



## Professionele Bachelor Elektromechanica Klimatisering



### SELECTIE VAN WARMTEPOMP EN VENTILATIESYSTEEM VOOR EEN PASTORIEWONING

Niels Van Lommel

Promotoren:

Mimoun El Mesaoudi  
Georgy Lambrechts  
Andy Camps

Centratec  
Centratec  
PXL Hogeschool





**SELECTIE VAN WARMTEPOMP EN  
VENTILATIESYSTEEM VOOR EEN  
PASTORIEWONING**

# Dankbetuiging

Gedurende 9 weken heb ik stage gelopen, dit was een leuke periode waar ik veel heb bijgeleerd. Daarom zou ik graag de mensen willen bedanken die mij gesteund en geholpen hebben om dit resultaat van mijn scriptie te bekomen.

Als eerste zou ik graag mijn externe promotor Dhr. Mimoun El Mesaoudi willen bedanken voor de praktische uitleg, tips, bereidwilligheid en voor de gezellige momenten tijdens het eten.

Ten tweede zou ik ook graag mijn tweede externe promotor Dhr. Georgy Lambrechts willen bedanken voor de mogelijkheid om mijn stage te doen in Centrateg Heverlee en voor de technische opleidingen die hij tot stand heeft gebracht.

Ten derde zou ik graag mijn interne promotor Dhr. Andy Camps willen bedanken. Dankzij hem heb ik kennis gemaakt met de techniek, maar ik zou hem ook willen bedanken voor iedere keer dat hij klaar stond met antwoorden op mijn vragen die tijdens mijn scriptie aanbod kwamen.

Ten vierde zou ik graag al de medewerkers van Centrateg Heverlee willen bedanken voor de hulp en de aangename werksfeer waarin ik terecht ben gekomen. (Elliane Van Eggermont, Bert Willems, Ivo Wierinckx, Sven Loockx, Danny Janssens, Jelle Spiesens en Jo Valley)

Ten vijfde zou ik graag de PXL hogeschool willen bedanken voor het tot stand brengen van deze stage en scriptie.

En als laatste zou ik ook mijn familie en vrienden willen bedanken voor de nodige ondersteuning tijdens mijn stage en scriptie.

Niels Van Lommel

Juni 2014

# Inhoud

<b>1 Abstract</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Begrippen</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Het bedrijf</b> .....	<b>3</b>
<b>4 Het onderzoeksprobleem</b> .....	<b>4</b>
<b>5 Nieuwe technologieën</b> .....	<b>5</b>
<b>6 Het project</b> .....	<b>6</b>
6.1 Algemene gegevens.....	6
6.1.1 Ligging.....	6
6.1.2 Het gebouw.....	7
6.2 De warmteverliesberekening.....	8
6.2.1 Wat is een warmteverliesberekening?.....	8
6.2.2 Hoe maak ik een warmteverliesberekening?.....	8
6.2.2.1 Invloed van buitentemperaturen.....	8
6.2.2.2 Gewenste binnentemperatuur.....	9
6.2.2.3 De u-waarde of k-waarde.....	9
6.2.2.4 Warmteoverdrachtscoëfficiënten.....	10
6.2.2.5 Transmissieverliezen.....	10
6.2.2.6 Ventilatieverliezen.....	10
6.2.2.7 Toeslag door oriëntatie.....	11
6.2.2.8 Toeslag door wanden.....	11
6.2.2.9 Het totale warmteverlies.....	11
6.2.2.10 De berekening van de woonkamer+keuken.....	12
6.2.3 Het Centratec warmteverliesberekeningsblad.....	16
6.2.3.1 Werking.....	16
6.2.3.2 De resultaten.....	16
6.2.4 Vergelijking resultaten.....	17
6.3 Het dimensioneren van een C+ ventilatiesysteem.....	18
6.3.1 De wetgeving.....	18
6.3.2 De debieten.....	18
6.3.3 Wat is de invloed van een C+stelsel op de warmteverliezen?.....	19
6.3.4 De onderdelen van de installatie.....	19
6.3.4.1 Raamroosters.....	19
6.3.4.2 De ventilatie-unit.....	20

6.3.4.3 Het kanalensysteem .....	21
6.3.4.4 Het afvoerventiel.....	22
6.3.4.5 De Dakdoorvoer .....	23
6.3.4.6 Geluiddempers .....	23
6.3.5 Het legplan .....	24
6.3.6 De kostprijs per woning.....	26
6.4 Het opstellen van een stappenplan .....	27
6.4.1 Uitleg warmtepomp .....	27
6.4.1.1 De warmtepompcyclus.....	27
6.4.1.2 De verschillende types van warmtepompen.....	28
6.4.1.3 Wat is COP, SPF en PER? .....	29
6.4.2 Het stappenplan .....	30
6.4.2.1 Stap1: Het vermogen bepalen .....	30
6.4.2.2 Stap2: Welke bron is beschikbaar voor de klant? .....	32
6.4.2.3 Stap3: Is er een lage temperatuurverwarming? .....	32
6.4.2.4 Stap4: Is er een ander verwarmingstoestel?.....	32
6.4.2.5 Stap5: Hoe bepaal ik het boiler en buffervat? .....	32
6.4.2.6 Stap6: Welke regeling neem ik?.....	33
6.4.2.7 Stap7: Bij welke warmtepomp heeft Centratec het meeste winst? .....	33
6.5 Het selecteren van twee warmtepompensystemen.....	34
6.5.1 Het vermogen bepalen.....	34
6.5.2 Welk type warmtepomp?.....	34
6.5.3 Berekening vloerverwarming .....	34
6.5.3.1 Principe.....	34
6.5.3.2 Benodigheden voor de vloerverwarming .....	35
6.5.4 Bepaling van Low-h <sub>2</sub> O convectoren en elektrische radiatoren .....	39
6.5.4.1 Low-h <sub>2</sub> O convector slaapkamer .....	39
6.5.4.2 Low- h <sub>2</sub> O convector douchecel .....	39
6.5.4.3 Elektrische radiatoren .....	40
6.5.5 Circulatiepomp bepalen .....	41
6.5.6 De twee warmtepompen .....	42
6.5.6.1 Panasonic .....	42
6.5.6.2 Alpha-InnoTec .....	46
6.5.7 Prijsofferte installatie .....	49
6.5.7.1 Offerte Warmteafgiftesysteem en toebehoren.....	49
6.5.7.2 Bruto kostprijs warmtepomp Panasonic + warmteafgiftesysteem.....	50

6.5.7.3	Kostprijs warmtepomp Alpha-Innotec + Warmte afgiftesysteem.....	50
6.5.7.4	Welke offerte wordt er gekozen? .....	50
<b>7</b>	<b>Conclusie .....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>Bijlage .....</b>	<b>53</b>
8.1	Bijlage A.....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
8.2	Bijlage B.....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
8.3	Bijlage C.....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>





# 1 Abstract

Centratec, een groothandel in verwarming en ventilatie moet regelmatig verwarmingssystemen en ventilatiesystemen ontwerpen voor hun klanten. Zo ook het toekomstig woongebouw “de pastorie”. De pastorie zal in Tienen gelegen zijn en zal bestaan uit vier wooneenheden die telkens met een warmtepompsysteem en C+ventilatiesysteem voorzien worden.

De wooneenheden bezitten gemiddeld een woonoppervlak van  $\pm 112,5 \text{ m}^2$  dat bestaat uit een woonkamer, keuken, toilet, wasplaats, twee badkamers en vier slaapkamers. De bouw van het project zal starten rond september 2014.

De hierop toegepaste studie bestaat uit drie hoofdonderdelen. Het eerste deel van de studie gaat over de warmteverliesberekening van het gebouw aan de hand van de Europese Norm NBN EN 12831. Het tweede deel bestaat uit het ontwerpen van een C+ventilatiesysteem. Dit om een beter beeld te krijgen van de uitvoering en de impact van het ventilatiesysteem op de warmteverliezen. Het derde deel van de studie bestaat uit het selecteren en vergelijken van twee warmtepompen die Centratec in hun gamma aanbiedt. Zodat de ideale warmtepomp gekozen kan worden.

Centratec stelt vast dat de verwarmingssector aan het evolueren is naar hernieuwbare energieën. Dit heeft als gevolg dat er voldoende kennis is vereist van warmtepompen. Om deze kennis uit te breiden gaat de studie een stappenplan opstellen voor de selectie van een warmtepomp.

Aan de hand van deze studie kan het ideale warmtepomp en ventilatiesysteem gekozen worden voor de pastorie zodat Centratec de bewoners een kwaliteitsvol product kan aanbieden.

## 2 Begrippen

Symbol	Uitleg	Eenheid
$U$	Warmtedoorgangscoefficiënt	W/m <sup>2</sup> K
$H_i$	Warmteovergangscoefficiënt binnen (1/R <sub>i</sub> )	W/m <sup>2</sup> K
$H_e$	Warmteovergangscoefficiënt buiten (1/R <sub>e</sub> )	W/m <sup>2</sup> K
$R_g$	Warmteweerstand in ongeventileerde luchtlagen	m <sup>2</sup> K/W
$R_u$	Warmteweerstand in niet homogene materialen	m <sup>2</sup> K/W
$d_i$	Dikte van het wanddeel	m
$\Delta i$	Warmtegeleidingcoëfficiënt	W/m <sup>2</sup> K
$H_t$	Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie	W/K
$H_d$	Warmteoverdrachtscoëfficiënt die een verwarmde ruimte rechtstreeks scheid met de buiten omgeving	W/K]
$H_d$	Warmteoverdrachtscoëfficiënt die een verwarmde ruimte rechtstreeks scheid via de grond	W/K
$H_u$	Warmteoverdrachtscoëfficiënt die een verwarmde ruimte scheid met de buiten omgeving via een AOR	W/K
$H_a$	Warmteoverdrachtscoëfficiënt tussen twee verwarmde ruimte en tussen een aangrenzend gebouw	W/K
$\Phi_t$	Het transmissieverlies door het wanddeel	W
$\theta_i$	Binnentemperatuur	°C
$\theta_e$	Buitentemperatuur	°C
$\Phi_v$	Het totaal ventilatieverlies	W
$Q_i$	Luchtverversing voor hygiënische reden	m <sup>3</sup> /h
$M_o$	Toeslagfactor door oriëntatie	-
$M_{cw}$	Toeslag factor door koude wanden	-
$I_{cw}$	Afstand tussen de koude wand en warme wand	m
$U_{cw}$	U-waarde van de koude buiten wand	W/m <sup>2</sup> K
$\Phi_{hl}$	Totaal warmteverlies van een vertrek	W
$\Psi_g$	Forfaitaire waarde voor aansluiting tussen raamprofiel en beglazing	-
$\Sigma\chi$	Punt-u-waarde van de punctuele koudebrug	W/K
$B$	Reductiefactor voor het temperatuurverschil	-
$\psi$	de correctieterm voor de invloed van de randisolatie	W/mK
$\Sigma l$	Lengte van de bouwknoop	M
<b>AOR</b>	Aangrenzend onverwarmde ruimte	-
<b>COP</b>	Coëfficiënt of performance	-
<b>SPF</b>	Seasonal performance factor	-
<b>PER</b>	Primary Energy ratio	-
<b>EPB</b>	Energie Prestatie Binnenklimaat	E-peil
<b>K</b>	K-peil of isolatie waarde	K-peil
<b>SWW</b>	Sanitair warm water	-

## 3 Het bedrijf

Het eindwerk werd uitgevoerd bij Centrateg. Centrateg is een technische groothandel in alternatieve energie, centrale verwarming, ventilatie en piping. De focus van Centrateg zal de komende jaren liggen op het verder uitbouwen van hun kennis in hernieuwbare energie.

De geschiedenis van het huidige Centrateg ligt bij verschillende bedrijven onder meer bij de bedrijven Segers-Van Ingelgem, Frateur en Centrateg. Na een resem van overnames zoals door de Wolseley-Group en Lambrechts NV zijn uiteindelijk de drie bedrijven samengebracht onder de naam Centrateg dat nu onder het beleid is van Patrick Kimpfen. Momenteel bestaat Centrateg dus uit drie filialen gesitueerd in Mechelen, Heverlee en Anderlecht. Deze drie filialen zorgen samen voor werkgelegenheid van een 50 tal werknemers.



Figuur 1: De drie vestigingen [1]

De 3 filialen hebben elk een eigen magazijn waar de klant via zelfbediening kan afhalen. Het hoofdmagazijn (DC)<sup>1</sup> bevindt zich in Mechelen samen met de boekhouding en de projectdienst. Vanuit het hoofdmagazijn in Mechelen kunnen de klanten hun materialen laten leveren op het gewenste leveradres. Enkel de buizen die worden rechtstreeks aan de klant geleverd vanuit Heverlee. Om de verschillende filialen vlot te herbevoorraden is er een dagelijks transport. Dit gebeurt met de bewuste “melkroute” waarbij alle filialen bezocht worden.

De taak van het afhaalfiliaal in Heverlee is voornamelijk het maken van offertes, het verkopen van materiaal en het uitvoeren van warmteverlies- en ventilatieberekeningen voor kleinere woningen. De grotere projecten worden doorgestuurd naar de projectdienst in Mechelen.

<sup>1</sup> DC: Distributiecentrum

## 4 Het onderzoeksprobleem

Het doel van de studie bestaat uit 3 onderdelen.

Eerst wordt een warmteverliesberekening gemaakt van vier woningen. De berekening gebeurt handmatig en met het Excel rekenblad van Centratec. Zo kan gecontroleerd worden of het Excel document de warmteverliezen correct berekent. Het tweede deel bestaat uit het dimensioneren van een C+ventilatiesysteem en uit het analyseren van de invloed van een C+ventilatiesysteem op de warmteverliezen.

In het laatste deel van de studie wordt een warmtepomp geselecteerd uit het gamma van Centratec. Voor de berekening wordt steeds hetzelfde warmteafgiftesysteem gebruikt en dat is hoofdzakelijk vloerverwarming of dat zijn low-h<sub>2</sub>O convectoren. Na de selectie van het warmteafgiftesysteem worden de twee warmtepompen met elkaar vergeleken. Dat gebeurt door het merk Alpha-InnoTec en het merk Panasonic te vergelijken door het kostenplaatje van de installatie te berekenen. Hieruit wordt een conclusie getrokken zodat de ideale warmtepomp voor het gebouw gekozen kan worden.

## 5 Nieuwe technologieën

Tijdens deze stageperiode werden er enkele nieuwe technologieën geïntroduceerd. Omdat Centrateg een groothandel is, zijn er veel fabrikanten die hun nieuwe producten willen voorstellen. Zo werd de nieuwe Viega Megapress voorgesteld door een vertegenwoordiger. De Viega Megapress is een perstechniek waarmee voortaan ook dikwandig stalen buizen geperst kunnen worden. Dit is gemakkelijk voor in sprinkler-, koel- en verwarmingsinstallaties want zo moet er niet meer gelast worden dat kan een besparing van 60% van de tijd opleveren [2].



Figuur 2: De Viega Megapress [2]

De tweede nieuwe techniek is het Renson systeem E+. Het systeem E+ is een vraaggestuurd ventilatiesysteem gecombineerd met een ingebouwde lucht/water warmtepomp. Het systeem wordt ook wel eens het hybride systeem genoemd omdat de voordelen van beide technologieën gecombineerd worden. Dat gebeurt door verse buitenlucht te mengen met ventilatielucht waardoor de brontemperatuur van de warmtepomp veel hoger is. Als resultaat zal de warmtepomp langer werken dan andere traditionele warmtepompen [3].



Figuur 3: Het E+ II systeem [3]

# 6 Het project

## 6.1 Algemene gegevens

### 6.1.1 Ligging

Het project 'de pastorie' zal gelegen zijn in de Verbindingstraat te Tienen, lot 5-8. De woning is een alleenstaande nieuwbouwwoning die bestaat uit twee gesloten bebouwingen en twee halfopen bebouwingen zoals onderstaande figuren illustreren. De voorgevel van het gebouw is gericht naar het noorden zodat de zon maximaal benut wordt. De plannen van het gebouw zijn terug te vinden in bijlage A.



Figuur 4: De voorgevel



Figuur 5: De achtergevel

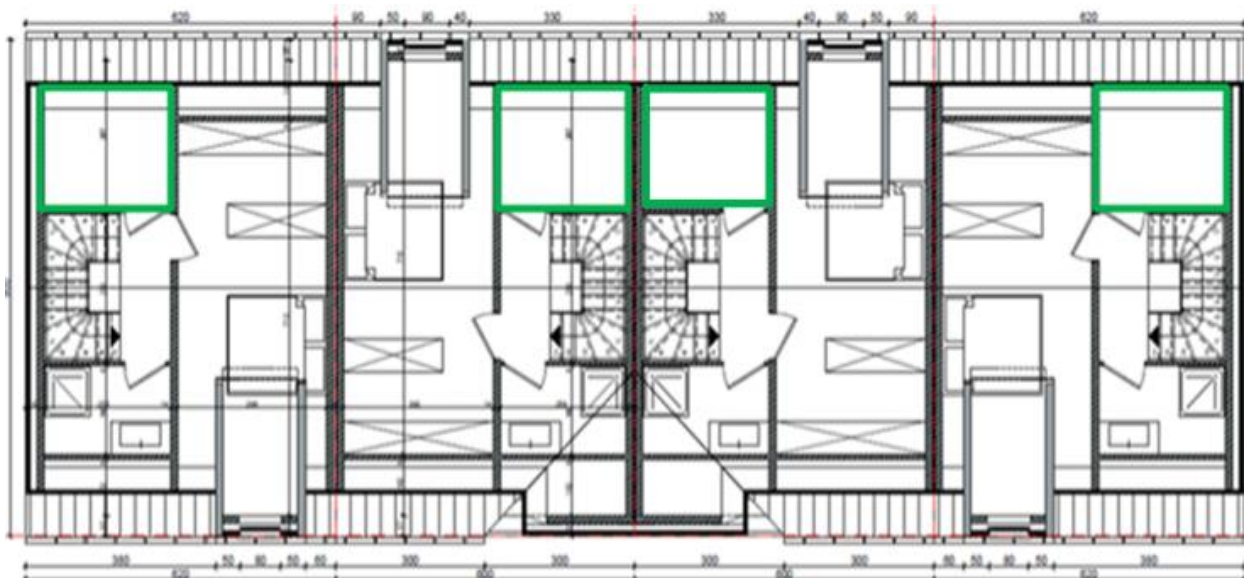
## 6.1.2 Het gebouw

Het gebouw “de pastorie” is onderverdeeld in vier woningen. De woningen bezitten elk een beschermd volume zodat de warmteverliezen beperkt worden. In het beschermd volume is enkel de garage niet inbegrepen met als resultaat dat de oppervlakten van het beschermd volume gelijk zijn aan 116.9 m<sup>2</sup> voor lot 5, 112.5 m<sup>2</sup> voor lot 6, 112.5 m<sup>2</sup> voor lot 7 en 114,88 m<sup>2</sup> voor lot 8. De oppervlakten van de garages zijn in tegenstelling tot het beschermd volume wel even groot en hebben ieder een oppervlakte van 16.5 m<sup>2</sup>.

De woningen bestaan telkens uit drie bouwlagen (gelijkvloers, verdieping, zolder). Het gelijkvloers heeft een toilet, een dressing en een open keuken grenzend aan de woonkamer. Het verdiep heeft drie slaapkamers en een badkamer en de zolderverdieping heeft een slaapkamer, een badkamer en een technische ruimte. Om het gebouw te verwarmen wordt er gebruik gemaakt van lage temperatuursverwarming meer bepaald vloerverwarming of low-h<sub>2</sub>O convectoren.

De lucht/waterwarmtepompen kunnen eventueel geplaatst worden op het platdak van de keuken. Het hierop aangesloten buffervat kan samen met het ventilatiesysteem geplaatst worden in de technische ruimte op de zolderverdieping. Het C+ventilatiesysteem wordt telkens ingewerkt in de vloer enkel op de zolderverdieping daar wordt gebruik gemaakt van het vals plafond.

In de onderstaande tekening kan je het grondplan van de zolderverdieping bekijken, hierop is in het groen aangeduid waar de technische ruimte zich zal bevinden.



*Figuur 6: Grondplan zolder verdieping*

## 6.2 De warmteverliesberekening

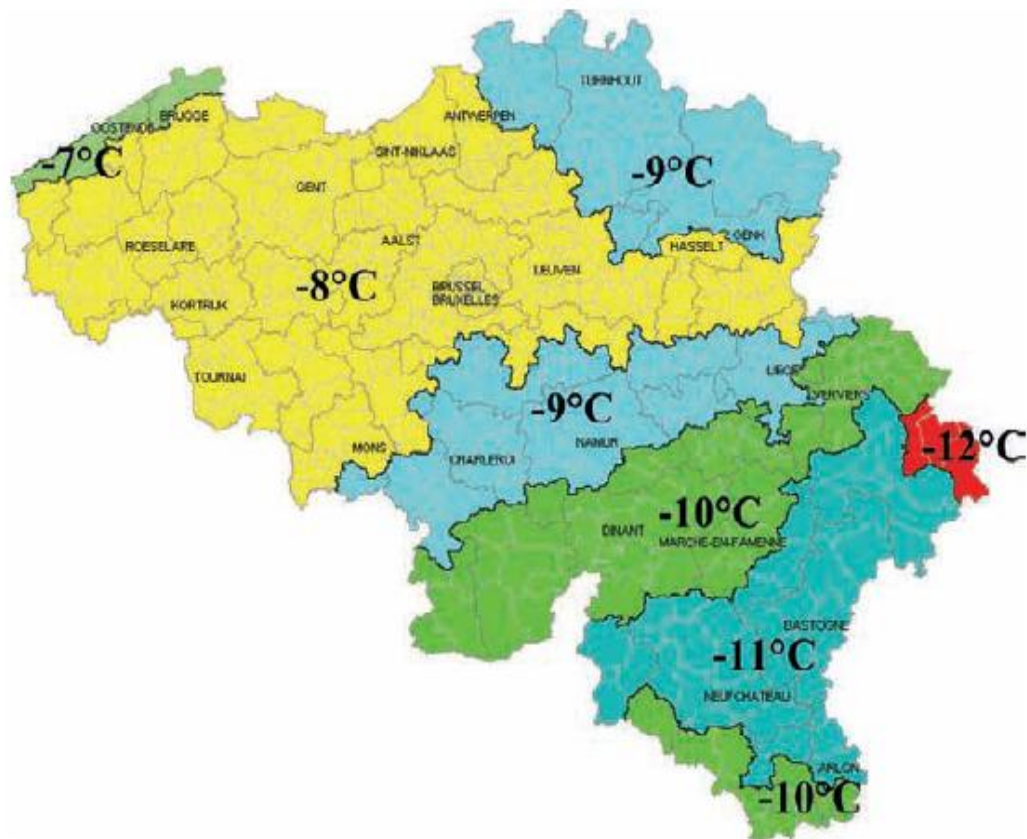
### 6.2.1 Wat is een warmteverliesberekening?

Het warmteverlies is de warmte dat een gebouw kwijtraakt via ramen, deuren, muren en zelfs ventilatie. Het verlies berekenen is dus belangrijk want aan de hand van deze gegevens kan de verwarmingsbehoefte bepaald worden voor een ruimte of gebouw. Anders gezegd de warmteverliezen zijn een raming van het vermogen dat een verwarmingssysteem moet leveren. De berekening moet dus nauwkeurig gebeuren en niet met een lukrake schatting zoals vroeger [4].

### 6.2.2 Hoe maak ik een warmteverliesberekening?

#### 6.2.2.1 Invloed van buitentemperaturen

Het spreekt voor zich dat de warmteverliezen afhankelijk zijn van de buitentemperatuur want hoe lager de buitentemperatuur hoe meer vermogen er nodig is om het warmteverlies te compenseren. Daarom moet er altijd van een worst case scenario uit gegaan worden. In ons geval is dit  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  omdat de woning zich bevindt in Tienen de gele regio [5].



Figuur 7: Kaart met laagste jaar temperaturen [5]



### 6.2.2.2 Gewenste binnentemperatuur

Wil de mens zich behaaglijk voelen dan zal de warmteproductie gelijk moeten zijn aan de warmteafgifte van de mens. Dat betekent dat de temperatuur van de omgeving zo moet zijn dat aan deze eis voldaan wordt. Gelukkig zijn deze waarden aan de hand van proefondervindelijke studies vastgelegd zoals onderstaande gegevens:

<b>Woonkamer, keuken, kantoren, winkels, hotelkamers, musea,....:</b>	20°C
<b>Slaapkamers:</b>	16-18°C
<b>Badkamers:</b>	22-24°C
<b>Hal, trapzaal, turnzaal:</b>	16°C
<b>Garage:</b>	5°C

Bij deze studie zijn de temperaturen gebruikt die in het lastenboek vermeld staan. Deze zijn 21°C voor de keuken en woonkamer, 18°C voor de slaapkamers en 24°C voor de badkamer [6].

### 6.2.2.3 De u-waarde of k-waarde

Om het warmteverlies te berekenen is het nodig om de u-waarde van een gebouwonderdeel te bepalen. De u-waarde of de warmtedoorgangscoefficiënt is afhankelijk van het gebruikte materiaal. Om dit te berekenen kan volgende formule gebruikt worden:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{H_i} + \sum \left( \frac{d_i}{\lambda_i} \right) + \sum R_g + \sum R_u + \frac{1}{H_e}} \quad [W/m^2K]$$

Met:

- $U$ : Warmtedoorgangscoefficiënt [W/m<sup>2</sup>K]
- $H_i$ : Warmteovergangscoefficiënt binnen (1/R<sub>i</sub>) [W/m<sup>2</sup>K]
- $H_e$ : Warmteovergangscoefficiënt buiten (1/R<sub>e</sub>) [W/m<sup>2</sup>K]
- $R_g$ : Warmteweerstand in ongeventileerde luchtlagen [m<sup>2</sup>K/W]
- $R_u$ : Warmteweerstand in niet homogene materialen [m<sup>2</sup>K/W]
- $d_i$ : Dikte van het wanddeel [m]
- $\lambda_i$ : Warmtegeleidingscoefficiënt [W/m<sup>2</sup>K]

De warmteovergangscoefficiënten kunnen worden afgeleid uit onderstaande tabel.

Richting warmtestroom	Element	Ri[m <sup>2</sup> K/W]	Re[m <sup>2</sup> K/W]
<b>Horizontaal (2 richtingen)</b>	Muur,Raam	0,13	0,04
<b>Verticaal naar boven</b>	Plafond	0,10	0,04
<b>Verticaal naar beneden</b>	Vloer	0,17	0,04

Tabel 1: Warmteovergangsweerstanden [5]

Nadat de u-waarde bepaald zijn, kunnen de warmteoverdrachtscoefficienten van het gebouw bepaald worden. Voor deze berekeningen wordt er gebruik gemaakt van de Europese norm NBN EN 12831 die de vroegere normen NBN B 62-002 en NBN B 62-003 vervangen [7].

### 6.2.2.4 Warmteoverdrachtscoëfficiënten

Om de totale warmteoverdrachtscoëfficiënt  $H_t$  te bepalen moet een sommatie gemaakt worden van de verschillende warmteoverdrachtscoëfficiënten. De coëfficiënten zijn onderverdeeld in vier verschillende soorten zoals onderstaande formule aantoont.

$$H_t = H_d + H_g + H_u + H_a \text{ [W/K]}$$

Met:

- $H_d$ : Warmteoverdrachtscoëfficiënt die een verwarmde ruimte rechtstreeks scheid met de buiten omgeving [W/K]
- $H_g$ : Warmteoverdrachtscoëfficiënt die een verwarmde ruimte rechtstreeks scheid via de grond [W/K]
- $H_u$ : Warmteoverdrachtscoëfficiënt die een verwarmde ruimte scheid met de buiten omgeving via een AOR [W/K]
- $H_a$ : Warmteoverdrachtscoëfficiënt tussen twee verwarmde ruimte en tussen een aangrenzend gebouw [W/K]

Voor meer uitleg over de formules kan “Het modulair handboek centrale verwarming, warmteverlies theoretisch uitwerken” geraadpleegd worden [5].

### 6.2.2.5 Transmissieverliezen

Nu kan het totale transmissieverlies berekend worden. Dat gebeurt aan de hand van volgende formule:

$$\Phi_t = H_t \cdot (\theta_i - \theta_e) \text{ [W]}$$

Met:

- $\Phi_t$ : Het transmissieverlies door het wanddeel [W]
- $H_t$ : Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie [W/K]
- $\theta_i$ : Binnentemperatuur [K]
- $\theta_e$ : Buitentemperatuur [K]

### 6.2.2.6 Ventilatieverliezen

Steeds meer huizen worden luchtdicht afgewerkt daarom moet er een ventilatiesysteem geplaatst worden. Jammer genoeg heeft dit een impact op de warmteverliezen. Afhankelijk van het gekozen systeem kan aan de hand van volgende formule het warmteverlies per vertrek berekend worden.

$$\Phi_v = 0,34 \cdot Q_i \cdot (\theta_i - \theta_e) \text{ [W]}$$

Met:

- $\Phi_v$ : Het totaal warmteverlies door ventilatie [W]
- $Q_i$ : Luchtverversing voor hygiënische redenen [m<sup>3</sup>/h]
- $\theta_i$ : Binnentemperatuur [K]
- $\theta_e$ : Buitentemperatuur [K]

### 6.2.2.7 Toeslag door oriëntatie

De oriëntatie van een vertrek is zeer belangrijk want de ongunstige muren bevatten een extra warmteverlies. Omdat mee te rekenen wordt er gebruik gemaakt van een toeslag factor  $M_o$ .

Oriëntatie	Noord	Oost	Zuid	West
$M_o$	0,05	0,025	0	0,25

Tabel 2: Toeslagfactor door oriëntatie

### 6.2.2.8 Toeslag door wanden

Om de koude wanden te compenseren moet er gebruik gemaakt worden van een toeslagfactor. De factor wordt één keer per vertrek toegepast voor de meest ongunstige gevel en kan berekend worden met:

$$M_{cw} = 0,00185 \cdot I_{cw} \cdot U_{cw} [W]$$

Met:

- $M_{cw}$ : Toeslagfactor door koude wanden
- $I_{cw}$ : Afstand tussen de koude wand en warme wand [m]
- $U_{cw}$ : U-waarde van de koude buitenmuur [W/m<sup>2</sup>K]

### 6.2.2.9 Het totale warmteverlies

Uit het resultaat van voorgaande berekeningen kan het totaal warmteverlies van een vertrek berekend worden met volgende formule:

$$\Phi_{hl} = (\sum \Phi_t + \Phi_v) \cdot (1 + M_o + M_{cw}) [W]$$

Met:

- $\Phi_{hl}$ : Totaal warmteverlies van een vertrek [W]
- $\Phi_t$ : Transmissieverliezen van het vertrek [W]
- $\Phi_v$ : Ventilatieverliezen van het vertrek [W]
- $M_o$ : Toeslag door oriëntatie
- $M_{cw}$ : Toeslag door koude wanden

## 6.2.2.10 De berekening van de woonkamer+keuken

### 6.2.2.10.1 Het berekenen van de u-waarde

Zoals eerder aangehaald is het berekenen van de u-waarde belangrijk. Om deze berekening gemakkelijk te laten verlopen wordt er steeds een tabel opgesteld met de gebouwonderdelen. Zo kan de berekening snel en correct uitgevoerd worden. In volgende punten zijn enkele u-waarde berekend de overige berekeningen zijn in bijlage B terug vinden.

- **U-waarde buitenmuur**

Opbouw	$\lambda$ [W/mK]	Dikte [cm]
Pleisterlaag	0,52	1 cm
Snelbouwsteen	0,49	14 cm
Isolatie platen polyurethaan	0,023	8 cm
Luchtpouw	0,18	5 cm
Gevelsteen	0,85	9 cm

Tabel 3: Opbouw buitenmuur

**Oplossing:**

In dit geval is de warmteovergangscoefficiënt  $H_e$  gelijk aan  $8 \text{ W/m}^2\text{K}$  en  $H_i$  gelijk aan  $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

$$R = (1/8) + (0,01/0,52) + (0,14/0,49) + (0,08/0,023) + (0,09/0,85) + 0,18 + (1/25)$$

$$R = 4,236 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/4,236$$

$$U = 0,236 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- **U-waarde vloer op volle grond**

Opbouw	$\lambda$ [W/mK]	Dikte[m]
Keramische tegels	0,81	2 cm
Gewapende chape	1	8 cm
PUR	0,028	8 cm
Draagvloer gewapend beton	1,7	15 cm
Werkvloer uit licht beton	0,37	5 cm

Tabel 4: Opbouw vloer

**Oplossing:**

In dit geval is de warmteovergangscoefficiënt  $H_e = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$  en  $H_i = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

$$R = (1/6) + (0,02/0,81) + (0,08/1) + (0,08/0,028) + (0,15/1,7) + (0,05/0,37) + (1/25)$$

$$R = 3,39 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/3,39$$

$$U = 0,295 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- **U-waarde Ramen**

De u-waarde van de ramen worden berekend met een percentage van 70% glas en 30% raamprofiel. Voor meer informatie over de formule wordt er doorverwezen naar bron [6].

Opbouw	U-waarde opgezocht uit tabellen [6]
$U_f$ :PVC-raamprofiel	2 W/m <sup>2</sup> K
$U_g$ :Dubbel glas	1,1 W/m <sup>2</sup> K
$\Psi_g$ :Isolerende afstandhouders	0,06 W/m <sup>2</sup> K

Tabel 5: Opbouw ramen

**Formule:**  $U_g < U_f \rightarrow U_{w,T} = 0,7 \cdot U_g + 0,3 \cdot U_f + 3 \cdot \Psi_g$

$\Psi_g$  = Forfaitaire waarde voor aansluiting tussen raamprofiel en beglazing

**Oplossing:**

$$U_{w,T} = 0,7 \cdot U_g + 0,3 \cdot U_f + 3 \cdot \Psi_g$$

$$U_{w,T} = (0,7 \cdot 1,1) + (0,3 \cdot 2) + (3 \cdot 0,06)$$

$$U_{w,T} = 1,55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### 6.2.2.10.2 *Samenvattende tabel met de u-waarde*

Omschrijving	EPB u-waarde	u-waarde
Gemeenschappelijke muur	1	0,47
Buitenmuur	0,4	0,23
Binnenmuur grenzend aan verwarmde ruimten	1	2,12
Vloer grenzend op volle grond	0,3	0,29
Plafond grenzend aan verwarmde ruimte	1	0,30
Platdak	0,24	0,13
Ramen+Raamprofiel	1,8	1,55

Tabel 6: Vergelijking u-waarde

In de bovenstaande tabel zijn bijna alle u-waarde conform aan de waarden van het EPB. De u-waarde die niet conform zijn vormen echter geen probleem omdat de muur zich bevindt in het beschermd volume.

### 6.2.2.10.3 De afmetingen van de woonkamer + keuken.

Omschrijving	Oppervlakte[m <sup>2</sup> ]
Gemeenschappelijke muur	18,09 m <sup>2</sup>
Buitenmuur	42,02 m <sup>2</sup>
Buitenmuur grenzend aan AOR	14,68 m <sup>2</sup>
Binnenmuur grenzend aan verwarmde ruimten	7,10 m <sup>2</sup>
Vloer grenzend op volle grond	39,69 m <sup>2</sup>
Plafond grenzend aan verwarmde ruimte	23,61 m <sup>2</sup>
Platdak	19,4 m <sup>2</sup>
Ramen + glazen deur	11,5 m <sup>2</sup>

Tabel 7: De oppervlakten

### 6.2.2.10.4 De totale warmtedoorgangscoefficiënt.

In onderstaande tabel zijn de gegevens terug te vinden voor het berekenen van de verschillende warmtedoorgangscoefficiënten. In deze berekeningen worden de bouwknopen niet inbegrepen.

H	Omschrijving	Formule	Berekening	Uitkomst
$H_d$	Ramen	$H_d = \sum U \cdot A_r + \sum \psi + \sum \chi$	$H_d = 1,55 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 11,5 \text{ m}^2$	17,825W/K
$H_d$	Buitenmuur	$H_d = \sum U \cdot (A_m - A_r) + \sum \psi + \sum \chi$	$H_d = 0,236 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot (42,02 - 11,5) \text{ m}^2$	10,6672W/K
$H_d$	Plat dak	$H_d = \sum U \cdot A + \sum \psi + \sum \chi$	$H_d = 0,130 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 19,4 \text{ m}^2$	2,522W/K
$H_g$	Grond	$H_g = A \cdot U + \psi$	$H_g = 0,295 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 39,69 \text{ m}^2$	11,7W/K
$H_u$	Garagemuur	$H_u = \sum U \cdot A$	$H_u = 0,236 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 14,68 \text{ m}^2$	3,46W/K
$H_a$	Gemeen. Muur	$H_a = \sum U \cdot A \cdot B_1$	$H_a = 0,474 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 18,09 \text{ m}^2 \cdot 0,173$	1,47W/K
$H_a$	Binnenmuren	$H_a = \sum U \cdot A \cdot B_2$	$H_a = 2,12 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 7,1 \text{ m}^2 \cdot 0,173$	2,59W/K
$H_a$	Plafond	$H_a = \sum U \cdot A \cdot B_3$	$H_a = 0,302 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 23,61 \text{ m}^2 \cdot 0,104$	0,74W/K
$B_1$	Correctiefactor	$B = (\theta_i - \theta_a) / (\theta_i - \theta_e)$	$B = (21^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C}) / (21^\circ\text{C} - (-8^\circ\text{C}))$	0,173
$B_2$	Correctiefactor	$B = (\theta_i - \theta_a) / (\theta_i - \theta_e)$	$B = (21^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C}) / (21^\circ\text{C} - (-8^\circ\text{C}))$	0,173
$B_3$	Correctiefactor	$B = (\theta_i - \theta_a) / (\theta_i - \theta_e)$	$B = (21^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) / (21^\circ\text{C} - (-8^\circ\text{C}))$	0,103

Tabel 8: Tabel met warmtedoorgangscoefficiënten

In bovenstaande tabel wordt er voor de aangrenzende ruimte een correctiefactor gebruikt. De factor is afhankelijk van de temperatuur die vastgelegd is in 6.2.2.2. buiten de temperatuur van de gemeenschappelijke muur. Voor deze ruimte wordt er gebruik gemaakt van de laagste waarde 16°C omdat de nevenstaande woning niet in gebruik kan zijn.

Als resultaat bekomen we een totale warmtedoorgangscoefficiënt van **50,95 W/K**. Deze waarde kan gebruikt worden voor het totaal transmissieverlies van het vertrek te berekenen.

#### 6.2.2.10.5 Transmissieverliezen

Aan de hand van vorige gegevens kan het totaal transmissieverlies berekend worden. De transmissieverliezen zijn afhankelijk van het temperatuursverschil tussen de binnenomgeving en de buitenomgeving in dit geval 21°C en -8°C.

$$\Phi_t = H_t \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\Phi_t = 50,95 \cdot (21 - (-8))$$

$$\Phi_t = 1477 \text{ W}$$

#### 6.2.2.10.6 Ventilatieverliezen

Zoals reeds eerder aangehaald zijn de verliezen door ventilatie groot. In dit geval zijn de warmteverliezen van ventilatie afhankelijk van de toegevoerde buitenlucht. Om het debiet te berekenen wordt er gebruik gemaakt van de algemene regel uit de norm NBN D 50-001.

$$Q_i = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \cdot 39,7 \text{ m}^2 = 142,92 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$\Phi_v = 0,34 \cdot 142,92 \cdot (21 - (-8))$$

$$\Phi_v = 1409 \text{ W}$$

#### 6.2.2.10.7 Toeslag door oriëntatie

Omdat de voorgevel gericht is naar het noorden zal de achtergevel van het vertrek gericht zijn naar het zuiden en de zijgevel gericht naar het oosten. Dit heeft als resultaat dat de toeslag aan de zijgevel gelijk is aan **0.025** en aan de achtergevel gelijk is aan 0.

#### 6.2.2.10.8 Toeslag door wanden

Doordat de wanden een lage u-waarde ( $u < 1 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ) hebben is de toeslag door koude wanden **niet van toepassing**.

#### 6.2.2.10.9 Het totale warmteverlies van het vertrek

Uit voorgaande gegevens kan het totaal warmteverlies van een vertrek berekend worden door de volgende formule in te vullen:

$$\Phi_{hl} = (\sum \Phi_t + \Phi_v) \cdot (1 + M_0 + M_{cw})$$

$$\Phi_{hl} = (1477 + 1409) \cdot (1 + 0,025 + 0)$$

$$\Phi_{hl} = 2959 \text{ W}$$





## 6.2.4 Vergelijking resultaten

Als de handmatige berekening van de woonkamer en keuken vergeleken wordt met de berekening van het Excel rekenblad dan kan er vastgesteld worden dat het Excel rekenblad een kleine afwijking heeft van 0,4%. Deze afwijking is te wijten aan de nauwkeurigheid.

$$Afwijking = \frac{2970,74 - 2958,71}{2958,71}$$

$$Afwijking = 0.4 \%$$

Naast de afwijking maakt het rekenblad een fout tijdens het berekenen van de ventilatieverliezen. Om dit op te lossen kunnen de verliezen correct berekend worden via de formule in de titel "6.2.2.6 De ventilatie verliezen". De berekeningen zijn terug te vinden in bijlage B.

De uitkomst van deze berekening kan opgeteld worden bij het correct berekende transmissieverlies zodat het Centratec Excel document toch verder gebruikt kan worden. Maar voordat deze waarde opgeteld kan worden bij de resultaten van 6.2.3.2 dient het bestaande ventilatieverlies verwijderd te worden. Dat levert het volgende resultaat.

- Lot 5 en Lot 8 = Transmissieverliezen + Ventilatieverliezen  
= 5819 + 3173  
= **8992 W**
- Lot 6 en Lot 7 = Transmissieverliezen + Ventilatieverliezen  
= 5234 + 3173  
= **8406 W**

## 6.3 Het dimensioneren van een C+ ventilatiesysteem

### 6.3.1 De wetgeving

Het staatsblad “EPB-eisen bij nieuwbouw” van 17 juni 2005 dat van kracht ging op 1 januari 2006 verplicht ons om in nieuwbouwwoningen en in grote renovatieprojecten een ventilatiesysteem te integreren. Het installeren moet gebeuren volgens de norm NBN D50-001 [8].

De wet schrijft vier verschillende ventilatiesystemen voor zodat in de hedendaagse woning een goede binnenluchtqualiteit verzekerd kan worden. De vier systemen zijn:

- A-systeem = volledig natuurlijke ventilatie
- B-systeem = mechanische toevoer en natuurlijke afvoer
- C-systeem = natuurlijke toevoer en mechanische afvoer
- D-systeem = mechanische toevoer en mechanische afvoer

Het meest gebruikte systeem is nog steeds het C-systeem hoewel het D-systeem stilaan terrein wint. In het project wordt een C-systeem gebruikt meer bepaald de Healthbox II van het merk Renson omdat de architect dit vermeld in het lastenboek.

### 6.3.2 De debieten

Het bepalen van de debieten voor een residentiële woningen is vastgelegd in de norm NBN D50-001. Deze norm schrijft voor gebruik te maken van de algemene regel dat een debiet eist van  $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$  per  $\text{m}^2$  oppervlak. De regel kan voor sommige ruimten het debiet ook begrenzen indien de algemene regel te laag of te hoog ligt. Deze grenzen zijn vastgelegd in onderstaande tabellen [9].

Ruimte	Algemene regel	Ondergrens	Bovengrens	Vrije toevoer
<b>Woonkamer</b>	$3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$75 \text{ m}^3/\text{h}$	$150 \text{ m}^3/\text{h}$	2 x nominaal
<b>Slaapkamer, studeerkamer, speelkamer</b>	$3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$25 \text{ m}^3/\text{h}$	$72 \text{ m}^3/\text{h}$	2 x nominaal

Tabel 9: Toevoer debieten

Ruimte	Algemene regel	Ondergrens	Bovengrens
<b>Keuken, was-, droogplaats, analoge</b>	$3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$50 \text{ m}^3/\text{h}$	$75 \text{ m}^3/\text{h}$
<b>Open keuken</b>	$3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$75 \text{ m}^3/\text{h}$	$75 \text{ m}^3/\text{h}$
<b>Toilet</b>	$3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$25 \text{ m}^3/\text{h}$	$75 \text{ m}^3/\text{h}$

Tabel 10: Afvoer debieten

Ruimte	Debiet	Min. Spleet onder de deur
<b>Woonkamer</b>	$25 \text{ m}^2/\text{h}$	$70 \text{ m}^2$
<b>Slaapkamer, studeerkamer, speelkamer</b>	$25 \text{ m}^2/\text{h}$	$70 \text{ m}^2$
<b>Badkamer, wasplaats, droogplaats</b>	$25 \text{ m}^2/\text{h}$	$70 \text{ m}^2$
<b>Keuken</b>	$50 \text{ m}^2/\text{h}$	$140 \text{ m}^2$
<b>WC</b>	$25 \text{ m}^2/\text{h}$	$70 \text{ m}^2$

Tabel 11: Doorstroom debiet [9]

Om het debiet te berekenen kan er ook gebruik gemaakt worden van een Excel rekenblad dat door de oppervlakte in te vullen het correcte debiet kan bepalen. Een voorbeeld hiervan is het Excel rekenblad van Centrateg dat ook het debiet van het ventilatiesysteem kan berekenen.

In het project wordt er toch gebruik gemaakt van het Excel document verkregen in het school omdat de correctheid hiervan gekend is.

Ruimte	Lengte (m)	Breedte (m)	Vloeroppervlak (m <sup>2</sup> )	Type ruimte (of gelijkaardig)	t gebalanceerd (m <sup>3</sup> /h)		
Woonkamer + Keuken			18,78	Open keuken	-75	Totaal toevoerdebiet	0 m <sup>3</sup> /h
WC	1,7	0,9	1,53	WC	-25	Totaal afvoerdebiet	250 m <sup>3</sup> /h
Badkamer verdieping	2,71	2,53	6,856	Badkamer	-50		
Badkamer zolderverdieping	2,58	1,6	4,128	Badkamer	-50		
Opslagkamer	1,41	1,91	2,693	Wasplaats	-50		
			0				

Figuur 9: Berekeningsblad residentiële woning [10]

De vier loten hebben bijna dezelfde oppervlakte met als resultaat dat maar één berekening nodig is om het debiet te bepalen. Deze berekening is gelijk aan bovenstaande figuur. Hierin kan je zien dat de open keuken een afvoerdebiet heeft van 75 m<sup>3</sup>/h, de wc 25 m<sup>3</sup>/h, de opslagkamer 50 m<sup>3</sup>/h en de twee badkamers 50 m<sup>3</sup>/h dat geeft een totaal van 250 m<sup>3</sup>/h.

### 6.3.3 Wat is de invloed van een C+stelsel op de warmteverliezen?

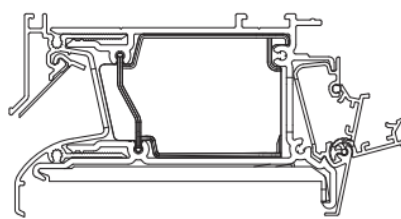
Toegevoerde buitenlucht veroorzaakt zoals eerder berekend een warmteverlies in de woning. Het warmteverlies kan enorm oplopen als de buitentemperatuur laag is. Het is dus logisch dat een C-systeem meer warmte zal verliezen dan een D-systeem met warmteterugwinning want een C-systeem kan geen lucht hergebruiken omdat verse lucht toegevoerd wordt via de raamroosters.

Het berekende warmteverlies door ventilatie moet dus ingerekend worden in het totale warmteverlies zodat het correcte verwarmingsstelsel gekozen kan worden. De berekeningen voor dit project is terug te vinden in bijlage B.

### 6.3.4 De onderdelen van de installatie

#### 6.3.4.1 Raamroosters

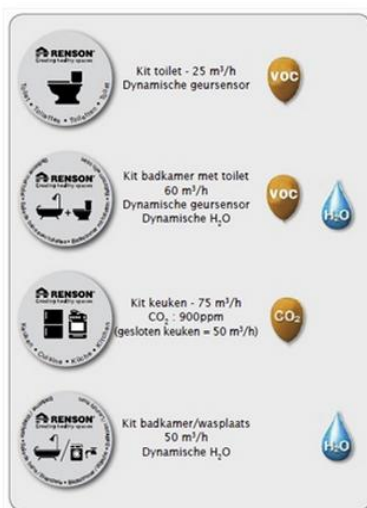
De toevoerroosters van het C+stelsel zijn raamroosters deze worden voornamelijk bepaald door de architect en worden dus niet inbegrepen in de offerte van Centrateg. De meest gebruikte rooster door de architect is de Renson Invisivent EVO die bovenop het raamprofiel gemonteerd wordt zodanig dat hij onzichtbaar is van buiten. De Invisivent levert bij 10 pa ongeveer 53 m<sup>3</sup>/h/m en kan tot 40 decibel dempen in gesloten toestand [11].



Figuur 10: Raamrooster invisivent [11]

### 6.3.4.2 De ventilatie-unit

De vier woningen worden geventileerd met een ventilatie-unit van Renson meer bepaald de healthbox II. De healthbox II is een C+ventilatiesysteem dat 6 afzonderlijke vochtige ruimte kan ventileren op een energiezuinige manier. Het voordeel van de healthbox II is de vraaggestuurde mechanische afvoer en de besparing van maximaal 24 E-peil punten voor een woning.



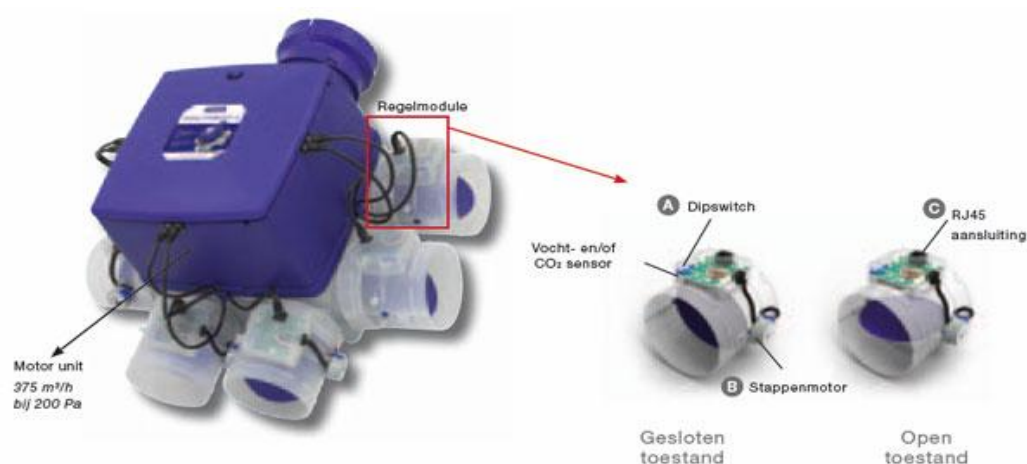
Figuur 11: Regelmodules [11]

De healthbox II bestaat voornamelijk uit een krachtige motor, een processor en enkele regelmodules. De regelmodules<sup>2</sup> kunnen de vochtigheid, de CO<sub>2</sub> en andere vervuilers meten. De gegevens van de regelmodule worden doorgestuurd naar de centrale processor die het afvoerdebiet per ruimte regelt met een stappenmotor gemonteerd op de regelmodule. Zo kan de motor op een lager toerental draaien waardoor warmte en elektriciteit bespaard wordt.

Voor dit project wordt er gebruik gemaakt van de standaard regelmodule. Deze zijn gekenmerkt door een sticker die aangeeft in welke ruimte de regelmodule toepasbaar is. In het project wordt er een regelmodule voor het toilet, badkamer met toilet, keuken en badkamer/wasplaats gebruikt. De speciale regelmodules voor de slaapkamers worden niet toegepast.

Naast deze regelmodules beschikt de healthbox II ook over een bediening. Dat kan met een touchdisplay of een vierstandenschakelaar. Om de kosten te drukken wordt er gebruik gemaakt van een vierstandenschakelaar die door enkele simpele LED's feedback geven over de status van de ventilatorunit.

Het voordeel van deze unit voor de installateur is de automatische inregeling die gebeurt in ± 7 minuten hierdoor moet de installateur geen moeilijke inregeling met dure meetapparatuur uitvoeren [11].



Figuur 12: Ventilatie-unit C+ EVO II [11]

<sup>2</sup>Regelmodule : Een sensor die CO<sub>2</sub>, vocht of andere vervuilers meet en indien nodig zijn klepstand aanpast met een stappenmotor

### 6.3.4.3 Het kanalsysteem

Omdat de kanalen niet zichtbaar mogen zijn, moeten deze ingewerkt worden in de vloer. Dat moet gebeuren zonder de stabiliteit van de vloer of de dikte van het kanaal te beïnvloeden. Daarom wordt er gebruik gemaakt van twee systemen van het merk Ventiline meer bepaald Ventichape en Ventiflex.

De Ventichape kanalen zijn gelakte stalen kanalen die in twee maten bestaan, voor de pastorie wordt er gebruik gemaakt van de maat 200 x 60 mm omdat deze makkelijk in te werken zijn in de chape. Op andere plaatsen maken we gebruik van Ventiflex kanalen omdat deze flexibele PE<sup>3</sup> kanalen veel wendbaarder zijn. Toch heeft het gebruik van Ventiflex een paar nadelen, zo moet de kanaallengte beperkt worden tot maximaal 6 m door de drukval en mag het debiet maximaal tussen de 15-18m<sup>3</sup>/h per leiding bedragen. Om toch meer als 6 m te kunnen overbruggen kan een extra leiding gelegd worden zodat de drukval gecompenseerd wordt.

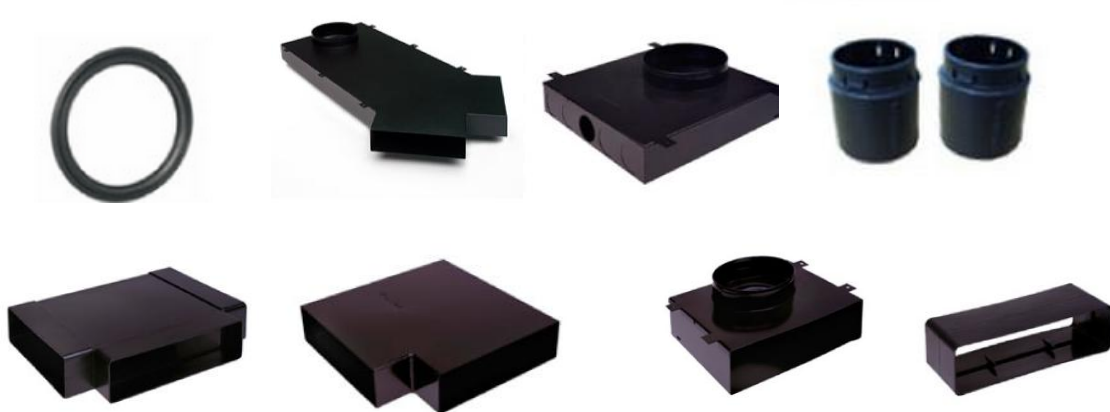


Figuur 13: Ventiflex 50 mm



Figuur 14: Ventichape 200 x 60 mm

Om deze kanalen te verbinden zijn er verschillende verbindingcomponenten zoals je kan zien in onderstaande figuur. Bij de verbindingen moet Centratic de installateur steeds aanraden om gebruik te maken van o-ringen die zorgen voor een goede luchtdichting.



Figuur 15: Verbindingsstukken [12]

Om de verschillende verdiepen te verbinden wordt er gebruik gemaakt van spiraalkokers, want deze kunnen rechtstreeks op de subcollectoren aangesloten worden. De verbinding tussen de subcollector en de spiraalkoker wordt steeds afgeplakt met een speciale Butyl krimp tape. Zodat de aansluitingen van het kanaal luchtdicht afgesloten worden [12].

<sup>3</sup>Polyetheen (antistatisch)



Figuur 16: Voorbeeld installaties [13]

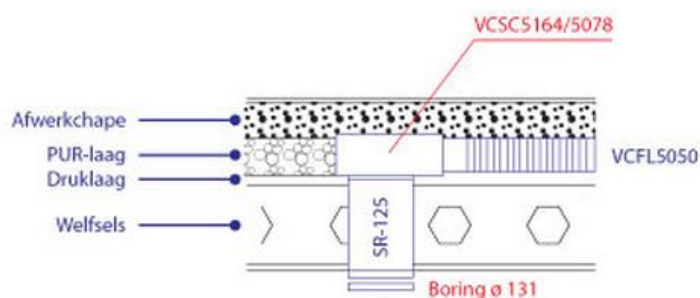
Om de Ventiflex kanalen te bevestigen wordt er gebruik gemaakt van een spanband met gaatjes. De spanband wordt bevestigd met nagels die rechtstreeks via een plunjerschiethamer in de ondervloer geschoten kan worden. Tijdens de bevestiging moet er echter wel opgelet worden dat de Ventiflex kanalen niet te hard wordt aangespannen zodat de kanalen niet ingedrukt worden.



Figuur 17: Plunjerschiethamer + Geperforeerde spanband [14]

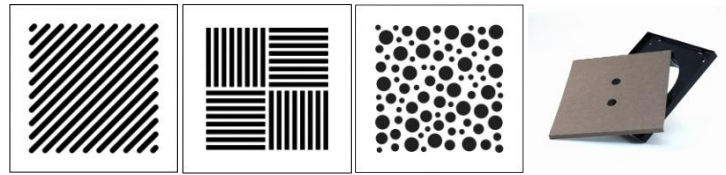
#### 6.3.4.4 Het afvoerventiel

Voordat een rooster op een subcollector aangesloten kan worden moet een boring afhankelijk van de grote van het ventiel geboord worden. Nadien kan de subcollector met een spiraalkoker verbonden worden doorheen de bouwlaag.



Figuur 18: Doorsnede installatie rooster [12]

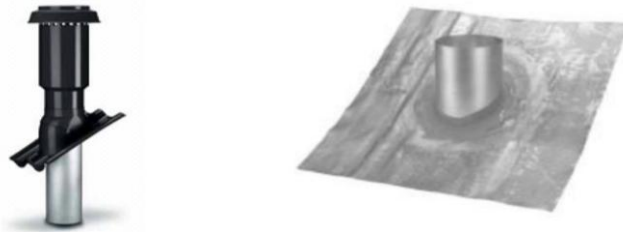
Hierop kan het afvoerventiel geïnstalleerd worden. In dit geval wordt er gekozen voor het standaard afvoerventiel dat mee geleverd is in de C+EVOII Kit. Er moet dus enkel nog rekening gehouden worden met de diameter van de afdekplaatjes en de extra ventielen.



Figuur 19: Afdekplaatjes Puro [11]

### 6.3.4.5 De Dakdoorvoer

Omdat de unit geïnstalleerd wordt op de zolderverdieping dient de afblaaslucht verwijderd te worden via het dak. De dakdoorvoer die hiervoor zal dienen is voorzien van een loodslap zodat de doorvoer waterdicht afgesloten wordt van de buitenomgeving.



Figuur 20: Dakdoorvoer met bijhorende loodslap [12]

De aansluiting van het toestel naar de dakdoorvoer zal met geïsoleerde flexibele kanalen gebeuren zodat condensvorming op de kanalen vermeden wordt. De flexibele kanalen worden steeds per rol van 10 meter geleverd zodanig dat ze op gepaste lengte afgesneden kunnen worden.

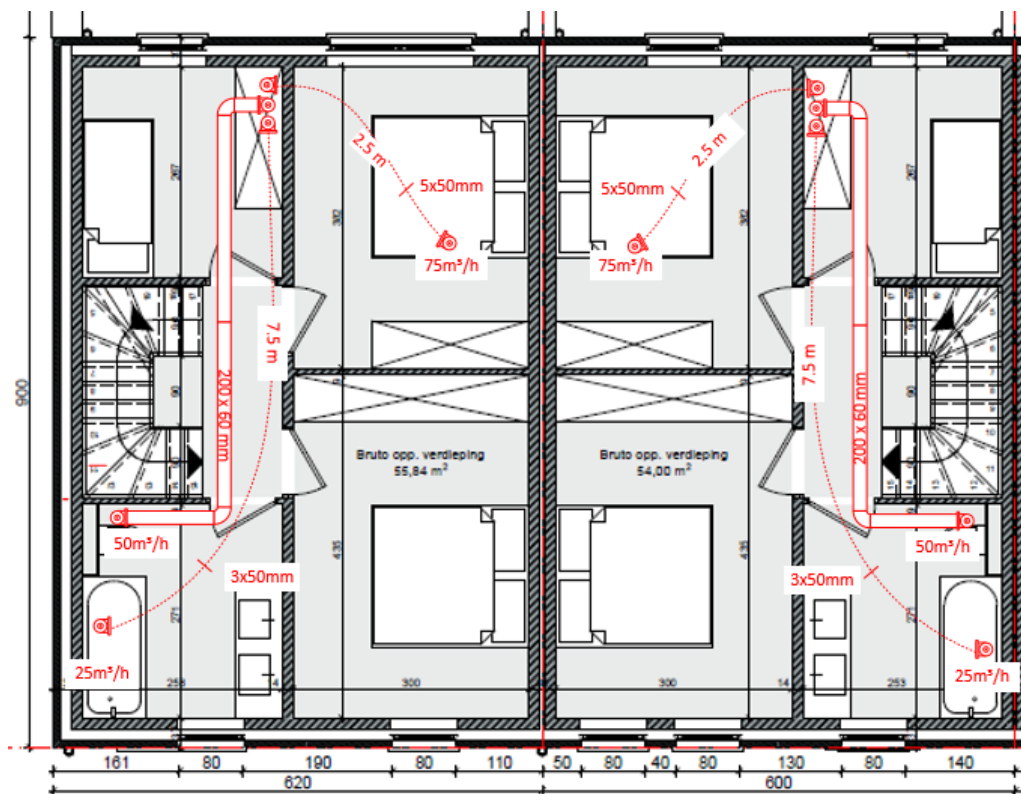
### 6.3.4.6 Geluidsdempers

Geluid kan hinderlijk zijn voor de bewoners waardoor het ventilatiesysteem vaak wordt uitgezet. Omdat te voorkomen dient tijdens de ontwerpfase steeds rekening gehouden te worden met het installeren van geluidsdempers. Geluidsdempers zijn er in verschillende uitvoeringen omdat ze verschillende toonhoogte kunnen dempen. In de pastorie wordt er gebruik gemaakt van de flexibele dempers omdat de kostprijs laag is en de installatie gemakkelijk is. Toch dient tijdens de installatie er op toegekeken te worden dat de dempers zo verticaal mogelijk aangespannen worden, liefst tussen twee beugels [15].

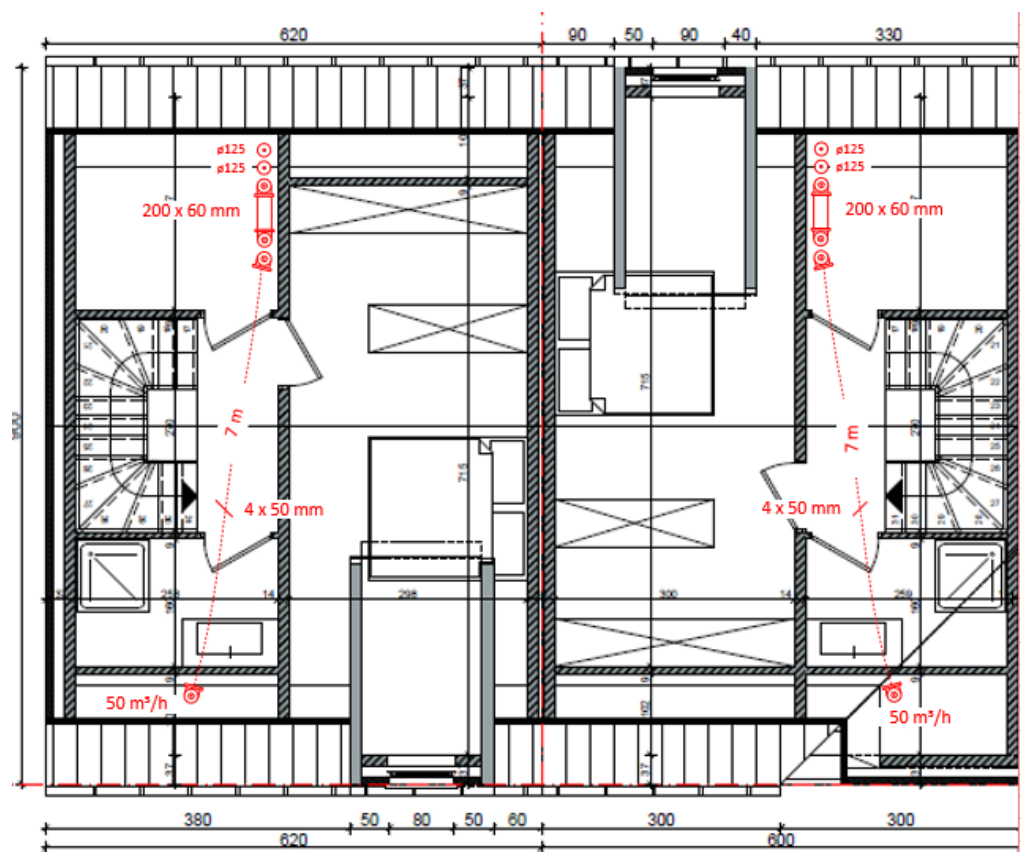


Figuur 21: Flexibel Isodec diameter 125mm [12]

### 6.3.5 Het legplan

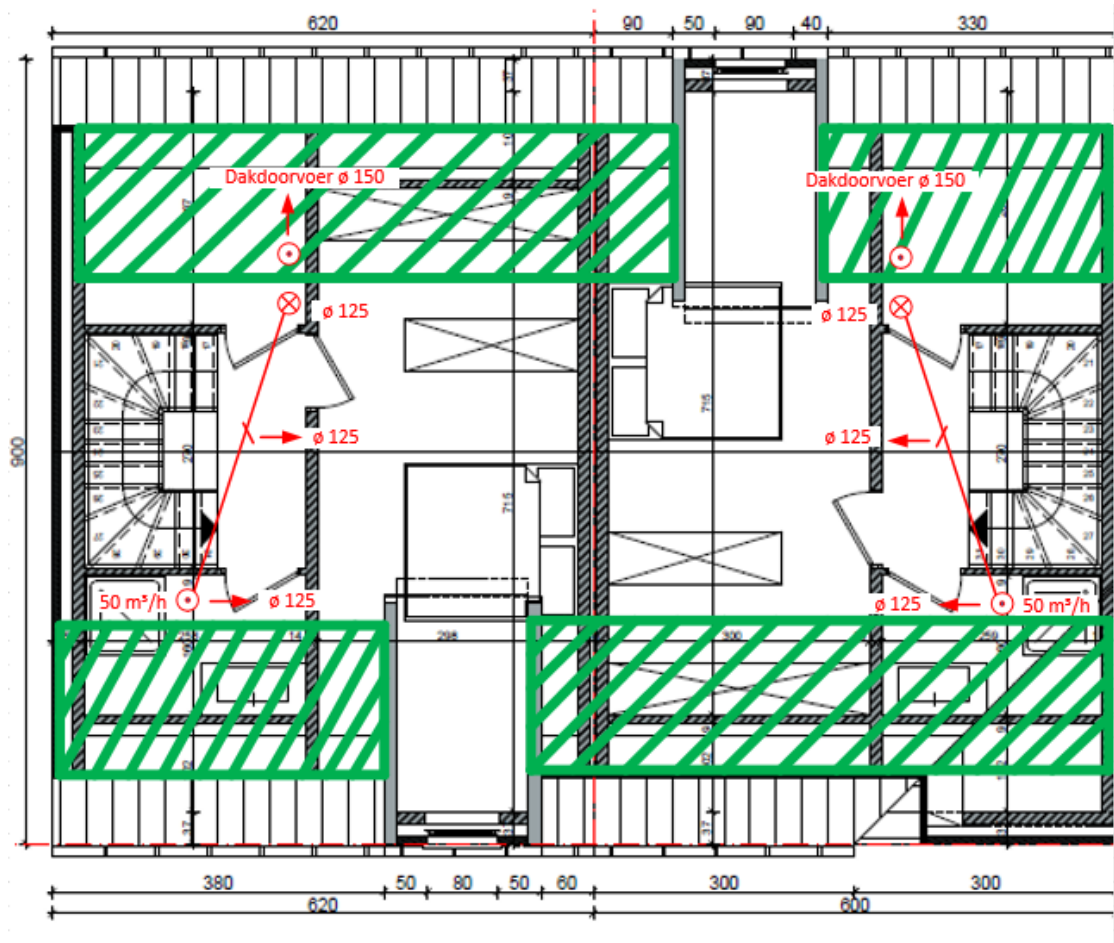


Figuur 22: Ventilatie gelijkvloers



Figuur 23: Ventilatie verdieping





Figuur 24: Ventilatie zolderverdieping

## 6.3.6 De kostprijs per woning


**OFFERTE**  
**Nr. 38446/1**

Klantnummer 13398  
 Ond.nummer BTW - (BE) - 0895.766.393  
 Uw referentie Pastorie (Eindwerk)  
 Verkoper Niels Vanlommel  
 Filiaal Centratec Leuven

**THERMO - QUALITY**  
**GANSTERENSTRAAT 41**  
**BE 3730 HOESELT**

Tel 0495/54.27.12

HEVERLEE, 3/06/2014

Meneer, Mevrouw,

Gelieve hieronder vrijblijvend opgave te vinden volgens onze algemene verkoopvoorwaarden voor de artikelen die door U werden geselecteerd:

Artikel	Omschrijving	Aantal	Bruto prijs	Totaal	BTW
	Kostprijs per woning				
966031900	KIT HEALTHBOX SYS.C+ EVO II 66031900 .	1 PCE	1.323,9300	1.324,34	21
	RECUPEL	1	0,4100	0,41	21
966031901	KIT WASPLAATS SYS.C+ EVO II 66031901 .	2 PCE	112,7600	225,52	21
966031627	ROOSTERBASIS D.125MM .	4 PCE	16,3700	65,48	21
966031631	XD75 PURO AFDEKPLAAT ROOSTER 66031631 .	4 PCE	17,1400	68,56	21
966031630	XD25-50 PURO AFDEKPL. ROOSTER 66031630 .	1 PCE	10,8200	10,82	21
2904000373	VENTIKLIMA BM LOODSLAB STUTS 203MM43-47* .	1 PCE	104,9300	104,93	21
2904000131	VENTIKLIMA DAKDRV.ORCON 180X150 V1712 .	1 PCE	65,1400	65,14	21
2904000351	VENTIKLIMA BEUGEL DAKDOORVOER 150-180MM .	1 PCE	4,8700	4,87	21
966014106	ISODEC DIA 152 ROL 10M 66014106 .	1 PCE	66,8300	66,83	21
966014101	ISODEC DIA 127 ROL 10M 66014101 .	1 PCE	57,4800	57,48	21
966014111	KLEMBANDEN 060-165 66014111 .	7 PCE	1,7300	12,11	21
2904000052	SPIRAALKOKER 125MM .	5,00 TUB	11,7600	58,80	21
2904000060	BOCHT 125MM 90GR .	2 PCE	10,4800	20,96	21
2904000069	OPHANGBEUG.125MM .	20 PCE	2,9600	59,20	21
2904000222	VENTICHAPE BIJKOLLEKTOR 125MM 200X60MM .	4 PCE	55,9400	223,76	21
2904000032	VENTICHAPE VENTIL.KAN. 200X60 VCKO5032 .	3 PCE	70,1400	210,42	21
2904000154	VENTICHAPE HORIZ. BOCHT 90* 200X60MM .	2 PCE	12,9500	25,90	21
2904000266	VENTICHAPE SUBKOLLEKTOR 125MM 5X50MM .	4 PCE	70,0000	280,00	21
2904000283	VENTICHAPE SUBKOLLEKTOR 3x50MM ->80MM .	1 PCE	55,6100	55,61	21
2904000028	VENTICHAPE SUBKOLLEKTOR 125MM .	1 PCE	55,6100	55,61	21
2904000030	VENTICHAPE KOPPEL.50MM PUSH-IN VCP15050 .	24 PCE	1,2700	30,48	21
2904000193	VENTICHAPE O-RING NBR	24 PCE	1,1700	28,08	21
2904000029	VENTICHAPE FLEXIB.LEIDING 50MM R-50M .	100,00 M	2,0300	203,00	21
2904000236	VENTIKLIMA SPANBAND ROL VAN 10M .	1 PCE	18,7400	18,74	21
2904000271	VENTICHAPE VERBIND.MOF 200X60MM VCMF5206 .	5 PCE	9,2800	46,40	21
936090400	ROL PVC 50MM GRUS .	1 PCE	4,6300	4,63	21

Vermelde prijzen zijn exclusief BTW.

Totaal (EUR)	3.327,67
Kosten (EUR)	0,00

## 6.4 Het opstellen van een stappenplan

### 6.4.1 Uitleg warmtepomp

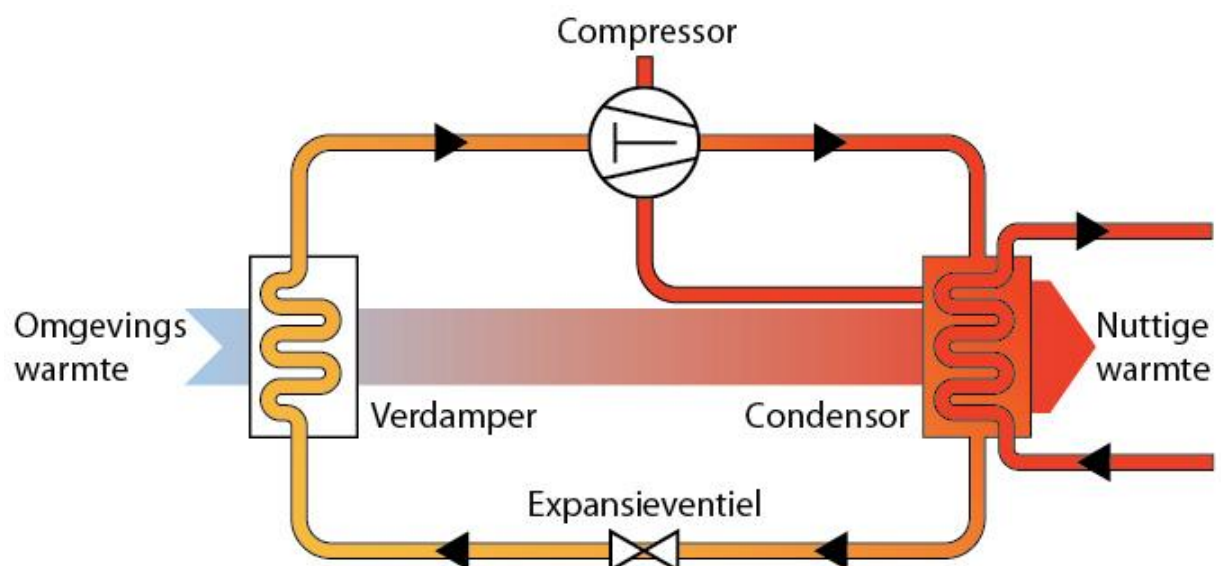
Een warmtepomp selecteren kan enkel indien je de basis parameters begrijpt. Daarom wordt het principe van de warmtepomp kort herhaalt. Indien er meer informatie nodig is, kan het handboek “Warmteproductie [16]” de principes diepgaand uitleggen.

#### 6.4.1.1 De warmtepompcyclus

De warmtepomp is afkomstig van de koeltechniek kijk maar naar de hedendaagse koelkast die warmte gaat onttrekken uit een gesloten omgeving. De basiscyclus van de warmtepomp is gebaseerd op het onttrekken van warmte uit een bron zodanig dat deze warmte nuttige gebruikt kan worden in een ruimte of installatie. Om de nuttige warmte te leveren bestaat de warmtepompcyclus uit vier componenten die vervolgens vier stappen veroorzaken.

1. **De compressor** zuigt het koelmiddel aan en drukt het samen tot een hoge druk waardoor de temperatuur toeneemt.
2. **De condensor** laat het samengedrukt gas condenseren waardoor het zijn warmte afgeeft aan het afgiftesysteem.
3. **Het expansieventiel** verlaagt de druk van het koelmiddel waardoor het weer kan verdampen in de verdamer.
4. **De verdamer** zorgt ervoor dat het koelmiddel tijdens het verdampen energie opneemt uit de warmtebron.

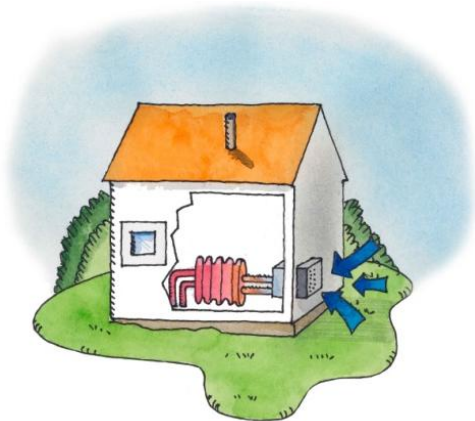
Onderstaande figuur illustreert deze vier stappen samen met de componenten. Hierin kan je zien dat het circuit relatief gemakkelijk is. In de praktijk zal dit echter meer componenten bevatten afhankelijk van het type warmtepomp. Voor meer informatie kan de koeltechniek en de technische documentatie altijd een antwoordt bieden [16].



Figuur 25: Warmtepompcircuit in detail [17]

### 6.4.1.2 De verschillende types van warmtepompen

Warmtepompen bestaan in verschillende types en constructies, afhankelijk van de bron kunnen er vier verschillende types onderscheiden worden. Het eerste type is de lucht/water warmtepomp deze warmtepomp maakt gebruik van de buitenlucht als warmtebron. Het tweede type is de horizontale bodem/water warmtepomp die door middel van een horizontaal leidingnet op een diepte van 1,5 m energie uit de bodem gaat absorberen.



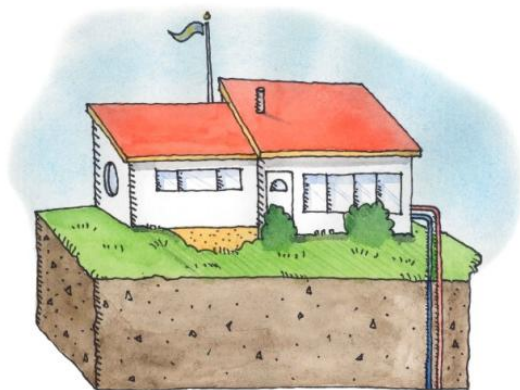
Figuur 27: Lucht/water warmtepomp



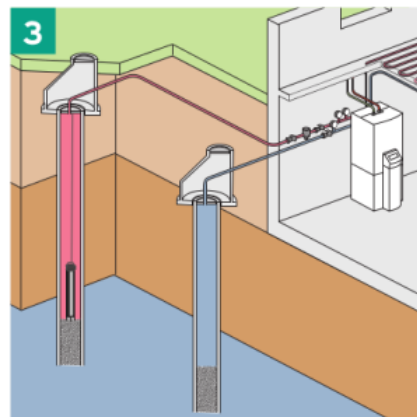
Figuur 26: Bodem/water warmtepomp horizontaal

Het derde type is identiek aan het tweede type alleen is het leidingnet niet horizontaal maar een verticaal tot op een diepte van  $\pm 100$  m.

En als laatste type is er de water/water warmtepomp die het grondwater gebruikt als warmtebron. Dat zal gebeuren door gebruik te maken van twee diepteboringen waarvan één boring dient voor water te onttrekken en de andere boring dient om water terug te pompen in de bron.



Figuur 28: Bodem/water warmtepomp verticaal [18]



Figuur 29: Water/water warmtepomp [19]

De keuze van de warmtepomp is dus afhankelijk van de beschikbaarheid en de kostprijs van de bron. Daarom dient er per project een goede afweging gemaakt te worden van de voordelen en nadelen zodat de optimale warmtebron gekozen kan worden [18].

### 6.4.1.3 Wat is COP, SPF en PER?

Om de verschillende warmtepompen met elkaar te vergelijken zijn er enkele termen die je beter moet begrijpen zoals COP, SPF en PER. De COP of beter gezegd de **Coëfficiënt Of Performance** duidt de winstfactor van een warmtepomp aan. De winstfactor wordt berekend door de nuttige energie  $Q_2$  van de warmtepomp te delen door de opgenomen elektrische energie  $P$  van de compressor.

$$COP = \frac{Q_2}{P}$$

De COP is niet alleen belangrijk bij de vergelijking van een warmtepomp. De prestatie van het systeem over het hele seizoen of de **Seasonal Performance Factor** is ook belangrijk. De SPF brengt dus het energieverbruik van de warmtepomp en de randapparatuur in kaart zodat verschillende warmtepompen over het gehele stookseizoen vergeleken kunnen worden. De SPF kan met onderstaande formule berekend worden.

$$SPF = \frac{Q_2}{P + P_{hulp}}$$

En tenslotte als we bijvoorbeeld een gasketel willen vergelijken met een warmtepomp dan moet het totaal primaire energie verbruik berekend worden. Dit kan gebeuren door de **Primary Energy Ratio** te bepalen aan de hand van volgende formule [20].

$$PER = \frac{Q_2}{(P + P_{hulp})_{prim}}$$

## 6.4.2 Het stappenplan

Als Centratec een warmtepomp gaat selecteren, zijn er veel elementen waarmee zij rekening moeten houden. Om dit te vergemakkelijken zijn volgende basisstappen opgesteld.

**stap 1:** Het vermogen bepalen

**Stap 2:** Welke bron is er beschikbaar voor de klant?

**Stap 3:** Is er lage temperatuursverwarming?

**Stap 4:** Is er een ander verwarmingstoestel?

**Stap 5:** Hoe bepaal ik het boilervat en buffervat?

**Stap 6:** Welke regeling neem ik?

**Stap 7:** Bij welke warmtepomp heeft Centratec het meeste winst?

### 6.4.2.1 Stap1: Het vermogen bepalen

Om het vermogen van een warmtepomp te bepalen moet de totale verwarmingsbehoefte berekend worden. Daarvoor zijn de volgende drie vermogens belangrijk.

Vermogen warmtepomp = vermogen voor warmteproductie + vermogen voor SWW<sup>4</sup> + vermogen voor speciaal gebruik.

#### 6.4.2.1.1 Vermogen voor warmteproductie

Het vermogen voor warmteproductie moet berekend worden met een uitgebreide warmteverliesberekening zoals eerder aangetoond. In een renovatie woning is deze berekening niet altijd vanzelfsprekend want er zijn meestal geen bouwplannen of EPB-verslagen. In dat geval kan er geopteerd worden om het vermogen te baseren op het verbruik van voorgaande jaren. Stel dat er bijvoorbeeld een verbruik is van 2500 m<sup>3</sup> aardgas per jaar dan moet dit gedeeld worden door de energiefactor van de brandstof zoals onderstaand voorbeeld illustreert.

#### Voorbeeld

$$\begin{aligned} \text{Warmteproductie} &= \frac{2500 \text{ m}^3}{230 \text{ l/KW}} \\ &= 10.86 \text{ KW} \end{aligned}$$

Opgelet soms is het vermogen voor warm tapwater ook inbegrepen in de formule. In dat geval kan er 15% van de waarden worden afgetrokken. Deze methode is echter niet aangeraden door de onzorgvuldigheid, want na renovatiewerken kan het nieuwe verbruik moeilijk ingeschat worden.

Een andere methode is aan de hand van het k-peil van de woning. Door het k-peil van de woning te vermenigvuldigen met de totale oppervlakte van de woning kan het totaal vermogen voor verwarmingsbehoefte bepaald worden zoals in onderstaand voorbeeld. Opgelet hier is echter geen rekening gehouden met het warmteverlies door ventilatie.

---

<sup>4</sup> SWW: Sanitair warm water

K-waarde van een gebouw	Specifiek warmtevermogens behoefte [W/m <sup>2</sup> ]
Nieuwbouw appartementen	40 – 60 W/m <sup>2</sup>
Nieuwbouw woning	50 – 60 W/m <sup>2</sup>
Woning vanaf 1980	70 – 90 W/m <sup>2</sup>
Bestaande woning	120 W/m <sup>2</sup>

Tabel 12: K-waarde woningen [20]

**Voorbeeld:**

$$\text{Warmteproductie} = 117 \text{ m}^2 \cdot 45 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Warmteproductie} = 5265 \text{ W}$$

**6.4.2.1.2 Vermogen voor sanitair warm water**

Het vermogen voor sanitair warm water verbruik is sterk afhankelijk van de bewoner. Om aan het huidige comfort te beantwoorden moet er 100 l bij een temperatuur van 55°C ingezet worden. Dat komt overeen met 210 W per persoon. Omdat het vermogen niet genoeg is tijdens de piekmomenten wordt er gerekend met 250 W zodat de warmtepomp over voldoende vermogen beschikt. Stel dat de installatie voor vier personen is. Dan moet er een extra vermogen van 1 KW ingerekend worden.

**6.4.2.1.3 Vermogensbehoefte voor speciaal gebruik**

Onder het vermogen voor speciaal gebruik verstaan we voornamelijk het opwarmen van zwembaden. Het extra vermogen voor zwembaden wordt enkel ingerekend indien het zwembad heel het jaar door verwarmd wordt. De berekening hiervoor is afhankelijk van het soort zwembad. Als het een binnenzwembad is, dan zal de watertemperatuur en de ruimtetemperatuur een bepalende factor zijn. In tegenstelling tot het binnenzwembad zal het buitenzwembad afhankelijk van het klimaat, de wind, de basis temperatuur en de afdekking van het wateroppervlak zoals onderstaande tabellen weergeven.

Ruimte temperatuur	Watertemperatuur		
	20°C	24°C	28°C
23°C	90W/m <sup>2</sup>	165W/m <sup>2</sup>	265W/m <sup>2</sup>
25°C	65W/m <sup>2</sup>	140W/m <sup>2</sup>	240W/m <sup>2</sup>
28°C	20W/m <sup>2</sup>	100W/m <sup>2</sup>	195W/m <sup>2</sup>

Tabel 13: Binnenzwembad

Afdekking	20°C	24°C	28°C
Met afdekking	100W/m <sup>2</sup>	150W/m <sup>2</sup>	200W/m <sup>2</sup>
Zonder afdekking (beschermd ligging)	200W/m <sup>2</sup>	400W/m <sup>2</sup>	600W/m <sup>2</sup>
Zonder afdekking (Gedeeltelijk beschermd ligging)	300W/m <sup>2</sup>	500W/m <sup>2</sup>	700W/m <sup>2</sup>
Zonder afdekking Onbeschermd (Harde wind)	450W/m <sup>2</sup>	800W/m <sup>2</sup>	1000W/m <sup>2</sup>

Tabel 14: Vermogens buitenzwembad [20]

### 6.4.2.2 Stap2: Welke bron is beschikbaar voor de klant?

Zoals eerder aangehaald is het noodzakelijk om een goede bron te kiezen. Daarom moet er over enkele stappen nagedacht worden.

- Welk bron is financieel haalbaar voor de klant?
- Is er voldoende grondoppervlak?
- Is er plaats voor grote boorinstallaties?
- Levert de bron voldoende energie?
- Zijn er factoren die de bron kunnen beïnvloeden?
- Moet er een milieu vergunning verkregen worden?
- Kan het geluid hinderlijk zijn?

Uit deze vragen kan uiteindelijk afgeleid worden dat de bodem meestal een goede oplossing blijkt te zijn indien er plaats is. Kostprijs en plaats gebonden biedt de buitenlucht ook veel mogelijkheden ondanks het minder gunstig rendement.

### 6.4.2.3 Stap3: Is er een lage temperatuurverwarming?

Een warmtepomp behaalt de hoogste COP wanneer het verschil tussen de brontemperatuur en het warmteafgiftesysteem zo klein mogelijk is. Daarom moet er steeds gebruik gemaakt worden van lage temperatuur verwarming zoals vloerverwarming, muurverwarming, low-h<sub>2</sub>O convectoren of over gedimensioneerde radiatoren. Indien er gebruik wordt gemaakt van vloerverwarming of wandverwarming dan moet er steeds geopteerd worden voor de kleinste verleg afstand van 10 cm te gebruiken zodat de aanvoertemperatuur maximaal 40°C kan bedragen.

### 6.4.2.4 Stap4: Is er een ander verwarmingstoestel?

Als er een ander verwarmingstoestel gebruikt wordt dan moet de warmtepomp en het verwarmingstoestel goed op elkaar afgestemd zijn anders zou de warmtepomp nadelig werken. De samenwerking van het verwarmingstoestel en de warmtepomp kan gebeuren op enkele manieren. Zo kan de warmtepomp monovalent, mono-energetische, bivalent (parallel, alternatief of parallel alternatief) werken. Om meer uitleg te weten wordt er doorverwezen naar de bron "Warmtepompen voor woningverwarming" [21].

### 6.4.2.5 Stap5: Hoe bepaal ik het boiler en buffervat?

Een CV-buffervat wordt geplaatst om een minimale volumestroom over de condensor te garanderen. Zo kan het risico op pendelgedrag geminimaliseerd worden. Er wordt altijd aangeraden om gebruik te maken van een buffervat dat door de warmtepompfabrikant is geselecteerd. Indien het volume toch berekend dient te worden kan de volgende formule gebruikt worden.

$$V = \frac{Q_{condensor} [W] \cdot T [s]}{(T_{aanvoer} - T_{retour}) [^{\circ}C] \cdot 4200 \left[ \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C} \right]} \cdot 1 \left[ \frac{liter}{kg} \right]$$



In tegenstelling tot het buffervat is het boiler vat afhankelijk van het warm tapwater gebruik. Om het ideale volume van het boiler vat te berekenen dient eerst een schatting gemaakt te worden van het gebruik van warm tapwater. Op basis van deze schatting kan het volume van het boiler vat gekozen worden.

Voor de berekening dient het maximale verbruik van 40°C omgerekend te worden naar het verbruik van warm tapwater op temperatuurniveau van de boiler. Dat kan door het maximale verbruik van tapwater van 40°C te vermenigvuldigen met de factor 0,75. De boiler inhoud wordt naar goede gewoonte op 40 liter extra gerekend met het oog op incidenteel piekverbruik. Het resultaat wordt vervolgens vermenigvuldigt met factor 1,2 met het oog op gelaagdheid van de boiler waardoor niet de volledige boilerinhoud op gewenste temperatuurniveau te gebruiken is. De berekening is terug te vinden in het onderstaande rekenvoorbeeld [22].

#### **Rekenvoorbeeld:**

In overleg met de klant is een schatting gemaakt van 280 liter warm tapwater van 40°C per dag. Omgerekend naar warm tapwater van 50°C zal het volume gelijk zijn aan 210 liter ( $0,75 \cdot 280 = 210$  l). De keuze van de boiler inhoud komt dan op:  $(210+40) \cdot 1,2 = 300$  liter.

#### 6.4.2.6 Stap6: Welke regeling neem ik?

De regeling van een warmtepompsysteem moet voorkomen dat de warmtepomp weggedrukt wordt door de eventuele bijstook zodat het pendelgedrag geminimaliseerd wordt. Het is dus van groot belang om een goede regeling te voorzien bij de warmtepompinstallatie. De fabrikant voorziet daarom bij elk hydraulische schema een geschikte regeling. Doorgaans worden er twee type regelingen toegepast een regeling met stooklijn en een regeling met kamerthermostaat.

#### 6.4.2.7 Stap7: Bij welke warmtepomp heeft Centratec het meeste winst?

Bij Centratec zijn warmtepompen niet op voorraad het zijn dus speciale artikelen. De winstmarges van zo'n artikel zijn afhankelijk van de relatie met de importeur. Indien er veel producten verkocht worden zal de korting van de importeur uiteraard groter zijn. Zo zal de Panasonic warmtepomp minder winst creëren dan een Alpha-InnoTec warmtepomp omdat Nathan<sup>5</sup> een grotere leverancier is bij Centratec. Tijdens het verkopen van een warmtepomp zal dus zoveel mogelijk het merk Alpha-InnoTec aangeraden worden. De verkoop van Alpha-InnoTec heeft het voordeel dat Nathan zowel de warmtepomp als de vloerverwarming kan leveren voor de woning. De winst zal hier dus het grootste op zijn.

---

<sup>5</sup>Nathan: Importeur Alpha-Innotec, Uponor, Komfort

## 6.5 Het selecteren van twee warmtepompensystemen

### 6.5.1 Het vermogen bepalen

Het vermogen van de twee warmtepompen voor het project wordt bepaald aan de hand van een uitgebreide warmteverliesberekening. In het project zal het eerder berekend warmteverlies gebruikt worden. Dat warmteverlies was 8,9 en 8,4 KW helaas is dit niet genoeg omdat de warmtepomp ook warm tapwater moet bereiden. Om het extra vermogen van het warmtapwater te berekenen wordt er per persoon 250 W extra gerekend. In het project zijn er 4 personen dus zal er een extra vermogen van 1 KW ingerekend worden. Als resultaat is het vermogen van de warmtepomp gelijk aan **9,9 KW** voor lot 5-8 en **9,4 KW** voor lot 6-7. Deze waarden zijn echter geen standaard waarden waardoor een warmtepomp gekozen moet worden die zo dicht mogelijk onder of boven deze waarde ligt.

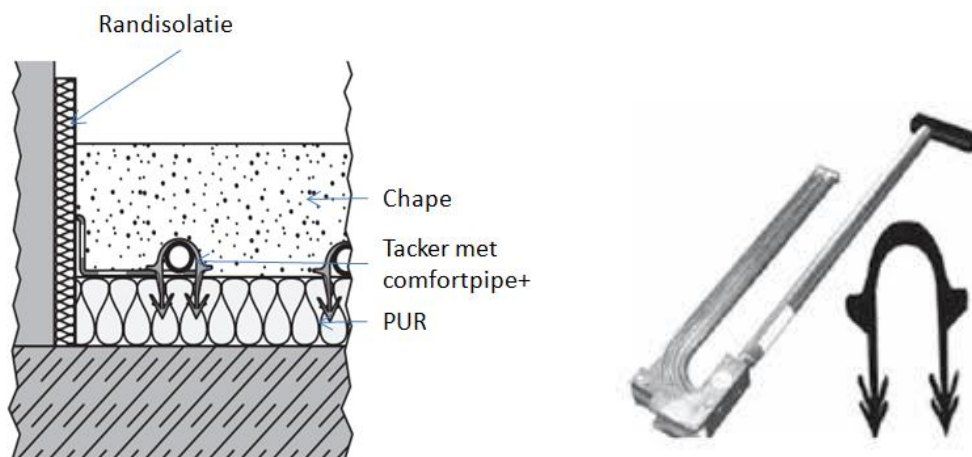
### 6.5.2 Welk type warmtepomp?

In het project is gekozen voor een lucht/water warmtepomp op het plat dak of in de tuin omdat er onvoldoende plaats is voor grote boorinstallaties. De keuze van lucht als warmtebron heeft enkele voordelen zoals de lage investeringskost, de goede beschikbaarheid en de onuitputbaarheid van de bron.

### 6.5.3 Berekening vloerverwarming

#### 6.5.3.1 Principe

De vloerverwarming voor het project is van het merk Uponor. De bevestiging van de vloerverwarming gebeurt met het tackersysteem omdat dit snel en gemakkelijk installeert. In het project wordt de vloerverwarming geïnstalleerd op de 8 cm PUR. Hierop wordt een rasterfolie gelegd die een correcte verlegging van 10 cm vergemakkelijkt. De buizen worden daarna met een tackersysteem (prikbeugel) vastgeniet in de PUR isolatie zodat de chape en de vloerafwerking uiteindelijk geïnstalleerd kan worden.

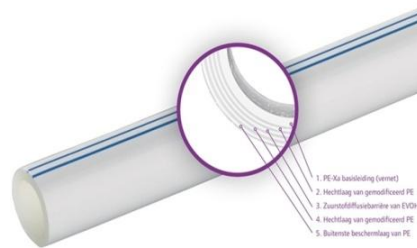


Figuur 30: Opbouw vloerverwarming +Tacker [23]

## 6.5.3.2 Benodigheden voor de vloerverwarming

### 6.5.3.2.1 Comfortpipe +

De Comfortpipe+ is de nieuwste kunststof leiding van Uponor die zowel voor oppervlakteverwarming als koeling kan zorgen. De leiding is gemaakt met de nieuwste vernettingstechniek<sup>6</sup> UAX waardoor de leiding uit 5 lagen bestaat. De eerste laag is de gewone Pe-Xa laag die door middel van de tweede hechtlaag verbonden wordt met de derde zuurstofbarrière laag. De vierde hechtlaag verbindt de buitenste laag of beschermingslaag met de zuurstofbarrière laag. Deze vijf lagen zorgen ervoor dat de Comfortpipe+ bestand is tegen scheuren en beschadiging van de leiding op de werkplaats [23].



Figuur 31: Comfortpipe+ [23]

### 6.5.3.2.2 Randisolatie en uitzetvoegen

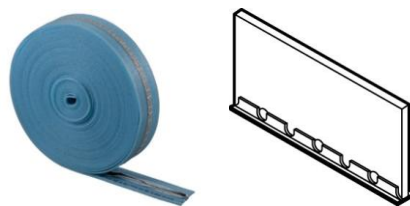
Om het uitzetten en krimpen van vloer- en gebouwonderdelen te vermijden zullen er verschillende maatregelen genomen worden. Zo zal er ook in het project randisolatie en een uitzetvoeg aangebracht worden.

- **Randisolatie**

Samen met de PUR isolatie zorgt de randisolatie ervoor dat de chape volledig zwevend is. Hierdoor zal scheurvorming door het uitzetten en krimpen van de vloer vermeden worden. De randisolatie zal er ook voor zorgen dat er geen koudebruggen ontstaan. In de pastorie wordt er gebruik gemaakt van randisolatie met de afmeting 10 x 150 mm per rol van 50m.

- **Uitzetvoegen**

Bij grote oppervlakten en deuropeningen moet de lineaire uitzetting van de vloer opgevangen worden. Dit gebeurt met een uitzetvoeg die de verschillende chapevelden van elkaar scheidt. De voeg moet vanaf de PUR isolatie vertrekken zodat de twee chapevelden volledig gescheiden zijn van elkaar. De plaats van de uitzetvoeg wordt meestal tijdens het legplan van de vloerverwarming aangeduid.

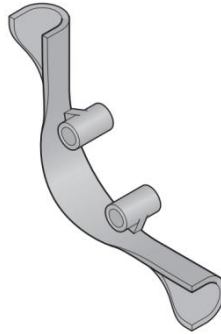


Figuur 32: Randisolatie + Uitzetvoeg [23]

<sup>6</sup> Vernetting Proces waar chemische bindingen tussen moleculen worden gevormd en waardoor één gigantisch grote molecule ontstaat.

### 6.5.3.2.3 Geleidingsbocht

Om de Comfortpipe+ te verbinden met de verdeler moet een bocht van 90° gemaakt worden. Deze bocht mag de buis niet laten knellen want dat kan het debiet en dus ook het rendement van de vloerverwarming laten dalen. Om het knellen te voorkomen wordt er gebruik gemaakt van onderstaande geleidingsbocht.



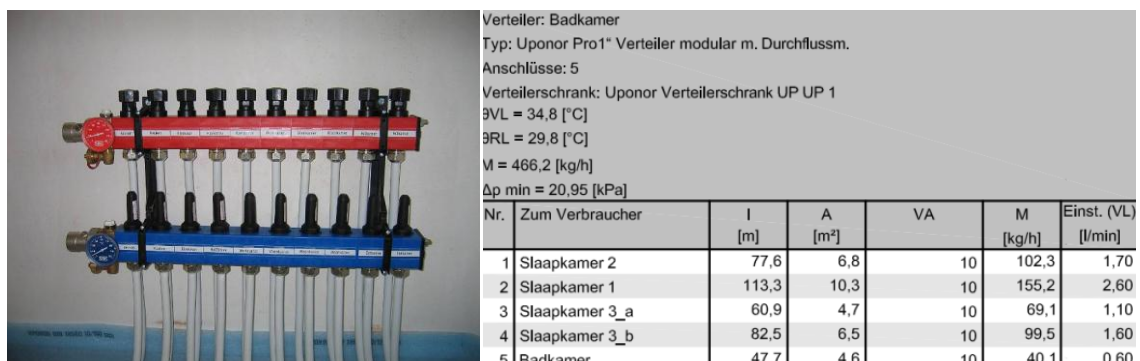
Figuur 33: geleidende bocht 90° [23]

### 6.5.3.2.4 SBK verdeler

Op de verdiepen waar vloerverwarming is, zijn minstens twee voormonteerde Komfort SBK verdelers geïnstalleerd. Eén verdeler voor het toevoeren van water en de andere voor het afvoeren van water.

Bij de retourverdeler wordt er gebruik gemaakt van topdebietmeters zodat de inregeling van de verschillende kringen snel en efficiënt kan gebeuren. De topdebietmeters kunnen dus het debiet in de kring regelen en aanpassen indien nodig, meestal is dat nodig om het juiste debiet in te stellen in de vloerverwarmingkring. Bij de aanvoerverdeler wordt er enkel een ventiel voorzien eventueel met elektronische motor zodat de kringen volledig afgesloten kunnen worden, dat kan handig zijn voor het ontluchten en het regelen van de vloerverwarming.

Om de verdeler te selecteren wordt er gekeken naar het debiet dat door de verdeler stroomt afhankelijk daarvan wordt de grote van de verdeler bepaalt. In dit geval wordt er steeds gebruik gemaakt van de Komfort SBK 4100 verdeler omdat de topdebietmeters kunnen regelen tussen 60 – 250 l/h. Om te bepalen waartussen de debietmeters moeten regelen, wordt tijdens het tekenen van het legplan de volumestroom in liter per minuut berekend. Onderstaande figuur illustreert de volumestroom in liter per minuut [24].



Figuur 34: Verdeler Komfort + Volume stroom [24]

### 6.5.3.2.5 Klemringschroefkoppeling

De comfortpipe+ leidingen worden met de verdeler verbonden via klemkoppelingen. De klemkoppeling bestaat uit drie delen die samen voor een lek vrije/diffusiedichte afdichting zorgen. De montage gebeurt door de klemring met wartel over de leiding te schuiven en de steunhuls met o-ringafdichting in de leiding te duwen. Hierna kan de wartel op de buitenschroefdraad van de collector gemonteerd worden.



Figuur 35: Euroconus 17 mm x 3/4 [23]

### 6.5.3.2.6 Rekenblad Uponor vloerverwarming.

Om de componenten van een vloerverwarming nauwkeurig te bepalen moet een legplan getekend worden. Dit wordt pas getekend wanneer de installatie verkocht is, anders zou de leverancier teveel nodeloos werk verrichten. Om toch een prijs offerte op te stellen maakt Centratec gebruik van het Uponor rekenblad voor vloerverwarming dat een raming maakt van de nodige materialen. De raming bepaald met enkele parameters de basiscomponenten van de vloerverwarming die later aangevuld kan worden door de calculator. Het Excel rekenblad is in onderstaande figuur geïllustreerd.

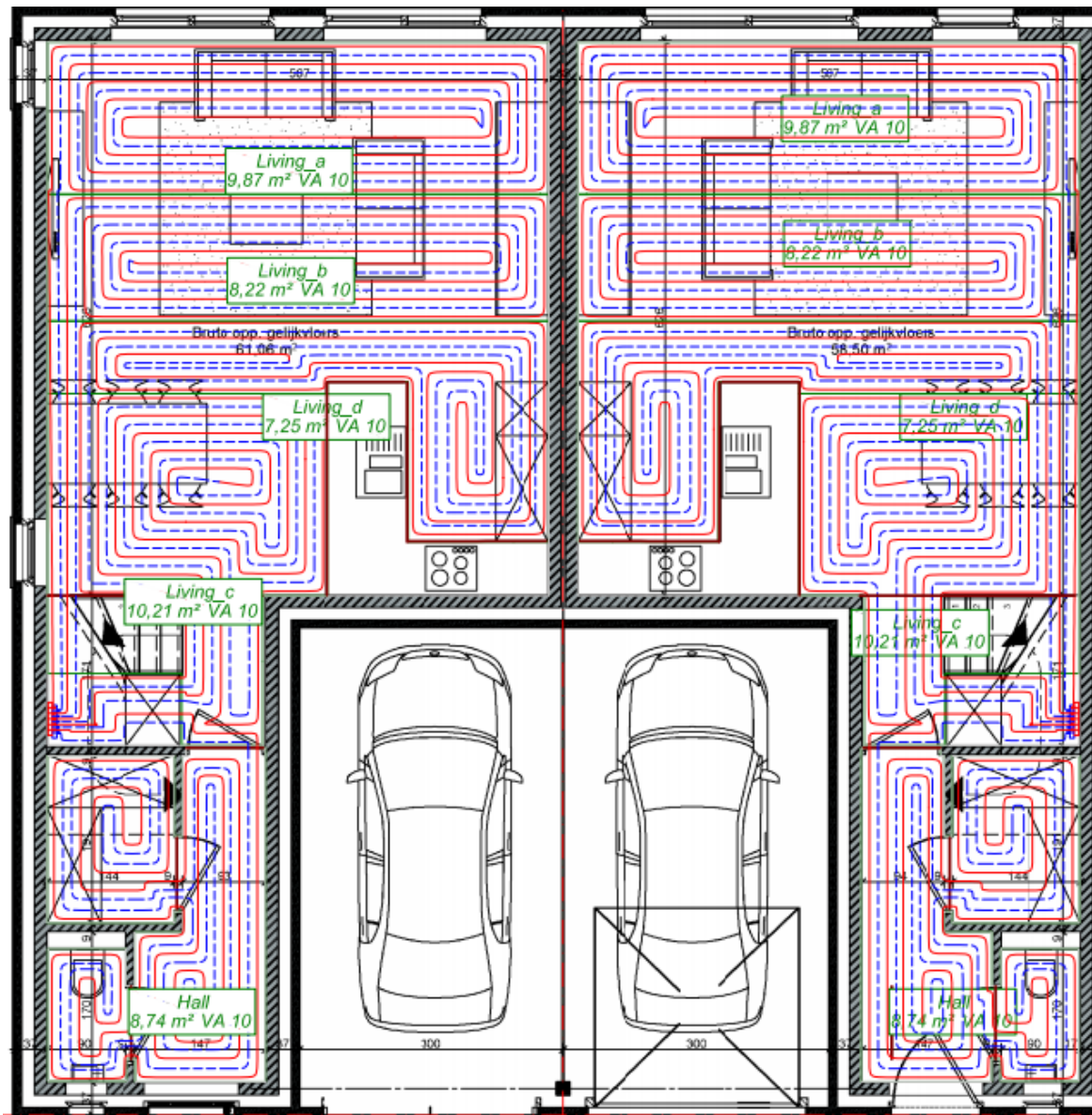
Ruimte (-)	Verdieping (-)	Randzone (l/r / Bse)	Alpha-InnoTec ventilatorconvector (st)	Uponor noregeling (l/r / Nee / BFD/DK)	Koeling (l/r / Nee)	Totale vloeroppervlakte (m <sup>2</sup> )	Randisolatie (m)	Buisafstand H.O.H. (mm)	Totale buislengte (m)	Aantal groepen op verdeler (-)	Verdeler nummer (-)	Aantal ruimtethermostaten (-)	Aantal Uponor stelaandrijvingen	Aantal Oventrop stelaandrijvingen	Warmteverstand (m <sup>2</sup> .K/W)	Ruimtetemperatuur (°C)	Warmteverlies (Qf + Qv = Watt)	Warmte-digfite vloerverwarming (-)	Oppervlaktetemperatuur (°C)	Volumestroom per groep (l/min)	Afgegeven vloerverwarming totaal (W)	Aanvullende verwarming (Watt)
Woonkamer + Keuken	BG	N	J	N	39,7	41	100	417	4	V-1	#####	#####	#####	0,10	22		67,3	28,3			2.672	0
Hal+ WC	BG	N	J	N	5,9	6	100	64	1	V-1	#####	#####	#####	0,10	18		82,4	25,5			485	0
Dressing	BG	N	J	N	2,8	3	100	33	1	V-1	#####	#####	#####	0,10	18		82,4	25,5			231	0
Slaapkamer1	V1	N	J	N	6,9	7	100	74	1	V-1	#####	#####	#####	0,10	18		82,4	25,5			567	0
Slaapkamer2	V1	N	J	N	11,5	12	100	120	1	V-1	#####	#####	#####	0,10	18		82,4	25,5			944	0
Slaapkamer3	V1	N	J	N	13,1	14	100	141	2	V-	#####	#####	#####	0,10	18		82,4	25,5			1.075	0
Badkamer1	V1	N	J	N	6,9	7	100	74	1	V-	#####	#####	#####	0,10	24		59,7	29,6			409	0
hal	V1	N	J	N	1,6	2	100	22	1	V-	#####	#####	#####	0,10	15		93,7	23,5			152	0
<b>Totaal BG:</b>					<b>48,4</b>	<b>50</b>		<b>514</b>	<b>6</b>		#####	#####	#####								<b>3.387</b>	
<b>Totaal V1:</b>					<b>39,9</b>	<b>42</b>		<b>431</b>	<b>6</b>		#####	#####	#####								<b>3.147</b>	
<b>Totaal:</b>			<b>0</b>		<b>88</b>	<b>92</b>		<b>945</b>	<b>12</b>		#####	#####	#####			<b>0</b>					<b>6.534</b>	

Totale oppervlakte (m <sup>2</sup> )			<b>88,2</b> m <sup>2</sup>
Uponor leidingsysteem	#WAARDE!	Uponor Velta PE-Xa leiding voor vloerverwarming 17 x 2 mm, op rol 640 mtr.	945 mtr.
Uponor klem- en Schroefkoppelingen	-	#WAARDE!	24 st.
Uponor klem- en Schroefkoppelingen tbv ventilatorconvector(-en)	-	Geen Alpha-InnoTec ventilatorconvector(-en) geselecteerd!!	0 st.
Toebehoren:			
Vloer-isolatie	#WAARDE!	Uponor warmte-isolatie op rol 20mm EPS 040 DEO, CFK-vrij	88 m <sup>2</sup>
Rand-isolatie	1000080	Uponor randisolatie 10 x 150 mm, zelfklevend	92 mtr.
Tackerclips (aantal zakken)	1000013	Uponor Tackerclip 14 - 20 mm	3 zak(-ken)
Plakband	1000012	Uponor Plakband 50 mm breed, op rol 66 mtr.	2 st.
Cementcomponent	1000084	Uponor cementcomponent VD 450	18 ltr.

Indicatie montageprijs Uponor Tacker vloerverwarmingssysteem netto exclusief BTW: € 617,68

Figuur 36: Specificatie Uponor vloerverwarming [23]

## 6.5.3.2.7 Legplan vloerverwarming



Figuur 37: Legplan gelijkvloers [24]

Zoals in bovenstaande figuur te zien is, wordt de verdeler geplaatst onder de trap omdat het centraal gelegen is in de woning. De vloerverwarming die van daaruit vertrekt heeft een maximale lengte van 112 m zodat het drukverlies in de leiding beperkt blijft. In de bijlage C wordt ook het legplan van de eerste verdieping getoond hierop is te zien dat het schema bijna identiek is aan het gelijkvloers alleen wordt de verdeler geplaatst in de badkamer. Het totaal aantal componenten van de vloerverwarming is vermeld in de prijs offerte van de warmtepompen.

## 6.5.4 Bepaling van Low-h<sub>2</sub>O convectoren en elektrische radiatoren

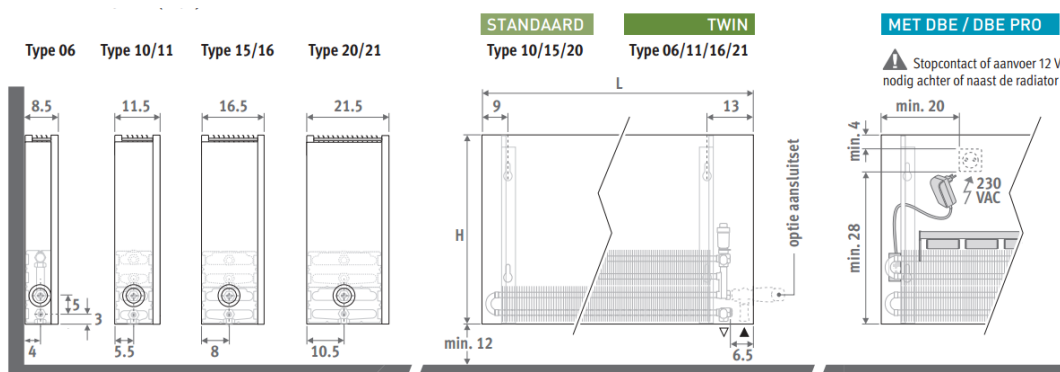
### 6.5.4.1 Low-h<sub>2</sub>O convector slaapkamer

In de slaapkamer op de zolderverdieping wordt gebruik gemaakt van de Jaga Energy Saver meer bepaald de low-h<sub>2</sub>O convector met DBE<sup>7</sup>. De DBE ventilator verhoogt het vermogen van de convector waardoor er gewerkt kan worden met een regime van 35°C/30°C. Om de low-h<sub>2</sub>O convector te selecteren wordt een tabel van Jaga geraadpleegd waarin alle vermogens vermeld staan. Het vermogen dat nodig is kan met onderstaande formule berekend worden.

#### **Berekening: Slaapkamer**

$$\begin{aligned} \text{Slaapkamer} &= \text{Warmteverlies} / \text{Correctiefactor} \\ &= 1584 \text{ W} / 0,29 \\ &= 5448 \text{ W} \rightarrow \text{Regime } 75^\circ\text{C}/65^\circ\text{C}/18^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Bovenstaande berekening toont aan dat een convector geselecteerd moet worden met een vermogen van 5448 W bij een regime van 75°C/65°C. Deze convector zal bij een lager regime (35°C/30°C) een vermogen van 1584 W produceren. Uit de tabellen van de convector “Strada” wordt het type 21 gekozen met een hoogte van 95 cm en een breedte van 120 cm zoals onderstaande figuren illustreren. De tabellen zijn terug te vinden in de bijlage C.



Figuur 38: Jaga “Strada” convectoren [25]

### 6.5.4.2 Low- h<sub>2</sub>O convector doucheceel

Het vermogen van de low-h<sub>2</sub>O convector voor de doucheceel kan identiek berekend worden. Zoals hieronder te zien is.

#### **Berekening: Doucheceel**

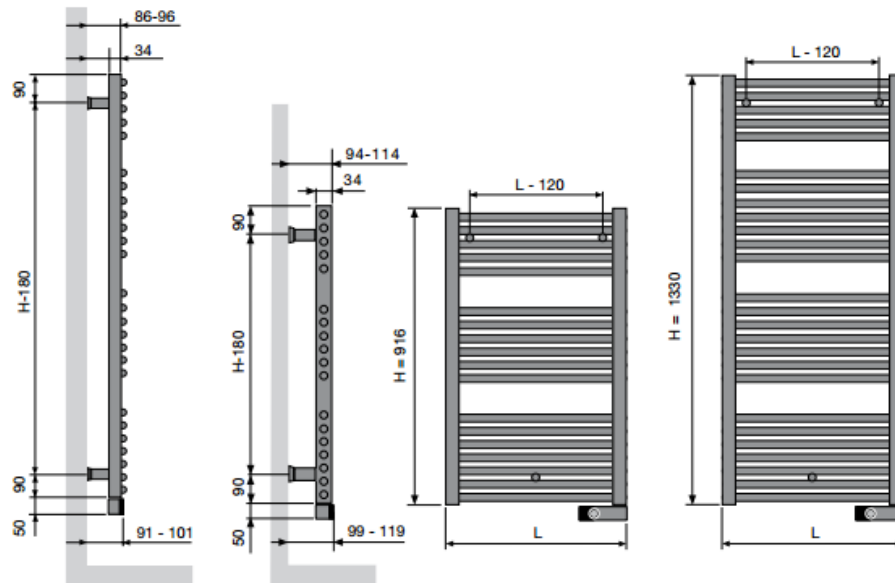
$$\begin{aligned} \text{Doucheceel} &= \text{Warmteverlies} / \text{Correctiefactor} \\ &= 543 \text{ W} / 0,23 \\ &= 2360 \text{ W} \rightarrow \text{Regime } 75/65/24^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Uit de tabel halen we een convector type 16 met een hoogte van 95cm en breedte van 70cm

<sup>7</sup>DBE: Dynamic Boost Effect of geluidsstille ventilator die het vermogen 2 tot 3 maal vergroot

### 6.5.4.3 Elektrische radiatoren

Het Excel document van Uponor toont aan dat de warmteverliezen in de badkamer niet gecompenseerd kunnen worden door de vloerverwarming. In de badkamer zal dus een extra radiator geplaatst worden. Als radiator is er gekozen voor de elektrische "IRIS" radiator van Vasco omdat de radiator een snelle opwarmcapaciteit heeft met zijn elektrische weerstand van 500 Watt. De radiator heeft daarnaast ook als voordeel dat met een hoogte van 916 mm en breedte van 500 mm hij geschikt is voor handdoeken te drogen.



Figuur 39: Afmetingen elektrische "IRIS" radiatoren [26]



### 6.5.5 Circulatiepomp bepalen

In dit project maakt de warmtepomp gebruik van één circuit vloerverwarming en één circuit low-h<sub>2</sub>O convectoren. Om deze circuits aan te sturen moet een circulatiepomp gekozen worden die voldoende debiet levert. Het nodige debiet kan berekend worden met de volgende formule [27].

$$Q = \frac{\Phi \cdot 0,86}{(t_F - t_R)} \quad [m^3/h]$$

Met:

- $Q$ : Debiet [m<sup>3</sup>/h]
- $\Phi$ : Warmtevraag [KW]
- $t_R$ : Temperatuur terugvoerleiding [°C]
- $t_F$ : Temperatuur toevoerleiding [°C]
- 0,86: Conversiefactor [kcal/uur]

#### Berekening

##### Circulatiepomp vloerverwarming

$$Q = \frac{6,534 \text{ KW} \cdot 0,86}{(35^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})} \quad [m^3/h]$$

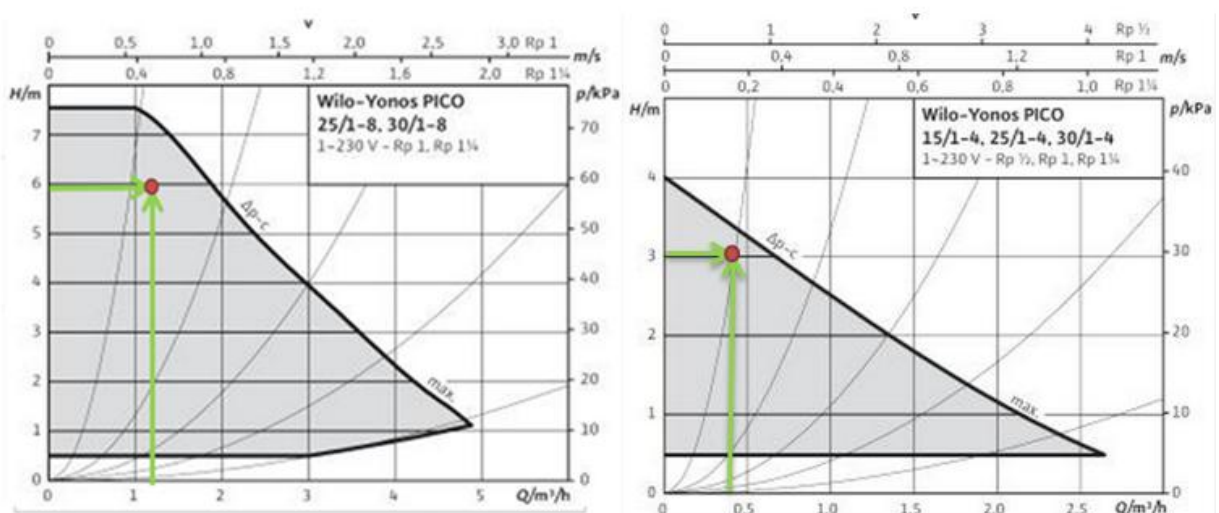
$$Q = 1,12[m^3/h]$$

##### Circulatiepomp radiatoren

$$Q = \frac{2,396 \text{ KW} \cdot 0,86}{(35^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})} \quad [m^3/h]$$

$$Q = 0,412[m^3/h]$$

Het debiet en de opvoerhoogte zullen uiteindelijk het vermogen van de pomp bepalen. In dit project zal de opvoerhoogte voor de vloerverwarming gelijk zijn aan 6 m en de opvoerhoogte van de low-h<sub>2</sub>O convectoren gelijk aan 3 m. Hieruit kunnen de volgende twee pompen geselecteerd worden. In de bijlage C is de datasheet terug te vinden.



Figuur 40: Wilo-Yonos PICO 25/1-8 + Wilo-Yonos PICO 25/1-4 [27]

## 6.5.6 De twee warmtepompen

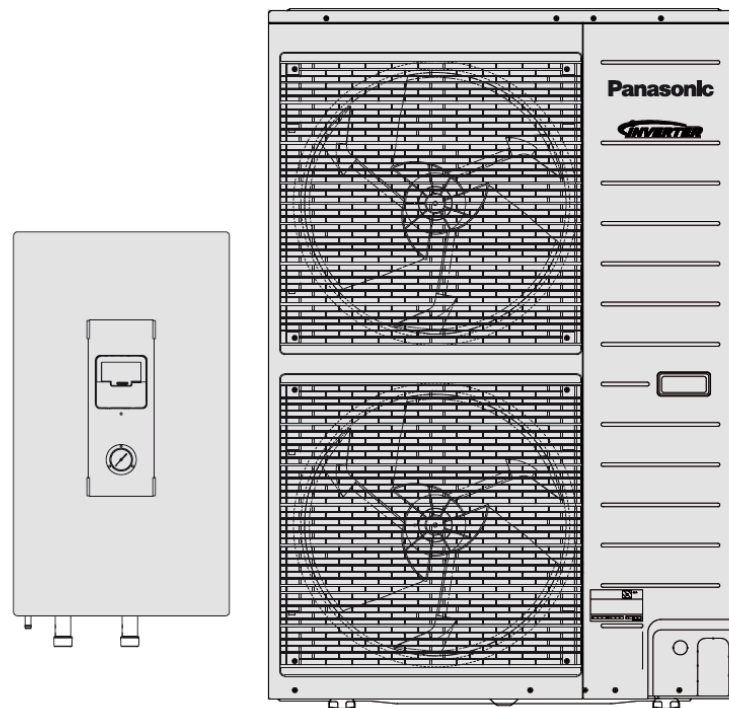
De warmtepompen voor de pastorie zijn twee keer gebaseerd op hetzelfde principe namelijk een mono-energetische werking gecombineerd met een boilervat, een buffervat en een driewegkraan met voorrang op warm tapwater. Het boilervat ( $\pm 300l$ ) is steeds berekend voor vier personen zoals in het rekenvoorbeeld op pagina 33.

### 6.5.6.1 Panasonic

#### 6.5.6.1.1 *De warmtepomp*

Panasonic heeft meerdere warmtepompen in het gamma Aquarea. Voor deze toepassing werd er gebruik gemaakt van het type T-CAP<sup>8</sup>. De T-CAP is een split of monobloc uitvoering met een vermogen van 9 KW, 12 KW of 16 KW. Er werd gekozen voor de split T-CAP 9 KW monofasig omdat de warmtepomp zwaar over gedimensioneerd zou zijn indien de T-CAP 12 KW geïnstalleerd zou worden. Met de T-CAP 9 KW is de warmtepomp lichtjes onder gedimensioneerd waardoor het pendelen van de warmtepomp vermeden wordt. Om toch het vermogen te behalen in de winter periodes kan er elektrisch bij verwarmd worden met een weerstand van 3 KW.

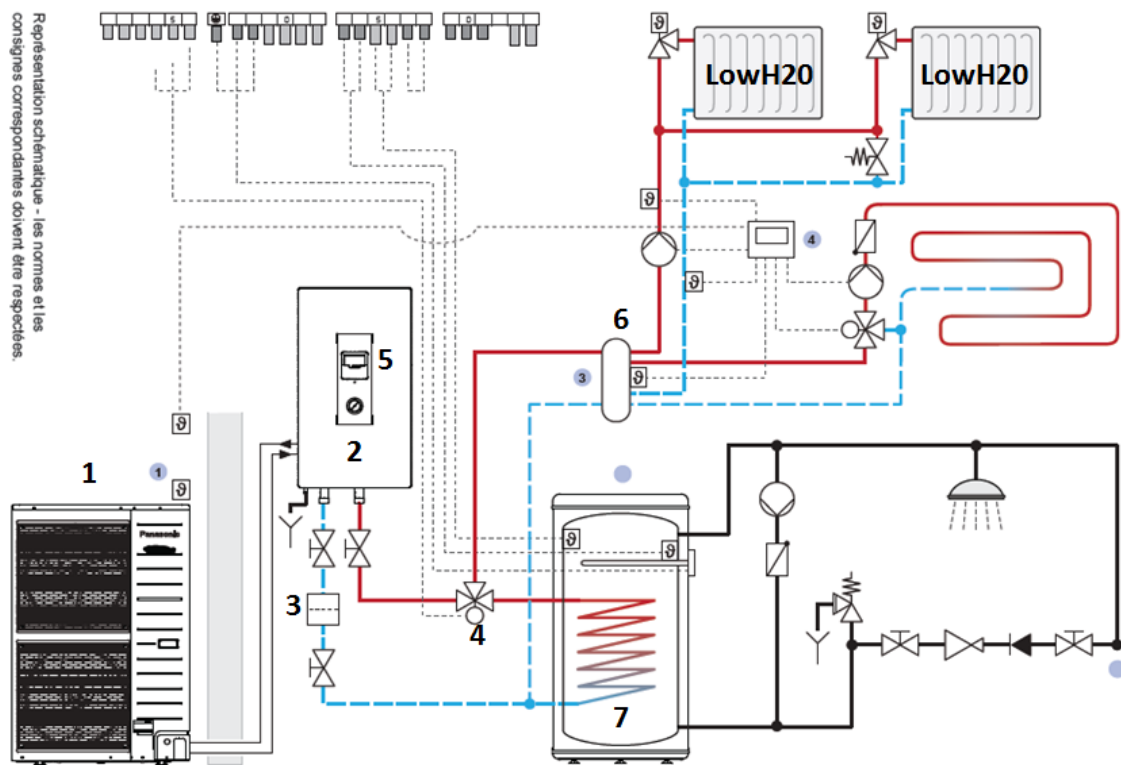
Uit de technische fiche van de T-CAP blijkt dat de warmtepomp bij een buitentemperatuur van  $-7^{\circ}C$  en een aanvoer temperatuur van  $35^{\circ}C$  een COP behaalt van 2,54 met een vermogen van 9 KW zonder hulp van de elektrische weerstand. Indien de buitentemperatuur van  $-5^{\circ}C$  naar  $7^{\circ}C$  zal stijgen dan zal de COP ook beter worden. Om meer informatie te weten over de onderstaande binnenunit en buitenunit kunnen de technische gegevens geraadpleegd worden in de bijlage C.



Figuur 41: WH-SX09F3E5 en WH-UX09FE5 [28]

<sup>8</sup> T-CAP: Totale Capaciteit

### 6.5.6.1.2 Het hydraulische schema



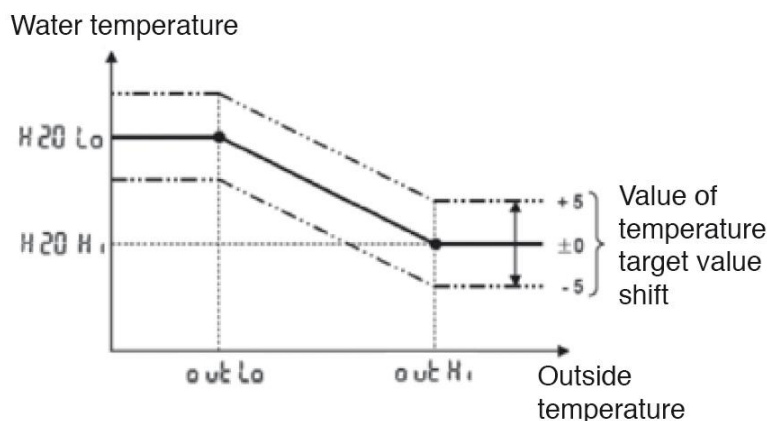
Figuur 42: Hydraulisch schema van de installatie [28]

Bovenstaande figuur toont het hydraulisch schema van de installatie. Het schema is een splitsysteem waarbij de binnenunit(2) verbonden wordt met de buitenunit(1) door middel van twee geïsoleerde koelleidingen. De binnenunit zal de gegenereerde warmte van de buitenunit met een platenwisselaar overgedragen aan het warm watercircuit. Om te voorkomen dat het rendement van de platenwisselaar daalt door vuilresten zal de platenwisselaar beschermd worden met een vuilfilter(3) die correct geïnstalleerd moet worden in het warmwater circuit. Het warmwater circuit is opgebouwd uit twee circuits die met een standaard driewegkraan(4) gescheiden kunnen worden. De sturing van de driewegkraan zal gebeuren met de bijgeleverde Panasonic regeling(5). Opgelet de Panasonic regeling stuurt enkel de driewegkraan en de warmtepomp er zal dus een extra regeling voorzien moeten worden om de pompen van de verwarmingskringen te sturen. Dit is mogelijk door een kamerthermostaat die doormiddel van een relais de warmtepomp en de verwarmingskringen kan aansturen. Om te verhinderen dat de kamerthermostaat de warmtepomp laat pendelen wordt er een minimaal debiet over de platenwisselaar geëist. Dit kan met een standaard buffervat van 100 liter(6) of meer opgelost worden. Het warm tapwater wordt in tegenstelling tot het buffervat verwarmt met een spiraal die voldoende groot is om het boilervat(7) van 300 liter op een temperatuur van  $\pm 55^{\circ}\text{C}$  te brengen. De inregeling van het warm tapwater gebeurt volledig met de Panasonic regeling die in volgende paragraaf beter beschreven wordt.

### 6.5.6.1.3 De Panasonic regeling

De Panasonic regeling is een standaard regeling met enkele speciale functies zoals de instelling van de stooklijn, betondroging, legionelle ontsmetting en het omschakelpunt voor koeling. Meer informatie over de regeling is terug te vinden in de technische documentatie die bijgevoegd is in de elektronische bijlage.

- **Stooklijn instelling**



Figuur 43:Stooklijn [28]

In de stooklijn is te zien dat de aanvoertemperatuur van het circuit afhankelijk is van de buitentemperatuur zoals bovenstaande tekening illustreert. De Panasonic regeling kan de ondergrens (out Lo) en bovengrens (out Hi) van deze curve instellen door de gevraagde watertemperatuur (H2O Lo of Hi) bij een bepaalde buitentemperatuur in te stellen. De gebruiker kan nadien de stooklijn verhogen of verlagen afhankelijk van de warmtebehoefte.

- **Instelling betondroging**

Een speciale functie van de regeling is de betondroging. In nieuwbouw woningen waar vloerverwarming geïnstalleerd is kan de dekvloer gedroogd worden volgens een speciale cyclus. Deze cyclus zal gedurende een aantal dagen uitgevoerd worden met de ingestelde temperatuur zodat de dekvloer optimaal gedroogd kan worden.

- **Instelling legionelle ontsmetting**

Omdat de boiler op lagere temperatuur verwarmt wordt dan normaal, is het noodzakelijk om het gevaar van legionelle vorming te bestrijden. Dit kan door de boiler wekelijks tot een ingestelde temperatuur op te warmen zodanig dat alle bacteriën gedood worden. De dag, uur, temperatuur, en duur van ontsmetting kunnen ingesteld worden met de regeling.

- **Instelling Koelen**

Als de T-CAP ook kan koelen dan zal de regeling een omschakelpunt voorzien die de cyclus van de warmtepomp zal omdraaien nadat de ingestelde temperatuur bereikt wordt. In de pastorie wordt er geen gebruik gemaakt van koeling dus moet er ook geen instelling gemaakt worden.

#### 6.5.6.1.4 Het installeren van de buitenunit

De installatie van de buitenunit WH-UX09FE5 is op het platdak van de keuken. De omvang van de unit zorgt voor een grote vatbaarheid voor wind. Om het kantelen van de unit te vermijden zal de unit verankerd worden aan het gebouw. De verankering zal gebeuren met trillings ondersteunen zodanig dat de trillingen niet verder verspreid worden over de woning.

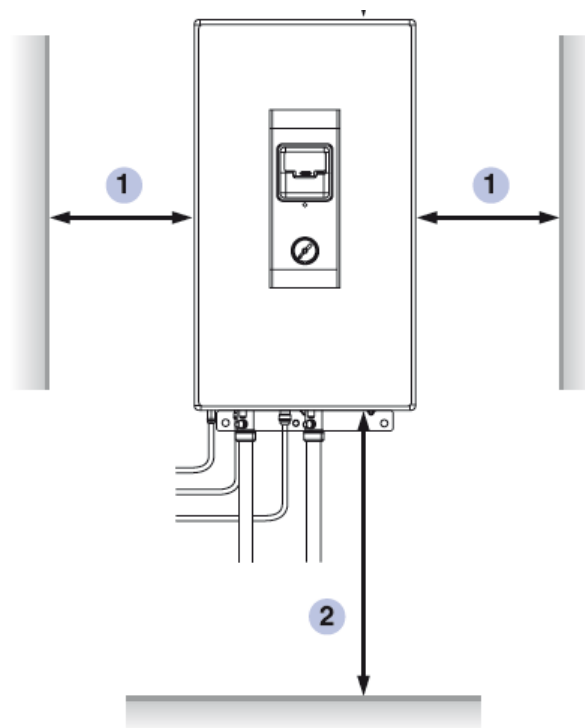


Figuur 44: Anti trillings ondersteunen [29]

De elektrische aansluitingen worden door middel van een werkschakelaar verbonden met de buitenunit. Deze werkschakelaar is wettelijk verplicht en is nodig om de spanning van het toestel uit te schakelen indien er aan het toestel gewerkt wordt. In dit project is de werkschakelaar door de installateur te voorzien.

#### 6.5.6.1.5 Het installeren van de binnenunit.

Tijdens het installeren van de binnenunit dient er voldoende plaats voorzien te worden zodanig dat de hydraulische leidingen en de afvoer gemakkelijk gemonteerd kunnen worden. Bij voorkeur is er een minimale afstand van 30 cm langs de zijwanden en 60 cm onder het toestel geëist zoals onderstaande figuur illustreert.

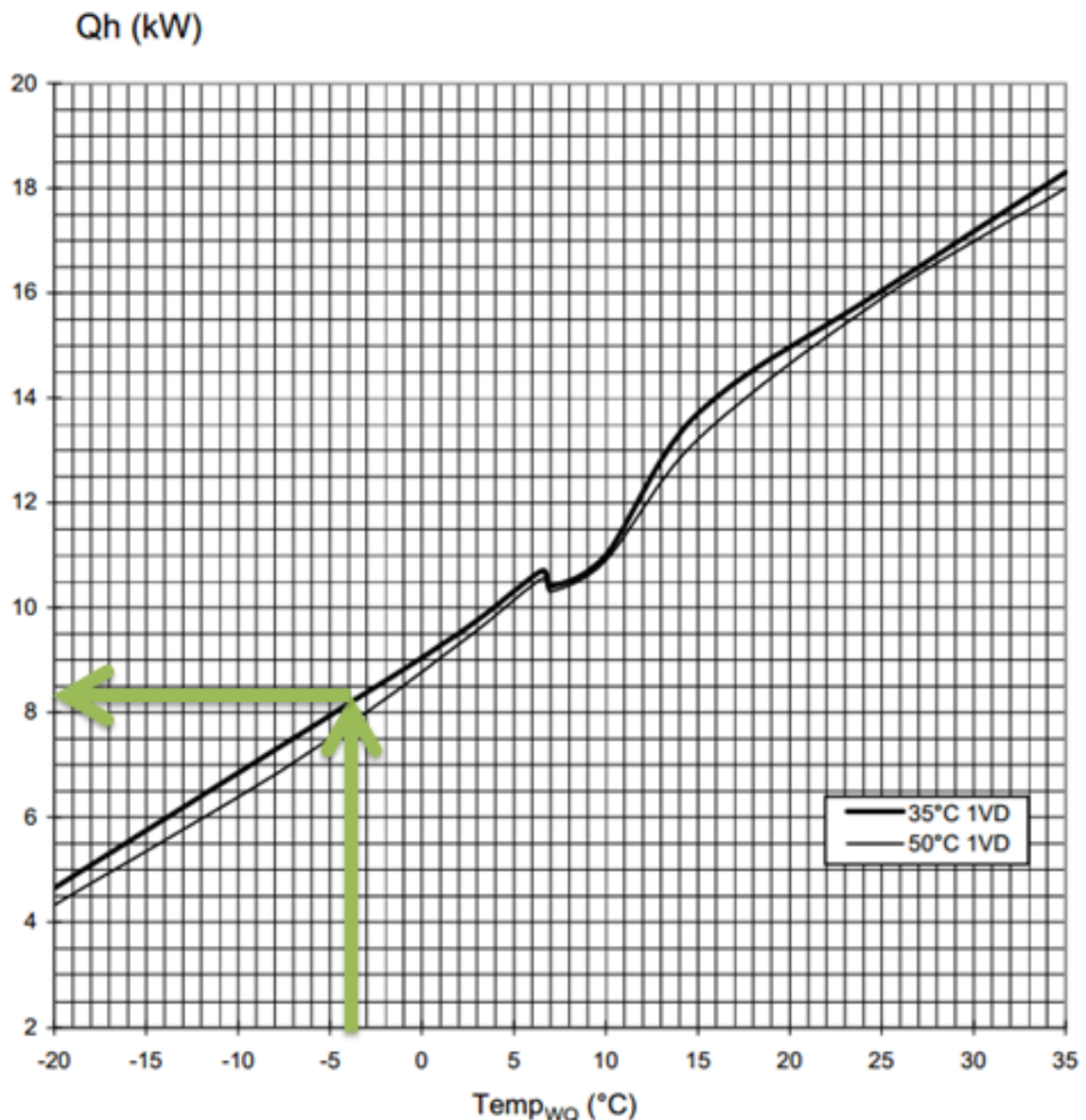


Figuur 45: Afstanden voor plaatsing binnenunit [28]

## 6.5.6.2 Alpha-InnoTec

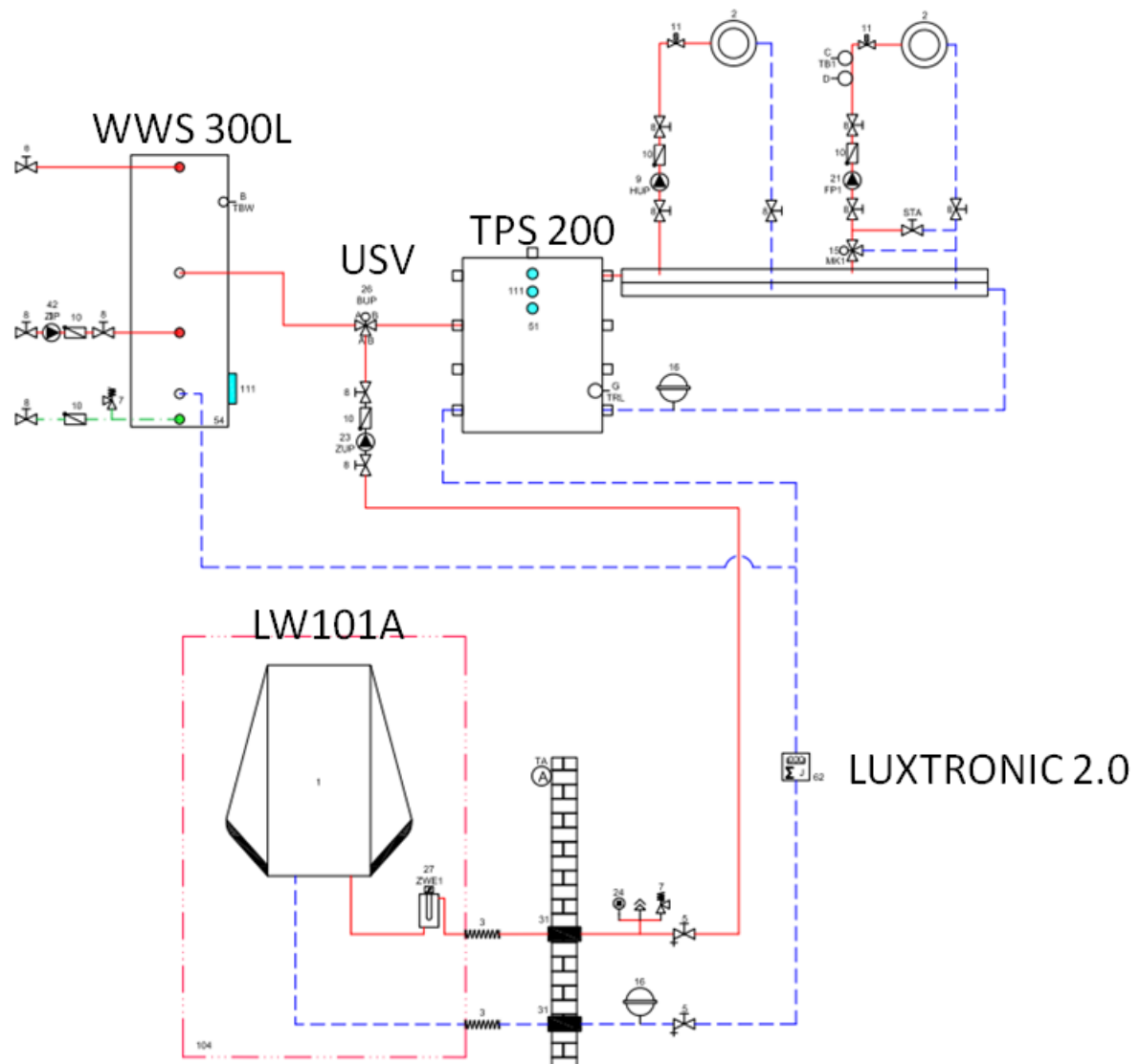
### 6.5.6.2.1 De warmtepomp

De meeste lucht/water warmtepompen van de fabrikant Alpha-InnoTec zijn van het type monobloc. De monobloc warmtepompen hebben een vermogen tussen de 7 kW en 31 kW en zijn toepasbaar tot  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . In het project is er gekozen voor de warmtepomp LW 101A omdat het vermogen 9,5 kW bedraagt bij  $2^{\circ}\text{C}$ . Dit vermogen ligt het dichtst bij het berekende vermogen van de warmtepomp. Indien de LW 81A of LW 121A gekozen zou worden dan zou de warmtepomp onder of over gedimensioneerd zijn waardoor het meest optimale rendement niet behaald zal worden. Toch kan het zijn dat de 9 kW weerstand van de LW 101A moet bijspringen indien de buitentemperatuur te laag wordt. Aangezien de warmtepomp bij  $-4^{\circ}\text{C}$  nog steeds een vermogen van  $\pm 8,4\text{ kW}$  kan leveren zal de bijdrage van de weerstand relatief weinig zijn. De warmtepomp zal dus door het laag aantal negatieve graaddagen  $\pm 95\%$  van het stookseizoen het vermogen kunnen leveren.



Figuur 46: Vermogensgrafiek LW 101A [30]

### 6.5.6.2.2 Het hydraulische schema

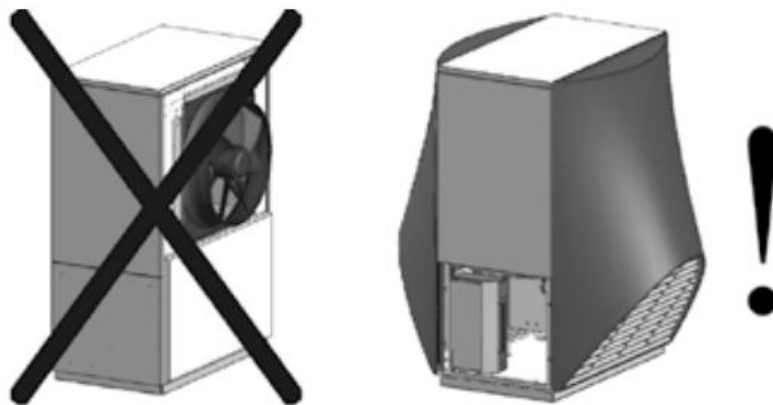


Figuur 47: Hydraulisch schema LW101A [31]

Het hydraulisch schema van de LW101A is bijna identiek aan het schema van de T-CAP. Toch heeft het schema enkele verschillen zoals het buffervat van 200 liter, de monobloc uitvoering en de centrale regeling. De monobloc uitvoering zorgt ervoor dat geen koelleidingen maar cv-leidingen aangesloten moeten worden op de unit. Het warmtepompcircuit is dus volledig geïntegreerd in de buitenunit, buiten de pomp van het primair verwarmingscircuit die moet apart geïnstalleerd en geselecteerd worden. De aansturing van het primaire circuit, secundaire circuit en de driewegkraan wordt in tegenstelling tot de Panasonic regeling volledig geregeld met de Luxtronic 2.0. De Luxtronic is een zeer uitgebreide regeling die maximaal één gemengde kring, één ongemengde kring en één boiler met warm tapwater kan aansturen. Als meer kringen aangestuurd dienen te worden moet er een extra printplaat "Comfort" geïnstalleerd worden zodat twee extra mengcircuits mogelijk zijn. Meer uitleg over de regeling is terug te vinden in de technische handleiding.

### 6.5.6.2.3 De installatie van de monobloc

Het installeren van de monobloc is moeilijk omdat het gewicht maar liefst 260 kg bedraagt. Aangezien de monobloc geïnstalleerd wordt op het platdak zal de architect moeten berekenen of de dakconstructie het gewicht kan dragen. Als de berekening aantoont dat de dakconstructie het gewicht niet kan dragen dan moet de plaats of de dakconstructie aangepast worden. In het project is een aanpassing niet nodig waardoor de installatie identiek kan gebeuren aan de installatie van de Panasonic buitenunit. Voordat de installatie aangevat kan worden dient de installateur wel de luchtgeleidingskappen van de LW 101A aan te brengen. Zo worden alle roterende delen van het toestel afgeschermd. Onderstaande figuur illustreert de correcte montage.



*Figuur 48: LW 101A zonder en met luchtgeleiders [30]*



## 6.5.7 Prijsofferte installatie

### 6.5.7.1 Offerte Warmteafgiftesysteem en toebehoren

Artikel	Omschrijving	Aantal	Bruto prijs	Totaal	BTW
KOSTPRIJS TE VERMENIGVULDIGEN MAAL 4					
Vloerverwarming (Tacker): 88 m <sup>2</sup>					
902350625	COMFORT PIPE PLUS 17X2MM R-640M -	640,00 M	1,2900	825,60	21
902350624	COMFORT PIPE PLUS 17X2MM R-240M -	240,00 M	1,2900	309,60	21
902390121	RASTERFOLIE 0,25MM 100x1,03M R-103M2 -	103,00 M2	2,1500	221,45	21
914480060	RANDISOLATIE 10X150MM R-50M -	100,00 M	1,2700	127,00	21
914480122	PROFIEL MULTI JOINT 1M80x10CM (1,8M)	18,00 M	4,0500	72,90	21
914480063	MANTELBUIS TOT 20MM (30CM) -	30PCE	1,1700	35,10	21
914480064	CEMENTCOMPONENT VD 450 VE-20L -	20,00 L	3,6600	73,20	21
914480075	GELEIDEBOCHT VR.LEIDING 14-17MM -	20PCE	1,9700	39,40	21
902390166	TACKERCLIP D14-20MM BLAUW H40MM STAND (BOX 1000 CLIPS)	3,00BOX	66,8900	200,67	21
902390110	PLAKBANDROL 50 MM (66M) -	2PCE	4,3200	8,64	21
902390555	VERDELER KOMFORT SBK 5 GROEPEN -	2PCE	294,0000	588,00	21
902370260	PE-XA KLEMRING-SCHR.KOP. 17MMX 3/4 B-10S BI.DR. EUROCONUS	20PCE	2,7300	54,60	21
Convectoren/Radiatoren en toebehoren					
SPECIAL	HD EL IRIS L500 H916 RAL 9016 (11164) -Badkamer 1	1PCE	332,0000	332,00	21
910650915	SD SLIDEX REG.+W.RAL9016	1PCE	179,0000	179,00	21
SPECIAL	STRW 095 120 21.001/DBE - Slaapkamer 4	1PCE	680,0000	680,00	21
SPECIAL	STRW 095 070 16.001/DBE -Doucheceel	1PCE	452,0000	452,00	21
SPECIAL	HANDDOEKHOUDER 5501001 L56	1PCE	161,0000	161,00	21
SPECIAL	COLO.SW2.JC.316 16/2 (SET 25)	2PCE	52,9000	105,80	21
901002308	BUIS TITAFIX 16 X 2 ROOD (50M)	50,00 M	1,6600	83,00	21
901002307	BUIS TITAFIX 16 X 2 BLAUW (50M)	50,00 M	1,6600	83,00	21
920012560	KOLLEKT. 1" - 2 X 1/2 + 3/8" 200.100.802 .	2PCE	9,2100	18,42	21
920014940	EINDSTOP VERDELER 1M 510.000.011 .	2PCE	2,1600	4,32	21
921012740	FLEXVENT 3/8 .	2PCE	13,0800	26,16	21
920013280	VERLOOPSTUK 1"M X 3/4"V 300.001.128 .	2PCE	2,3900	4,78	21
923010192	BOLKRAAN 4625 90°F 3/4"RO.+KOPP.M 3/4"	2PCE	22,8200	45,64	21
920021100	PERSKOP 3/4"M X 26/3 RECHT 308.010.756 .	2PCE	6,1900	12,38	21
920013500	KLEMKOP 1/2"M X 16/2 ALPEX 301.010.518 .	4PCE	4,2000	16,80	21
920112706	OPHANGBEUG.DUBBELW.GEPERSTE KOL .1" .	2PCE	5,6800	11,36	21
Pompgroep en toebehoren					
922760430	VERDEELBALK 3 VERW KRINGEN 330519.2 .	1PCE	232,2200	232,22	21
SPECIAL	POMPGR Z/P ONGEM 4/4" 330500.5 922760700	1PCE	184,7600	184,76	21
SPECIAL	POMPGR Z/P GEM 4/4" 330507.1	1PCE	288,8300	288,83	21
926570425	YONOS PICO 25/1-8 180 1X230 A-LABEL -Vloerverwarming	1PCE	416,4100	416,41	21
926570410	YONOS PICO 25/1-4-180 1X230 A LABEL -Radiatoren	1PCE	258,5000	258,50	21
922760740	STELMOTOR MEIBES 330525.8 .	1PCE	156,7000	156,70	21
922760460	WANDBEVEST VERDEELBALK 2ST 330528.0 .	1PCE	56,4000	56,40	21
913660620	SANIT.EXPANSIEVAT AD 18.10 - 10BAR .	1PCE	109,9200	109,92	21
913650540	EXPANSIEVAT SD 25.3 - 3 BAR .	1PCE	82,4900	82,49	21
921630330	HEA CV VULSET MET CA KLEP 3/4	1PCE	46,5500	46,55	21

### 6.5.7.2 Bruto kostprijs warmtepomp Panasonic + warmteafgiftesysteem

Warmtepomp en toebehoren					
SPECIAL	ST AQUA SPLIT TCAP09 BINNENUNIT(WH-SX09F3E5) - Binnenunit	1PCE	3.227,0000	3.227,00	21
SPECIAL	ST AQUA SPLIT TCAP09 BUITEN UNIT (WH-UJ09FE5)	1PCE	2.870,0000	2.870,00	21
SPECIAL	BUFFERVAT 100L (100PPAC)	1PCE	550,0000	550,00	21
SPECIAL	STANDAARD BOILER 300L PANASONIC WH-TD30E3E5-1	1PCE	1.571,0000	1.571,00	21
SPECIAL	BEDRADE OMGEVINGSTHERMOSTAAT PAW-A2W-RTWIRED	1PCE	169,0000	169,00	21
SPECIAL	ONDERLEGBLOKKEN (PAAR) 7ACTL0472000	1PCE	65,0000	65,00	21
920691450	ZONEVENTIEL 3-WEG 1/2" 24 VOLT 153150 .	1PCE	132,0000	132,00	21
<b>Optie</b>					
SPECIAL	OPSTART Opstart + aansluiting +Vacumeren	1PCE	385,0000	385,00	21

Vermelde prijzen zijn exclusief BTW.

Totaal (EUR)	15.188,60
Kosten (EUR)	0,00

### 6.5.7.3 Kostprijs warmtepomp Alpha-Innotec + Warmte afgiftesysteem

Warmtepomp en toebehoren					
SPECIAL	WARMTEPOMP LW101A	1PCE	9.336,0000	9.336,00	21
SPECIAL	Volle montagebalk in kunststof 1000 x 120 x 60	2PCE	22,5000	45,00	21
SPECIAL	ALPHA BUFFERVAT TPS 200 - 4 aansluitingen 1 1/2"	1PCE	643,0000	643,00	21
SPECIAL	ALPHA KLEP VER/TAPW USV 1" -driewegkraan	1PCE	152,0000	152,00	21
SPECIAL	ALPHA TAPW.BUFFER.300L + VOELER	1PCE	1.572,0000	1.572,00	21
SPECIAL	ALPHA AANSL. SET 1" + 4 TULES (IPA1")	1PCE	67,0000	67,00	21
SPECIAL	ALPHA STUUR/VOELERBEKAB.5m WP/REG. STL 5	1PCE	118,0000	118,00	21
X002000588	YONOS MAXO 25/0,5-7 PG2	1PCE	724,5000	724,50	21
920682220	POMPSETKOPP. 1"+ TERUGSL+ 2 BOLK 22906 .	1PCE	42,7000	42,70	21
SPECIAL	LUXTRONIK 2.0 - Externe regelaar wandmodel	1PCE	925,0000	925,00	21
<b>Optie</b>					
SPECIAL	OPSTART - Korting navragen	1PCE	500,0000	500,00	21

Onze offerten zijn gebaseerd op de door u verstrekte gegevens, desondanks dient u de aantallen steeds te controleren. De niet omschreven onderdelen die het hydraulisch schema compleet maken zijn extern te voorzien.

Vermelde prijzen zijn exclusief BTW.

Totaal (EUR)	20.229,80
Kosten (EUR)	0,00

### 6.5.7.4 Welke offerte wordt er gekozen?

In de bovenstaande prijsoffertes is duidelijk een prijsverschil op te merken. De kostprijs van de split unit ligt maar liefst 5041 euro lager dan de monobloc van Alpha-InnoTec. Het prijsverschil is hoofdzakelijk te wijten aan de kostprijs van de warmtepomp, de duurdere regeling en de extra primaire circulatiepomp. Ondanks het prijsverschil opteren we toch voor de LW 101A omdat het vermogen beter afgestemd is op het warmteverlies, de COP lichtjes hoger ligt en de regeling een centrale regeling is met veel mogelijkheden. De LW 101A zal daardoor op langere termijn het prijsverschil compenseren. Opgelet de prijzen zijn bruto prijzen aangezien de korting van de importeur "Nathan" groter is, zal het prijsverschil kleiner worden.

## 7 Conclusie

Tijdens het aanvatten van mijn stageperiode was de hoofddoelstelling het leren berekenen van verwarmingssystemen en ventilatiesystemen zodat ik mee kon functioneren in het stagebedrijf. Mijn scriptie omvatte daarom een warmteverliesberekening, een berekening van een C+ventilatiesysteem en een berekening van een warmtepompsysteem.

### In welke mate is het project gerealiseerd?

#### *Warmteverliesberekening:*

Na het opzoeken en bestuderen van de norm NBN EN 12831 kon een handmatige berekening van het warmteverlies in de woonkamer/keuken gemaakt worden. Hieruit kon besloten worden dat het Excel rekenblad van Centratec sommige warmteverliezen door ventilatie fout berekende. Uiteindelijk kon door een kleine aanpassing aan de berekening toch het totale warmteverlies van de woning berekend worden. Het berekenen van de warmteverliezen via het Excel document is een pluspunt omdat hierdoor een nauwkeurige berekening gemaakt kan worden op een snelle en efficiënte manier.

#### *Berekening C+ventilatie:*

Voordat de componenten van het C+ventilatiesysteem bepaald kon worden, moest het afvoerdebiet van de installatie gekend zijn. Om het debiet te berekenen kon een Excel document van het school geraadpleegd worden waaruit bleek dat 250 m<sup>3</sup>/h per woning nodig was. Vervolgens konden de componenten aan de hand van een zelf getekend legplan met Visio snel bepaald worden. Het legplan tekenen was een pluspunt aangezien het niet gemakkelijk was om de installatie te dimensioneren want uiteindelijk bleek de architect de technische koker van de stijgleidingen vergeten te zijn in het bouwplan. Jammer genoeg bleek de beste oplossing hiervoor een omkasting van de leidingen in de slaapkamer te zijn. Een tweede minpunt van de installatie was het gebruik van de flexibele geluidsdempers wegens de matig demping. Toch werden ze gebruikt door de gemakkelijke installatie. Uiteindelijk konden alle componenten bepaald worden waardoor een prijsofferte opgesteld kon worden voor het bedrijf "Thermoquality".

#### *Berekening warmtepompsysteem:*

Door de berekende warmteverliezen van het Excel rekenblad kon het warmteafgiftesysteem bepaald worden. De keuze voor vloerverwarming en low-h<sub>2</sub>O convectoren had het voordeel dat de warmtepomp op een laag regimetemperatuur (35°C/30°C) kon werken waar de warmtepomp zijn hoogste COP behaalde. Voor de keuze van een warmtepomp kon er beroep gedaan worden op de leveranciers, zei stelden verschillende vermogens ter beschikking. Uiteindelijk werd er gekozen voor de Panasonic T-CAP 9KW en de Alpha-InnoTec LW101A omdat deze vermogens het kortste bij de gevraagde vermogens lagen. Na een korte prijsvergelijking van het systeem kon al snel besloten worden dat de LW101A een stuk duurder was zonder de kortingen. Ondanks het prijsverschil werd er toch geopteerd voor de LW 101A omdat deze warmtepomp beter afgestemd is op de woning waardoor een beter rendement behaald kan worden.

In het algemeen kan er dus besloten worden dat de doelstellingen van mijn scriptie behaald zijn.

Wat zal er met het project gebeuren?

Het was de bedoeling dat de prijsofferten van de warmtepompinstallatie en het ventilatiesysteem doorgestuurd zouden worden naar de klant "Thermoquality". Dat is helaas niet gebeurd omdat de ondernemer besloten heeft het gebouw te verwarmen met de radiatoren van Radson en condensatieketels van het merk ATAG. Hiervoor heb ik later ook een prijsofferte opgesteld aan de hand van mijn warmteverliesberekening. De prijsofferte voor het ventilatiesysteem is ook niet doorgestuurd omdat er in tweede instantie gekozen werd voor het Vasco ventilatiesysteem D.

Wat zou ik veranderen als ik het opnieuw zou doen?

Indien ik mijn scriptie opnieuw zou doen dan zou ik kiezen voor een ventilatiesysteem D met warmteterugwinning omdat het warmteverlies kleiner is. Daardoor kan het vermogen van de warmtepomp misschien een type kleiner gekozen worden met als resultaat een prijsdaling. Ook zou ik de warmtepompen niet meer installeren op het platdak maar in de tuin op een betonnen sokkel zodat de geluidproductie (49 db) niet storend kan zijn.

Wat heb ik geleerd uit deze stage?

Een groot deel van deze stageperiode heb ik doorgebracht op de calculatiedienst. Hier heb ik heel veel technische maar ook praktische ervaring opgedaan in verband met het selecteren van een verwarmingsysteem en ventilatiesysteem. Zo ben ik snel tot de conclusie gekomen dat er weinig tijd is om een installatie nauwkeurig te berekenen. Daarom is het gebruik van snelcalculaties noodzakelijk om de prijsofferte te verkopen. Indien de prijsofferte verkocht is kan de installatie in overleg met de klant nauwkeurig uitgewerkt worden. Bij het uitwerken van deze offertes kwam ik vaak tot de conclusie dat een lage kostprijs zeer belangrijk is.

## 8 Bijlage

## Referenties

- [1] P. Kimpen, „Centratec,” [Online]. Available: <http://www.centratec.be/nl/page/5/contact/index.aspx>. [Geopend 7 04 2014].
- [2] Viega, 2014. [Online]. Available: <http://www.viega.be/xchg/nl-be/hs.xsl/7622.htm>. [Geopend 17 April 2014].
- [3] Renson, „Systeem E+,” *Renson "Creating healthy spaces"*, vol. 2014, p. 15.
- [4] Begetube en Comap, „Vloerverwarming op ketel of warmtepomp,” *Sanilec*, nr. 159, pp. 17-19, 2014.
- [5] Confederatiebouw, „Modulair handboek centrale verwarming,” in *Warmteverlies berekenen: praktische uitleg*, Koningsstraat 132/5, 1000 Brussel, Fvb-ffc Constructive, 2013, p. 100.
- [6] N.Houben, *Bouwfysica: Thermisch en hygrisch gedrag van gebouwen*, Hasselt: Xios Hogeschool, 2013.
- [7] WTCB, „www.wtcb.be,” 2003. [Online]. Available: [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=WTCB\\_Rapport\\_7.pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=WTCB_Rapport_7.pdf&lang=nl). [Geopend 02 05 2014].
- [8] A. V. Damme, „Het Belgisch Staatsblad,” in *EPB-eisen bij nieuwbouw*, Brussel, DE VLAAMSE GEMEENSCHAP, 2005, pp. 200-202.
- [9] P. Van Den Bossche, „Ventilatiegids,” in *Stappenplan voor comfortabel energiezuinig ventileren*, Brussel, De Nayer instituut, 2007, p. 10.
- [10] A. Camps, *20120205\_Rekenblad\_residentieel (12)*, Diepenbeek: PXL Hogeschool, 2014.
- [11] Renson, „Healthbox II,” *Renson "Creating healthy spaces"*, p. 11, 2014.
- [12] Ventiline, „Ventiline,” Ventiline products, [Online]. Available: [www.ventiline.be/web/index.php/producten/ventichape-ventiflex/158-flexibel-gepatenteerd-instortleidingsysteem-50mm](http://www.ventiline.be/web/index.php/producten/ventichape-ventiflex/158-flexibel-gepatenteerd-instortleidingsysteem-50mm). [Geopend 16 mei 2014].
- [13] DKdomotica, „D&K Doumen en Kellens,” [Online]. Available: <http://www.dkdomotica.be/referenties/detail/ventilatiesysteem-d/37/>. [Geopend 16 Mei 2014].
- [14] Hilti, „Hilti,” [Online]. Available: <https://www.hilti.be/directe-bevestiging/nagels-%26-bouten/r4069>. [Geopend 17 Mei 2014].
- [15] A. Camps, „www.habitos.be,” december 2011. [Online]. Available: <http://habitos.be.msn.com/nl/bouwen/help-mijn-ventilatie-maakt-lawaai-6324/>. [Geopend 24 05 2014].

- [16] S. V. Roey, *Warmteproductie*, Brussel: Leo Broekaert, 2012.
- [17] Circulair, „Circulair,” [Online]. Available: [http://www.circulair.be/cv/warmtepomp/#.U4gbdfl\\_tHA](http://www.circulair.be/cv/warmtepomp/#.U4gbdfl_tHA). [Geopend 2014 04 24].
- [18] Partners, Digital Management, *Warmtepomp-oplossingen voor bodem, lucht en zon.*, Wevelgem: CTC, 2014.
- [19] Ecothermo, „Ecothermo,” [Online]. Available: <http://ecothermo.be/warmtepomp/soorten-warmtepomp/water-water-warmtepomp/>. [Geopend 26 04 2014].
- [20] F.-W. F. G. & Co.KG, *Wärmepumpen-Guide*, Kasendorf 95359: Alpha-InnoTec GmbH, 2012.
- [21] Ode Vlaanderen, *Warmtepompen voor woningverwarming*, Brussel: Vlaams Energieagentschap, 2009.
- [22] Anouk Van de Meulebroecke, „Code van goede praktijken,” Ode, Koningstraat 35, Brussel 1000, 2006.
- [23] Nathan Import, „Nathan,” [Online]. Available: [http://www.nathan.nl/userfiles/library/pdf/uponor/uponor\\_tacker.pdf](http://www.nathan.nl/userfiles/library/pdf/uponor/uponor_tacker.pdf). [Geopend 26 05 2014].
- [24] Nathan Import, *Komfort*, Zaventem, 2013.
- [25] Jaga, *Catalogus Jaga*, Diepenbeek, 2014.
- [26] Vasco, *Technische Handboek/ Prijslijst België*, 2014.
- [27] Wilo, „Wilo,” [Online]. Available: [http://productfinder.wilo.com/nl/BE/product/0000002a0000d5430001003a/fc\\_product\\_datasheet](http://productfinder.wilo.com/nl/BE/product/0000002a0000d5430001003a/fc_product_datasheet). [Geopend 2014].
- [28] Panasonic, *Service manual*, Europalaan AE den boche, 2013-2014.
- [29] ECR, „Europe Commercial Refrigeration,” [Online]. Available: [ww.ecr-nederland.nl/nl/catalog/airconditioning-airconditioning-toebehoren-condensaatpompen/diversen-opstellingen-en-bevestigingen-beschermkooi-afvoerslangen/opstellingen-en-bevestigingen/opstellingsprofielen-fix-it](http://ww.ecr-nederland.nl/nl/catalog/airconditioning-airconditioning-toebehoren-condensaatpompen/diversen-opstellingen-en-bevestigingen-beschermkooi-afvoerslangen/opstellingen-en-bevestigingen/opstellingsprofielen-fix-it). [Geopend 30 05 2014].
- [30] Alpha-Innotec, *Lucht/water warmtepompen buitenopstelling*, 2014.
- [31] Alpha-InnoTec, *Hydraulischemen Professionell*, Alpha-InnoTec, 2014.
- [32] VEA, „Energiesparen,” ODE-Vlaanderen, Brussel, 2009.
- [33] Radson, „Radson,” [Online]. Available: <http://www.radson.com/be/downloads/technische-fiches.htm>. [Geopend 2014].

