

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

REGELING VAN GEBOUWEN

LENTE 2025

Energieaudit en regeling van gebouwen

Een weg naar de optimalisatie van de bestaande systemen

Christophe HICK



- ▶ Bewustmaken van het belang van de analyse en optimalisatie van de werking van de bestaande installaties:
 - Analyses bij bezoeken ter plaatse
 - Werking op **moment M**
 - Analyses via GTB
 - **Historische continue** werking
- ▶ Enkele voorbeelden geven van geïdentificeerde werkingsstoringen en van **mogelijke werken** ⇔ **Getuigenis over ervaringen**
 - De geïdentificeerde werken zijn niet noodzakelijk diegene waardoor een optimale werking kan worden verkregen. **Er zijn verscheidene oplossingen mogelijk!**
- ▶ Illustreren van de besparingen die door deze verschillende werken worden gegenereerd - energieopvolging



INLEIDING

- ▶ **Voorstelling van het bureau Greisch**
- ▶ Reglementaire context

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken
- ▶ Energieopvolging en gegenereerde besparingen

CONCLUSIE EN V&A



INLEIDING

- ▶ Voorstelling van het bureau Greisch
- ▶ **Reglementaire context**

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken
- ▶ Energieopvolging en gegenereerde besparingen

CONCLUSIE EN V&A



8 CONTEXT – NIEUWE EPB-RICHTLIJN

De nieuwe EPB-richtlijn inzake de energieprestatie van gebouwen (24/04/2024) ... **voorzien**e verplichtingen voor de periode 2025...2030

In geval van een **nieuwe** installatie, **vervanging** en/of **modernisering** van een **technisch** bouwsysteem

Nieuwe verplichtingen:

- ▶ 2026: hydraulische balancerings
- ▶ 2028...2030: automatisering van de sturing van de verlichting;
- ▶ De implementatie van een systeem voor automatisering en controle/sturing zal verplicht zijn voor technische bouwsystemen:
 - Vanaf 2025 voor grote tertiaire gebouwen (> 270 kW);
 - Vanaf 2030 voor de andere (> 70 kWth).

**Commissioning****Systeem voor automatisering en controle/sturing**

- ▶ Automatische controle/sturing;
- ▶ Opvolgen, registreren, analyseren en aanpassen,
- ▶ Het verbruik en de kwaliteit van de binnenomgeving
- ▶ Opsporen en waarschuwen

**Monitoring & Commissioning**

Waarom een installatie regelen?

Potentiële winst op **HVAC**-vlak overeenkomstig het type gebouw.

- Bron: NBN EN 15232

Types de bâtiments non résidentiels	Facteurs d'efficacité de BAC globaux $f_{BAC,th}$			
	D	C (Référence)	B	A
	Faible efficacité énergétique	Standard	Avancée	Performance énergétique élevée
Bureaux	1,51	1	0,80	0,70
Amphithéâtres	1,24	1	0,75	0,5 ^a
Bâtiments réservés à l'enseignement (écoles)	1,20	1	0,88	0,80
Hôpitaux	1,31	1	0,91	0,86
Hôtels	1,31	1	0,85	0,68
Restaurants	1,23	1	0,77	0,68
Bâtiments abritant des services de vente en grandes et petites surfaces	1,56	1	0,73	0,6 ^a
Autres types: - installations sportives; - stockage; - bâtiments industriels; - etc.		1		

^a Ces valeurs dépendent fortement de la demande de chauffe

Tableau 9 — Facteurs d'efficacité du système de GTB $f_{BAC,HC}$ – Bâtiments résidentiels

Types de bâtiments résidentiels	Facteurs d'efficacité de la GTB $f_{BAC,HC}$			
	D	C (Référence)	B	A
	Faible efficacité énergétique	Normaux	Améliorés	Performance énergétique élevée
Habitations individuelles Immeubles d'appartements Autres bâtiments résidentiels	1,10	1	0,88	0,81



Waarom een installatie regelen?

Potentiële winst op **elektriciteits**vlak overeenkomstig het type gebouw.

- Bron: NBN EN 15232

Tableau 10 — Facteurs d'efficacité du système de GTB $f_{BAC,el}$ – Bâtiments non résidentiels

Types de bâtiments non résidentiels	Facteurs d'efficacité de la GTB $f_{BAC,el}$			
	D	C (Référence)	B	A
	Faible performance énergétique	Normaux	Améliorés	Performance énergétique élevée
Bureaux	1,10	1	0,93	0,87
Amphithéâtre	1,06	1	0,94	0,89
Bâtiments réservés à l'enseignement (écoles)	1,07	1	0,93	0,86
Hôpitaux	1,05	1	0,98	0,96
Hôtels	1,07	1	0,95	0,90
Restaurants	1,04	1	0,96	0,92
Bâtiments abritant des services de vente en grandes et en petites surfaces	1,08	1	0,95	0,91
Autres : - installations sportives - stockage - bâtiments industriels - etc.				

Tableau 11 — Facteurs d'efficacité du système de GTB $f_{BAC,el}$ – Bâtiments résidentiels

Types de bâtiments résidentiels	Facteurs d'efficacité de la GTB $f_{BAC,el}$			
	D	C (Référence)	B	A
	Faible performance énergétique	Normaux	Améliorés	Performance énergétique élevée
Habitations individuelles Immeubles d'appartements Autres bâtiments résidentiels	1,08	1	0,93	0,92



INLEIDING

- ▶ Voorstelling van het bureau Greisch
- ▶ Reglementaire context

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ **Algemene voorstelling**
- ▶ Analyse en voorgestelde werken

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken
- ▶ Energieopvolging en gegenereerde besparingen

CONCLUSIE EN V&A

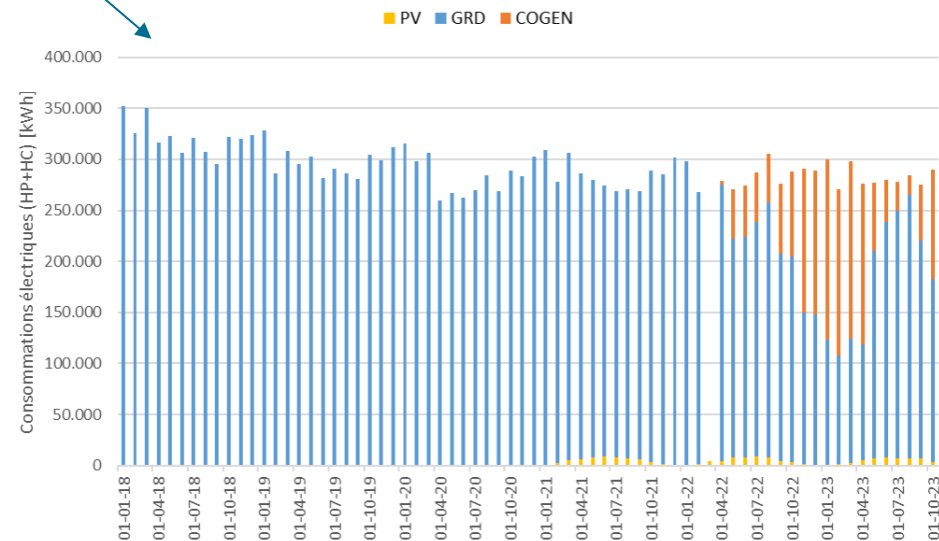


Site nr. 1 – Ziekenhuis

Kenmerken van het gebouw:

- ▶ 26.000 m² verwarmde oppervlakte, 96.000 m³
- ▶ Bestemming van het gebouw – Ziekenhuis en kantoren

	Behoeften	Verbruik (DNB)
Gas	2.700 MWh	5.000 MWh
Stookolie	43 MWh	43 MWh
Elektriciteit	3.400 MWh	2.100 MWh



Opdracht:

- ▶ Energieaudit in het kader van een renovatieplan

Kenmerken van de bestudeerde site

- ▶ Bouwperiode gaande van het einde van de 19e eeuw tot het begin van de 21e ⇔ mix van verscheidene productie- en emissietechnologieën.

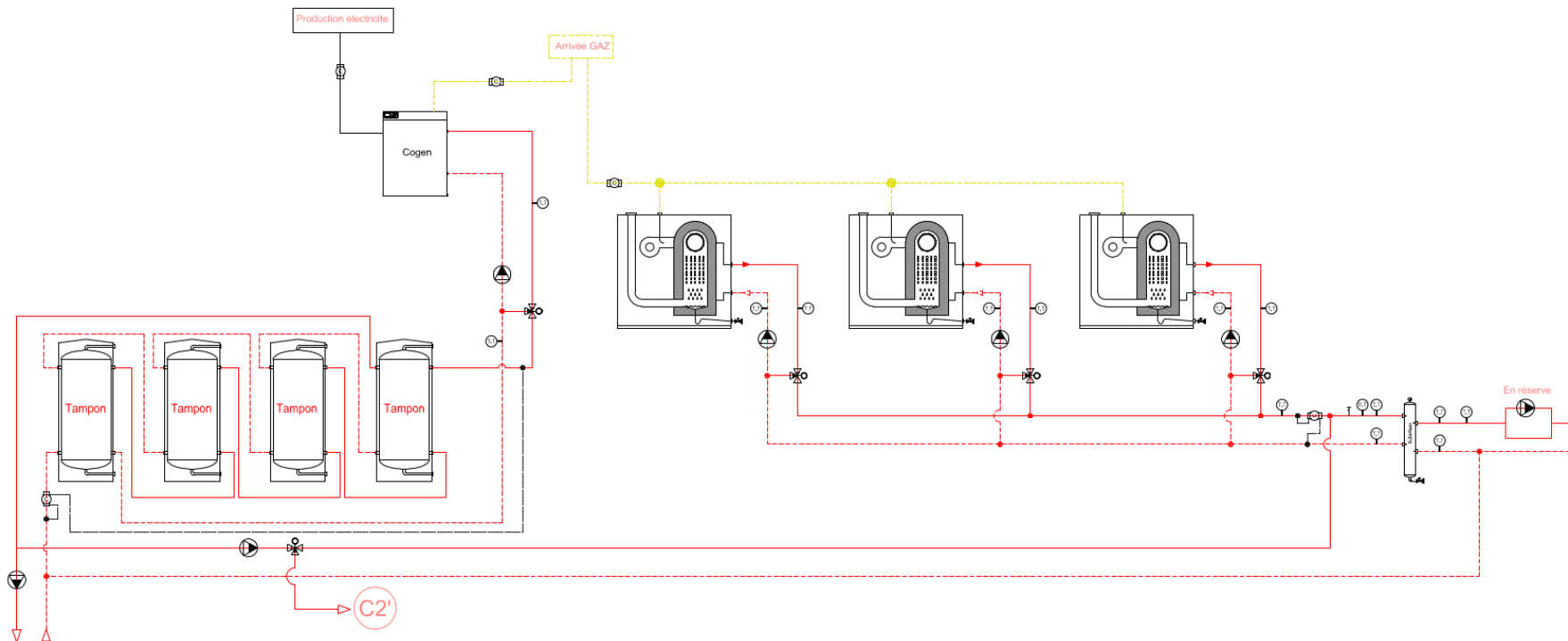
⇒ **Deze systemen moeten samen kunnen werken!**

Technieken van het gebouw:

- ▶ Gecentraliseerde productie voor verwarming en SWW:
 - WKK op **gas** $390 \text{ kW}_{\text{th}}$ & $260 \text{ kW}_{\text{el}}$ (opslag van $4 * 5.000 \text{ l}$)
 - 3 **gasgestookte** condenserende verwarmingsketels - Totaal van 3.450 kW
- ▶ Gedecentraliseerde productie voor een deel van het SWW:
 - Een **stookoliegestookte** verwarmingsketel (alleen SWW)
- ▶ Koude - verscheidene koelgroepen
- ▶ Ventilatie – LBC met/zonder warmte-/koudebatterij
- ▶ Medische fluïda



NDB – Principeschema's



Bijzonderheid:

- De WKK-opslag voedt de hoofdcollector en ook rechtstreeks het SWW-vertrek



INLEIDING

- ▶ Voorstelling van het bureau Greisch
- ▶ Reglementaire context

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ **Analyse en voorgestelde werken**

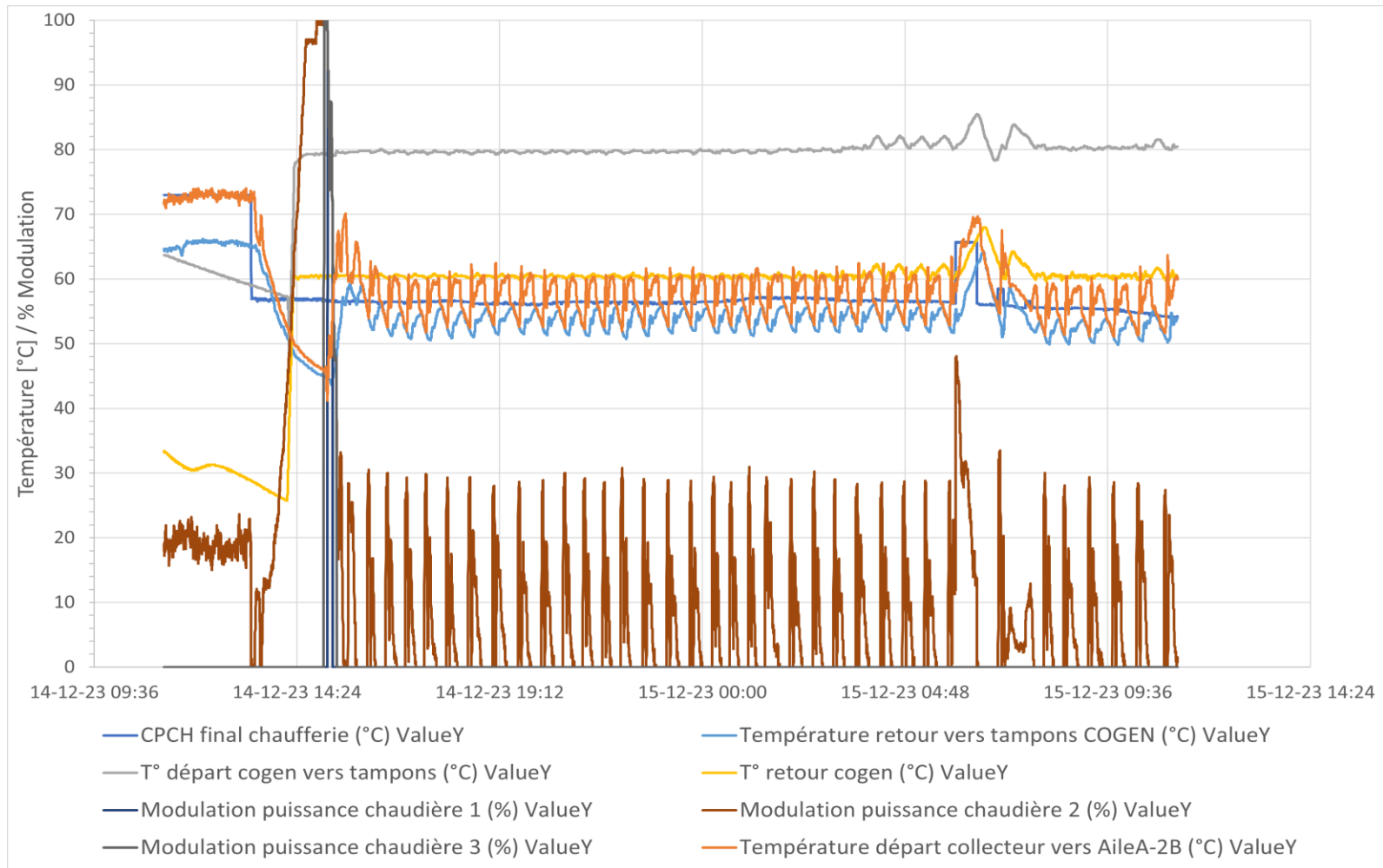
GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken
- ▶ Energieopvolging en gegenereerde besparingen

CONCLUSIE EN V&A



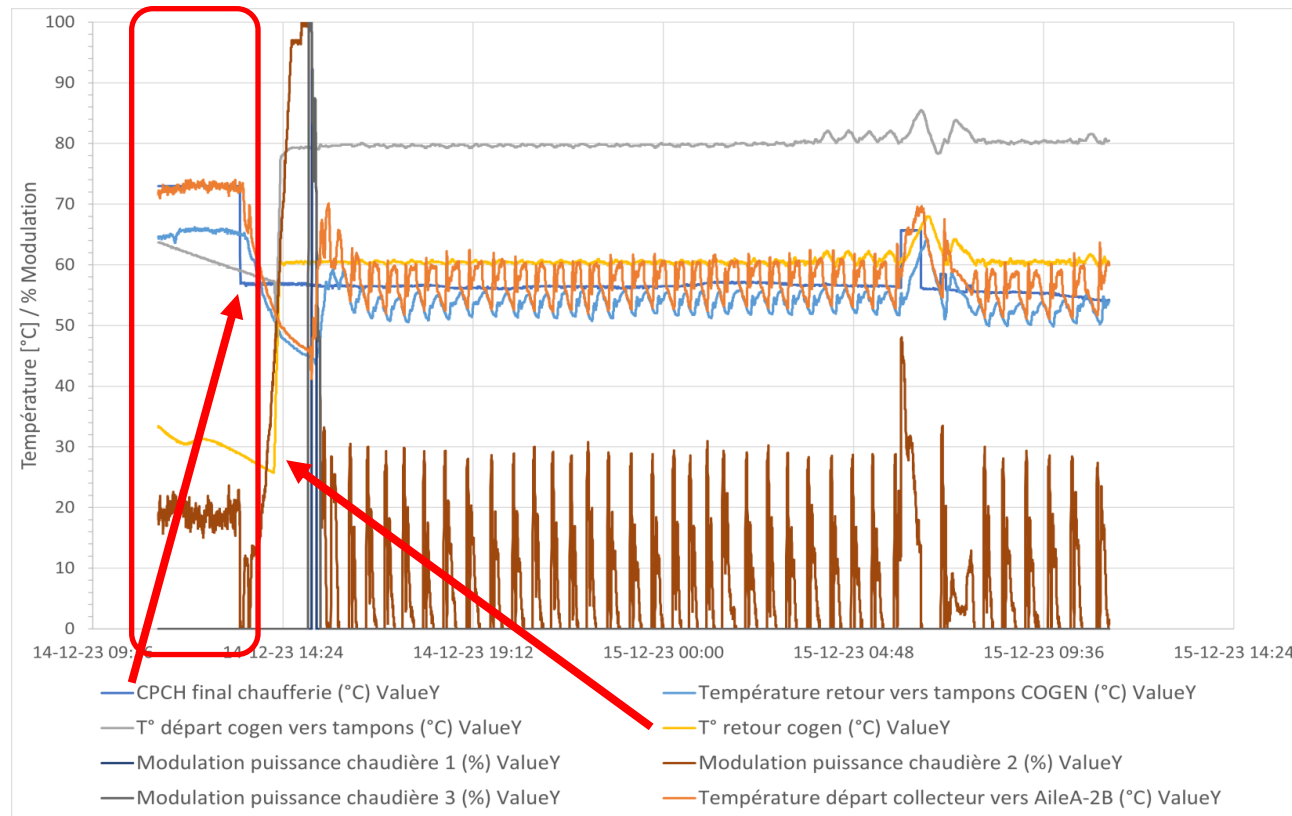
Werking van de warmtekrachtkoppeling en van de gasgestookte verwarmingsketels



Werking van de warmtekrachtkoppeling en van de gasgestookte verwarmingsketels

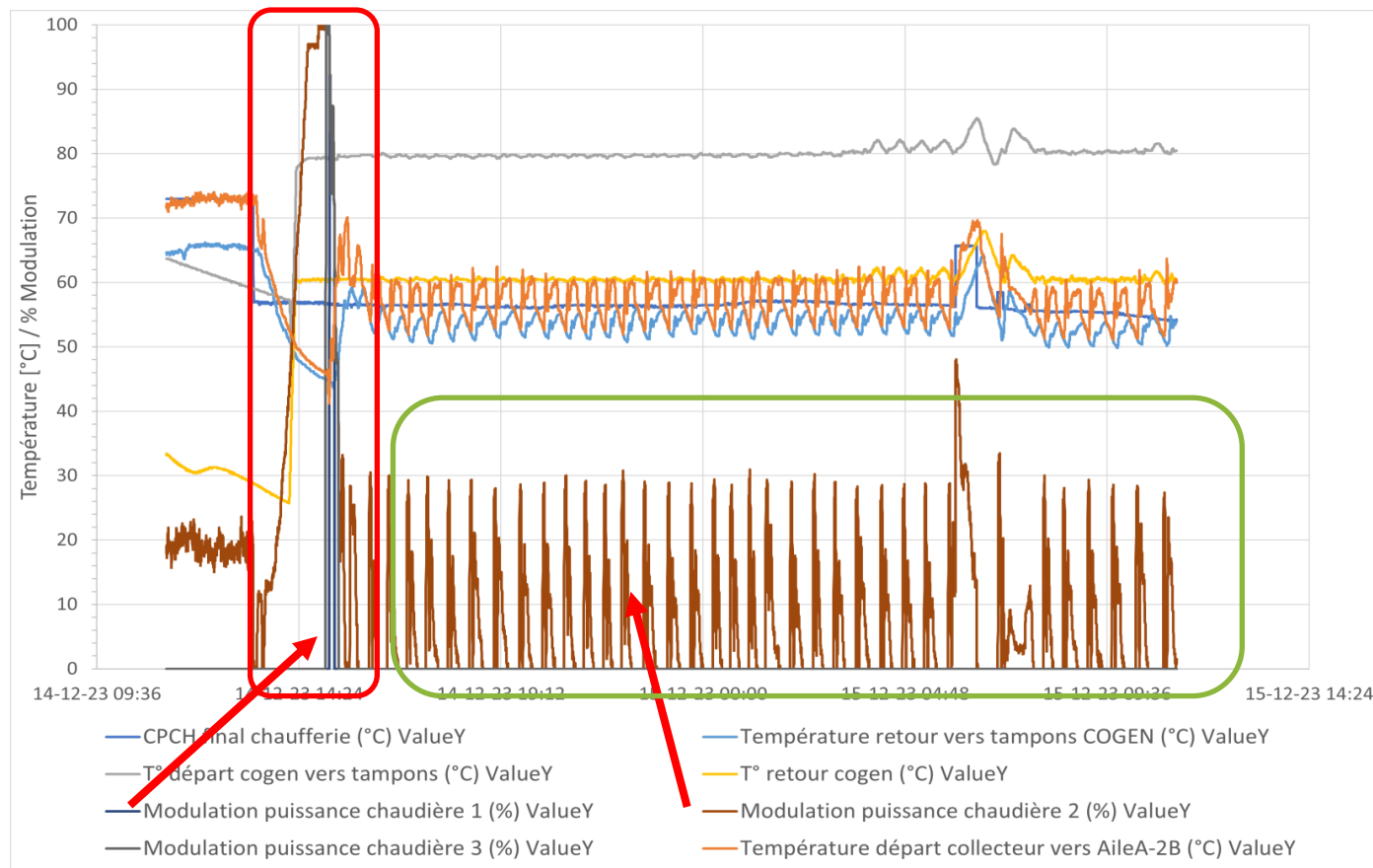
- Prioriteit verwarmingsketel/WKK wordt niet gerespecteerd

⇒ De regeling analyseren om de oorzaken van het stilvallen van de WKK te identificeren



Werking van de warmtekrachtkoppeling en van de gasgestookte verwarmingsketels

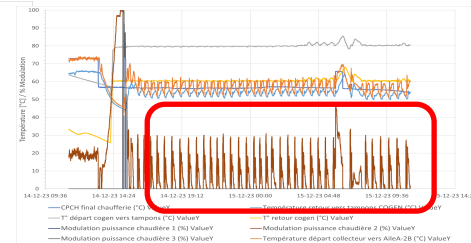
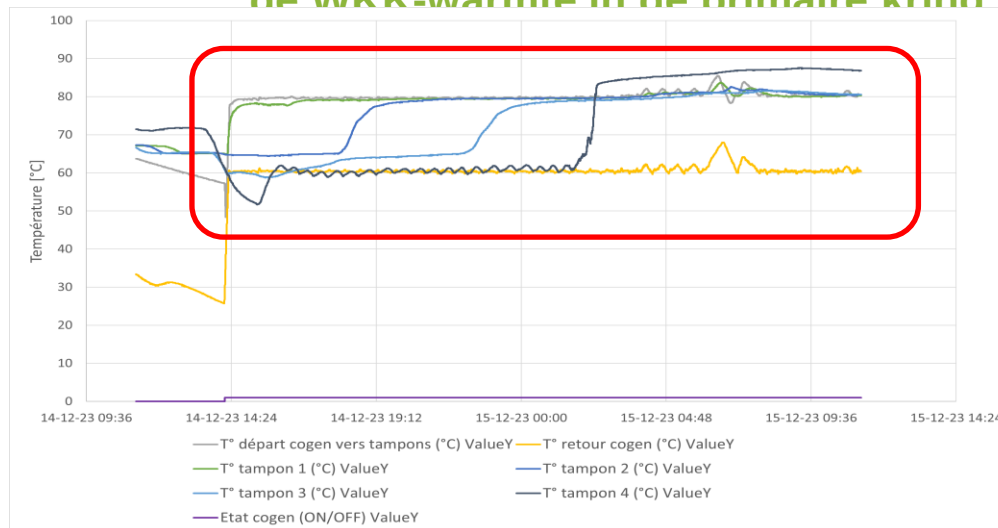
- De drie verwarmingsketels worden ingeschakeld bij de herinschakeling ... maar vallen na enkele minuten stil!!



Werking van de warmtekrachtkoppeling en van de gasgestookte verwarmingsketels

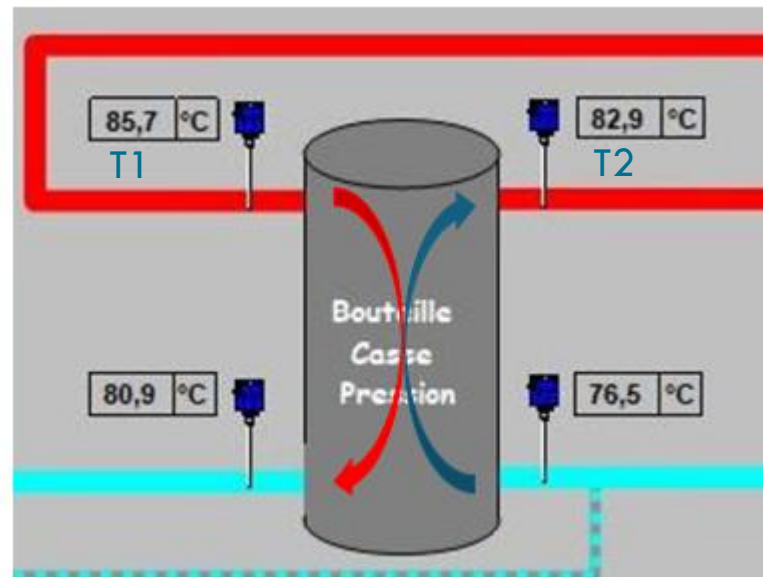
- ▶ Relevantie van de inschakeling van de verwarmingsketels en van de ON/OFF-werking van de gasgestookte verwarmingsketel?
 - Er was warmte beschikbaar en de temperatuur was toereikend (> instelwaarde)
- ▶ ⇔ **Deze energie had gebruikt kunnen worden ...** Maar het debiet was ontoereikend.

⇒ **Verbeteringspistes – Prioriteit geven aan het injecteren van de WKK-warmte in de primaire kring**



Evenwichtsfles

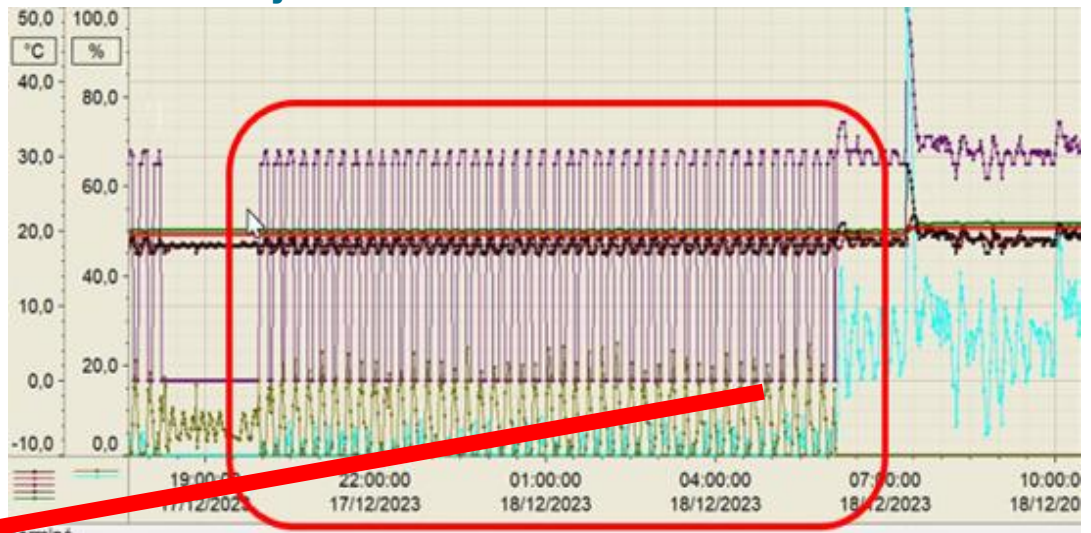
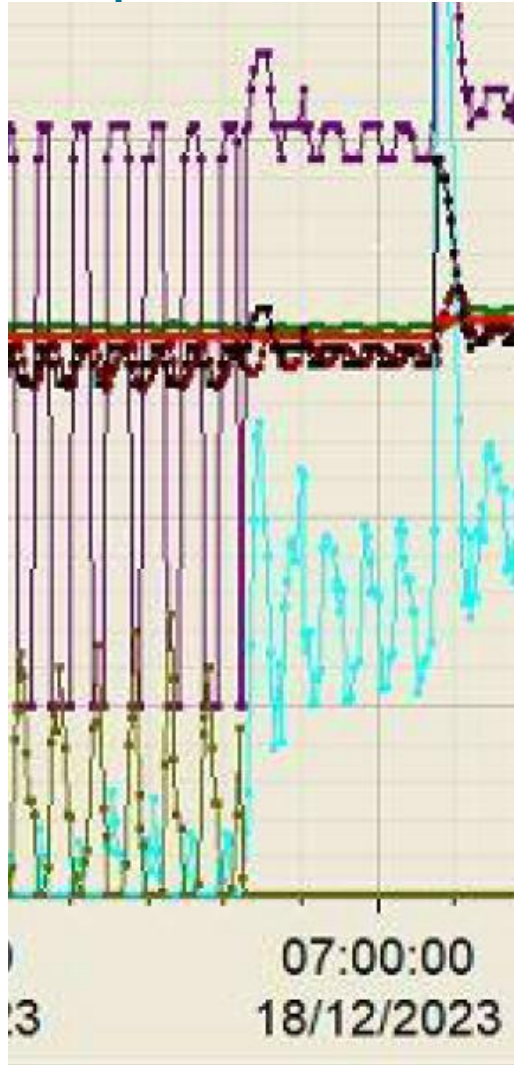
- ▶ Er wordt een interne recirculatie vastgesteld.



- ⇔ De productiesystemen recupereren warm water en moeten met een hogere temperatuur werken.
 - ⇒ **Verbeteringspistes – Het zou ideaal zijn als de debieten gemoduleerd zouden kunnen worden (om een kleine recirculatie te behouden aan de koude kant, bijvoorbeeld $T2 = T1 - 1^\circ\text{C}$)**



PG operatiekamer - Warmte-/koudebatterij



- De 3-wegklep van de warmtebatterij (in het groen) en die van de koudebatterij openen afwisselend (in het blauw) => **Energievernietiging**

⇒ **Verbeteringspistes – Indien mogelijk temperatuurhysterese vergroten/toevoegen.**

- Andere kleurcode: zachtpaars = CPCH PG & purper/rood = CPCP tmp



PG operatiekamer - Reductie van de debieten

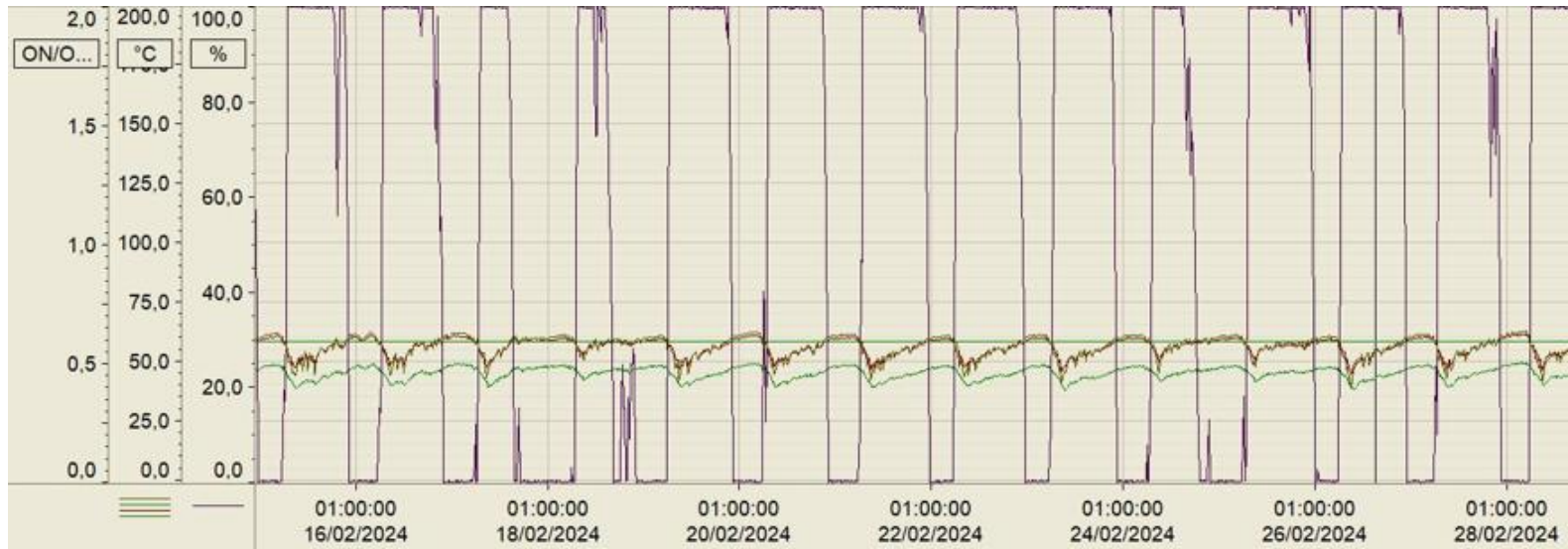


- ▶ De regelaars van PG en EG moduleren tussen 30 % en 45/75 %.
- ▶ De modulatie van de regelaars van de PG en EG laat toe het elektriciteits- en het warmteverbruik te verminderen.
- ▶ Reductie van de debieten **'s nachts en tijdens het weekend**
 - Regeling niet relevant voor dit specifieke geval.

⇒ **Indien gewenst een verminderd regime voorzien via reservering / drukknop / ...**



Boiler en SWW-lus



- ▶ Kleurcode:
 - Zachtpaars – Stand 3-wegklep
 - Bruin/groen – Vertrektemperatuur/retourtemperatuur SWW-lus
- ▶ Vaststelling:
 - Vertrektemperatuur (/boiler) << instelwaarde.
 - Zeer lage retourtemperatuur.
 - ⇔ Gebrek aan vermogen.



3-wegklep niet gesloten?



- ▶ Kleurcode:
 - Zachtpaars – modulatie 3-wegklep
 - Groen - ON/OFF van de vraag
 - Rood - vertrektemperatuur verwarmingskring
- ▶ Vaststellingen:
 - De 3-wegklep lijkt water door te laten
 - Tmp_vertrek >> Instelwaarde.



Identificatie en beheer van de vertrektemperatuur

Vaststellingen:

- ▶ Het verbruik hangt samen met sterk verschillende behoeften:

- Hoge temperatuur (+/- 85 °C):

SWW-productie & radiatoren (gebouw uit 19^e eeuw)

- Gemiddelde temperatuur:

Ventilatie

- Lage temperatuur (+/- 40 °C)

De kringen die de recente gebouwen voeden

- ▶ Het geheel van de verbruikers is op **dezelfde hoofdcollector** aangesloten.
- ▶ Weinig 3-wegkleppen en hoofdzakelijk circulatiepompen met 3 snelheden
=> **belangrijke bypass van de verbruikers** (SWW-boiler, PG, ...).

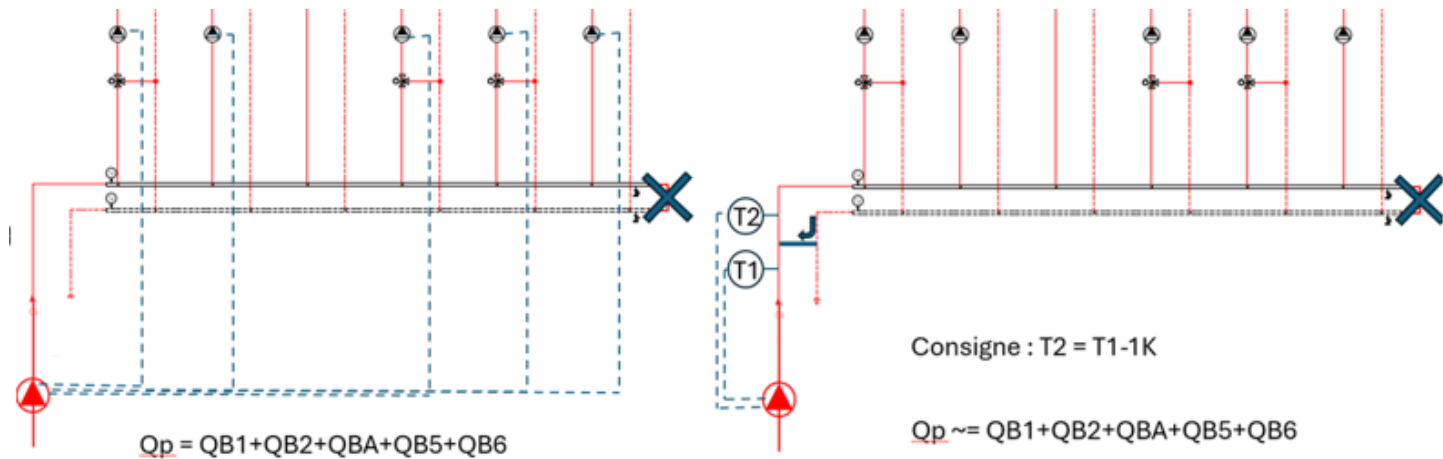


Identificatie en beheer van de vertrektemperatuur

⇒ **Verbeteringspistes – Creatie van een HT- en LT-collector.**

*Reductie van de temperaturen,
HT-retour gebruikt als LT-vertrek,
LT-retour zou vaker condenseren mogelijk maken.*

⇒ **Verbeteringspistes – De circulatiepompen vervangen en de collector aanpassen. Bijvoorbeeld:**



INLEIDING

- ▶ Voorstelling van het bureau Greisch
- ▶ Reglementaire context

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken

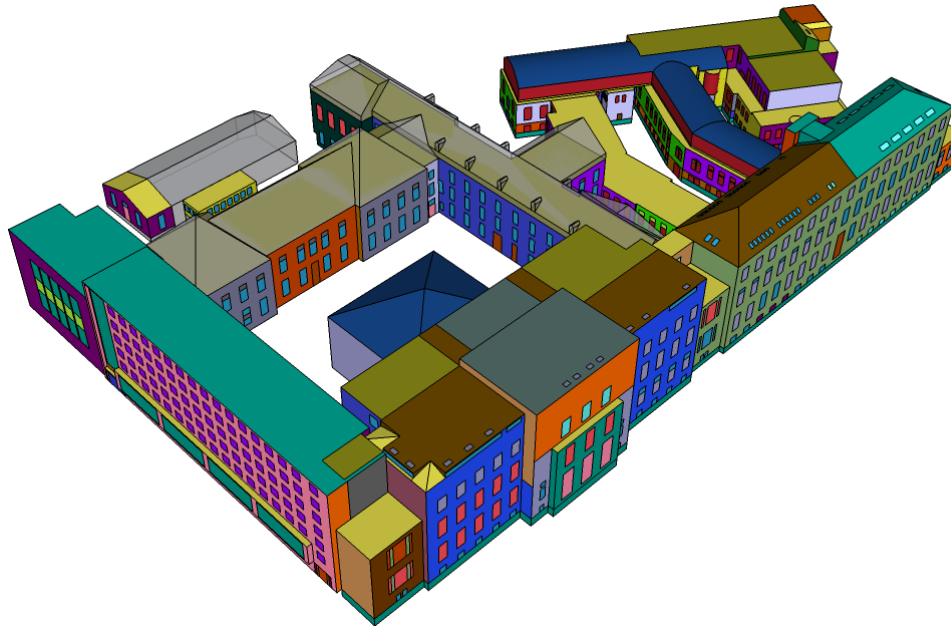
GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ **Algemene voorstelling**
- ▶ Analyse en voorgestelde werken
- ▶ IPMVP-protocol
- ▶ Energieopvolging en gegenereerde besparingen

CONCLUSIE EN V&A



Site nr. 2 – Onderwijsinrichting



Kenmerken van het gebouw:

- ▶ 42.100 m²
- ▶ Bestemming van het gebouw - Hoger onderwijs & kantoren
- ▶ Energieverbruik
 - Gas - 3.000 MWh vóór de werken
 - Elektriciteit - 1.100 MWh



INLEIDING

- ▶ Voorstelling van het bureau Greisch
- ▶ Reglementaire context

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ **Analyse en voorgestelde werken**
- ▶ IPMVP-protocol
- ▶ Energieopvolging en gegenereerde besparingen

CONCLUSIE EN V&A



Opdracht:

- ▶ Audit van de stookruimte en renovatie van deze laatste
- ▶ Energieaudit van de site (audit van het gebouw en van de gerenoveerde stookruimte)
- ▶ Energieopvolging

Bijzonderheden van de bestudeerde site

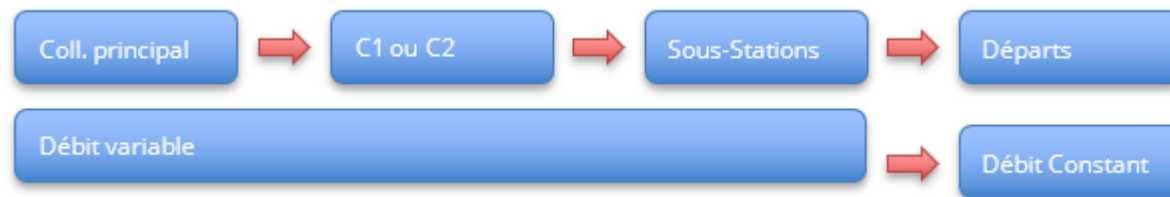
Technieken van het gebouw:

- ▶ Gecentraliseerde productie voor de verwarming:
 - Historisch 3 verwarmingsketels
 - Momenteel twee **gasgestookte** condenserende verwarmingsketels - Totaal van 2.700 kW
- ▶ Ventilatie – LBC met/zonder warmte- of koudebatterij
 - Bepaalde groepen zijn uitgerust met recyclageregisters & CO₂-sensoren.
- ▶ Enige koude



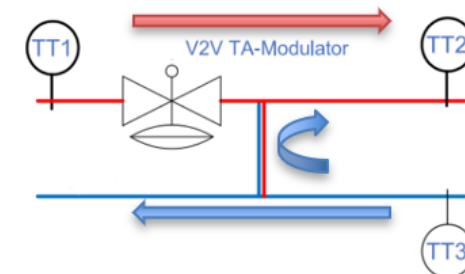
Hydraulische renovatie – Voorgestelde werken

- Recirculatie op het niveau van bepaalde secundaire collectoren => Warme retours => Geen condensatie... Wat gewenst is met de nieuwe verwarmingsketels
- Doelstelling: zo veel mogelijk met variabel debiet werken met een beperkte investering

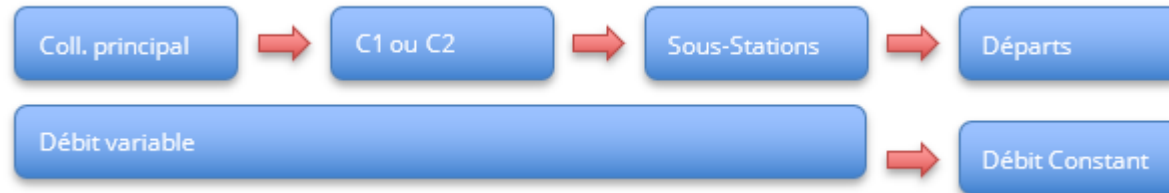


⇒ **TA-afsluiters geïnstalleerd op de 'secundaire' collectoren en renovatie van de 'stookruimte' collector**

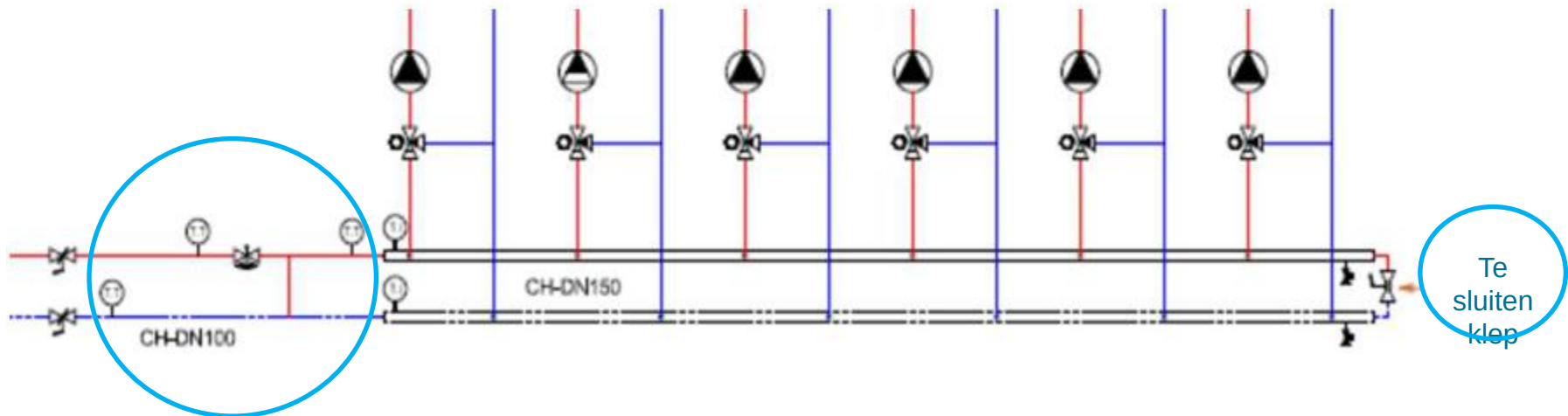
- Principe van de TA-afsluiters:



Hydraulische renovatie – Voorgestelde werken



Sous-Station A4.



INLEIDING

- ▶ Voorstelling van het bureau Greisch
- ▶ Reglementaire context

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken

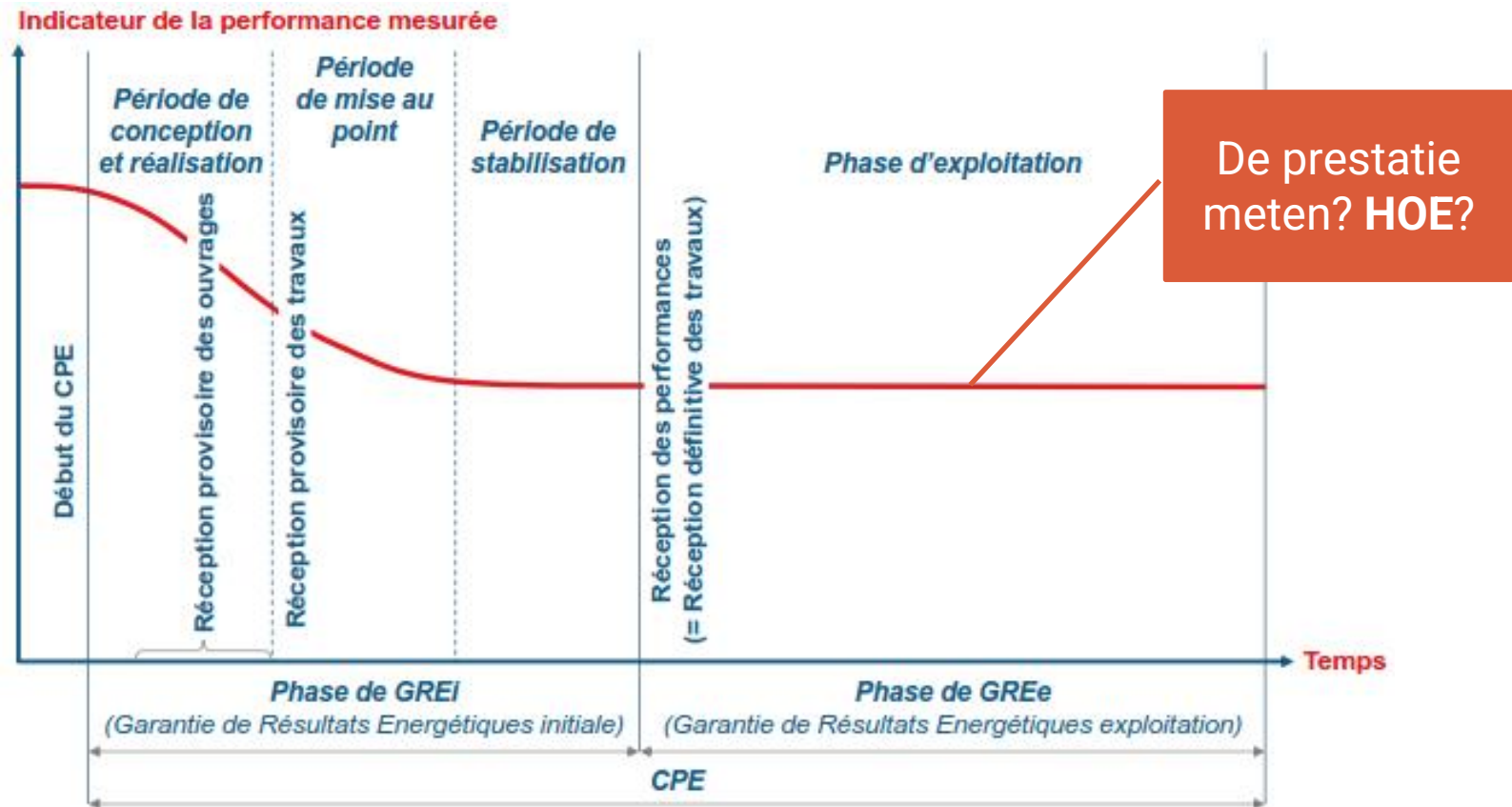
GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken
- ▶ **IPMVP-protocol**
- ▶ Energieopvolging en gegenereerde besparingen

CONCLUSIE EN V&A



Doelstelling van het IPMVP-protocol



Bron (grafiek): RENOWATT GRE Liège



Doelstelling van het IPMVP-protocol



Opvolging van verbruik => OK!!!

Het verbruik meten

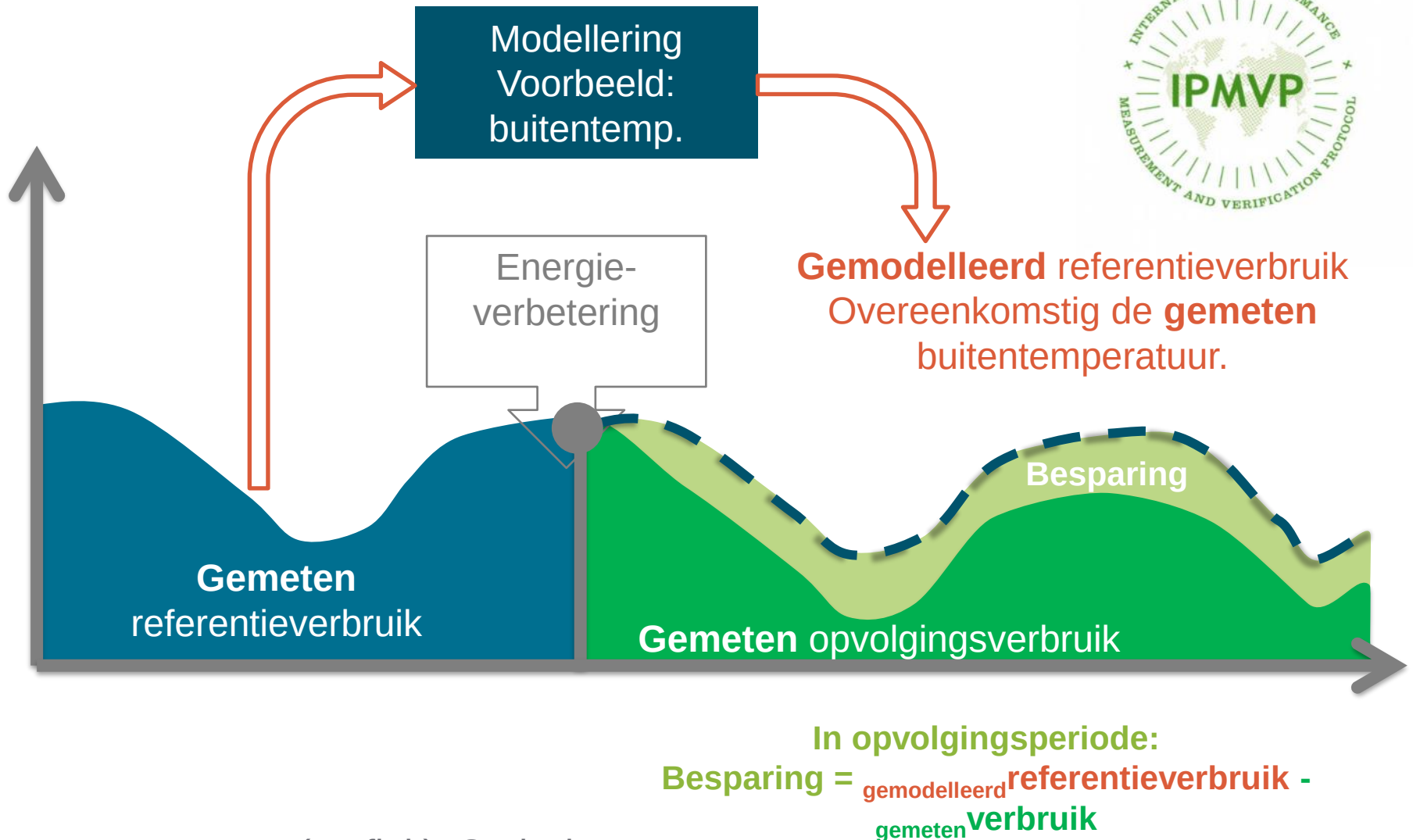
Verificatie van het verbruik ten opzichte van een referentie (documentatie volgens IPMVP-protocol)



?!?Hoe besparingen opvolgen?!?

Besparing = afwezigheid van verbruik





Bron (grafiek): Greisch



INLEIDING

- ▶ Voorstelling van het bureau Greisch
- ▶ Reglementaire context

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken
- ▶ IPMVP-protocol
- ▶ **Energieopvolging en gegenereerde besparingen**

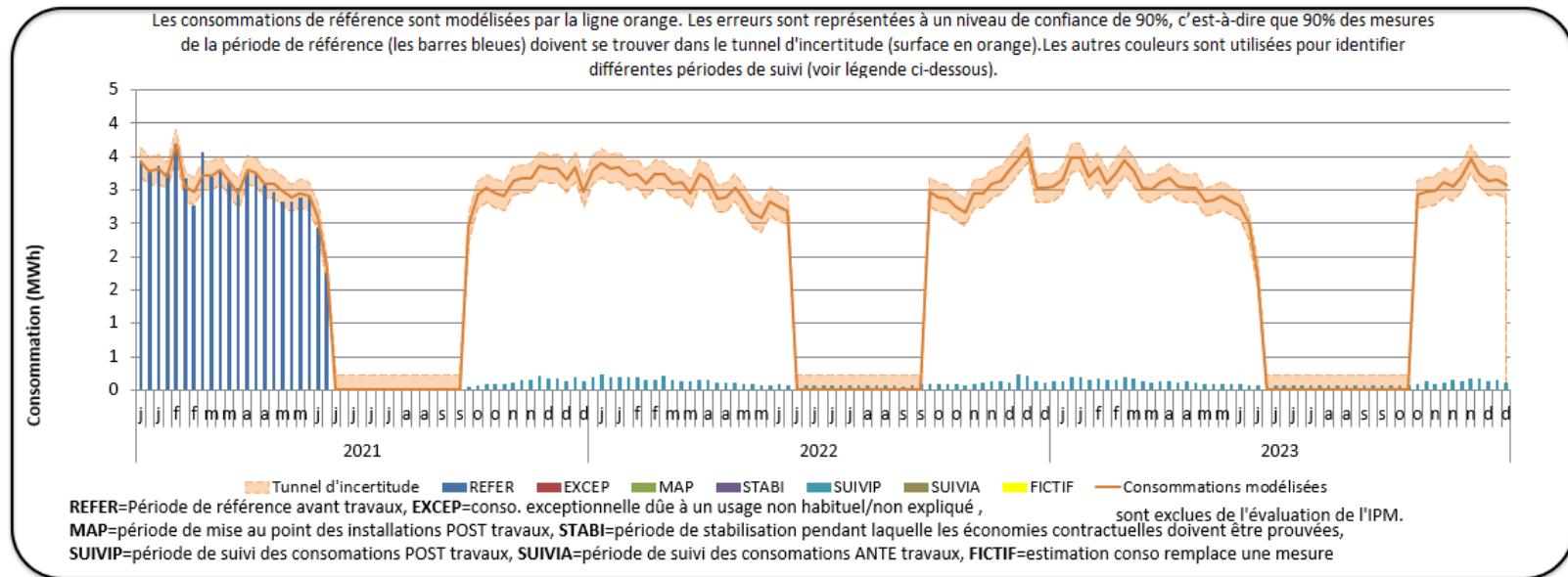
CONCLUSIE EN V&A

Hydraulische renovatie – Energieopvolging

► Werken:

- Vervanging van de circulatiepomp van de stookruimtecollector
- + afschaffing van de transformator
- + installaties TA-afsluiters op de secundaire collectoren
- Uitgevoerd in de zomer van 2021

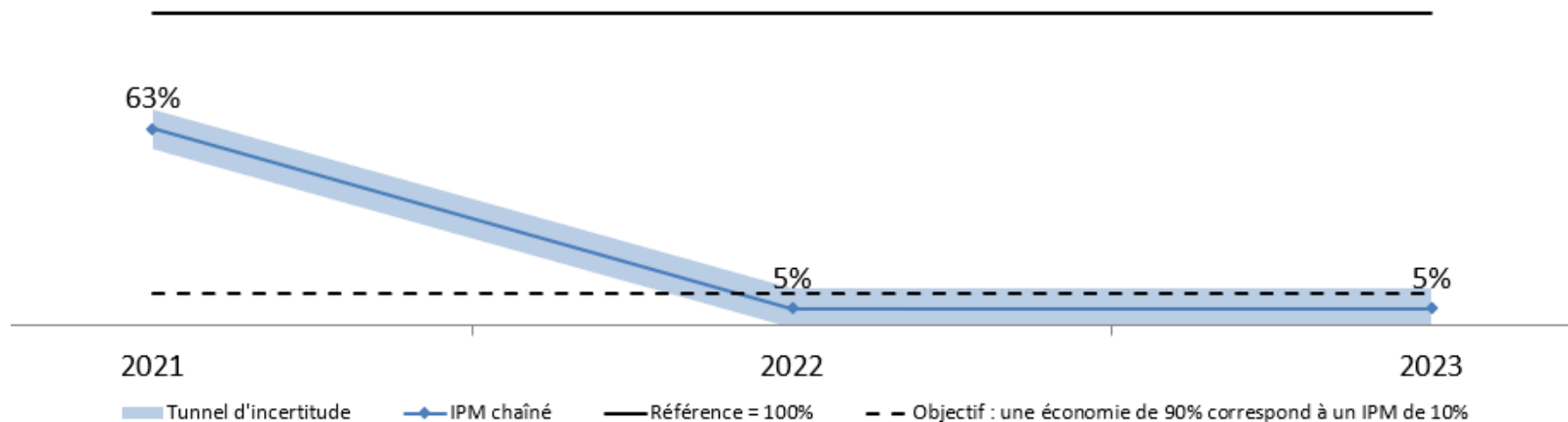
► Besparingen opgevolgd met het IPMVP-protocol



Hydraulische renovatie – Energieopvolging

- Dankzij deze werken kon het elektriciteitsverbruik van de primaire pomp met 95 % worden verminderd

Indice de performance mesuré (IPM 'chaîné') et tunnel d'incertitude @90% de confiance pour le compteur analysé.
Les données "EXCEP" sont exclues de l'évaluation de l'IPM.



- De energieopvolging maakt het mogelijk:
 - de besparingen te meten en erover te rapporteren,
 - verbruiksafwijkingen te vermijden.

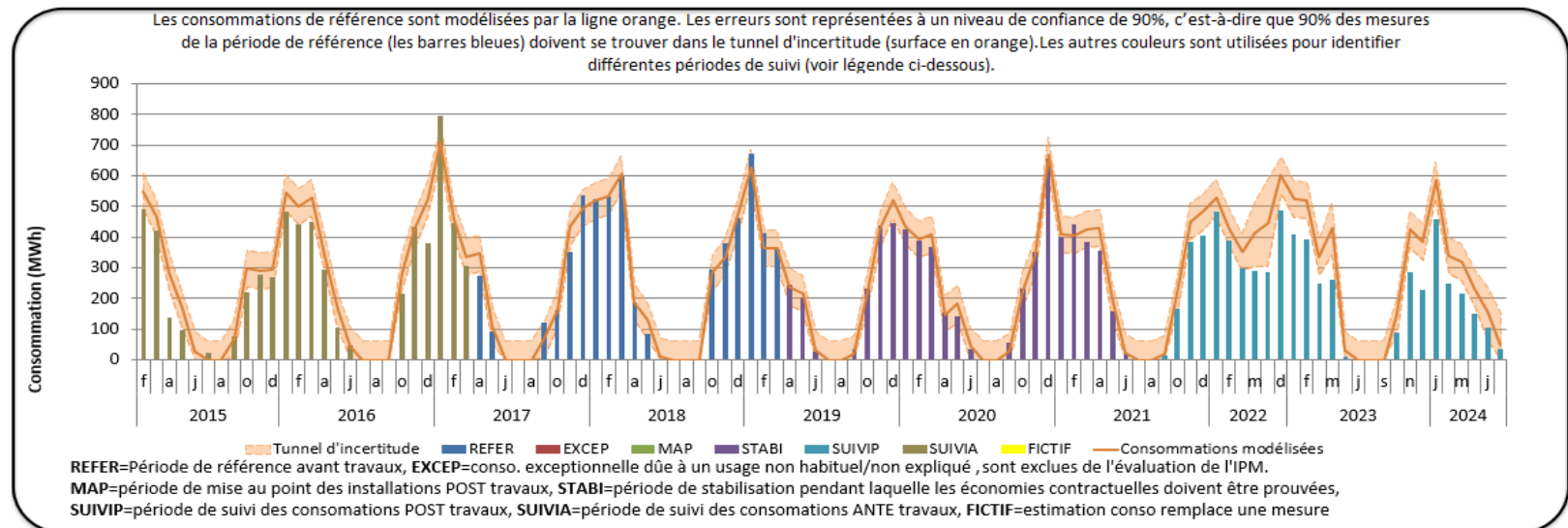


Reductie van het thermische verbruik - Werken

► Werken:

- Renovatie van een deel van het dak (2019)
- Vervanging van de verwarmingsketels + hydraulische renovatie (zomer 2021)
- Installatie van CO₂-sensoren (zomer 2022)
- Wijziging van de vorstbeveiligingsregeling (november 2023)

CPCH 'vorstbeveiliging' historisch berekend volgens CPCH dag h24

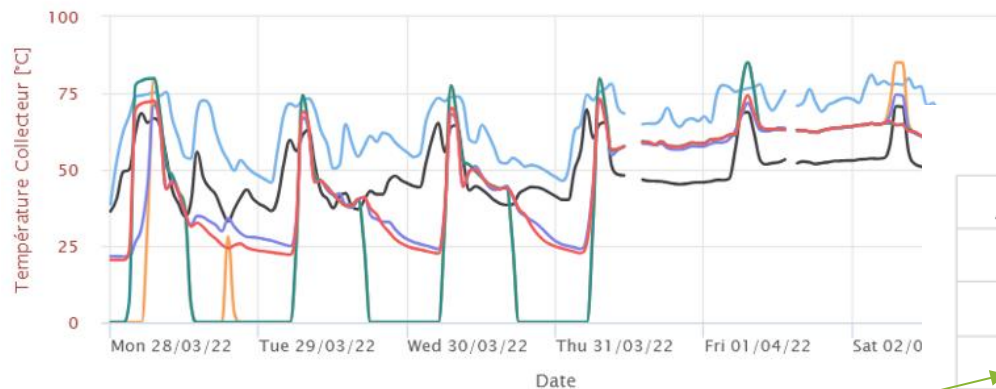


Reductie van het thermische verbruik - Identificatie van de besparingen

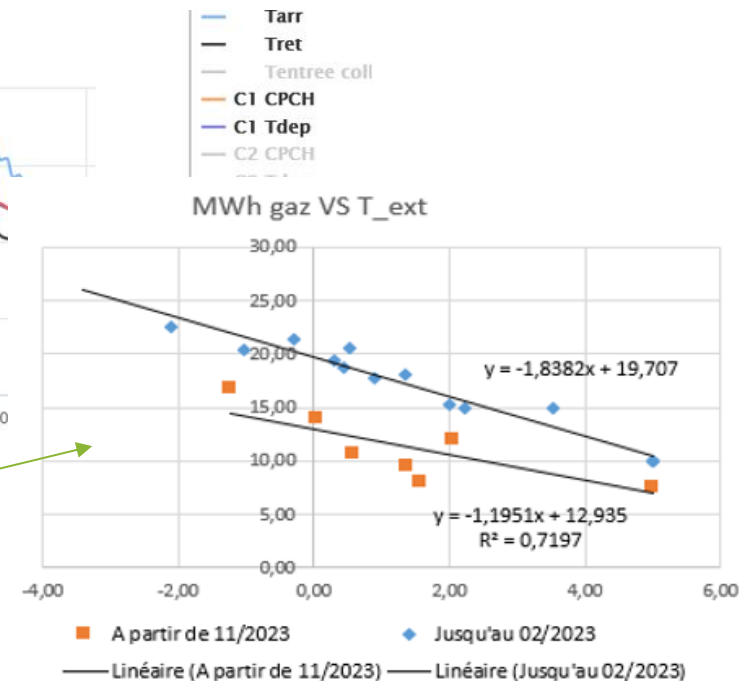
- ▶ Werken:
 - Theoretische benadering - Renovatie van een deel van het dak
 - GTB-meting:

Vervanging van de verwarmingsketels + hydraulische renovatie

Wijziging van de vorstbeveiligingsregeling (begin april, buitentemperatuur $< 5^{\circ}\text{C}$)

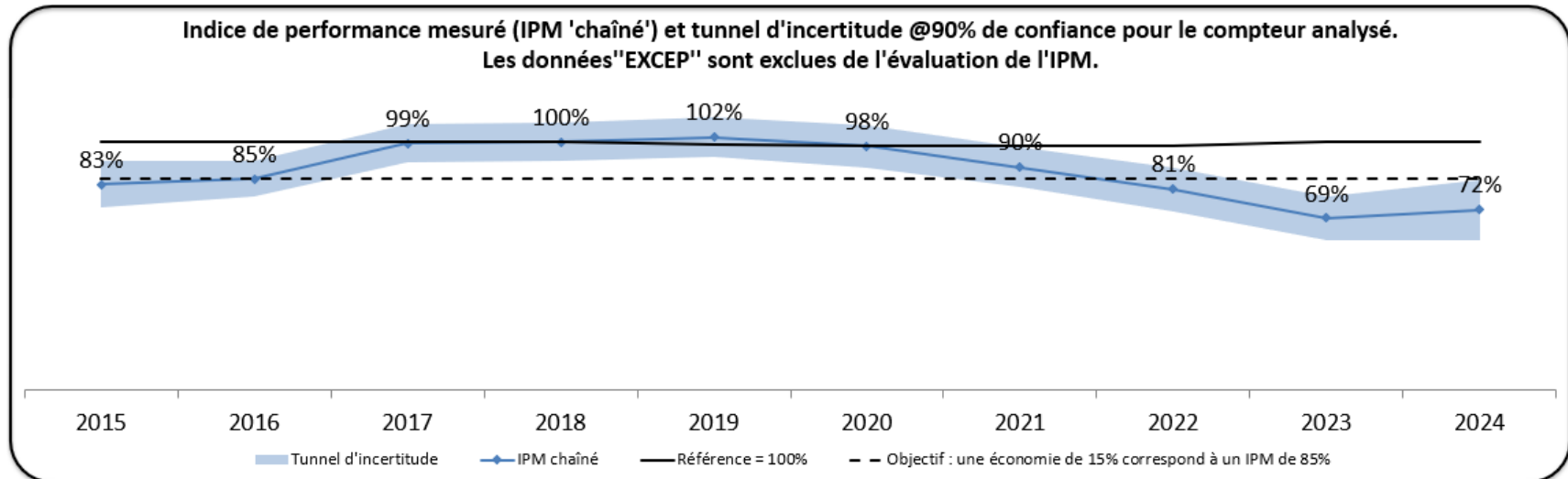


Installatie van CO₂-sensoren



Reductie van het thermische verbruik - Energieopvolging

► Opvolging M&V



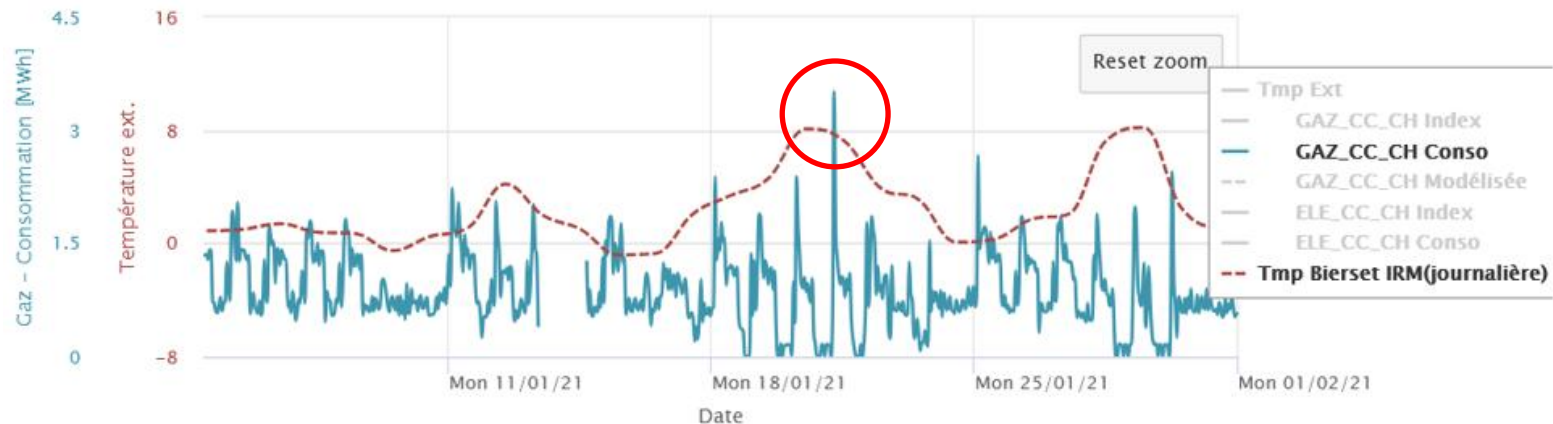
Besparing (% initieel verbruik):

- Renovatie van een deel van het dak (2019) => **2 %**
- Vervanging van de verwarmingsketels + hydraulische renovatie (zomer 2021) => **15 %**
- Installatie van CO₂-sensoren (zomer 2022) => **niet becijferd, +/- 10 %**
- Wijziging van de vorstbeveiligingsregeling (eind 2023) => **6,8 %**



Belang van de energieopvolging / monitoring van de installatie

- ▶ De energieopvolging dient niet alleen om het verbruik te kennen.
- ▶ Ze laat eveneens de herdimensionering van de productiesystemen volgens de werkelijke behoeften toe:
 - Identificatie van de werkelijke ogenblikkelijke vermogens
 - Analyse ervan (+ warmteverbruikscurve) ⇔ Gaat het om een werkelijke behoefte, een behoefte verbonden aan de “regeling” of de backup/veiligheid (pannes,...)?



⇒ **Identificatie van het werkelijk vereiste vermogen.**



Belang van de energieopvolging / monitoring van de installatie

- ▶ De monitoring laat eveneens toe werkingsstoringen te identificeren. Bij wijze van voorbeeld enkele werkingsstoringen die bij deze twee audits werden geïdentificeerd:
 - Een vertrektemperatuur die (licht) stijgt terwijl de 3-wegklep gesloten is...
 - Een te lage omgevingstemperatuur bij “3-wegklep 100 % + temperatuur $\geq$ CPCH”

CPCH-curve moet worden herzien

- Inaanmerkingneming van CPCH van defecte apparatuur
- De laatste PG van een PG-vertrek kreeg onvoldoende debiet ... Alle 3-wegkleppen van de PG's waren 100 % open + temperatuur $\geq$ CPCH

Oplossing: een deel van de thermische last van de PG's naar de radiatoren overbrengen.



INLEIDING

- ▶ Voorstelling van het bureau Greisch
- ▶ Reglementaire context

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ZIEKENHUIS

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken

GETUIGENIS OVER ERVARINGEN – ONDERWIJSINRICHTING

- ▶ Algemene voorstelling
- ▶ Analyse en voorgestelde werken
- ▶ Energieopvolging en gegenereerde besparingen

CONCLUSIE EN V&A





- ▶ **Kritische vragen blijven stellen.** De voor het gebouw ingestelde temperatuur is bereikt; betekent dit dat de installatie goed werkt?
 - Dit is niet noodzakelijk het geval; het is misschien mogelijk ze te optimaliseren.
- ▶ **De metingen** bieden u de mogelijkheid eventuele werkingsstoringen te identificeren en te corrigeren.
 - Een **meetplan** is altijd aangeraden.
 - Stap voor stap te werk gaan.
- ▶ Is er slechts een enkele oplossing om een installatie te regelen?
 - **Nee, er zijn verscheidene benaderingen mogelijk** en de 'beste oplossing' is niet noodzakelijk geschikt voor een andere site. ⇔ **Het is noodzakelijk elk geval afzonderlijk te onderzoeken en te analyseren.**





Websites

- ▶ Regeling van gebouwen - Regelingsvoorbeeld, orde van grootte, ...
<https://energieplus-lesite.be/ameliorer/chauffage12/chauffage-central-a-eau-chaude/ameliorer-la-regulation/>
- ▶ IPMVP-methode - Meting en opvolging van de besparingen.
<https://evo-world.org/en/>
https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_2021_formationpage_06_mesurage_fr_0.pdf



Christophe HICK

Projectleider

Bureau greisch



+ 32 4 366 16 16

chick@greisch.com

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

