

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

REGELING VAN GEBOUWEN

HERFST 2024

Regeling van de passieve koeling (free-cooling)



Fabrice DERNY





- ▶ Inzicht verwerven in de parameters die de werking van free-cooling beïnvloeden
- ▶ Inzicht verwerven en (zich) de juiste vragen stellen bij uitdagingen inzake de regeling



UITDAGINGEN VAN DE PASSIEVE KOELING (FREE-COOLING)

TYPES FREE-COOLING

REGELPRINCIPES

GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

GEVALSTUDIE: HOOFDKANTOOR VAN HOLCIM IN NIJVEL (PASSIEF
GEBOUW)



Het doel van free-cooling

- ▶ Het zomercomfort verzekeren zonder mechanische koeling
- ▶ De in de massa van het gebouw opgeslagen warmte afvoeren door intensieve ventilatie, meestal 's nachts
- ▶ Een goede doorstroming van buitenlucht van de orde van 2 vol/h of meer genereren
- ▶ Een intensieve ventilatie verzekeren zonder energieverbruik (natuurlijke ventilatie) of met slechts een minimaal verbruik (met de hulp van ventilatoren)



UITDAGINGEN VAN DE PASSIEVE KOELING (FREE-COOLING)

TYPES FREE-COOLING

REGELPRINCIPES

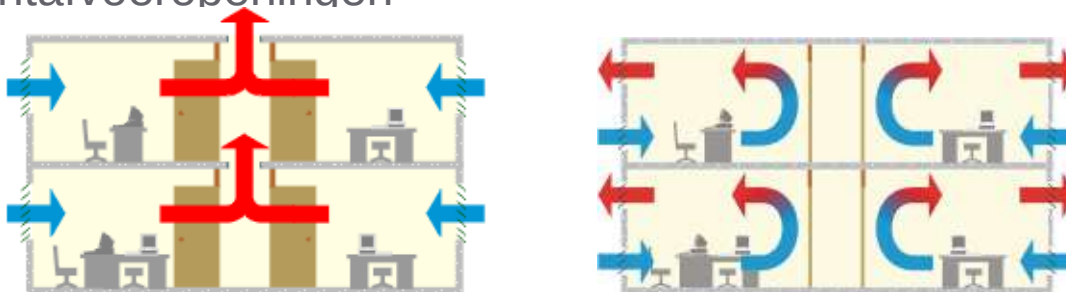
GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

GEVALSTUDIE: HOOFDKANTOOR VAN HOLCIM IN NIJVEL (PASSIEF
GEBOUW)



Types free-cooling en beheer

- ▶ Natuurlijke free-cooling (door schoorsteeneffect of onder invloed van de wind) of hybride free-cooling (met mechanische extractie):
 - Manueel of geautomatiseerd beheer van de luchttoevoer- en/of luchtafvoeropeningen



Bron: Energie+

- ▶ Mechanische free-cooling (via het mechanische ventilatiesysteem):
 - Geautomatiseerde regeling van de luchtbehandelingscentrale (LBC) en de luchtverdeling



UITDAGINGEN VAN DE PASSIEVE KOELING (FREE-COOLING)

TYPES FREE-COOLING

REGELPRINCIPES

GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

GEVALSTUDIE: HOOFDKANTOOR VAN HOLCIM IN NIJVEL (PASSIEF
GEBOUW)



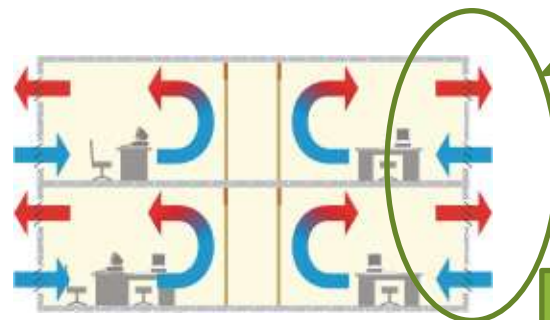
Hybride of natuurlijke free-cooling

► Manueel beheer

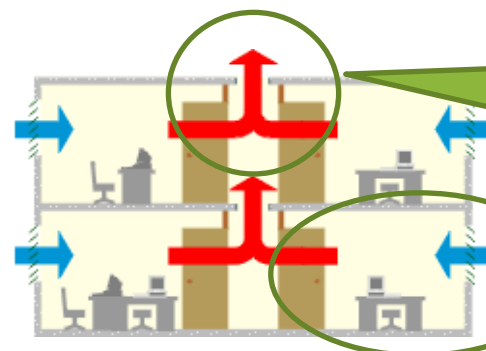
- Beheer van de openingen door de gebruikers van het gebouw
- **‘Lowtech’** - “betrokkenheid / bewustmaking van de gebruikers”

► Kleine gebouwen of woningen met nachtelijke ventilatie, eenzijdig of transversaal

► Grote gebouwen met geautomatiseerde luchtafvoer en manueel geactiveerde doorstroomopeningen (luik of deur)



Manueel
beheer



Automatisch
beheer

Manueel
beheer



Voorbeeld: gebouw van de detailhandelszaak Cameleon in Sint-Lambrechts-Woluwe

- ▶ Opendgaande vensters in gevel achter afschermingen > manuele opening
- ▶ Vensters in de scheidingswanden van de kantoren (aan de zijde van de gang) > manuele opening



Gevel- en doorstroomopeningen tussen de kantoren en de gang

Bron: MATRIciel - Cameleon



Voorbeeld: gebouw van de detailhandelszaak Cameleon in Sint-Lambrechts-Woluwe

- Aanduiding van de actieve ventilatiemodus d.m.v. 3 verklikkerlampjes in de gang → beheer door CTB:



Bron: MATRIciel - Cameleon

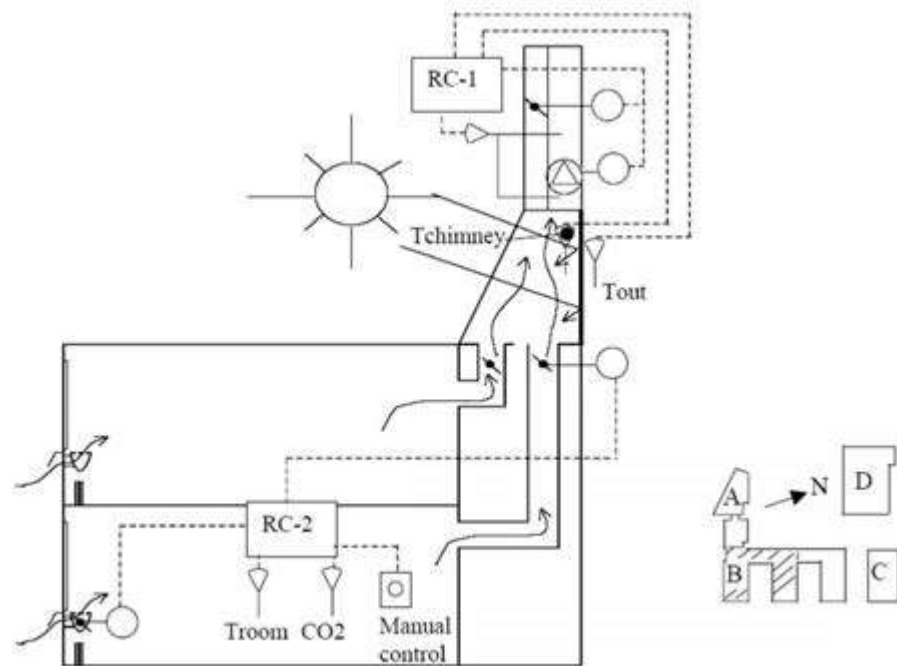
- Buitentemperatuur $< 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ (instelbaar) of $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (instelbaar): mechanische ventilatie met warmteterugwinning
→ opening van vensters niet aanbevolen
- $14\text{ }^{\circ}\text{C} < \text{buitentemperatuur} < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ gedurende verscheidene dagen:
verwarming en mechanische ventilatie uitgeschakeld
→ ventilatie van de kantoren door opening van vensters
- Als de binnentemperatuur in de zomer stijgt en de atmosferische omstandigheden gunstig zijn: werken de extractieventilatoren op het dak 's nachts (**free-cooling**)
→ vraag tot manuele opening van de vensters en de doorstroomopeningen voor de gebruikers het gebouw 's avonds verlaten



Hybride of natuurlijke free-cooling

► Gemotoriseerd en geautomatiseerd beheer

- Inputs



Voorbeeld van een regeling met hybride free-cooling en schoorsteeneffect

Bron: Project HYBVENT - Control strategies – Annex 35



Hybride of natuurlijke free-cooling

- ▶ Gemotoriseerd en geautomatiseerd beheer

- Inputs

Temperatuur: binnentemperatuur, buitentemperatuur, temperatuur van de bouwelementen, veranderingssnelheid

Debiet in schoorsteen (eventuele inschakeling van ventilatoren)

Weersomstandigheden (wind, regen)

Intrusierisico

Interactie met een ander systeem



Motorisering van de
vensters

Bron: MATRIciel



Hybride of natuurlijke free-cooling

- ▶ Gemotoriseerd en geautomatiseerd beheer

- Modulatie

Opening/sluiting van de luchttoevoer/luchtafvoer:

- Open / gesloten
- Instelbaar d.m.v. stand
- Volledig modulerend

Hoe sterker modulerend, hoe nauwkeuriger de regeling ...
maar dit maakt deze laatste ook complex!

→ Bij free-cooling overdag en 's nachts → modulatie d.m.v.
3 standen (100 % open, tussenstand en 100 %
gesloten)

→ Bij free-cooling alleen 's nachts → on/off regeling



Hybride of natuurlijke free-cooling

- ▶ Gemotoriseerd en geautomatiseerd beheer
 - Energieverspilling

Bij free-cooling en een andere vorm van actieve koeling mogen de systemen niet gelijktijdig werken

Bij overkoeling door free-cooling is het mogelijk dat de verwarming opnieuw wordt ingeschakeld!



Hybride of natuurlijke free-cooling

- ▶ Gemotoriseerd en geautomatiseerd beheer

- Betrokkenheid van de gebruikers

De gebruikers dienen altijd betrokken te worden bij het proces van toe-eigening van hun gebouw

Bij geautomatiseerde luchttoevoer → de gebruiker de mogelijkheid van een afwijkende bediening bieden

→ Positief effect van het bewust openen van de vensters op het gevoel van comfort van de gebruikers ...

→ ... maar de geautomatiseerde sturing van de opening van de vensters moet worden voorzien om energievernietiging te voorkomen



► Gemotoriseerd en geautomatiseerd beheer

- Regeling door CTB

Gebruik van regeling door CTB om het geheel van de parameters te visualiseren:

Klimaatomstandigheden binnen en buiten (temperatuur, vochtigheid, windsnelheid en -richting, regen)

Openings-/sluitingsstand (bij natuurlijke en hybride free-cooling)

Inwerkingstelling van de ventilatoren, registers, luchtdebieten, ...



Werkingsvoorwaarden voor free-cooling - voorbeelden

Algemene regels

- Stookseizoen: geen free-cooling
- Natuurlijke en hybride free-cooling:
Windsnelheid < 12 m/s en geen regen (volgens het type van de voorziene openingen)
- Hybride free-cooling:
Inwerkingstelling van de ventilator volgens:
 - de snelheid van de daling van de binnentemperatuur (voorbeeld: daling met 6 °C in 8 uur -> inschakeling bij omgevingstemperatuur (uur 2) – omgevingstemperatuur (uur 1) $< 0,75$ °C; kan continu worden herberekend...)
 - temperatuurverschil schoorsteen/buiten
 - uurprogramma's
 - ...



Werkingsvoorwaarden voor free-cooling (instelbaar!) - voorbeelden

overdag:

van 6 tot 22 uur

- Zonder actieve klimaatregeling:
 - buitentemp. $\leq$ binnentemp. verminderd met minstens 2 °C
 - binnentemp. $\geq$ 22 °C
 - buitentemp. $\geq$ 14 °C en uitgeschakelde verwarming
- Met actieve klimaatregeling, bijkomende voorwaarden:
 - binnentemp. $<$ instelpunt van de klimaatregeling
 - uitschakeling van de free-cooling bij binnentemp. $>$ instelpunt van de klimaatregeling verminderd met 1 °C (om het risico van energievernietiging te vermijden door een 'dode' zone te voorzien)



Werkingsvoorwaarden voor free-cooling (instelbaar!) - voorbeelden

's nachts:

van 22 tot 6 uur

- buitentemp. $\leq$ binnentemp. verminderd met minstens 2 °C
- piek buitentemp. over de dag > 15 °C
- piek binnentemp. over de dag > 24 °C
- binnentemp. $\geq$ 18 °C
- buitentemp. $\geq$ 14 °C



Werkingsvoorwaarden voor free-cooling

**Een overvloed aan voorwaarden dient vermeden te worden:
complex en moeilijk parametreerbaar beheer in de praktijk!!!!**



UITDAGINGEN VAN DE PASSIEVE KOELING (FREE-COOLING)

TYPES FREE-COOLING

REGELPRINCIPES

GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

GEVALSTUDIE: HOOFDKANTOOR VAN HOLCIM IN NIJVEL (PASSIEF GEBOUW)



22 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

Detailhandelszaak in Sint-Lambrechts-Woluwe

► Algemene voorstelling:



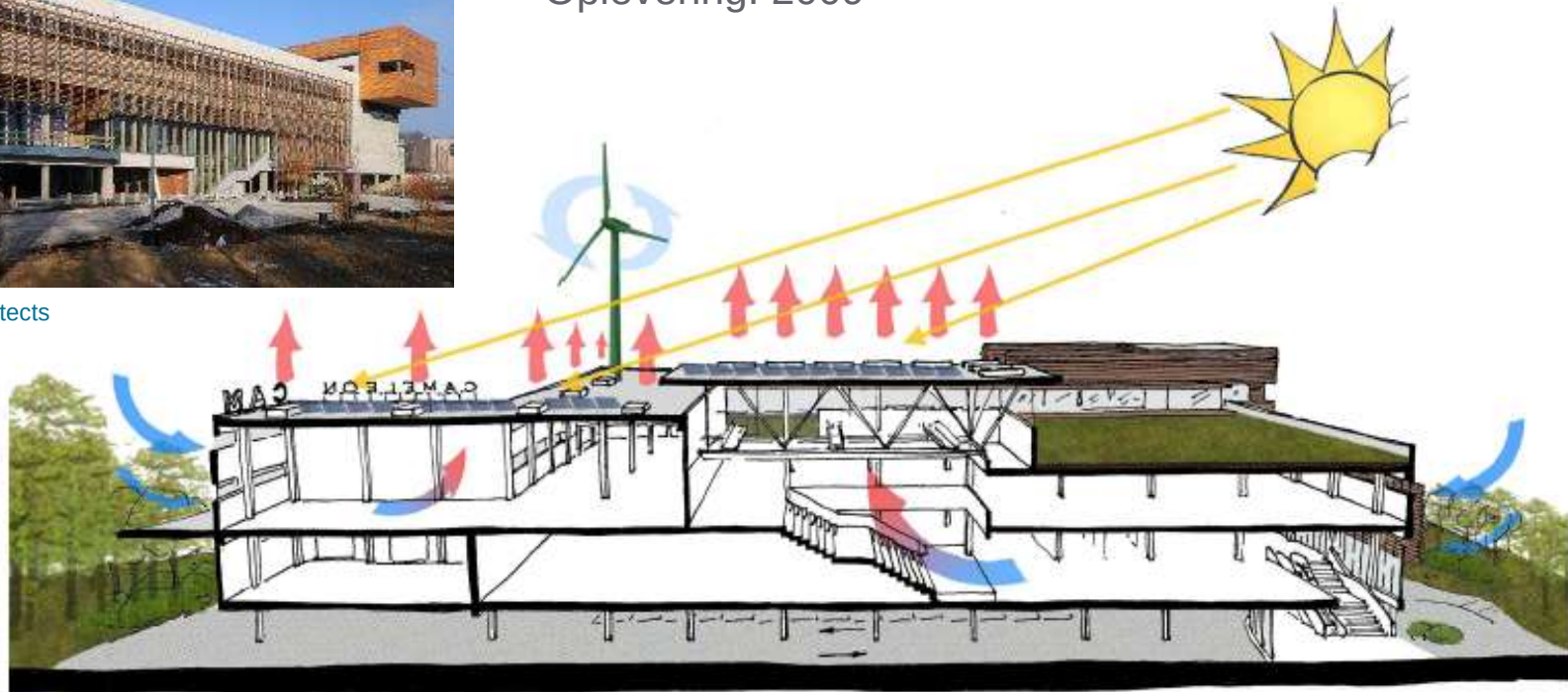
Bron: AWAA for CW Architects

Gebouwoppervlakte: 13.300 m²

Voorbeeldgebouw 2007

Architect: AWAA for CW Architects

Oplevering: 2009



23 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON



Bron: AWAA for CW Architects



Detailhandelszaak in Sint-Lambrechts-Woluwe

- Keuze van hygiënische ventilatie en natuurlijke free-cooling van de verkoopruimte (8.000 m²):

Verlies van primaire energie (PE) want:

- geen nauwkeurige controle van het buitenluchtdebiet
- geen terugwinning van warmte uit de afgevoerde lucht

Maar:

- beperkt PE-verlies door gemotoriseerde sturing van de openingen
- besparing op energieverbruik van de ventilatoren
- reductie van de investeringskosten



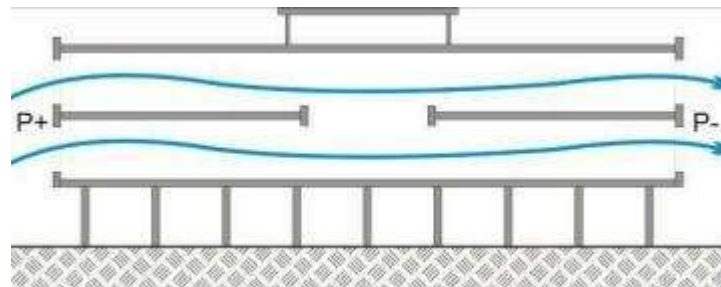
25 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

► Transversale (of doorgaande) ventilatie

Opening in het dak is gesloten

Alleen de gevelopeningen worden gebruikt

Kan zowel overdag als 's nachts worden ingezet



Luchtbeweging geïnduceerd door een drukverschil tussen de 2 gevels

Bron: MATRiciel



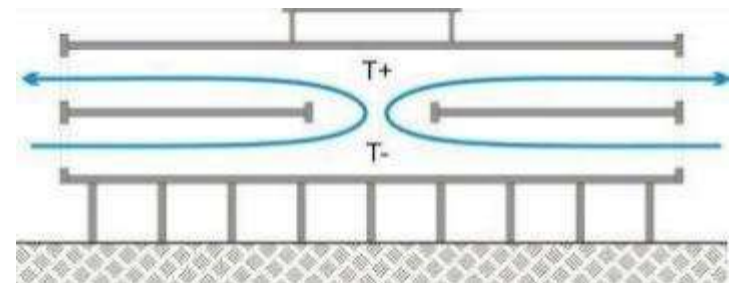
26 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

- ▶ Ventilatie gebaseerd op het schoorsteeneffect
 - Aanzienlijke natuurlijke trek gecreëerd tussen de gemotoriseerde vensters die rondom het hele gebouw verdeeld zijn en 12 grote openingen in het dak van het atrium
 - Als openingen in het dak gesloten zijn
→ ventilatie door schoorsteeneffect bij een voldoende temperatuurverschil tussen binnen- en buitenomgeving



Openende roosters/kleppen voor de luchttoevoer (links) en luiken in de hoogte voor de luchtafvoer (rechts)

Bron: MATRIciel



Luchtbeweging geïnduceerd door het temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitenlucht

Bron: MATRIciel



27 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

- ▶ Sturing van de gemotoriseerde openingen
 - Geautomatiseerd ventilatiebeheer op basis van 3 openingsniveaus:
 - **Laag:** twee dakextractoren in het atrium verzekeren een minimale ventilatie
 - **Matig:** de helft van de gevelopeningen geactiveerd + vier openingen op tien ter hoogte van het dak
 - **Intensief:** alle gevel- en dakopeningen zijn actief



28 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

- Sturing van de gemotoriseerde openingen
 - Regelparameters



Gestion Commande Ouverture Fenêtres



	Sud Ouest 1	Nord Est 1	Sud Ouest 2	Nord Est 2
Ouverture Faible	Cd	Cd	Cd	Cd
Ouverture Modérée	Cd	Cd	Cd	Cd
Ouverture Intensive	Cd	Cd	Cd	Cd

Etat de l'interrupteur Local à l'Accueil +1

Position Automatique	Et
Position Faible	Et
Position Modérée	Et
Position Intensive	Et

Horaire Purge de Nuit	Arrêt
Horaire Déstratification	Arrêt
Cons.Ambiance Vent.Int.	☐ 23.0 °C
Cons.Ambiance Vent.Mod.	☐ 22.0 °C
Cons.Air Ext.Min.Vent.Int.	☐ 12.0 °C
Cons.Air Ext.Min.Vent.Mod.	☐ 12.0 °C
Cons.Temp.Ambiante	☐ 21.0 °C
Cons.Temp.Amb.Jour	☐ 23.0 °C
Cons.Temp.Béton	☐ 18.0 °C
Consigne CO2 Basse	☐ 800.0 PPM
Consigne CO2 Haute	☐ 900.0 PPM
Cons.Air Ext.Purge de Nuit	☐ 10.0 °C
Cons.Temp.Amb.Minimum	☐ 14.0 °C
Cons.Temp.Béton Moyenne	☐ 18.0 °C

Uittreksel CTB
Bron: Cameleon

Caméléon



29 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

- ▶ Sturing van de gemotoriseerde openingen
 - Regelparameters

Algoritme voor de regeling overdag van de 3 openingsniveaus:

- **Tijdens stookperiode (buitentemp. $< 12\text{ }^{\circ}\text{C}$)**
 - regeling volgens CO_2 -gehalte:
Bij $\text{CO}_2 > 800\text{ ppm}$ → opening van de dakextractoren en vervolgens geleidelijke omschakeling op “matig” of “intensief”
 - **Buiten stookperiode (buitentemp. $> 12\text{ }^{\circ}\text{C}$)**
 - regeling volgens CO_2 -gehalte en temperatuur
- Bijzonder open gebouw tijdens de openingsuren, waar de luchtbewegingen de bezoekers de indruk geven dat ze zich in een ‘natuurlijke’ ruimte bevinden, zonder verbruik verbonden aan verwarming of koeling



30 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

- ▶ Sturing van de gemotoriseerde openingen
 - Regelparameters

Algoritme voor de regeling 's nachts van de 3 openingsniveaus:

- **Buiten stookperiode (buitentemp. > 12 °C)**
 - regeling volgens
 - de gemiddelde omgevingstemperatuur van de dag,
 - de in de massa van het gebouw gemeten temperatuur,
 - de buitentemperatuur
 - en de ogenblikkelijke omgevingstemperatuur (min. drempel 14 °C, anders overdreven koeling)

Alle openingen kunnen manueel worden geregeld



31 **GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON****► Commissioning**

Basisenergieprincipes maar baanbrekend **hightech beheer** ontwikkeld door de CTB-ontwerpers → ‘herinterpretatiefouten’

CTB ontworpen door vaklieden voor vaklieden en niet voor leken (onaangepaste terminologie en opleiding)

Informeren van het personeel m.b.t. de werkingwijze van het gebouw: grondig inzicht in het regelprincipe, vastleggen van de bedieningshiërarchie (bijv. impact van een manuele afwijkende bediening)

Alleen na: aanpassing van de parameters

Voorbeeld:

Wijzigen van de verschillende activeringsdrempels overeenkomstig het tussenseizoen, met de inactiveringsdrempel voor de verwarmingsinstallatie

Uitwerken van een methode voor de manuele wijzigingen!
(om energieverspilling door ongepaste opening te vermijden)



32 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

► Inachtneming van de hinder van buitenaf

- Regen

Horizontale dakopeningen: mooi zicht op de lucht maar geen bescherming tegen regen

→ Installatie uitgerust met regensensoren

→ Sluiting van het geheel van de openingen in ± 7 seconden



Regensensor
Bron: Cameleon



33 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

► Inachtneming van de hinder van buitenaf

- Intrusie

Dakopeningen: niet beschermd tegen het binnendringen van vogels → integratie van een beschermnet in de openingen

Vensters van de verkoopruimten: beschermd door een buiten aangebracht gaaswerk/rooster



Bescherming van de vensters tegen intrusie

Bron: Cameleon

Plaatsing van intrusiedetectoren → oorzaak van problemen wegens de hoge ventilatiedebieten (4 vol/h)



34 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

- Interactie met de inrichtingen en de andere systemen
 - Binnenwanden

Plaatsing van de binnenwanden a posteriori

→ kan de doeltreffendheid van de free-cooling in bepaalde zones beïnvloeden:



- Modulatie van de ventilatie niet verzekerd door een verschillende openingsgraad voor elk venster maar door de variatie van de opening van verscheidene vensters
→ oververhitting van de zones die niet voor de gestuurde vensters liggen
Oplossing: aanpassing van de elektrische sturingen van de vensters bij de inrichting van de plateaus
- De zone met de kassa's bevindt zich niet meer in het pad van de lucht die via het atrium wegstroomt doordat er na de ontwerpfase van het systeem binnenwanden werden geplaatst
Oplossing: toevoeging van schoepenventilatoren om de lucht door de zone te stuwen



35 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

► Interactie met de inrichtingen en de andere systemen

• Brand

Wederzijdse beïnvloeding van de systemen voor intensieve ventilatie en brandpreventie:

- Vrije circulatie van de buitenlucht $><$ brandcompartimentering?
- Gemeenschappelijke rookafvoeren en free-cooling-openingen?

Bijzondere maatregelen bij brandalarm:

- Afvoer van de rookgassen door **dakafzuigventilatoren** in plaats van via natuurlijke openingen
- Verplaatsbare **brandwerende schermen** in de verkoopruimten
- **Sluiting van de ventilatieopeningen** van de voorraadzone om de werking van de sprinklers niet te verstoren
- **Inactivering van de extractoren** van de kantoren

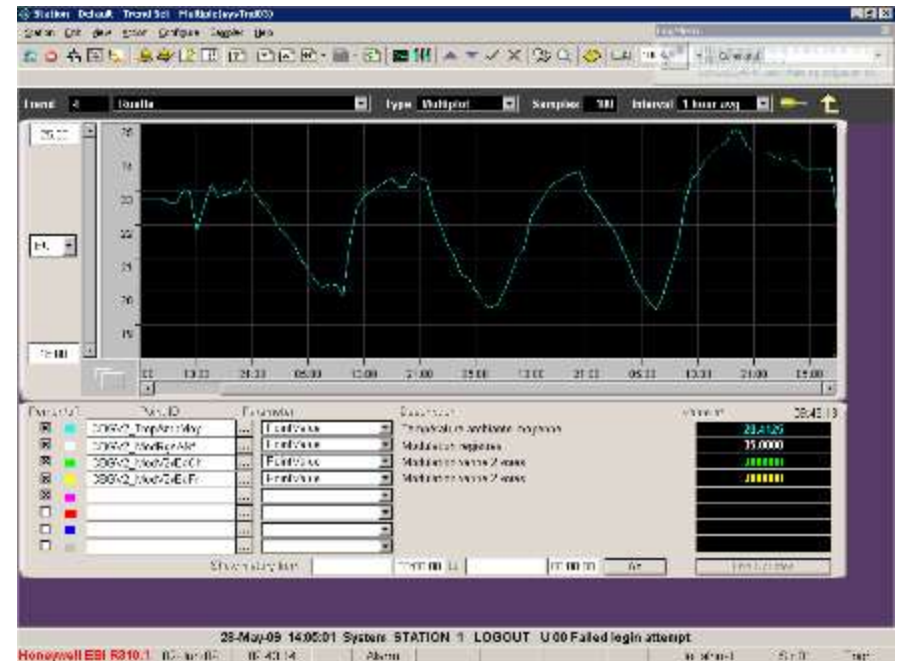


36 GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

- Doel bereikt?
- Opvolging van de binnentemperatuur: geen oververhitting
- De koudegroep waarmee het gebouw uitgerust is, werkt nooit!

Uittreksel uit het opvolgingsrapport van 2012:

Jaar	Verbruik (bron: Cameleon)
Theoretische prognose	0 kWh/jaar
2011	488 kWh/jaar



UITDAGINGEN VAN DE PASSIEVE KOELING (FREE-COOLING)

TYPES FREE-COOLING

REGELPRINCIPES

GEVALSTUDIE: HET PROJECT CAMELEON

**GEVALSTUDIE: HOOFDKANTOOR VAN HOLCIM IN NIJVEL
(PASSIEF GEBOUW)**



Regelprincipes

- Algemene voorstelling:

Gebouwoppervlakte: 4.100 m²

Passief gebouw

BREEAM Very Good

Architect: A2M

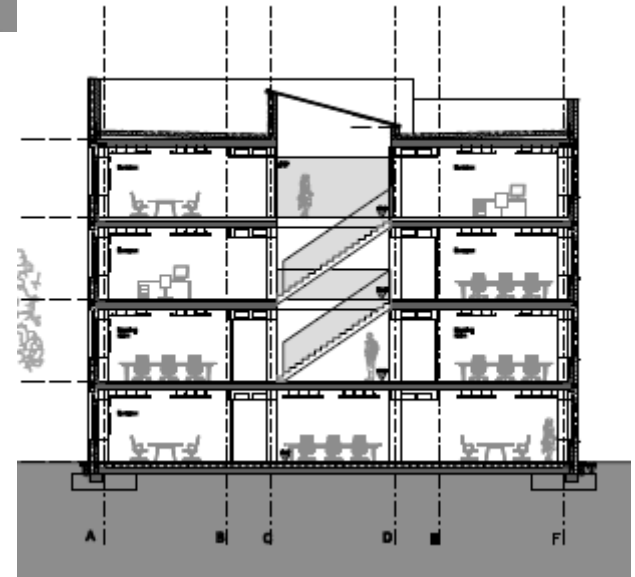
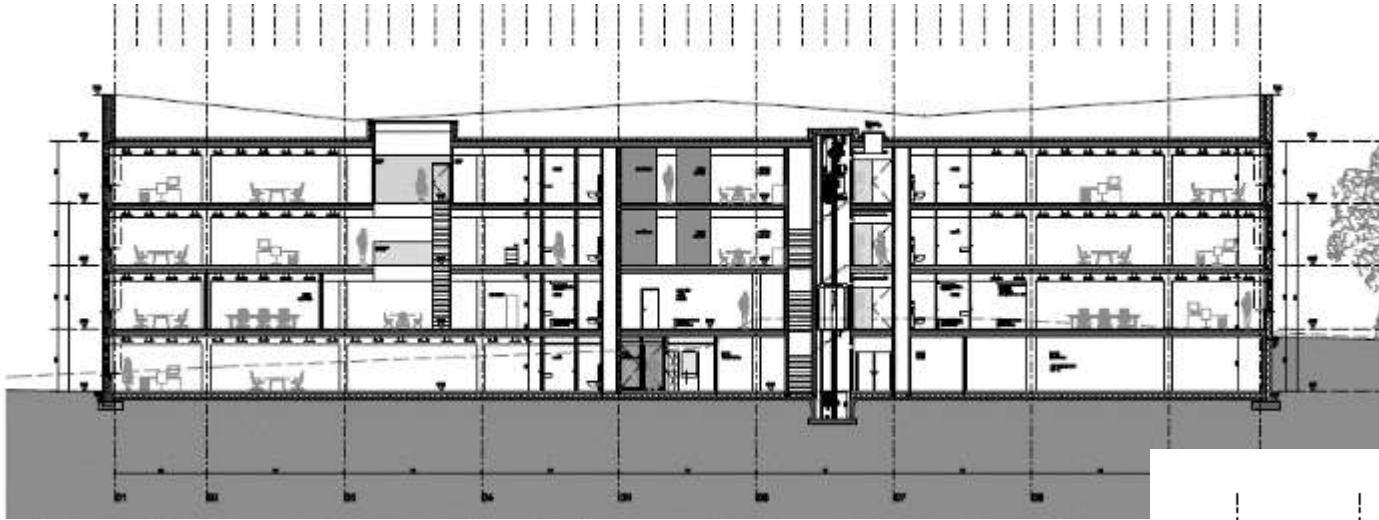
Oplevering: 2013



Bron: A2M



GEVALSTUDIE: HOOFDKANTOOR VAN HOLCIM IN NIJVEL



Bron: A2M



Regelprincipes

- Mechanische free-cooling:

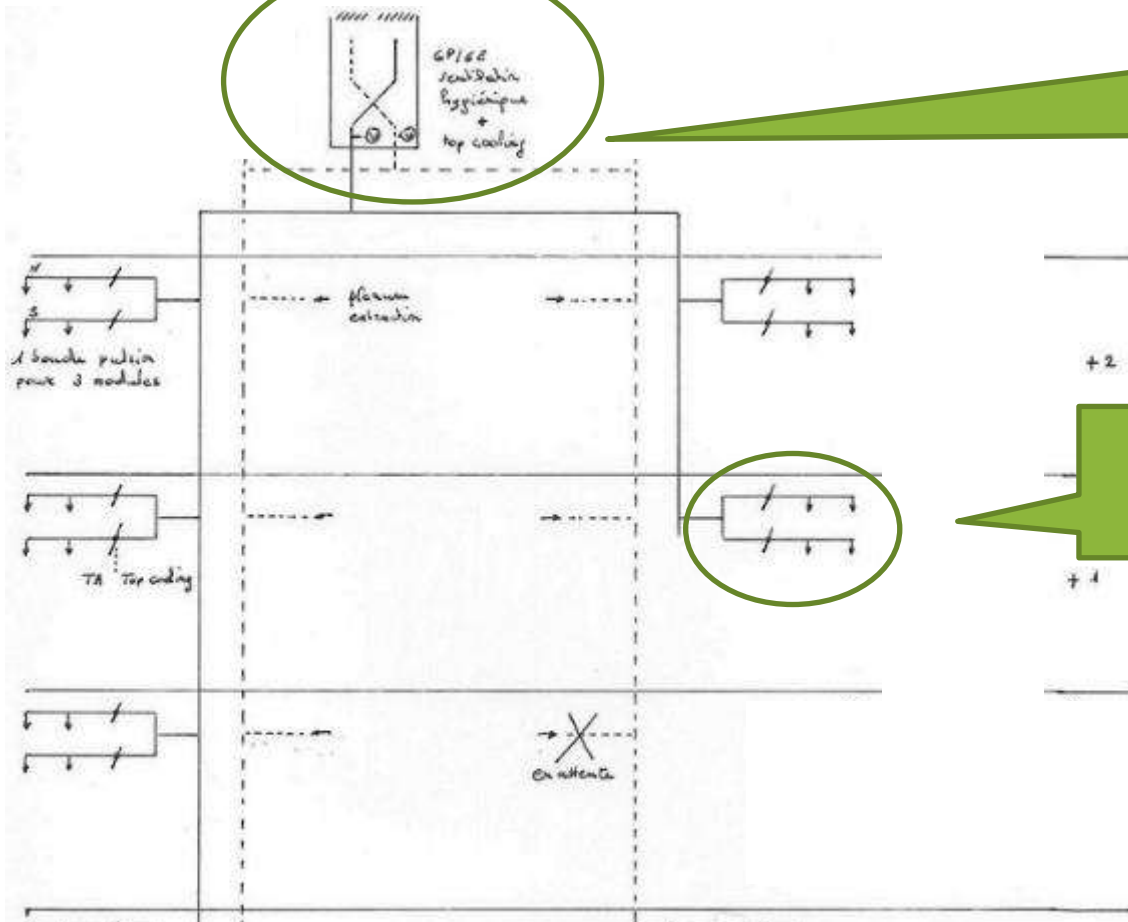
Geautomatiseerde regeling van de luchtbehandelingscentrale (LBC)

Inwerkingstelling volgens de klimaatvoorwaarden en uurprogramma's (bij nachtelijke ventilatie)

De LBC moet in staat zijn de luchtdebieten te verhogen (free-cooling overdag en/of 's nachts)



Ventilatieprincipe



Mechanische free-cooling
gecombineerd met
overgedimensioneerde
hygiënische ventilatie

Beheer per $\frac{1}{4}$ plateau

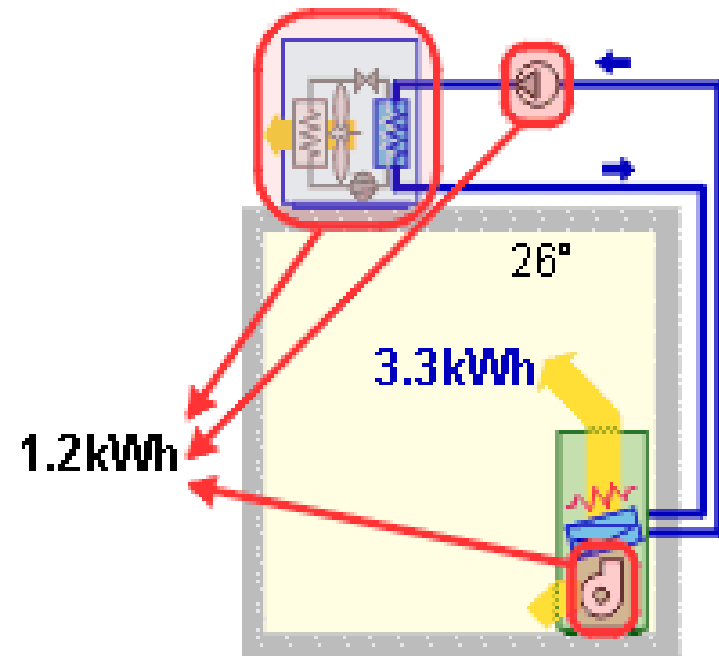
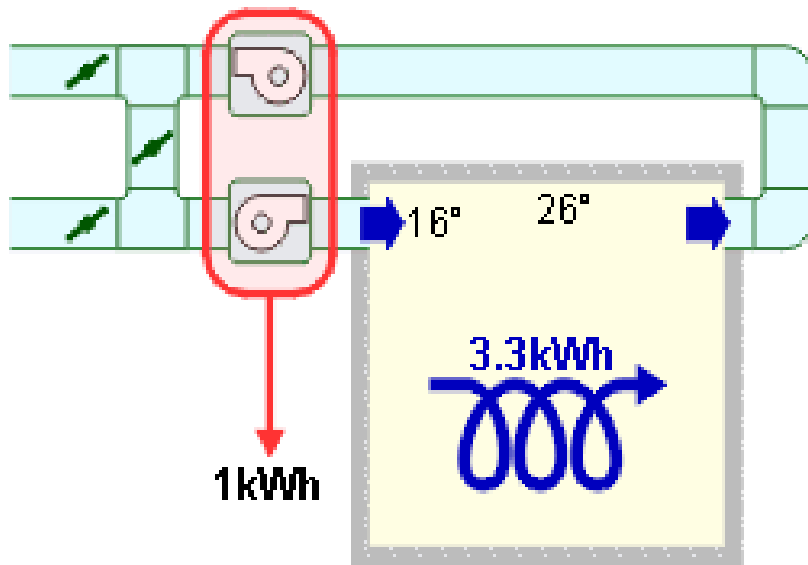
Algemeen principe van de
ventilatie

Bron: MATRiciel



Regelprincipe van de ventilatie

- Doelstelling:
 - Zomercomfort met
verbruik ventilatoren $\leq$ verbruik van gelijkwaardige mechanische koeling



Algemeen principe van de ventilatie

Bron: Energie+



Regelprincipe van de ventilatie

- ▶ **Stookseizoen, overdag** (bij buitentemp. < buitentemp._zonder_verwarming)

Alleen hygiënische ventilatie.

Doel: min. luchtdebiet, minimale snelheid en druk van de ventilatoren

- Debiet LBC = min_debiet
- Opening zonekleppen (1 klep / ¼ plateau)
- Automatisch geregelde zonekleppen zodat minstens 1 register volledig open is (optimalisering van de druk van het net)



Regelprincipe van de ventilatie

- ▶ **Zomer, overdag** (bij buitentemp. > buitentemp._zonder_verwarming)

**Bij oververhitting (afvoertemp. LBC > instelwaarde_binnentemp._zomer):
koeling door de ventilatiecentrale**

Actiecascade:

- Verlaging van de snelheid van het recuperatiewiel om de pulsietemperatuur te verlagen: valorisatie van de buitenlucht
- Daarna inschakeling van de koudebatterij met
pulsietemp. = min.pulsietemp. comfort en lokale_binnentemp. >
instelwaarde_binnentemp._zomer).
- Vervolgens opening van de zonekleppen en verhoging van de snelheid van de LBC:

Opening van de kleppen volgens lokale_binnentemp.

Snelheid van de ventilatoren en hun manometrische hoogte geregeld volgens de stand van de zonekleppen.
(Het regelsysteem kent de stand van elk register en optimaliseert de drukwinst van de luchtbehandelingscentrale zodat minstens 1 register volledig geopend is.)



Regelprincipe van de ventilatie

- ▶ Zomer, 's nachts (bij buitentemp. > buitentemp._zonder_verwarming)

Bij oververhitting: mechanische free-cooling

- Uurprogramma's
- Bij buitentemp. > instelwaarde_buientemp.,
en buitentemp. < lokale_binnentemp.,
en lokale binnentemp. > instelwaarde_binnentemp._zomer,
dan: LBC ON, recuperatiewiel en batterij OFF,
en zoneklep in maximale stand waardoor de snelheid van de ventilatoren van de LBC toeneemt





- ▶ Free-cooling door intensieve ventilatie is een 'lowtech' principe dat al sinds jaar en dag in gebouwen wordt toegepast om te koelen.
- ▶ Het nastreven van een maximale efficiëntie kan leiden tot het gebruik van een 'hightech' regeling waarbij tal van parameters worden toegepast.
- ▶ Deze regeling is ook nodig om geen oververbruik te genereren (energievernietiging, verbruik van ventilatoren).
- ▶ Deze regeling vereist afstelling en opvolging (die soms complex zijn) door de gebruikers van het gebouw.
- ▶ Bij deze regeling moet de aanwezigheid van de gebruikers in acht worden genomen (afwijkende bediening, bewustmaking, motivering).





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- Technische installaties
Dossier I [Free-cooling](#)



Websites

- EnergiePlus: [Organiser le rafraîchissement par free-cooling](#)
- Programma Hybvent: [annex 35 Control Strategies for hybrid](#)



Opleidingen en seminars

- Bekijk alle materialen [gratis](#) !



Fabrice DERNY

Projectingenieur

MATRIciel sa

 + 32 10 24 15 70 derny@matriciel.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

