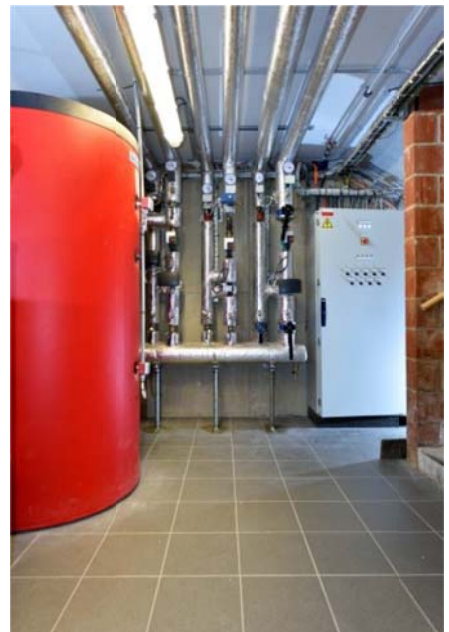


Seminarie Duurzaam Bouwen

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

Aandachtspunten van ontwerp tot ingebruiksname

4 maart 2016



WP VOORBEELDGEBOUW Grote Prijzenlaan



IBGE INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT | BIM BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Site de Tour & Taxis · Avenue du Port 86C/3000 · 1000 Bruxelles
T +32 2 775 75 11 · F +32 2 775 76 11
info@environnement.brussels · www.environnement.brussels
N° d'entreprise 0236.916.956

Site van Thurn & Taxis · Havenlaan 86C/3000 · 1000 Brussel
T +32 2 775 75 11 · F +32 2 775 76 11
info@leefmilieu.brussels · www.leefmilieu.brussels
Ondernemingsnr. 0236.916.956





De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

Tweetalig seminarie (simultane vertaling)

Brussel, 4 maart 2016

Auditorium hoofdzetel Leefmilieu Brussel
Tour & Taxis – Havenlaan 86c/3000, 1000 Brussel



8 :30	Onthaal van de deelnemers
9 :15	Welke technologie toepassen in welke situaties te Brussel? Uitgebreid overzicht van huidige en toekomstige warmtepompoplossingen <i>Raphaël CAPART (FR), Dienst Facilitator Duurzaam Bouwen – specialist WP</i>
10 :00	Warmtepompen in de Brusselse context Regelgevend kader en overheidssteun <i>Julien DONEUX (FR), Leefmilieu Brussel</i>
10 :25	Warmtepompen bij de renovatie van woongebouwen Technologieën en uitwisselen van ervaringen <i>Dr Ir Eric Dumont (FR), Universiteit Bergen</i>
11 :00	<i>Koffiepauze en gesprek met de sprekers</i>
11 :25	Ontwerp en dimensionering van warmtepompsystemen Aandachtspunten en tools, op basis van voorbeelden <i>Fabrice Deryn (FR), Matriciel</i>
12 :10	De warmtepomp in het gebouw van Leefmilieu Brussel (BEL): een te volgen voorbeeld Project met energieopslag in open putten <i>Michel Hermans (FR), Facility Manager Leefmilieu Brussel</i>
12 :45	<i>Gesprekken tijdens de lunch en bezoek van de technische lokalen van het BEL</i>
14 :00	Warmtepompen, een technologie in evolutie die overtuigt! Communicatiestrategieën voor toekomstige klanten van WP-systemen en uitwisselen van ervaringen via projecten die innoverende technologieën gebruiken (DRV en CO2) <i>Etienne de Montigny (FR), DTC</i>
14 :30	Integratie, regeling en link van warmtepompen met andere hernieuwbare energieën Aandachtspunten op basis van voorbeelden <i>Raphaël CAPART (FR), Dienst Facilitator Duurzaam Bouwen – specialist WP</i>
15 :00	<i>Koffiepauze en gesprek met de sprekers</i>
15 :30	Optimalisatie van een WP in de kantoren van 3E Belang van monitoring, opvolging, en optimalisatie <i>Clara Verhelst (NL), 3E</i>
16 :10	Conclusies van de dag
16 :30	Einde van het seminarie

«La pompe à chaleur, du potentiel à Bruxelles !» - 04/03/2016

“De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !” - 04/03/2016

Orateurs/Sprekers

Monsieur Raphaël CAPART

Service du Facilitateur Bâtiment Durable
Spécialiste Pompe à Chaleur
1000 BRUXELLES
Email facilitateur@environnement.irisnet.be

Monsieur Julien DONEUX

Bruxelles Environnement (IBGE) - Leefmilieu Brussel (BIM)
Avenue du Port 86c /3000
1000 BRUXELLES
Email jdoneux@environnement.brussels

Monsieur Eric DUMONT

Umons
Thermodynamique, Physique mathématique
Boulevard Dolez 31
7000 MONS
Email eric.dumont@umons.ac.be

Monsieur Fabrice DERNY

Responsable de Projets Senior
MATRICIEL sa
Place de l'Université 25 Etage 2
1348 LOUVAIN-LA-NEUVE
Email derny@matriciel.be

Monsieur Michel HERMANS

Facility Manager
Bruxelles Environnement (IBGE) - Leefmilieu Brussel (BIM)
Avenue du Port 86c /3000
1000 BRUXELLES
Email mhermans@environnement.brussels

Monsieur Etienne DE MONTIGNY

Administrateur Délégué
Distribution de Techniques Climatiques sa
Rue Terre à Briques 37
7503 FROYENNES
Email etienne.demontigny@dtc.be

Mevrouw Clara VERHELST

Programme Manager
3E
Quai à la Chaix 6
1000 BRUXELLES
Email clra.verhelst@3e.eu

Commanditaire / Odrachtgever

Bruxelles Environnement (IBGE) - Leefmilieu Brussel (BIM)
Monsieur Pierre MASSON
Site Tours et Taxis
Avenue du Port 86c/3000
1000 BRUXELLES/BRUSSEL
@ : pmasson@environnement.irisnet.be

Encadrement – Omkadering

CERAA asbl – Cenergie bvba – ICEDD asbl
Madame Cécile ROUSSELOT
Rue Ernest Allardstraat 21
1000 BRUXELLES/BRUSSEL
@ : cecile.rousselot@ceraa.be

Welke technologie toepassen in welke situaties te Brussel?

Overzicht van huidige en toekomstige warmtepompoplossingen

Raphaël CAPART
Dienst Facilitator Duurzaam Bouwen – specialist WP

Bij wijze van inleiding tot de studiedag, wordt een kort overzicht gegeven van de essentiële elementen van een warmtepomp en de werkingsprincipes. We leiden er het belang van de keuze van de koude en warmtebronnen uit af, omdat deze de prestaties rechtstreeks beïnvloeden.

De verschillende mogelijke types WP in Brussel worden overlopen vanuit het oogpunt van de koudebron, de beschikbaarheid en de toegankelijkheid. Ook de eventuele minpunten van elk van deze types in een Brusselse context worden toegelicht. Aandacht gaat naar de eerder klassieke technologieën zoals aërothermie en geothermie, maar we gaan evenzeer in op minder gekende technologieën zoals het gebruik van oppervlaktewater (kanaal), warmte uit riolen (riothermie) of zelfs de restwarmterecuperatie in de industrie.

Vervolgens worden de aandachtspunten ivm de warmtebronnen, de warmteafgifte dus, verder besproken, zowel voor de residentiële als voor de tertiaire sector. Er wordt ook kort ingegaan op de productie van SWW met een WP.

Tenslotte beklemtonen we nog eens het belang van de regeling en een monitoring om de goede prestaties blijvend te kunnen garanderen.

Deze presentatie heeft onder andere als doelstelling om de verschillende voorbeelden, die in de loop van de dag worden gepresenteerd, te kunnen situeren in een globale context.

Seminarie Duurzaam Bouwen:

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

4 maart 2016
Leefmilieu Brussel

Welke technologie toepassen in welke situaties te Brussel?
Overzicht van huidige en toekomstige warmtepompoplossingen

Raphaël CAPART

Dienst Facilitator Duurzaam Bouwen – specialist WP



LEEFMILIEU BRUSSEL
BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Plan van de presentatie

1. Algemeen werkingsprincipe van warmtepompen
2. Toegang tot verschillende koudebronnen in Brussel
3. De optimalisatie van de warmtebron
4. Belang van de regeling en de monitoring



1. Werkingsprincipe

Een rendement (COP) hoger dan 1 !!
is dat echt mogelijk??

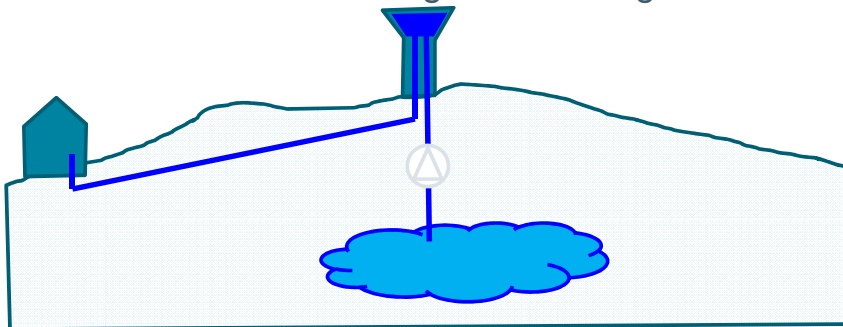
Nee, energie « creëren » is echt niet mogelijk ...
en nochtans wordt ons beloofd:



1. Werkingsprincipe

Warmte stroomt steeds van een warmere omgeving naar de koudere

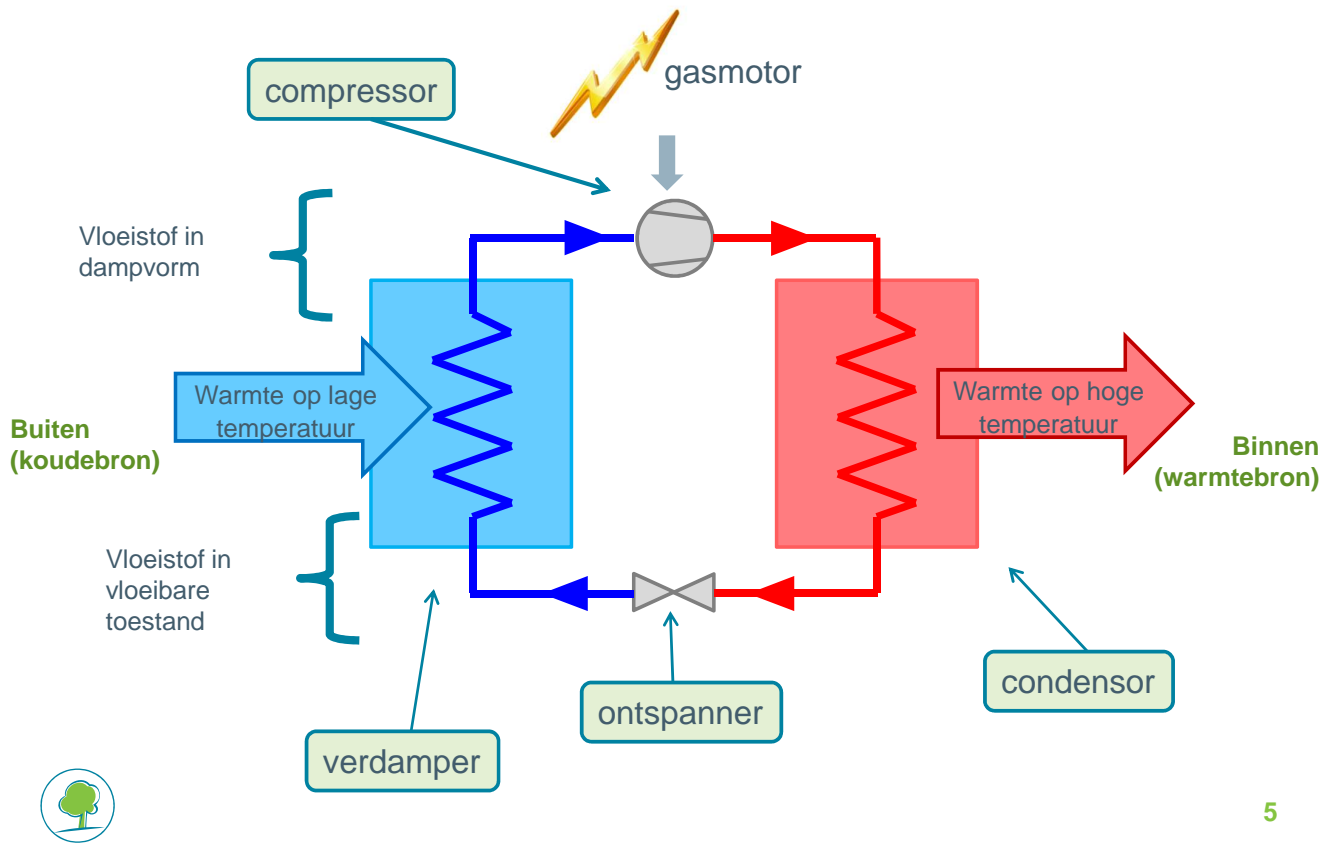
=> Hoe kunnen we deze in het gebouw brengen?



Net zoals water met een pomp omhoog wordt gepompt om de druk te verhogen, kan ook warmte opgepompt worden om de temperatuur te verhogen

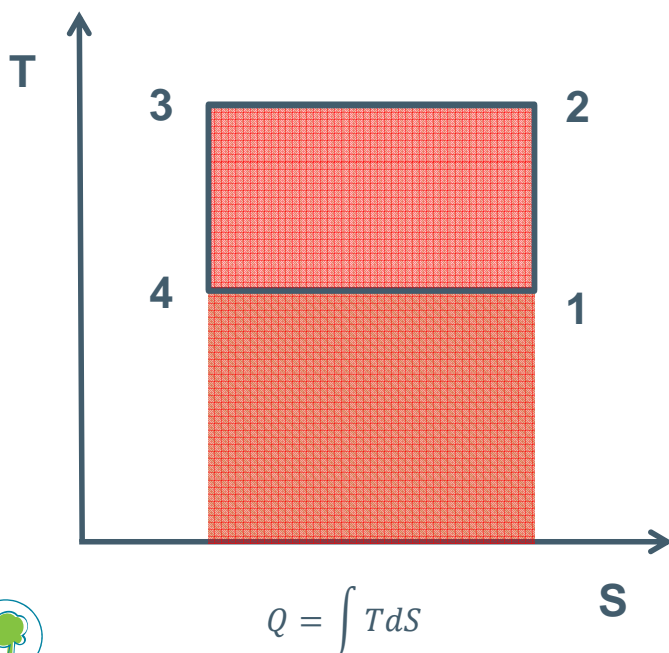


1. Werkingsprincipe



Een beetje thermodynamica

De theoretische limieten: de Carnotcyclus

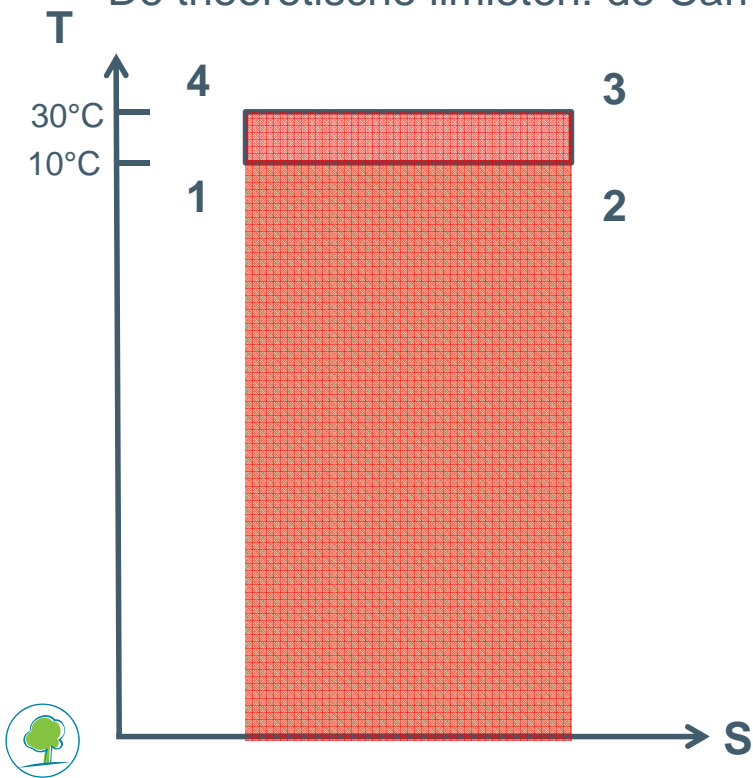


$$\begin{aligned} \text{Rendement of COP} &= \frac{\text{Warmte afgegeven à warmtebron}}{\text{Uitgevoerde arbeid op de vloeistof}} \\ &= \frac{\text{Warmte afgegeven à warmtebron}}{\text{Warmte afgegeven à warmtebron} - \text{Warmte genomen uit koudebron}} \end{aligned}$$

$$COP_C = \frac{T_3}{T_3 - T_1}$$

Een beetje thermodynamica

De theoretische limieten: de Carnotcyclus

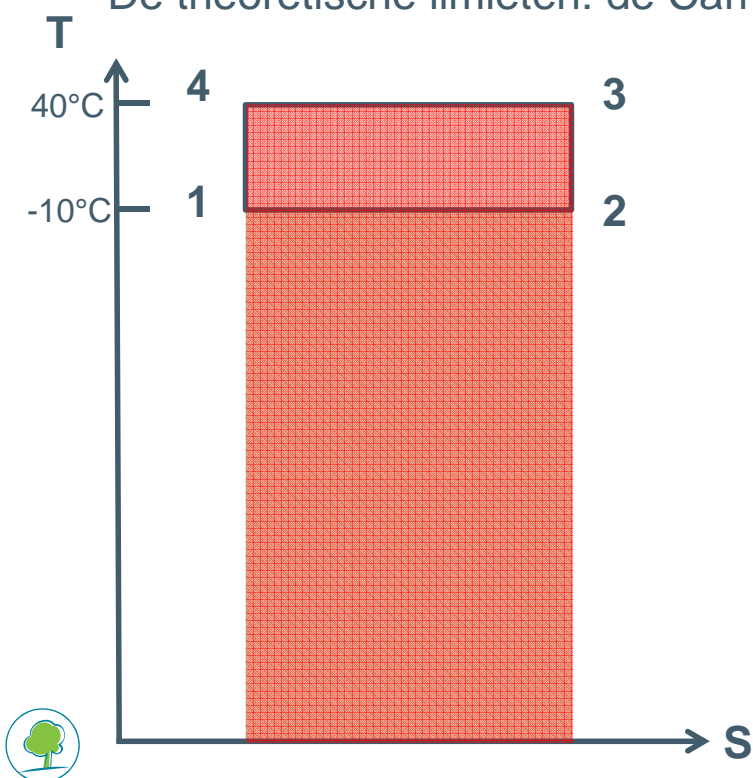


$$COP_c = \frac{T_3}{T_3 - T_1} \approx 15$$

7

Een beetje thermodynamica

De theoretische limieten: de Carnotcyclus

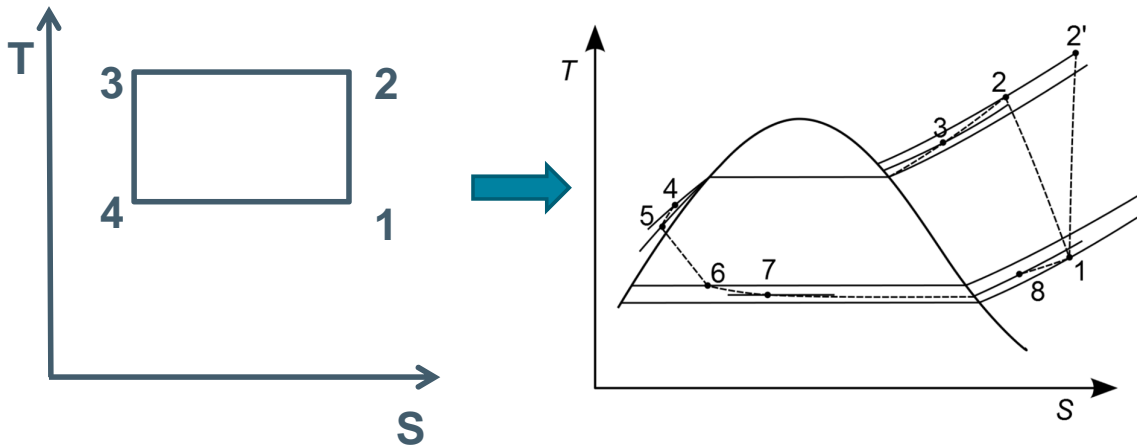


$$COP_c = \frac{T_3}{T_3 - T_1} \approx 8$$

8

Een beetje thermodynamica

Fysische en technologische limieten



In de praktijk:

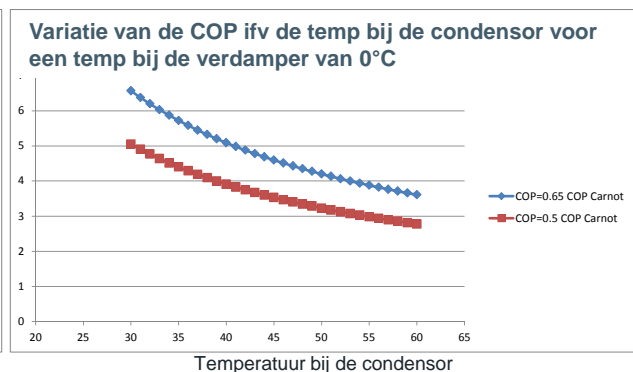
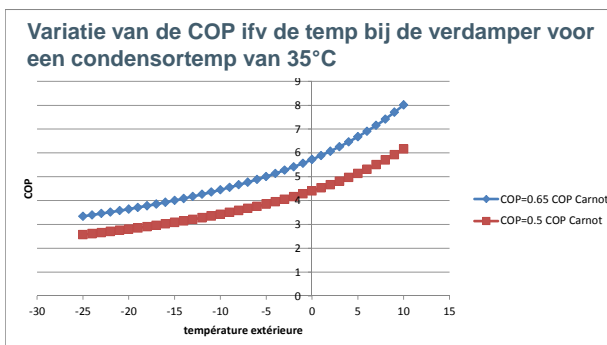
- De machines en de gebruikte vloeistoffen vertonen een andere cyclus dan die van Carnot
- De hulptoestellen verminderen het rendement (circulatiepomp, ventilator, elektronica, ontdooiing, ...)
- Noodzakelijke temperatuurverschillen voor de warmtetransporten op niveau van verdamper en condensor



$$\text{COP}_{\text{PAC}} = 0,50 \dots 0,65 \text{ COP}_C$$

9

Welke prestaties mag men verwachten?

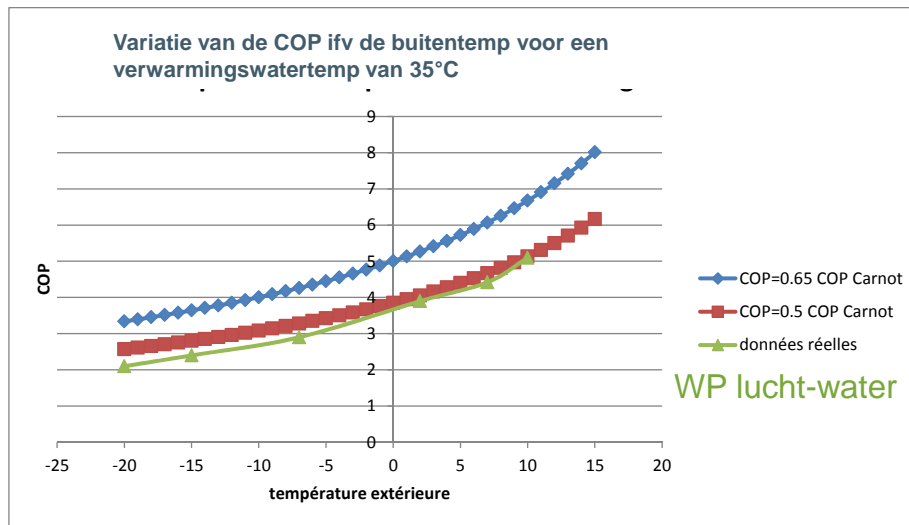


- Vermindering 1°C verdamper => -2% COP
- Verhoging 1°C condensor => -1,8% COP



10

Welke prestaties mag men verwachten?



11

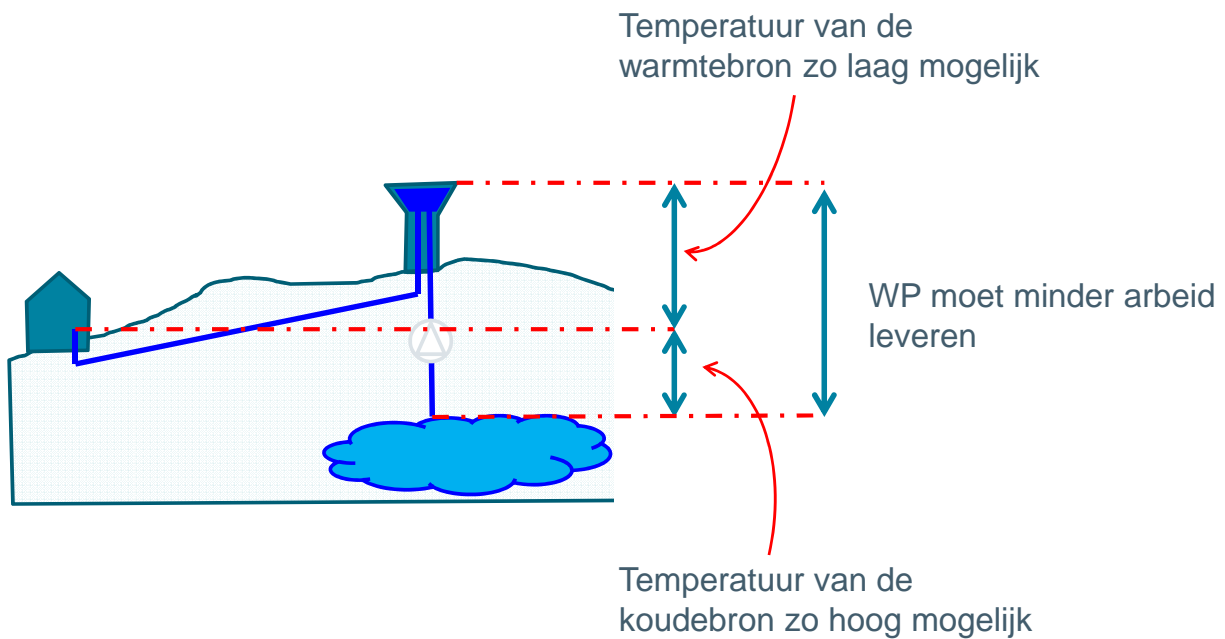
COP => SPF

- COP = Coefficient Of Performance = onmiddellijk rendement in vooraf **bepaalde temperatuursomstandigheden**
 - ▶ Vb. COP bij een regime Lucht2/Water35
- Tijdens het stookseizoen fluctueren de temperaturen van de koudebron en de warmtebron continu => de COP fluctueert ook continu!
- SPF = SeizoensPrestatieFactor
 - ▶ Gewogen gemiddelde van de COP via geleverd warmtevermogen over het volledige stookseizoen
 - ▶ of eenvoudiger $\frac{\text{Hoeveelheid geleverde warmte}}{\text{Hoeveelheid verbruikte energie}}$ over het volledige stookseizoen
- Is functie van:
 - ▶ de intrinsieke prestaties van de WP
 - ▶ het gebouw waar de WP is geïnstalleerd
 - ▶ het ontwerp en de dimensionering van de installatie
 - ▶ de regeling van de installatie



12

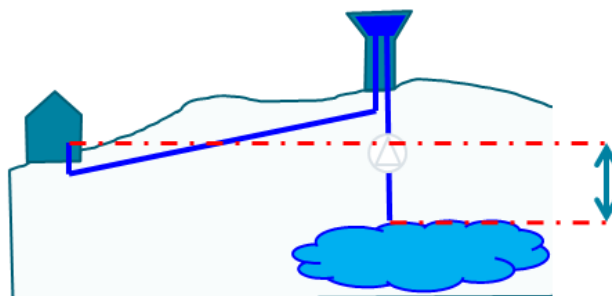
Optimaliseren van de prestaties



13

2. Toegang tot verschillende koudebronnen in Brussel

De verschillende koudebronnen

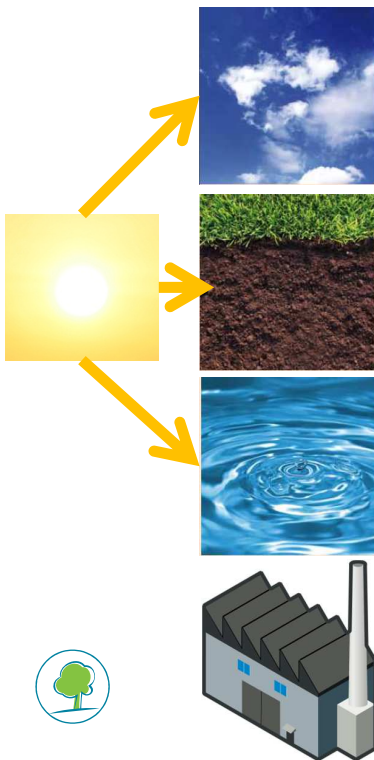


14

De verschillende koudebronnen

Opslag van zonne-energie => indirecte benutting van zonne-energie

De koudebruggen



Bron DGO4

Lucht:

- Dynamisch of statisch
- Buitenlucht of extractielucht van de ventilatie

Bodem:

- Dicht aan de oppervlakte (horizontaal)
- In de diepte (vertikaal)

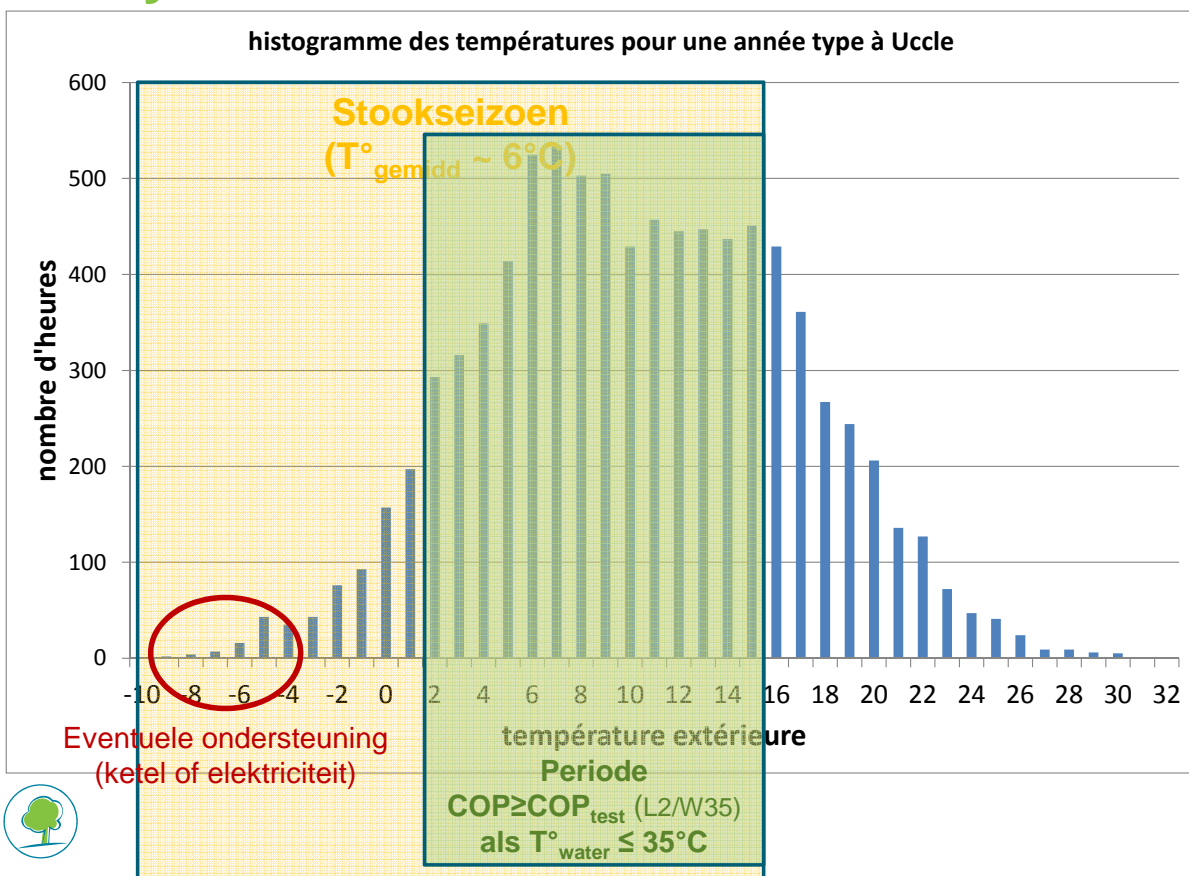
Water :

- Aan de oppervlakte: vijver, rivier
- In de diepte: watervoerende laag

« Restwarmte » :

- Riool
- Centrale, industrie, ...

Dynamische lucht



Dynamische lucht

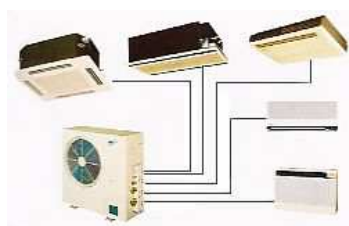


Bron DGO4

- Geluidshinder

- ▶ Er bestaan te respecteren grenswaarden => cf. regelgeving
 - › Algemene info over regelgeving geluidshinder:
<http://www.leefmilieu.brussels/themas/geluid/acties-van-het-gewest/wetgeving-en-stimulansen>
 - › Besluit BHG 21/11/2002 :
http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2002112140&table_name=wet
 - › Lawaai in de regelgeving milieuvergunning:
<http://www.leefmilieu.brussels/de-milieuvergunning/algemene-exploitatievoorwaarden/de-verplichtingen-inzake-geluid>

- Plaatsing



Bron : énergie+



- ▶ Meestal worden de buitenunits op het dak geplaatst
 - › Een technisch lokaal in de kelder maakt de installatie complexer
 - ▶ Plaatsing in het gebouw is mogelijk, door toepassing van leidingen met grote omvang
- Wijdverspreid in winkelcomplexen (lucht/lucht multisplitunits) en de « kleine tertiaire sector » (bv. bankkantoren) 17

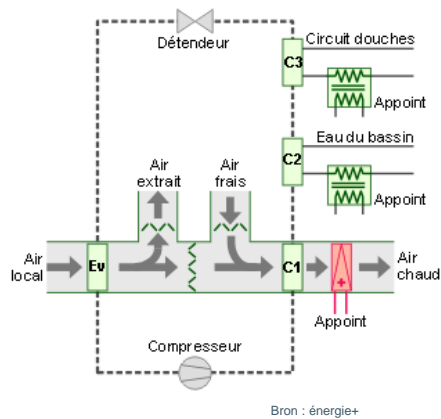
Extractielucht uit het gebouw

- Beter om eerst te kiezen voor onmiddellijke warmterecuperatie via warmtewisselaar
 - ▶ Nieuwbouw
 - ▶ Tertiaire gebouwen als EG en PG in zelfde lokaal (platenwarmtewisselaar, warmtewiel, ...)
- Bij renovatie kan een ventilatiesysteem type C gemakkelijk geplaatst worden
 - ▶ De warmterecuperatie via de WP op extractielucht levert goede resultaten, gezien T° lucht steeds $\geq 20^{\circ}\text{C}$
 - ▶ Goed aangepaste oplossing voor de productie van SWW
Bv. woongebouw: bestaande natuurlijke ventilatiekokers gebruikt voor mechanische extractie

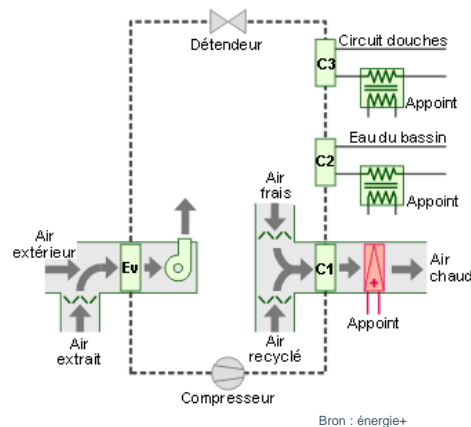


Vochtige / te ontvochtigen extractielucht

- Zwembad, wasserij, keuken, ...
- Recuperatie van latente warmte via condensatie van de vochtigheid



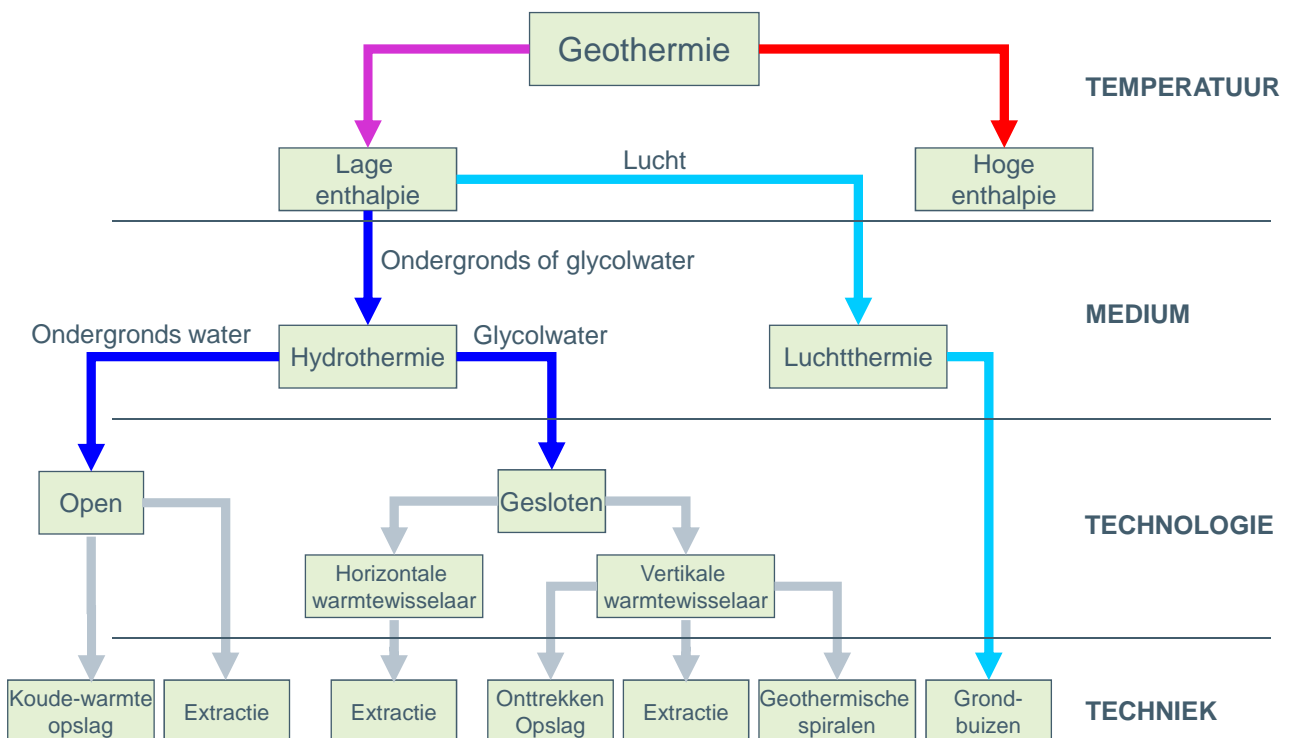
ontvochtiging



recuperatie



Geothermie



Gesloten horizontale geothermie



Bron DGO4



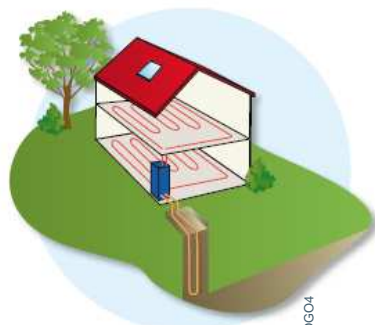
Bron Raphael L'HOMME

- Technologie toepasbaar in beperkt aantal situaties in de Brusselse context
 - ▶ Vereist een omvangrijk niet beplant terreinoppervlak (~1.2...1.4 x de te verwarmen opp bij nieuwbouw)
 - › Vooral voor eengezinswoningen
 - ▶ Terrein moet toegankelijk zijn voor graafwerkmachines
 - › Vooral dus bij « 3-4 gevel »-woningen
- Verantwoorden de betere prestaties wel de meerinvestering tov de technologie lucht/water?

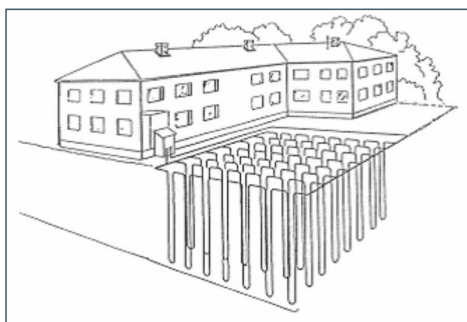


21

Gesloten verticale geothermie



Bron DGO4



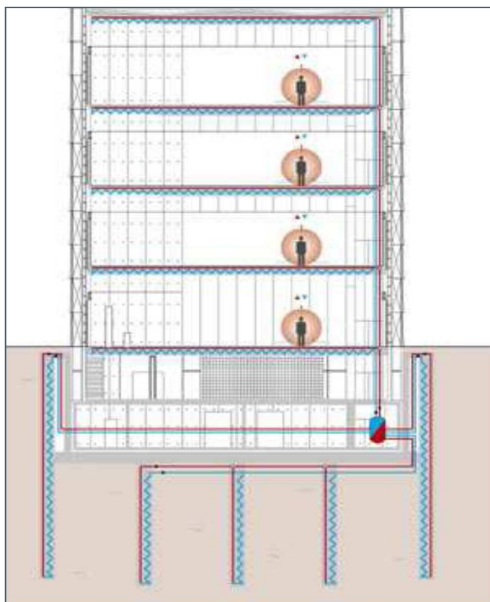
Bron VITO



- Neemt minder opp in beslag bij residentieel, maar toegankelijkheid terrein voor uitvoering boringen blijft kritisch punt
- Oplossingen bestaan om over de seizoenen heen energie op te slaan bij tertiaire gebouwen (met warmte- en koudevraag)
Bij woningen, regeneratie via « freecooling »
- Test van de thermische geleidbaarheid van de bodem is steeds noodzakelijk
- Voor tertiaire projecten noodzakelijk om een langetermijnsimulatie van de evolutie van de bodemtemperatuur te maken

22

Gesloten verticale geothermie



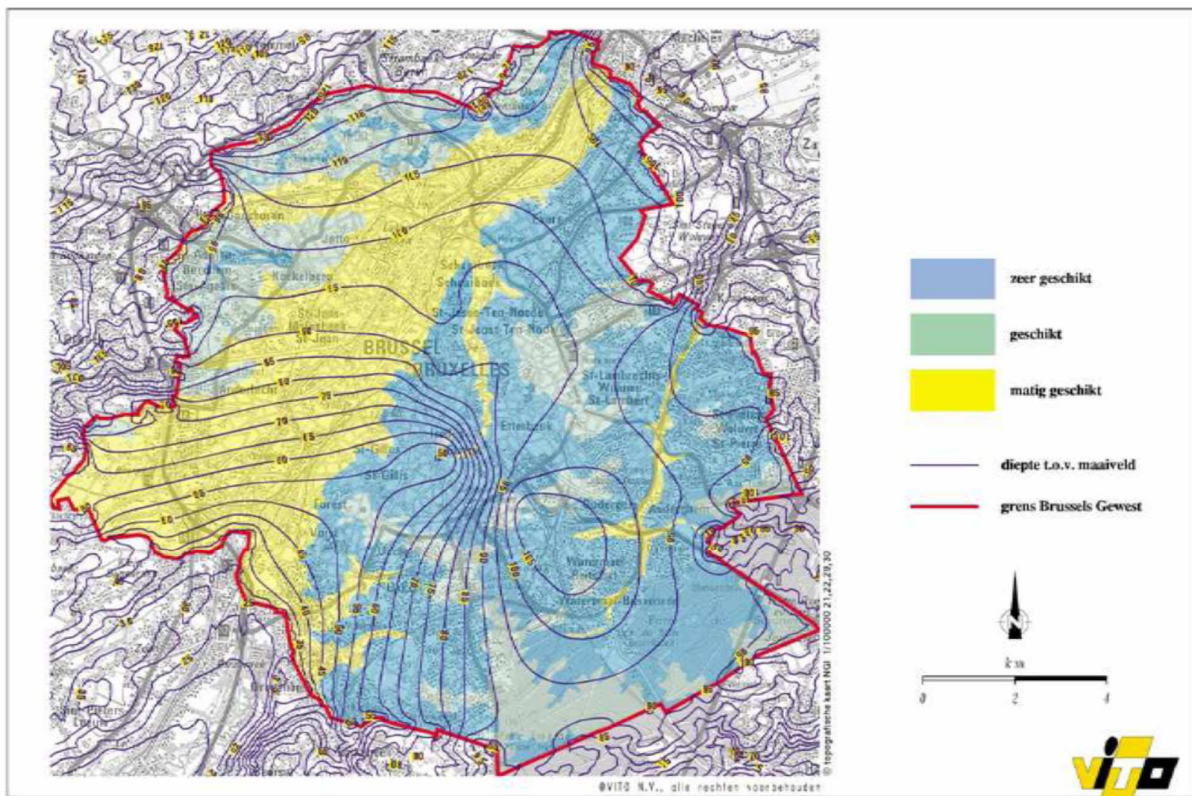
De sondes kunnen geïntegreerd worden in de funderingen: geothermische palen (enkel voor tertiair)

Bron VITO

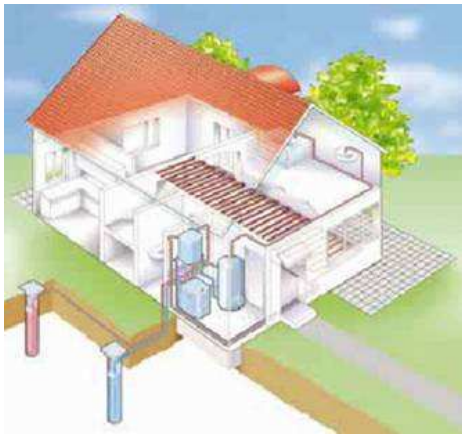


23

Potentieel van gesloten systemen met opslag



Open geothermie

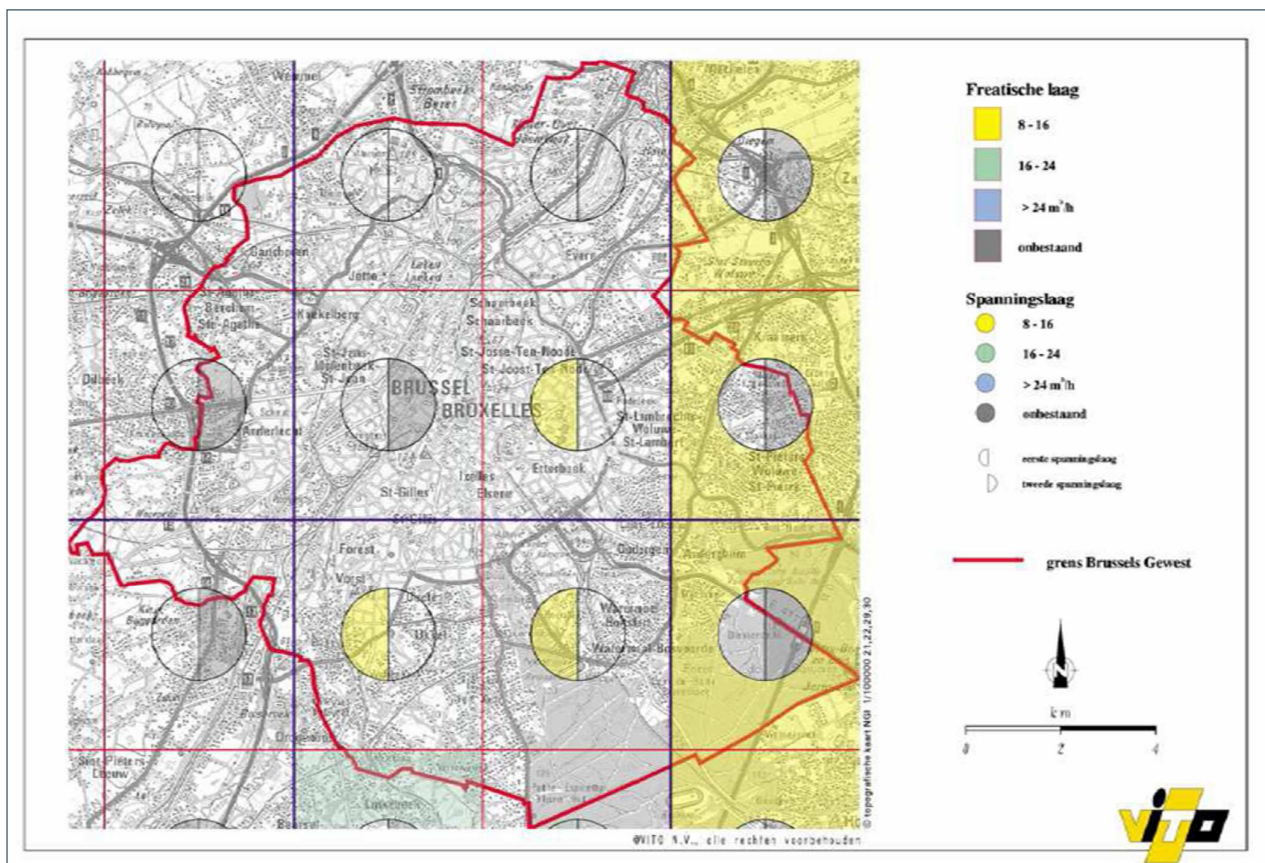


Bron VITO

- Indirecte captatie: water opgepompt uit één put en geïnjecteerd in een andere
- Goede prestatie gezien T° relatief constant is en vrij hoog
- Maakt een opslag over de seizoenen heen mogelijk
- Zie voorbeeld van BEL



Potentieel van open systemen met opslag



Potentieelstudies van VITO

- Opmerking over de kaarten van VITO
 - ▶ Betreft een eerste evaluatie van de mogelijkheden om open of gesloten geothermische systemen toe te passen
 - ▶ Deze kaarten vervangen geen diepgaande studie ivm de concrete site
 - ▶ Houden geen rekening met de Landense laag (geologische laag, « relatief diep »)
 - › Niet doordringbaar genoeg voor open systemen
 - › Voor gesloten systemen: deze laag doorboren is niet rendabel (grote diepte en mindere thermische capaciteit)
- Online beschikbare documenten:

http://document.leefmilieu.brussels/opac_css/electfile/Studie_Energie_geothermischI_2007_nl.PDF?langtype=2060
http://document.leefmilieu.brussels/opac_css/electfile/Studie_milieuexploitatie_geothermiell_feb2009.PDF?langtype=2060



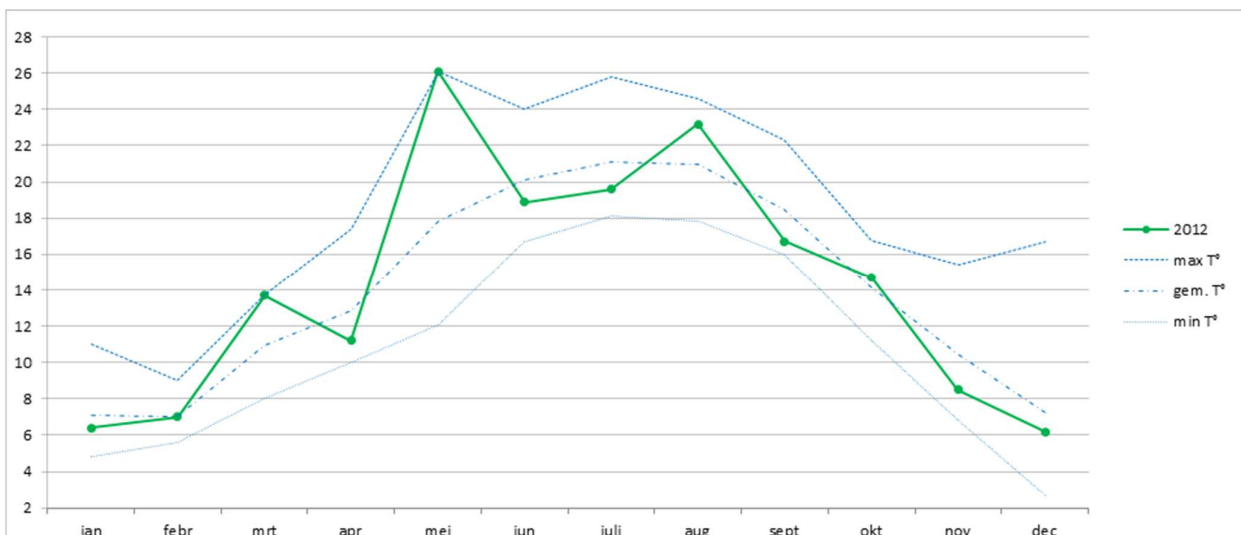
27

Oppervlaktewater

Bijvoorbeeld het kanaal



Bron DGO

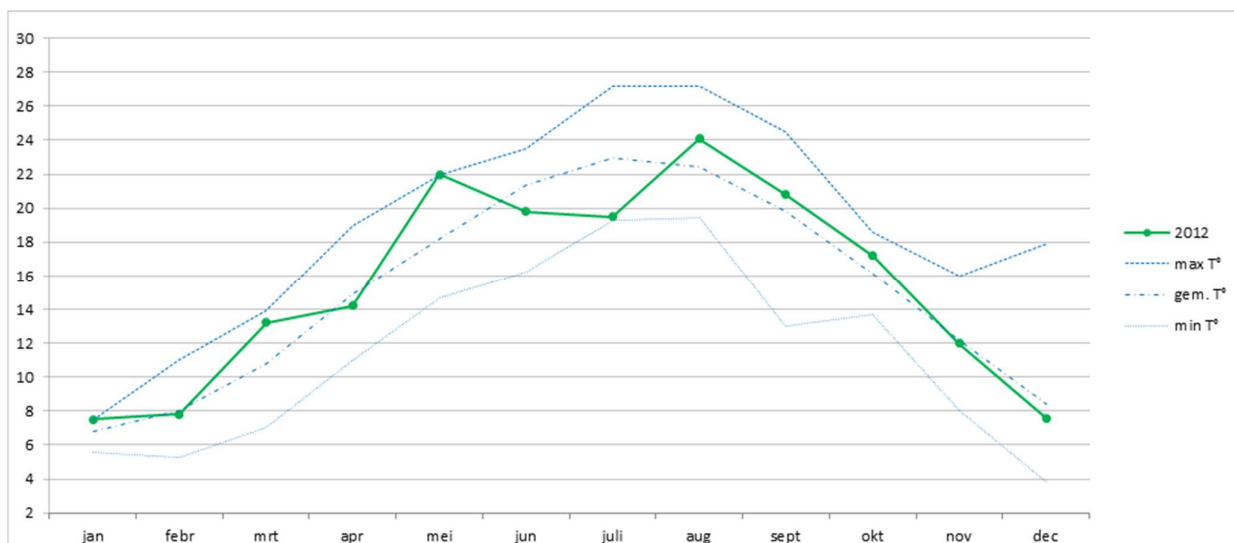


Temperatuur bij binnenkomen van Brussel

28

Oppervlaktewater

Bijvoorbeeld het kanaal

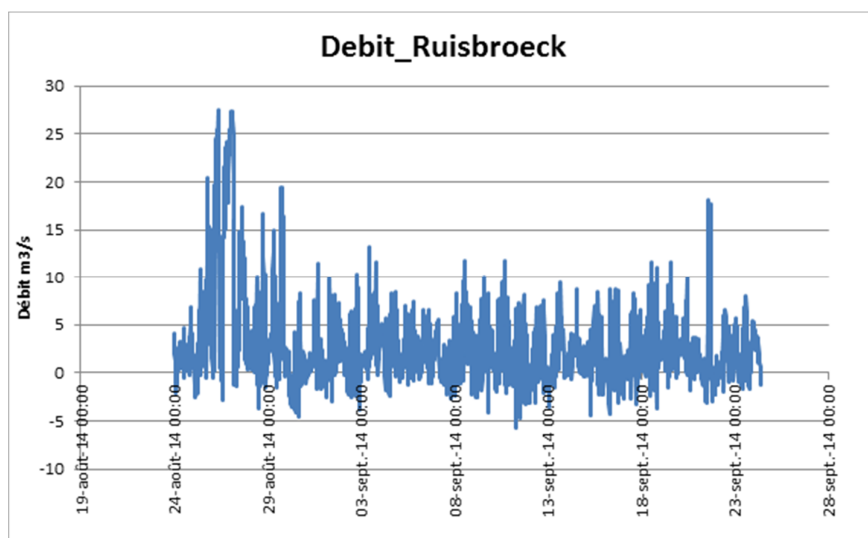


Temperatuur bij verlaten van Brussel

29

Oppervlaktewater

Bijvoorbeeld het kanaal



Evolutie van het debiet

30

Oppervlaktewater

Bijvoorbeeld het kanaal

- Temperatuurniveau
 - ▶ In de winter, vergelijkbaar met open geothermisch systeem
 - ▶ In de zomer, lager temperatuurniveau dan lucht (overdag), maar hoger dan bij open geothermisch systeem
- Debiet
 - ▶ Kan zeer laag tot zelfs negatief zijn in de zomer (geen cijfers voor de winter) => wat is het globaal potentieel van het kanaal?
- De warmtecaptatie kan via
 - ▶ Een ondergedompelde warmtewisselaar => kost, bescherming, onderhoud?
 - ▶ Pompen, filteren, platenwisselaar => drukverliezen, bijkomende wisselaar



31

Oppervlaktewater

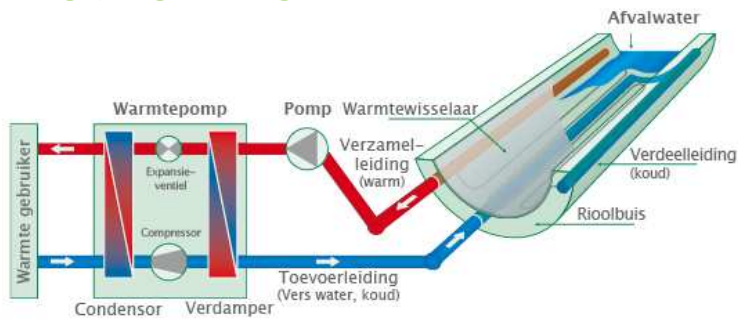
2 voorbeelden

- Onderneming Riebel
 - ▶ verwarming/koeling van de kantoren
 - ▶ Water gepompt uit kanaal
- Rekencentrum te Anderlecht
 - ▶ Enkel koeling
 - ▶ Water opgepompt uit kanaal in combinatie met luchtkoelers
 - › Optimalisatie van de prestaties ifv lucht- en watertemperaturen
- In de twee gevallen:
 - ▶ Delikaat onderhoud/beheer
 - › Reinigen van de filters
 - › Algen in de wisselaars
 - ▶ Delikaat beheer/regeling



32

Riothermie



Riothermie = recuperatie van de warmte uit rioolwater

Bron www.kdinternational.nl

- Temperatuur tussen de 10 en 15 °C
- Warmtecaptatie: 2 mogelijkheden:
 - ▶ Geïntegreerde wisselaar in de afvoerkanalen
 - ▶ Platenwisselaar via opgepompt en gefilterd water
- Niet te verwaarlozen rendementsverlies indien de afvoerkanalen ook regenwater bevatten (temperatuur daalt drastisch bij onweersbuien bv)



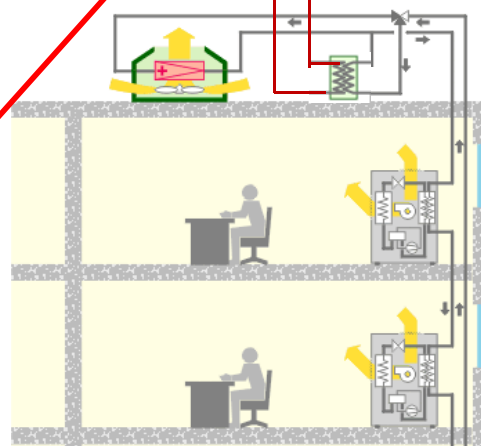
33

Recuperatie van restwarmte

- Project « Docks Brussel » (commercieel complex)
- Warmtekring gevoed met warmte van verbrandingsoven
 - ▶ Regime winter: 27-32°C
 - ▶ Regime primaire kring (vanuit verbrandingsoven): 110-50°C
 - › warmte gecapteerd via de rookgassen van de verbrandingsoven



Bron www.rtbf.be



Bron : énergie+



34

Recuperatie van restwarmte

- WP niet strikt nodig, maar toch te rechtvaardigen omwille:
 - ▶ van de aard van het project: technologie van de warmtekring is goed aangepast voor commerciële centra
 - ▶ van investeringsredenen: de WP zijn individueel en worden gefinancierd door de huurder
- Indien de warmte was gecapteerd uit de warmteafgifte van de koeling van de dampcondensator op uitgang van de turbines
 - ▶ Warmte à 35 °C -> WP noodzakelijk
 - ▶ Debieten tussen verbrandingsoven en commercieel complex veel groter
 - › Grote meerkosten voor leidingen
 - › verbruik van de pompen



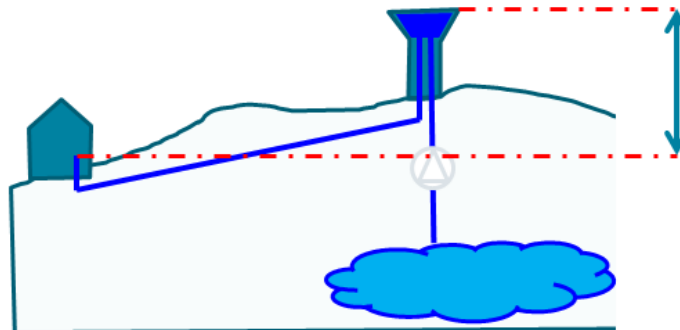
Bron www.rtf.be

35



3. De optimalisatie van de warmtebron

Temperatuur van de warmtebron



= vereiste temperatuur voor afgiftesysteem



36

Lagetemperatuursafgifte = Performante gebouwschil

Het geleverde vermogen door het afgiftesysteem is rechtevenredig met de temperatuur

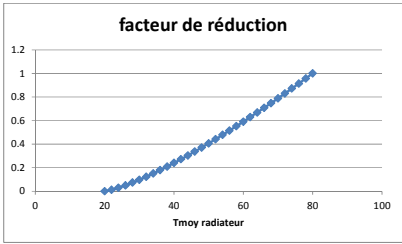
=> Een lagetemperatuursafgiftesysteem vereist lage behoeften en dus een performante gebouwschil

Voorbeeld van een radiator:



Regime 90/70/20 °C in vgl met 45/40/20 °C

$$\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)^{1,3} = \left(\frac{22,5^\circ\text{C}}{60^\circ\text{C}}\right)^{1,3} = 0,28$$



ΔT = verschil tussen de gemiddelde temperatuur van de radiator en die van het lokaal

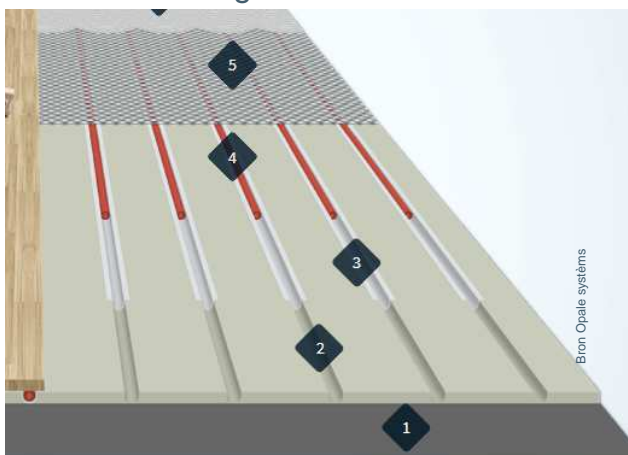
Afgiftesystemen voor residentieel

Vloerverwarming

- Verhoogd comfort
- Plaatswinst
- Moeilijk te regelen indien vereist vermogen < 35 W/m²
=> indien nog lager (lage energiewoning), kies voor systeem met lage inertie



Bron DGO4



Bron Opale systems



Afgiftesystemen voor residentieel



« Overgedimensioneerde » radiatoren

- tzt gedimensioneerd op lagetemperatuurswerking
- Bij renovatie, na grondige isolatie van de gebouwschil, zijn de bestaande radiatoren vaak voldoende overgedimensioneerd
- Afmetingen kunnen belangrijk zijn



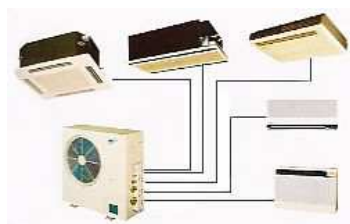
« Gebooste » convectoren

- Versterkt vermogen bij lage temperatuur
- Zeer stil (geschikt voor slaapkamers)
- Elektronische regeling van de ventilatoren
- Gering elektrisch vermogen van de ventilatoren (~ 6W)

39

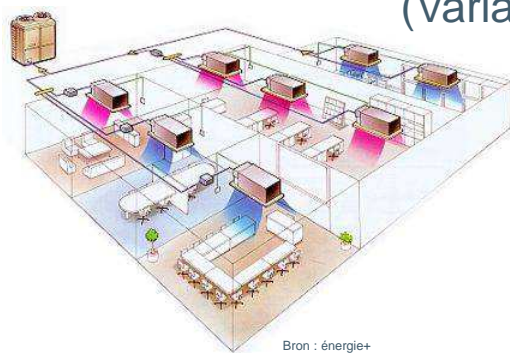
Afgiftesystemen voor de tertiaire sector

Directe wisselaar: split en multi-splitsystemen



- Geen bijkomende wisselaar tussen koelvloeistof en lucht

• Verwarming en koeling van lokalen via VRV (Variable Refrigerant Volume)

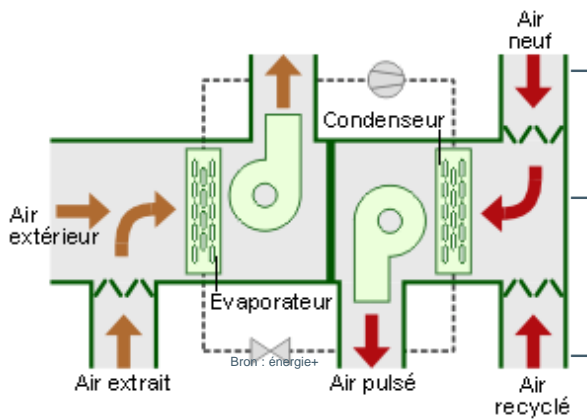


- In tussenseizoenen moeten sommige lokalen verwarmd worden, andere gekoeld
=> het systeem transfereert warmte van een lokaal naar een ander

40

Afgiftesystemen voor de tertiaire sector

Verwarming/koeling in luchtbehandelingsgroepen



- Niet noodzakelijk het warmtevoerende medium en dus bijkomende wisselaar nodig tussen koelvloeistof en lucht
- Dimensionering van de wisselaar bepaalt de temperatuur van de warmtebron: =>compromis te zoeken tussen verhogen drukverliezen en verhoging investeringskost
- Warmterecuperatie uit extractielucht



41

Afgiftesystemen voor de tertiaire sector

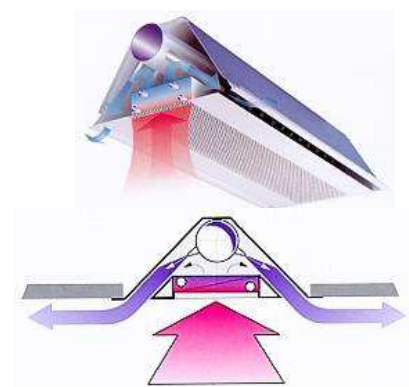
Ventilo-convectoren



- Gedwongen convection -> belangrijk vermogen zelfs bij lage temperatuur
- Recente modellen met ventilatoren op gelijkstroom verbruiken zeer weinig elektriciteit en zijn betrekkelijk geruisloos

« Warmte/koude » - balken

- Een deel van de warmte/koude wordt toegevoerd via verse lucht
- Een ander via een wisselaar doorstroomd met circulatielucht uit het lokaal opgewekt door de pulsie van verse lucht



42

Afgiftesystemen voor de tertiaire sector

Stralingsplafond



Bron : Matriciel+

Betonkernactivering



Bron : energie+

Transmissie van de warmte voornamelijk door straling => temperatuur relatief laag (of hoog bij koeling)

Zeer hoge thermische inertie :
=> delikate regeling, risico op

- oververhitting
- energievernietiging

43



Sanitair Warm Water

- Lagere prestaties gezien de temperatuur van de warmtebron hoger ligt
 - ▶ Het rendement op primaire energie riskeert vergelijkbaar te zien met goed gastoestel => voornamelijk interessant ter vervanging van elektrische boiler
 - ▶ Performante toestellen voor relatief hoge temperaturen (bv. WP CO₂)
- Voorzie een voldoende groot opslagvat, zodat op gematigde temperatuur kan worden opgeslaan
- Aandacht voor de regeling:
 - ▶ als de WP aanslaat bij de geringste waterafname heeft dat negatieve impact op de prestaties
- De prestaties zijn onafhankelijk van de gebouwkenmerken => groot potentieel bij renovatie



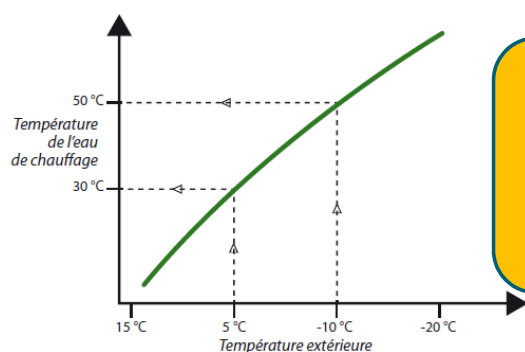
Bron : energreen.be



44

4. Belang van de regeling

De jaarprestaties worden geoptimaliseerd als de temperatuur van de warmtebron wordt verlaagd indien de klimatologische omstandigheden dat toelaten:



Verzeker u er van dat deze regeling goed is geparametriseerd (volgens dimensionering afgifte) en effectief is (niet op handmatig zetten!)

45



4. Belang van monitoring

- De prestaties van een warmtepomp zijn zeer gevoelig aan de werkingscondities
- Een monitoring van de COP maakt het mogelijk eventuele afwijkingen vast te stellen, die vaak te wijten zijn aan
 - ▶ een slechte parametrisering van de regeling
 - ▶ een disfunctie van de installatie
- Het opvolgen van de COP vereist het opvolgen van het elektriciteitsverbruik (energieteller) en de geproduceerde warmte (calorimeter)



46

Nuttige tools, websites, enz. :

- Info op de site van Leefmilieu Brussel:
<http://www.leefmilieu.brussels/themas/energie/wat-groene-energie/warmtepompen>
- Brochure uitgegeven door Waals gewest :
<http://energie.wallonie.be/fr/les-pompes-a-chaaleur.html?IDC=6190&IDD=26697>
- <http://www.energieplus-lesite.be>
- Monitoring van geïnstalleerde WP in real time:
<http://www.liveheatpump.be>
- Fiches van de AFPAC over geluidshinder bij aërothermie:
http://www.afpac.org/sites/default/files/afpac_fiche_acoustique_n1_v1_1_2014.pdf
http://www.afpac.org/sites/default/files/afpac_fiche_acoustique_n2_v1_1_2014.pdf



Wat moet ik onthouden van de presentatie?

- Verschillende beschikbare warmtebronnen in Brussel, met een belangrijk potentieel
- Op gebouwniveau zijn niet alle opties steeds beschikbaar, dat hangt af van onmiddellijke omgeving...
 - ▶ Geluidshinder
 - ▶ Beschikbare ruimte, toegankelijkheid van het terrein
 - ▶ Nabijheid van oppervlaktewater
 - ▶ Aard van de ondergrond
 - ▶ Restwarmte in de nabijheid (riool, industrie, ...)
 - ▶ evenals van het type gebouw
- Een groot deel van het grondgebied van het gewest komt in aanmerking voor geothermie met opslag
- Onmiddellijke en continue invloed van de temperaturen op de prestaties
 - ▶ Geothermie, oppervlaktewater en restwarmte zijn de koudebronnen met het hoogste temperatuurniveau
 - ▶ De energieprestatie van de gebouwschil en de dimensionering van het afgiftesysteem bepalen het temperatuurniveau van de warmtebron



Contact

Raphaël Capart

Dienst Facilitator Duurzaam Bouwen

Specialist WP voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Tel : 0800 85 775

Mail : facilitateur@environnement.irisnet.be

ICEDD asbl

Institut de Conseil en d'Etudes en Développement Durable asbl

Bvd Frère Orban, 4

B-5000 Namur (Belgique)

 : 081 25 04 80



E-mail : rc@icedd.be

Warmtepompen in de Brusselse context

Regelgevend kader en overheidssteun

Julien DONEUX
Leefmilieu Brussel

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest kreeg haar doelstellingen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Daarnaast moet ze ook voldoen aan de Europese verplichtingen wat betreft de productie en het gebruik van hernieuwbare energiebronnen. Daarbij moet ze, onder andere, het aandeel van hernieuwbare energie in het energieverbruik verdubbelen tegen 2020.

Om deze doelstelling te halen wordt ook gekeken naar de warmtepompen, een interessante technologie die zeker een steentje kan bijdragen. Het is inderdaad zo dat, gesteld dat gekozen wordt voor performante systemen, warmtepompen gebruikmaken van bronnen uit lucht, geothermie of hydrothermie om de warmte- en koudebehoeften in te vullen of het nodige sanitaire warm water te produceren in verschillende gebouwtypes (tertiair, huisvesting,...).

Het BHG wil dan ook graag de installatie van warmtepompen aanmoedigen via diverse maatregelen, zowel op regelgevend niveau als financieel. En door deze verder te promoten.

De presentatie wil u graag een overzicht bieden van alle maatregelen die momenteel van toepassing zijn in 2016.

Seminarie Duurzaam Bouwen:

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

4 maart 2016
Leefmilieu Brussel

Warmtepompen in de Brusselse context

Julien DONEUX

Leefmilieu Brussel



LEEFMILIEU BRUSSEL
BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Doelstellingen van de presentatie

Overzicht van het **regelgevend kader**
en de **overheidssteun**
voor de verdere **ontwikkeling**
van **WP** in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest



Plan van de presentatie

- I. Doelstellingen HEB in het BHG
 - ▶ -30% broeikasgas in 2025
 - ▶ 4% HEB in 2020
- II. WP = HEB?
 - ▶ Definitie EU - SPF
- III. Promotie
 - ▶ Regelgevingen
 - ▶ Financiële ondersteuning
 - ▶ Info en begeleiding
- IV. Conclusies



3

I. Doelstellingen HEB in het BHG

- Broeikasgas: het BHG heeft zich geëngageerd tegen 2025 30% minder broeikasgassen uit te stoten
- HEB : door Europa vastgelegde doelstelling van 20% tegen 2020
 - ▶ 13% HEB in België
 - ▶ « Burdensharing» => **4% HEB in BHG**
 - › Momenteel: **2 %**
 - › Nog 4 jaar te gaan...
- Maken WP deel uit van de oplossing?



4

II. WP = HEB?

- Is een warmtepomp wel een systeem dat gebruikmaakt van hernieuwbare energie of deze opwekt?
 - ▶ Werkingsprincipe
 - › Bronnen: lucht, water en bodem (~ zon)
 - › Motor: gas of elektriciteit
 - ▶ Rendement
 - › Elektriciteitsnet: 40% (Conversiefactor Primaire Energie = 2,5)
 - › WP : Seizonale Performantie Factor (SPF)



5

Europese definitie: Richtlijn 2009/28/CE: Bijlage VII

Het in de berekening opnemen van energie verkregen uit warmtepompen

De door warmtepompen uit de omgeving onttrokken hoeveelheid aerothermische, geothermische of hydrothermische energie die voor de toepassing van deze richtlijn geacht wordt energie uit hernieuwbare bronnen te zijn, ERES, wordt berekend volgens de volgende formule:

$$\text{ERES} = \text{Qusable} * (1 - 1/\text{SPF})$$

— Qusable = de geraamde totale hoeveelheid bruikbare warmte die wordt afgeleverd door warmtepompen die aan de in artikel 5, lid 4, bedoelde criteria voldoen, als volgt ten uitvoer gelegd: enkel warmtepompen waarvoor **SPF > 1,15 * 1/η** worden in aanmerking genomen;

— SPF = het **geraamde gemiddelde seizoensgebonden rendement** voor deze warmtepompen;

— η is de verhouding tussen de totale brutoproductie van elektriciteit en het verbruik van primaire energie voor elektriciteitsproductie en wordt berekend als een EU-gemiddelde, gebaseerd op Eurostatgegevens.



6

Seizonale Performantie Factor

- $\eta = 46,4\%$ (Eurostat 2013) => als **SPF > 2.48**, dan WP = HEB
- Volgende SPF's zijn te verwachten bij correct gedimensioneerde en geregelde modulerende WPn:

TYPE WP	SPF	Rendement op primaire energie
LUCHT – WATER	3,5	140 %
BODEM _H – WATER	3,6	144 %
BODEM _V – WATER	4,4	170 %

- En dat kan nog hoger ...
- Opgelet: meerdere berekeningswijzen voor de SPF!



7

WP = HEB als...

Dus enkel een WP met volgende eigenschappen:

- ▶ Performant
- ▶ Goed gedimensioneerd
- ▶ Goed geïnstalleerd
- ▶ Goed geregeld
- ▶ Goed onderhouden

én in die omstandigheden die een **reëel** seizoensrendement (*SPF*) **hoger dan 2.5** mogelijk maken

... kan beschouwd worden als productiesysteem voor hernieuwbare energie (HEB)



8

III. Promotie van de WP

- ▶ Regelgeving
 - › EPB
 - › Milieuvergunning - MV
 - › Ordonnantie over bodemvervuiling
 - › Ecodesign en Energy labelling
- ▶ Financiële ondersteuning
 - › Premies
 - › Fiscale aftrek
 - › Investeringssteun
- ▶ Communicatie- en ondersteuningstools
 - Sites (Gids Duurzaam Bouwen – Leefmilieu Brussel)
 - Opleidingen – seminars Duurzaam Bouwen
 - Facilitator – Energiehuis - PLAGÉ

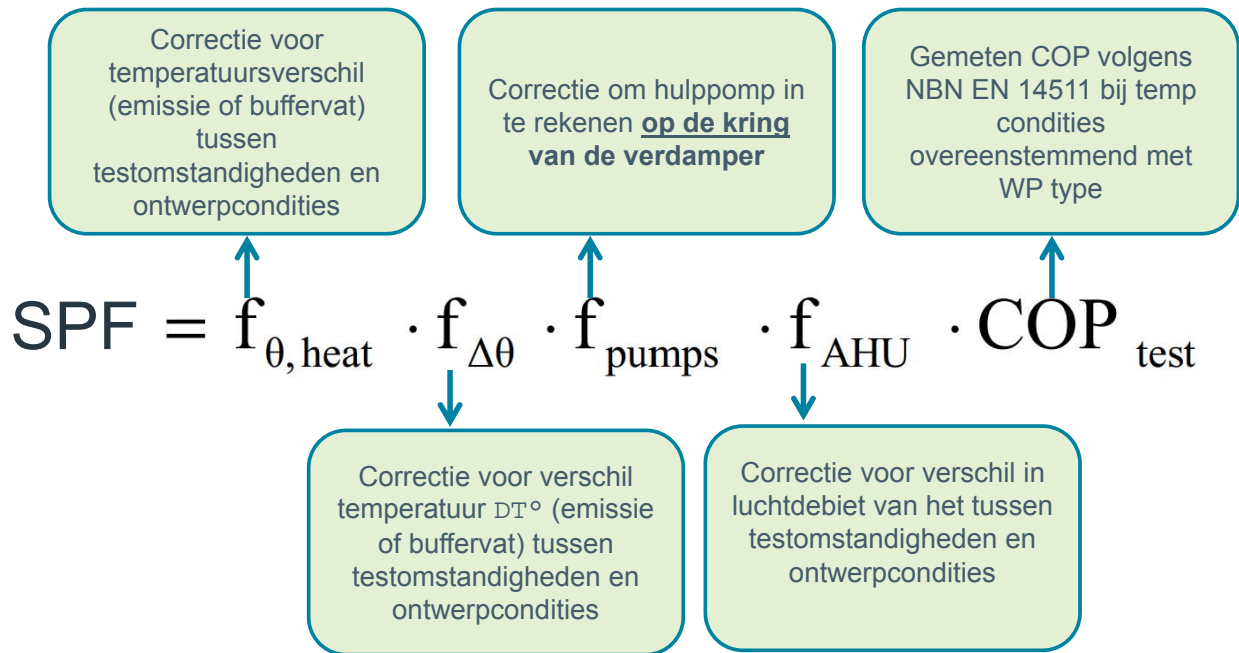


Regelgeving

- Gebouwen:
 - ▶ **EPB 2015** – nieuwbouw en zware renovaties
 - › $E_p < 45 \text{ kWh/m}^2\text{.jaar}$
 - ▶ **EPB** – certificatie: bestaande gebouwen
 - › Defaultwaarden ifv type WP
- Installaties:
 - ▶ **EPB - klimatisatie**
 - › Bij omkeerbare WP en koelvermogen $> 12 \text{ kW}$
 - ▶ **Milieuvergunning en stedenbouwkundige vergunning**
 - › Koelvloeistof / Water oppompen / Lawaai
 - ▶ **Bodemvervuiling**
 - ▶ **Energy labelling**
 - ▶ **Ecodesign**



EPB 2015



Testcondities zijn gedefinieerd in de norm NBN EN 14511

11

Ingave in software EPB 2015

- Verschillende types WP zijn voorzien in de methode
 - ▶ Op niveau van de warmtebronnen:



12

Ingave in software EPB 2015

Testcondities uit de norm EN 14511

Warmtebron	Warmteafgiftemedium	test-omstandigheden
<i>op basis van tabel 3 in NBN EN 14511-2</i>		
buitenlucht, eventueel in combinatie met afgevoerde lucht	gerecycleerde lucht, eventueel in combinatie met buitenlucht	A2/A20
buitenlucht, eventueel in combinatie met afgevoerde lucht	alleen buitenlucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	A2/A2
buitenlucht, eventueel in combinatie met afgevoerde lucht	alleen buitenlucht, met gebruik van een warmteterugwinapparaat	A2/A20
alleen afgevoerde lucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	gerecycleerde lucht, eventueel in combinatie met buitenlucht	A20/A20
alleen afgevoerde lucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	alleen buitenlucht, zonder gebruik van een warmteterugwinapparaat	A20/A2
alleen afgevoerde lucht, met gebruik van een warmteterugwinapparaat	gerecycleerde lucht, eventueel in combinatie met buitenlucht	A2/A20
alleen afgevoerde lucht, met gebruik van een warmteterugwinapparaat	alleen buitenlucht, met gebruik van een warmteterugwinapparaat	A2/A20



Ingave in software EPB 2015

Defaultwaarden vs gedetailleerde invoer

Berekeningsparameter		Defaultwaarde	Default correctiefactor	Preciese voorbeeldwaarde	Preciese correctiefactor
Ontwerpvertrektemp	$\theta_{\text{supply,design}}$	55°C	0,88 (vloerverwarming) (0.53 bij radiatoren!!)	40°C	1,03
Ontwerptemp verschil tussen vertrek en retour	$\Delta\theta_{\text{design}}$	-	0,93	5°C	1,00
Verhoging watertemp condensor bij de meting	$\Delta\theta_{\text{test}}$			5°C	
Verhouding elekt vermogen van de circulatiepomp tov de warmtepomp	$P_{\text{pumps}}/P_{\text{HP}}$	-	0,83	0,5kW/5kW	0,91
Totale correctiefactor		0,88 x 0,93 x 0,83 = 0,68		1,03 x 1,00 x 0,91 = 0,94	

Attentie: theoretische SPF! Belang van dimensionering en installatie



EPB Klimatisatie

bij omkeerbare WP
met nominaal effectief (koel)vermogen > 12 kW

Volet « chauffage et climatisation PEB »
de l'Ordonnance PEB

Règlementation chauffage PEB

Règlementation climatisation PEB

Entrée en vigueur : 1^{er} septembre 2012

Exigences

Actes réglementaires

Agréments

Entretien minimum

Technicien
clim. PEB

Contrôle périodique
des systèmes de clim.

Contrôleur



15

Milieuvergunning

- Geothermie: bijna steeds **geklasseerde installaties** onderworpen aan melding of milieuvergunning
- **Open geothermische systemen: captatie**
=> steeds MV-plichtig
 - ▶ oppompen grondwater → rubriek 62
 - ▶ warmtepomp (WP) → rubriek 132 (koeling)
 - ▶ (bij hoger dan drempel: elektrische pompen → rubriek 55)EN toelating voor oppompen!

› Uniformisering van deze twee eisen lopende



16

Milieuvergunning

- **Gesloten geothermische systemen:** onderworpen aan melding of MV als de *WP is ingedeeld* → rubriek 132 (koelinstallaties)
 - ▶ P compressor < 10kWel en < 3 kg koelmiddel
 - › Niet-geklasseerde installatie = geen toelating vereist
 - ▶ 10 kWel < P < 100 kWel of > 3 kg koelmiddel
 - › Klasse 3 en dus meldingsplichtig
 - ▶ P > 100 kWel
 - › klasse 2 en dus onderworpen aan MV

(Of bij geklasseerde elektrische pompen → rubriek 55)

Opmerking: de geothermische *boringen* en *sondes* zijn momenteel nog niet ingedeeld, maar wijzigingen zijn op korte termijn voorzien



17

Milieuvergunning

- Exploitatievoorwaarden (Besl. BHG 22 maart 2012):
- Controle op dichtheid Fluor broeikasgas koelmiddel
 - vanaf **5 Teq CO2 – nieuw Europees** reglement Fluorgas (EU 517/2014)
 - Frequentie ifv Teq CO2
 - Door gekwalificeerd KOELtechnicus – geregistreerde onderneming
 - Vorming over alternatieve koelmiddelen (CO2, NH3, HFO) - aandacht voor brandbaarheid en toxiciteit
- **HCFC: afgelopen!** Sinds 1 jan 2015 is het verboden nog een geklasseerde koelinstallatie te gebruiken op HCFC
 - ▶ Attentie voor de vloeistof!!!
 - ▶ Attentie voor lekken!!!



18

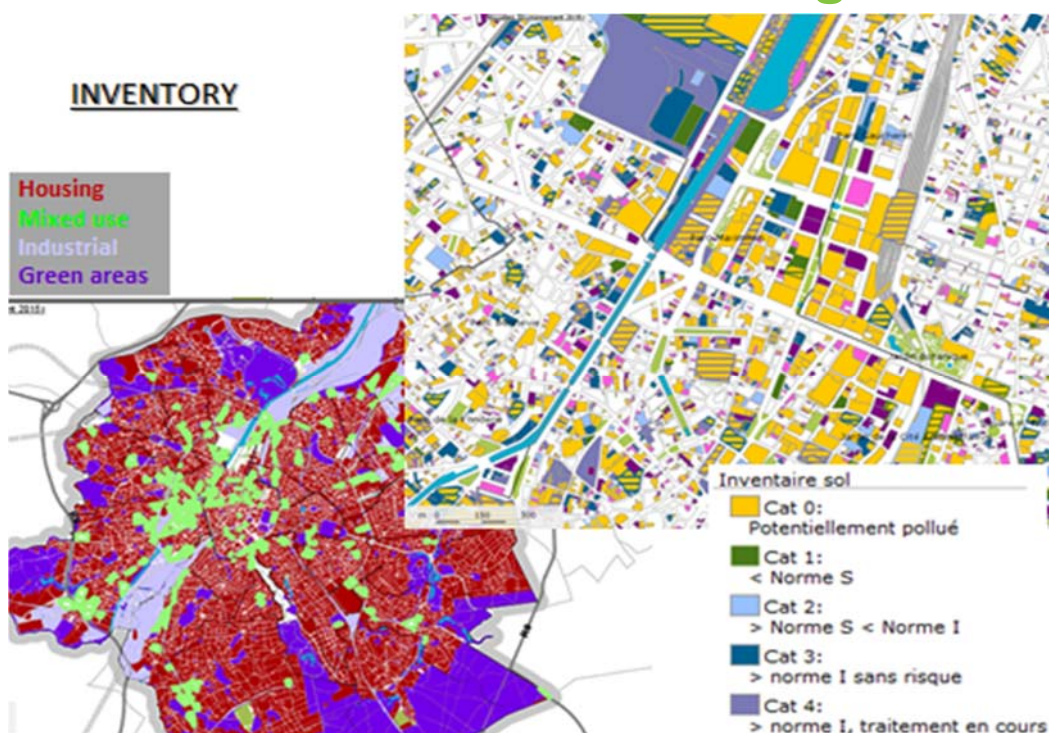
Stedenbouwkundige vergunning en Lawaai

- Regelgeving stedenbouw (COBAT) stipt aan dat **geothermische** boringen onderworpen zijn aan een effectenrapport
 - ▶ Stedenbouwkundige vergunning
 - › Zich informeren bij de gemeente
- **Naburig lawaai** (Besl BHG 21/11/2002, aangevuld in 2011)
 - ▶ Niveau max te respecteren!
 - › Attentie bij WP-verdampers met dynamische lucht



19

Ordonnantie Bodemvervuiling

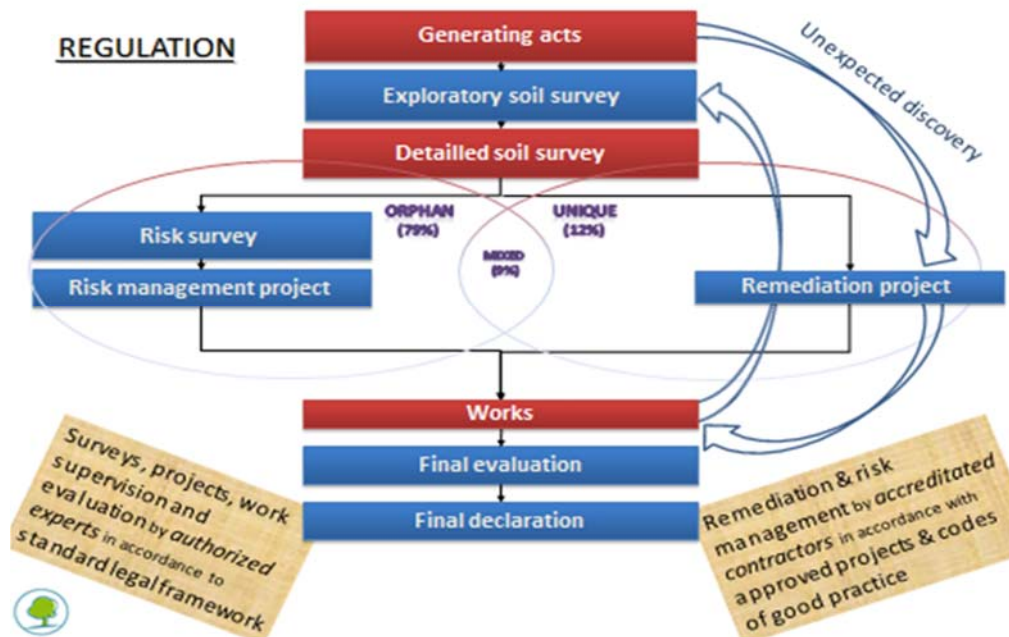


Zo snel mogelijk te verifiëren!!!

http://geoportal.ibgebim.be/webgis/inventaire_sol.phtml

20

Ordonnantie Bodemvervuiling



- Geothermie – kan helpen bij bodemsanering!

▶ <http://app.bruxellesenvironnement.be/BIM>

▶ Online tool

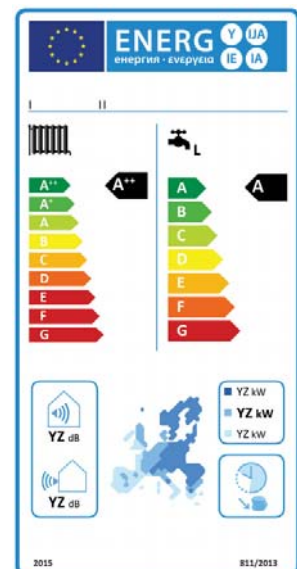
21

Energy Label

Etikettering: Europese regels 811/2013 en 812/2013

Alle WP

- ▶ op de markt gebracht en/of in gebruik sinds **26 september 2015**
- ▶ met een nominaal thermisch vermogen ≤ 70 kW
- ▶ bestemd voor de productie van
 - › enkel **verwarming**
 - › **gecombineerde** verwarming en SWW
 - › enkel **SWW**



- moeten voorzien zijn van een **label** waarop hun prestaties staan vermeld

- ▶ Energetisch
- ▶ Akoestisch

22

Ecodesign – Eco-ontwerp

Eisen: Europese regels 813/2013 en 814/2013

Alle WP

- ▶ op de markt gebracht en/of in gebruik sinds **26 september 2015**
- ▶ met een nominaal thermisch vermogen ≤ 400 kW
- ▶ bestemd voor de productie van
 - › enkel **verwarming**
 - › **gecombineerde** verwarming en SWW
 - › enkel **SWW**

worden onderworpen aan bepaalde **eisen:**

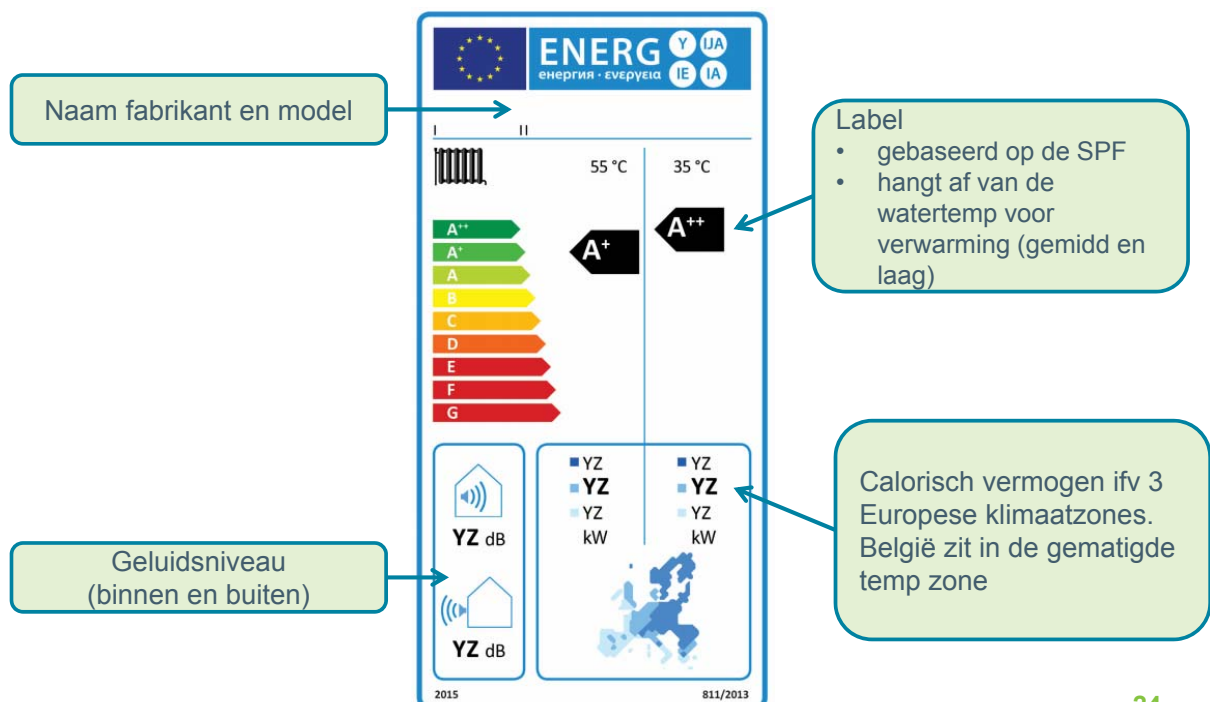
- ▶ Minimale *energie-efficiëntie*
- ▶ Maximaal *akoestisch* niveau
- ▶ *Informatie* op de producten (gegevens moeten opgenomen zijn in de technische fiche)



23

Energy Label

Label WP verwarming



24

Ecodesign

Energetische klassen voor de « niet-lage temperatuur » WP

Classes d'efficacité énergétique saisonnière, pour le chauffage des locaux, des dispositifs de chauffage, à l'exception des pompes à chaleur basse température et des dispositifs de chauffage des locaux par pompe à chaleur conçus pour l'application à basse température

Classe d'efficacité énergétique saisonnière pour le chauffage des locaux	Efficacité énergétique saisonnière pour le chauffage des locaux η_s en %
A ⁺⁺⁺	$\eta_s \geq 150$
A ⁺⁺	$125 \leq \eta_s < 150$
A ⁺	$98 \leq \eta_s < 125$
A	$90 \leq \eta_s < 98$
B	$82 \leq \eta_s < 90$
C	$75 \leq \eta_s < 82$
D	$36 \leq \eta_s < 75$
E	$34 \leq \eta_s < 36$
F	$30 \leq \eta_s < 34$
G	$\eta_s < 30$

Primaire énergie
convertie 2.5

SPF ≥ 3.75

SPF ≥ 3.13

SPF ≥ 2.45

Eis Ecodesign : $\eta_s > 100\%$
(=> SPF > 2.5)



25

Ecodesign

Energetische klassen voor de « lage temperatuur » WP

Classes d'efficacité énergétique saisonnière, pour le chauffage des locaux, des pompes à chaleur basse température et des dispositifs de chauffage des locaux par pompe à chaleur conçus pour l'application à basse température

Classe d'efficacité énergétique saisonnière pour le chauffage des locaux	Efficacité énergétique saisonnière pour le chauffage des locaux η_s en %
A ⁺⁺⁺	$\eta_s \geq 175$
A ⁺⁺	$150 \leq \eta_s < 175$
A ⁺	$123 \leq \eta_s < 150$
A	$115 \leq \eta_s < 123$
B	$107 \leq \eta_s < 115$
C	$100 \leq \eta_s < 107$
D	$61 \leq \eta_s < 100$
E	$59 \leq \eta_s < 61$
F	$55 \leq \eta_s < 59$
G	$\eta_s < 55$

Primaire énergie
convertie 2.5

SPF ≥ 4.38

SPF ≥ 3.75

SPF ≥ 3.08

SPF ≥ 2.88

SPF ≥ 2.68

SPF ≥ 2.5

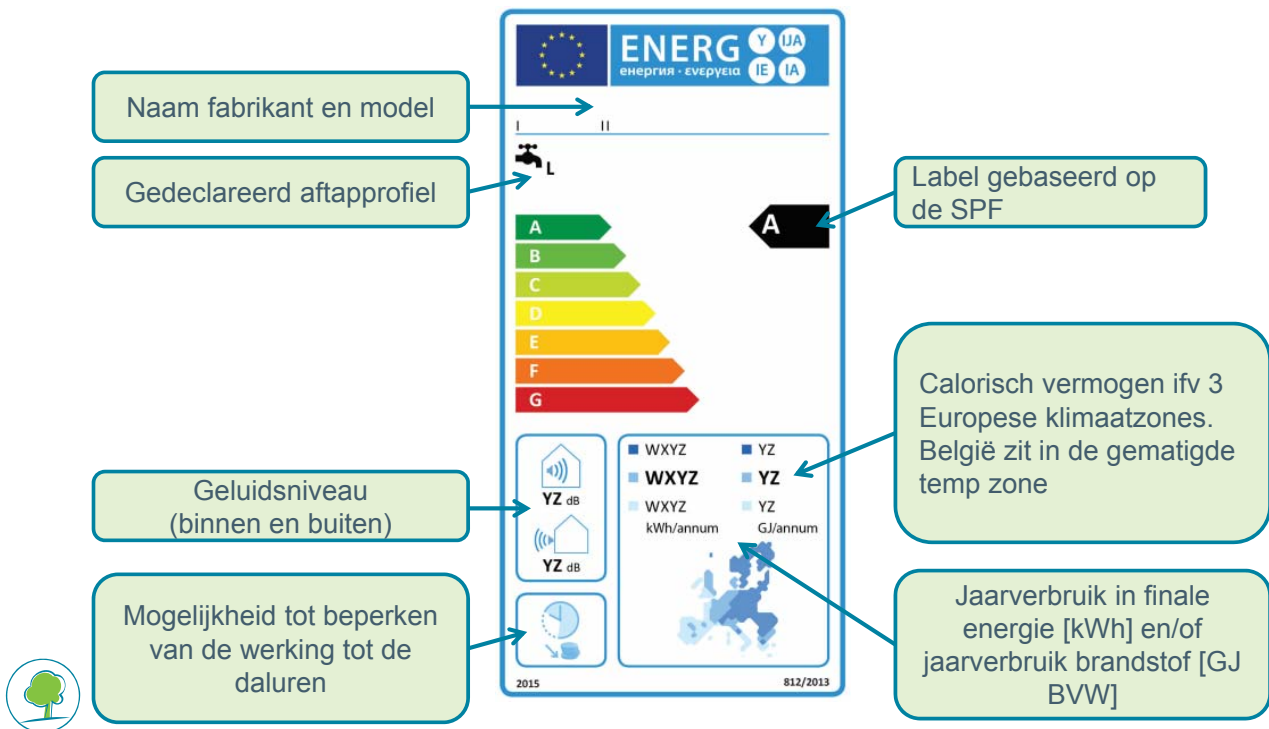
Eis Ecodesign : $\eta_s > 115\%$
(=> SPF > 2.88)



26

Energy Label

Label WP SWW



Ecodesign

Energetische klassen enkel SWW

Classes d'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau, selon les profils de soutirage déclarés, η_{wh} en %

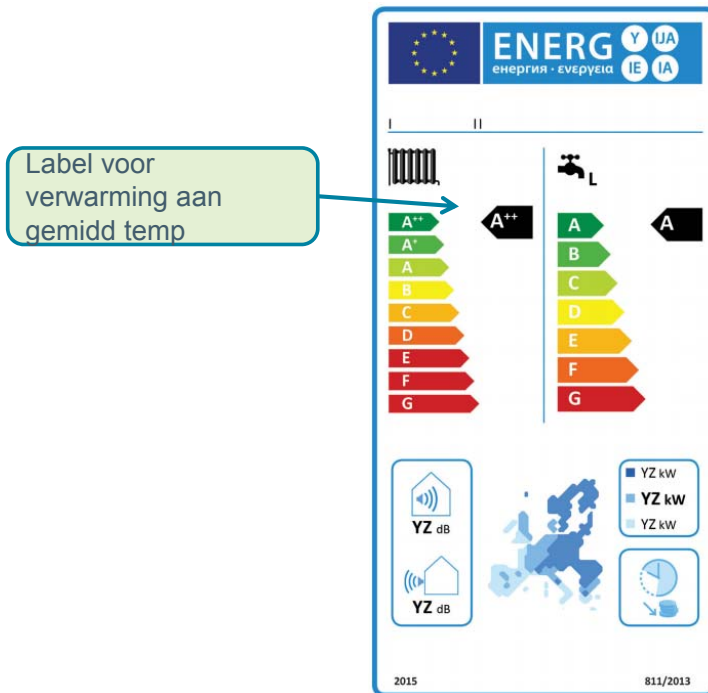
	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL
A***	$\eta_{wh} \geq 62$	$\eta_{wh} \geq 62$	$\eta_{wh} \geq 69$	$\eta_{wh} \geq 90$	$\eta_{wh} \geq 163$	$\eta_{wh} \geq 188$	$\eta_{wh} \geq 200$	$\eta_{wh} \geq 213$
A**	$53 \leq \eta_{wh} < 62$	$53 \leq \eta_{wh} < 62$	$61 \leq \eta_{wh} < 69$	$72 \leq \eta_{wh} < 90$	$130 \leq \eta_{wh} < 163$	$150 \leq \eta_{wh} < 188$	$160 \leq \eta_{wh} < 200$	$170 \leq \eta_{wh} < 213$
A*	$44 \leq \eta_{wh} < 53$	$44 \leq \eta_{wh} < 53$	$53 \leq \eta_{wh} < 61$	$55 \leq \eta_{wh} < 72$	$100 \leq \eta_{wh} < 130$	$115 \leq \eta_{wh} < 150$	$123 \leq \eta_{wh} < 160$	$131 \leq \eta_{wh} < 170$
A	$35 \leq \eta_{wh} < 44$	$35 \leq \eta_{wh} < 44$	$38 \leq \eta_{wh} < 53$	$38 \leq \eta_{wh} < 55$	$65 \leq \eta_{wh} < 100$	$75 \leq \eta_{wh} < 115$	$80 \leq \eta_{wh} < 123$	$85 \leq \eta_{wh} < 131$
B	$32 \leq \eta_{wh} < 35$	$32 \leq \eta_{wh} < 35$	$35 \leq \eta_{wh} < 38$	$35 \leq \eta_{wh} < 38$	$39 \leq \eta_{wh} < 65$	$50 \leq \eta_{wh} < 75$	$55 \leq \eta_{wh} < 80$	$60 \leq \eta_{wh} < 85$
C	$29 \leq \eta_{wh} < 32$	$29 \leq \eta_{wh} < 32$	$32 \leq \eta_{wh} < 35$	$32 \leq \eta_{wh} < 35$	$36 \leq \eta_{wh} < 39$	$37 \leq \eta_{wh} < 50$	$38 \leq \eta_{wh} < 55$	$40 \leq \eta_{wh} < 60$
D	$26 \leq \eta_{wh} < 29$	$26 \leq \eta_{wh} < 29$	$29 \leq \eta_{wh} < 32$	$29 \leq \eta_{wh} < 32$	$33 \leq \eta_{wh} < 36$	$34 \leq \eta_{wh} < 37$	$35 \leq \eta_{wh} < 38$	$36 \leq \eta_{wh} < 40$
E	$22 \leq \eta_{wh} < 26$	$23 \leq \eta_{wh} < 26$	$26 \leq \eta_{wh} < 29$	$26 \leq \eta_{wh} < 29$	$30 \leq \eta_{wh} < 33$	$30 \leq \eta_{wh} < 34$	$30 \leq \eta_{wh} < 35$	$32 \leq \eta_{wh} < 36$
F	$19 \leq \eta_{wh} < 22$	$20 \leq \eta_{wh} < 23$	$23 \leq \eta_{wh} < 26$	$23 \leq \eta_{wh} < 26$	$27 \leq \eta_{wh} < 30$	$27 \leq \eta_{wh} < 30$	$27 \leq \eta_{wh} < 30$	$28 \leq \eta_{wh} < 32$
G	$\eta_{wh} < 19$	$\eta_{wh} < 20$	$\eta_{wh} < 23$	$\eta_{wh} < 23$	$\eta_{wh} < 27$	$\eta_{wh} < 27$	$\eta_{wh} < 27$	$\eta_{wh} < 28$

Eis Ecodesign

Profil de soutirage déclaré	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
Efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau	22 %	23 %	26 %	26 %	30 %	30 %	30 %	32 %	32 %	32 %

Energy Labelling

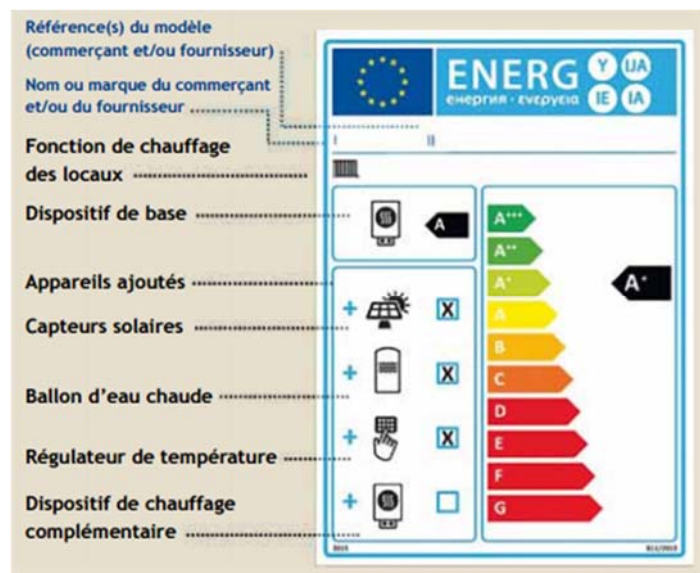
Label WP verwarming + SWW



Packet Label

Combinatie van systemen → mogelijk om de energieklassen te verhogen (tot A+++!)

- ▶ regeling/zon/opslag/ondersteuning
- ▶ Door de INSTALLATEUR



Financiële ondersteuning

- Energiepremies 2016

- <http://www.leefmilieu.brussels/themas/energie/premies-en-stimuli/de-energiepremies-2016>

- Renovatiepremies

- http://huisvesting.brussels/nl/premies-en-steenmaatregelen/premie-voor-de-renovatie-van-het-woonmilieu?set_language=nl

Cumuleerbaar met energiepremies (max 90% geschikt bedrag)

- Fiscale aftrek voor energiebesparende investeringen – ondernemingen - 13,5% (cat. 2.5.f)

- <http://www.leefmilieu.brussels/themas/energie/premies-en-stimuli/andere-premies-en-steenmaatregelen-voor-ondernemingen>

- Investeringssteun - ondernemingen

- 20 à 40 % van toegestane investering

http://www.ecosubsibru.be/index.cfm?fuseaction=aides.aides_one&aide_id=255&language=NL

- Niet cumuleerbaar met de energiepremies



31

Premies Energie 2016

Overzichtstabel					Tertiaire en Industriel		Collectieve woning			Eengezinswoning				
					Cat. A	Cat. C	Cat. A	Cat. B	Cat. C	Cat. A	Cat. B	Cat. C		
A : Energiestudies														
A1	Energieaudit en studie	R	max 50 % van de factuur	€				3000				400		
B : Isolatie en verluchting														
B1	Dakisolatie	R		R ≥ 4 m ² KW / m ²	15	25	15	20	25	15	20	25		
					Bonus - natuurlijk isolatiemateriaal + 10 €/m ²									
B2	Isolatie van buitenmuren	R	max 50 % van de factuur	aan de binnenkant R ≥ 2 m ² KW	20	30	20	25	30	20	25	30		
				aan de buitenkant R ≥ 3,5 m ² KW	40	50	40	45	50	40	45	50		
				in de spouw R ≥ 1 m ² KW	8	12	8	10	12	8	10	12		
					Bonus - natuurlijk isolatiemateriaal + 10 €/m ²									
B3	Vloerisolatie	R		indien vloerplaat R ≥ 2 m ² KW	20	30	20	25	30	20	25	30		
				plafond van kelder R ≥ 3,5 m ² KW										
					Bonus - natuurlijk isolatiemateriaal + 10 €/m ²									
B4	Superisolatie beglazing	R		nieuwe ramen met U beglazing ≤ 1.1	10	20	10	15	20	10	15	20		
				bestaande ramen met U beglazing ≤ 1.2										
B5	Efficiënte mechanische ventilatie	R	max 50 % van de factuur	systeem D	25 % factuur		2500	3000	3500	2500	3000	3500		
				systeem C gecentraliseerd	/		1250	1500	1750	1250	1500	1750		
C : Warmte														
C1	Condenserende verwarmingsketel, heteluchtblazer en luchtverhitter op gas	R		tot 40 kW	€	500	700	500	600	700	500	600	700	
				+ daarboven 40 kW	€/KW	5	5	5	5	5	5	5	5	
				+ inwendig rookkanaal (max 10 meter)	€/m	50	70	50	60	70	50	60	70	
C2	Efficiënte gasconvector	R	max 50 % van de factuur	enkele voor huurders	€	/	/	100	200	300	100	200	300	
C3	Temperatuurregeling	R		kamerthermostaat of optimizer	€	25	100	25	50	100	25	50	100	
				thermostatische kraan	€	10	30	10	20	30	10	20	30	
C4	Warmtepomp - Verwarming	N&R	max 50 % van de factuur		€	25 % factuur	4250	4500	4750	4250	4500	4750		
C5	Warmtepomp - Sanitair warm water	N&R	max 50 % van de factuur		€	/	1400	1500	1600	1400	1500	1600		
C6	Verbuizing van een collectieve schoorsteen	R		% factuur	€	/	30	35	40	/	/	/		
C7	Zonneboiler	N&R	max 50 % van de factuur	tot 4 m ² zonnecollectoren	€	2500	3500	2500	3000	3500	2500	3000	3500	
				+ daarboven 4m ²	€/m ²	200	200	200	200	200	200	200	200	200



32

Premies WP 2016

- **C4 : WARMTEPOMP - VERWARMING**
 - ➔ Enkel verwarming of gecombineerd
 - ➔ Omkeerbaar OK voor tertiair
- **C5 : WARMTEPOMP - SWW**
 - ➔ Enkel SWW
 - ➔ Niet voor tertiair
- ▶ Systeem « **E+** » in de WP premie
- Technische voorwaarden:
 - Installateur **RESCERT gecertificeerd** (tot 50kWth)
 - ▶ Zie de formulieren!
<http://www.leefmilieu.brussels/themas/energie/premies-en-stimuli/de-energiepremies-2016/formulieren-energie-premies-2016>



33

Info en begeleiding



- SITE Leefmilieu Brussel
 - <http://www.leefmilieu.brussels/themas/energie/wat-groene-energie/warmtepompen>
 - Vormingen - Seminars
<http://www.leefmilieu.brussels/guichet/seminaires-et-formation>
 - PLAGE:
<http://www.leefmilieu.brussels/themas/energie/bespaar-energie/plage>
- Gids Duurzame Gebouwen
 - <http://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/nl/homepage.html?DC=1506>
- FACILITATOR Duurzame Gebouwen (profs)
 - <https://be.linkedin.com/in/faciliteur-bâtiment-durable-166498110>
- ENERGIEHUIS (particulieren)
 - <http://www.maisonenergiehuis.be/nl>



34

Nuttige tools, websites, enz. :

- Info-fiche WTCB (ingave van WP in de EPB-software)
 - ▶ <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=48&art=4>
- Milieuvergunning en geklasseerde installaties
 - ▶ <http://www.leefmilieu.brussels/de-milieuvergunning>
- Regelgeving KLIM EPB
 - ▶ <http://www.leefmilieu.brussels/themas/energie/de-energieprestatie-van-gebouwen-epb/de-technische-installaties-chauffage-en-4>
- Koelinstallaties
 - ▶ <http://www.leefmilieu.brussels/themas/gebouwen/het-beheer-van-mijn-gebouw/koelinstallaties>
- Registratie van koeltechnische bedrijven
 - ▶ http://app.leefmilieubrussel.be/lijsten/?nr_list=1
- Bodem ordonnantie
 - ▶ <http://www.leefmilieu.brussels/themas/bodem>
- Ecodesign
 - ▶ <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficient-products/heaters>
- Facilitator WP Waals gewest
 - ▶ <http://www.ef4.be/fr/pompes-a-chaaleur>



35

IV. Te onthouden van de presentatie?

- Te behalen doelstelling in het BHG (4% HEB...)
 - ▶ WP maakt deel uit van de oplossing
- Interessant op voorwaarde van goede **prestaties!**
 - ▶ Performantie van de WP (energy label ecodesign) (SPF_{min} = 2,5)
 - ▶ Aangepast aan energiebehoefte van het gebouw
 - ▶ Dimensionering van de installatie
 - ▶ Afgiftesysteem op (zeer) lage temperatuur
 - ▶ Goede installatie (gecertificeerde installateur)
 - ▶ Regeling doeltreffende en correct geparametriseerd
 - ▶ Goede opvolging van de prestaties (monitoring)
- Diverse bepalingen ondersteuning kwalitatieve WP-installaties:
 - ▶ Regelgeving
 - ▶ Financiële steun
 - ▶ Ondersteuning voorzien om u bij te staan!



36

Contact

Julien DONEUX

Beheerder projecten Duurzame Gebouwen

Leefmilieu Brussel

Div. Energie, lucht, klimaat

Dpt. Duurzame Gebouwen

Begeleiding van professionelen

Havenlaan 86C/3000 B-1000 Brussel

E-mail : jdoneux@environnement.brussels



Warmtepompen bij de renovatie van woongebouwen

Technologieën en uitwisselen van ervaringen

Eric Dumont
Universiteit Bergen

De presentatie gaat over de studie van de prestaties van twee warmtepompen (WP) over een volledig jaar. De ene WP werd geïnstalleerd in een individuele woning die weinig of niet geïsoleerd was. In de tweede woning wordt gekeken naar de kosten-baten op energetisch en economisch vlak, als de WP wordt gecombineerd met isolatie.

In het eerste geval betreft het een warmtepomp op hoge temperatuur met een zogenoemde « injectiecyclus », geïnstalleerd in een niet-geïsoleerde viergevelwoning. Deze WP kwam er ter vervanging van een gasketel en dient zowel voor de verwarming van de woning als voor de aanmaak van het SWW. Bij de aanvang van de studie werd de WP enkele maanden getest in combinatie met de oude radiatoren die gebruikt werden samen met de gasketel. Vervolgens werden de radiatoren vervangen door ventilo-convectoren en werden de prestaties gedurende twee jaar verder opgevolgd. Tenslotte werden de ventilo-convectoren vervangen door vloerverwarming en werden de prestaties van de WP nogmaals een jaar opgevolgd.

In het tweede geval betreft het een warmtepomp op hoge temperatuur met een zogenoemde « cascadecyclus », geïnstalleerd in een weinig geïsoleerde viergevelwoning. Deze WP verving een gasketel (die wel werd bewaard) en staat in voor de verwarming van de woning en de productie van het SWW. Ze werd gekoppeld aan de bestaande radiatoren en haar prestaties werden gedurende een volledig jaar opgevolgd.

De energetische en economische studie focuste op de finale energiebesparing, de primaire energiebesparing en de CO₂ –uitstoot in verschillende isolatiescenario's in de tweede woning, al dan niet in combinatie met de WP-installatie. De presentatie geeft eveneens een overzicht van de eenvoudige terugverdientijd van de investering in de verschillende scenario's.

Seminarie Duurzaam Bouwen:

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

4 maart 2016
Leefmilieu Brussel

**Warmtepompen bij de renovatie van woongebouwen:
Twee concrete voorbeelden bij individuele huisvesting**

Eric DUMONT, assistent-professor

Universiteit Bergen – Faculteit Polytechnieken



LEEFMILIEU BRUSSEL

BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Doelstellingen van de presentatie

- Toelichten van twee concrete WP-installaties, waarbij een verschillende technologie werd toegepast bij de renovatie van twee individuele woningen
- Presenteren van een energetisch/economische studie bij één van deze twee gevallen, waarbij de impact van de isolatiegraad wordt vergeleken met al dan niet de installatie van een WP



Plan van de presentatie

1. Introductie
2. Opvolging van een warmtepomp op hoge temperatuur (injectiecyclus)
3. Opvolging van een warmtepomp op hoge temperatuur (cascadecyclus)
4. Energetische en economische studie
5. Conclusies



3

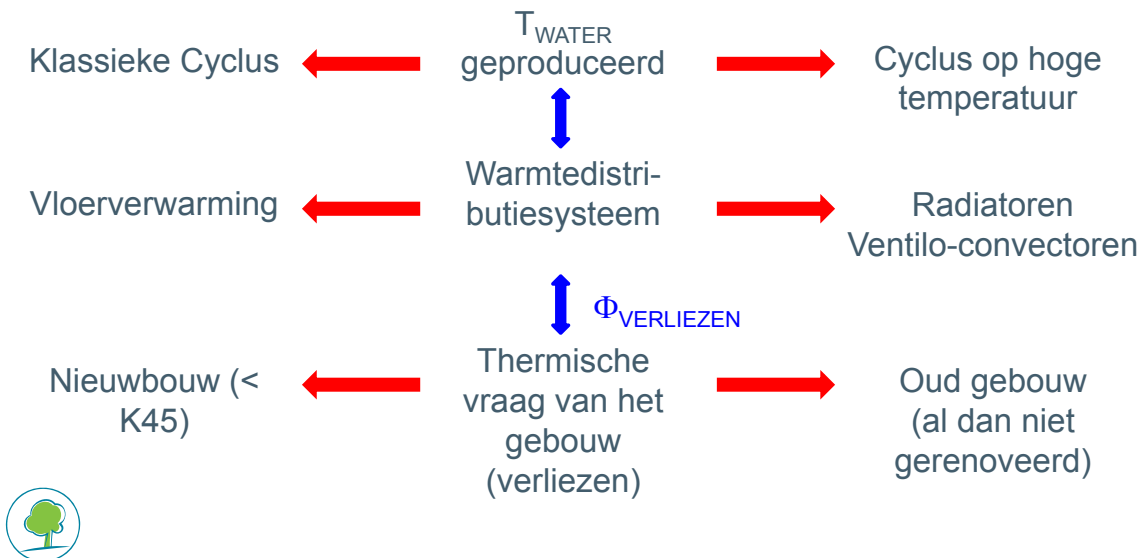
Introductie



4

WP en renovatie

- Het is de combinatie WP - warmtedistributiesysteem die de temperatuur van het geproduceerde water bepaalt!
- Indien de temperatuur van het geproduceerde water niet voldoende is in combinatie met de isolatiegraad van de woning, dan zal de binnencomforttemperatuur niet gehaald worden!



5

WP en renovatie

- Eerste oplossing
 - Vervangen van de warmteafgifte op hoge temperatuur (60-70°C) naar afgifte op gemiddelde temperatuur (ventilo-convectoren : 40-50°C) of lage temperatuur (vloerverwarming: 30-35°C)
 - Omvangrijke investering (woningisolatie, vervangen afgifte-elementen, investering in een WP)
 - Technologie :
 - WP « standaard » met « klassieke » thermodynamische cyclus (vloerverwarming)
 - WP hoge temperatuur met meer complexe cyclus (ventilo-convectoren)



6

WP en renovatie

- Tweede oplossing
 - Installatie van verwarmingssysteem met warmtepomp, maar met behoud van de bestaande hogetemperatuursafgifte (60-70°C)
 - Geringere investering (lichte isolatiewerken of geen, investering in een WP)
 - Technologie :
 - WP op hoge temperatuur met complexe cyclus
 - WP hybride
 - WP absorptie/adsorptie
 - WP met gasmotor



Opvolging van een warmtepomp op hoge temperatuur (injectiecyclus)



Introductie

- WP geïnstalleerd in viergevelwoning, zwak geïsoleerd, bouwjaar 1995 (K100) te Châtelet : $\Phi_{\text{VERLIEZEN}} (T_{\text{EXT}} = -10^{\circ}\text{C}) = 11 \text{ kW}$
- De WP staat in voor de verwarming en de productie van sanitair warm water (SWW, voorraadvat van 200 l)



9

Introductie

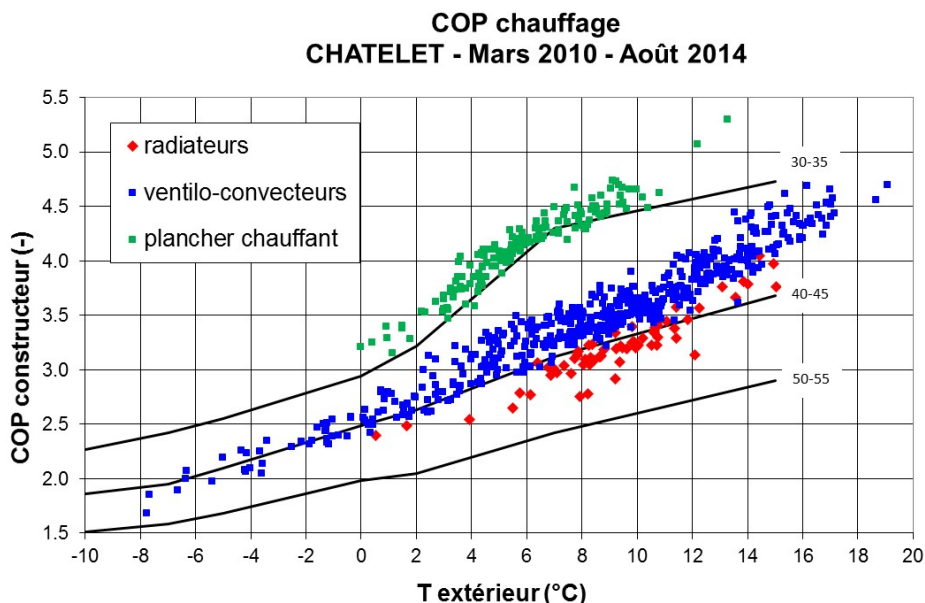
- Monitoring van een WP lucht-water (AJ TECH/ARKTEOS ZURAN 100) die gebruikmaakt van een injectiecyclus met compressor op variabele snelheid
- Nominale warmtestroom WP = 12 kW
- De WP werd volledig toegerust voor detailmetingen in april 2010



10

Resultaten voor verwarming

- COP per dag – periode maart 2010 – augustus 2014



11

Resultaten voor verwarming

- Jaarresultaten voor de seizoenen 2010-2011 en 2011-2012 (ventilo-convectoren)

Period	E_{HP} (kWh)	E_{WP} (kWh)	E_{DEF} (kWh)	E_{SB} (kWh)	E_{CONV} (kWh)	E_{RES} (kWh)	Q (kWh)	COP_{SYS} (-)	COP_{TOT} (-)
1/7/2010-30/6/2011	4952.53	148.20	54.20	205.31	72.59	2.31	15060.48	2.95	2.81
1/7/2011-30/6/2012	5034.21	178.70	20.46	200.51	86.25	0.00	16405.16	3.15	3.02

94.5% 3.0% 0.7% 3.8%
 WP Circ. Deg. Stand-by PER = 1.28 à 1.37

- Jaarresultaten voor seizoen 2013-2014 (vloerverwarming)

Period	E_{HP} (kWh)	E_{WP} (kWh)	E_{DEF} (kWh)	E_{SB} (kWh)	E_{RES} (kWh)	Q (kWh)	COP_{SYS} (-)	COP_{TOT} (-)
1/9/2013-31/8/2014	2337.37	110.61	14.35	232.91	0.00	10013.06	4.09	3.72

86.7% 4.1% 0.6% 8.6%
 WP Circ. Deg. Stand-by PER = 1.69



12

Resultaten voor SWW-productie

- Jaarresultaten voor de seizoenen 2010-2011, 2011-2012 en 2013-2014

Period	E _{HP} (kWh)	E _{WP} (kWh)	Q (kWh)	COP _{sys} (-)
1/7/2010-30/6/2011	713.41	19.97	1828.88	2.49
1/7/2011-30/6/2012	653.59	17.07	1714.26	2.56
1/9/2013-31/8/2014	763.12	20.84	2057.44	2.62

97.4% 2.6%
WP Circ. PER = 1.13 à 1.19



Opvolging van een warmtepomp op hoge temperatuur (cascadecyclus)



Introductie

- WP geïnstalleerd in een niet-geïsoleerde viergevelwoning, bouwjaar 1973 (K98) te Froyennes
- De WP staat in voor de verwarming (met de bestaande radiatoren) en voor de productie van SWW
- Nominale warmtestroom WP = 14.5 kW



15

Introductie

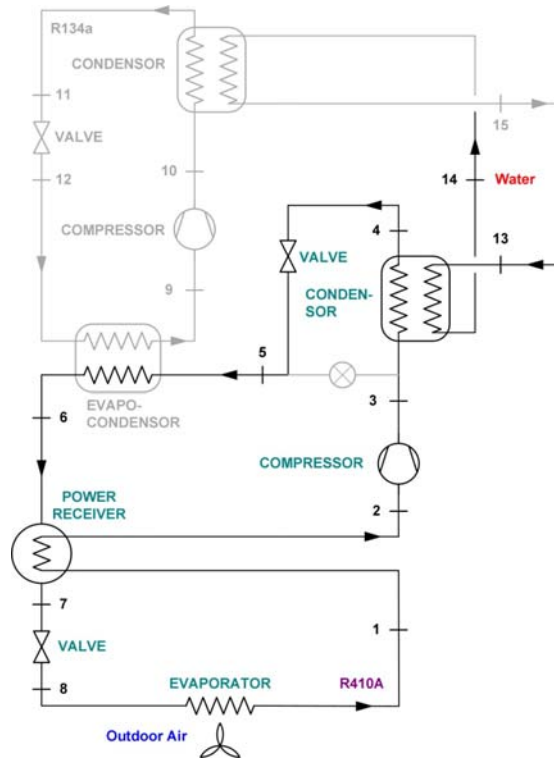
- WP lucht-water (AJ-TECH) die gebruikmaakt van de originele cascadecyclis met compressor aan variabele snelheid
- De gasketel werd bewaard voor de allerkoudste dagen (gescheiden werking)
- De WP werd volledig toegerust voor detailmetingen in september 2013



16

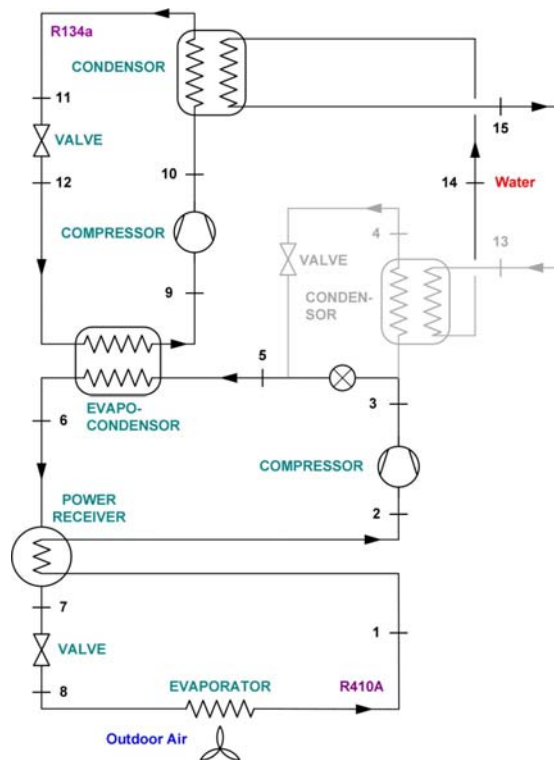
Werkingsprincipe

Mode #1



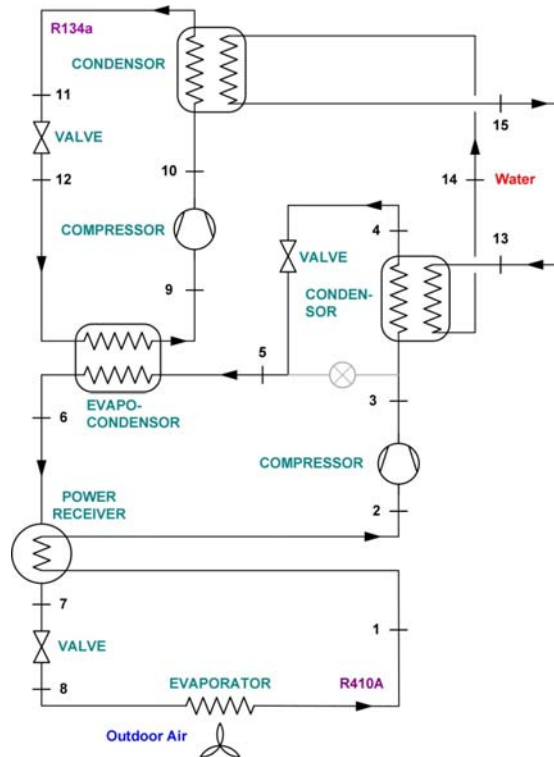
Werkingsprincipe

Mode #3



Werkingsprincipe

Mode #2



Regeling

- Combinatie van de modi van de WP en de ingangstemperatuur van het water bij de radiatoren (♦)
- Wet van het water: $T_{\text{WATER}} = 60 - 1.75 \cdot T_{\text{EXT}}$

T outdoor (°C)	Water temperature (°C)						
	<25	25-35	36-45	46-55	56-65	66-75	76-85
<-15	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3	Mode 3 ♦
-15 to -10	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3	Mode 3 ♦
-9 to -5	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 2	Mode 3	Mode 3 ♦	Mode 3	Mode 3 ♦
-4 to 0	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 1 or 2	Mode 2	Mode 3 ♦	Mode 3	Mode 3
1 to 5	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 1 or 2	Mode 2 ♦	Mode 3	Mode 3	Mode 3
6 to 10	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 2 ♦	Mode 2 ♦	Mode 3	Mode 3	Mode 3
11 to 15	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 2 ♦	Mode 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3
>15	Mode 1	Mode 1 ♦	Mode 2	Mode 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3

Mode 1

Mode 1 or 2

Mode 2

Mode 3



Resultaten voor verwarming

- Jaarresultaten voor de periode oktober 2013 – september 2014

Month	E_{HP} (kWh)	E_{WP} (kWh)	E_{DEF} (kWh)	E_{SB} (kWh)	Q (kWh)	COP_{SYS} (-)	COP_{TOT} (-)
October	135.1	4.0	0.0	7.0	521.5	3.75	3.57
November	650.9	15.5	1.2	15.9	2229.2	3.35	3.26
December	963.2	18.5	2.0	17.3	2953.3	3.01	2.95
January	942.4	19.9	1.1	16.2	3039.4	3.16	3.10
February	795.6	18.5	0.4	14.2	2679.1	3.29	3.23
March	313.7	8.4	0.2	19.9	1074.3	3.34	3.14
April	188.3	6.1	0.0	15.6	714.6	3.68	3.40
May	154.8	5.1	0.0	14.5	612.1	3.83	3.51
June	34.3	1.3	0.0	12.8	132.4	3.71	2.74
July	8.6	0.4	0.0	10.2	42.1	4.65	2.19
August	14.4	0.5	0.0	15.2	66.3	4.44	2.21
September	7.1	0.2	0.0	15.0	31.1	4.25	1.40
Year	4208.2	98.5	4.9	173.5	14095.3	3.27	3.14

93.8% 2.2% 0.1% 3.9%
 WP Circ. Ontdooing Stand-by PER = 1.43



21

Resultaten voor SWW-productie

- Jaarresultaten voor de periode oktober 2013 – september 2014
- $T_{SWW} = 55^{\circ}\text{C}$ (week) of 65°C (week-end)

Month	E_{HP} (kWh)	E_{WP} (kWh)	Q (kWh)	COP_{SYS} (-)
October	49.9	1.5	125.5	2.45
November	110.0	3.2	285.5	2.52
December	128.8	3.8	338.5	2.55
January	102.7	3.0	271.2	2.57
February	114.5	3.5	317.1	2.69
March	74.8	2.4	209.7	2.72
April	79.7	2.7	228.2	2.77
May	97.5	3.4	285.9	2.83
June	79.6	2.9	233.8	2.84
July	79.0	2.7	220.0	2.70
August	76.5	3.1	223.3	2.80
September	64.9	2.2	174.0	2.59
Year	1057.7	34.1	2912.6	2.67

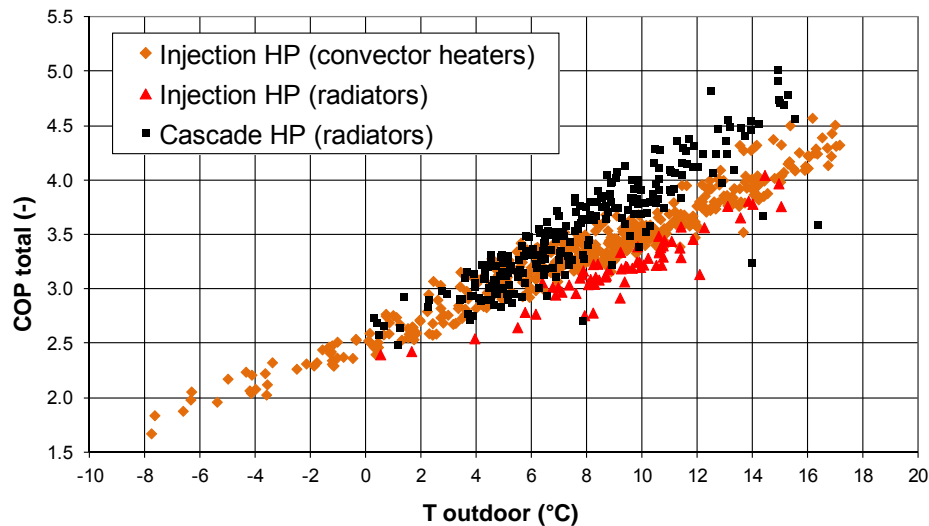
96.9% 3.1%
 WP Circ. PER = 1.21



22

Vergelijking Cascade-Injectie

- COP per dag (zonder standby energie, in verwarmingsmodus)
- WP met cascadecyclus beter dan WP met injectiecyclus



Energetische en economische studie



Energiestudie

- Het thermisch gedrag van de woning werd gemodeliseerd met behulp van de software TRNSYS
 - dynamisch thermisch model (3 zones)
 - statisch model van de ketel en de WP
 - dynamisch model van de radiatoren
- Resultaten vergelijkbaar met de beschikbare gegevens:

Q (kWh/year)	House as is	Refurbished
Gas bill (2010)	30758	/
Energy Audit (2013)	29684	18975
TRNSYS (Ideal control T=20°C)	29837	21500
TRNSYS (Gas boiler control T=19-21°C)	31656	/
TRNSYS (HP control T=19-21°C)	33778	/

De infiltratiegraad van buitenlucht is niet gemakkelijk te bepalen!
Zelfs de meteogegevens zijn niet gelijk!



25

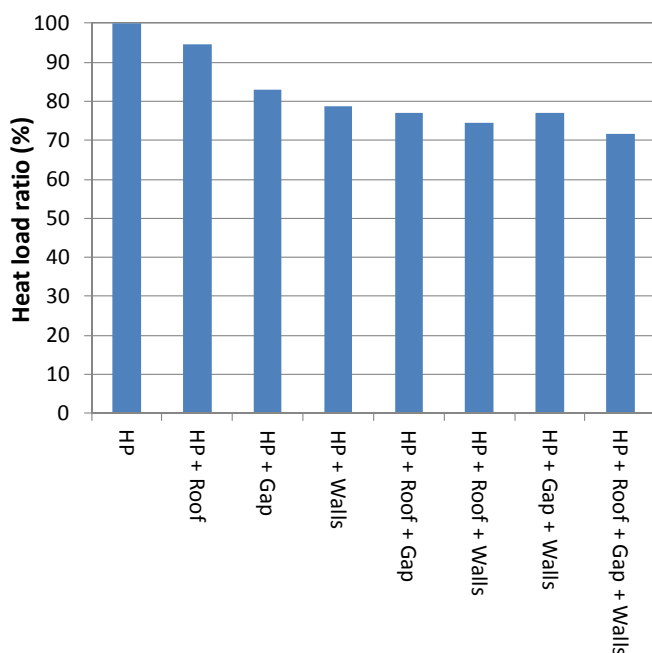
Energiestudie

- Verschillende isolatiescenario's werden gemodeliseerd in TRNSYS
Combinatie van één of meerdere maatregelen:
 - Dakisolatie (gaande van 6 à 24 cm cellulosewol) ('Roof')
 - Spouwisolatie tussen de betonblokken en de buitengevelsteen (6 cm isolatie) ('gap')
 - Buitenmuurisolatie (8 cm EPS) ('walls')
- GMV met geïnstalleerde/niet-geïnstalleerde warmterecuperatie in de woning ('CMV')



26

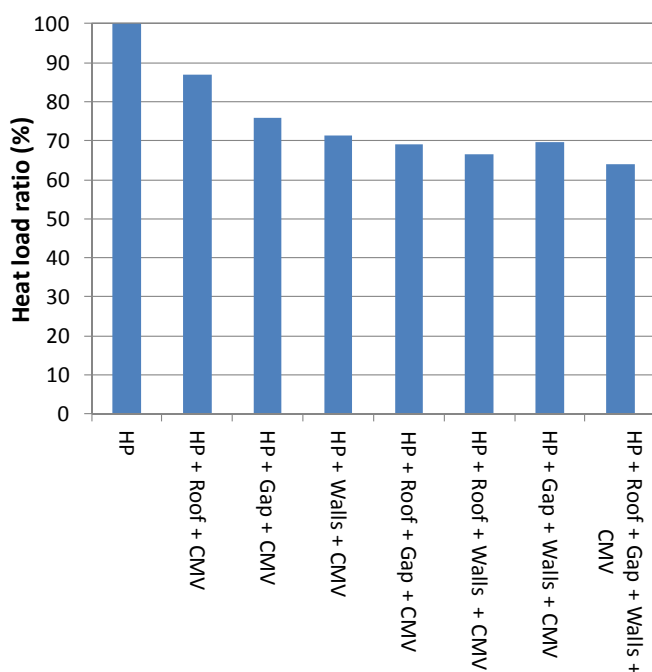
Energiestudie



Case	Q (kWh/year)	SPF HP (-)
HP	33778	3.01
HP + Roof	31954	3.01
HP + Gap	28036	3.03
HP + Walls	26542	3.03
HP + Roof + Gap	25971	3.04
HP + Roof + Walls	25125	3.04
HP + Gap + Walls	26016	3.03
HP + Roof + Gap + Walls	24216	3.04



Energiestudie



Case	Q (kWh/year)	SPF HP (-)
HP	33778	3.01
HP + Roof + CMV	29333	3.03
HP + Gap + CMV	25586	3.04
HP + Walls + CMV	24070	3.05
HP + Roof + Gap + CMV	23355	3.05
HP + Roof + Walls + CMV	22507	3.05
HP + Gap + Walls + CMV	23554	3.05
HP + Roof + Gap + Walls + CMV	21581	3.06

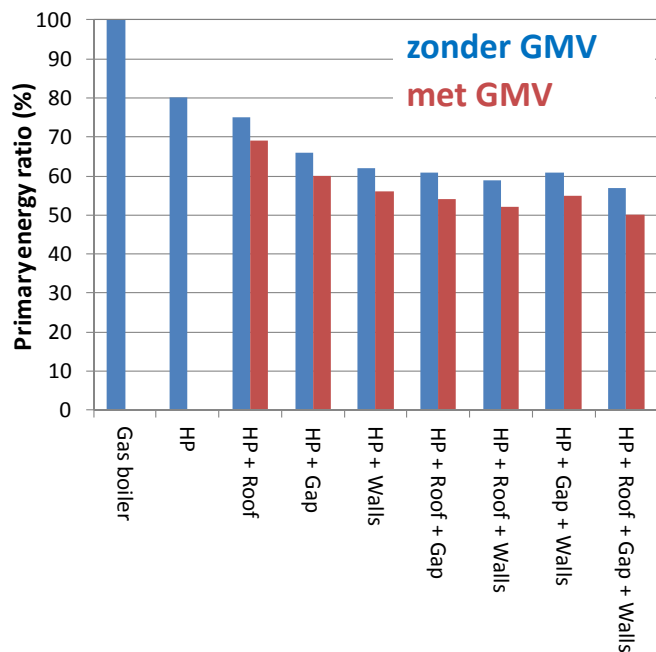
De infiltratiegraad van buitenlucht is gedaald!



Energiestudie

PER

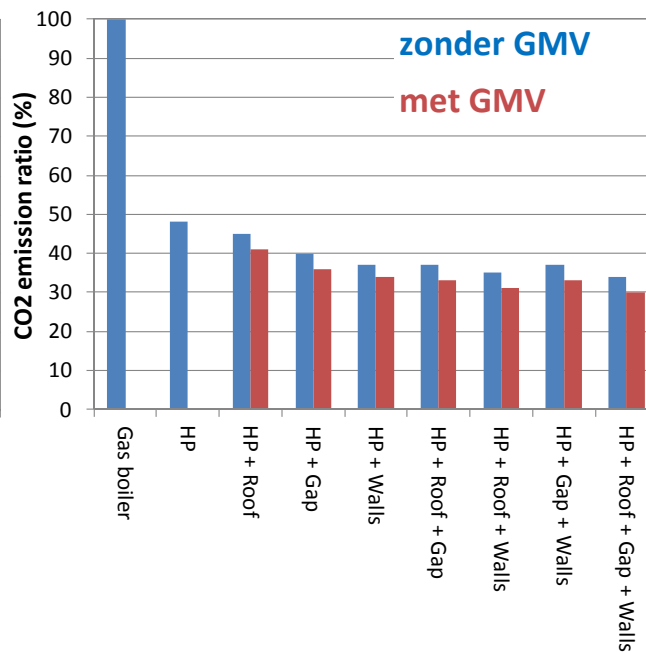
1 kWh Elek = 2.5 kWh primaire energie



CO₂ -uitstoot

0.347 kg CO₂/kWh Elek

0.231 kg CO₂/kWh Gas



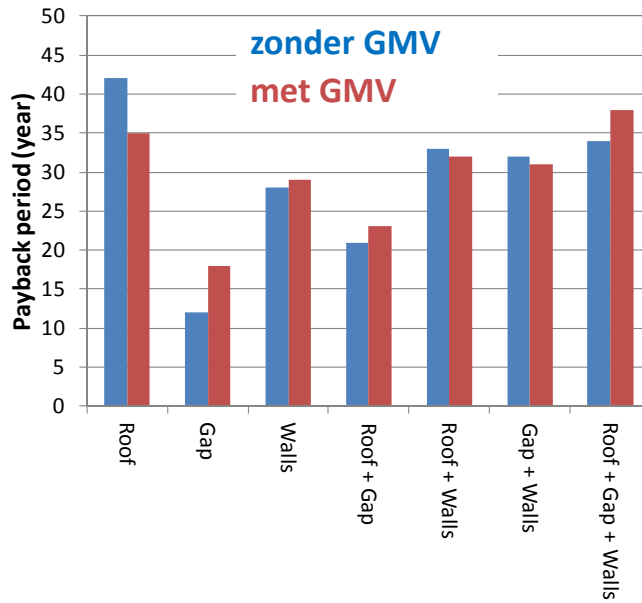
Economische studie

- Investeringskost : rapport Waals gewest CO-ZEB 2013 (incl. BTW)
 - WP : 15000 Eur
 - Dakisolatie: 12381 Eur
 - Spouwmuurisolatie: 6202 Eur
 - Buitenmuurisolatie: 27152 Eur
 - GMV: 9051 Eur
- Energieprijs:
 - Gas : 0.08 Eur/kWh
 - Elektriciteit: 0.19 Eur/kWh
- Geen rekening gehouden met subsidies, noch met onderhoudskosten
- De eenvoudige terugverdientijd wordt berekend ten opzichte van het basisscenario met een gasketel



Economische studie

Isolatiescenario's
Inflatievoet van gas - 3%

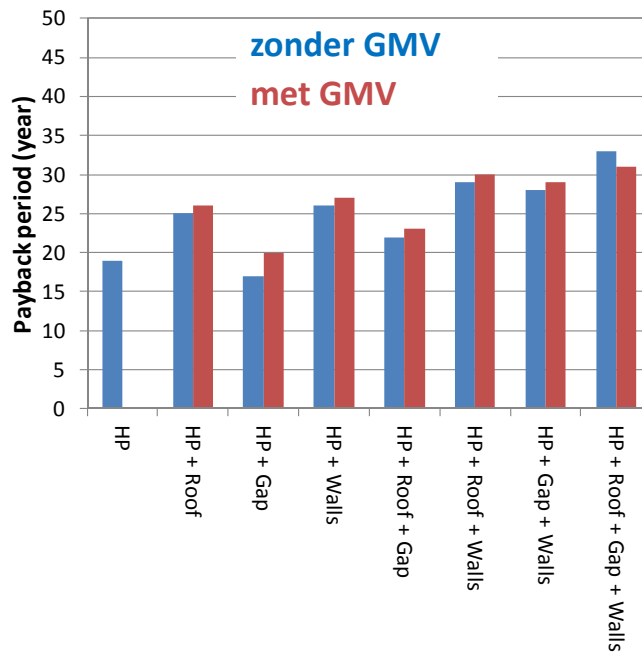


Economische studie

Isolatiescenario's + WP

Inflatievoet gas: 3%

Inflatievoet elektriciteit: 3%



Conclusies



33

Conclusies

- Twee concrete toepassingsvoorbeelden van een WP bij renovatie :
- **Eerste geval**: vernieuwing van de warmteafgifte
 - 1) Ventilo-convectoren + WP lucht/water met injectie
 - Investering in WP maar geringe investering in afgifte: SPF=2.81 à 3.02 (PER=1.28 à 1.37)
 - 2) Vloerverwarming + WP lucht/water met injectie
 - Investering in WP en grote investering in afgifte: SPF=3.72 (PER=1.69)
 - Sanitair warm water: SPF=2.49 à 2.62 (PER=1.13 à 1.19)



34

Conclusies

- **Tweede geval**: enkel plaatsing van een WP
 - Investering in een WP maar zonder andere investering: SPF=3.14 (PER=1.43)
 - Sanitair warm water: SPF=2.67 (PER=1.21)
- **Isolatie**: altijd nuttig om het verbruik te verminderen.
 - Volgens het scenario kan men het verbruik verminderen met 5% à 35% maar de terugverdientijden zijn lang.
 - De combinatie WP of WP+isolatie kan resulteren in kortere terugverdientijden, maar hangt vooral af van de energiekost!



35

Contact

Eric DUMONT

Functie: assistent-professor – Universiteit van Bergen

Gegevens: UBergen – Polytechnische faculteit
Service de Thermodynamique
31 Boulevard Dolez
B-7000 MONS

☎ : 065/37 42 04

E-mail : eric.dumont@umons.ac.be



36

Ontwerp en dimensionering van warmtepompsystemen

Aandachtspunten en tools, op basis van voorbeelden

Fabrice Deryn
Matriciel

De presentatie belicht de keuze en het ontwerp van warmtepompinstallaties in een context van energetisch performante tertiaire gebouwen.

Vertrekkende van een initiële inschatting van de warmte- en koudebehoeften van het gebouw, worden de verschillende mogelijke technische installaties overlopen.

Vervolgens wordt dieper ingegaan op de geothermische WP-oplossing (omkeerbaar met geocooling) met een gasketel ter ondersteuning en een koelgroep ter ondersteuning van de koudeproductie. We wijzen op de aandachtspunten op het vlak van de regeling, de dimensionering van de geothermische bron en op de keuze van afgifte-elementen.

Tenslotte vergelijken we verschillende installatietypes op het vlak van primair energieverbruik bij gebouwen met verschillende isolatieniveaus.

Seminarie Duurzaam Bouwen:

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

4 maart 2016
Leefmilieu Brussel

Ontwerp en dimensionering van warmtepompsystemen
Aandachtspunten en tools, op basis van voorbeelden

Fabrice DERNY



MATRIciel SA



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

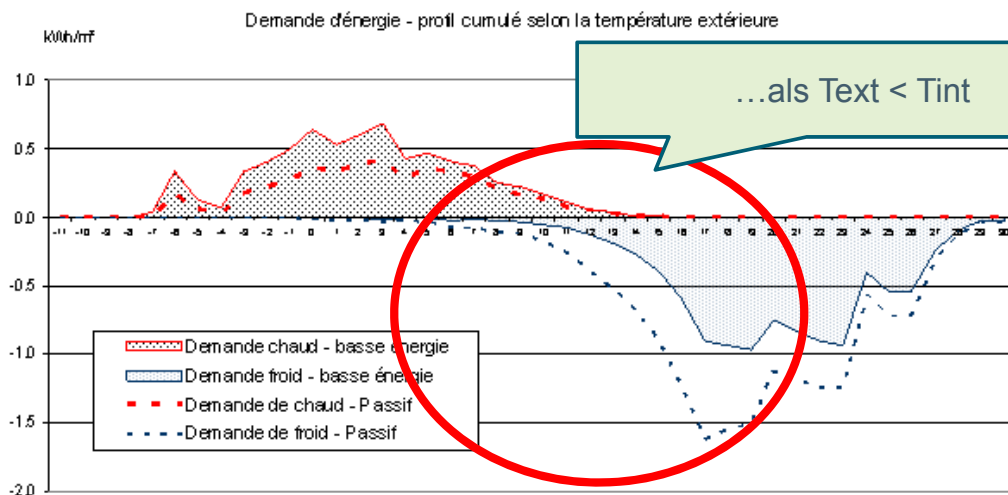
Doelstellingen van de presentatie

- Welke WP in een laagenergiegebouw (... energieneutraal) ?
- Hoe een project ontwerpen met een WP, voorbeelden



Uitgangspunt: hoe evolueert de energiebehoefte van een sterk geïsoleerd gebouw?

Hoe meer een gebouw is geïsoleerd, hoe hoger de warmtevraag:



3

Isoleren gaat samen met de zoektocht naar een natuurlijke manier van koelen

- Oplossing 1 : buitenlucht via intensieve ventilatie als Text < Tint (tussenseizoen of 's nachts tijdens de zomer).
- Beperkingen:
 - ▶ Vereist thermische inertie: geen valse plafonds en/of valse vloeren
 - ▶ Vereist openingen in de gevel of het dak van het gebouw: esthetische implicaties, milieu-impact (intrusie, lawaai, vervuiling, ...)
 - ▶ Koelvermogen niet onder controle: binnentemperatuur schommelt
 - ▶ Medewerking van de gebruikers: openen en sluiten van bepaalde openingen
- Oplossing 2 : via de grond



4

Keuze van type warmteproductie hangt af van de keuze van type koudeproductie

Koude-productie	Koelgroep	Free cooling	Geocooling
Mogelijke warmte-productie	Gascondensatieketel		Elektrische WP water/water (+ketel ter ondersteuning)
	Biomassaketel		
	Elektrische WP lucht/water (+ketel ter ondersteuning)		WP op gas water/water (+ketel ter ondersteuning)
	WP op gas lucht/water (+ketel ter ondersteuning)		



5

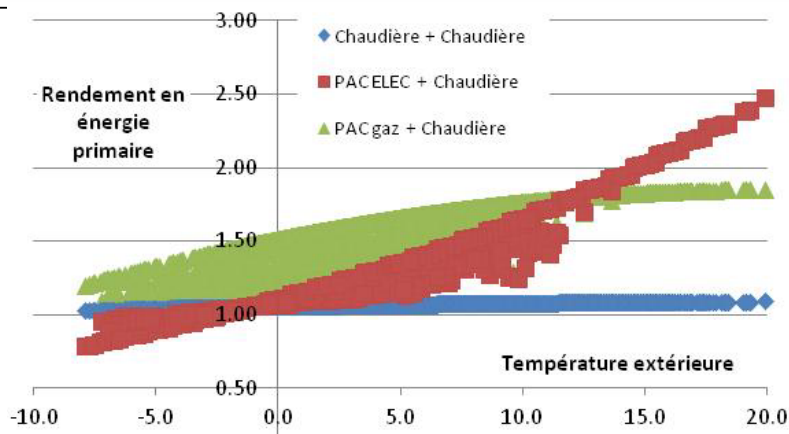
Keuze van een WP lucht/water

- Vergelijking ketels / WP

Voorbeeld: installatie van 120 kW in een kantoorgebouw:

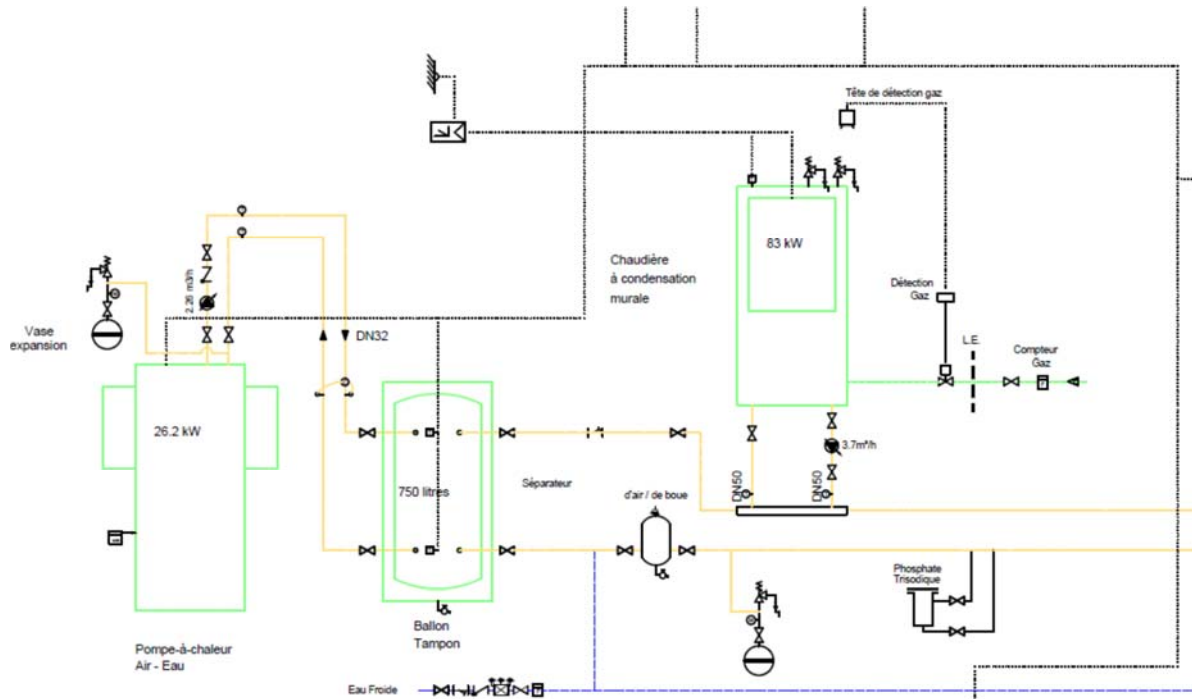
- ▶ Ofwel 1 ketel van 120 kW
- ▶ Ofwel 1 WPelek van 34 kW + 1 ketel van 90 kW
- ▶ Ofwel 1 WPgas van 35 kW + 1 ketel van 90 kW

Balans	Ketel	WPelek + Ketel	WPgas + Ketel
Verbruik primaire energie	100%	89%	76%
Rendement primaire energie	1.06	1.19	1.39



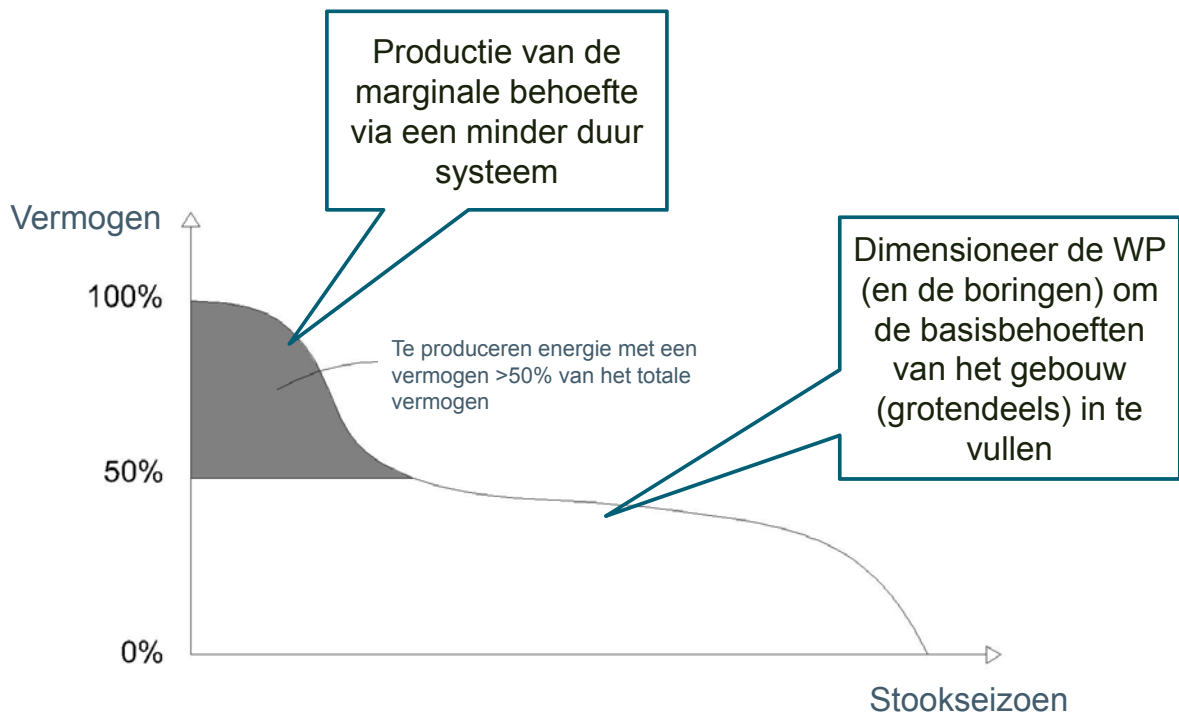
6

Waarom een ketel ter ondersteuning?



7

Waarom een ketel ter ondersteuning?



8

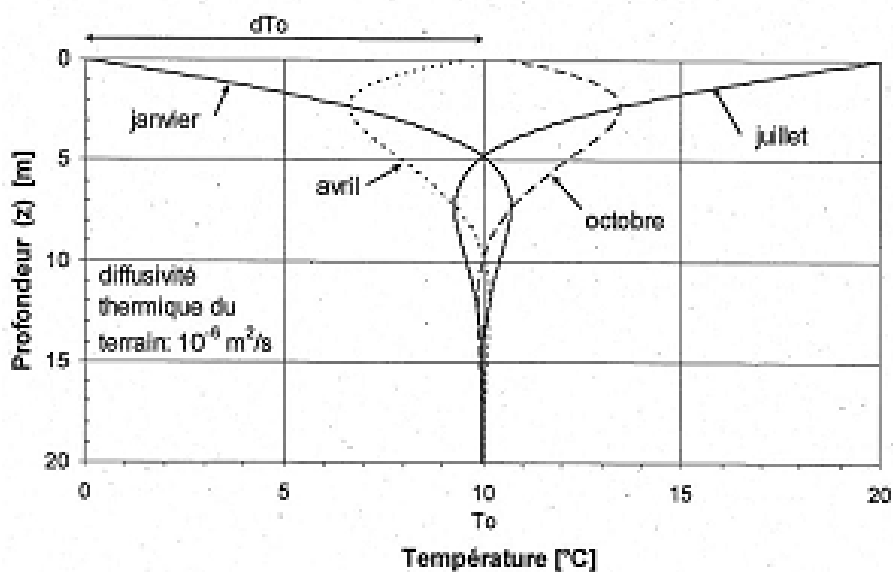
Keuze van type warmteproductie hangt af van de keuze van type koudeproductie

Koude-productie	Koelgroep	Free cooling	Geocooling
Mogelijke warmte-productie	Gascondensatieketel		Elektrische WP water/water (+ketel ter ondersteuning)
	Biomassaketel		
	Elektrische WP lucht/water (+ketel ter ondersteuning)		WP op gas water/water (+ketel ter ondersteuning)
	WP op gas lucht/water (+ketel ter ondersteuning)		



9

De ondergrond als koudebron



10

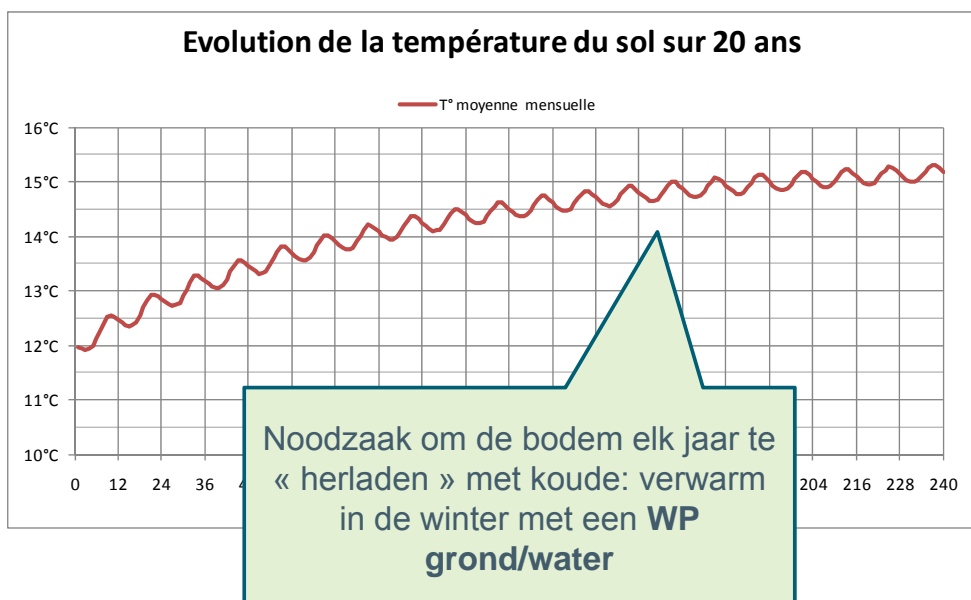
Hoe werkt het?

- Geothermische warmtewisselaar:
 - ▶ Vertikale boringen (diam 150 mm)
 - ▶ Diepte tussen 50 à 400 m (meestal 100 .. 150 m)
 - ▶ met dubbele U sondes (polyethyleen DN 32)
 - ▶ gevuld met mengsel cement/bentoniet



Evenwicht van de bodemtemperatuur

- Koude onttrekken aan de bodem, verhoogt de temperatuur



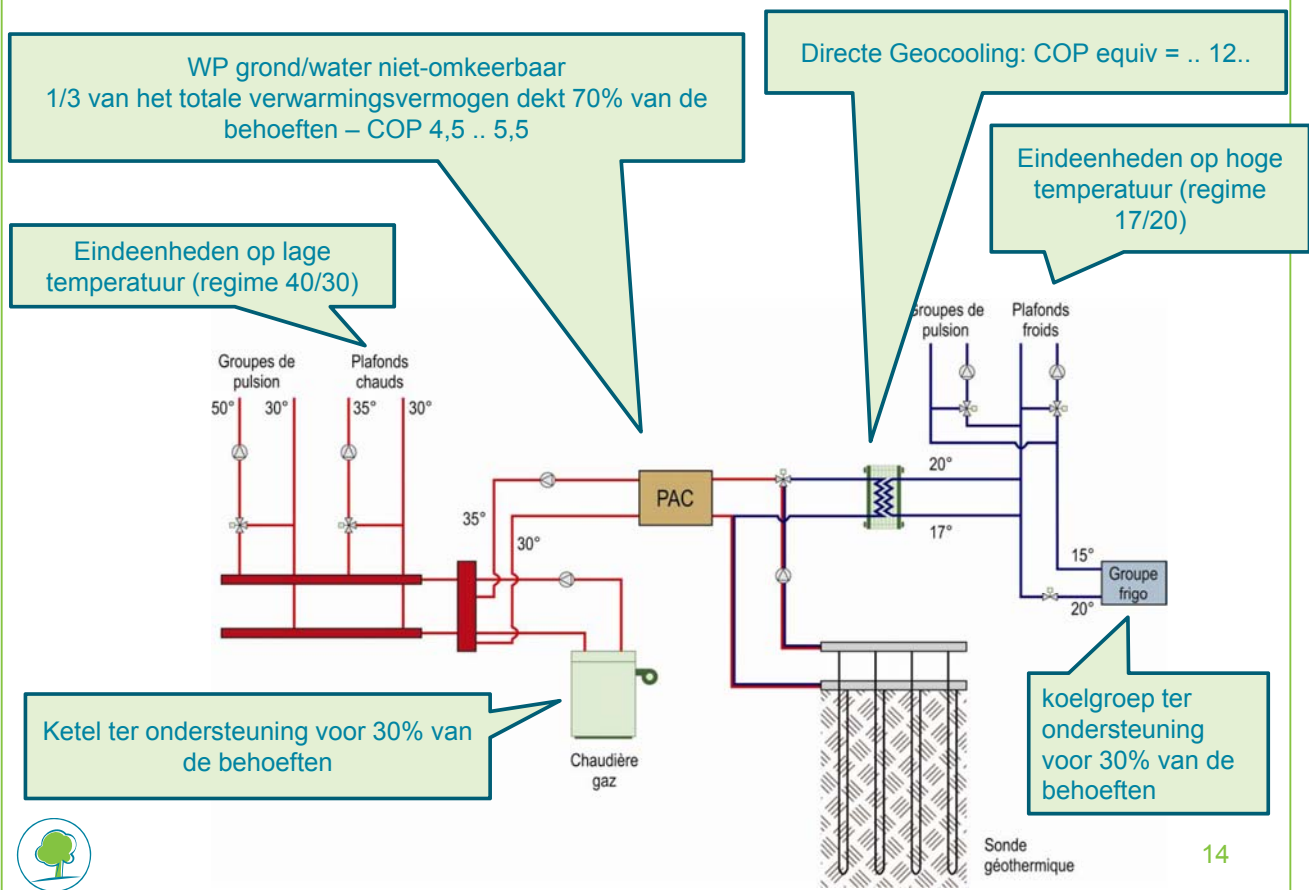
Evenwicht van de bodemtemperatuur

- = het begrip « GEOTHERMISCHE OPSLAG » :
 - ▶ Geothermie is een goede keuze en werkt het best indien daardoor een warmtebehoefte in de winter kan ingevuld worden én er ook een koudebehoefte is in de zomer, waarbij beide behoeften met elkaar in evenwicht worden gebracht.
 - ▶ In dit geval kan men spreken van het opslaan van warmte in de zomer, om deze te gebruiken in de winter.



13

Hoe werkt het?

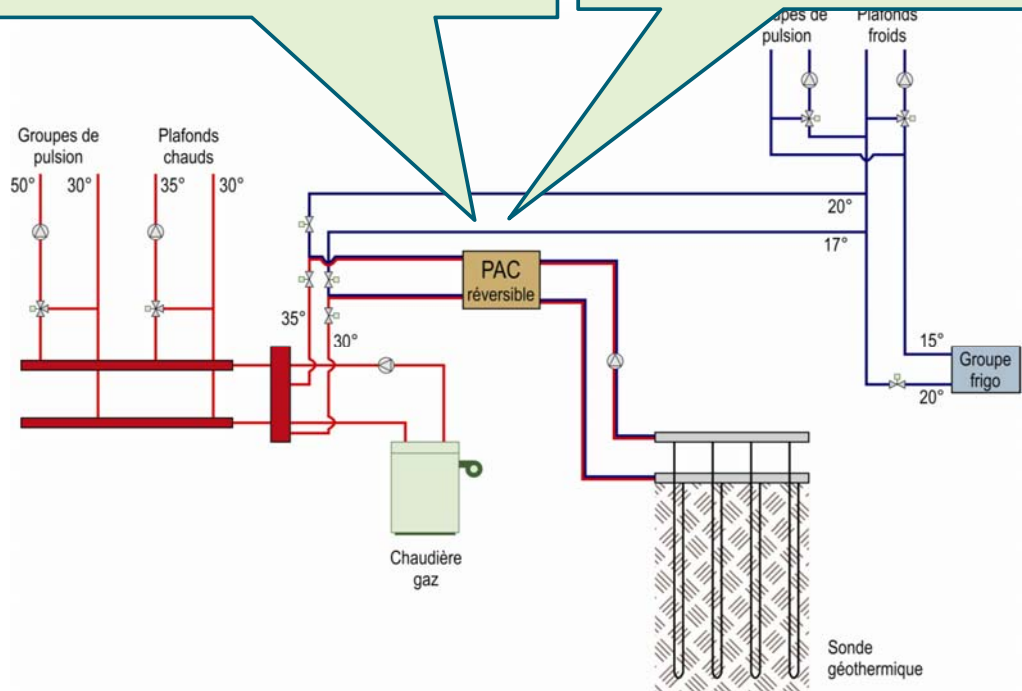


14

Hoe werkt het?

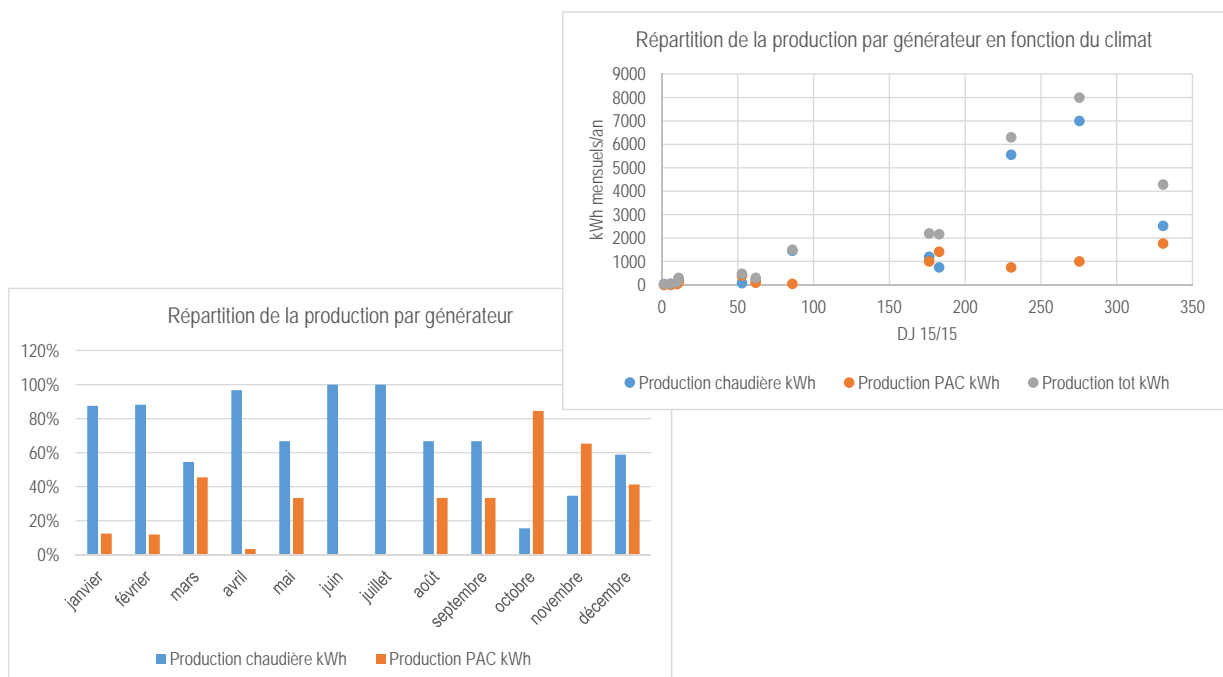
WP grond/water omkeerbaar
1/3 van het totale verwarmingsvermogen dekt 70% van de behoeften – COP 4,5 .. 5,5

Herladen van de bodem door de omkeerbare WP grond/water – COP 4,5 .. 5,5



15

Aandachtspunt: opvolgen van de werking van een gecombineerde installatie



16

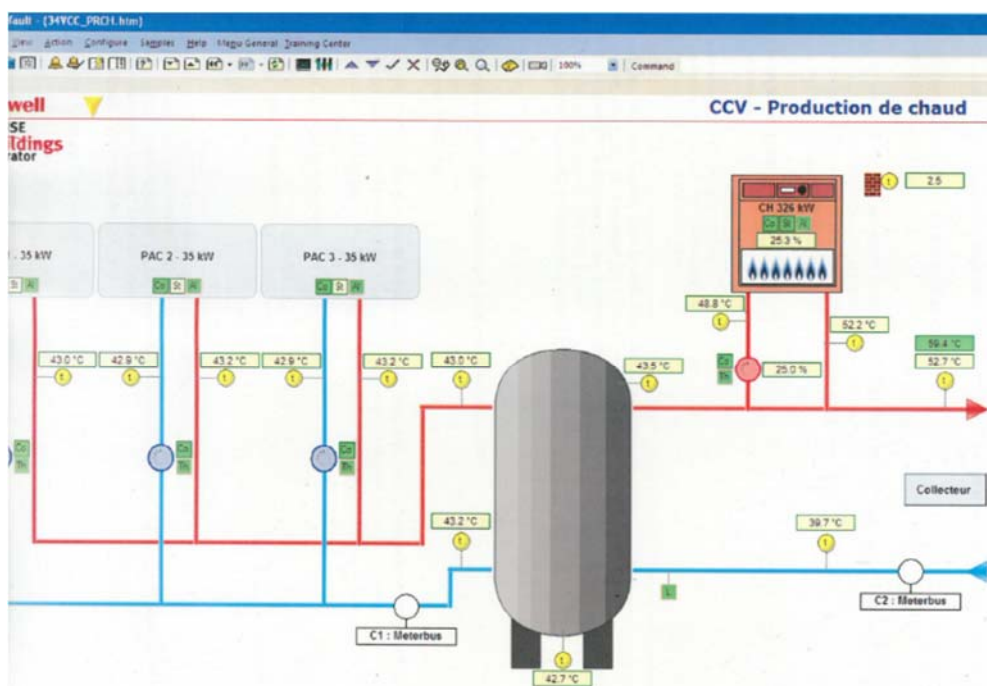
Voorbeeld van de regeling van een gecombineerde installatie

- De vertrektemperatuur van de primaire kring wordt geregeld door de buitentemperatuur. De maximale vertrektemperatuur bedraagt 60°C zodat het rendement van de WP en de condensatieketel wordt gevaloriseerd.
- De regeling wordt gestuurd door 1 stookcurve in functie van de buitentemperatuur. De curve is gemeenschappelijk en levert de instelwaarden van:
 - De vertrektemperatuur van de primaire kring,
 - De temperatuur van het buffervat van de WP,
 - De vertrektemperatuur van de ketel.
- De WP slaat aan als de temperatuur van het buffervat daalt onder de ingestelde temperatuur.
- Als de vertrektemperatuur van de primaire kring niet kan gehaald worden, wordt een signaal naar de ketel gestuurd, na het verlopen van een ingestelde wachttijd. Eens deze zijn ingestelde temperatuur bereikt, treedt zijn laadpomp in werking tot de gewenste temperatuur van de collector.
- Als de buitentemperatuur kleiner is of gelijk aan 0°C (parametriseerbaar), wordt de WP uitgeschakeld (stoppen van compressor en doorstroming) en staat enkel de ketel nog in voor de warmteproductie.



17

Opgelet als gebruikers temperatuursregimes kiezen!



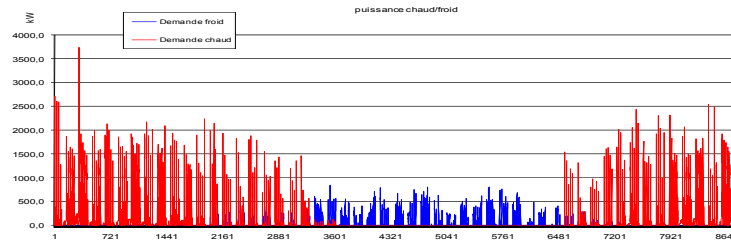
Als de retourtemperatuur van de kringen te hoog is (slecht ingeregelde stookcurve, afname op hoge temperatuur, slechte regeling van de modulering van de ketel), dan wordt het buffervat op temperatuur gehouden door de ketel en niet door de WP



18

Aandachtspunt: studie mbt project geothermische WP

- Definiëren van de behoeften via dynamische simulatie. Evalueer verschillende varianten om het goede evenwicht te vinden tussen de warmte- en koudebehoefte van het gebouw (isolatiegraad, type beglazing, zonnewering, ...).



- Onderzoek het bodemtype via geologische studie en test van de thermische responsiviteit. Doel: de thermische geleidbaarheid en capaciteit van de bodem bepalen en dus de thermische weerstand van de sondes.
- Dimensioneer de boringen, simuleer het gedrag van de bodem, rekening houdend met de behoeften van het gebouw (uur per uur) en de thermische karakteristieken van de voorziene sondes: optimaliseer de COP van de WP terwijl de bodemtemperatuur in evenwicht blijft op lange termijn.



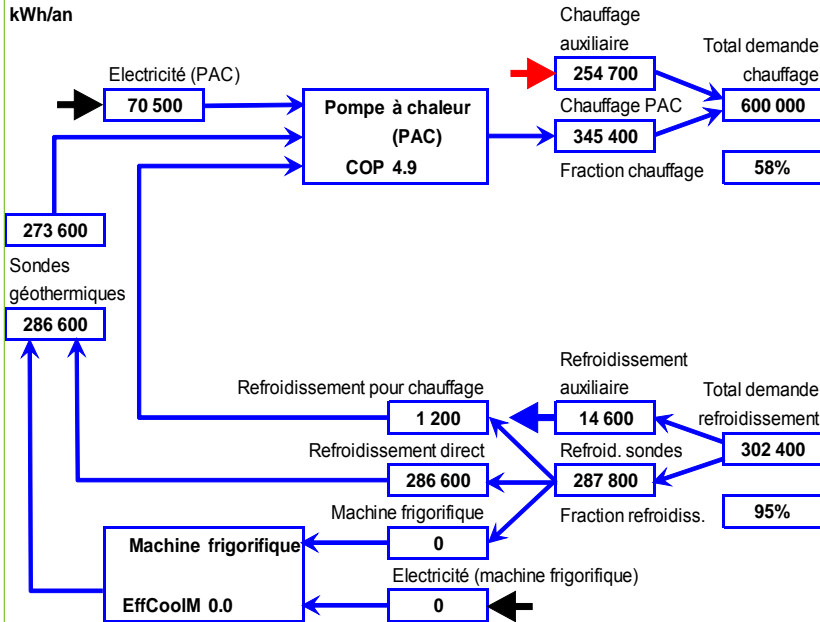
Type de roche – rock type	Conductivité thermique – Thermal conductivity λ (W/mK)			Capacité thermique volumétrique – Volumetric thermal capacity ρC (MJ/m ³ K)
	min	valeur typique	max	
Roches magmatiques – Magmatic rocks				
Basalte – basalt	1.3	1.7	2.3	2.3 – 2.6
Diorite – diorite	2.0	2.6	2.9	2.9
Gabbro – gabbro	1.7	1.9	2.5	2.6
Granit – granite	2.1	3.4	4.1	2.1 – 3.0
Péridotite – peridotite	3.8	4.0	5.3	2.7
Rhyolithe – rhyolite	3.1	3.3	3.4	2.1
Roche métamorphiques – Metamorphous rocks				
Gneiss – gneiss	1.9	2.9	4.0	1.8 – 2.4
Marbre – marble	1.3	2.1	3.1	2.0
Métaquartzite – metaquartzite		env. 5.8		2.1
Micaschistes – micaschists	1.5	2.0	3.1	2.2
Schistes argilleux – argillaceous schists	1.5	2.1	2.1	2.2 – 2.5
Roches sédimentaires – Sedimentary rocks				
Calcaire – limestone	2.5	2.8	4.0	2.1 – 2.4
Marne – marl	1.5	2.1	3.5	2.2 – 2.3
Quartzite – quartzite	3.6	6.0	6.6	2.1 – 2.2
Sel – salt	5.3	5.4	6.4	1.2
Grès – sandstone	1.3	2.3	5.1	1.6 – 2.8
Roches argilleuses, limoneuses – claystone/siltstone	1.1	2.2	3.5	2.1 – 2.4
Roches non consolidées – Unconsolidated rocks				
Gravier, sec – gravel, dry	0.4	0.4	0.5	1.4 – 1.6
Gravier, saturé d'eau – gravel, watersaturated		env. 1.8		env. 2.4
Moraine – moraine	1.0	2.0	2.5	1.5 – 2.5
Sable, sec – sand, dry	0.3	0.4	0.8	1.3 – 1.6
Sable, saturé d'eau – sand, watersaturated	1.7	2.4	5.0	2.2 – 2.9
Argile/limon, sec – clay/silt, dry	0.4	0.5	1.0	1.5 – 1.6
Argile/limon, saturé d'eau – clay/silt, watersaturated	0.9	1.7	2.3	1.6 – 3.4
Tourbe – peat	0.2	0.4	0.7	0.5 – 3.8
Autres substances – Other substances				
Bentonite – bentonite	0.5	0.6	0.8	env. 3.9
Béton – concrete	0.9	1.6	2.0	env. 1.8
Glace (-10°C) – ice (-10°C)		2.32		1.87
Plastique (PE) – plastic (PE)		0.39		-
Air (0-20°C, sec) – air (0-20°C, dry)		0.02		0.0012
Acier – steel		60		3.12
Eau (+10°C) – water (+10°C)		0.58		4.19

Table Conductivité thermique et capacité thermique volumétrique de différents types de



Bilan thermique du système moyenne sur 20 ans

kWh/an



Chauffage

Puissance d'extraction maximum par mètre de sonde

30 W/m

Energie annuelle extraite par mètre de sonde

15 kWh/m/a

Refroidissement

Puissance d'injection maximum par mètre de sonde

34 W/m

Energie annuelle injectée par mètre de sonde

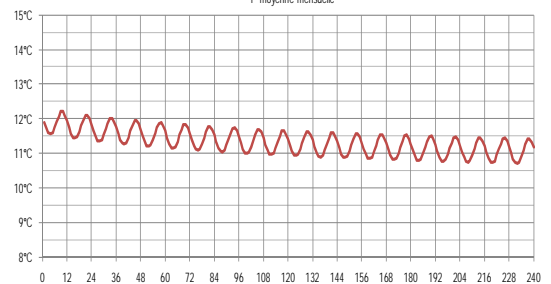
16 kWh/m/a

Bilan terrain

Ratio énergie injectée sur énergie extraite

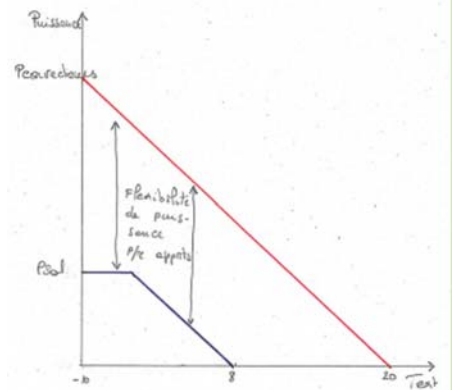
105%

Evolution de la température du sol sur 20 ans

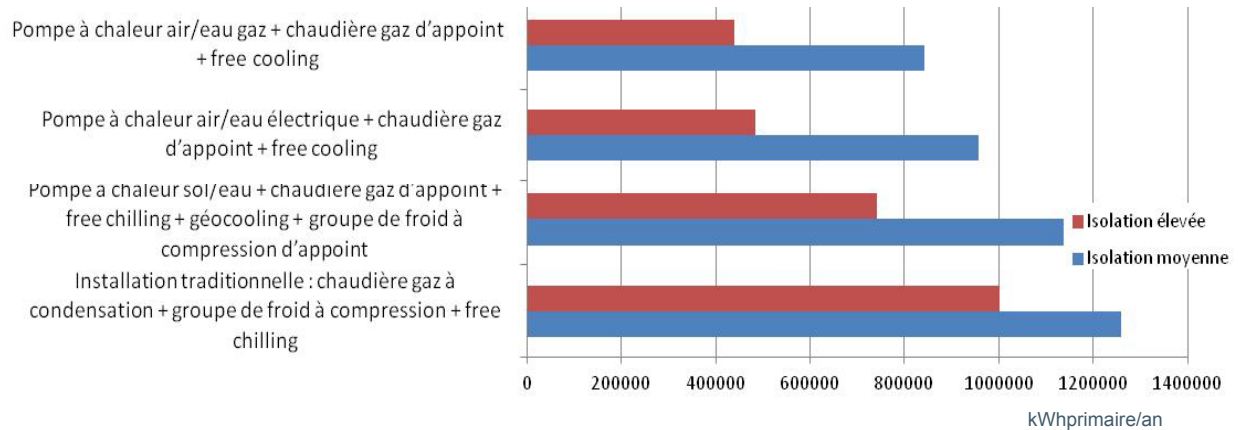


Aandachtspunt: types eenheden

- Eenheden voor koeling op hoge temperatuur:
- Koelplafonds of koudestralende volumes
 - ▶ voordelen: weinig thermische inertie en dus hoger regelrendement, gemakkelijk beheer omgevingstemperatuur, omkeerbaar warmte/koude
 - ▶ nadelen: beperkter vermogen (plafonds)
- Betonkernactivering
 - ▶ voordelen: opslag 's nachts en dus beperkter te installeren vermogen
 - ▶ nadelen: belangrijke thermische inertie en dus moeilijker beheer van de temp en slechter regelrendement. Weinig ruimtelijke flexibiliteit en moeilijk toepasbaar voor verwarming (vereist tweede systeem). Geen vals plafond mogelijk (impact op technische leidingen en akoestiek)
- Overgedimensioneerde convectoren voor verwarming



Vergelijking van de alternatieven (verbruik in primaire energie - casestudie)



Te onthouden van deze presentatie?

- Als het projectdoel een « nulenergie »-gebouw is, draagt de toepassing van een WP bij aan het behalen van deze doelstelling en kan een belangrijke CO₂ besparing gehaald worden in vergelijking met traditionele installaties
- De keuze van het warmteproductiesysteem hangt af van de keuze van koelsysteem (natuurlijk) en de daarmee samenhangende beperkingen
- De geothermische WP is een goede keuze voor gebouwen met warmte- en koudevraag (gebalanceerd), maar ook architecturale impact (isolatie, zonnewering ...)
- Een gecombineerde installatie WP+ketel is een goede keuze vanuit energetische en investeringsoogpunt, maar vereist een goede opvolging van de regeling zodat WP maximaal wordt benut
- Het ontwerp van een geothermische warmtepomp vereist een dynamische detailstudie van de behoeften en de bodem
- Het gebruik van een WP heeft ook impact op de keuze van de eenheden



Contact

Fabrice DERNY

MATRiciel – gestionnaire de projet

Place de l'Université, 25 – 1348 Louvain-la-Neuve

☎ : 010/24.15.70

E-mail : derny@matriciel.be



De warmtepomp in het gebouw van Leefmilieu Brussel (BEL): een te volgen voorbeeld

Project met energieopslag in open putten

Michel Hermans
Facility Manager Leefmilieu Brussel

Leefmilieu Brussel (650 werknemers) verhuisde in november 2014 naar een gloednieuw gebouw op de site van Tour & Taxis.

Deze presentatie gaat dieper in op de genomen opties tijdens de aanbesteding van het warmtepompproject (geothermie met open systeem op een site in de nabijheid van het kanaal). Vervolgens analyseren wij de zwakke punten van deze oplossing om uiteindelijk de in het stadium van de vergunningsaanvraag weerhouden oplossing te omschrijven. Uiteindelijk werd deze oplossing ook gerealiseerd.

We maken van deze uiteenzetting graag gebruik om de voordelen toe te lichten die kunnen gehaald worden uit de technologie van open putten wanneer het terrein beschikt over vervuild water op grond- of ondergrondniveau.

Seminarie Duurzaam Bouwen:

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

4 maart 2016
Leefmilieu Brussel

**De warmtepomp in het gebouw van Leefmilieu Brussel:
een te volgen voorbeeld**

Michel HERMANS

Onderhoud administratieve site – dienst Facility en Vastgoed Leefmilieu Brussel



LEEFMILIEU BRUSSEL
BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Doelstellingen van de presentatie

- Terugkijken naar de verschillende ontwikkelingsfasen van deze unieke installatie in het BHG
- Een kritische blik werpen om er de nodige lessen uit te trekken
- De link in kaart brengen met de problematiek van grondwatervervuiling en een tool presenteren die werd ontwikkeld door Leefmilieu Brussel om WIN-WIN oplossingen te identificeren





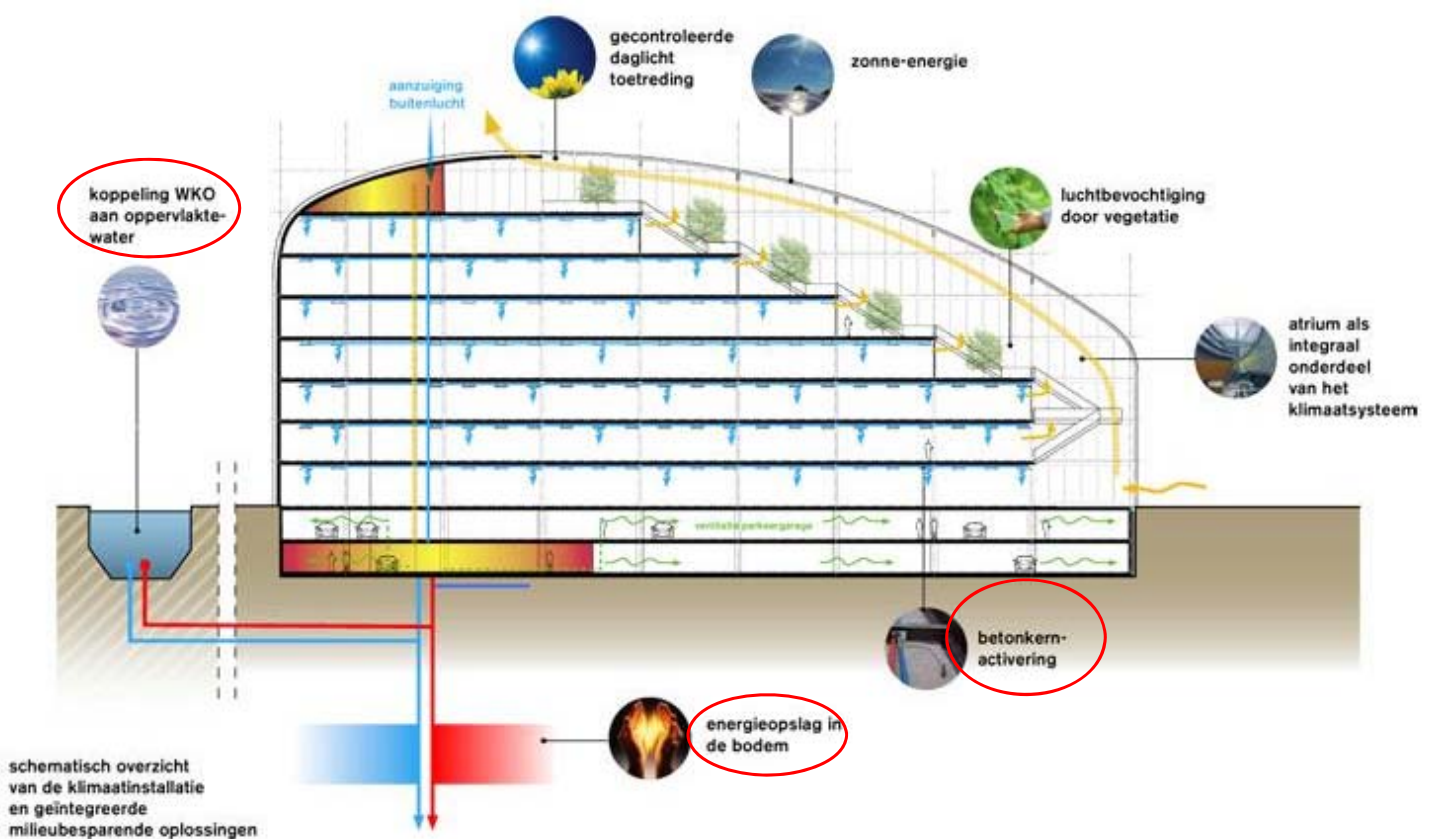
ENERGIEOPSLAG VIA OPEN PUTTEN

SAMENVATTING

1. Eerste idee (wedstrijd): installatie van een warmtepomp water-water die gebruikmaakt van de nabijheid van het kanaal
2. Kritiek op het concept: zwakke punten worden duidelijk
3. Definitief project: « warmte-koude » opslag (WKO)
4. Open systeem en bodemvervuiling: ontwikkelen van « WIN-WIN » oplossingen



1. WEDSTRIJDFASE: LINK MET KANAAL





1. WEDSTRIJDFASE: LINK MET KANAAL

Beoogd voordeel: **omvangrijk watervolume in de nabijheid**

- Verminderen van het aantal boringen
- Geringere diepte van de boringen
- Geringere impact op grondwater
- Mogelijk om de compressoren onmiddellijk te koelen met kanaalwater

5



2. KRITIEK OP HET CONCEPT:

Omgevingsanalyse: opgelegde beperking door Leefmilieu Brussel

- Afgevoerd water naar kanaal max 30°C

Stilstaand water: temperatuurschommelingen ifv het seizoen

Ongunstig voor WP-rendement

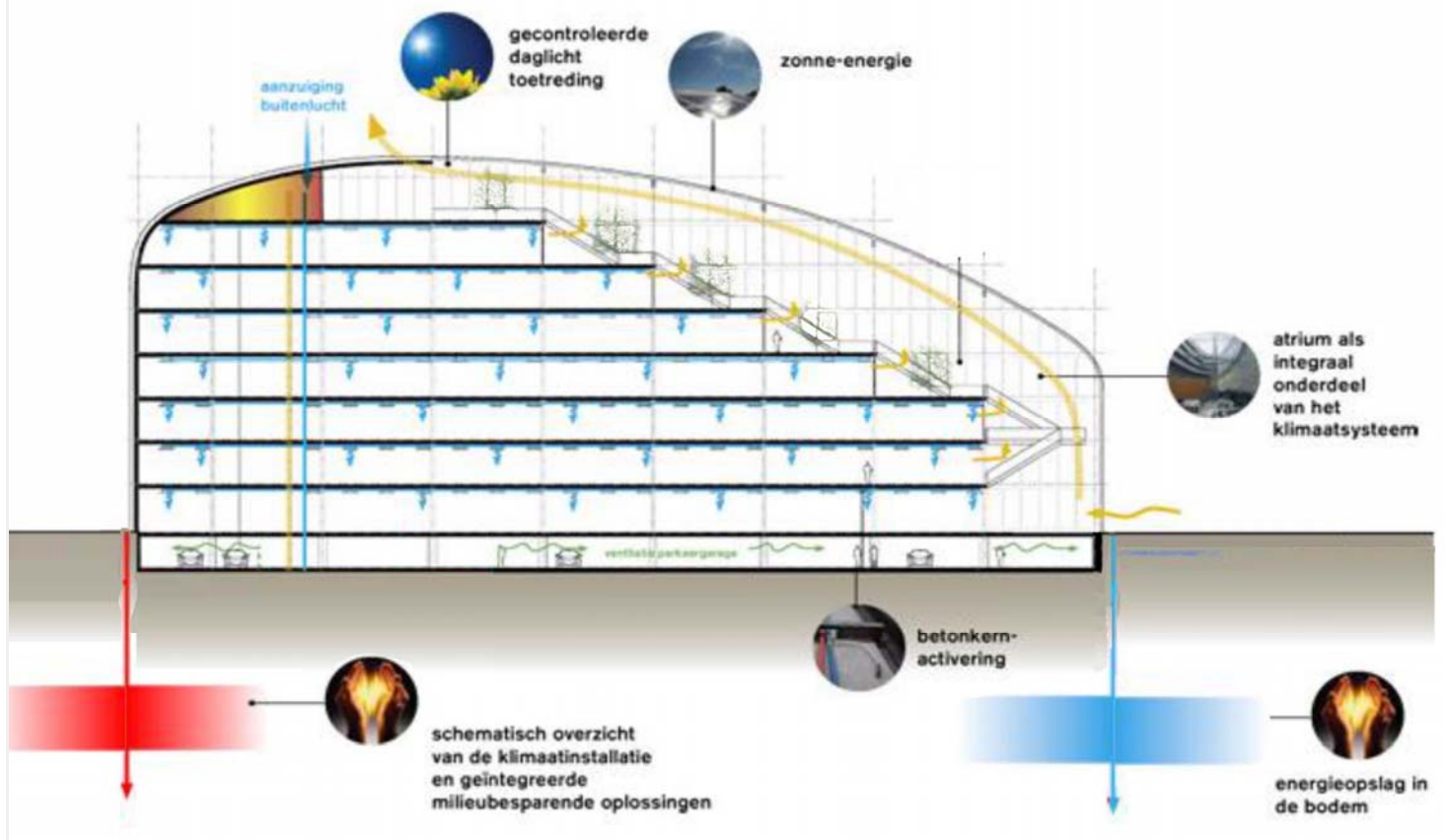
- **T° verlaagt in de winter**
- **T° verhoogt in de zomer**

'Nabijheid' blijkt ook relatief: **belangrijke werken nodig om de Havenlaan te kruisen en de aansluiting met het kanaal te maken**

6



3. DEFINITIEF PROJECT : 2 KEER AANTAL BORINGEN OP AFSTAND



3. DEFINITIEF PROJECT : 4 FOCUSPUNTEN

- Geothermie: twee opslagputten (grondwater op grote diepte geïsoleerd van atmosferische omstandigheden)
 - Koudebron 8 à 10°, na 3 jaar
 - Warmtebron 12 à 14°, na 3 jaar
- Warmtepomp (WP)
- Hydraulische schema: gelijktijdige warmte en koude
- Warmteafgifte: betonkernactivering

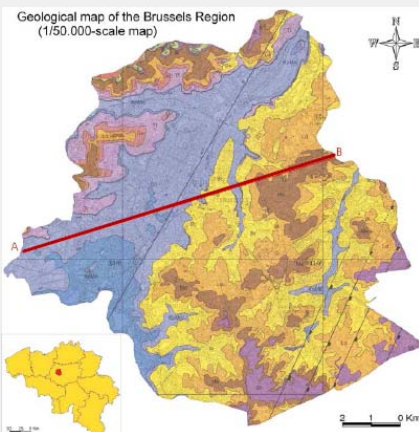


OPEN SYSTEEM

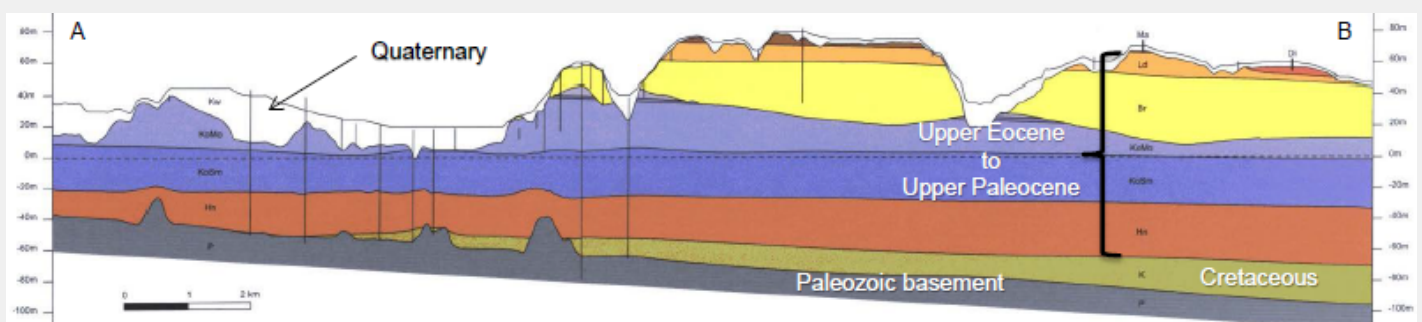
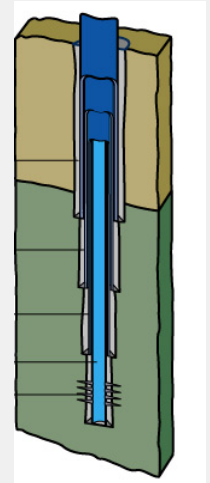
- Open verticale boorputten op « grote » diepte: 85m
 - Bewezen technologie (Nederland)
 - Pompen gebeurt in een diepe laag, geïsoleerd van de grondwaterlaag
 - Zeer gering risico op verstoring grondwater: **Belangrijke voorzorgsmaatregelen bij de uitvoering: casing & « dichtingsstop » (bentoniet)**



VOORZORGSMATREGELEN BIJ UITVOERING



- CASING tijdens de boring
- Dichtingsstoppen via bentoniet (expansieve kleikorrels) om de dichtheid van de watervoerende laag te herstellen





3. DEFINITIEF PROJECT :

- Zeer beperkte werkingsrange
 - T° water « van de bron » (warm & koud): tussen de 10 en 14°C
 - T° water van warmtedistributie:
 - Betonkernactivering: tussen 17° en 24°C ('s nachts)
 - Naverwarmingsbatterij: tussen 35 en 40°C
 - Ventilo-convectoren: tussen 35 en 45°C



11



MILIEUVERGUNNING & VERGUNNING VOOR OPPOMPEN

« - Ofwel wordt de primaire kring (opgepompt water) in overdruk geplaatst tov de secundaire kring (vloeistoffen van de warmtepomp) en wordt een lekdetectiesysteem geplaatst. Bij een lek, wordt de ondergrondse herinjectie onmiddellijk stopgezet (en wordt het systeem eerst hersteld alvorens het injecteren kan hernemen) ;

- Ofwel wordt het geothermisch systeem uitgerust met een dubbelwandige warmtewisselaar zodat de primaire en secundaire kring strikt gescheiden blijven. De temperatuur van het terug geïnjecteerde water moet liggen tussen de 4°C en 25°C . »

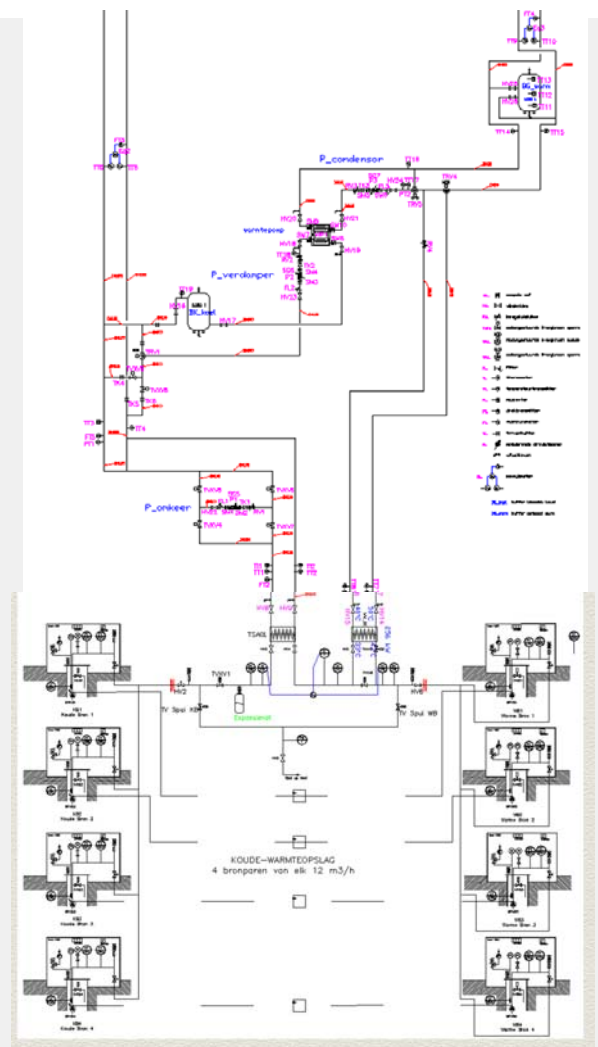
- Geschat pompdebiet: 2 x 37.700 m³/ jaar (warm en koud)
- Verplichting voor een jaarlijkse controle gedurende de eerste drie jaar



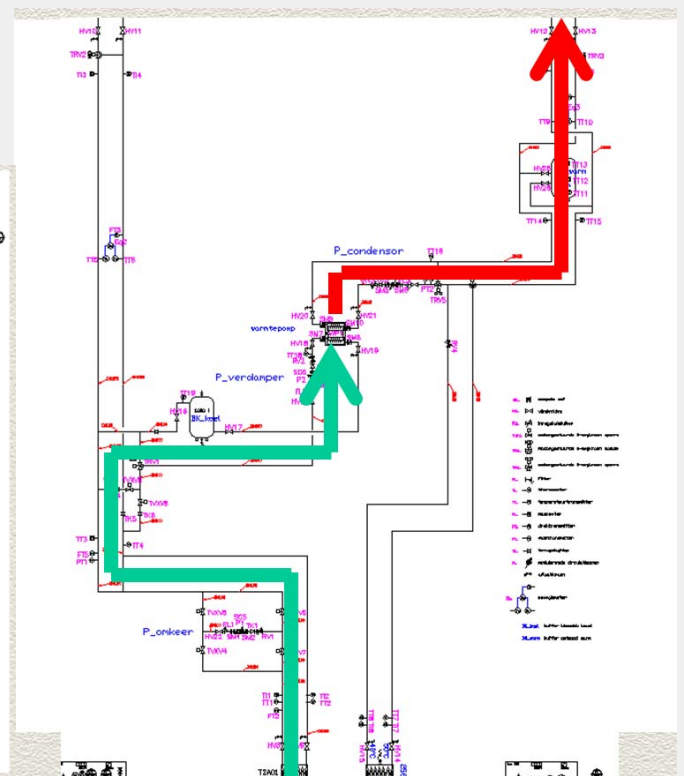
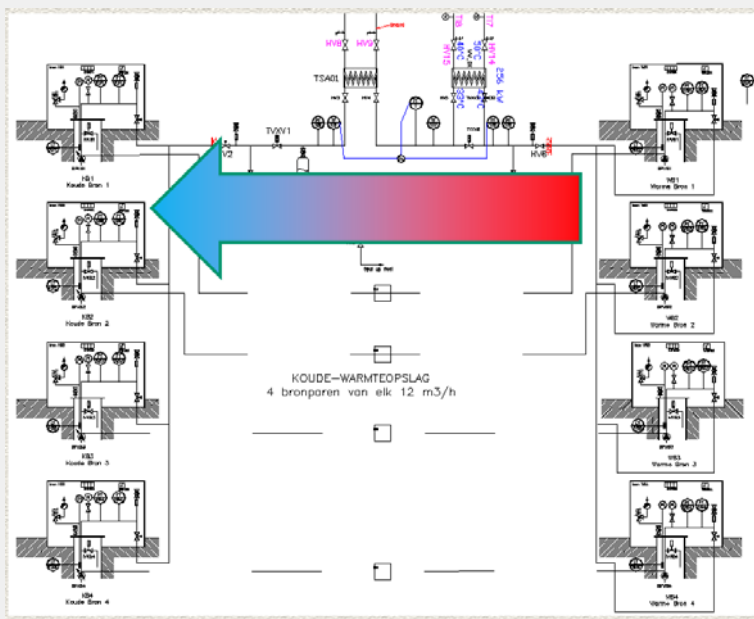
HYDRAULISCH SCHEMA

Hydraulische aansluitingen maken gelijktijdige werking van de warme en koude polen van de koelcyclus mogelijk

Documenten: SMET GWT & TERRA ENERGY

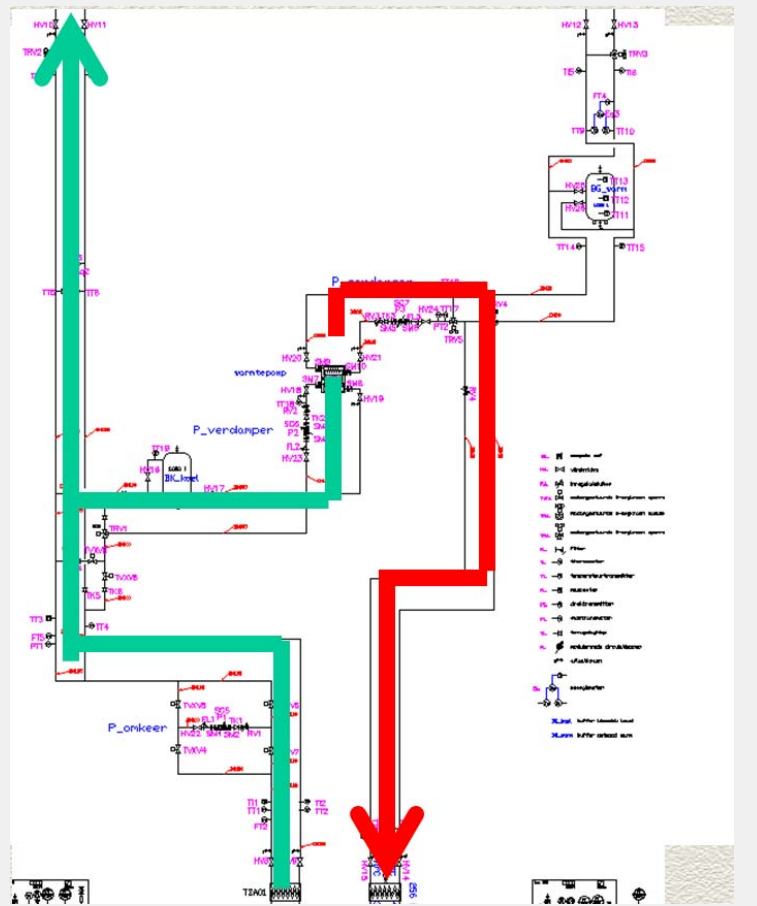
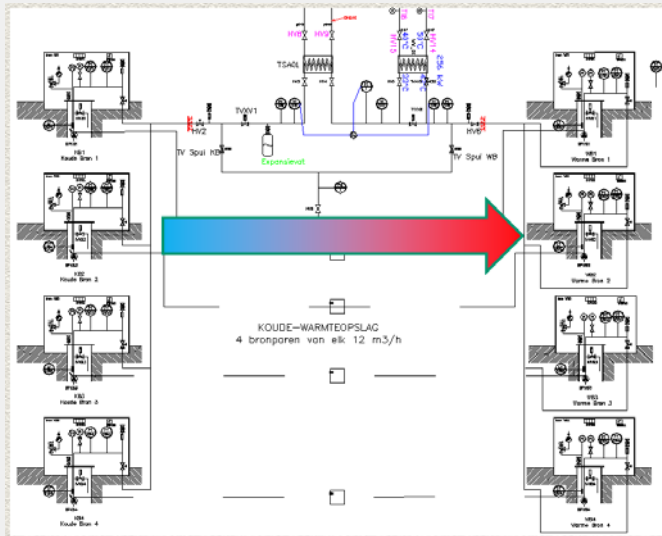


VOORBEELD 1 : WARMTEVRAAG

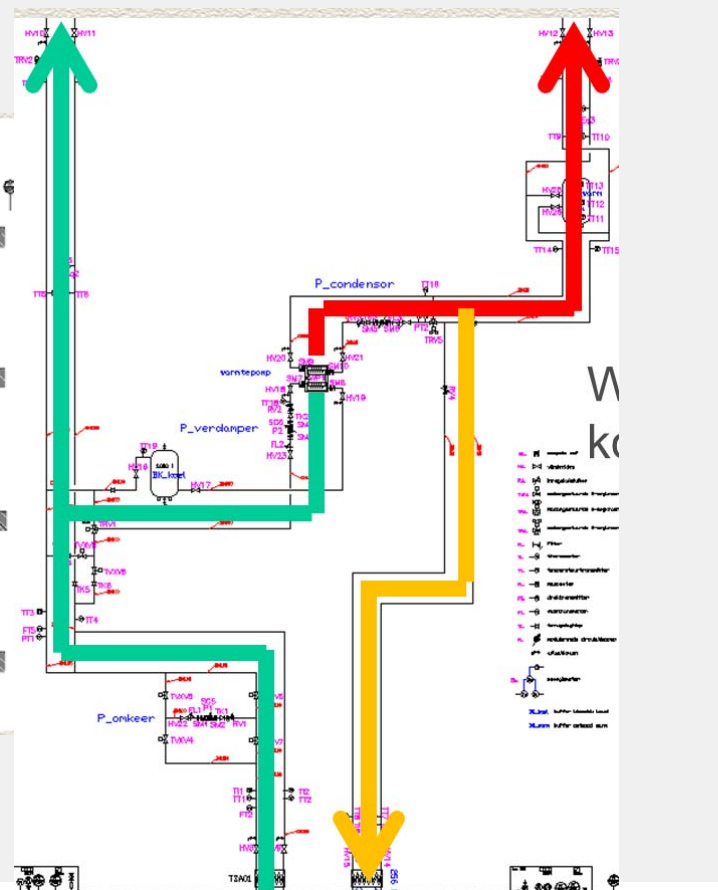
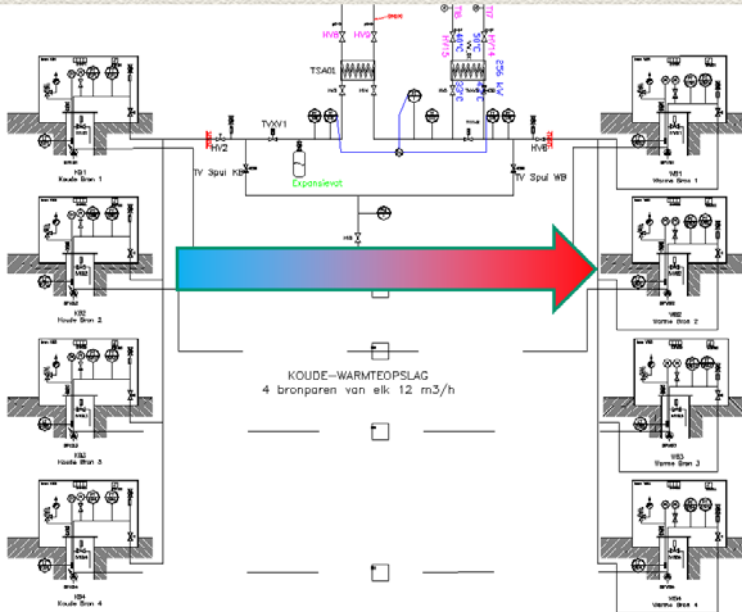




VOORBEELD 2 : KOUDEVRAAG



VOORBEELD 3 : GECOMBINEERDE VRAAG IN DE ZOMER





BECIJFERDE PROGNOSES

Consommations électriques		
Pompe à chaleur	81.750	kWh/an
Pompes géothermiques en chaud	12.671	kWh/an
Auxiliaires planchers chauffants	742	kWh/an
Ventiloconvecteurs	7.000	kWh/an
Refroidissement actif	8.417	kWh/an
Pompes géothermiques en froid	13.100	kWh/an
Auxiliaires plancher mode refroidissement	2.353	kWh/an
Ventilation	115.961	kWh/an
TOTAL	241.994	kWh/an
Gain panneaux photovoltaïques	-88.423	kWh/an

17



OPVOLGING: ELEKTRICITEITSVERBRUIK

OPMERKINGEN:

- De BREEAM-commissioning heeft serieuze gebreken in de uitvoering en de inbedrijfsneming van de HVAC en het GTB (gecentraliseerd technisch beheer) aan het licht gebracht
- Wegens reacties van gebruikers werden de ingestelde temperaturen verhoogd om een voldoende comfortniveau te bereiken

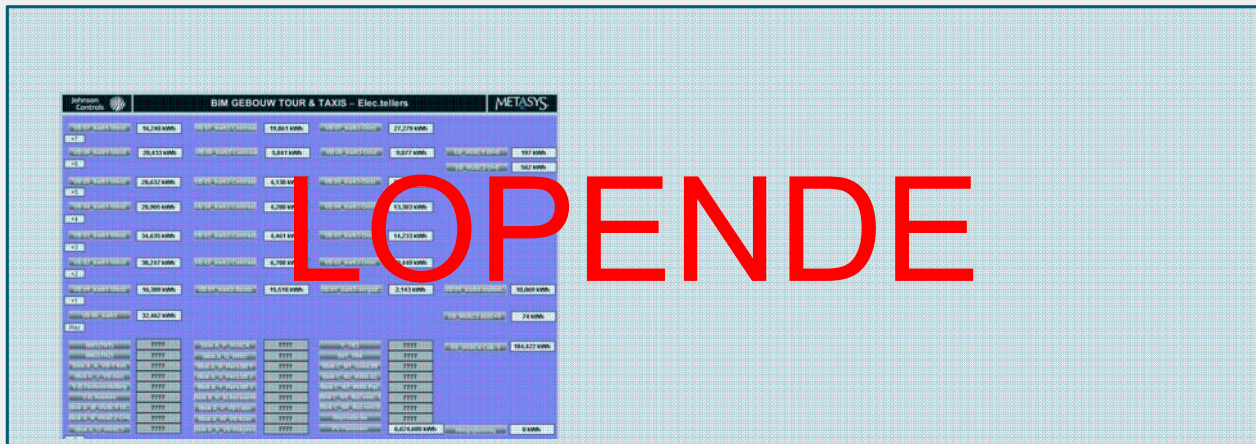
GEVOLGEN:

- Moeilijke toegang tot precieze verbruiksgegevens
- Maar globaal gezien overschrijding van de voorspellingen

18



EERSTE POGING TOT EVALUATIE



MOCHT ER HERBEGONNEN WORDEN

1. In theorie is betonkernactivering weinig reactief op oververhittingsbronnen en energievernietiging. In de praktijk wordt dit probleem in het gebouw van Leefmilieu Brussel niet vastgesteld. De betonkernactivering functioneert goed.
2. De mogelijkheid om de koude en warme polen van de WP gelijktijdig te gebruiken, wordt weinig gevaloriseerd gezien de koeling van de IT-systemen niet is aangesloten op de KWO.
3. De diepte van de putten lijkt een reële handicap te zijn: het vereiste vermogen om het water op te pompen van « grote » diepte laat zich negatief voelen.



OPVOLGING: POMPDEBIETEN

CONSTATERING:

1. Pompvolume bij warmtevraag lager dan voorspeld, terwijl warmtebehoefte hoger uitvalt:
 - ▶ Manifest probleem op vlak van regeling op niveau van de werking van de ketel
 - ▶ Gasverbruik hoger dan voorzien
2. Pompvolume bij koudevraag 25% hoger dan voorspeld:
 - ▶ Verhoogt de nood aan opvolging
 - ▶ Betonkernactivering bewijst efficiëntie bij hittegolf (T° binnen $< 26^{\circ}$ tijdens volledige zomer)

21



4. OPEN SYSTEEM EN BODEMVERVUILING: INNOVATIES

- Gratis tool aangereikt door Leefmilieu Brussel
- 4 vragen om de situatie ZEER SNEL te beoordelen
- 4 algemene antwoorden: een kwartet van Win-Win:
 - Directe financiële winst: lagere kosten bij uitvoering
 - Tijdelijke voordelen (indirecte financiële winsten): snellere exploitatie van het terrein
- Meer uitgebreide lijst van oplossingen

22



TOOL VAN LEEFMILIEU BRUSSEL VOOR PROJECTAUTEURS

NL • FR WIE ZIJN WIJ? | CONTACT

Technieken Voordelen Vragen

Bouwen en bodembehandeling:
zorg voor de win-win!

Overzicht innovatieve bodembehandelingstechnieken

Bekijk

Overzicht mogelijke voordelen voor een bouwproject

Bekijk

Welke zijn de mogelijkheden voor uw project?

Vul de korte vragenlijst in en krijg een advies op basis van uw prioriteiten!

Vragenlijst

<http://app.bruxellesenvironnement.be/BIM>



4 EENVOUDIGE VRAGEN OM DE SITUATIE TE BEOORDELEN

In welke fase bevindt het bouwproject zich?

- Planningsfase
- Uitvoeringsfase

Welke verontreiniging komt er voor?

- Onbekend
- Minerale olie (bv. stookolie, benzine, diesel)
- BTEX en/of naftaleen (bv. benzine, gasfabriek, teerolie)
- PAK (bv. ophooglagen)
- Zware metalen (bv. Koper, Zink, Nikkel, Lood..., bv. in ophooglagen)
- Gechloreerde solventen (bv. droogkuis, ontvettingsinstallaties)

Betreft het een grond- of een grondwaterverontreiniging?

- Grond
- Grondwater

Is er een decretale verplichting tot actief saneren (van toepassing voor eenmalige of gemengde verontreinigingen)?

- Ik weet het niet
- Ja
- Neen



FORMULEER DE 4 PROJECTBEPERKINGEN

Het totaal van de schuifbalken moet 100% zijn om verder te gaan:

100%

Beperking behandelingsmaatregelen



Risicobeheer



Afstemmen graafwerken

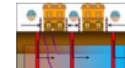
Ruimtegebruik



Details 0 50% 70



Bouwzone vrij



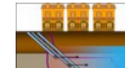
Gebouwen vrij



Geen ruimtegebruik



Ruimtwinst door ondergrondse afwerking

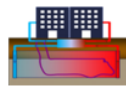


Schuine boringen

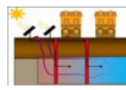
Duurzaamheid



Details 20 20% 70



Energie-recuperatie



Hernieuwbare energie



Lager totaal energieverbruik

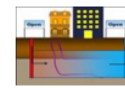
Snelheid



Details 0 30% 70



Korte duurtijd



Snelle ingebruikname



KWARTET « WIN - WIN »



Finale output: overzicht geschikte innovatieve bodembehandelingstechnieken voor uw site

Welke innovatieve bodembehandelingstechnieken bieden het grootste potentieel op synergiën met uw bouwproject? De meest geschikte technieken zijn bepaald op basis van uw ingegeven projectkenmerken en prioriteiten.

Deze tool laat u vooral proeven van de mogelijkheden. Het is belangrijk om deze verder te bespreken en uit te werken met uw bodemverontreinigingsdeskundige. U vindt de lijst van de bodemverontreinigingsdeskundige via deze [link](#).



Meest geschikte technieken	Kosten	Belangrijkste voordelen	Andere voordelen
Aërobe bio-oxidatie	€€	Gebouwen vrij Geen ruimtegebruik Ruimtwinst door ondergrondse afwerking Schuine boringen	Hernieuwbare energie Lager totaal energieverbruik Snelle ingebruikname
Soil mixing	€€		Korte duurtijd Snelle ingebruikname
Strategische ontgraving	€€	Afstemmen graafwerken Geen ruimtegebruik	Korte duurtijd Snelle ingebruikname

Andere mogelijke technieken

Meer weten over de selectie van meest geschikte technieken?





EXPERTEN BODEMVERVUILING



leefmilieu brussel.brussels 

Lijst van de BODEMVERONTREINIGINGSDESKUNDIGEN

Bovenop de personen die opgenomen zijn in deze lijst van de bodemverontreinigingsdeskundigen, mogen de opdrachten die omschreven zijn in de ordonnantie bodem en haar uitvoeringsbesluiten, gedurende een overgangsperiode tot en met 30/01/2013, uitgevoerd worden door personen die erkend zijn:

- in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest als studiebureau op het vlak van "bodemverontreiniging",
- en/of in het Vlaams Gewest als bodemsaneringsdeskundige,
- en/of in het Waals Gewest als "bureau d'étude en pollution du sol et du sous-sol",

op voorwaarde dat deze erkenning werd toegekend voor 1/01/2012.

Contact: permit_agr@leefmilieu.brussels

Datum van update: 21/02/2016 05:04:00 (43 record(s))

Onderneming	Erkenningsnummer	Vervaldatum	Opmerkingen
AB ECOGLOBE B.V.B.A. Koning Albertlaan 217 1120 BRUSSEL BELGIE Ondernemingsnummer : 0833310172 Tel : 0476/043.993 - 02 270 22 53 Fax : 02 270 22 53 E-mail : ael@ab-ecoglobe.be Website : http://www.ab-ecoglobe.be	001133241	24/01/2023	
AB SOIL REMEDIATION EXPERTS E.B.V.B.A. Avenue Pasteur 6H 1300 WAVRE BELGIE Ondernemingsnummer : 0474707706 Tel : 010/68 64 16 Fax : 010/68 64 19 E-mail : info@absoilremediation.com Website : http://www.absoilremediation.com	001131777	27/09/2022	

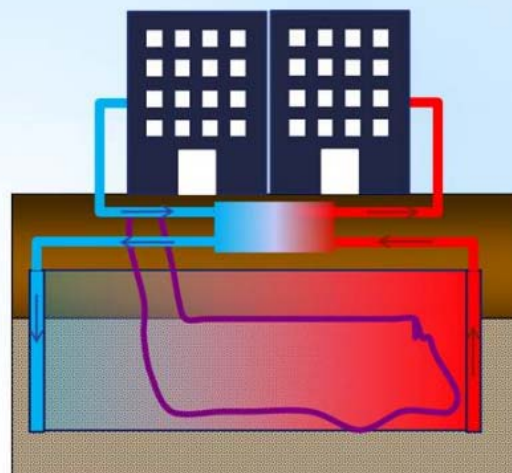
http://app.bruxellesenvironnement.be/lijsten/?nr_list=EPS
0001



WIN-WIN OPLOSSING

Energiereducatie

Uit onttrokken grondwater of bodemlucht kan energie worden gerecupereerd (koude of warmte).



- Energiereducatie = kostenreductie
- Hernieuwbare energiebron
- Vermindering CO₂-voetafdruk gebouwen

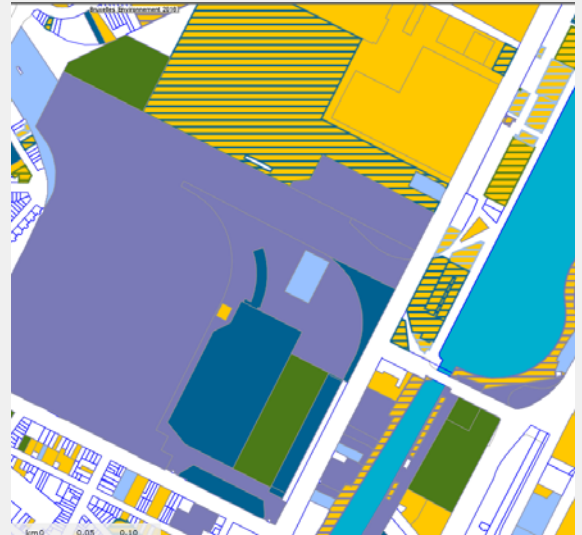


Neem de bodembehandeling in overweging vanaf het begin van het bouwproject!



GEBOUW LEEFMILIEU BRUSSEL

- Bodem initieel vervuild aan de oppervlakte
- Vervuiling afgegraven bij aanleg parking en kelder
- Geen verdere behandeling in de tijd



29



WAT ONTHOUDEN ?

- **Mogelijk koude&warmte gelijktijdig te benutten via de WP**
- **Vertikale putten: belangrijke voorzorgen bij uitvoering**
- **Open systeem: Voordelen:**
 - Mogelijkheid tot energieopslag:
 - Koude in de winter opslaan voor in de zomer
 - Warmte opslaan in de zomer voor in de winter
 - Geen principiële obstakels om de kwaliteit van de watervoerende lagen te garanderen indien voorzorgsmaatregelen worden nageleefd (uitgezonderd captatiezone)
- **Globale en « transversale » visie op het project behouden**
 - ▶ Zoek naar WIN-WIN oplossingen
 - ▶ (zo snel mogelijk eventuele tegenstrijdige beperkingen identificeren)
- **Belang van COMMISSIONING**

30

Photo: Y. Glavie en Architects : Cerezeal/Samyn and Partners



02 775 75 75 · WWW.ENVIRONNEMENT.BRUSSELS

Michel HERMANS Ir Arch. Facility Manager Bruxelles Environnement
DIVISION FACILITIES & PATRIMOINE IMMOBILIER
mhermans@environnement.brussels

Warmtepompen, een technologie in evolutie die overtuigt!

Communicatiestrategieën voor toekomstige klanten van WP-systemen en uitwisselen van ervaringen via projecten die innoverende technologieën gebruiken (DRV en CO₂)

**Etienne de Montigny
DTC**

Doel van de presentatie is de opgedane ervaringen te delen in het domein van warmtepompen, met focus op systemen van het type « lucht-lucht » en « lucht-water ».

Ter inleiding worden een aantal mogelijke antwoorden geformuleerd op volgende vragen:

Wat zijn de noden en de motivatie van de klant?

Wat zijn de verantwoordelijkheden van de verschillende actoren in het project?

Welke communicatiestrategie hanteren om te overtuigen?

Warmtepompsystemen hebben tal van troeven, maar vaak blijkt het toch moeilijk investeerders te overtuigen. Via enkele concrete voorbeelden van realisaties worden de argumenten toegelicht die hebben geleid tot de installatie van het warmtepompsysteem.

De warmtepompsystemen evolueren continu. De presentatie licht enkele innovatieve technieken toe, waaronder de VRV-systemen, die het comfort verbeteren en tegelijk ook gevoelig hogere energiebesparingen opleveren. Wij beklemtonen ook het belang van het optimaal inregelen van de systemen 'lucht-lucht', zodat de energiefactuur zo laag mogelijk uitvalt.

Tenslotte wordt ook even stil gestaan bij een warmtepomp die CO₂ als warmtedragend medium gebruikt om zeer efficiënt het SWW te produceren.

Seminarie Duurzaam Bouwen:

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

4 maart 2016
Leefmilieu Brussel

Warmtepompen, een technologie in evolutie die overtuigt!

Etienne de Montigny

DTC sa



LEEFMILIEU BRUSSEL
BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Doelstellingen van de presentatie

- Getuigen vanuit de eigen ervaring door middel van enkele concrete realisaties van installaties.
- Toelichten van de voordelen en de argumenten die klanten er toe hebben aangezet om te kiezen voor een warmtepompinstallatie.
- Tonen van enkele technologische evoluties die de prestaties en het comfort verbeteren.
- Presenteren van de WP op CO2 voor de productie van SWW



Plan van de presentatie

1. Wat zijn de behoeften van de klanten en de verantwoordelijkheden van de intervenanten?
2. Welke communicatiestrategie?
3. Voorbeelden van realisaties
4. Enkele technologische evoluties



3

1.1 Wat zijn de behoeften van de klant?

- Thermisch comfort over het volledige jaar
 - ▶ verwarming, sww en indien nodig ook verkoeling
- Financiële aspecten, maar ook energetische en ecologische
 - ▶ Investering tegen « een juiste prijs » met coherente terugverdientijd.
 - ▶ **Energiefactuur** en werkingskosten zo laag mogelijk
 - ▶ **Gebruiksgemak** met opvolging en opsplitsing van de verbruiken
 - ▶ **Labeling**: algemene coherentie, beste rendement (verkoop/verhuur)
 - ▶ Verminderen van de **milieu-impact**
 - ▶ Onafhankelijk van **fossiele energie**



4

1.2 Wat zijn de verantwoordelijkheden van de intervenanten?

- Verantwoordelijkheden van de architect, studiebureau?
 - ▶ **Financiële en technische coherentie** van de oplossing: moet beantwoorden aan de noden van de klant en aan het gebouwtype (nieuwbouw of renovatie)
 - ▶ Een **oplossing uitwerken die optimaal integreerbaar is** in het gebouw
 - ▶ De installatie zo dimensioneren opdat comfort en **energieprestatie globaal bekeken optimaal zijn**
- Verantwoordelijkheden van de installateur?
 - ▶ Installeren conform wetgeving en bepaling in **lastenboek** met kwalitatief materiaal (betrouwbaarheid, garanties, service na verkoop en onderhoud, wisselstukken,...)
 - ▶ « **Commissioning** » voorzien om de goede werking te verifiëren en de reële prestaties van de installatie na te gaan (opvolging verbruiken, eventuele optimalisatie regelparameters, ...)



5

2.1 Welke communicatiestrategie? ENGAGEMENT EN BEVESTIGING

Teamaanpak om succes van project te garanderen



6

2.2 Welke communicatiestrategie? VERGELIJK mogelijke oplossingen!

- Investering + energiefactuur + betrouwbaarheid materiaal
- Rendement en energiefactuur
 - ▶ simulaties en vergelijking van merken/oplossingen

<http://ecodesign.toshiba-airconditioning.eu/fr>

- Voorbeeld WP Lucht-Lucht 3KW verwarm.
- ▶ Vermogensmodulatie = verhoogd jaar-η

COP = 5,2
SPF = 9,1

ideale oplossing voor passiefhuis!

*Min. investering en energiefactuur
voor max comfort*

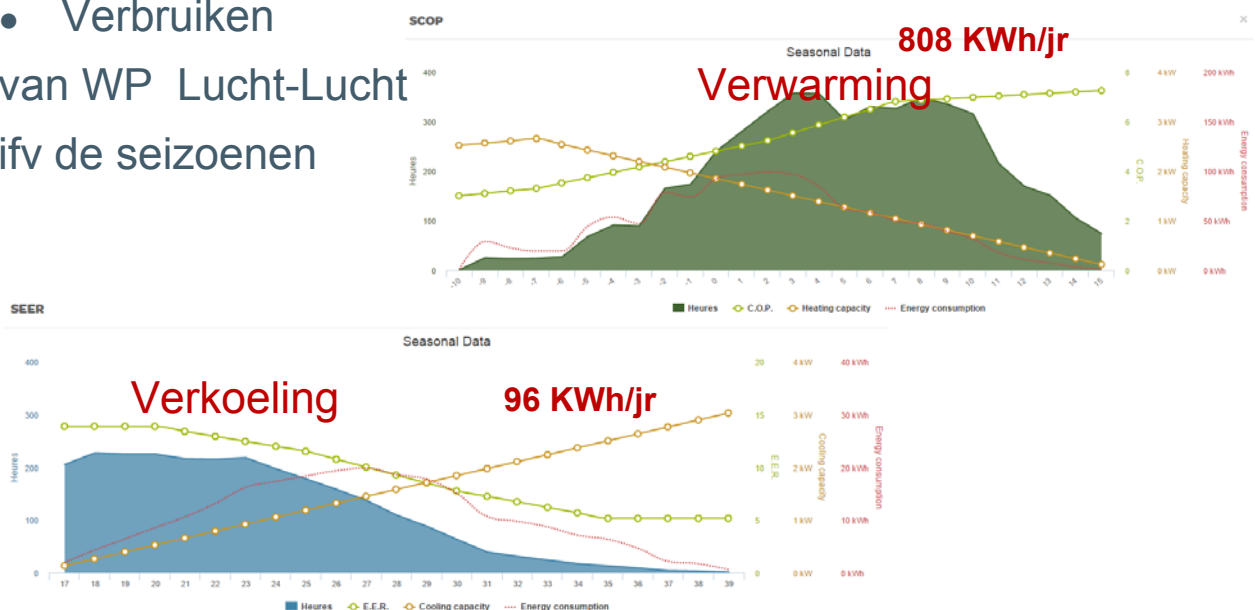
KWh/jr koude = 96 warmte = 808



7

2.3 Welke communicatiestrategie? DE OPLOSSING TOELICHTEN!

- Verbruiken van WP Lucht-Lucht ifv de seizoenen



Vermogensmodulering = goed voor η en comfort

8

2.4 Welke communicatiestrategie? BEWUSTMAKING en ENGAGEMENT!

- Hou uw energiefactuur én uw milieu-impact verkleinen?
 - ▶ De installatie correct parametriseren
 - ▶ De gebruikers opleiden (regeling)
 - ▶ Energieboekhouding instellen
 - ▶ Opvolgen, analyseren en vergelijken van de verbruiken
 - ▶ Aanpassen van de regeling aan het gedrag:
 - Gewenste t° , bedrijfsuren, seizoensinstellingen



»Wat zijn de motivaties?



»Wie betaalt de factuur?

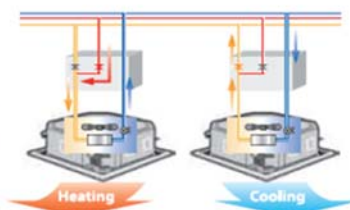
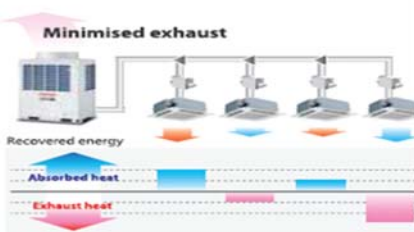
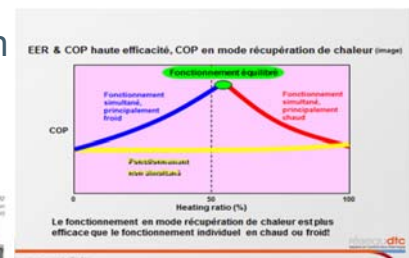
»Bewustmaking van investeerders en gebruikers



9

3.1 Enkele voorbeelden van realisaties : WP-technologie met VRV

- Systeem met « Variable Refrigerant Volume »
- Werking voor koud en warm, simultaan!
- Voordelen:
 - ▶ Interne/externe transfert van warmtestromen
 - ▶ Energie-efficiëntie + comfort
 - ▶ Snelle omschakeling van modus warm/koud
 - ▶ Geen « tampon » = geen inertie
 - ▶ Eenvoudige installatie



10

3.2 Enkele voorbeelden van realisaties : VRV / warmterecuperatie

- Warmterecuperatie uit bloedanalyzelabo voor opwarmen van de kamers in de winter en de tussenseizoenen
- Bedrijfszekerheid: 5 gescheiden installaties - noodgroep



**Geringe
energieverbruiken**



11

3.3 Enkele voorbeelden van realisaties : VRV / Valorisatie warmte uit kelder

- Verwarming van de winkels in de Galerie MADOU (metro)

Wintermodus met constante temperatuur!



- Verwarming van de hygiënische
lucht



12

3.4 Enkele voorbeelden van realisaties : VRV (kantoren) + WP Lucht-Water (ateliers)

- Aangepast comfort in verschillende zones van de ateliers en de kantoren
- Verwarming / vloer = geen luchtverplaatsing (textielvezels)



Energiebesparing

Jaar-SPF ateliers = 3,1



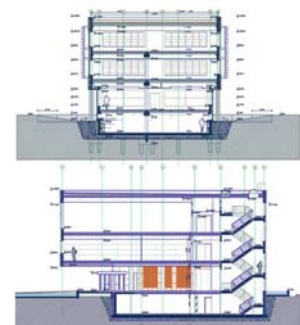
13

3.5a Enkele voorbeelden van realisaties : VRV : verhuurmanagement van kantoren

- VRV : verwarming/ verkoeling/ adiabatische ventilatie
- Installatie « à la carte » van de 5200 m²
 - ▶ Bezetting: Eigenaars/huurders/bezoekers
 - ▶ Diverse wensen naar kantoorindeling, zalen: polyvalent/vergaderingen/vormingen

Beslissingscriteria (variante in bestek)

- ▶ **Gemak waarmee werken kunnen gefaseerd worden**
- ▶ **Investeringskost en verbruik vallen lager uit**



14

3.5d Enkele voorbeelden van realisaties : Warmterecuperatie

- Overdracht van warmte uit glazen gaanderij om het gelijkvloers op te warmen in de tussenseizoenen



➔ Warmterecuperatie en comfort

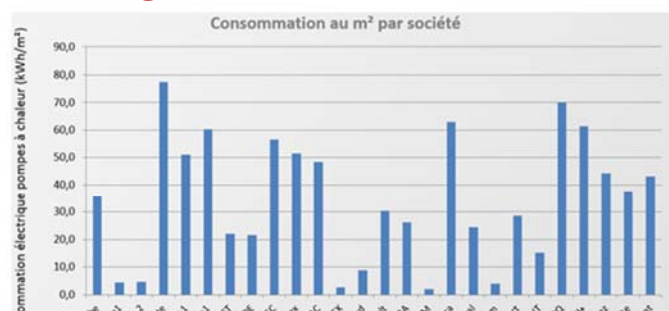


15

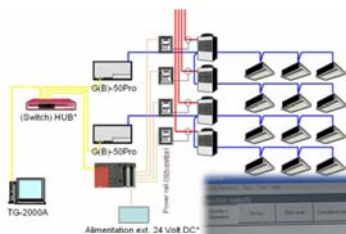
3.5b Enkele voorbeelden van realisaties : verhuurmanagement van kantoren

➔ Reële verdeling van de verbruiken

- globaal GBS
 - Verdeling volgens
 - ▶ bezettingsgraad
 - ▶ gedrag van de gebruikers



26 energiefacturen



16

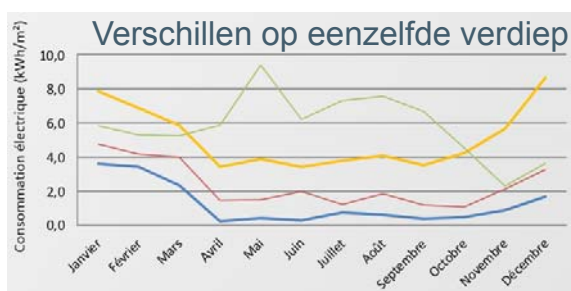
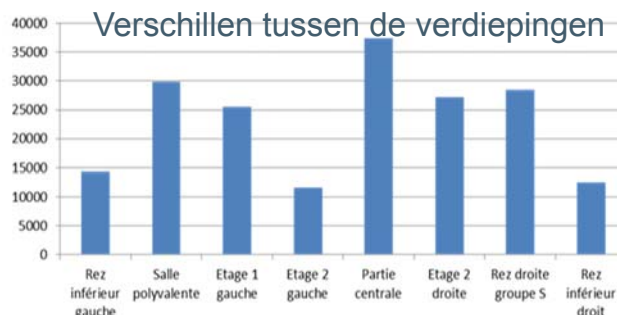
3.5c Enkele voorbeelden van realisaties : Analyse van de verbruiken

➔ **Beperken van de verbruiken en CO₂-uitstoot**

- Gebruikers opleiden zodat regeling optimaal

- ▶ Ongelijkheden in de verbruiken!
- ▶ Gedragswijziging:

› instel-T°, werkingsuren



17

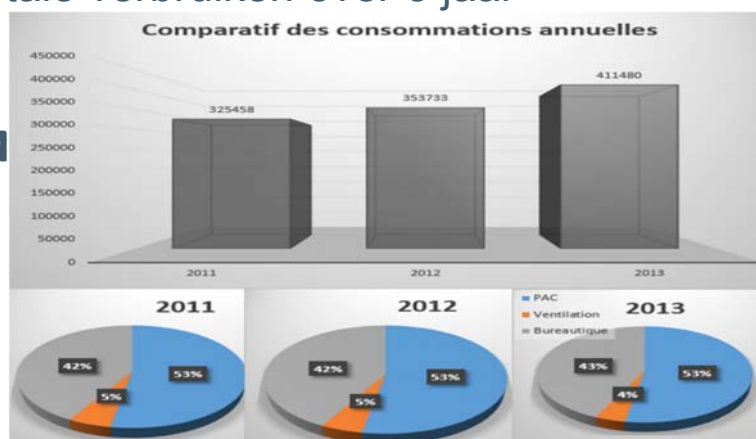
3.5c Enkele voorbeelden van realisaties : Analyse van de verbruiken

- Verbruiken 2013 HVAC = warmte/koude/ventilatie

- ▶ 234.000 kWh = 57% van totale elektriciteitsverbruik
- ▶ +/- **9 €/m²jr** (0,2 €/KWh) totale factuur +/- **45.000€ / 5200m² jr**

- Evolutie van de totale verbruiken over 3 jaar

- ▶ Bezetting + ↗
- ▶ Graaddagen + ↗

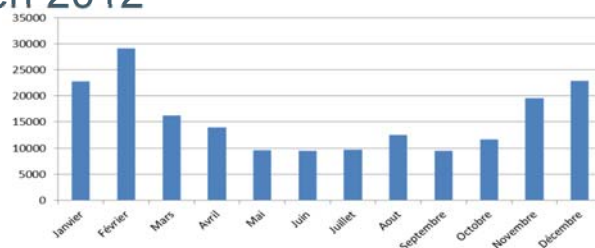


18

3.5e Enkele voorbeelden van realisaties : Analyses van de verbruiken

• Profiel van de maandverbruiken 2012

- ▶ Verwarming weegt zwaarder door dan koeling!



• Ratio's van de jaarverbruiken



19

3.6a Enkele voorbeelden van realisaties : VRV : Voordelen bij renovatie



Technische en financiële beperkingen:

- *Aangepast comfort voor <> lokaaltypes en bezetting*
- *Investeringskost (geen klimatisatie voorzien in principe)*
- *Uitvoeringstermijn (10 maand)*
- *Fasering van de werken met partiële bezetting*



20

3.6b Enkele voorbeelden van realisaties : VRV : Voordelen bij renovatie

Installatiegemak en bedrijfszekerheid

36 WP (dak) + 225 IU en 38 GP (vals plafond)

Beheergemak voor 14000m² (GBS warm/koud/ventilatie)

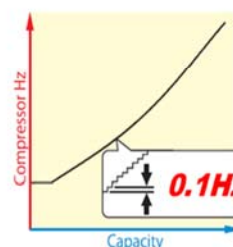
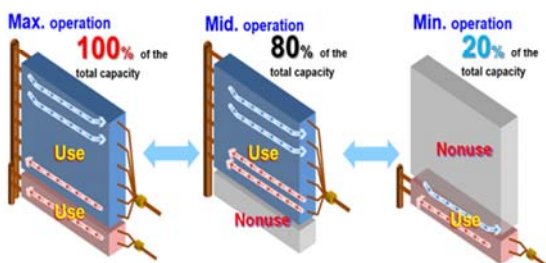
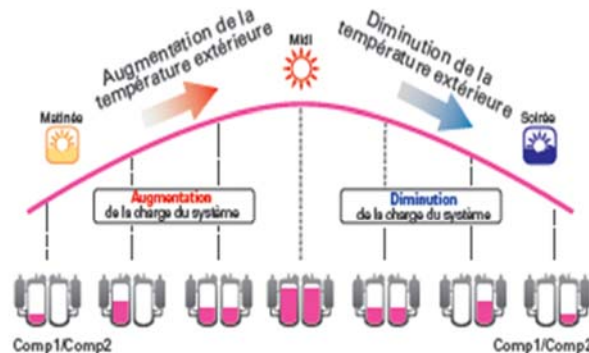
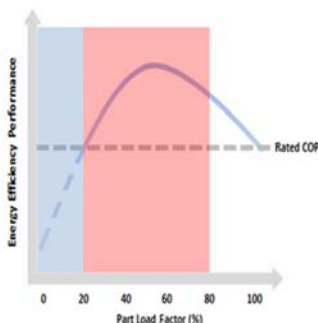


21

4.1.1 Enkele technologische evoluties

Optimalisatie vermogensmodulering WP Lucht-Lucht VRV:

Betere η en comfortverbetering in tussenseizoenen (ESPF >7)

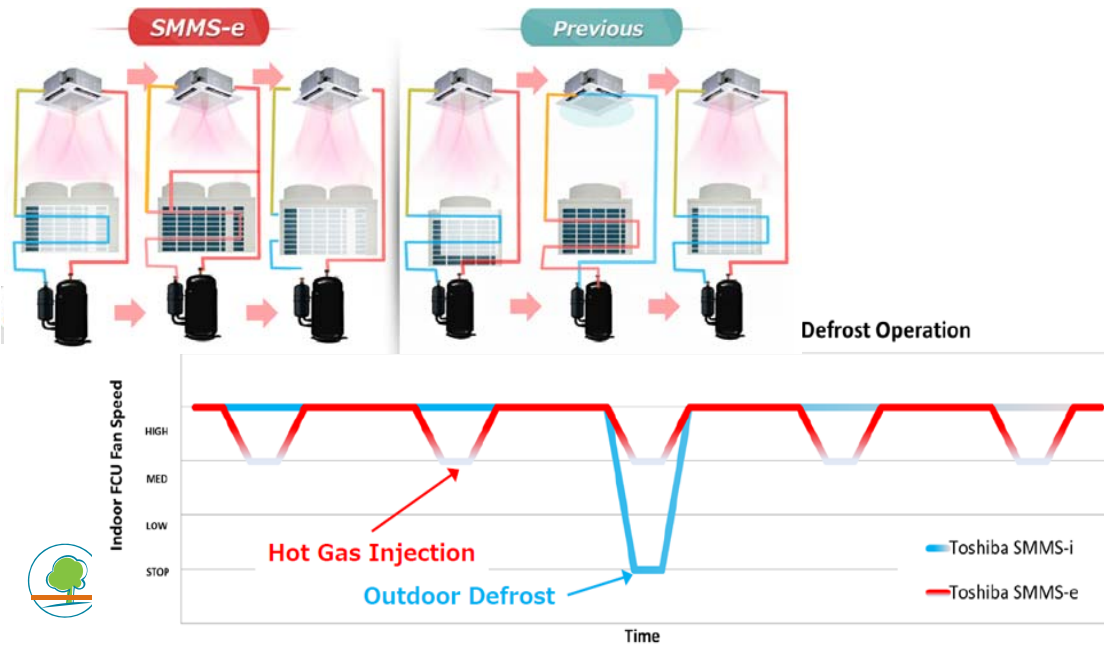


22

4.1.2 Enkele technologische evoluties



Optimalisatie ijsvrij houden WP Lucht-Lucht VRV :
Verbetering van comfort in winterperiode en verminderd verbruik

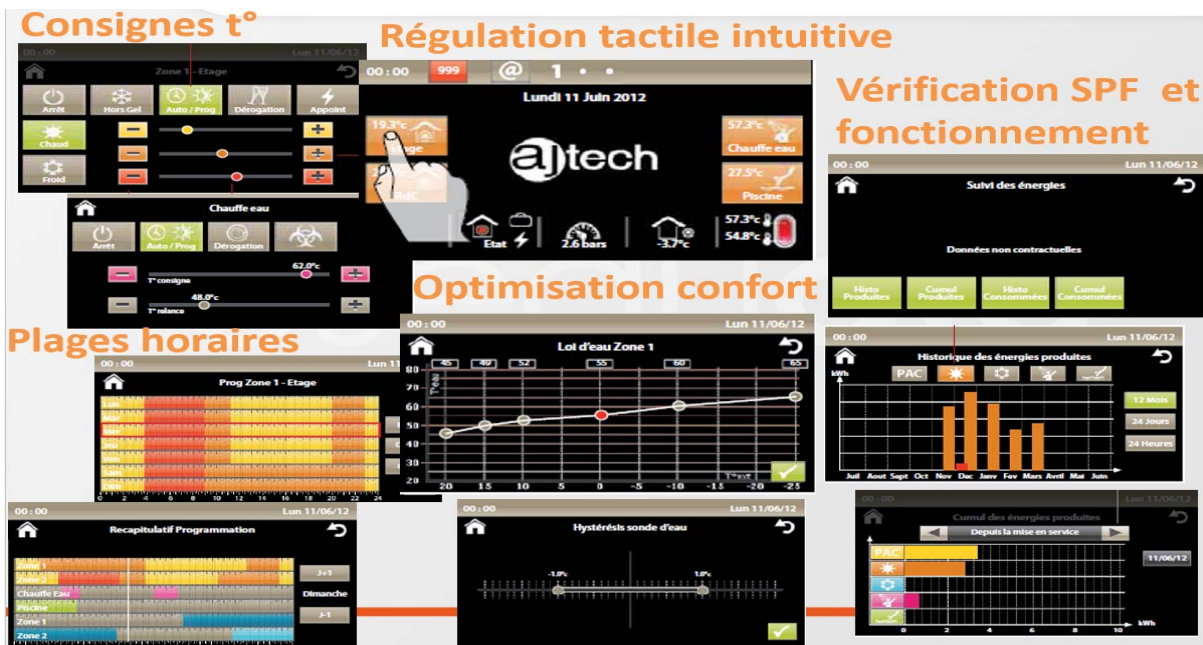


23

4.1.3 Enkele technologische evoluties:



Optimalisatie van de regelingen WP Lucht-Water:
'Userfriendly'-regeling met toegang op afstand + opvolging geproduceerde en verbruikte energie zodat reële COP/SPF van de installatie kan opgevolgd worden



24

4.1.4 Enkele technologische evoluties: WP op CO₂ voor SWW

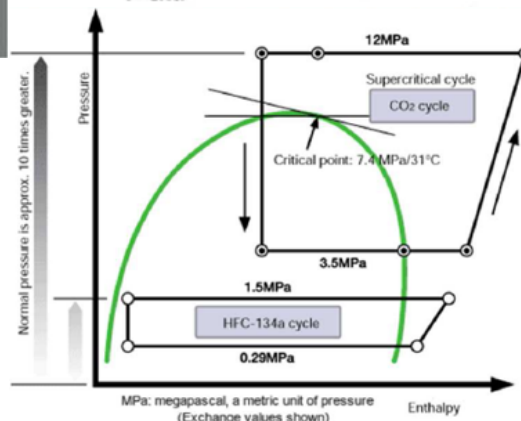
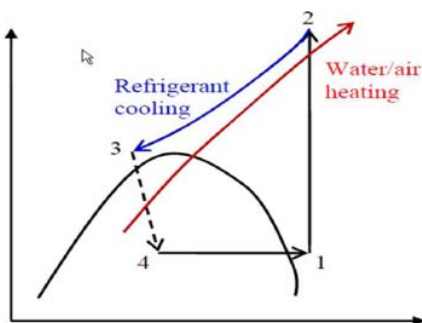
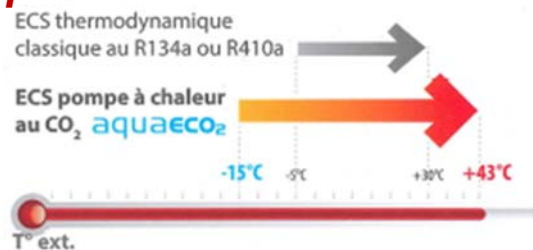
Zeer belangrijk potentieel: **tal van toepassingsmogelijkheden**



25

4.1 Enkele technologische evoluties: 4.1.2 WP op CO₂ voor SWW

Waarom op CO₂? **Voor milieu en prestaties**

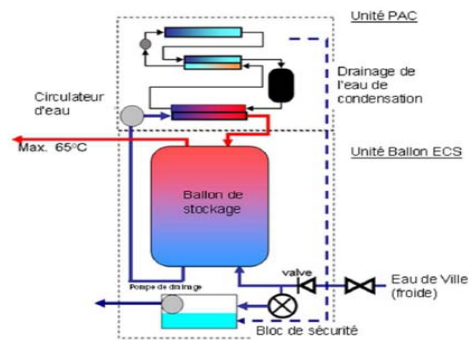
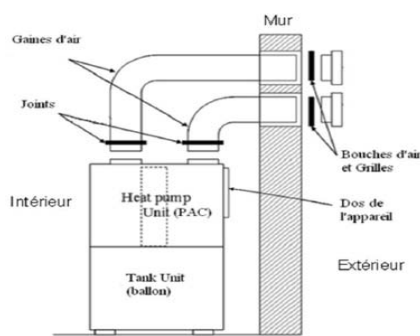
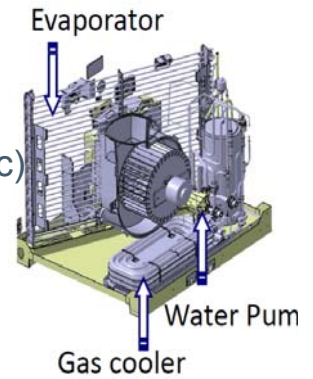


26

4.1 Enkele technologische evoluties: 4.1.2 WP op CO₂ voor SWW

• **Innovatief concept:**

- ▶ Gegarandeerd comfort (stratificatie = aftappen à 65°C)
- ▶ Snel op t° (van 10 à 65°C in 2,5u voor 150L)
- ▶ Zeer hoog rendement SCOP= **3 à 3,5**
- ▶ Zeer goede terugverdientijd bij omvangrijke SWW
- ▶ Gemakkelijk binnen te installeren, geen lawaaioverlast.
- ▶ Mogelijkheid tot warmterecuperatie (bv uit technische ruimten)



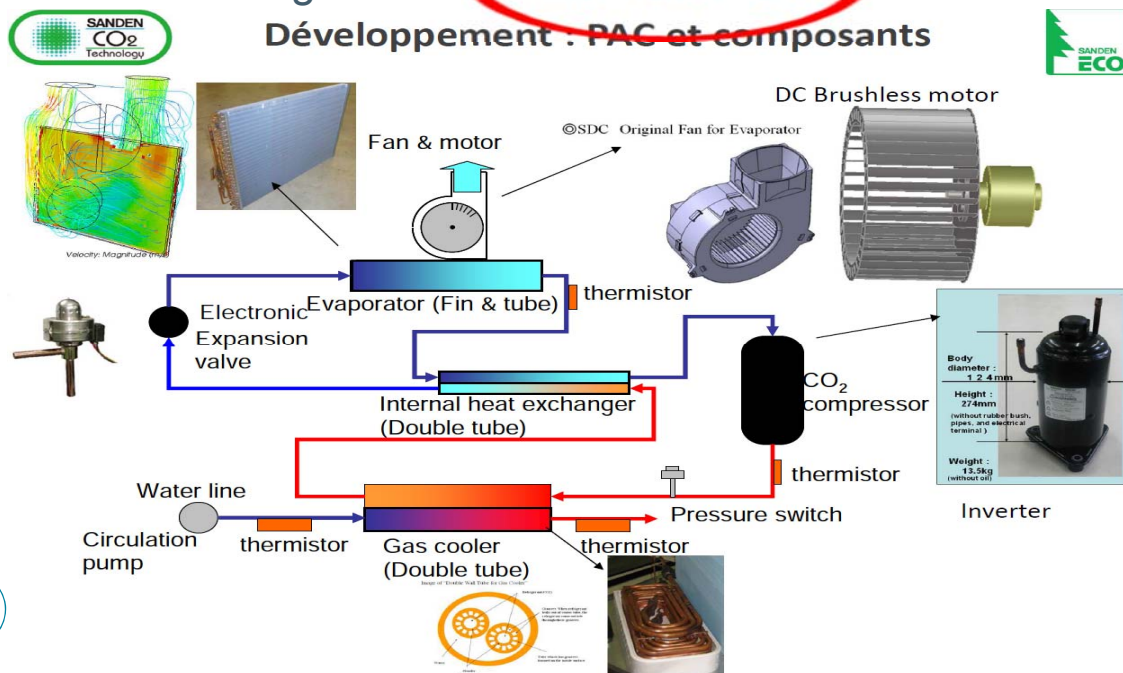
27

4.1 Enkele technologische evoluties: 4.1.2 WP op CO₂ voor SWW

• **Uitgekiende technologie**

Modulering debiet **lucht+water+CO₂**

Développement : PAC et composants

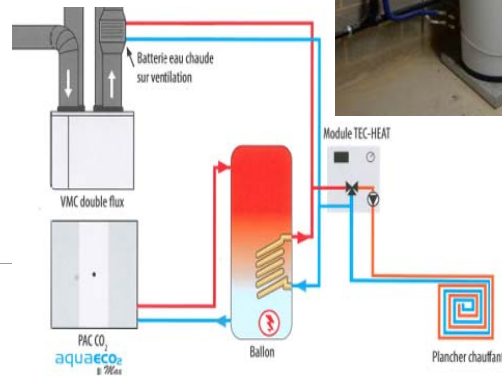
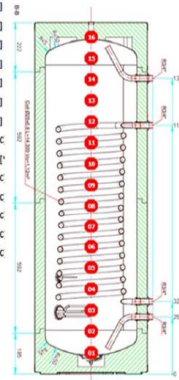
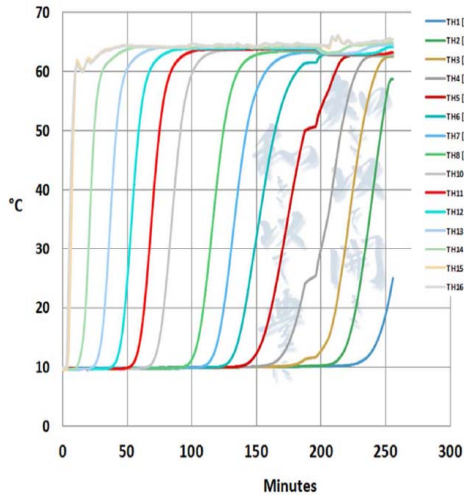


28

4.1 Enkele technologische evoluties: Combinatie: SWW + comfortverwarming

→ Ideaal voor passiefwoning/ZLE

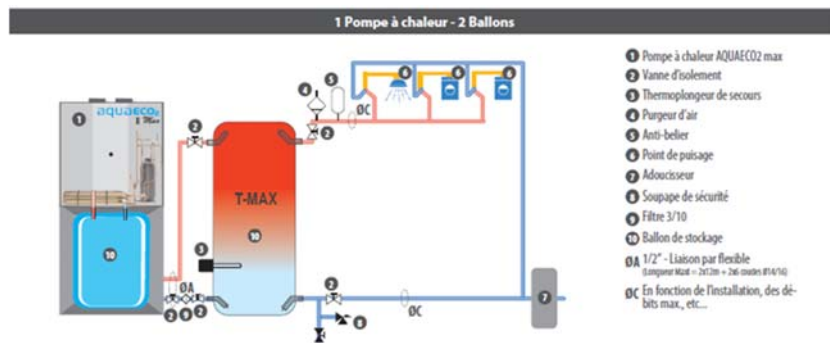
VERWARMING + SWW



29

4.1 Enkele technologische evoluties: 4.1.2 WP op CO₂ voor SWW

Installatievoorbeeld
Bij grote behoeften

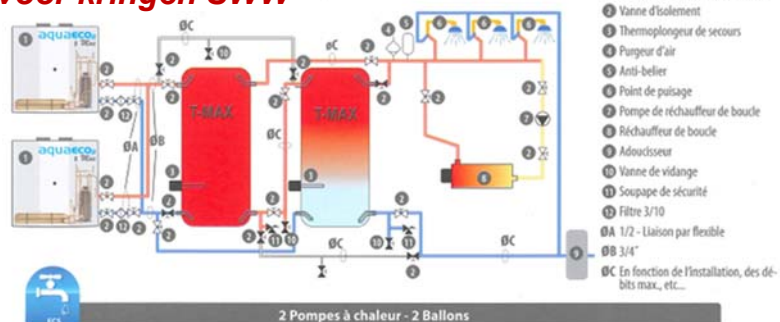


- 1 Pompe à chaleur AQUAECO2 max
- 2 Vanne d'isolement
- 3 Thermoplongeur de secours
- 4 Purgeur d'air
- 5 Anti-bellier
- 6 Point de puisage
- 7 Adoucisseur
- 8 Soupape de sécurité
- 9 Filtre 3/10
- 10 Ballon de stockage
- 0A 1/2" - Liaison par flexible (longueur Max = 2x1,2m + 2x6 mètres Ø14/10)
- 0C En fonction de l'installation, des débits max., etc...



Ontwerp aangepaste installatie ivm aftapdebitbehoefte!

- Vermogen WP + Opslagvolume
- Aandacht voor kringen SWW



- 1 Pompe à chaleur AQUAECO2 max
- 2 Vanne d'isolement
- 3 Thermoplongeur de secours
- 4 Purgeur d'air
- 5 Anti-bellier
- 6 Point de puisage
- 7 Pompe de réchauffeur de boucle
- 8 Réchauffeur de boucle
- 9 Adoucisseur
- 10 Vanne de vidange
- 11 Soupape de sécurité
- 12 Filtre 3/10
- 0A 1/2" - Liaison par flexible
- 0B 3/4"
- 0C En fonction de l'installation, des débits max., etc...



30

Wat moet ik onthouden van de presentatie ?

- Beantwoorden aan de behoeften van de klant:
 - ▶ **Comfort** verzekeren **over het volledige jaar!**
 - ▶ **Coherente oplossing** uitwerken op technisch en financieel vlak
Investering / verbruiken / betrouwbaarheid (kosten dienst naverkoop + onderhoud)
- Verantwoordelijkheden: **Teamwerk!**
 - ▶ Vanaf **ontwikkeling tot inbedrijfsstelling**, zonder de goede parametrisering van materiaal en regeling te vergeten.
 - ▶ Vorming voorzien en bewustmaking van de gebruikers zodat ze de **installatie in zijn globaliteit kunnen beheren en optimaliseren** met het oog op vermindering van de energieverbruiken en milieu-impact
- Technologische evoluties:
 - ▶ Verbetering van comfort en η (**vermogensmodulering**)
 - ▶ 'Userfriendly' regeling met **verificatie van de COP/SPF** 31
 - ▶ WP voor SWW met **CO₂** als natuurlijk koelmiddel = optimale oplossing



Contact

Etienne de Montigny

Commercieel directeur

Gegevens: Réseaudtc

Rue terre à briques 37

7503 Froyennes

☎ : 069/84 44 40

E-mail : edm@dtc.be

www.reseau-dtc.com



Integratie, regeling en link van warmtepompen met andere hernieuwbare energieën

Aandachtspunten op basis van voorbeelden

Raphaël CAPART
Dienst Facilitator Duurzaam Bouwen – specialist WP

Het doel van de presentatie is het analyseren van bepaalde aspecten van de combinatie van een WP met andere hernieuwbare energiebronnen, op basis van eenvoudige hypothesen. Het gaat er om de juiste vragen te stellen over de pertinentie van bepaalde combinaties en te focussen op de *meest optimale* manier om ze te combineren.

We lichten de combinatie WP en PV toe binnen het huidige regelgevende kader en het toekomstige, zowel voor verwarming als voor de productie van sanitair warm water. We bestuderen evenzeer de combinatie van een WP met een zonnecollector voor de productie van sanitair warm water. Tenslotte wordt bekeken wat de rol kan zijn van WP in een toekomstige intelligent elektriciteitsdistributienetwerk (« smart grid »).

Seminarie Duurzaam Bouwen:

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

4 maart 2016
Leefmilieu Brussel

Integratie, regeling en link van warmtepompen met andere hernieuwbare energieën

Raphaël CAPART

Dienst Facilitator Duurzaam Bouwen – specialist WP



LEEFMILIEU BRUSSEL
BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Plan van de presentatie

1. Combinatie WP/PV voor de verwarming
2. Combinatie WP/PV voor SWW
3. Combinatie WP/zonthermisch voor SWW
4. SWW: vergelijking van combinatie WP/PV en zonthermisch
5. WP en smart grid



1. Combinatie WP/PV voor de verwarming

- Kan men met een PV-installatie de nodige elektriciteit opwekking om het verbruik voor de verwarming te dekken?
- Voor installaties < 5 kWp: in het kader van de huidige regelgeving (balans tussen verbruik en productie op jaarbasis).
- 2 gevallen
 - ▶ Directe elektrische verwarming
 - ▶ Verwarming met een WP



3

1. Combinatie WP/PV voor de verwarming

- Huidige prestaties van de panelen:
 - ▶ Tussen 120 en 200 Wp/m²
 - ▶ In Brussel wordt in de beste omstandigheden ongeveer 850 kWh geproduceerd per 1 kWp (geen beschaduwing, zuidgericht, helling 35°)
→ **1 m² paneel produceert tussen de 102 en 170 kWh/jaar**



Bron: BIM



Bron: BIM



4

1. Combinatie WP/PV voor de verwarming

Directe elektrische verwarming

	Eengezinswoning		Klein flatgebouw	
	Passief	« Zeer lage energie »	Passief	Zeer lage energie
Verwarmd vloeropp	200 m ²		100 m ²	
NEB verwarming	3000 kWh	6000 kWh	1500 kWh	3000 kWh
Rendement afgifte/regeling	93%			
Verbruik verwarming électrique direct	3226 kWh	6452 kWh	1613 kWh	3226 kWh
Nodig opp om het verbruik van de verwarming te dekken	19 ... 32 m ²	38 ... 64 m ²	9 ... 16 m ² /appartement	19 ... 32 m ² /appartement

↓

Opgelet voor de limiet van 5 kWp

Realiseerbaar

Hangt af van aantal verdiepingen van het gebouw



5

1. Combinatie WP/PV voor de verwarming

Verwarming met WP (hypothese SPF = 3.0)

	Eengezinswoning		Klein flatgebouw	
	Passief	« Zeer lage energie »	Passief	Zeer lage energie
Verwarmd vloeropp	200 m ²		100 m ²	
NEB verwarming	3000 kWh	6000 kWh	1500 kWh	3000 kWh
Rendement afgifte/regeling	93%			
Verbruik verwarming WP	1075 kWh	2150 kWh	538 kWh	1075 kWh
Nodig opp om het verbruik van de verwarming te dekken	6 ... 9 m ²	13 ... 18 m ²	3 ... 4.5 m ² /appartement	6 ... 9 m ² /appartement

↓

Opgelet voor de limiet van 5 kWp

Steeds mogelijke

Meestal mogelijk: afhankelijk van het aantal verdiepingen van het gebouw



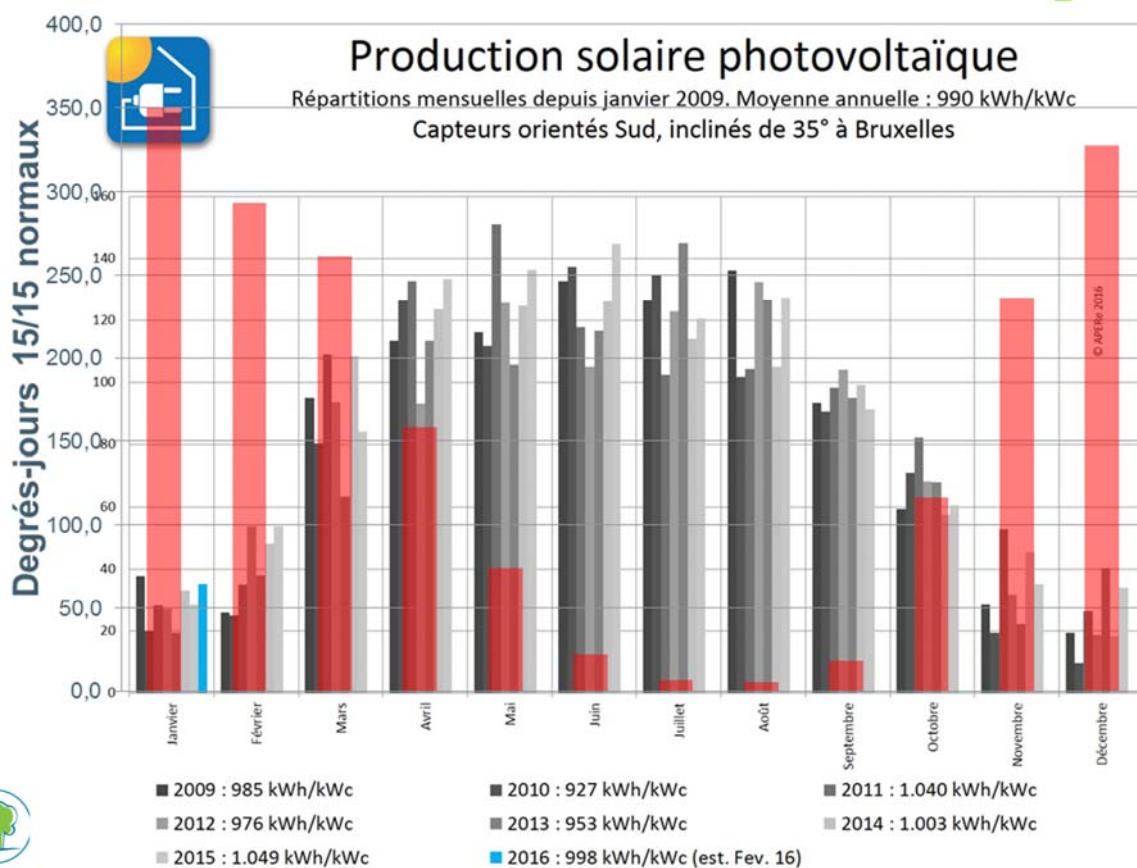
6

1. Combinatie WP/PV voor de verwarming

- Regelgeving voor installatie > 5 kWp en op middellange termijn voor alle installaties:
 - ▶ Bi-directionele teller
 - ▶ Geïnjecteerde elektriciteit verkocht aan relatief (zeer) lage prijs
 - ▶ Enkel de onmiddellijke autoconsumptie wordt gevaloriseerd



1. Combinatie WP/PV voor de verwarming

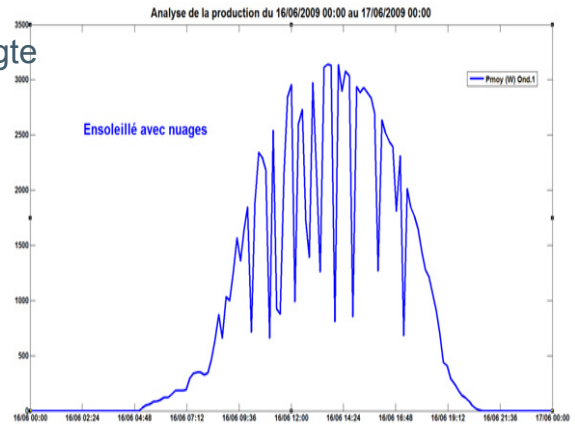


Bron: www.meteo-renouvelable.be



1. Combinatie WP/PV voor de verwarming

- Onmogelijk om de volledige PV-productie te valoriseren via de verwarming met een WP (dus noodzakelijk om die energie op te slaan over de seizoenen heen)
- Tijdens een zelfde maand, week, dag => elektriciteitsproductie schommelt
- De regeling van de WP kan tot bepaalde hoogte de dagelijkse schommelingen optimaliseren
 - ▶ Via de inertie van het gebouw
 - › Delicate regeling
 - › Risico op oververhitting
 - ▶ Via een opslagvat
 - › Impact op de prestaties als de opslag op hoge temperatuur is
 - › Volume van het voorraadvat
 - ▶ Nood aan een intelligente regeling:
 - › Communicatie met de PV-installatie
 - › Communicatie met intelligent distributienet
 - › Rekening houden met weersvoorspellingen
 - › ...



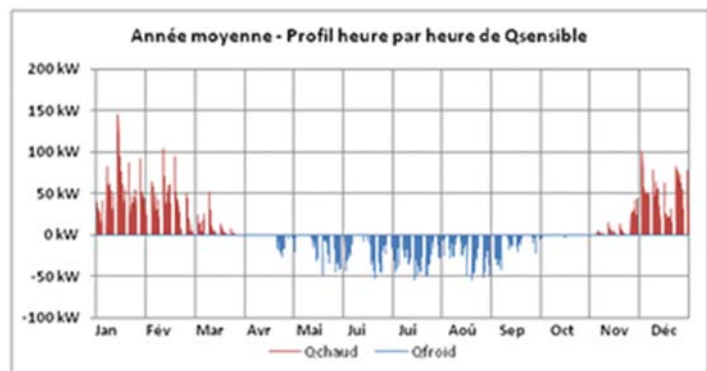
Bron: www.smartgrids-cre.fr



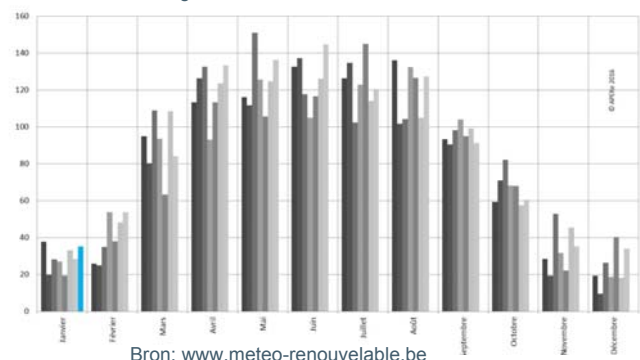
1. Combinatie WP/PV voor de verwarming

Voordeel bij gebouwen met koudebehoefte (tertiaire)

=> het verbruik voor de koeling doet zich voor op het moment dat de productie maximaal is.



Bron: energie+



Bron: www.meteo-renouvelable.be



2. Combinatie WP/PV voor SWW

- De behoeften zijn constant over het jaar
- Een correcte dimensionering maximaliseert de autoconsumptie:
 - ▶ Capaciteit van opslagvat stemt overeen met het minimum van de dagelijkse behoeften
 - › hoe groter de capaciteit, hoe meer men de mogelijkheden van autoconsumptie maximaliseert, maar ook hoe beter de prestaties van de WP bij productie van water op lagere temperatuur
 - › Opgelet: hoe groter de opslagcapaciteit, hoe groter de verliezen (« stilstandsverliezen »)
 - ▶ Vermogen van de WP moet herladen van het vat in enkele uren mogelijk maken
- Regeling: zelfde specifieke noden als voor de verwarming



11

2. Combinatie WP/PV voor SWW

- De behoeften zijn constant doorheen het jaar
- Een correcte dimensionering maximaliseert de autoconsumptie:
 - ▶ (...)
 - ▶ Voorbeeld:
 - › 300 liter, $P = 1.4 \text{ kW}_{\text{elek}}$
 - › Benodigde energie nodig voor het opnieuw laden:
 $1.166 \times 0.3 \times (50-10) = 14 \text{ kWh}$
 - › Duurtijd herladen bij $\text{COP} = 2.5$: $14 / (1.4 \times 2.5) = 4 \text{ uur}$
- Regeling: zelfde specifieke noden als voor de verwarming



12

3. Combinatie WP/zonthermisch voor SWW

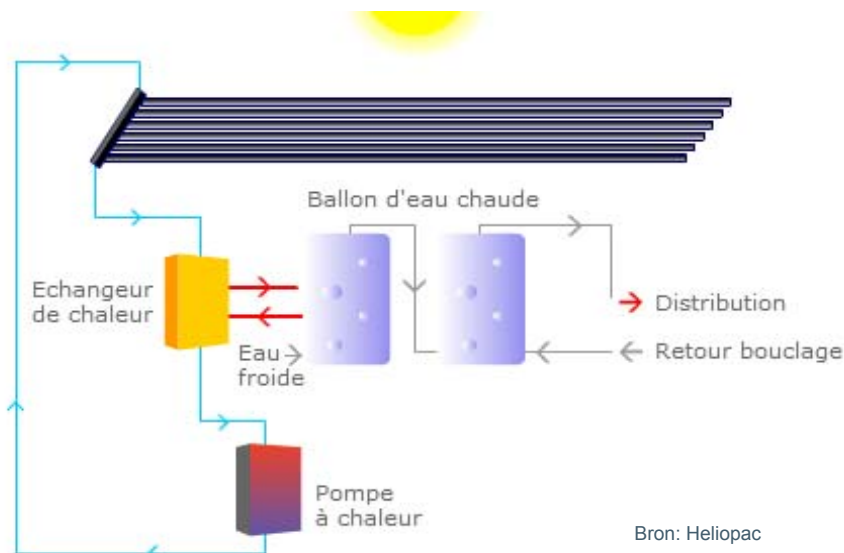
- WP toepassen als ondersteuning in plaats van:
 - ▶ Elektrische weerstand: gunstig (vermindering van het elektriciteitsverbruik met een factor gelijk aan de SPF)
 - ▶ Andere opwekker (ketel/waterverwarming op gas/stookolie): de eventuele meerkost van de investering moet geanalyseerd worden
- De twee systemen leveren goede prestaties onder dezelfde omstandigheden (zomerperiode, zacht weer)
 - ▶ De ondersteuning via de WP gebeurt meestal in ongunstige omstandigheden (vooral als koudebron = lucht)
 - ▶ Deze werkwijze heeft een negatieve impact op de SPF van de WP
- De regeling moet goed doordacht worden om het potentieel van beide productiemethodes te maximaliseren
 - ▶ Het voorraadvat niet heropwarmen indien zonneshijns wordt verwacht ...



13

3. Combinatie WP/zonthermisch voor SWW

- Er bestaan WP die de twee technologieën combineren
 - ▶ Zonnepanelen = capteren de koudebron
 - ▶ De panelen zijn niet geïsoleerd van de buitenlucht=> indien geen zon, warmtetransport stemt overeen met luchttemperatuur (werking komt dan overeen met statische WP lucht/water)



Bron: Heliopac

Bron: Heliopac

14

4. SWW: combinatie WP/PV vs. zonthermisch

- Rendement:
 - ▶ PV: de beste panelen halen een rendement van 20%
 - › Gecombineerd met een WP met SPF van 2 à 3 => rendement van 40% à 60%
 - ▶ Zonthermisch: rendement rond de 30 à 40%
- Productie onder ongunstige omstandigheden
 - ▶ Bij bewolkt weer
 - › de productie van zonthermische panelen is nagenoeg nul
 - › PV-installatie blijft produceren dankzij diffuus zonlicht
 - ▶ Voorbeeld januari 2016 (gegevens: meteo-renouvelable.be + KMI)
 - › Gemiddelde productie op dag met minder dan 1u zonneshijns met installatie van 5 kWp: 2.5 kWh
 - › Bij SPF = 2 => 5kWh (herlading ~ 1/3 vat van 300 liter)
 - › Gemiddelde productie per dag met installatie van 5 kWp = 5.7 kWh/dag => ongeveer de helft van de behoeften om vat van 300 liter te herladen



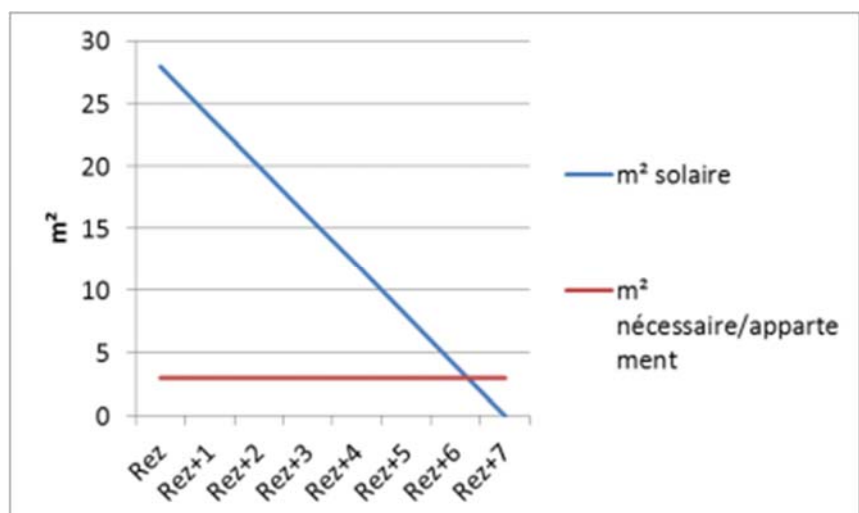
15

4. SWW: combinatie WP/PV vs. zonthermisch

Voorbeeld bij flatgebouw met 85 m² plat dak

Optie 1 : zonthermisch (ZT)

- $85/3 = 28 \text{ m}^2$ bruikbaar dakoppervlak voor de ZT
- SWW-behoeften rond de 17,5 kWh/(m².jaar)
- Dekking zonthermisch van ~350 à 500 kWh/(m².jaar) ofwel ~4 m²/appart.

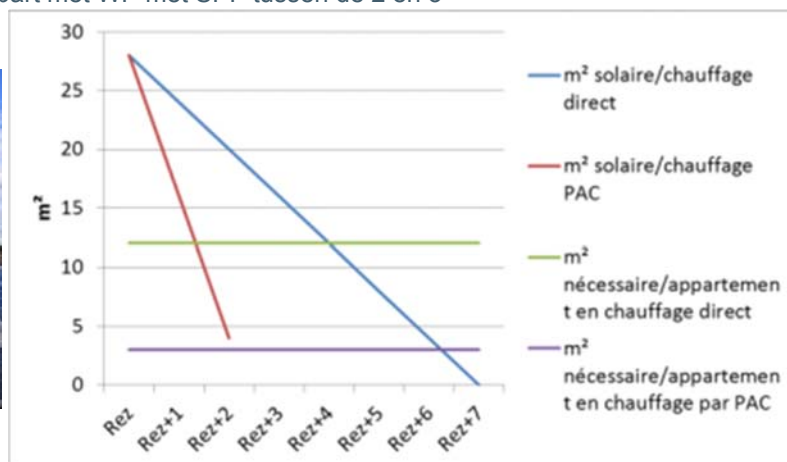


4. SWW: combinatie WP/PV vs. zonthermisch

Voorbeeld bij flatgebouw met 85 m² plat dak

Optie 2 : combinatie WP/PV

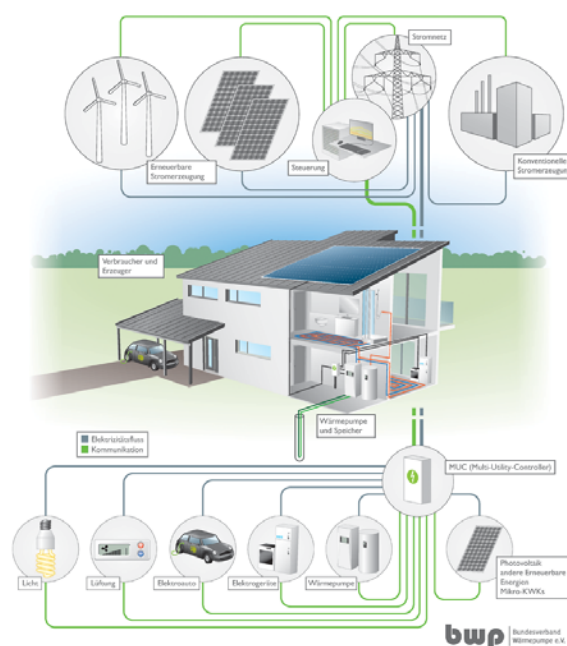
- $85/3 = 28$ m² bruikbaar dakoppervlak voor de PV
- SWW-behoeften rond de 17,5 kWh/(m².jaar)
- Dekking PV van ~102 à 170 kWh/(m².jaar)
 - ofwel 11 m² PV/appart. – directe elektriciteit
 - of 5.5 à 3.5 m² PV/appart met WP met SPF tussen de 2 en 3



17

5. WP en smart grid

- De WP zetten op een efficiënte manier elektrische energie om in warmte
- De warmte kan
 - ▶ worden gestockeerd
 - › op moment met groot elektriciteitsaanbod en dus goedkoop
 - ▶ later gebruikt worden
 - › bij klein en dus duur elektriciteitsaanbod



Bron: www.waermepumpe.de



18

5. WP en smart grid

- Vereist een aangepaste regeling en communicatieprotocol
 - ▶ Er bestaan initiatieven rond een communicatiestandaard
 - ▶ Er bestaat een Duits label:



- Momenteel bestaat er geen middel om het beheer van het laden te rentabiliseren in de residentiële sector
 - ▶ een aantal van die intelligente systemen kunnen de autoconsumptie van de PV-productie ondersteunen
 - ▶ op lange termijn kunnen slimme meters inspelen op fluctuerende tarieven



19

Nuttige tools, websites, enz. :

:

- <http://www.energieplus-lesite.be>
- <http://www.meteo-renouvelable.be/>
- Handleiding om het verbruik van PV-stroom te optimaliseren:
http://www.vese.ch/wp-content/uploads/VESE_Manuel_optimiser_I_autoconsommation.pdf
- Info op de site van Leefmilieu Brussel:
<http://www.environnement.brussels/thematiques/energie/quest-ce-que-lenergie-verte/les-pompes-chaleur>
- Brochure van Waals gewest:
<http://energie.wallonie.be/fr/les-pompes-a-chaleur.html?IDC=6190&IDD=26697>
- Online-Monitoring geïnstalleerde WP-installées:
<http://www.liveheatpump.be>



20

Wat moet ik onthouden van de presentatie?

- Een residentiële PV-installatie (minder dan 5 kWp) gecombineerd met een WP kan in een gebouw met goede prestaties het verbruik voor verwarming en SWW invullen op jaarbasis
- Voor de installaties met groter vermogen (meer dan 5kWp) en voor installaties op middellange termijn, is met onmiddellijke autoconsumptie geen evenwicht mogelijk
- De warmteproductie voor verwarming en SWW kan worden geoptimaliseerd om de autoconsumptie te maximaliseren op niveau van maximaal enkele dagen, maar enkel door middel van een specifieke regeling, die momenteel nog niet volledig beschikbaar is
- Vanuit een strikt energetisch standpunt (kWh per m² geïnstalleerd) is het rendement van een productie via WP+PV (minstens) equivalent aan een productie met zonthermische panelen **Maar** andere aspecten moeten ook worden meegenomen: investeringsbedrag, reeds bestaande installatie, mogelijkheid om de hogere PV-zomerproductie op een andere manier te valoriseren, ... 21



Contact

Raphaël Capart

Dienst Facilitator Duurzaam Bouwen

WP-specialist voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Tel: 0800 85 775

Mail: faciliteur@environnement.irisnet.be

ICEDD asbl

Institut de Conseil en d'Etudes en Développement Durable asbl

Bvd Frère Orban, 4

B-5000 Namur (Belgique)

☎ : 081 25 04 80

E-mail: rc@icedd.be



Optimalisatie van een WP in de kantoren van 3E

Belang van monitoring, opvolging, en optimalisatie

Clara Verhelst
3E

In een kantoor van gemiddelde grootte in Brussel werd een Modelgebaseerde Predictieve Controle (MPC) geïmplementeerd. Deze presentatie gaat dieper in op hoe dit werd toegepast en toont ook aan hoe met dit model besparingen kunnen worden gerealiseerd in vergelijking met een klassieke regeling (rule-based control (RBC)).

Het kantoor beslaat twee verdiepingen met een totale oppervlakte van 960 m². Het controleerbaar systeem is een hybride warmteproductie, bestaande uit twee warmtepompen lucht/water en een gascondensatieketel. De installatie kan niet de eenheden in de verschillende gebouwzones aansturen.

De MPC maakt gebruik van een controlemodel *Modelica grey-box*, bestaande uit een identificatiesysteem en monitoringgegevens.

De presentatie geeft een toelichting bij de monitoring, het identificatiemodel, de voorspelling van de verstoringen, de inschatting van het statuut, de formulering en oplossing van het probleem van de optimale beheermodule (optimal control problem (OCP)) evenals op de transmissie van de controlesignalen.

De performantie wordt dagelijks geëvalueerd vertrekkende van de graaddagen, het thermische comfort, de energiekost en het primair energieverbruik. De resultaten tonen aan dat de MPC in staat is minstens een gelijkaardig thermisch comfort te verzekeren als het referentiesysteem, terwijl de energieverbruiken met meer dan 30% kunnen dalen. Dit kan dankzij een beter gebruik van de warmtepomp en door de temperatuur van het geleverde water aan te passen.

De warmtepomp, een niet te onderschatten potentieel in Brussel !

4 Maart 2015

Bruxelles Environnement

OPTIMALE REGELING VAN HET WARMTEPOMPSYSTEEM VAN KANTOORGEBOUW 3E IN BRUSSEL

Clara VERHELST, R&D program manager

3E



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Wat is de doelstelling?

Impact van optimalisatie regeling aantonen

Kostenbesparing & beter thermisch comfort

Monitoring, follow-up and control



Monitoring



Database



Knowledge



Action



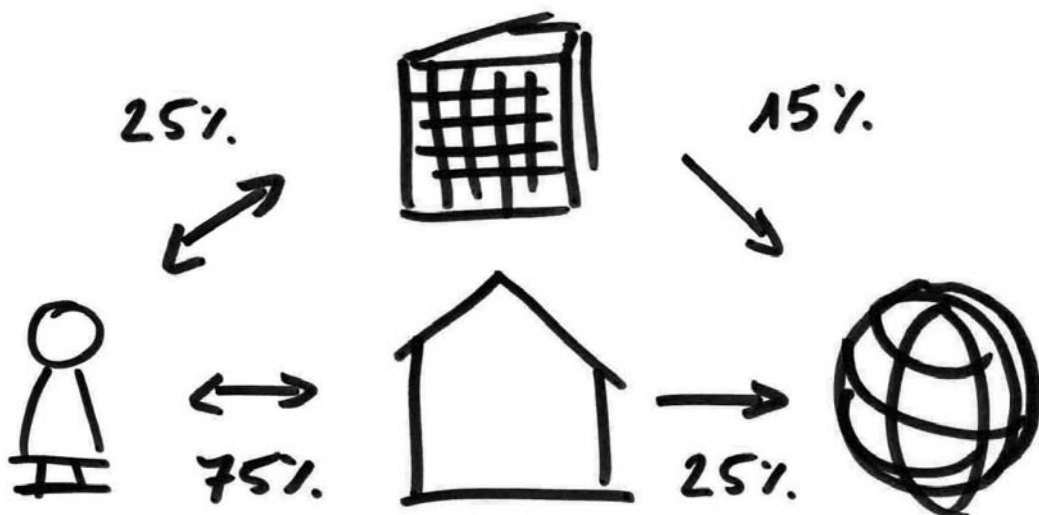
Inhoudstafel

1. Context
2. Case study: Hybride warmtepompsysteem 3E
3. Hydraulisch schema
4. Standaard regeling
5. Modelgebaseerde regeling
6. Resultaten
7. Analyse
8. Besluit



3

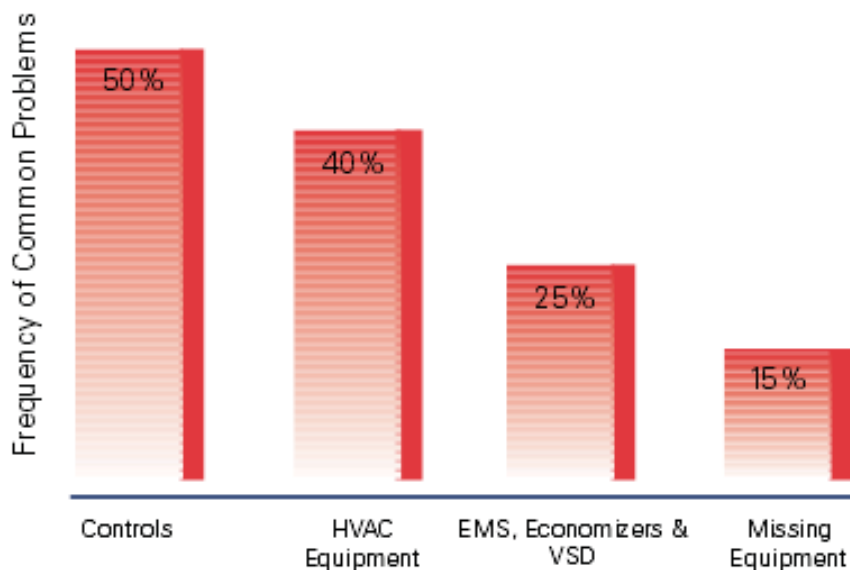
1. Context



4

1. Context

1) Monitoring & Regeling: Grootste energie- en kostenbesparingspotentieel

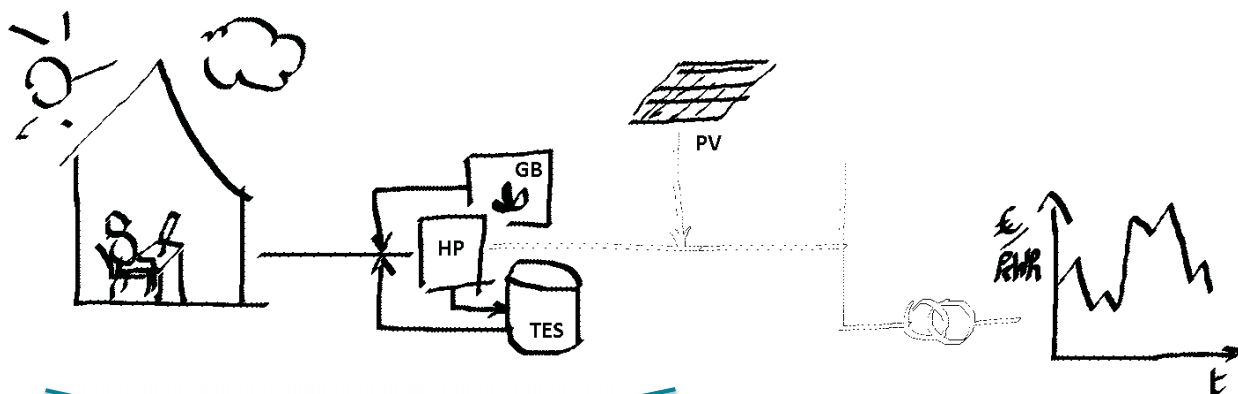


LBNL case study of 60 buildings (2002)



1. Context

2) Trend naar hybridesystemen & systeemintegratie



~~Stooklijn "Fit and Forget"~~



2. Case study

Kantoorgebouw 3E, Brussel



7

Installatie

Buffervaten Warmte-
pomp



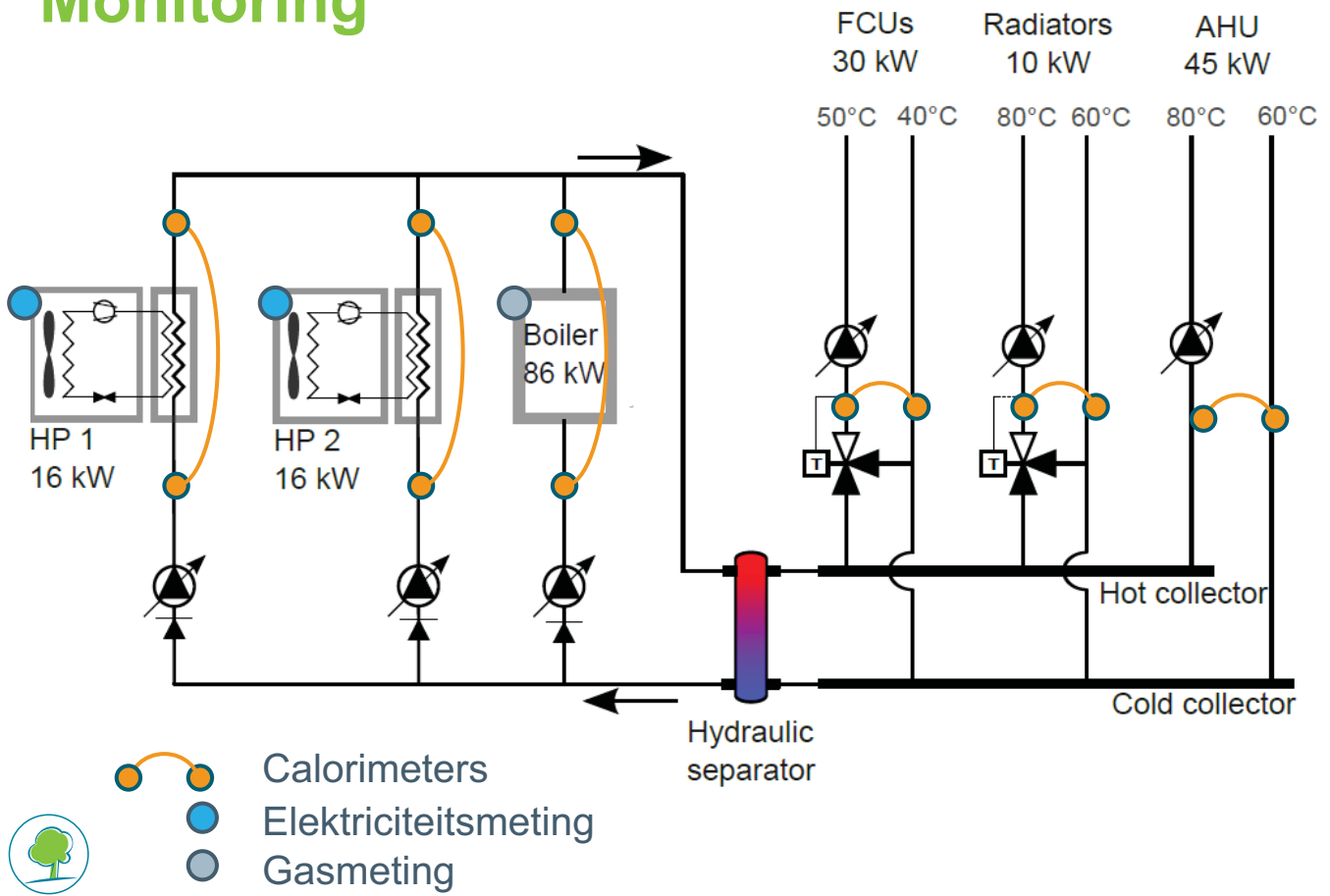
AHU

FCU



8

3. Hydraulisch schema Monitoring



Communicatie met gebouwbeheersysteem



Monitoring



BEMS

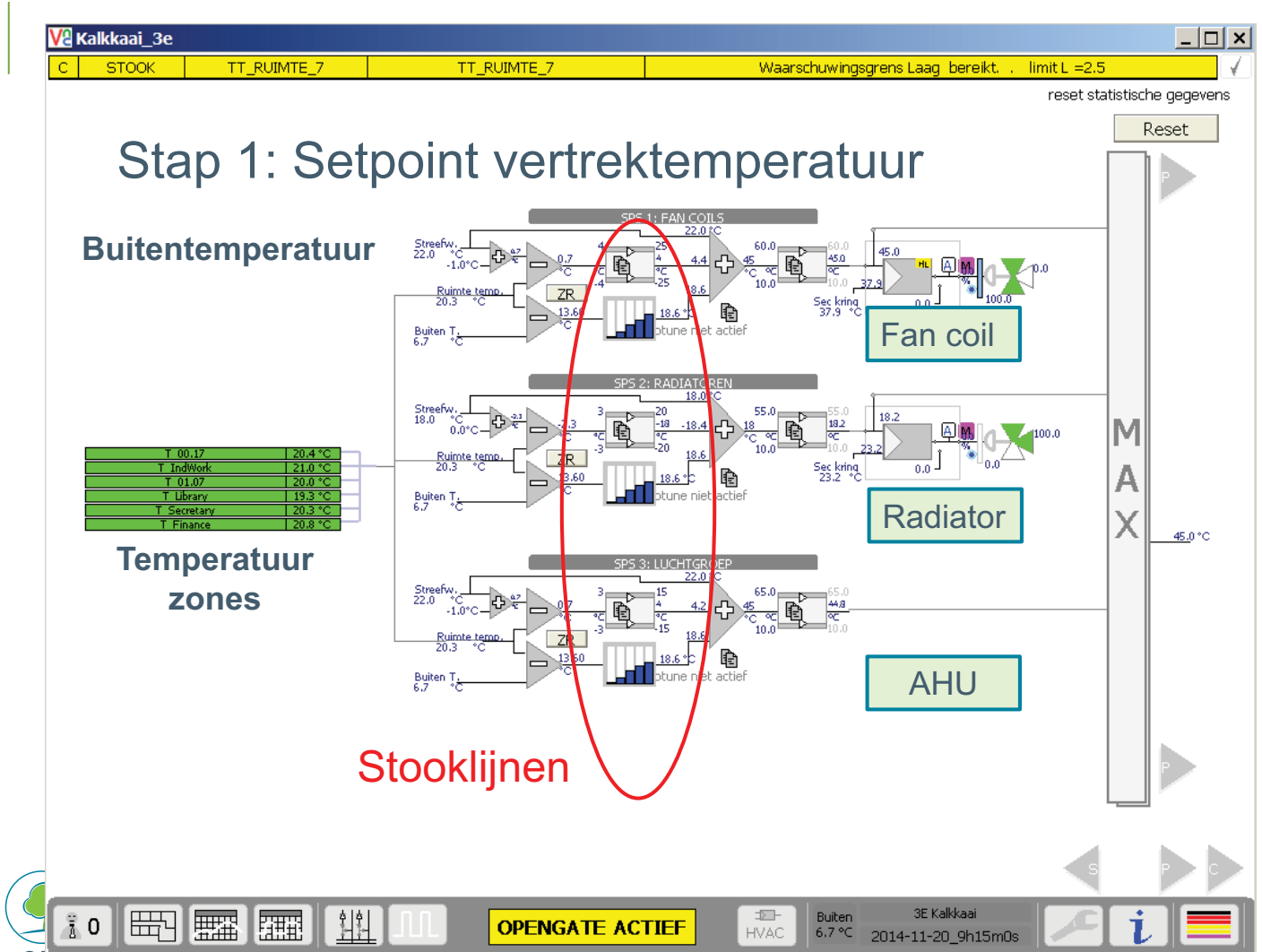
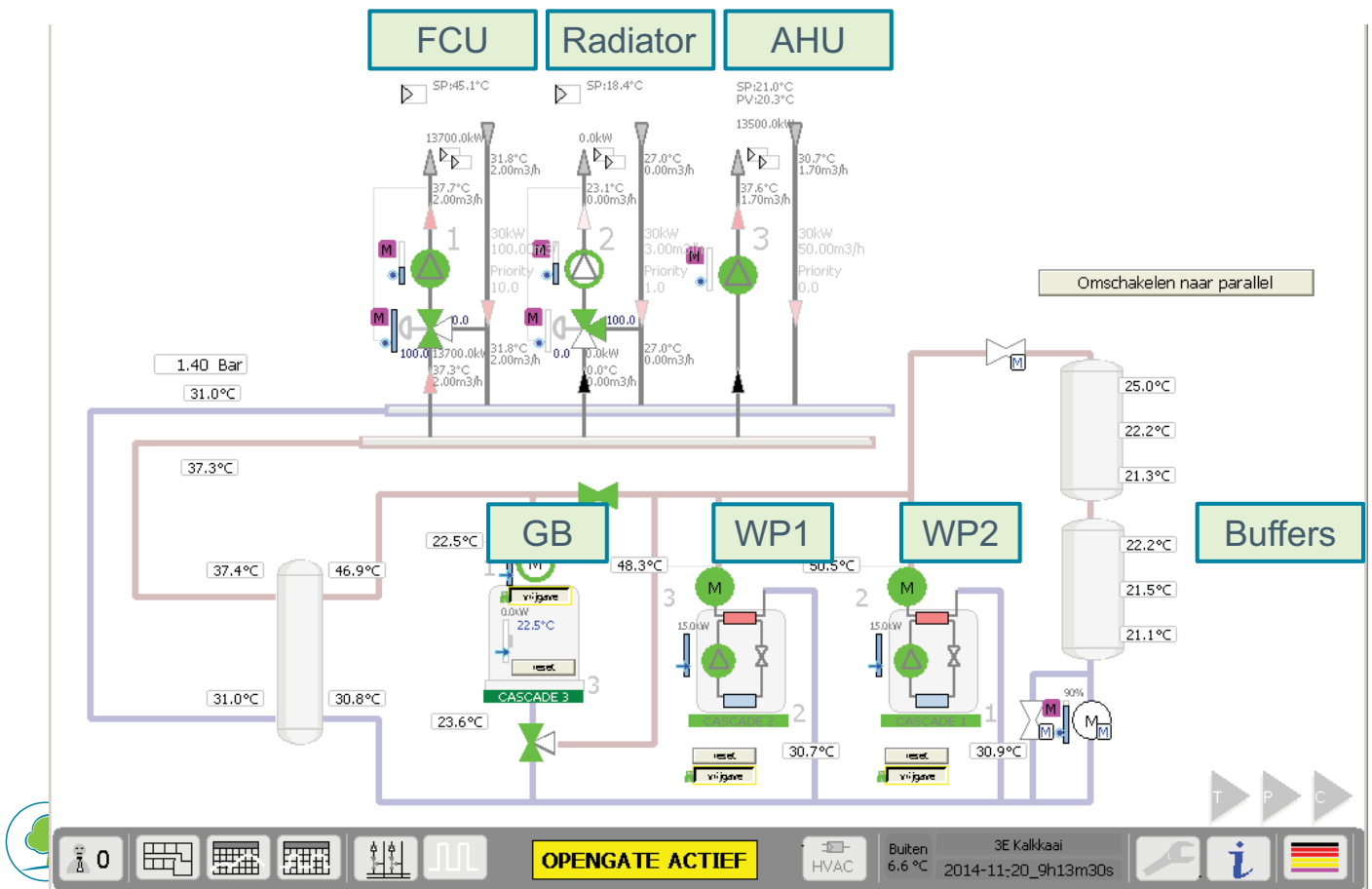


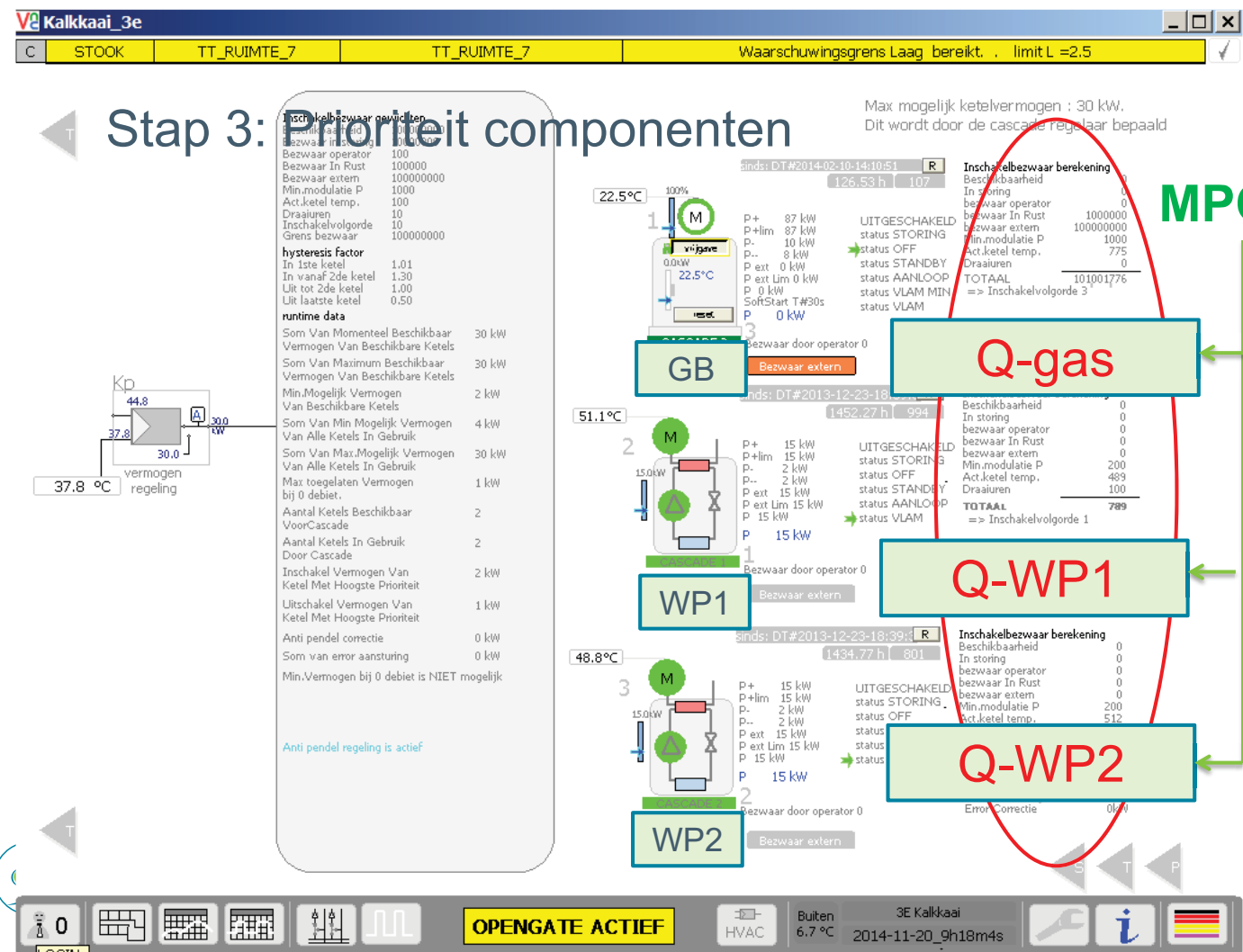
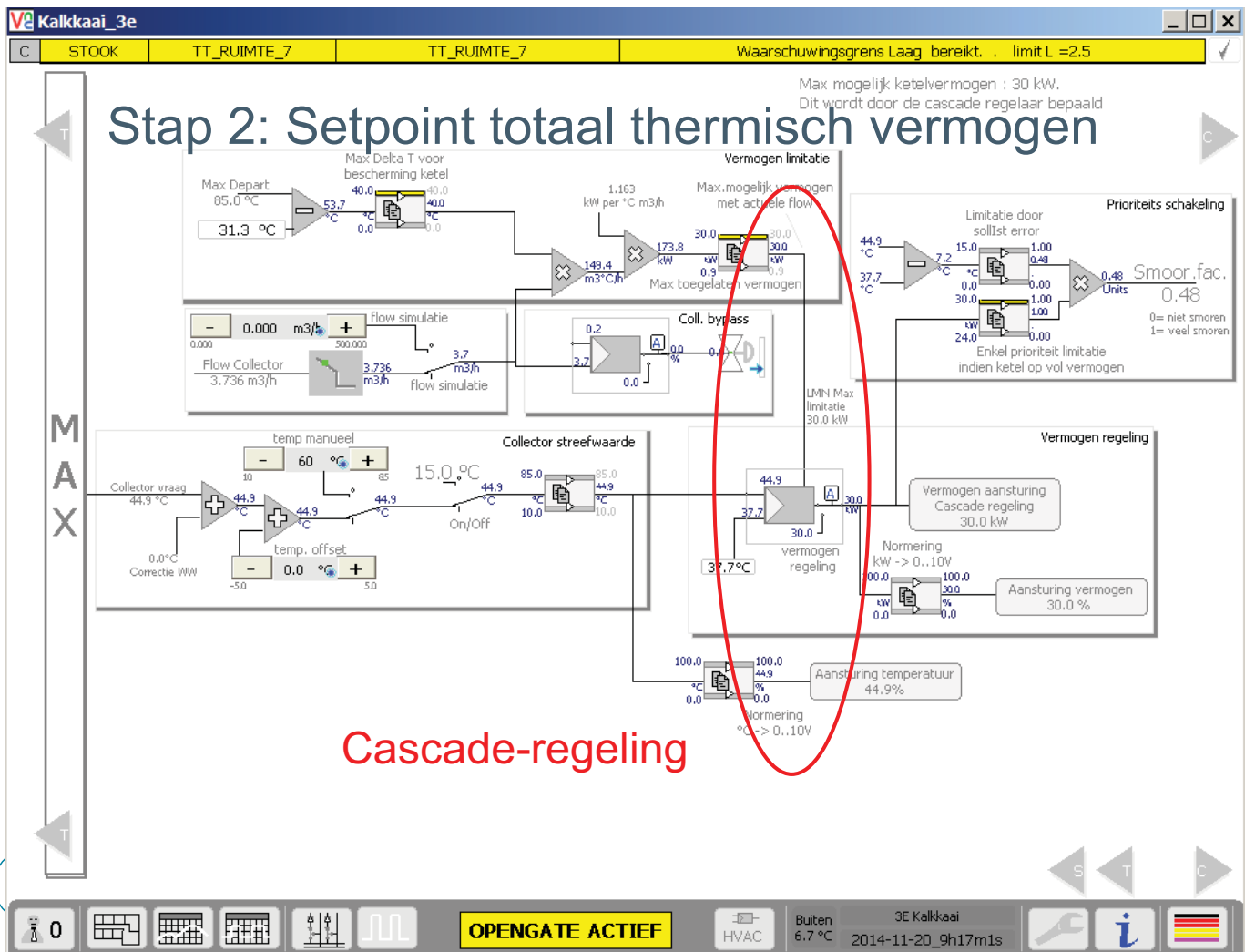
MPC

BEMS: Building Energy Management System
MPC : Modelgebaseerde Predictieve Controle

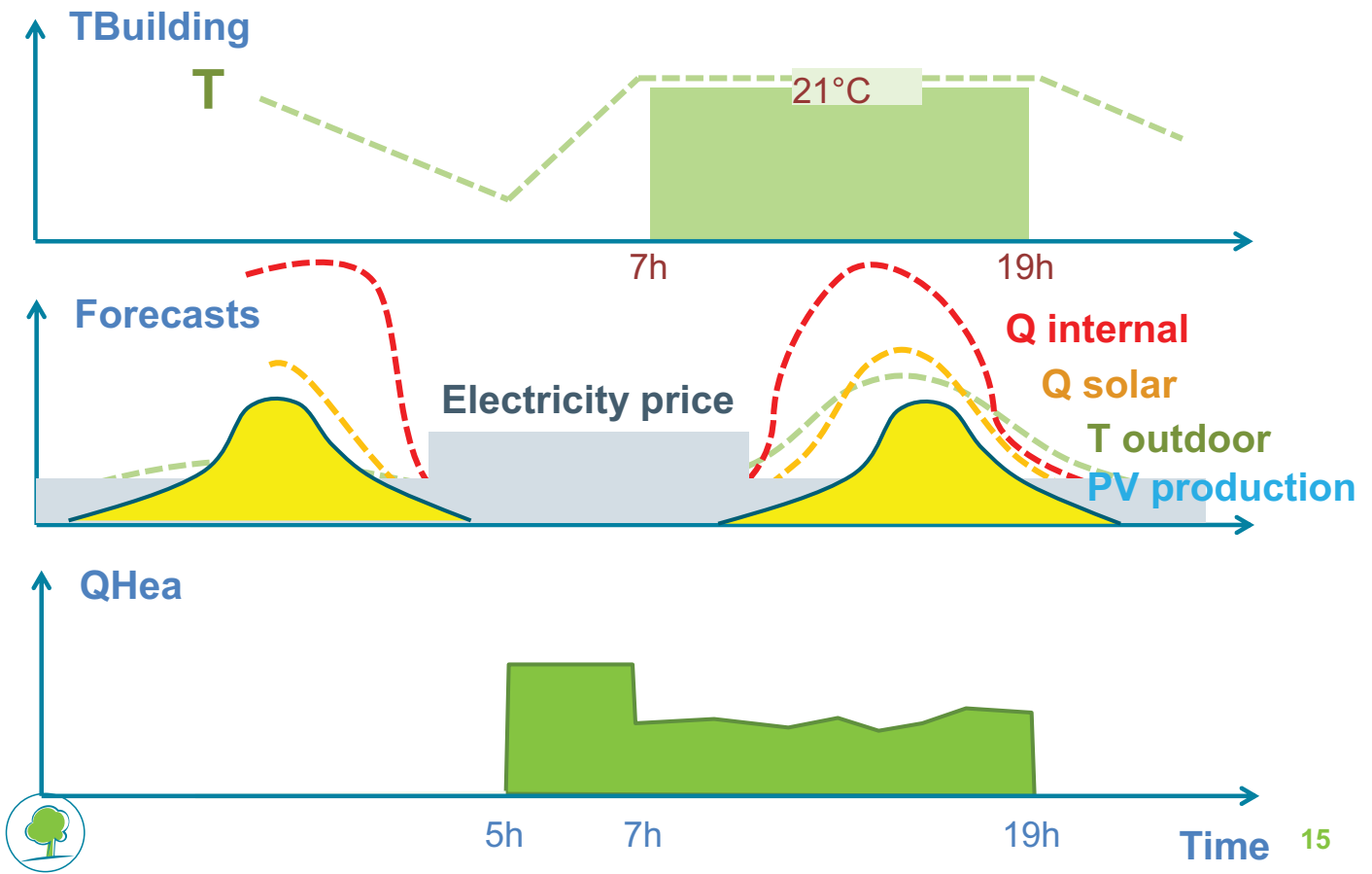


4. Referentieregeling

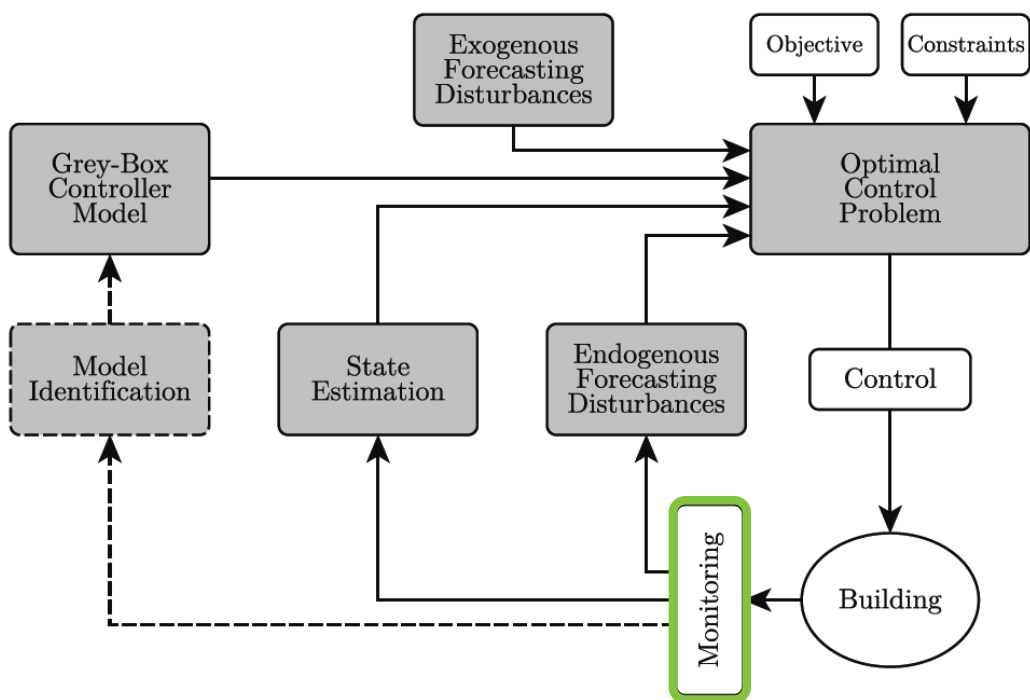




5. Modelgebaseerde predictieve regeling MPC

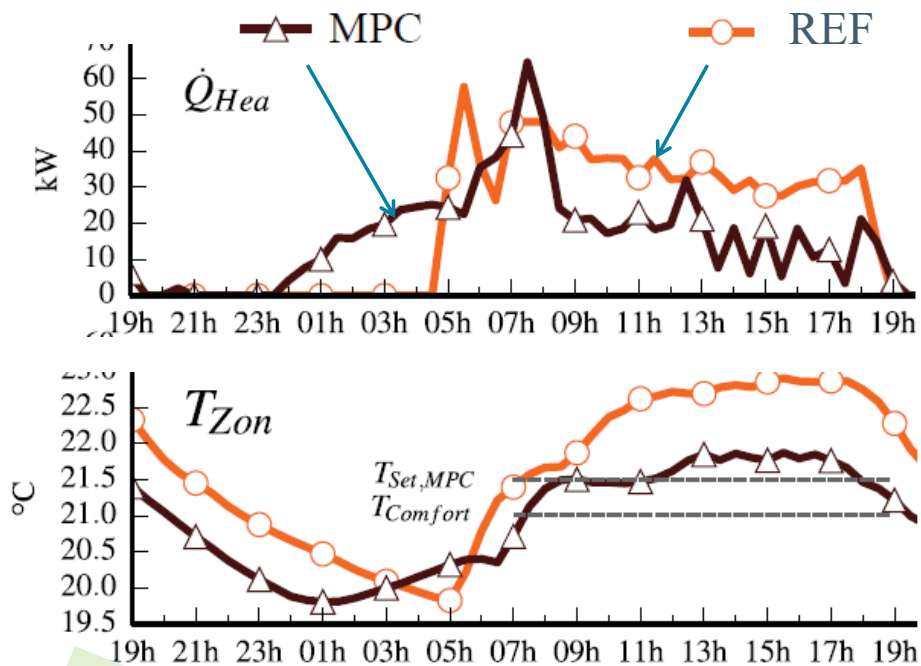


Optimale regeling Software



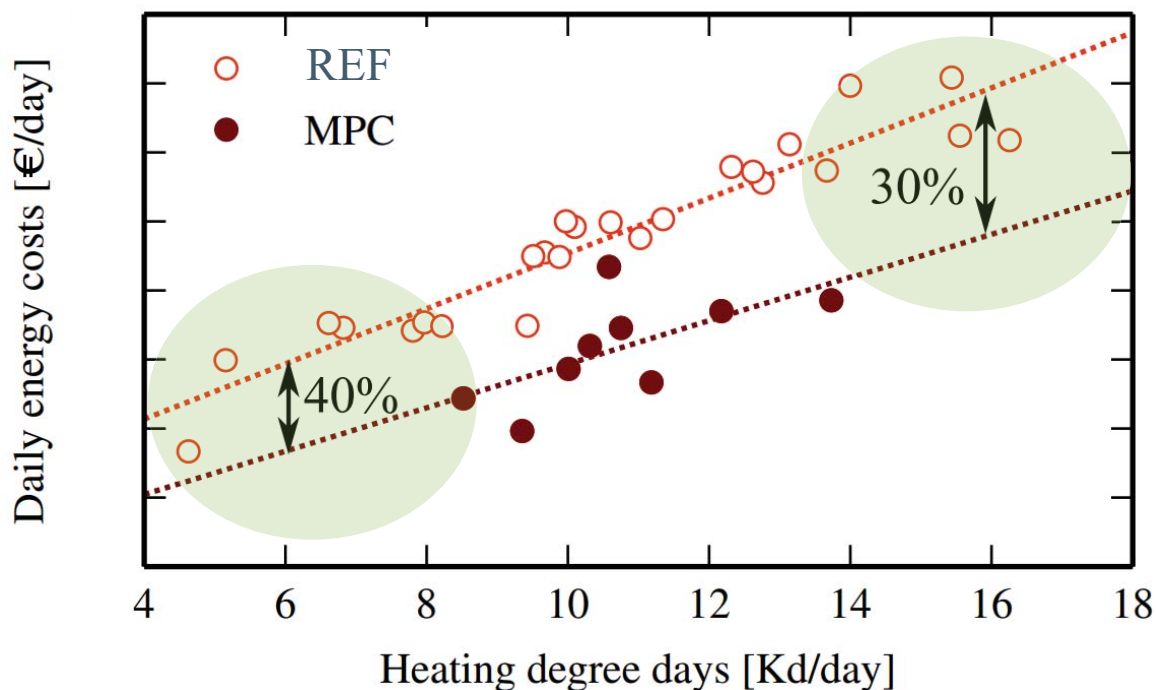
Resultaten

MPC versus referentieregeling



6. Resultaten

Performantie evaluatie



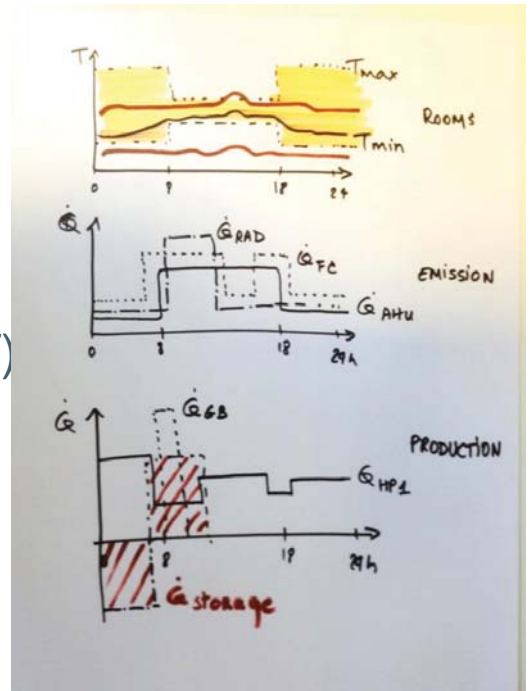
7. Interpretatie: Waar haalt MPC de savings?

Besparingen & beter comfort dankzij:

- ▶ Anticipatie warmte/koudevraag
- ▶ Optimale start en stop tijden
- ▶ Optimale hybride opwekking
- ▶ Optimale werkingspunten
- ▶ Prijs-sensitiviteit (dag-nacht tarief)

MPC steunt op:

- ▶ Meteo voorspellingen
- ▶ Monitoring data
- ▶ Open standaard regelingplatform



8. Kosten-baten analyse

- Totaalkost stookplaatsrenovatie 140k€
 - ▶ Gasketel, warmtepompen, buffervaten: 110k€
 - ▶ Monitoring & regeling: 30k€
- Meerprijs tov standaard-monitoring & regeling 13k€
 - ▶ = 10% van de installatiekost
 - ▶ Terugverdientijd?
 - › 5.000€/yr referentieverbruik → 2000€/yr besparing → TVT = 7 jaar
 - › 20.000€/yr referentieverbruik → 6000€/yr besparing → TVT = 2.2 jaar
- Baten niet in rekening gebracht
 - ▶ Thermisch comfort op maandagochtend
 - ▶ Geen oververhitting in de namiddag



8. Besluit

- Performante HVAC installatie
 - ▶ Productie: Hybride warmtepompen (2 x 14 kW) + Gasketel (80 kW)
 - ▶ Afgifte: Luchtgroepen, radiatoren, fan coil units
- Performante monitoring (real-time uitleesbaar)
 - ▶ Productie: Gastellers, electriciteitstellers, Calorimeters
 - ▶ Afgifte: Ruimtevoelers
- Performante hardware & software voor regeling
 - ▶ Connectie via Fixsus OpenGate protocol
- Optimalisatie controle-sigitaal warmtepompen & gasketel
 - ▶ Via Modelgebaseerde Predictieve Controle (MPC)
- Impact: 30% tot 40% gerealiseerde energiebesparing

Monitoring, follow-up and control



Monitoring



Database



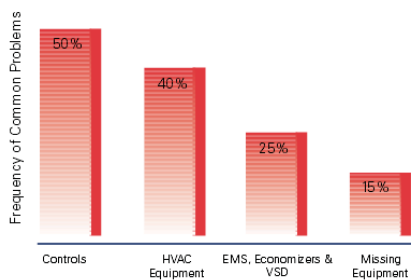
Knowledge



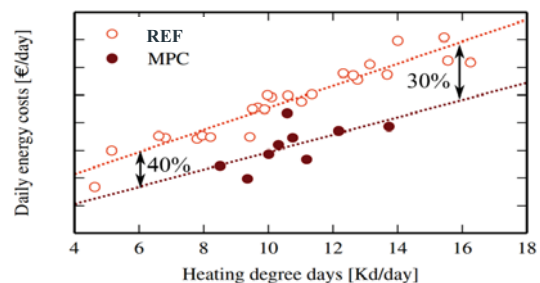
Action



Wat te onthouden?



Gebrekkige regeling in 50% van de cases



Impact optimalisatie regeling : tot 40% kostenbesparing



Links

- Pilot project Model Predictive Control @3E office building, BXL
 - ▶ <http://www.3e.eu/energy-and-buildings-implementing-a-model-predicting-control/>
- R&D on MPC @3E & partner organisations
 - ▶ R.De Coninck, “Grey-Box Based Optimal Control for Thermal Systems in Buildings - Unlocking Energy Efficiency and Flexibility”, Doctoral Thesis, KULeuven, 2015
 - ▶ FlexiPac Project: Flexibility of Residential Heat Pump Systems in Belgium, 2013 – 2015, SPW DGO4
 - ▶ BATTERIE Project: Developpement d’une interface pour les batiments tertiaires efficaces intégrés au réseau électrique intelligent, SPW DGO6
- Submetering & continuous improvement: <http://www.iservcmb.info/>
- Impact of monitoring & control for HVAC systems
 - ECI Publication No Cu0220, A TIMELY OPPORTUNITY TO GRASP THE VAST POTENTIAL OF ENERGY SAVINGS OF BUILDING AUTOMATION AND CONTROL TECHNOLOGIES, Available from www.leonardo-energy.org
 - ECI Publication No Cu0231, SIX REASONS WHY BUILDING AUTOMATION SHOULD BE INCLUDED IN THE 2015-2017 WORKING PLAN, Available from www.leonardo-energy.org
 - ECI Publication No Cu0233, IMPROVING TECHNICAL INSTALLATIONS IN BUILDINGS, Available from www.leonardo-energy.org



23

Contact

Clara VERHELST

Fonction : R&D program manager Buildings & Power

Coordonnées :

☎ : +32 2 229 15 29

E-mail : Clara.Verhelst@3E.eu



24

Meer informatie?

U vindt de presentaties van dit seminarie op onze website:

www.leefmilieu.brussels/opleidingendubo > Verslagen en nota's >
Seminarieverslagen Duurzaam Bouwen 2016

De Facilitator Duurzaam Bouwen staat ter beschikking:

facilitator@leefmilieu.brussels

0800/85 775

De Gids Duurzame Gebouwen is beschikbaar online:

www.gidsduurzamegebouwen.brussels