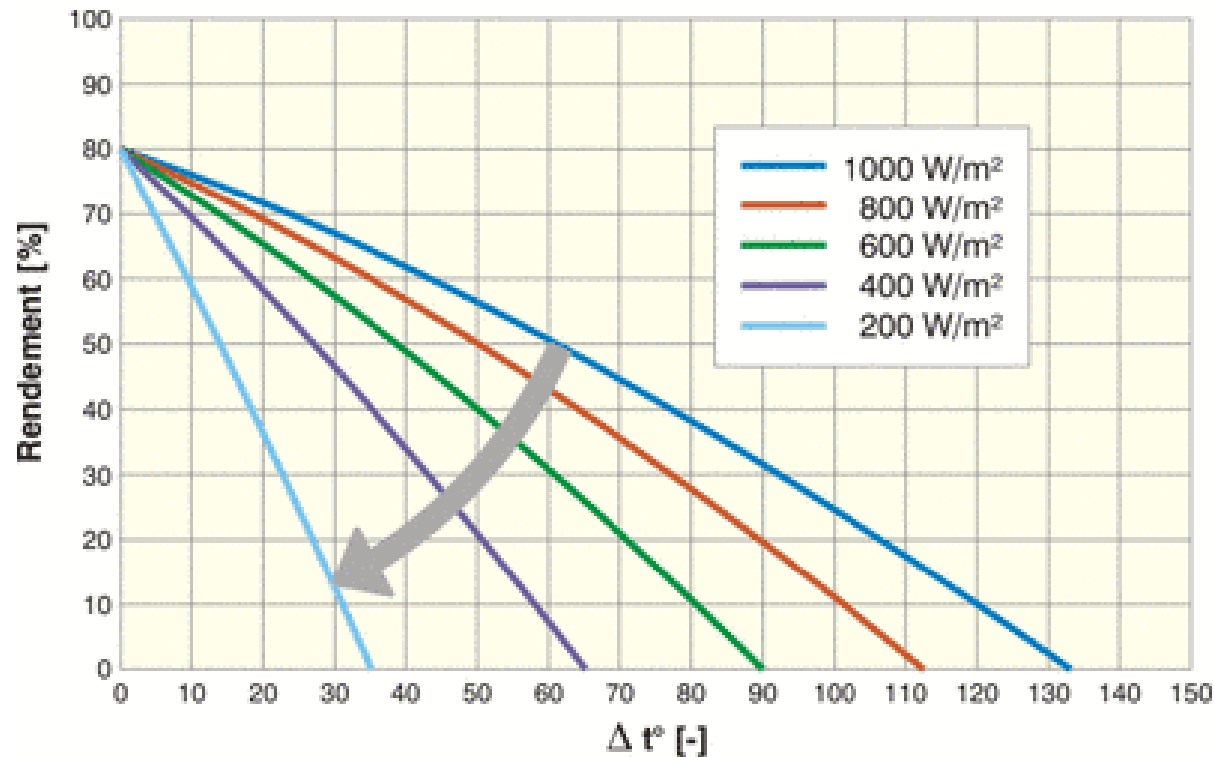
WARMTEPRODUCTIE

- ▶ **Thermische zonnepanelen**
- ▶ Biomassa
- ▶ Warmtepomp



Productie

- ▶ Sterke veranderlijkheid is minder problematisch dankzij opslag
- ▶ Rendement is sterk afhankelijk van de temperatuur en de zonnestraling (maar groter dan PV – 15 - 20 %)



Bron : ENERGIE+



Integratie

- ▶ Belangrijke rol van de geometrische eigenschappen (helling en oriëntatie)
- ▶ Relatieve nabijheid (netten beperken)

Obstakel

- ▶ Technisch beheer (productie kan nul of zelfs negatief zijn)

→ Technisch gebouw
Lage temperatuur



Capteur solaire SunDisc

Diamètre : 2,30 m

Résistant au gel

Poids à vide : ±53 kg

Poids en pleine charge : ±80kg

Puissance maximale : 2 840 W*

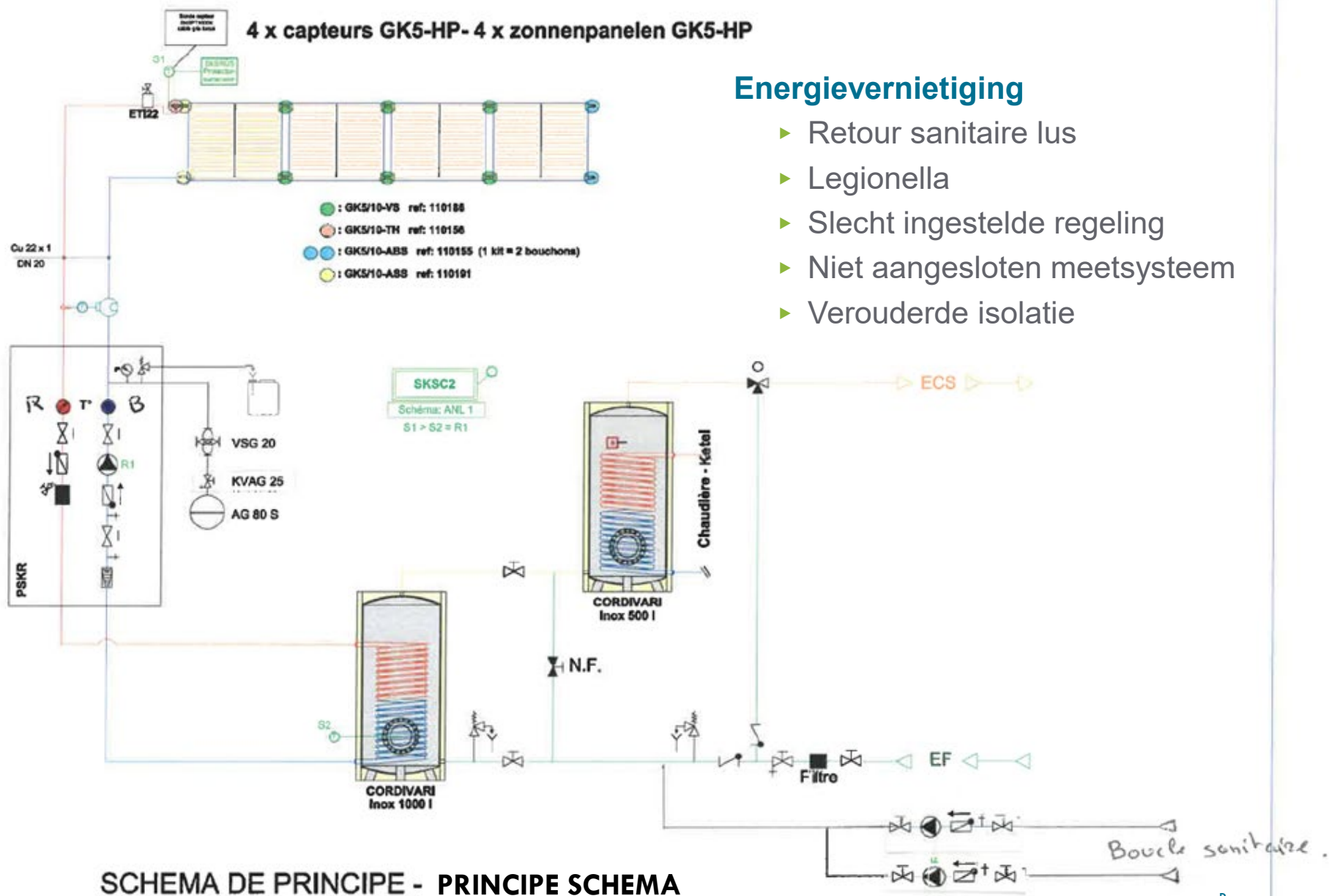
Période de garantie : 10 ans

*Selon le certificat UNI EN 12975-2 : 2006.

→ 685 W/m² (26/28/28)

Bron : LOTECE





Energievernietiging

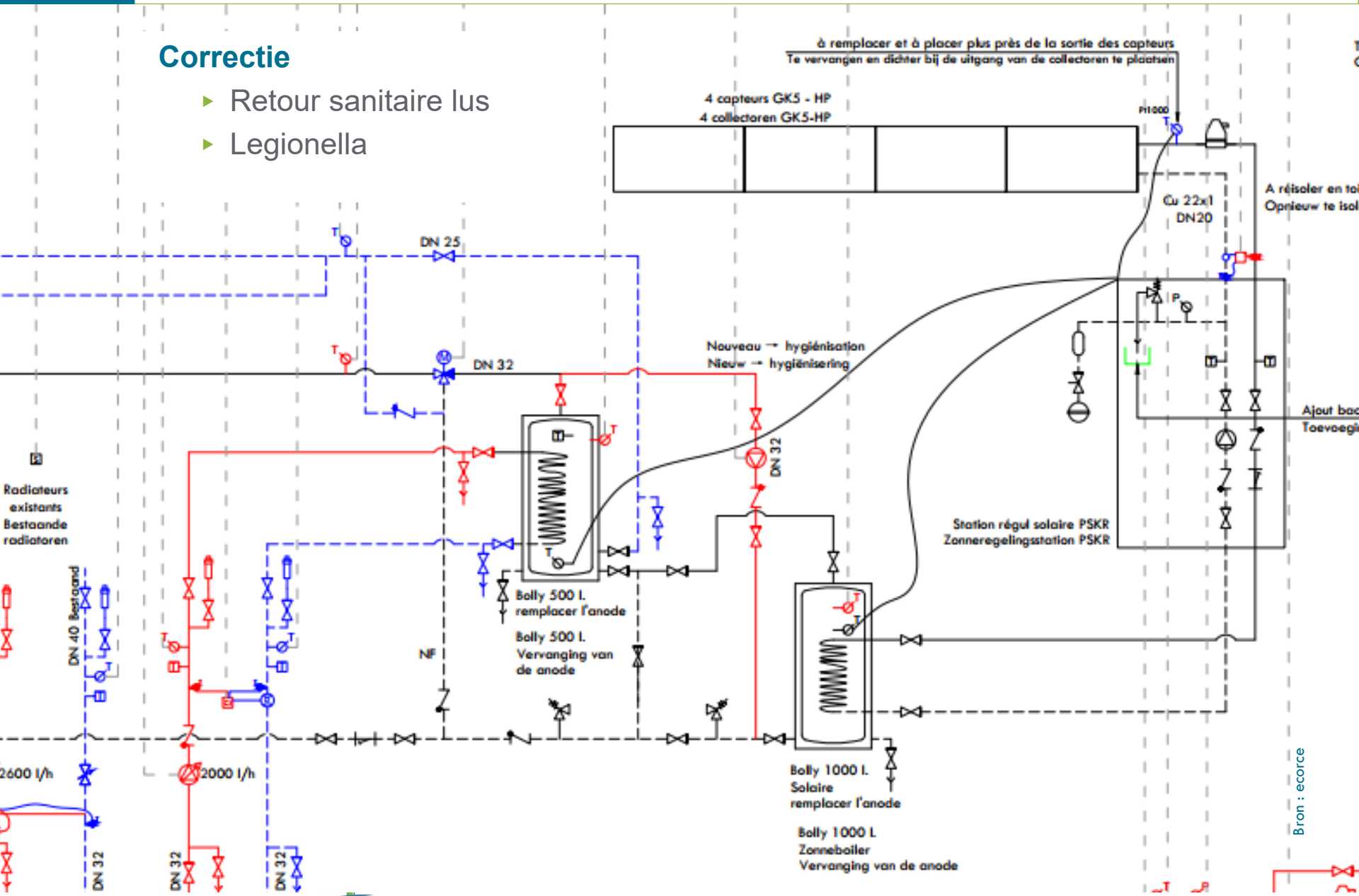
- ▶ Retour sanitaire lus
- ▶ Legionella
- ▶ Slecht ingestelde regeling
- ▶ Niet aangesloten meetsysteem
- ▶ Verouderde isolatie

THERMISCHE ZONNEPANELEN



Correctie

- Retour sanitaire lus
- Legionella



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

- ▶ Thermische zonnepanelen
- ▶ **Biomassa**
- ▶ Warmtepomp



Productie

- ▶ Fijnstofemissie (filters/...)
- ▶ Werkelijke balans van de brandstof en belang (productie en transport)
- ▶ Benodigde ruimte silo / boilers / verwarmingsketels
- ▶ Onderhoud
- ▶ Asafvoer



Bron : ecorce



Sankt Vith

- ▶ Beboste gemeente (41,5 % van het grondgebied) – 66 inw./km²
- ▶ Potentieel industriehout = 11.500 MWh/jaar
- ▶ Stookolieverbruik voor verwarming: 126.000 MWh/jaar



Bron : Google map



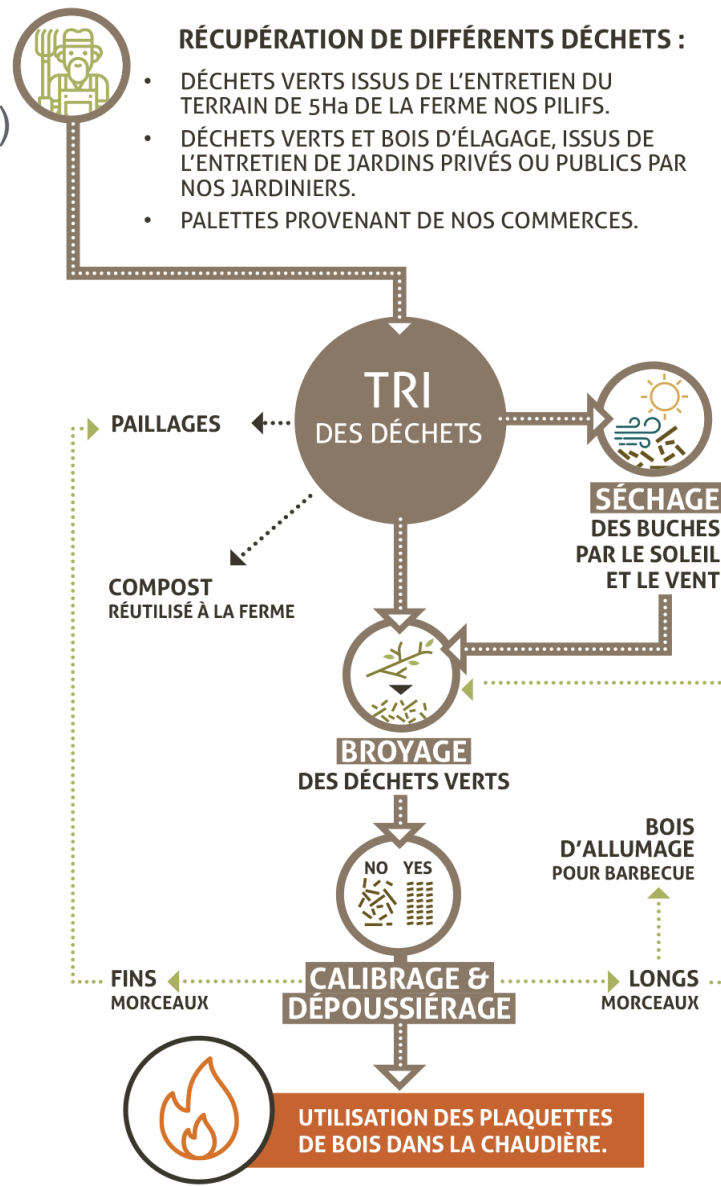
Ferme Nos Pilifs

- Verscheidene tonnen houtafval (onderhoud groene ruimten en snoeiwerken)
- MWB (**maatwerk**bedrijf)
- Bewustmakingstools

Stookruimte/-installatie

- 250 kW
- 400 m³ snippers/jaar
- Specifiek gebouw

TRANSFORMATION DES DÉCHETS



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

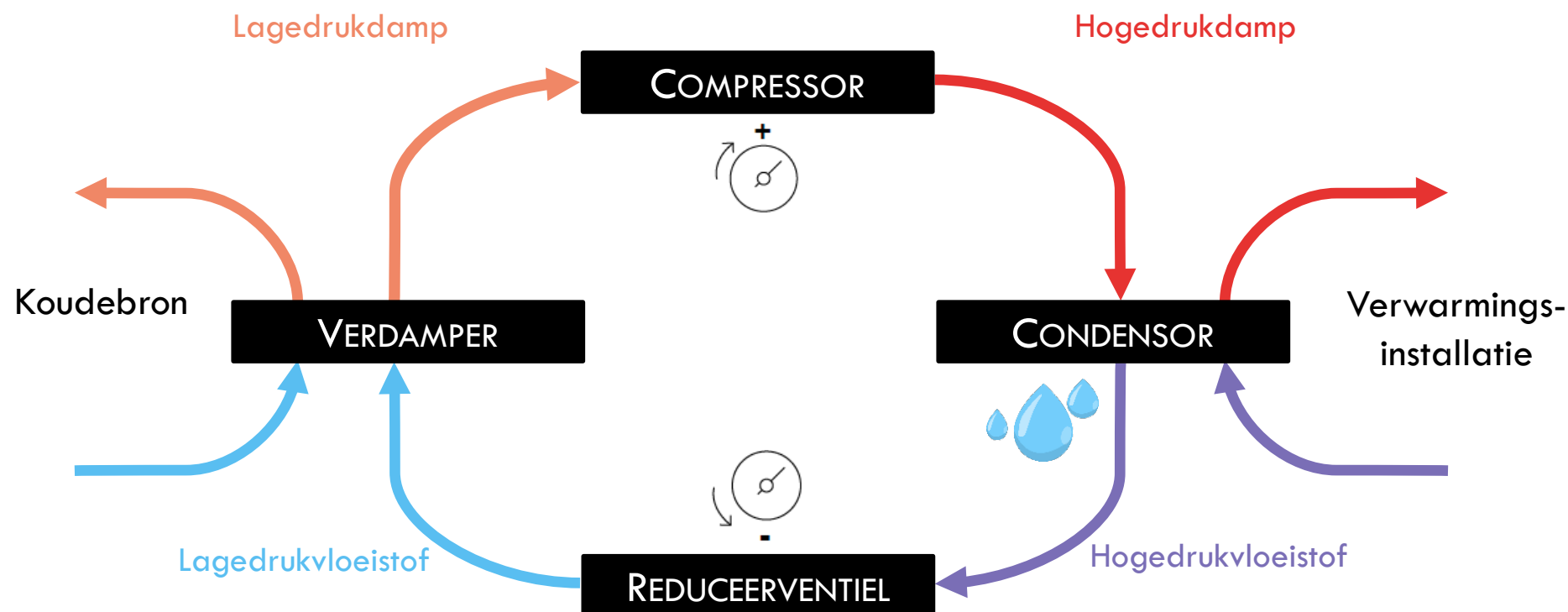
ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

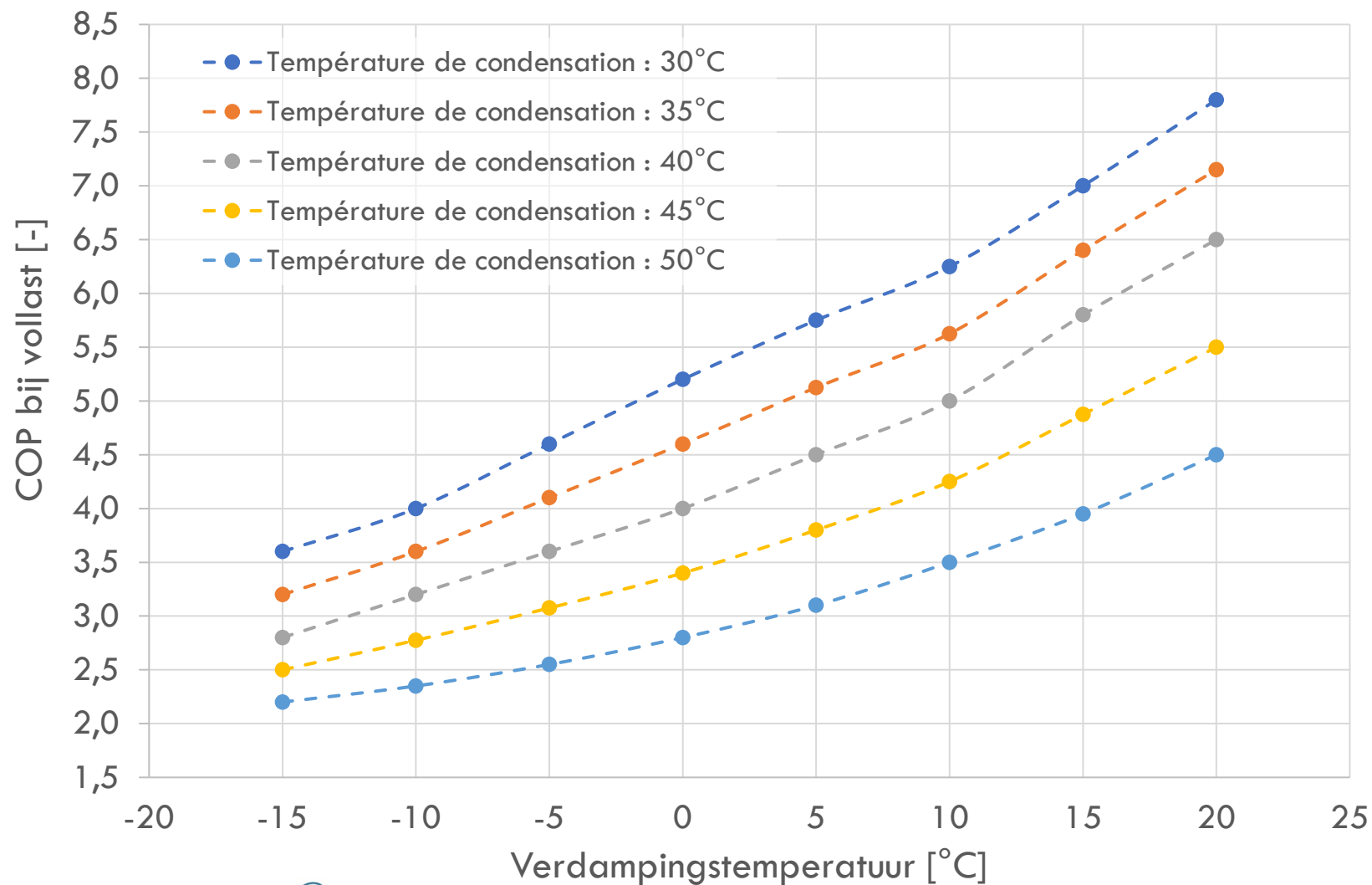
- ▶ Thermische zonnepanelen
- ▶ Biomassa
- ▶ **Warmtepomp**



Productie



Rendement



Aerothermische WP

Monoblokuitvoering



Bron: Aermec

Splituitvoering



Groot vermogen (200 kWth)

Bron: Aermec

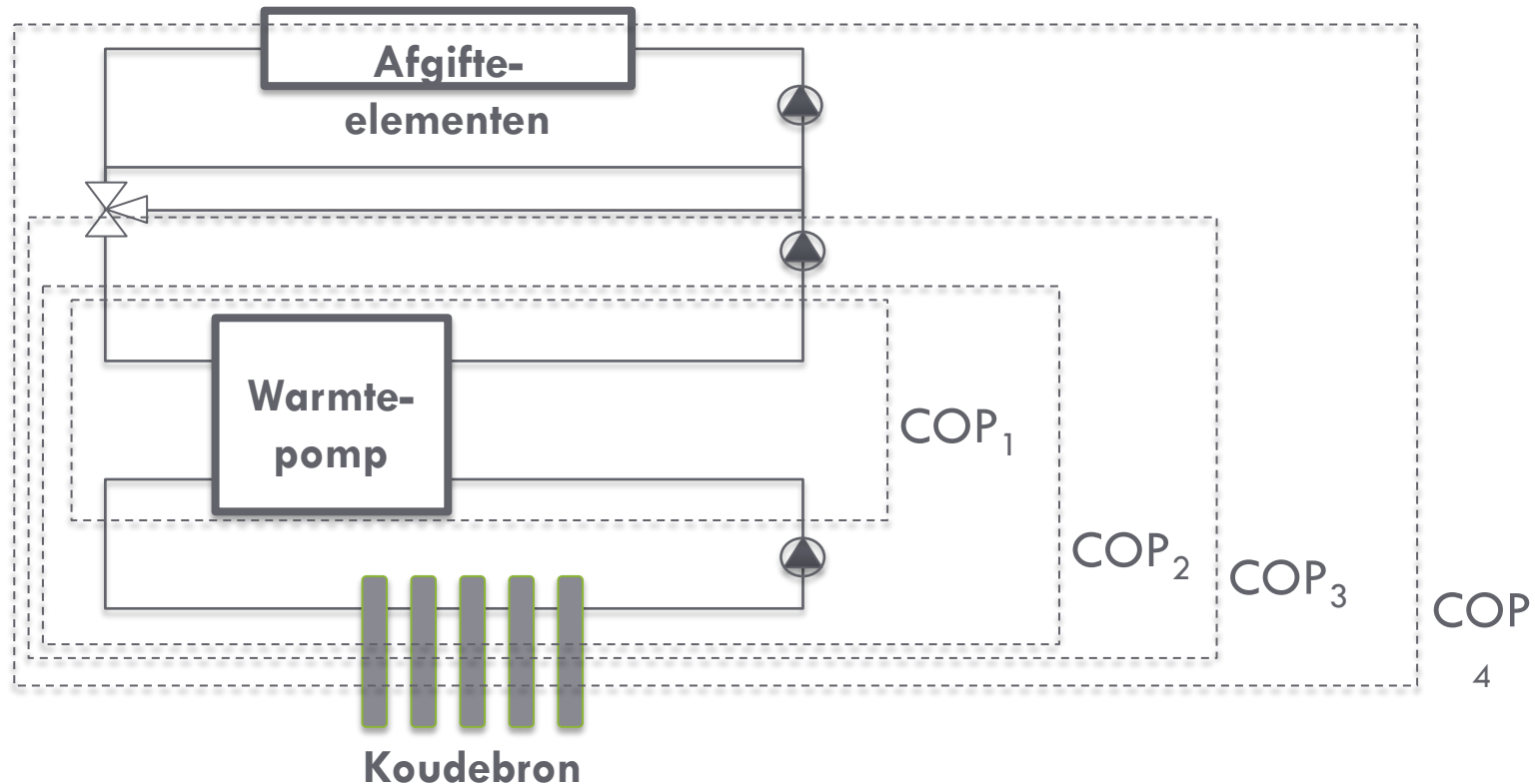


Bron: Aermec



Invloed van de regeling

- ▶ Optimale regeling afhankelijk van het systeemtype: gekozen configuratie koudebron + warmtepomp + warmtebron.
- ▶ Invloed van de regeling van de hulpapparatuur op de algemene jaarlijkse prestatie van de installatie



Koelgassen en klimaatopwarming

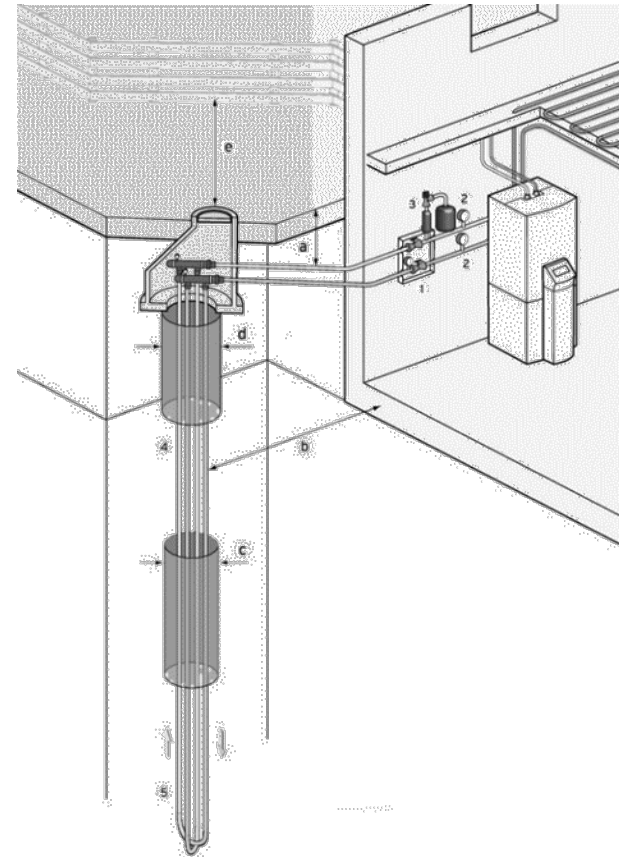
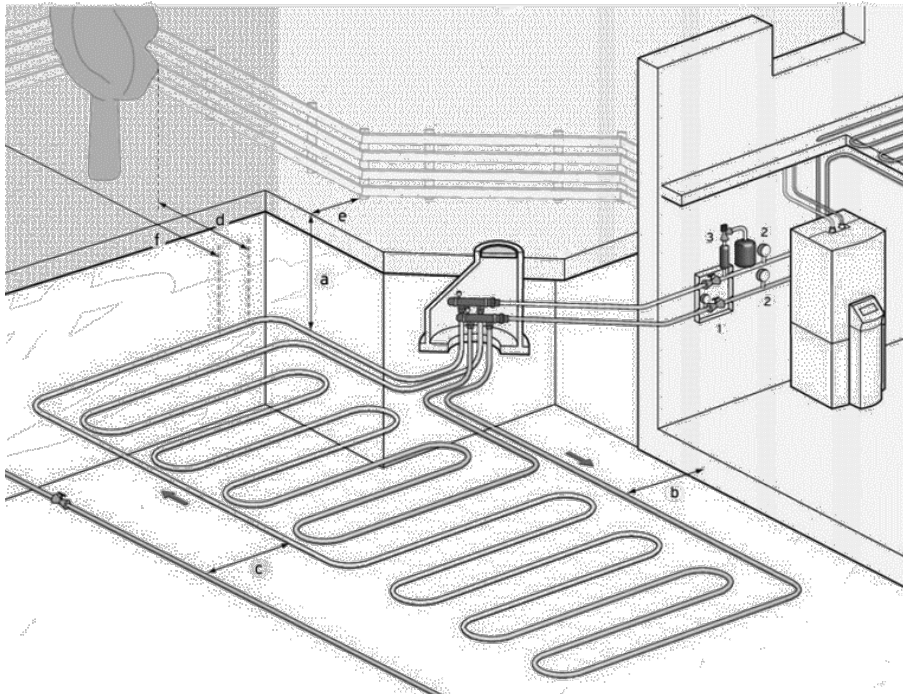
Gas		GWP ₁₀₀
HFK's	R410A	2100
	R-134a	1430
Propaan	R290	20
CO ₂	R744	1
Ammoniak	R717	0

Split 8 kW: 3,2 kg R410A
Verlies 30 %: 1 kg/jaar: 2.100 kg CO₂/jaar: 7.600 kWh
elektriciteit



Geothermische WP

- ▶ Stabielere en warmere koudebron
- ▶ Geocooling mogelijk



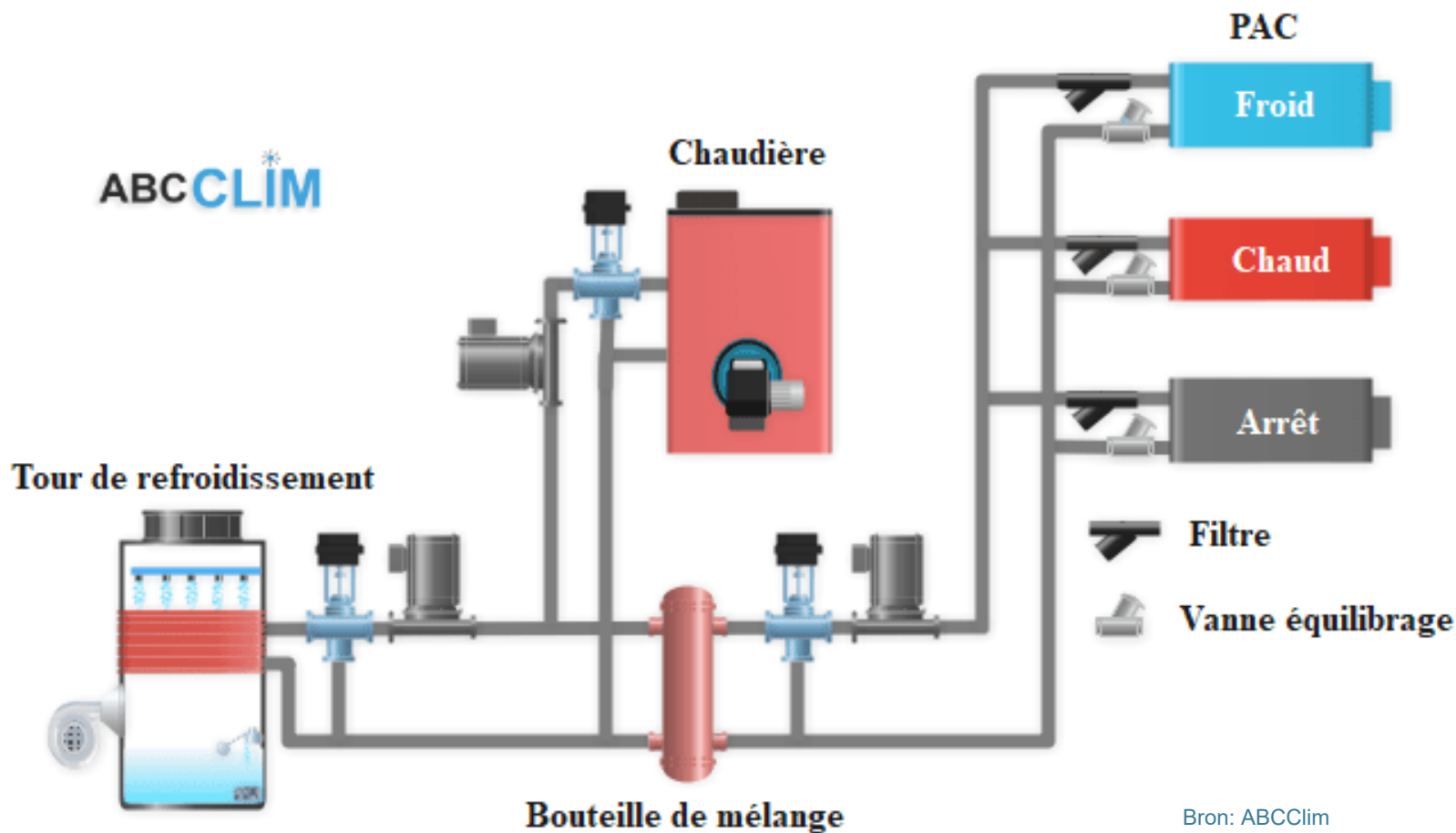
Bron: Vaillant



WARMTEPOMP

WP op lus

- ▶ Koudebron = warmtebron andere gebruiker
- ▶ Interessant bij gelijktijdige behoefte aan warmte en koude



Bron: ABCClim



WP riothermie

- ▶ VIVAQUA-project in Ukkel (administratief centrum Stallestraat)
- ▶ warmtewisselaars geïnstalleerd bij de renovatie van de riolering



Bron: ABCClim



De temperatuurregimes en de kwaliteit van de regeling maken het verschil tussen:

- ▶ quasi directe elektrische verwarming ($\text{SPF} < 1,5$)
- ▶ een hernieuwbare bron van warmte/koelte ($\text{SPF} > 4$)

Geproduceerde hernieuwbare energie: $\text{ERES} = Q_{\text{usable}} * (1 - 1/\text{SPF})$

**WP = HE-productiesysteem
indien $\text{SPF} > 2,36$**

SPF = seizoensprestatiefactor





- ▶ Een goed ontwerp vereist een goede beheersing van de behoeften
- ▶ Het voordeel van een HE-technologie is sterk afhankelijk van de werkingsvoorwaarden: er bestaat geen standaardoplossing





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema | Energie | [Groene stroom](#)
- ▶ Dossier | [Groene stroom produceren met fotovoltaïsche panelen en andere bronnen](#)
- ▶ Voorziening | [Elektriciteitsopslag](#)
- ▶ Voorziening | [Zonneboiler](#)
- ▶ Voorziening | [Warmtepomp](#)



Websites

- ▶ Zonnekaart van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
<https://geodata.leefmilieu.brussels/client/solar/>
- ▶ BRUGEL - Mechanisme van de groenestroomcertificaten
https://www.brugel.brussels/nl_BE/themes/hernieuwbare-energie-11/mechanisme-van-de-gsc-35
- ▶ Financiële fotovoltaïsche simulator voor particulieren in Brussel
<http://sifpv-bxl.apere.org/>





Studies

- ▶ Windpotentieel in het BHG: studie uit 2014 van VUB-3^E

https://app.bruxellesenvironnement.be/newsletter/Docs/RAP_20140331_eindrapport_final.pdf



Opleiding

- ▶ Opleidingen Duurzame Gebouwen

<https://leefmilieu.brussels/themas/gebouwen-en-energie/specialiseren-duurzaam-bouwen/opleidingen/verslagen-en-notas-van-de-opleidingen-2018>



David PLUNUS

Projectingenieur

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

