

BUMACO

Leopoldskazerne Gent

Door: Maaren Nijs

Hogeschoolpromotor: Geert De Nies

Bedrijfspromotor: Lode Jacobs (Bumaco)

PBA Elektromechanica
Afstudeerrichting Klimatisering

Bachelorproef voorgedragen tot het behalen
van de graad en het diploma van bachelor

Campus De Nayer

Woord vooraf

Deze scriptie is geschreven voor mij bachelorproef van professionele bachelor elektromechanica afstudeerrichting Klimatisering.

Ik heb dit uiteraard niet helemaal alleen gedaan zou graag dit voorwoord gebruik om een aantal mensen te bedanken:

Als eerste zou ik mijn bedrijfspromotor Lode Jacobs willen bedanken voor de mooie kans en de veelvoudige uitleg die hij mij gegeven heeft tijdens mijn stage. Niet enkel hij maar heel de afdeling HVAC van Bumaco heeft me veel geholpen bij het maken van mijn bachelorproef.

Ook zou de mensen van de werf in Gent willen bedanken voor hun warme welkom, hun goede uitleg de dagen dat ik daar was en dat ze me naar daar hebben gereden elke dag.

Tenslotte zou ik mijn promotor Geert De Nies willen bedanken voor zijn goede raad en veel geduld.

Samenvatting

De Leopoldskazerne in Gent moet gerenoveerd worden tot een volwaardig hotel met 110 kamers en bijhorende faciliteiten. Het HVAC-gedeelte wordt opgeleverd door meerdere bedrijven binnen de Bumacogroup, vooral de HVAC-afdeling van Bumaco.

De bachelorproef omvat een beschrijving van de volledige HVAC, maar gaat dieper vooral in op de installatie en ontwerp van het SWW-systeem met CO₂ warmtepompen van Mitsubishi. Alsook het opmaken van logistieke documenten bv. materiaallijst, kabellijst,

Er is slechts 1 keer met CO₂ warmtepompen gewerkt binnen Bumaco en daar is dus veel onderzoek naar de werking hiervan gebeurd.

Inhoudstafel

Inhoud

1.	Inleiding.....	15
1.1.	Voorstelling Bumaco	15
1.1.1.	Bumaco.....	15
1.1.2.	Bumaco Group.....	15
1.2.	Voorstelling Leopoldskazerne	16
2.	Probleemstelling	17
2.1.	Omschrijving van de kazerne	17
2.1.2.	Korte omschrijving probleemstelling	17
2.1.3.	Opdeling.....	17
2.1.1.	Beschrijving van de kamers	18
2.1.2.	Beschrijving van de gemeenschappelijke ruimtes	18
2.2.	SWW	19
2.2.1.	Productie.....	19
2.2.2.	Verbruik.....	19
2.2.3.	Warmtepompen	21
2.2.4.	SWW-vaten.....	22
2.3.	Verwarming en koeling.....	23
2.4.	Warmteverlies en koellast	25
2.5.	Opvolgen van de Bouw	25
2.6.	Verdeling SWW	25
3.	Methode	26
3.1.	Normen.....	26
3.2.	Lastenboek	26
3.3.	Werfbezoeken	26
3.4.	Externe programma's	27
3.4.1.	LiNear	27
3.4.2.	Buildwise.....	27
3.4.3.	Climapulse	27
3.5.	Communicatiestructuur van een werf.....	28
4.	Onderzoek	30
4.1.	Warmtepomp.....	30
4.1.1.	Warmtepomp	30
4.1.2.	Principewerking conventionele warmtepomp.....	30
4.1.3.	CO ₂ of R744 als koelmiddel.....	33
4.1.4.	Principe Werking CO ₂ warmtepomp	36

4.2.	SWW-vat	38
4.2.1.	SWW-vat.....	38
4.2.2.	Werking SWW-vat.....	38
4.2.3.	Legionella.....	38
4.2.4.	Stratificatie	38
4.3.	Leidingen.....	38
4.3.1.	Vorstbeveiliging.....	39
4.4.	Expansievat.....	40
4.4.1.	Expansievat	40
4.4.2.	Werking expansievat.....	40
4.5.	Componenten.....	41
4.5.1.	Beveiliging.....	41
4.5.2.	Ontluchten.....	42
4.6.	Warmteverlies en koellast	43
4.6.1.	Warmteverlies	43
4.6.2.	Koellast	43
4.7.	Verwarming en koeling.....	44
4.7.1.	VRF.....	44
4.7.2.	Bs-Box	44
4.7.3.	Warmteterugwinning	44
4.7.4.	Cassette.....	44
4.8.	Ventilatie.....	45
4.8.1.	Types ventilatie	45
4.8.2.	Warmtewiel	45
4.8.3.	Luchtgroep	45
5.	Resultaten.....	52
5.1.	SWW	52
5.1.1.	Warmtepomp	52
5.1.2.	PID van de warmtepomp	52
5.1.3.	SWW vat.....	55
5.1.4.	Opstelling SWW-vat.....	55
5.1.5.	Expansievat	57
5.1.6.	Leidingen	60
5.1.7.	Componenten	63
5.2.	Sturing	65
5.2.1.	PLC.....	65
5.2.2.	Kabellijst sturing.....	65
5.2.3.	Interface.....	66
5.2.4.	Testen	66

5.3.	Offertes van leveranciers	67
6.	Besluit/Discussie.....	68
	Literatuurlijst	69

Lijst met tabellen

Tabel 1 GP-GE-01	47
Tabel 2 GP-GE-02	48
Tabel 3 GP-GE-03 (incl bar)	50

Lijst met figuren

Figuur 1 Logo Bumaco	16
Figuur 2 Bumaco group	16
Figuur 3 Leopoldskazerne achteraanzicht (doorsnede)	17
Figuur 4 Verloop leidingen warmtepompen	18
Figuur 5 Tapprofiel van Mitsubishi uit Heat-box	19
Figuur 6 Mitsubishi procentueel gebruiksvolume op elk tijdstip van de dag	20
Figuur 7 Cumulatieve energieverbruik over tijd op de dag	21
Figuur 8 A1 Exterieur 3.01 met links de 2 warmtepompen op stelling	22
Figuur 9 communicatiemodel werf	28
Figuur 10 Werking warmtepompcyclus uit ROVC koeltechniek (cursus)	30
Figuur 11 Log p-h diagram ROC koeltechniek	31
Figuur 12 Warmtepompcyclus verschillende temperaturen	32
Figuur 13 https://www.frixis.be/files/ckfinder/files/BE_Module2_2018-2.pdf	33
Figuur 14 veiligheidsclassificatie (Frixis)	35
Figuur 15 druk/temperatuur grafiek CO2 (wikipedia)	35
Figuur 16 CO2-Cyclus (diagram Danfoss)	36
Figuur 17 temperatuurprofielen van warmteafgifte (a) condensatieproces (b) gaskoeler proces. Hiroshi-Yamaguchi-Xin-rong-Zhang-Transcritical-CO2-Heat-Pump-Fundamentals-and-Applications	37
Figuur 18 werking van een gesloten expansievat met variabele druk. WTCB-rapport 14	40
Figuur 19 Schematische voorstelling van de werking van een gesloten expansievat met variabele druk	41
Figuur 20 Luchtgroep GP-GE-01 Leopoldskazerne (Daikin)	46
Figuur 21 bestek Leopoldskazerne (Besam Engineering)	52
Figuur 22 PID-diagram van QAHV-n560ya-hpb Mitsubishi Electric	53
Figuur 23 Ladingsverliezen BADOUX2000 (Detandt)	55
Figuur 24 BADOUX2000 (Detandt)	55
Figuur 25 Hydraulisch schema Leopoldskazerne	56
Figuur 26 Expansiecoëfficiënt van het vat (initiële vul watertemperatuur van 10°C) (WTCB)	58
Figuur 27 Reflex N80 (Reflex)	60
Figuur 28 Lineaire drukverliezen en watersnelheden in stalen leidingen (DN10 tot DN65) voor water op 80 °C, stalen leidingen overeenkomstig de productnorm NBN EN 102255 [B17]. (WTCB)	61
Figuur 29 Hydraulisch schema met leidingnummers	62
Figuur 30 Lineaire en plaatselijke verliezen	62
Figuur 31 tracing Mitsubishi installatie handleiding	63
Figuur 32 Kabellijst van PLC Leopoldskazerne	65

Lijst met afkortingen

Afkorting	Betekenis	Vertaling
SWW	Sanitair warm water	
WW	Warmtewisselaar	
HVAC	Heating, ventilation, air conditioning	Verwarming, ventilatie, airconditioning
VRF	Variable refrigerant flow	Variabel koelmiddel debiet
CAD	Computer-aided design	Computerondersteund ontwerp
2D	2-Dimensionaal	
3D	3-Dimensionaal	
WTCB	Wetenschappelijk en technisch centrum voor bouwbedrijven (nu Buildwise)	
NBN	Bureau voor normalisatie	
COP	Coëfficiënt of performance	Prestatie coëfficiënt
SCOP	Seasonal coefficient of performance	Seizoensgebonden prestatie coëfficiënt
CO ²	Koolstofdioxide	
HCFK	HydroChloorFluorWaterstof	
HFK	FluorKoolWaterstof	
GWP	Global warming potential	Globaal opwarmingpotentieel
DN	Nominale diameter	
Glycol	Ethyleen glycol	
ODP	Ozone depletion potential	Ozon afbrekend potentieel
CFC	trichloorfluormethaan	

Lijst met Symbolen

Grootheid	Eenheid	Symbool
Vermogen	Kilo Watt	kW
	Graden	
Temperatuur	Celcius	°C
Volume	Liter	L
Druk	Bar of Pascale	Bar of Pa

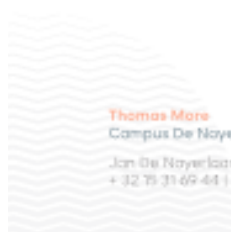
Opstartverslag



Opstartverslag bachelorproef Student + promotoren

Gegevens student(en)	
Student 1: Maaren Nijs Opleiding: EM Klimatisering GSM: 0477099888	Student 2: / Opleiding: / GSM: /
Gegevens bedrijf/ instelling	
Naam: Bumaco Adres: Stationsstraat 216 – 3110 Rotselaar Tel: +32 016 44 69 73	
Gegevens bedrijfspromoter	
Naam: Lode Jacobs Functie: Projectleider Afdeling: HVAC	Tel/GSM: +32 472098866 Email: lode.jacobs@bumaco.be

Gegevens bachelorproef
<p>Titel bachelorproef</p> <p>HVAC & productie sanitair warmwater Leopoldskazerne te Gent</p>
<p>Omschrijving van het probleem</p> <p>In Gent wordt een deel van de Leopoldkazerne omgebouwd tot een hotel, en moet voorzien worden van HVAC en sanitair warm water.</p>
<p>Doelstellingen van de bachelorproef (kwantitatief en meetbaar)</p> <p>Verder uitwerken /dimensioneren ventilatie (de ventilatie is nog maar enkel zuiver theoretisch berekend en moet nagekeken worden en nog omgezet worden naar praktische waarden + selectie van componenten)</p> <p>Kennis van VRF-installatie inclusief warmteverlies & koellast berekening. (van enkele kamers als controle)</p> <p>Uitwerken hydraulisch schema productie sanitair warm water.</p> <p>Mee opvolgen van de werf.</p>



Thomas More
Campus De Noyer

Jan De Noyerlaan 5, 2840 Sint-Kateljke-Waver, België
+32 (0) 31 69 44 | info.denoyer@thomasmore.be | www.thomasmore.be

Gewenst resultaat: wat moet er (minimaal) opgeleverd worden?

Volledige Kennis van de installatie

Afgewerkte schema's van HVAC en SWW

Materiaallijsten van alle componenten van HVAC en SWW

berekeningen (ventilatie debieten, luchtsnelheden, vermogens buitenunits ifv binnenuit DX) Deze zaken zullen concreter worden bij aanvang stage.

Wat is de planning (activiteiten van de student + includeer ook planning m.b.t. het schrijven van de scriptie)?

Week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Taken													
Hydraulische schema's													
Dimensioneren van componenten													
Opmaak stukkenlijst													
Bestellen stukken													
Oplopen van werf													
Scriptie													
Inleiding													
Grote structuur													
1ste versie afmaken													
2de versie afmaken													
Opmaak en net schrijven													

1. Inleiding

1.1. Voorstelling Bumaco

1.1.1. Bumaco

Bumaco, opgericht in 1994 in Rotselaar, is inmiddels het grootste filiaal van de Bumaco Group en is gespecialiseerd in de montage, het onderhoud en de verhuur van middelgrote tot grote HVAC- en koelinstallaties. Deze bachelorproef vond plaats in de hoofdvestiging te Rotselaar, onder begeleiding van Lode Jacobs en Geert De Nies. Rotselaar is een van de vijf vestigingen van Bumaco.

In dit project is Bumaco verantwoordelijk voor het ontwerp, de plaatsing en het onderhoud van de verwarmingsinstallatie, ventilatie en de productie van SWW voor het gehele hotel. [1] [2]

1.1.2. Bumaco Group

Bumaco heeft vandaag de dag meerdere zuster- en dochterbedrijven en telt meer dan 430 werknemers, verspreid over verschillende vestigingen in heel België.

- 1994: Bumaco wordt opgericht als specialist in HVAC- en koelinstallaties.
- 2008: Solairco wordt opgericht om te voldoen aan de groeiende vraag naar zonnepanelen en is gespecialiseerd in de installatie hiervan.
- 2012: Kitchco breidt het aanbod uit door niet alleen koelinstallaties, maar ook volledige professionele keukens te leveren.
- 2012: Coolair in Duffel wordt overgenomen. In 2018 verandert de naam in Bumaco Duffel.
- 2015: Heatco specialiseert zich in verwarmingsoplossingen voor zowel particuliere woningen als grote projecten.
- 2018: Electrico, voorheen Elektriciteit Geelen, sluit zich aan bij Bumaco Group. Dit bedrijf is gespecialiseerd in algemene elektriciteitswerken, elektronische beveiliging en slimme gebouwbeheersystemen.
- 2020: Bumaco Kempen, voorheen AVS Service, gevestigd in Westerlo, wordt onderdeel van de Bumaco Group.
- 2020: Inoxplus wordt overgenomen, wat maatwerk in inox toevoegt aan de diensten van de groep.
- 2022: Partnerschap met Casteleyn Horecamaterialen voor uitbreiding in horecamateriaal.
- 2022: Biomedico, een specialist in professionele koeloplossingen voor laboratoriumtechnologie, sluit zich aan bij Bumaco Group.
- 2023: Partnerschap met Berton Koeltechniek om koeltechnische expertise verder te versterken.
- 2023: Overname van Hilux-Decomax, wat het aanbod aan koeloplossingen uitbreidt.
- 2024: Speed Bake wordt toegevoegd aan het assortiment als leverancier van ovens en magnetrons.

[1] [2]

1.2. Voorstelling Leopoldskazerne

De Leopoldskazerne werd gebouwd tussen 1890 en 1905 en ontworpen door Modeste de Noyette en O. Geerling. Ze is vernoemd naar Leopold I. De hoofdingang bevindt zich aan de Gaspar de Craeyerstraat, nabij het Citadelpark in Gent. Sinds 1907 werd de kazerne volledig in gebruik genomen door het 2de Linieregiment van het Belgische leger. In de loop der jaren heeft het gebouw meerdere functies gehad: van behuizing voor militairen en opleidingscentrum tot, meer recent, verkoop in 2007 aan het HISK (Hoger Instituut voor Schone Kunsten). In 2022 hebben zij deze locatie moeten verlaten vanwege de herontwikkeling.

Naar opdracht van 'JAM Hotels', partner van 'Nelson Group' wordt het gebouw gerenoveerd tot een hotel en zou moeten openen in de zomerperiode van 2025. In september 2023 is de administratie van Provincie Oost-Vlaanderen.



Figuur 1 Logo Bumaco



Figuur 2 Bumaco group

2. Probleemstelling

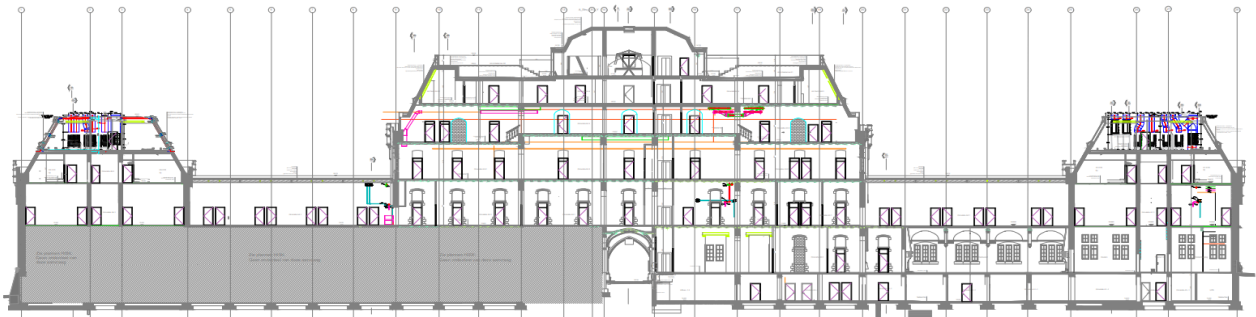
2.1. Omschrijving van de kazerne

2.1.2. Korte omschrijving probleemstelling

De Leopoldskazerne bestaat uit vier delen die samen een rechthoek vormen met een centraal plein. Deze bachelorproef richt zich uitsluitend op het gedeelte aan de Gaspar de Craeyerstraat. Dit deel wordt volledig gerenoveerd en omgevormd tot een hotel met 110 kamers voor gasten.

In elke gastenbadkamer wordt sanitair warm water voorzien voor douches en wastafels, evenals in de dienst medewerkers ruimtes (zoals keukens en bars) en in sommige algemene ruimtes (zoals de toiletten). Bumaco is verantwoordelijk voor de productie van SWW (sanitaire warm water), maar niet voor de distributie, die wordt uitgevoerd door een andere firma (Blondeel).

2.1.3. Opdeling



Figuur 3 Leopoldskazerne achteraanzicht (doorsnede)

Het gebouw is opgedeeld in 5 delen met:

- A1 de rechter toren
- A2 de gang rechts
- A3 het hoofdgebouw
- A4 de gang links
- A5 de linker toren

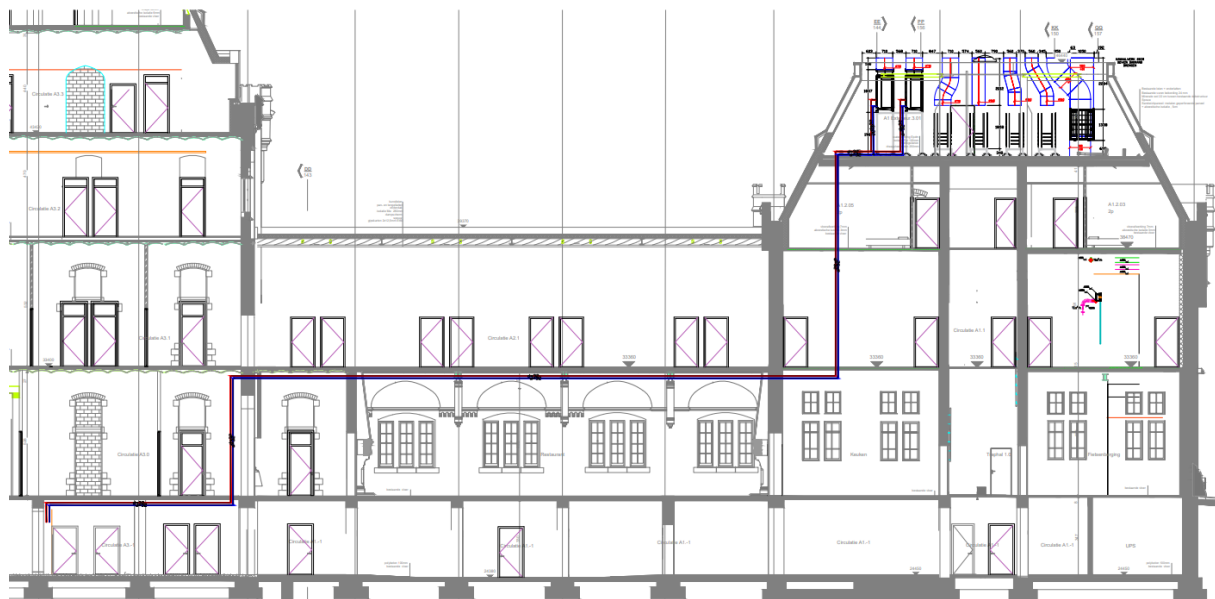
De verschillende verdiepingen zijn opgedeeld als volgt

- 1 kelder
- 0 gelijkvloers
- +1 eerste verdieping
- +2 tweede verdieping
- +3 derde verdieping
- +4 vierde verdieping
- +5 vijfde verdieping

Er is ruimte voorzien voor de twee warmtepompen voor SWW op niveau A1 +3. Dit deel van het gebouw lijkt vanaf de straatkant op een gewone zolder, maar functioneert eigenlijk als openluchtgebied. Het dak is omringd door een schuin dak, zodat het historische aanzicht van het gebouw behouden blijft en de warmtepompen toch "buiten" kunnen staan.

Omdat de warmtepompen op het dak zijn geplaatst en dit alleen toegankelijk is via een ladder, zullen alle onderdelen op één centraal punt samenkomen voor eenvoudig onderhoud en technische ingrepen. De

leidingen van de warmteopwekkers lopen naar beneden naar de technische ruimte in de kelder. Hier staan niet alleen de SWW vaten, maar bevinden zich ook alle regel- en veiligheidsonderdelen.



Figuur 4 Verloop leidingen warmtepompen

2.1.1. Beschrijving van de kamers

Door het hotel zijn er verschillende soorten kamers beschikbaar voor gasten, met een verschillende capaciteit en lay-out. Er is wel in elke kamer een persoonlijke douche en lavabo voorzien. Er zal dus een tappunt met warm water naar alle gastenkamers moeten lopen.

Elke kamer is ook voorzien van een eigen binnenuit van de VRF om zelf hun eigen temperaturen te regelen. De binnenuit verschillen ten opzichte van elkaar in vermogen, aangezien hun warmteverliezen en koellasten anders zijn.

2.1.2. Beschrijving van de gemeenschappelijke ruimtes

In de gemeenschappelijke ruimtes worden ingebouwde plafondcassettes gebruikt. Deze cassettes regelen zowel de temperatuur als het luchtdebiet. Elke gemeenschappelijke ruimte is uitgerust met één of meerdere cassettes. Er wordt buiten de luchtregeling door de cassettes, ook nog een luchtgroep met pulsie en extractie gebruikt.

2.2. SWW

2.2.1. Productie

SWW is water dat uitsluitend wordt gebruikt voor sanitaire doeleinden, zoals schoonmaken, drinken, koken, wassen en douchen. Daarom is een correcte voorziening van groot belang om het comfort van de gasten te waarborgen. Wanneer er niet voldoende SWW beschikbaar is, kan dit ertoe leiden dat er op bepaalde momenten het comfort verminderd wordt.

Aan het begin van elk project stelt een studiebureau een lastenboek op om een goed inzicht te krijgen in het totale verbruik van het gehele gebouw. Dit lastenboek moet grondig en kritisch worden beoordeeld om eventuele fouten te identificeren voordat de berekeningen beginnen.

Uit het verbruiksprofiel opgesteld door Mitsubishi blijkt dat er een minimaal vermogen 70 kW nodig is, met een opslagvolume van 6000l. Deze gegevens werden vervolgens met de klant besproken om tot de best mogelijke oplossing te komen. Aangezien een hogere toevoertemperatuur en een groter vermogen wordt gebruikt is er na bespreking met de klant en het studiebureau besloten een kleinere opslag te gebruiken.

In deze bachelorproef is uiteindelijk gekozen voor twee warmtepompen, geplaatst op het dak van gebouw A1. Het gaat om twee monoblock-systemen met een totaalvermogen van twee keer 40 kW. De warmtepompen leveren hun warmte via twee warmtewisselaars aan de SWW vaten van het type BADOUX 2000, met een inhoud van twee keer 2048 liter. Deze vaten bevinden zich in het technische lokaal op de benedenverdieping. Vanuit dit lokaal wordt het SWW naar alle kamers gedistribueerd, een taak die door een externe firma wordt uitgevoerd en dus buiten de scope van dit project valt.

Voor situaties waarin een warmtepomp uitvalt of wanneer onderhoud nodig is, is in beide SWW vaten een elektrische weerstand van 20 kW geïnstalleerd. Omdat een elektrische weerstand veel energie verbruikt, zal deze oplossing altijd tijdelijk worden ingezet.[3]

2.2.2. Verbruik

Voordat een installatie gedimensioneerd wordt, moet er eerst een aantal aannames worden gedaan over het verbruik van het gebouw. Deze berekeningen zijn enkel geschatte waarden gebaseerd op aannames.

Mitsubishi heeft deze berekeningen gedaan via Heat-Box een programma voor het dimensioneren van onder andere SWW verbruik

In het tapprofiel wordt er beschreven welk type gebouw er wordt gedimensioneerd en ook het aantal tappunten en hun soort. Zoals er in de afbeelding te zien is, zijn er 110 kamers ter beschikking met elk een wastafel en een douche. Er is ook beschreven hoeveel debiet er wordt verbruikt per type tappunt.

De gelijktijdigheid is een geschatte waarde die aangeeft hoeveel procent van de gebruikers er op hetzelfde moment worden gebruikt.

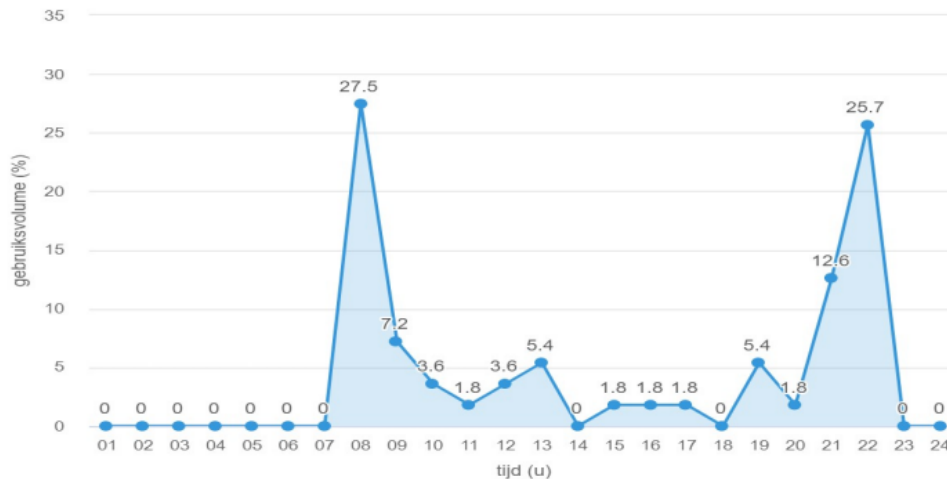
2. TAPPROFIEL					
●	type gebouw				hotel
●	aantal kamers				110 #
●	gelijktijdigheid				9.5 %

tappunten	tappunten (#)	debiet tappunt (l/min)	gebruik tappunten (totaal #/dag)	gebruiksduur (min/#)	gebruiksvolume (l/#)
douche (luxe)	110	20	110	5	100
wastafel (badkamer)	110	4	110	2	8

Figuur 5 Tapprofiel van Mitsubishi uit Heat-box

In deze grafiek is te zien welk percentage van het totale verbruikte volume aan SWW wordt gebruikt op verschillende tijdstippen van de dag. Het is duidelijk dat de grootste pieken in verbruik optreden in de ochtend en avond, met name tussen 7:00 - 9:00 uur en 20:00 - 23:00 uur. Dit kan worden verklaard door het feit dat de meeste mensen 's ochtends en/of 's avonds douchen. Er zal dan ook veel aandacht moeten worden besteed aan het garanderen van voldoende SWW tijdens deze piekmomenten. Het is belangrijk te begrijpen dat er wordt gesproken over het volume dat effectief wordt gebruikt en niet het volume in het opslagvat.

3. VERBRUIKSPROFIEL



Figuur 6 Mitsubishi procentueel gebruiksvolume op elk tijdstip van de dag

Verbruikscurve:

Dit is het cumulatieve energieverbruik van SWW. Het toont de hoeveelheid water die wordt gebruikt, uitgedrukt in kWh. Deze waarde is cumulatief en het totale verbruik is zichtbaar op het tijdstip 00:00 (aan de rechterkant). Deze curve toont enkel de energie van het gebruikte water en niet de energie die nodig is om het water te verwarmen.

Opslagcurve:

De opslagcurve toont de energie-inhoud van het water dat beschikbaar is in het opslagvat, uitgedrukt in kWh. Dit geeft aan hoeveel verwarmd SWW er op een bepaald moment aanwezig is in het vat. Wanneer deze curve de minimumwaarde van het opslagvat bereikt, kan er geen water meer op de gewenste temperatuur worden geleverd. In dat geval wordt er minder warm water geleverd, wat leidt tot comfortverlies. Als de opslagcurve de maximumwaarde bereikt, betekent dit dat het opslagvat volledig gevuld is met water op de gewenste temperatuur, en zal de opwekker automatisch uitschakelen.

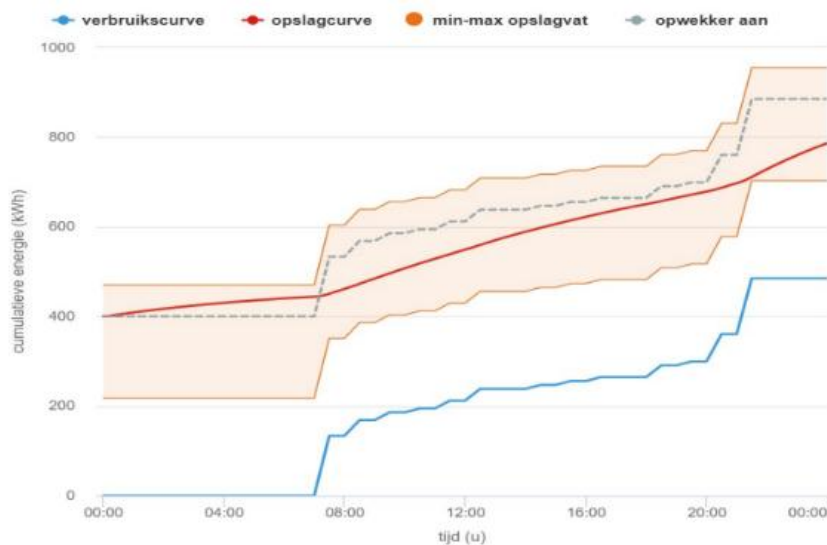
Min-Max opslagvat:

De minimum- en maximumwaarden geven de energie-inhoud van het opslagvat aan. Deze waarden bepalen de grenzen van de hoeveelheid SWW die aanwezig kan zijn in het vat. De opslagcurve moet altijd tussen deze grenzen blijven. Als de opslagcurve onder de minimumwaarde komt, moet het vermogen van de opwekker of het volume van het opslagvat worden vergroot.

Eigenlijk blijft deze waarde altijd hetzelfde, hij verandert enkel omdat het boven op de verbruikscurve staat. Aan het begin van een nieuwe dag zal de verbruikscurve op 0 kWh staan, en de min-max terug op zijn beginpositie.

Opwekker aan:

De "Opwekker aan"-waarde geeft het punt aan waarop de opwekker automatisch wordt ingeschakeld om bij te verwarmen. Zolang de opslagcurve zich tussen de minimum- en maximumwaarden van het opslagvat bevindt, kan de opwekker voldoende warm water leveren om aan de vraag te voldoen.



Bovenstaande figuur toont:

- **verbruikscurve** : energieverbruik voor sanitair warm water (cumulatief).
- **opslagcurve** : energie-inhoud van het opslagvat (bovenop verbruikscurve).
- **min-max opslagvat** : minimum en maximum energie-inhoud van het opslagvat (bovenop verbruikscurve).
- **opwekker aan** : energie-inhoud van het opslagvat waarbij opwekker aanslaat na eventuele vertraging (bovenop verbruikscurve).

De energie-inhoud van het opslagvat (rode curve) dient steeds binnen de toegelaten grenzen te blijven (oranje curves).

Figuur 7 Cumulatieve energieverbruik over tijd op de dag

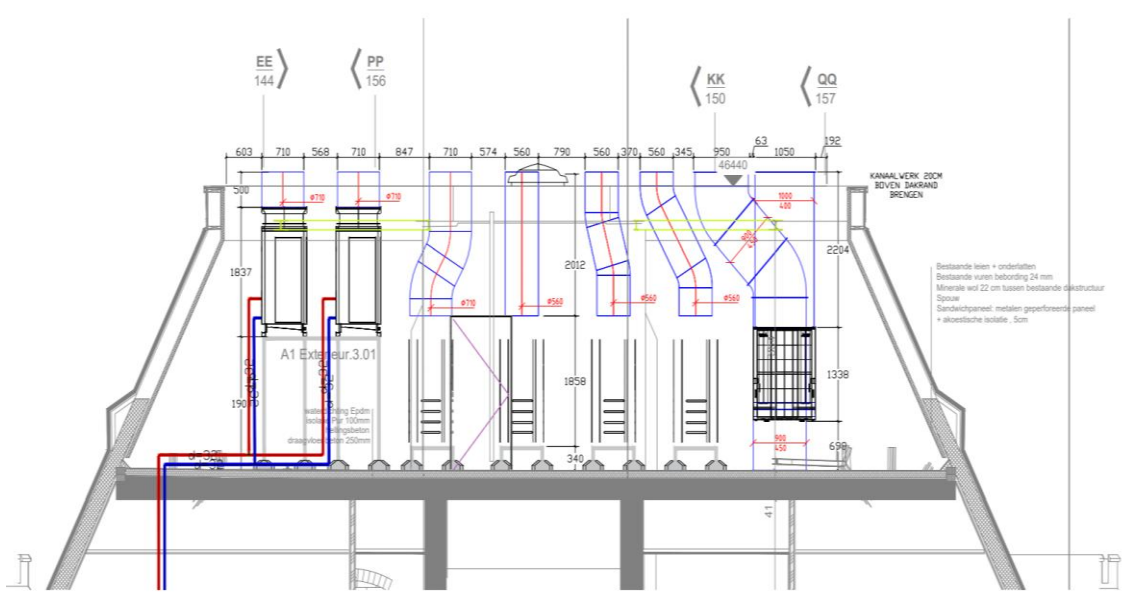
Zoals te zien in bovenstaande afbeeldingen zijn de opwekkers en de SWW vaten correct gedimensioneerd voor deze toepassing. [4]

2.2.3. Warmtepompen

De twee warmtepompen zijn geplaatst bovenop gebouw A1 op niveau +3 (figuur 8) en zijn enkel bereikbaar via een ladder. Het dak fungeert als een open lucht, omdat de bovenkant van het schuine dak is opengelaten. Hierdoor hebben de warmtepompen toegang tot verse lucht, terwijl het aanzicht vanaf de straatzijde onveranderd blijft. Deze opstelling biedt ook bescherming tegen sterke wind, zoals vermeld in de technische fiche van de installatie.

De gekozen plaatsingswijze vereist echter aanvullende maatregelen om te voorkomen dat het water in de leidingen bevriest tijdens de wintermaanden.

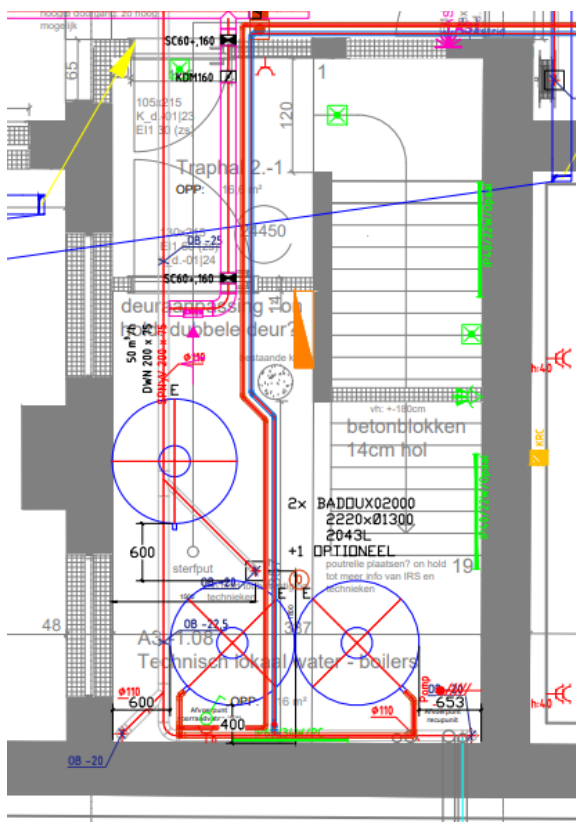
De warmtepompen zijn gemonteerd op een gelaste stalen constructie.



Figuur 8 A1 Exterieur 3.01 met links de 2 warmtepompen op stelling

2.2.4. SWW-vaten

De twee SWW-vaten bevinden zich in de kelder van het gebouw, in de technische ruimte. Ze ontvangen de opgewekte warmte via een WW en geven deze door aan het water in de vaten. Vanuit de SWW-vaten wordt het SWW verder verdeeld naar alle tappunten in het gebouw. Zoals eerder besproken wordt de verdeling gedaan door een andere firma, namelijk 'Blondeel'.



Figuur 9 A3. -1.08 technische ruimte

2.3. Verwarming en koeling

Gemeenschappelijke ruimtes:

Cassettes met directe expansie van een VRF, blazen verwarmde/gekoelde lucht in de gemeenschappelijke ruimtes. In de traphallen staan normale binnenunits.

Ventilatie met pulsie en extractie worden geregeld door VAV's per ruimte en via de luchtgroepen.

Gastenkamers:

In elke gastenkamer is een binnenunit van een VRF geplaatst, de gasten kunnen zelf de temperatuur tot een paar graden van de ontwerptemperatuur regelen. De temperatuur wordt beperkt om het vermogen van de buitenunit te garanderen.

In de kamers wordt lucht weggezogen in verband met de lucht circulatie.

In totaal staan 7 VRF systemen op de daken van het hotel met in totaal 132 binnenunits verdeeld over heel het hotel.

Systeem 1, PURY-P350YNW-A1

Op A5 +3

Systeem 2, PURY-P450YNW-A1

Op A5 +3, kamers op A3 en de traphal 3.2

Systeem 3: PURY-P400YNW-A1

Op A1 +3, kamers op A en traphal 2.1 en 2.2

Systeem 4 PURY-P350YNW-A1:

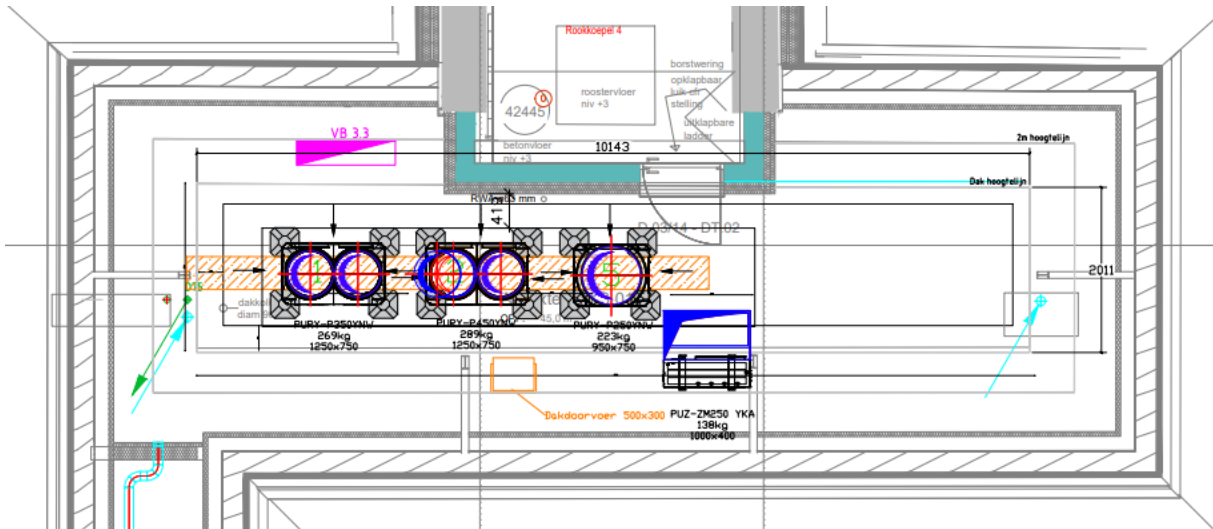
Op A1 +3, kamers A1 en A2, traphallen 1.1 en 1.2

Systeem 5: PURY-P250YNW-A1

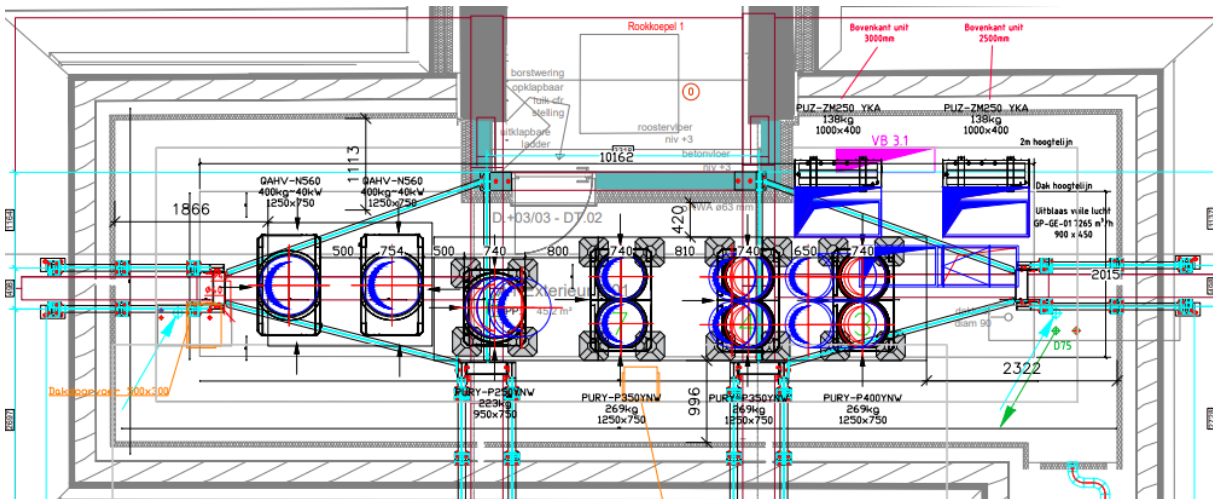
Systeem 6: PURY-P250YNW-A1

Systeem 7, PURY-P400YNW-A1:

Op A1 +3, deze buitenunit regelt alle cassettes en binnenunits van de gemeenschappelijke ruimtes.



Figuur 10 Bovenaanzicht A5



Figuur 11 Bovenaanzicht A1

2.4. Warmteverlies en koellast

Tijdens het project zijn er enkele late aanpassingen gedaan aan de lay-out van het hotel. Hierdoor moesten een aantal berekeningen opnieuw worden uitgevoerd. De cassettes die zorgen voor verwarming zijn per kamer verplaatst, zonder rekening te houden met verschillen in warmteverlies en koellast per kamer. Voor alle kamers op de gelijkvloerse verdieping zal een nieuwe berekening worden gemaakt, met eventuele aanpassingen.

Het is van groot belang dat deze berekeningen nauwkeurig worden uitgevoerd om te het comfort te garanderen.

2.5. Opvolgen van de Bouw

Tegelijk met de bachelorproef wordt er al gewerkt aan de bouw en installatie op de werf in Gent. Het is dan van groot belang dat er contact wordt gehouden met de techniekers en hoofdmonteur, zowel als met de werfleider, architecten en klanten. Om dit project in goede banen te laten lopen.

2.6. Verdeling SWW

Bumaco staat enkel in voor de opwekking van het SWW en niet de verdeling ervan. De verdeling wordt gedaan door een andere firma namelijk Blondeel.

Deze firma zal hun verdeling aansluiten op het SWW-vat en daarna met een circulatiepomp het water te verdelen. Aan de hand van een 3-weg mengkraan wordt het SWW op de juiste temperatuur gebracht.

3. Methode

3.1. Normen

Er is veel aandacht besteed aan de conformiteit met alle geldende normen. Deze normen leggen specifieke plichten en richtlijnen op voor het ontwerp en de installatie van bouw- en installatiewerken.

NBN-ISO Normen

De NBN-ISO-normen zijn internationale normen die wereldwijd van toepassing zijn. Ze worden gebruikt om kwaliteit, veiligheid en uniformiteit te garanderen over landsgrenzen heen.

NBN-EN Normen

De NBN-EN-normen zijn Europese normen die in alle lidstaten van de Europese Unie uniform van toepassing zijn. Ze worden opgesteld door het Europees Comité voor Normalisatie (CEN) en in België overgenomen als NBN-normen.

NBN-B Normen

De NBN-B-normen zijn Belgische normen die specifiek gelden voor de Belgische bouwsector. Ze worden ontwikkeld en beheerd door het Bureau voor Normalisatie (NBN) en zijn van toepassing op nationaal niveau.

CE-Markering

De CE-markering geeft aan dat een product of machine voldoet aan alle Europese regelgeving en veiligheidsnormen. Zonder deze markering mogen producten of machines niet op de markt worden gebracht binnen de Europese Economische Ruimte (EER).

EPB-Normen

De EPB-normen (Energieprestatie en Binnenklimaat) hebben betrekking op de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen. Ze leggen eisen op voor nieuwbouw- en renovatieprojecten, zoals isolatie, ventilatie en energieverbruik, om energie-efficiëntie te bevorderen.

Vlaamse Codex Wonen

De Vlaamse Codex Wonen bevat de Vlaamse Wooncode en omvat alle plaatselijke en regionale verplichtingen met betrekking tot wonen in Vlaanderen. Dit document beschrijft de kwaliteitsnormen voor woningen, rechten en plichten van huurders en eigenaars, en regels omtrent woonbeleid.

3.2. Lastenboek

Een lastenboek wordt vóór de start van het project opgesteld en bevat alle normen en verplichtingen waaraan aannemers en onderaannemers moeten voldoen. Dit kan betrekking hebben op bepaalde materialen, technologieën of werkwijzen waar de aannemers zich aan moeten houden.

Er wordt zoveel mogelijk gedetailleerd beschreven om communicatieproblemen te vermijden. Het lastenboek mag alleen worden aangepast in overleg met alle betrokken partijen.

3.3. Werfbezoeken

Tegelijk met de bachelorproef wordt er al gewerkt aan de bouw en installatie op de werf in Gent. Het is daarom van groot belang om regelmatig contact te houden met de techniekers, hoofdmonteur, werfleider, architecten en klanten om het project in goede banen te leiden.

De voornaamste contactpersonen zijn de werfleider en de hoofdmonteur.

3.4. Externe programma's

3.4.1. LiNear

LiNear is een CAD-programma van Autodesk dat bij Bumaco gebruikt wordt om 2D technische tekeningen te maken en bekijken. Alle tekeningen te zien in deze bachelorproef zijn gemaakt met dit programma.

3.4.2. Buildwise

Buildwise is de huidige naam voor het vroegere WTCB en is een onderzoeksinstituting dat onderzoek doet in de bouwsector en meehelpt aan de vorming van NBN-normen. Doorheen dit project wordt aandacht besteed aan de normen die Buildwise oplegt.[5] [6]

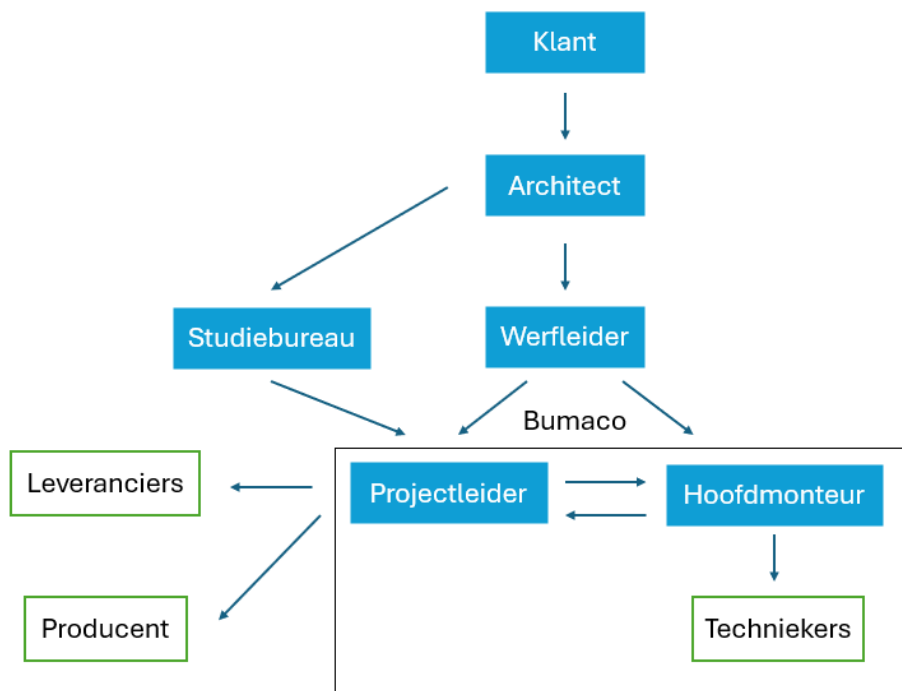
3.4.3. Climapulse

Climapulse is een online platform voor de registratie en monitoring van koel- en verwarmingsinstallaties. Het vereenvoudigt het beheer van installaties door alle informatie, zoals historiek, inventaris en attesten, centraal op één platform te registreren. Dit is vooral handig voor bedrijven met veel techniekers, omdat het verschillende monteurs in staat stelt om zonder problemen of onduidelijkheden aan dezelfde installatie te werken.

Voor de introductie van Climapulse werd gebruikgemaakt van een fysiek logboek voor de registratie en opvolging van installaties. Dankzij het online platform hebben alle techniekers nu toegang tot de volledige structuur van een installatie, wat helpt om communicatiefouten te voorkomen. Alle uitgevoerde aanpassingen of onderhoudswerkzaamheden moeten door de techniekers in de software worden geregistreerd, zodat toekomstige monteurs deze eenvoudig kunnen raadplegen.

Daarnaast signaleert de software eventuele non-conformiteit met de wetgeving en bewaart het alle relevante attesten. [7]

3.5. Communicatiestructuur van een werf



Figuur 12 communicatiemodel werf

De bovenstaande afbeelding toont de communicatiestructuur tussen de betrokken partijen vóór en tijdens de bouw van het project. Het schema geeft enkel weer wie met wie in contact staat in dit project en enkel voor partijen in communicatie met Bumaco, het is geen hiërarchische structuur.

Werkvergaderingen:

Tijdens het project vinden er regelmatig werkvergaderingen plaats. De personen die hierbij aanwezig zijn, worden blauw weergegeven in de afbeelding.

Aannemer:

De aannemer is een persoon of bedrijf dat verantwoordelijk is voor de algemene organisatie en coördinatie van het project of een specifiek onderdeel daarvan. Dit omvat taken zoals planning, budgettering, veiligheidsbewaking en kwaliteitscontrole.

Onderaannemer:

De onderaannemer is een persoon of bedrijf dat verantwoordelijk is voor de uitvoering van een specifiek deel van de werkzaamheden. In dit project is Bumaco de onderaannemer voor de SWW- en HVAC-installaties (weergegeven door de zwarte rechthoek).

Klant:

De klant kan een persoon, bedrijf of organisatie zijn en fungeert als initiatiefnemer van het project. In samenspraak met de aannemers en architecten bepaalt de klant grotendeels de richting van het project. De aannemers en onderaannemers moeten voldoen aan de eisen en wensen van de klant, die ook alle financiële kosten draagt.

Architecten:

Architecten zijn verantwoordelijk voor het ontwerp van het gebouw en het opstellen van de benodigde bouwplannen.

Werfleider:

De werfleider stelt vóór de start van de bouw een planning op voor alle betrokken aannemers en onderaannemers. Tijdens de bouw ziet hij toe op de veiligheid op de werf en controleert hij de kwaliteit van de bouw.

Studiebureau:

Het studiebureau voert de berekeningen uit die nodig zijn voor het dimensioneren van de HVAC-installatie. Zij werken vaak nauw samen met de architecten.

Hoofdmonteur:

De hoofdmonteur fungeert als schakel tussen de techniekers en de projectleider/werfleider. Hij geeft instructies aan de techniekers en draagt zorg voor hun veiligheid.

Techniker:

Techniekers voeren montage- en constructiewerkzaamheden uit namens de onderaannemer. Dit omvat niet alleen de installatie, maar ook ondersteunende werkzaamheden zoals het boren van gaten en het leggen van kabels.

Leverancier:

Tijdens dit project staan we in contact met verschillende leveranciers. Zij leveren alle benodigde machines en onderdelen die nodig zijn voor de oplevering van de installatie.

Producent:

Bumaco staat direct in contact met de producent, in dit geval Mitsubishi en Daikin. Zij doen niet enkel de productie van de machines en regeling, maar ook deels het ontwerp en de goedkeuring van de installatie.

4. Onderzoek

4.1. Warmtepomp

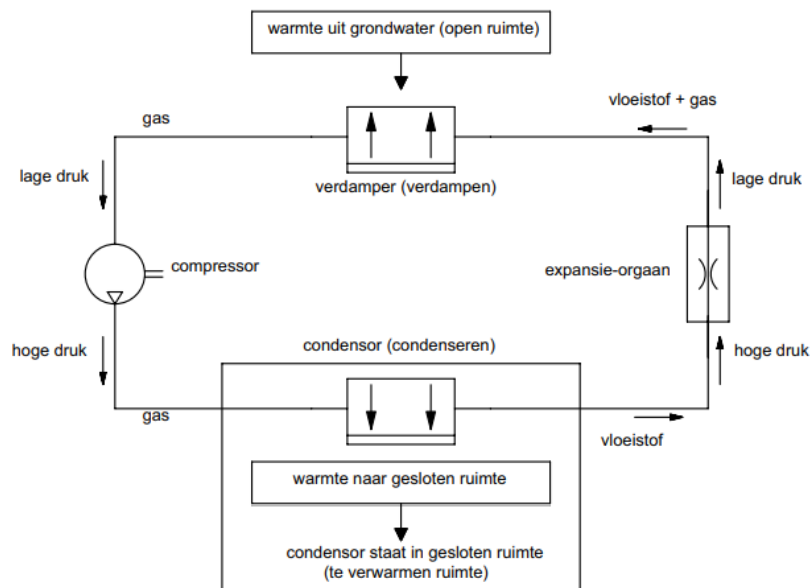
4.1.1. Warmtepomp

Een warmtepomp haalt zijn energie uit een warmtebron en geeft deze vervolgens af aan het gewenste verwarmingssysteem. Alle energie-uitwisselingen zijn gebaseerd op de toestandsveranderingen van het koelmiddel. Door warmte uit te wisselen met een warmtebron kan de warmtepomp meer nuttige thermische energie leveren dan de hoeveelheid elektrische energie die we erin stoppen.

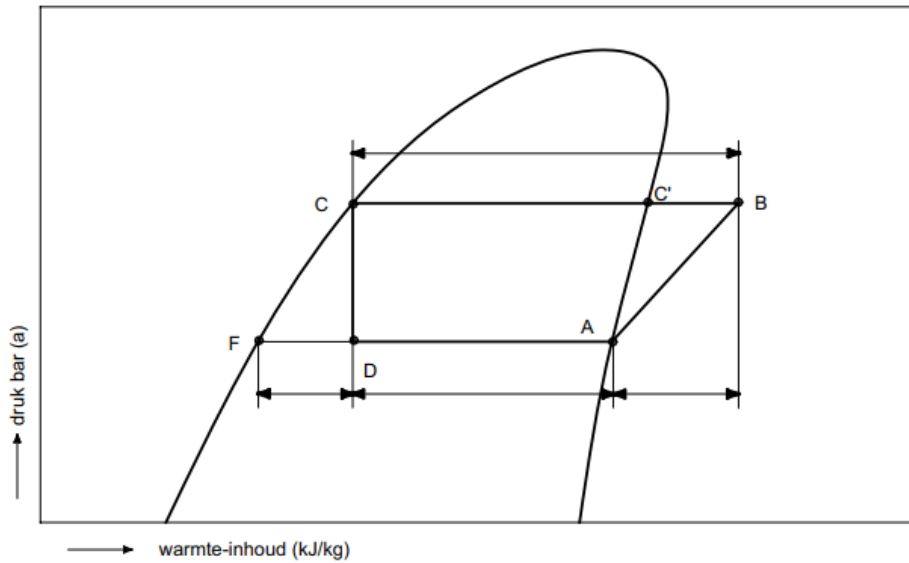
Het grote voordeel van warmtepompen is dat ze zowel kunnen verwarmen als koelen met hetzelfde toestel en minimale sturing. Hierdoor is het niet meer nodig om een apart verwarmings- en koelsysteem te installeren.

Een warmtepomp heeft altijd een warmtebron (buitenlucht) en een afgiftesysteem (water), en deze worden aangegeven in de benaming van de warmtepomp. Bijvoorbeeld, bij een 'lucht-water' warmtepomp is de warmtebron de lucht, en het afgiftesysteem is water. In dit type systeem wordt het koelmiddel opgewarmd door de buitenlucht, waarna die warmte wordt overgedragen aan het water.

4.1.2. Principewerking conventionele warmtepomp



Figuur 13 Werking warmtepompcyclus uit ROVC koeltechniek (cursus)



Figuur 16

Figuur 14 Log p-h diagram ROC koeltechniek

Compressie (A-B)

Tijdens de compressie wordt het koelmiddel in verzadigde gastoestand gecomprimeerd van lage druk naar hoge druk. De enthalpie en druk stijgen. Er wordt enthalpie toegevoegd door de compressor, die elektrisch door een motor wordt aangedreven.

Condensatie (B-C)

Tijdens de condensatie van het gas wordt de warmte-energie isobaar afgegeven aan het water. Op punt C' zal het koelmiddel overgaan van gasvormig naar een vloeistof onder hoge druk. Op punt C is het koelmiddel volledig vloeibaar.

Expansie (C-D)

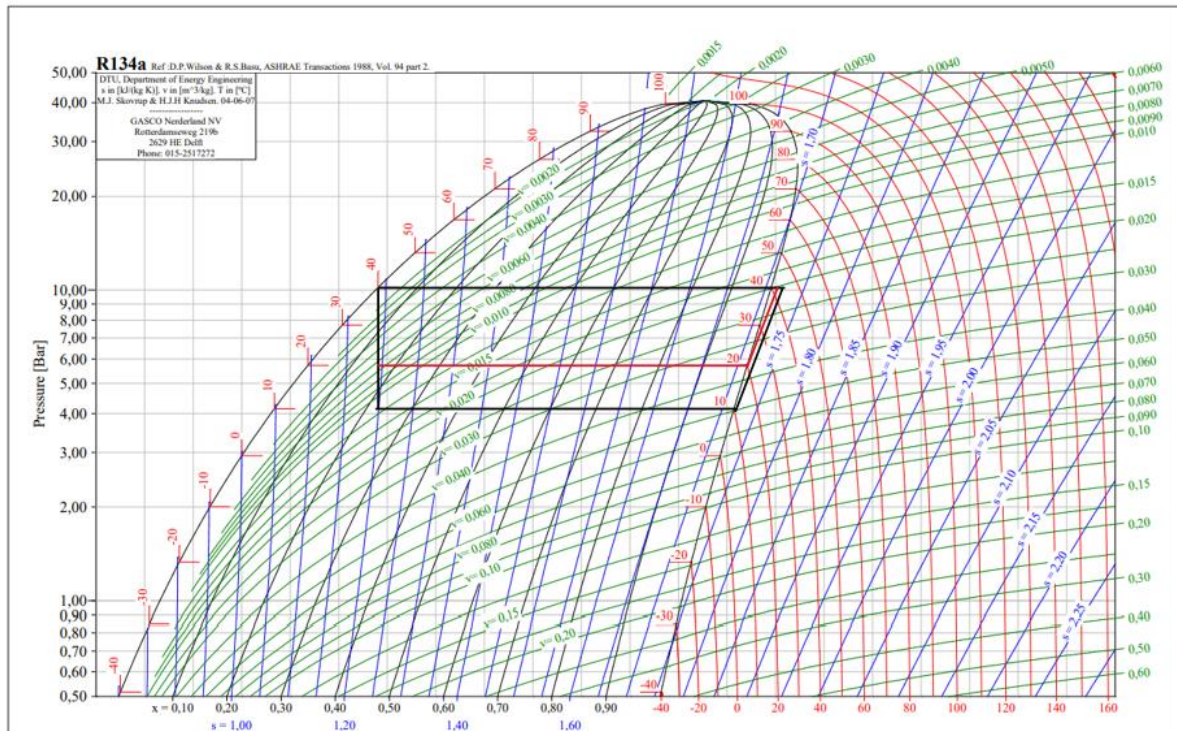
Tijdens de expansie daalt de druk van het koelmiddel isenthalp tot een lagedruk gas-vloeistof mengsel in het coëxistentie gebied.

Verdamping (D-A)

Tijdens de verdamping neemt het koelmiddel, energie op van een warmtebron. Het is zeer belangrijk dat het koelmiddel van een gas-vloeistof mengsel overgaat naar een volledig gas in punt A. Als er nog vloeistof over is zal de compressor schade oplopen.

Coëfficiënt of performance is een getal dat weergeeft hoe goed een warmtepomp energie kan omzetten. Het is de verhouding tussen de nuttige warmte-energie en de toegevoerde elektrische energie. De term rendement wordt niet gebruikt omdat deze vaak in procent wordt uitgedrukt en een COP hoger is dan 100%.

SCOP/ seizoens prestatiefactor is een uitbreiding op de COP en geeft een beter beeld over de werkelijke prestatie van een warmtepomp dan de COP. De COP wordt berekend op een bepaalde binnen- en buitentemperatuur terwijl en in de realiteit de buitentemperatuur steeds verandert. Omdat de COP afhankelijk is van variabele factoren geeft hij geen goed beeld op de prestatie van de warmtepomp. De SCOP is de gemiddelde COP-waarde bij alle seizoenen van het jaar van een bepaald gebied. De SCOP zal dus ook verschillen per regio.



Figuur 15 Warmtepompcyclus verschillende temperaturen

Zoals te zien is in het voorbeeld van een warmtepomp (R134a) bij verschillende buitentemperaturen (10°C en 20°C), moet het water worden opgewarmd tot 40°C. Naarmate de buitentemperatuur daalt, neemt het elektrisch vermogen toe. Bij warmtepompen is het efficiënter om het temperatuurverschil zo klein mogelijk te houden.

4.1.2.1. Inverter

Een inverter-warmtepomp is een warmtepomp met een modulerend vermogen, in tegenstelling tot een aan/uit-systeem. Door te moduleren kan de warmteopwekking worden aangepast aan de warmtevraag. Dit zorgt voor een langere levensduur, een lager energieverbruik en een stillere werking. (Een lager energiegebruik zal zorgen voor een lager SCOP. De modulatie wordt mogelijk gemaakt doordat de inverter de snelheid van de compressor kan regelen. [8][9])

4.1.3. CO₂ of R744 als koelmiddel

Volgens een internationaal akkoord worden koelmiddelen benoemd bij hun vereenvoudigde koelmiddel benaming. In het geval van CO₂ is dit R744.

- De R wijst op koelmiddel (Refrigerant)
- De 7 dat het een anorganische stof is
- De 44 op de molaire massa van CO₂

Door de uitfasering van HCFC- en HFK-koudemiddelen (hydrochloorfluorkoolwaterstoffen en fluorkoolwaterstoffen) werd gezocht naar alternatieven met een aanzienlijk lager GWP. Met dit doel is er de afgelopen jaren steeds meer geïnvesteerd in de ontwikkeling van warmtepompen met natuurlijke koudemiddelen.

CO₂ werd al in de jaren 1930 gebruikt als koelmiddel, maar werd snel vervangen door synthetische koelmiddelen die bij veel lagere drukken konden werken. Het grootste nadeel van CO₂-systemen is dat ze op veel hogere drukken functioneren dan systemen met synthetische koudemiddelen. Dit vereist grotere en complexere installaties, wat de kosten verhoogt.

Toch hebben CO₂-warmtepompen voordelen. Het belangrijkste voordeel is de veiligheid en milieuvriendelijkheid van het gebruikte koelmiddel. Bovendien zijn deze warmtepompen door de hogere uitgangstemperaturen bijzonder geschikt voor de productie van warm tapwater, waarvoor hogere temperaturen nodig zijn dan bijvoorbeeld bij vloerverwarming. [10][11][12][13][14]

4.1.3.1. Veiligheid

Het GWP is een maat voor de bijdrage van een stof aan het broeikas effect. Het geeft het opwarmingsvermogen aan van 1 kg van een stof over een periode van 100 jaar, vergeleken met 1 kg CO₂. In vergelijking met bijvoorbeeld het eerder gebruikte koelmiddel R134a, dat een GWP van 1430 heeft, heeft CO₂ een GWP van 1. Dit maakt CO₂ dus veel minder schadelijk voor het klimaat.

Koelmiddel	Inademen	Brandbaarheid	Druk ¹	Andere gevaren
R744	Lage Toxiciteit	Niet brandbaar	Veel hoger	Grote drukstijging door ingesloten vloeistof. Vorming van droogijs.
R717	Hoge Toxiciteit	Lagere brandbaarheid	Lager	
R32	Verstikkend	Lagere brandbaarheid	Hoger	Ontbindingsproducten bij verbranding zeer giftig.
R1234ze	Verstikkend	Lagere brandbaarheid	Lager	Ontbindingsproducten bij verbranding zeer giftig.
R600a	Verstikkend	Zeer brandbaarheid	Veel lager	
R290	Verstikkend	Zeer brandbaarheid	Gelijk	
R1270	Verstikkend	Zeer brandbaarheid	Gelijk	

Figuur 16 Koelmiddel veiligheid (Frixis)

R744 heeft een lage toxiciteit en is niet brandbaar. Het moet echter onder zeer hoge druk werken, wat bepaalde gevaren met zich meebrengt. Alle leidingen, zelfs aan de lage-drukszijde, moeten bestand zijn tegen een veel hogere druk dan bij conventionele warmtepompen.

Hoewel R744 een lage toxiciteit heeft, is het, net als de meeste synthetische koudemiddelen, verstikkend. Dit betekent dat het op zichzelf niet schadelijk is, maar dat het in een afgesloten ruimte bij een hoge concentratie verstikking kan veroorzaken door zuurstofgebrek. Bovendien is het geurloos en kleurloos, wat

detectie zonder sensoren moeilijk maakt. Daarom wordt aangeraden om bij het werken met CO₂ een persoonlijke CO₂- en O₂-detector te dragen. [15]

ODP, oftewel Ozone Depletion Potential, is een maat die aangeeft in welke mate een stof bijdraagt aan de afbraak van de ozonlaag, vergeleken met CFC-11 (trichloorfluormethaan). Deze waarde wordt gebruikt om de schadelijkheid van verschillende stoffen te vergelijken. Hoe hoger de ODP-waarde, hoe schadelijker de stof is voor de ozonlaag.

Op 22 maart 1985 hebben de Verenigde Naties het 'Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer' ondertekend. Dit internationale akkoord vormde een basis voor de verdere samenwerking om de afbraak van de ozonlaag te bestrijden. Dit leidde uiteindelijk tot het Montreal Protocol in 1987, waarin bindende afspraken werden gemaakt over uitfasering van ozonafbrekende stoffen zoals CFK's (chloorfluorkoolwaterstoffen). Dankzij deze maatregelen is de schade aan de ozonlaag drastisch afgenomen.

"De veiligheidsclassificaties hieronder worden gedefinieerd in ISO 817:20142 en worden ook gebruikt in EN 378-1:20163 .

De classificaties bestaan uit twee delen: A of B gevolgd door 1, 2L, 2 of 3.

A of B geeft de toxiciteit graad weer

- Klasse A is de klasse met de laagste toxiciteit (de meeste koelmiddelen behoren tot deze klasse)
- Klasse B is de klasse met de hoogste toxiciteit (R717 behoort tot klasse B)

1, 2L, 2 of 3 geeft de mate van brandbaarheid weer

- 1, niet brandbaar
- 2L, lagere brandbaarheid
- 2, brandbaar
- 3, uiterst brandbaar

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de veiligheidsclassificatie van de natuurlijke koelmiddelen en een aantal lage GWP-koelmiddelen.

Droogijs: Er moet tijdens de vulling van de installatie met vloeibare CO₂ gezorgd worden voor een druk van minstens 5 bar, als dit niet gebeurt kan er tijdens de injectie droogijs gevormd worden. De vaste vorm van CO₂, die moeilijk te verwijderen is uit een installatie. Dit kan ook gebeuren tijdens onderhoud." [15]

Tabel 2, veiligheidsinformatie

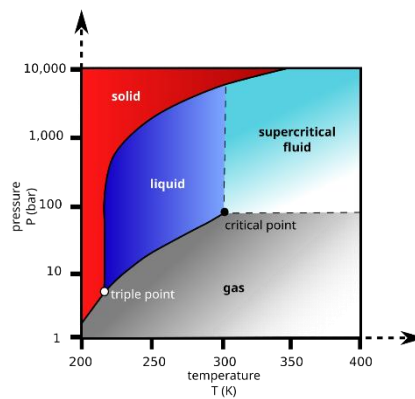
Koelmiddel	Veiligheidsclassificatie ^a	LFL, kg/m ³ ^b	Zelfontbrandings-temp, °C	PL, kg/m ³ ^c	ATEL / ODL ^d Kg/m ³
CO ₂ R744	A1	Niet van toepassing	Niet van toepassing	0.1	0.072
NH ₃ R717	B2L	0.116	630	0.00035	0.00022
HFC R32	A2L	0.307	648	0.061	0.30
HFO R1234ze	A2L	0.303	368	0.061	0.28
HFO R1234yf	A2L	0.289	405	0.058	0.47
HC R600a	A3	0.043	460	0.011	0.059
HC R290	A3	0.038	470	0.008	0.09
HC R1270	A3	0.047	455	0.008	0.0017

- a. De veiligheidsclassificatie zoals vermeld in EN378-1.
- b. LFL (kg/m³) is de Lower Flammability Limit (onderste ontvlambaarheidslimiet) zoals vermeld in EN378-1.
- c. PL is de Practical Limit (praktische limiet) zoals vermeld in EN378-1. Voor A1-koelmiddelen is dit de hoogste concentratie in een gebruikte ruimte die niet zal leiden

Figuur 17 veiligheidsclassificatie (Frixis)

4.1.3.2. Super Kritische CO₂

Het kritische punt is het punt waarbij een bepaalde combinatie van temperatuur en druk ervoor zorgt dat een stof of mengsel een speciale aggregatietoestand aanneemt, namelijk die van een superkritisch fluïdum. De stof heeft op dit punt zowel eigenschappen van een gas als van een vloeistof. [10][11][12][13][14]



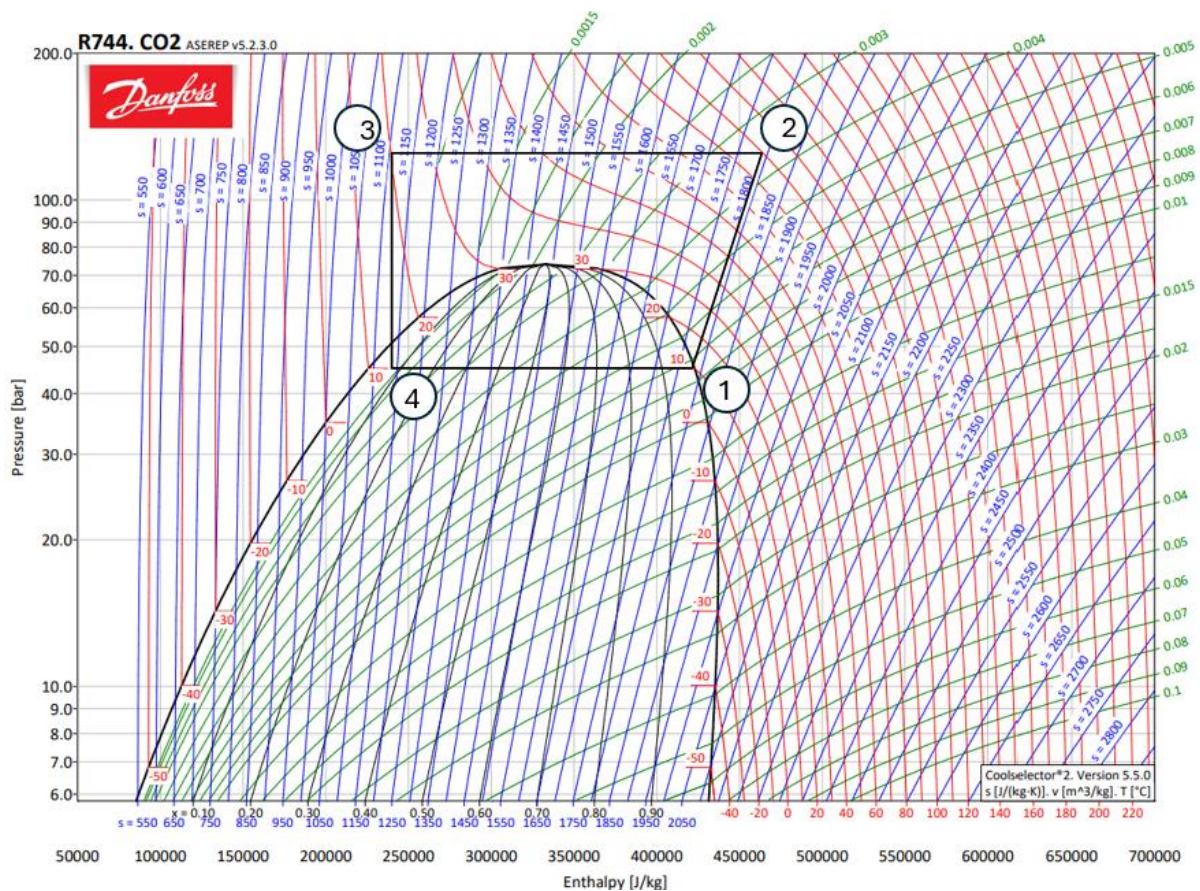
Figuur 18 druk/temperatuur grafiek CO₂ (wikipedia)

4.1.4. Principe Werking CO₂ warmtepomp

Bij R744-installaties kunnen we onderscheid maken tussen twee soorten: transkritische en subkritische systemen. Het verschil ligt in de plaats waar het hogedruk koelmiddel zich bevindt: onder het kritische punt in subkritische systemen, waar het functioneert als een conventionele warmtepomp, en boven het kritische punt in transkritische systemen.

Het koelmiddel in gasvorm wordt gecomprimeerd tot voorbij het kritische punt, waarna het verandert in een superkritisch fluïdum. Op dit punt bereikt het koelmiddel een druk van meer dan 74 bar.

Bij een gewone warmtepomp vindt condensatie plaats in een condensor, terwijl in een transkritische warmtepomp een gaskoeling plaatsvindt in een gaskoeler. Zonder faseovergang mag men niet spreken van een condensor.



Figuur 19 CO₂-Cyclus (diagram Danfoss)

1-2:

Een isentropische compressie van een CO₂-gas naar een superkritisch fluïdum.

2-3

Een isobare koeling in een gaskoeler met warmteafgifte aan het water zonder faseverandering.

3-4

Een adiabatische expansie van transkritisch gas naar een gas-vloeistof mengsel.

4-1

Een isobare verdamping waar het gas-vloeistof mengsel energie opneemt uit de warmtebron en wordt verdampt tot een gas.

Het grote voordeel van een CO₂ warmtepomp ligt in het transkritisch gebied van de CO₂. In het superkritisch gebied zijn temperatuur en druk onafhankelijk van elkaar, de temperatuur kan verlaagd worden zonder een drukdaling, er is geen faseverandering en een grotere warmteafgifte aan het warmteafgiftesysteem. Hierdoor spreekt men van een gaskoeler en niet van een condensor.

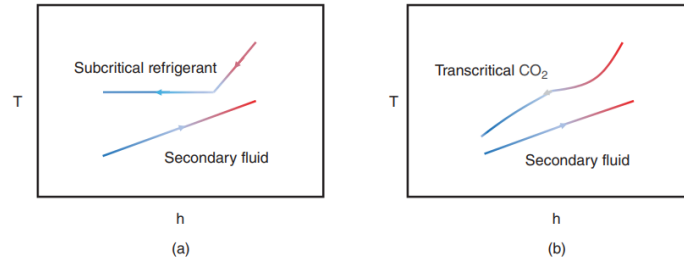
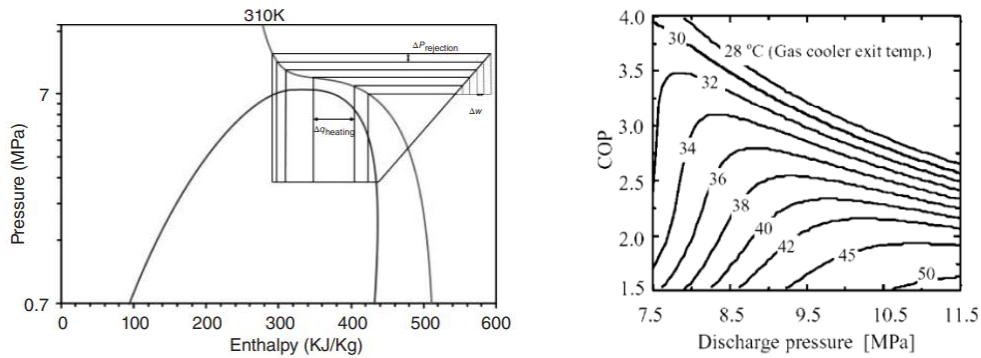


Figure 1.4 Temperature profiles of heat rejection processes. (a) Condensation process, (b) gas cooling process.

Figuur 20 temperatuurprofielen van warmteafgifte (a) condensatieproces (b) gaskoeler proces. Hiroshi-Yamaguchi-Xin-rong-Zhang-Transcritical-CO2-Heat-Pump-Fundamentals-and-Applications

Door de thermodynamische eigenschappen van superkritische CO₂ is er voor elke uitgangstemperatuur van de gaskoeler een ideale werkdruk om een maximale COP uit te komen. Door dezelfde eigenschappen is de uitgangstemperatuur meer afhankelijk van de retourwatertemperatuur. Hierdoor is het van groot belang dat het retourwater een zo laag mogelijke temperatuur heeft om de COP te maximaliseren en de belasting van hogere drukken en temperaturen te beperken. [10][11][12][13][14]



4.2. SWW-vat

4.2.1. SWW-vat

Een SWW-vat dient als buffer tussen de warmtepomp en het SWW-afgiftesysteem. Door het veelvuldig aan- en uitschakelen van een warmtepomp verlagen we de levensduur en verhogen we het energieverbruik. Dit proces noemt men pendelen en heeft een negatief effect op de levensduur van de compressor en dus de warmtepomp. Door een SWW-vat te plaatsen, kunnen we zorgen voor tijdelijke opslag van het geproduceerde warm water en zal de warmtepomp niet meer pendelen. [16]

4.2.2. Werking SWW-vat

De werking van een SWW-vat is relatief simpel, het is gewoonweg een goed geïsoleerd vat met één of meerdere warmtewisselaars die zijn aangesloten op de warmtebron. Zodra het water in het vat op temperatuur is, wordt het verder verdeeld.

Een stilstaand vat gaat nog altijd warmteverliezen door transmissie via het vat, dit kan verminderd worden door het vat beter te isoleren met bijvoorbeeld een isolatiemantel.

4.2.3. Legionella

Legionella is een bacterie die zich vermenigvuldigt in watertemperaturen tussen de 25 °C en 50 °C en kan ernstige longinfecties veroorzaken, zoals veteranenziekte of pontiac-koorts (vooral bij oudere mensen). De infectie kan optreden in de longen door de nevel van besmet stromend water, wat betekent dat men zelfs geïnfecteerd kan raken door niet-drinkwater. Het is daarom belangrijk om de bacterie in het SWWvat te doden. Dit kan gebeuren door de temperatuur kortstondig naar 70 °C te verhogen. Op deze temperatuur sterft de Legionellabacterie bijna direct. Zeker hotel-installaties door hun grote hoeveelheid SWW, waar er op sommige momenten geen doorstroom is gevoelig voor legionella besmetting. [17]

4.2.4. Stratificatie

Door het verschil in dichtheid van een stof bij verschillende temperaturen splitst de stof zich op in gelaagde temperaturen, bijvoorbeeld in een vat. Dit fenomeen wordt stratificatie genoemd. Stratificatie kan problemen veroorzaken in systemen voor SWW in verband met legionella vorming. In dergelijke gevallen kan het bovenste deel van het vat wel warm genoeg zijn om legionella te doden, terwijl het onderste deel onvoldoende wordt opgewarmd. Als gevolg van stratificatie wordt in de meeste systemen het SWW boven in het vat afgenomen. [18]

4.3. Leidingen

Wanneer een fluïdum door een leiding stroomt, treden er leidingverliezen op, afhankelijk van het debiet en de viscositeit van het fluïdum, maar ook van de diameter en ruwheid van de leiding. Omdat de diameter en snelheid de belangrijkste variabelen zijn, worden de leidingen aan de hand van deze waarden bepaald. De bepaling van leidingverliezen is gebaseerd op complexe berekeningen. Daarom wordt in de praktijk gebruikgemaakt van tabellen op basis van de Colebrook-White-formule.

4.3.1. Vorstbeveiliging

In de koude wintermaanden van België kan de temperatuur regelmatig onder nul komen. Dit kan grote problemen veroorzaken voor leidingen die buiten liggen. Er worden maatregelen genomen in de vorm van vorstbeveiliging. Bevroren water zal uitzetten en kan de leidingen verstoppen of zelfs laten barsten.

De invloed van glycol op de COP van een warmtepomp is vaak negatief. Dit komt doordat de fysische eigenschappen van het water veranderen wanneer glycol eraan wordt toegevoegd. Deze veranderingen resulteren in een afname van de efficiëntie van de warmteoverdracht en een toename van het energieverbruik, wat de prestaties van het systeem beïnvloedt.

De aanwezigheid van glycol verlaagt namelijk de warmteoverdrachtscoëfficiënt van het water. Dit betekent dat er minder warmte wordt overgedragen van de verdamper naar het water, bij dezelfde volumestroom. Dit resulteert in een hogere verdampingstemperatuur van het koudemiddel, wat een lagere efficiëntie van de warmtepomp veroorzaakt en de totale COP vermindert.

Door de viscositeitsverhoging zal ook de circulatiepomp meer energie verbruiken met een bijkomende COP-verlaging.

4.4. Expansievat

4.4.1. Expansievat

Door de verhitting van water zal de druk in het gesloten leidingsysteem stijgen of dalen, afhankelijk van de temperatuur (stijgen bij verwarming en dalen bij afkoeling). Om de drukverandering in het gesloten leidingsysteem op te vangen, wordt er vaak gebruikgemaakt van een expansievat. Op deze manier kan de installatie op een vrijwel constante druk blijven werken.

Het functioneert soms ook als reservewaterbron om eventueel zeer kleine lekken te compenseren.

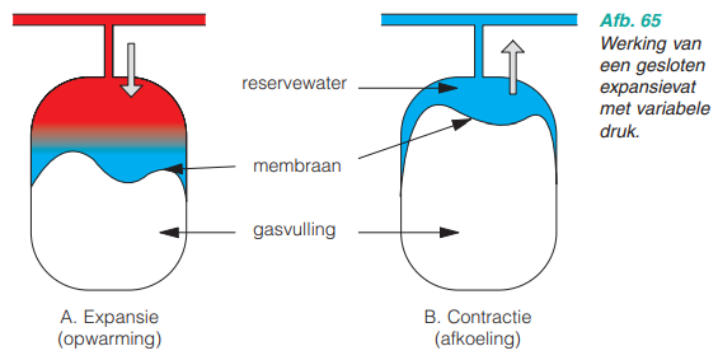
4.4.2. Werking expansievat

Open expansievaten worden door hun vele nadelen tegenwoordig vrijwel niet meer gebruikt; in deze bachelorproef wordt dit dan ook niet verder besproken.

Gesloten expansievaten staan onder variabele of constante druk, met een scheiding tussen water en gas door een balg.

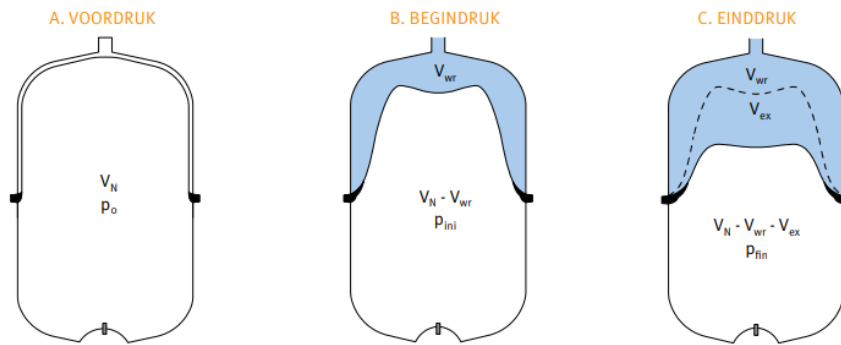
Constante druk expansievaten veranderen hun druk door middel van een compressor of een pomp. Bij een expansievat met compressor wordt er bij onderdruk lucht gecompriëerd in de balg, en bij overdruk wordt lucht afgelaten. Bij een expansievat met pomp wordt er water in of uit de balg gepompt om zo de druk te regelen.

Bij expansievaten met een variabele druk verandert de grootte van de balg afhankelijk van de druk in het systeem.



Figuur 21 werking van een gesloten expansievat met variabele druk. WTCB-rapport 22

De 3 werkingsituaties van een expansievat:



Afb. 6 Schematische voorstelling van de werking van een gesloten expansievat met variabele druk.

Figuur 22 Schematische voorstelling van de werking van een gesloten expansievat met variabele druk WTCB rapport 22

A. Voordruk:

Het expansievat bevat enkel gas, en men spreekt dan van het gasvolume. De druk die op het vat staat, is de voordruk, die door de fabrikant is bepaald.

B. Begindruk:

De begindruk van het expansievat wordt gemeten net na de vulling bij 10°C. De waterinhoud in het vat bestaat enkel uit reservewater. De druk op het vat is de vuldruk.

C. Einddruk:

De einddruk van het expansievat wordt gemeten onder normale werkomstandigheden. De waterinhoud is een combinatie van reservewater en expansievolume. De druk op het vat is de einddruk.

4.5. Componenten

4.5.1. Beveiliging

4.5.1.1. Compensator

Zoals alle materialen zullen waterleidingen uitzetten of krimpen afhankelijk van de temperatuur. Als leidingen in een installatie permanent zijn bevestigd aan het gebouw, is dit helemaal niet gewenst. Aangezien de leidingen stevig vastgemaakt zijn aan de infrastructuur van het gebouw, zullen de krachten die ontstaan door uitzetting bij temperatuursveranderingen moeten worden opgevangen, hetzij door de leidingen, hetzij door het gebouw. Deze krachten kunnen de leidingen vervormen of schade aan de infrastructuur veroorzaken. Een compensator zal deze axiale krachten door uitzetting opvangen. Om deze reden wordt een compensator soms ook wel een uitzetting stuk of uitzettingsmof genoemd. Mechanische elementen, zoals compressoren en pompen, veroorzaken trillingen in de leidingen en het medium. Omdat een compensator ook lichte laterale bewegingen kan opvangen, is deze ook geschikt om trillingen te dempen.

Doordat er trillingen in de leidingen optreden, zal dit geluid veroorzaken. Het verminderen van dit geluid is niet alleen goed voor het comfort, maar soms ook wettelijk verplicht.

4.5.1.2. Filter

Alle vaste stoffen die in het gesloten systeem komen, kunnen ernstige schade veroorzaken aan andere componenten. Een vuilafscheider/filter zal de losse stukjes vuil opvangen om te voorkomen dat deze mee in het circuit blijven draaien.

4.5.2. Ontluchten

Het is belangrijk om zo veel mogelijk lucht uit het systeem te verwijderen, aangezien dit invloed heeft op de efficiëntie van warmtepompen en het comfort van de gasten. Ophoping lucht kan leiden tot storend lawaai en corrosie van de leidingen. Lucht kan binnendringen bij de vulling of door lekkages; water zal van nature ook opgeloste gassen bevatten, zoals stikstof en zuurstof. Deze opgeloste gassen komen vrij bij de opwarming van het systeem.

4.5.2.1. Microbellen ontluchter

Als de installatie in werking is, zal er door de temperatuursverhoging lucht in het water komen in de vorm van microbellen en opgeloste gasbellen. De ontluchter werkt door middel van een kleine koperen spiraal die microbellen tegenhoudt en laat opstijgen.

4.5.2.2. Automatische ontluchter

Een ontluuchting verwijdert lucht uit een leidingsysteem door middel van een automatische vlotter. De vlotter zal lucht blijven ophopen totdat deze automatisch wordt afgevoerd via een klep.

4.6. Warmteverlies en koellast

4.6.1. Warmteverlies

Onder de term warmteverlies verstaat men de hoeveelheid warmte die een gebouw, dat is opgewarmd tot de gewenste temperatuur, verliest. Dit verlies kan optreden door transmissie via ramen, deuren en muren, of door ventilatieverliezen.

De warmteverliezen door transmissie zijn afhankelijk van de mate waarin een ruimte is geïsoleerd. Deze verliezen geven aan hoeveel warmte er moet worden toegevoegd om een ruimte op temperatuur te houden.

Er wordt altijd gedimensioneerd op de slechtste situatie mogelijk.

4.6.2. Koellast

Koellast is het omgekeerde van warmteverlies en geeft aan hoeveel er gekoeld moet worden om een ruimte op de gewenste temperatuur te houden. Hierbij moeten extra factoren in rekening worden gebracht:

Oriëntatie van het gebouw:

De ligging van het gebouw en de oriëntatie ten opzichte van de zon spelen een grote rol, omdat de zoninstraling invloed heeft op de warmte die binnenkomt.

Aantal aanwezige personen:

Mensen genereren lichaamswarmte, wat bijdraagt aan de totale warmtebelasting van de ruimte. Hoe meer mensen er aanwezig zijn, hoe hoger de koellast.

Interne warmtebronnen:

Apparaten, verlichting en andere warmteopwekkers in de ruimte zorgen voor extra warmte. Dit moet worden meegewogen bij het berekenen van de koellast.

Massastroom:

De hoeveelheid luchtverplaatsing of ventilatie kan de warmte-uitwisseling beïnvloeden en is eveneens van belang.

4.7. Verwarming en koeling

4.7.1. VRF

VRF staat voor Variable Refrigerant Flow. (VRV, Variable Refrigerant Volume enkel gebruikt door Daikin). Op het eerste zicht lijkt een VRF-systeem heel erg op een standaard multi-split systeem (1 buitenunit met meerdere binnenunits). Bij een VRF-systeem kan men de exacte warmtevraag nauwkeurig leveren en wordt er gebruik gemaakt van energie interne uitwisseling.

Bij een standaard koelcyclus gaat er altijd ongewenste warmte vrijkomen bij koelen en ongewenste koude bij verwarmen. Bij een VRF-systeem wordt deze enthalpie opgevangen door een andere binnenunit en als nuttige energie gebruikt om zo de COP te verhogen en dus minder energie te verbruiken. Dit zal er ook voor zorgen dat er gelijktijdig kan worden gekoeld en verwarmd. Dit is een groot voordeel in een situatie zoals een hotel, sommige gasten willen verwarmen terwijl andere willen koelen.

Een VRF-systeem is gesplitst in binnen- en buitenunit. In de buitenunit bevindt zich de compressor en zal werken als ofwel condensor ofwel verdampers afhankelijk van de vraag (Verwarmen of koelen). Langs de binnenunit wordt de kamer geklimatiseerd, zij kunnen op hun beurt apart de temperatuur regelen.

4.7.2. Bs-Box

Een BS-box fungeert als de verdeler binnen een VRF-installatie. Alle binnenunits worden op deze box aangesloten. De BS-box bevat elektronische expansieventielen die het koudemiddel, afhankelijk van de geselecteerde modus (koelen of verwarmen), in gas- of vloeibare vorm naar de binnenunits distribueren.

4.7.3. Warmteterugwinning

Het grote voordeel van een VRF-systeem ligt in de warmteterugwinning. Wanneer een warmtepomp in koelmodus opereert, produceert deze altijd 'ongewenste' enthalpie. Een VRF-installatie kan deze overtollige enthalpie echter benutten om elders in het systeem te verwarmen. De COP de installatie is het hoogst wanneer er een gelijke vraag (50/50) is naar koelen en verwarmen.

4.7.4. Cassette

Een cassette is een in het plafond geïntegreerd systeem voor verwarming en koeling met directe expansie. Via het plafond wordt verwarmde of gekoelde lucht de ruimte ingeblazen. Dit zorgt voor een gelijkmatige verdeling van de temperatuur over de gehele ruimte.

4.8. Ventilatie

4.8.1. Types ventilatie

4.8.1.1. Type A

Type A of ook wel natuurlijke ventilatie genoemd, het huis wordt verwarmd en de lucht zal via natuurlijke trek weggaan of binnenkomen.

4.8.1.2. Type B

Er gebeurde mechanische toevoer van lucht verdeeld over het gebouw. De verwarmde lucht wordt dan afgevoerd naar buiten via natuurlijke trek.

4.8.1.3. Type C

Er komt toevoerlucht binnen via natuurlijke trek en de lucht wordt daarna mechanisch afgevoerd.

4.8.1.4. Type D

Bij type D ventilatiesystemen wordt er gebruikgemaakt van mechanische toevoer en afvoer van lucht. De lucht wordt afgevoerd (extractie) uit de vochtige ruimtes, zoals de keuken, badkamer en het toilet. Voordat deze afvoerlucht naar buiten wordt afgevoerd, passeert ze eerst door een WW voor warmterecuperatie. De warmte uit de afgevoerde lucht wordt hierbij overgedragen aan de verse toevoerlucht die mechanisch wordt ingeblazen (pulsie) naar de droge ruimtes, zoals de woon- en slaapkamers.

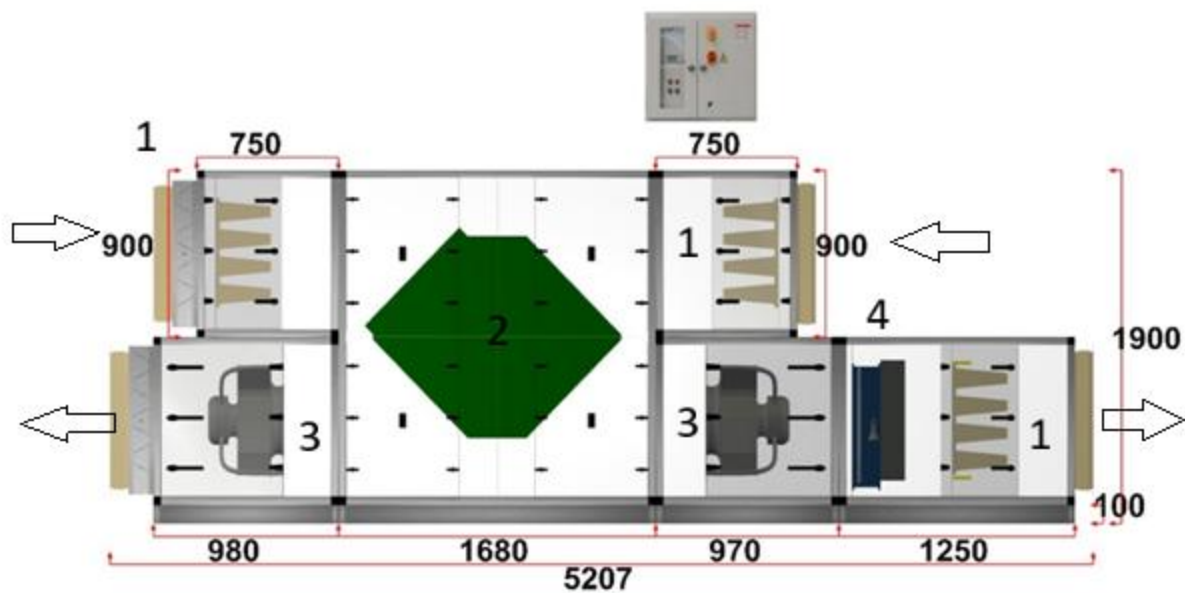
4.8.2. Warmtewiel

Een warmtewiel is een type WW dat wordt gebruikt voor het recupereren van warmte uit ventilatielucht. Het warmtewiel bevindt zich in een luchtgroep en is zo geplaatst dat de ene helft in de toevoerlucht stroom en de andere helft in de afvoerlucht stroom ligt. Door het draaien van het wiel wordt warmte uit de afvoerlucht opgenomen en overgedragen aan de koude toevoerlucht. Een bijkomend effect van een warmtewiel is dat er, naast warmte, ook vocht bij hygroscopische wielen. Ook geuren kunnen worden uitgewisseld tussen de luchtstromen. Dit is niet altijd gewenst, vooral in situaties waar geurverspreiding moet worden vermeden.

4.8.3. Luchtgroep

Alle luchtbehandeling (bevochtiging/ontvochtiging en verwarming/koeling) van een ventilatiesysteem gebeurt in een luchtgroep.

De lucht van de keuken heeft sterke geuren en mag niet langs het warmtewiel, daarom is een luchtgroep uitgerust met een kruisstroom WW.



Figuur 23 Luchtgroep GP-GE-01 Leopoldskazerne (Daikin)

Filter: 1

Om de luchtgroep en het ventilatiesysteem te beschermen moet de lucht bij binnenkomen en buitengaan langs een filter. De filter filtert de eventueel verontreinigde lucht om de warmtewisselaar, ventilator en dx-batterij te beschermen. De filters zullen na een bepaalde tijd of bij veel verontreiniging wel vervangen worden.

Warmtewisselaar: 2

De WW zorgt voor de warmterecuperatie van de extractie (van de kamers) en pulsie (naar de kamers) om het totale energieverbruik te verlagen.

Ventilatoren: 3

De ventilatoren zorgen voor het drukverschil en luchtverplaatsing.

DX-batterij: 4

Een dx-batterij (directe expansie batterij) verwarmt/koelt de lucht naar de gewenste temperatuur.

Tabel 1 GP-GE-01

		Pulsie	Extractie
0)	Afvallokaal		300
	Sas 02		25
	Fietsenberging	294	250
	Traphal 1.0		50
	Keuken	100	3000
	Restaurant	2760	0
	meeting room	360	350
	Back office	100	0
	Berging 01	0	80
	Onthaal receptie	390	500
	Inkom	750	0
	Bar	1620	700
	Traphal 2.0	0	250
	Sanitair		400
-1)	A2 -1.01	1170	150
	A1 -1.04		60
	Traphal A1 -1		60
	Circulatie A1 -1		110
	Berging A1 -1.05		80
	Berging A1 -1.06		80
	Berging A2 -1.02		80
	Personeelsruimte A3 - 1.01	210	100
	Propere linnen A3 -1.02		80
	Bagageopslag A3 -1.03		100
	Vuile linnen A3 -1.04		80
	Sanitair AV A3 -1.05		50
	Sanitair dames A3 -1.06		65
			35
	Sanitair Heren A3 -1.07		65
			35
Totaal		7754	7135

Tabel 2 GP-GE-02

		Pulsie	Extractie
+4)	A3.4.01	150	150
	A3.4.02	75	75
	A3.4.03	150	150
	A3.4.04	220	220
	A3.4.08	220	220
+3)	A3.3.01	75	75
	A3.3.02	75	75
	A3.3.03	150	150
	A3.3.04	150	150
	A3.3.05	75	75
	A3.3.06	75	75
	A3.3.07	150	150
	A3.3.08	75	75
	A3.3.09	75	75
	A3.3.10	220	220
	A3.3.20	220	220
+2)	A1.2.01	125	125
	A1.2.02	125	125
	A1.2.03	75	75
	A1.2.04	75	75
	A1.2.05	75	75
	A3.2.01	75	75
	A3.2.02	150	150
	A3.2.03	75	75
	A3.2.04	75	75
	A3.2.05	75	75
	A3.2.06	75	75
	A3.2.07	150	150
	A3.2.08	150	150
	A3.2.09	150	150
	A3.2.10	75	75
	A3.2.11	220	220
	A3.2.21	220	220
+1)	A1.1.01	75	75
	A1.1.02	75	75
	A1.1.03	75	75

	A1.1.04	75	75
	A1.1.05	75	75
	A1.1.06	75	75
	A2.1.01	75	75
	A2.1.02	75	75
	A2.1.03	75	75
	A2.1.04	75	75
	A2.1.05	75	75
	A2.1.06	75	75
	A2.1.07	75	75
	A2.1.08	75	75
	A3.1.01	75	75
	A3.1.02	220	220
	A3.1.03	150	150
	A3.1.04	150	150
	A3.1.05	150	150
	A3.1.06	150	150
	A3.1.07	180	180
	A3.1.08	220	220
	A3.1.09	220	220
	A3.1.10	75	75
	A3.1.11	220	220
	A3.1.21	220	220
	TOTAAL	7200	7200

Tabel 3 GP-GE-03 (incl bar)

		Pulsie	Extractie
+4)	A3.4.05	180	180
	A3.4.06	75	75
	A3.4.07	180	180
+3)	A3.3.11	150	150
	A3.3.12	150	150
	A3.3.13	150	150
	A3.3.14	75	75
	A3.3.15	75	75
	A3.3.16	150	150
	A3.3.17	150	150
	A3.3.18	150	150
	A3.3.19	150	150
+2)	A5.2.01	125	125
	A5.2.02	125	125
	A5.2.03	75	75
	A5.2.04	75	75
	A5.2.05	75	75
	A3.2.12	180	180
	A3.2.13	180	180
	A3.2.14	150	150
	A3.2.15	150	150
	A3.2.16	150	150
	A3.2.17	150	150
	A3.2.18	150	150
	A3.2.19	180	180
	A3.2.20	180	180
+1)	A5.1.01	75	75
	A5.1.02	75	75
	A5.1.03	75	75
	A5.1.04	75	75
	A5.1.05	75	75
	A5.1.06	75	75
	A4.1.01	75	75
	A4.1.02	75	75
	A4.1.03	75	75

	A4.1.04	75	75
	A4.1.05	75	75
	A4.1.06	75	75
	A4.1.07	75	75
	A4.1.08	75	75
	A3.1.12	220	220
	A3.1.13	220	220
	A3.1.14	150	150
	A3.1.15	180	180
	A3.1.16	180	180
	A3.1.17	180	180
	A3.1.18	180	180
	A3.1.19	220	220
	A3.1.20	220	220
	BAR	1910	1800
	TOTAAL	8290	8180

(Alle niet benoemde kamers zijn gastenkamers)

5. Resultaten

5.1. SWW

5.1.1. Warmtepomp

In het lastenboek zijn er enkele eisen vermeld:

- Gebruik van CO₂ als koelmiddel
- COP van minstens 3.65
- Een maximumtemperatuur van 90°C (aan de warmtepomp)
- De warmtepomp blijft functioneel bij een buitentemperatuur van -25°C
- (na bespreking met het studiebureau is er gekozen voor twee warmtepompen in plaats van drie)

Met deze eisen zal er dus een warmtepompselectie gebeuren.

4 SANITAIRE WARM-WATER-PRODUCTIE (SWW).

4.1 SWW-productie – geluidsnormen

Omschrijving

Zie Artikel 'Akoestiek' en zie akoestische nota als bijlage bij dit bestek.

4.2 SWW-productie - Algemeen.

SWW wordt gemaakt door middel van 3 Lucht-Water CO₂ Warmtepompen:

- Gebruik van natuurlijk koelmiddel (CO₂)
- Hoog rendement (behaalde COP 3,65) << Bij buitentemperaturen van 7 °C, retourtemperatuur 9 °C, voorlooptemperatuur 65 °C.
- Voorziening van heet water tot 90 °C
- Ook functioneel bij lage buitentemperaturen tot -25 °C

Figuur 24 bestek Leopoldskazerne (Besam Engineering)

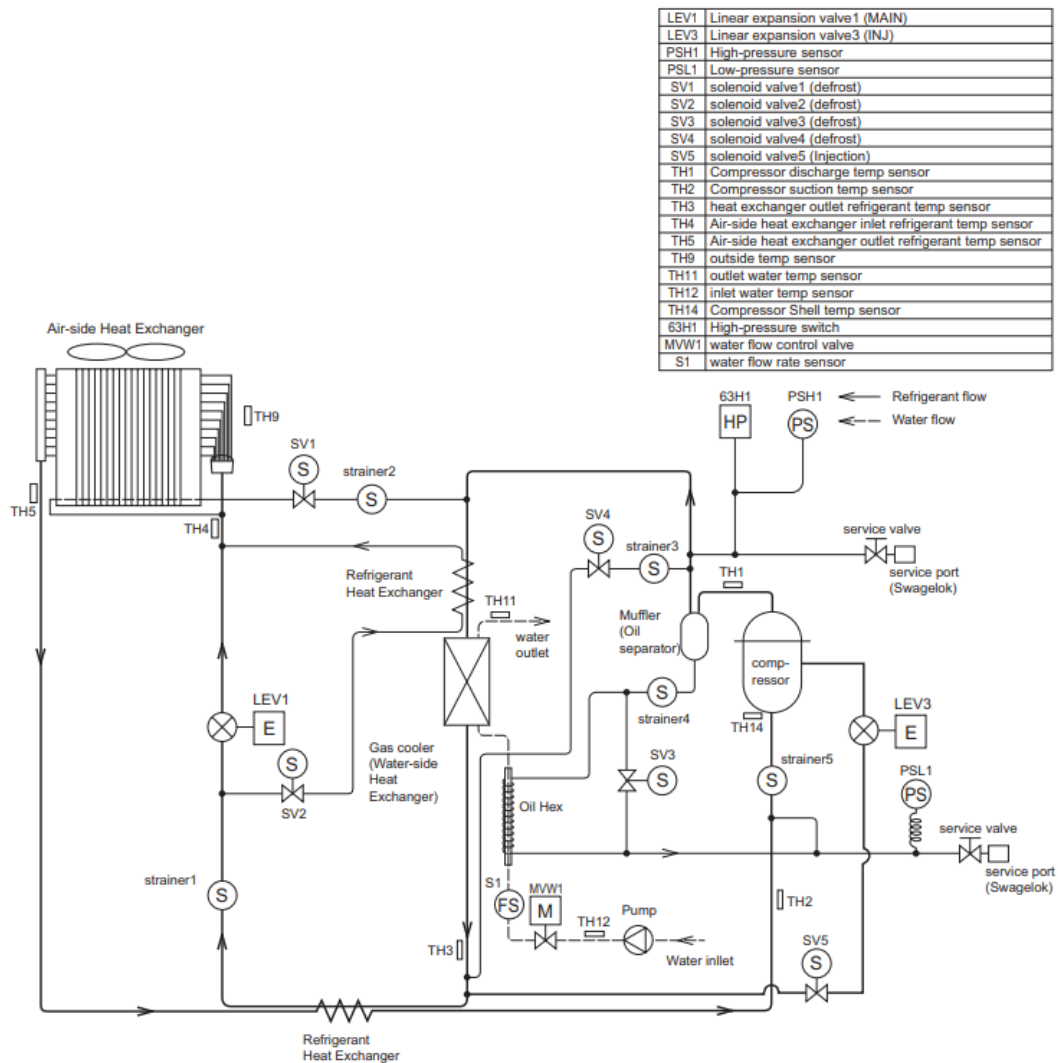
Mitsubishi en Daikin zijn de hoofdleveranciers van de firma Bumaco en de selectie zal uit hun catalogi gebeuren.

Er is gekozen voor de 2 maal de QAHV-n560ya-hpb die aan alle eisen voldoet

5.1.2. PID van de warmtepomp

PID of Piping And Instrumentation diagram geeft de interne installatie van de warmtepomp weer. Dit is zeer belangrijk voor onderhoud en de werking goed te begrijpen.

[1] Refrigerant Circuit Diagram



Figuur 25 PID-diagram van QAHV-n560ya-hpb Mitsubishi Electric

In het PID-diagram is een warmtepompinstallatie met een IHX (Internal Heat Exchanger) of tussenkoeler te zien.

Compressor:

De compressor is verantwoordelijk voor de compressie van het koudemiddel, dat in een gasvormige, toestand binnenkomt. Hij is voorzien van een thermische veiligheidssensor TH14, die de compressor uitschakelt wanneer oververhitting optreedt. Dit beschermt de compressor tegen schade.

Muffler (Oil Separator) of Olieafscheider:

De olieafscheider verwijdert olie die tijdens de compressie in het koudemiddel is opgenomen. Deze olie wordt eerder aan het koudemiddel toegevoegd bij strainer 5, om de compressor te smeren en te koelen. Het verwijderen van olie uit het mengsel na compressie verbetert de werking van de verdampers en voorkomt problemen zoals verminderde gaskoeling en inefficiënte verdamping.

Oil Hex:

De hete olie uit de compressor passeert een WW waarin warmte wordt afgegeven aan het retourwater. Dit proces koelt de olie en verwarmt het SWW gedeeltelijk. De afgekoelde olie wordt vervolgens teruggeleid en opnieuw gemengd met het CO₂-koudemiddel voor de compressie.

Gas Cooler (Water-Side Heat Exchanger) of Gaskoeler:

In de gaskoeler wordt het SWW verwarmd tot de gewenste temperatuur, terwijl het superkritische koudemiddel wordt gekoeld. Dit proces vindt plaats bij hoge druk en zorgt ervoor dat de warmte effectief aan het water wordt afgegeven.

Refrigerant Heat Exchanger (IHX) of Tussenkoeler:

De interne warmtewisselaar heeft twee functies:

Superheating (oververhitting):

Het koelmiddel dat uit de verdamper komt, wordt verder verwarmd voordat het naar de compressor gaat.

Subcooling (onderkoeling):

Het koelmiddel dat uit de gaskoeler komt, wordt verder afgekoeld voordat het expansieventiel wordt bereikt. Dit verhoogt de COP van het systeem.

LEV1 (Lineair Expansie Ventiel):

Dit ventiel reguleert de expansie van het koudemiddel. Door de druk te verlagen, koelt het koudemiddel af en kan het verdampen.

Air-Side Heat Exchanger of Verdamper:

In de verdamper wordt het koudemiddel volledig verdampt tot een gas. De werking van de verdamper is sterk afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Bij koude buitentemperaturen kan ijsvorming optreden, wat de warmte-uitwisseling vermindert. SV1, SV2, SV3, en SV4 worden gebruikt voor de ontddooring van de verdamper.

SV1:

Stuurt heet superkritisch fluïdum langs de verdamper om ijs te smelten tijdens de ontddoicyclus. Het hete superkritisch fluïdum stroomt langs de verdamper zonder geëxpandeerd te worden.

SV2:

Voorziet extra warmte aan het koudemiddel voordat het de verdamper ingaat, via een warmtewisselaar.

SV3:

Een bypass voor de WW van de olie, zo wordt de temperatuur van de olie nog nauwkeuriger geregeld.

SV4:

Een bypass voor de gaskoeler om heet superkritisch fluïdum te expanderen in de verdamper.

S1 Flow Switch of FS

De flow sensor bewaakt de stroming in het SWW-systeem. Als er geen stroming wordt gedetecteerd, schakelt de warmtepomp automatisch uit om schade of inefficiënte werking te voorkomen.

MVW1:

Regelt het debiet van de circulatiepomp en het SWW.

63H1 en PSH1 (High-pressure switch en High-pressure sensor):

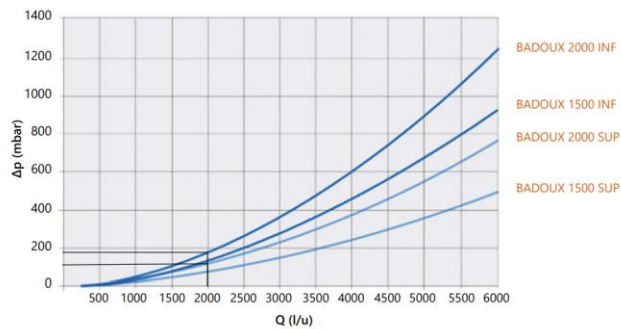
Een hogedruk schakelaar en hogedruk sensor, dienen als veiligheid aan de hogedrukszijde. Wanneer de druk te hoog wordt bij een fout zal de installatie afslaan om schade te voorkomen.

PSL1(Low-pressure sensor):

Meet de druk aan de lagedrukszijde, een te lage druk kan wijzen op een slechte werking of fout in de warmtepomp.

5.1.3. SWW vat

Als SWW-vat is er gekozen voor: 2 keer BADOUX2000



Figuur 26 Ladingsverliezen BADOUX2000 (Detandt)



Figuur 27 BADOUX2000 (Detandt)

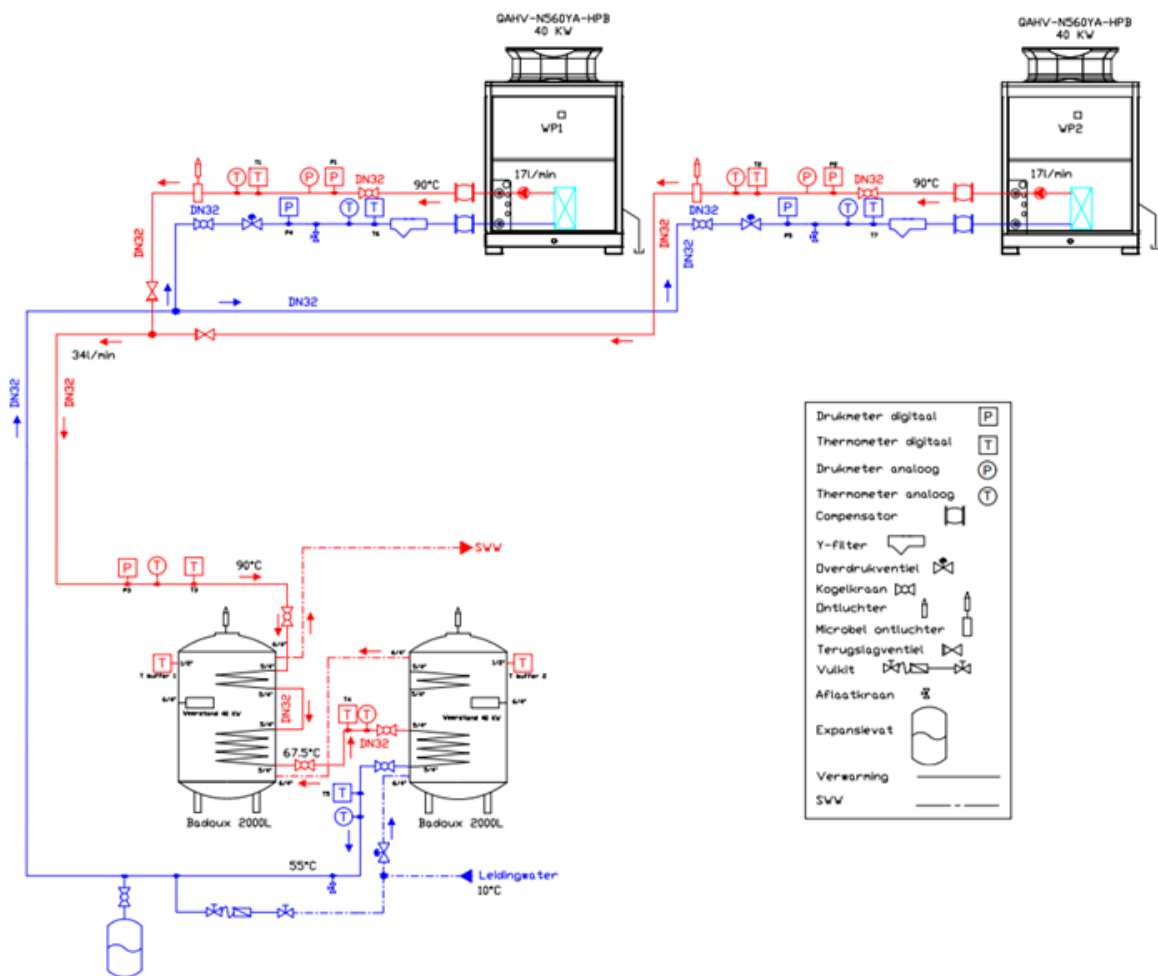
5.1.4. Opstelling SWW-vat

Een CO₂-warmtepomp vereist een lage retourtemperatuur om optimaal te functioneren. Om deze temperatuur te bereiken, zijn de twee SWW-vaten in serie geschakeld. Deze opstelling wordt zelden toegepast bij conventionele warmtepompen en cv-ketels, behalve in specifieke situaties waarbij twee niet-identieke SWW-vaten worden gebruikt. Dankzij deze serie-opstelling kan nu een lagere retourtemperatuur worden gerealiseerd.

De bovenste WW in het tweede SWW-vat wordt niet gebruikt, en dit om twee redenen:

- De ladingsverliezen van de warmtewisselaars zijn te groot in verhouding tot de opvoerhoogte van de warmtepompen. Als de bovenste WW wel zou worden gebruikt, zouden de warmtepompen op een lager debiet moeten werken, waardoor zij niet in staat zijn om het vereiste vermogen te leveren.

- Door de bovenste WW over te slaan, wordt de stratificatie in het SWW-vat bevorderd. Deze gelaagdheid is essentieel om de retourtemperatuur zo laag mogelijk te houden, wat cruciaal is voor een efficiënte werking van de warmtepomp.



Figuur 28 Hydraulisch schema Leopoldskazerne

5.1.4.1. Weerstanden in SWW-vaten

Binnenin elk vat is een elektrische weerstand van 20 kW geïnstalleerd, bedoeld voor gebruik bij uitval of tijdelijke stillegging van een warmtepomp tijdens onderhoud. De weerstanden hebben gezamenlijk slechts voldoende vermogen om de werking van één warmtepomp te compenseren. Daarnaast schakelen de weerstanden automatisch in bij een tekort aan SWW.

Gezien het hoge energieverbruik van de weerstanden is het echter van belang dat deze uitsluitend worden ingezet wanneer dit strikt noodzakelijk is.

5.1.4.2. Alternatieven opstelling SWW-vaten

Er is besproken met Mitsubishi of er eventueel andere opstellingen mogelijk waren.

Parallel:

Een alternatieve opstelling was om de twee vaten parallel te schakelen, zoals vaak wordt gedaan bij cv-ketels. Deze optie is echter niet gekozen omdat men een groter temperatuurverschil wilde realiseren met de retourtemperatuur.

Platen-warmtewisselaar:

Een andere mogelijke opstelling was om de twee warmtepompen eerst aan te sluiten op een platenwarmtewisselaar (platen-WW) en vervolgens de warmte via deze platen-WW naar de opslagvaten te transporteren. Deze configuratie werd niet gebruikt vanwege de hoge bijkomende kosten.

SWW door de WW:

Bij deze opstelling zou het opgewekte warm water (SWW) worden toegevoerd aan een SWW-opslagvat dat fungeert als buffervat. Het SWW zou door de warmtewisselaar worden geleid en op deze manier worden verwarmd. Deze aanpak biedt echter minder zekerheid over het behalen van een lage retourtemperatuur.

5.1.5. Expansievat

Om een goede keuze te maken voor het expansievat, moet eerst bepaald worden welk type vat gebruikt kan worden. Dit wordt gedaan door het expansievolume en het systeemvolume te bepalen.

5.1.5.1. Systeem volume

Het systeemvolume is het volume dat in het volledig systeem past, alle leidingen en componenten opgeteld.

DN32 leidingen aan 129.6 m, met een binnendiameter van 35 mm

* $129.6 \text{ m} = 0.125 \text{ m}^3$ 124.7 L

Inhoud WW in het SWW-vat

Bovenaan = 28.1 L

Onderaan = 16.9 L

Totale systeemvolume 169.7 L

5.1.5.2. Expansievolume

Het expansievolume is het volume dat het systeem zal uitzetten bij de maximumtemperatuur.

Tabel 1 Expansiecoëfficiënt van het water (initiële vulwatertemperatuur van 10 °C).

Maximale bedrijfs-temperatuur θ_{max} (°C)	Expansiecoëfficiënt e (in %) voor verschillende concentraties van een antivriesproduct (ethyleenglycol)					
	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,14	0,29	0,31	0,34	0,36	0,38
30	0,40	0,63	0,67	0,72	0,77	0,81
40	0,75	1,02	1,09	1,16	1,22	1,30
50	1,18	1,46	1,55	1,64	1,74	1,83
60	1,68	1,96	2,07	2,18	2,30	2,42
70	2,25	2,51	2,64	2,78	2,91	3,06
80	2,89	3,12	3,27	3,43	3,59	3,76
90	3,57	3,79	3,96	4,14	4,32	4,51
100	4,34	4,52	4,71	4,91	5,11	5,33
110	5,15	5,31	5,52	5,74	5,97	6,21
120	6,02	6,17	6,40	6,64	6,89	7,16
130	6,97	7,04 (*)	7,28 (*)	7,55 (*)	7,83 (*)	8,12 (*)

(*) Geëxtrapoleerde waarden [1, 12].

Figuur 29 Expansiecoëfficiënt van het vat (initiële vul watertemperatuur van 10°C) (WTCB)

Bij een maximumtemperatuur van 90°C (max temp van de warmtepomp), is er een expansie coëfficiënt bepaald van 3.57%.

$$V_{ex} = V_{system} * e$$

V_{ex} = expansievolume

V_{system} = systeemvolume

e = expansiecoëfficiënt

$$169.69 \text{ L} * 3.57\% = 6.06 \text{ L}$$

Er wordt gebruik gemaakt van een expansievat met variabele druk onder 2 voorwaarden:

- het expansievolume V_{ex} is kleiner dan 100 liter
- de statische hoogte h_{st} is bij een ingestelde veiligheidsdruk van 3 bar niet groter dan 25 meter.

Aangezien dit voor beide het geval is, wordt een vat met variabele druk geplaatst.

5.1.5.3. Reservewater volume

Om te voorkomen dat de installatie bij afkoeling in onderdruk komt te staan moet er een minimale hoeveelheid aan reservewater worden bepaald. Dit kan gebeuren op 2 manieren:

voor expansievaten met een totaal gasvolume V_N kleiner dan of gelijk aan 15 liter:

moet het reservewatervolume minstens 20 % van het totale gasvolume bedragen, hetzij:

$$V_{wr,min} = V_N * 0,2$$

voor expansievaten met een totaal gasvolume V_N van meer dan 15 liter:

moet het reservewatervolume ten minste overeenstemmen met 0,5 % van de totale waterinhoud van de installatie V_{system} , met een minimum van 3 liter, hetzij:

$$V_{wr,min} = \max (V_{system} * 0,005)$$

$V_{wr,min}$ = minimale reservewaterinhoud
 V_N = gasvolume

Aangezien er gebruik wordt gemaakt van een vat met meer dan 15 L en de minimale inhoud van 3 L niet wordt behaald

Reservewater volume = 3 L

5.1.5.4. Minimale voordruk

Statische druk is druk die wordt uitgeoefend op een vat in functie van het hoogteverschil tussen bron en vat
In dit geval is dit 19.5 m 1.95 Bar

$$p(0,min) = \max (p_{st} + p_v \text{ of } p_{st} + 0,2)$$

$p_{0,min}$ = de minimale voordruk, in bar
 p_{st} = de statische druk
 p_v = de dampdruk van het water

$$1.95 \text{ Bar} + 0.2 \text{ Bar} = 2.15 \text{ Bar}$$

De voordruk wordt door de fabrikant bepaald en is dus te halen uit de technische fiche 2.5 Bar

5.1.5.5. Nominaal volume van het expansievat

De bepaling van het nominaal volume berust op de wet van Boyle die stelt dat de verhouding van druk en volume constant zijn, bv. bij een volume vermindert zal de druk volgens de constante verhouding stijgen.

$$p * V = \text{constante}$$

Volgens deze wet kunnen de 3 fases van een expansievat aan elkaar gelijk gesteld worden.

A Begindruk; $p_{voordruk} * V_{gas} = C_{st}$

B Voordruk; $(p_{begindruk} + p_{atm}) * (V_{gas} - V_{res}) = C_{st}$

C Eindruk; $(p_{eindruk} + p_{atm}) * (V_{gas} - V_{res} - V_{ex}) = C_{st}$

5.1.5.6. Gekozen expansievat

Reflex N 80, grijs, expansievat met membraan, 6 bar/1,5 bar voordruk aansluiting



Figuur 30 Reflex N80 (Reflex)

5.1.5.7. Expansievat voor verdeling

Voor de verdeling is ook een expansievat nodig, dat door Blondeel zal worden geselecteerd.

Minimale voordruk 2.6 bar
Minimale inhoud 733 l

5.1.6. Leidingen

Voor het bepalen van de leidingdiameter hebben we slechts 1 waarde nodig, het maximale massadebiet door een bepaald stuk leiding. Dit wordt altijd gegeven door de producent. 17 L/min

Dit is het debiet van 1 warmtepomp, er staan er 2 in parallel 34 L/min

5.1.6.1. Lineaire en plaatselijke verliezen

https://www.buildwise.be/umbraco/surface/publicationitem/DownloadFile?file=31300%2Fnl%2Funprotected%2FWTCB_Rapport_14.pdf

Er wordt gebruikgemaakt van de Tabel A.3 Lineaire drukverliezen en watersnelheden in stalen leidingen (DN10 tot DN65) voor water op 80 °C. Stalen leidingen overeenkomstig de productnorm NBN EN 10255

Een volume debiet van water kan heel simpel worden omgezet naar een massadebiet in kg.

1 L water = 1 kg water

17 L/min 1020 kg/h (wordt in de tabel naar de dichtstbijzijnde waarde naar boven genomen)

Tabel A.3 Lineaire drukverliezen en watersnelheden in stalen leidingen (DN10 tot DN65) voor water op 80 °C. Stalen leidingen overeenkomstig de productnorm NBN EN 102255 [B17].

R (Pa/m)	DN10 - 3/8" D _i = 0,0125 m		DN15 - 1/2" D _i = 0,0160 m		DN20 - 3/4" D _i = 0,0216 m		DN25 - 1" D _i = 0,0272 m		DN32 - 5/4" D _i = 0,0359 m		DN40 - 64" D _i = 0,0418 m		DN50 - 2" D _i = 0,0545 m		DN65 - 2.5" D _i = 0,0703 m	
	q _L (kg/h)	v (m/s)	q _L (kg/h)	v (m/s)	q _L (kg/h)	v (m/s)	q _L (kg/h)	v (m/s)	q _L (kg/h)	v (m/s)	q _L (kg/h)	v (m/s)	q _L (kg/h)	v (m/s)	q _L (kg/h)	v (m/s)
1	9	0,02	17	0,02	40	0,03	75	0,04	160	0,05	243	0,05	501	0,06	966	0,07
2	14	0,03	25	0,04	58	0,05	110	0,05	233	0,07	352	0,07	724	0,09	1403	0,10
3	17	0,04	32	0,05	72	0,06	136	0,07	290	0,08	437	0,09	899	0,11	1746	0,13
4	20	0,05	37	0,05	84	0,07	159	0,08	339	0,10	510	0,11	1048	0,13	2038	0,15
5	22	0,05	42	0,06	95	0,07	180	0,09	382	0,11	575	0,12	1181	0,14	2299	0,17
6	25	0,06	46	0,07	105	0,08	198	0,10	421	0,12	634	0,13	1301	0,16	2536	0,19
7	27	0,06	50	0,07	115	0,09	215	0,11	458	0,13	689	0,14	1413	0,17	2755	0,20
8	29	0,07	54	0,08	123	0,10	232	0,11	492	0,14	740	0,15	1517	0,19	2961	0,22
9	31	0,07	58	0,08	131	0,10	247	0,12	524	0,15	789	0,16	1616	0,20	3155	0,23
10	33	0,08	61	0,09	139	0,11	261	0,13	555	0,16	835	0,17	1709	0,21	3339	0,25
11	34	0,08	65	0,09	146	0,11	275	0,14	584	0,17	878	0,18	1798	0,22	3515	0,26
12	36	0,08	68	0,10	154	0,12	288	0,14	612	0,17	920	0,19	1883	0,23	3684	0,27
13	38	0,09	71	0,10	160	0,13	301	0,15	639	0,18	961	0,20	1966	0,24	3846	0,28
14	39	0,09	74	0,10	167	0,13	313	0,15	665	0,19	1000	0,21	2045	0,25	4003	0,30
15	41	0,09	77	0,11	173	0,14	325	0,16	691	0,20	1037	0,22	2121	0,26	4154	0,31
16	42	0,10	79	0,11	180	0,14	337	0,17	715	0,20	1074	0,22	2196	0,27	4301	0,32
17	43	0,10	82	0,12	186	0,14	348	0,17	739	0,21	1110	0,23	2268	0,28	4444	0,33
18	45	0,10	85	0,12	191	0,15	359	0,18	762	0,22	1144	0,24	2338	0,29	4583	0,34
19	46	0,11	87	0,12	197	0,15	369	0,18	784	0,22	1178	0,25	2406	0,30	4718	0,35
20	47	0,11	90	0,13	203	0,16	380	0,19	806	0,23	1211	0,25	2473	0,30	4850	0,36
22	50	0,12	94	0,13	214	0,17	400	0,20	849	0,24	1274	0,27	2602	0,32	5106	0,38
24	52	0,12	99	0,14	224	0,17	419	0,21	890	0,25	1335	0,28	2726	0,33	5351	0,39
26	55	0,13	104	0,15	234	0,18	437	0,22	929	0,26	1394	0,29	2844	0,35	5587	0,41
28	57	0,13	108	0,15	244	0,19	455	0,22	967	0,27	1450	0,30	2959	0,36	5814	0,43
30	59	0,14	112	0,16	253	0,20	472	0,23	1003	0,28	1505	0,31	3070	0,38	6035	0,44
32	61	0,14	116	0,17	262	0,20	489	0,24	1039	0,29	1558	0,32	3178	0,39	6248	0,46
34	63	0,15	120	0,17	271	0,21	505	0,25	1073	0,30	1610	0,34	3282	0,40	6455	0,48
36	65	0,15	124	0,18	279	0,22	521	0,26	1107	0,31	1660	0,35	3383	0,42	6657	0,49
38	67	0,16	127	0,18	288	0,22	537	0,26	1140	0,32	1709	0,36	3482	0,43	6854	0,51
40	69	0,16	131	0,19	296	0,23	552	0,27	1172	0,33	1756	0,37	3579	0,44	7046	0,52
45	73	0,17	140	0,20	315	0,25	588	0,29	1248	0,35	1871	0,39	3811	0,47	7508	0,55
50	77	0,18	148	0,21	334	0,26	622	0,31	1321	0,37	1980	0,41	4031	0,49	7946	0,59
55	82	0,19	156	0,22	352	0,27	655	0,32	1391	0,39	2084	0,43	4241	0,52	8365	0,62
60	85	0,20	164	0,23	369	0,29	686	0,34	1458	0,41	2183	0,46	4443	0,54	8766	0,65
65	89	0,21	171	0,24	385	0,30	717	0,35	1522	0,43	2279	0,48	4637	0,57	9152	0,70
70	93	0,22	178	0,25	401	0,31	746	0,37	1584	0,45	2371	0,49	4823	0,59	9525	0,73
75	96	0,22	185	0,26	416	0,33	774	0,38	1644	0,46	2461	0,51	5004	0,61	9886	0,77
80	100	0,23	192	0,27	431	0,34	802	0,39	1702	0,48	2548	0,53	5179	0,64	10235	0,75
85	103	0,24	198	0,28	446	0,35	828	0,41	1759	0,50	2632	0,55	5350	0,66	10575	0,78
90	106	0,25	204	0,29	460	0,36	854	0,42	1814	0,51	2714	0,57	5515	0,68	10906	0,80
95	109	0,26	210	0,30	474	0,37	879	0,43	1868	0,53	2794	0,58	5676	0,70	11228	0,83
100	112	0,26	216	0,31	487	0,38	904	0,45	1920	0,54	2872	0,60	5834	0,72	11543	0,85
110	118	0,28	228	0,32	513	0,40	952	0,47	2021	0,57	3022	0,63	6138	0,75	12151	0,90
120	124	0,29	239	0,34	538	0,42	998	0,49	2118	0,60	3167	0,66	6430	0,79	12734	0,94
130	129	0,30	250	0,36	562	0,44	1042	0,51	2212	0,63	3306	0,69	6710	0,82	13295	0,98
140	135	0,31	260	0,37	585	0,46	1084	0,53	2302	0,65	3440	0,72	6980	0,86	13837	1,02
150	140	0,33	270	0,38	607	0,47	1125	0,55	2389	0,68	3570	0,74	7242	0,89	14361	1,06
160	145	0,34	280	0,40	629	0,49	1165	0,57	2474	0,70	3696	0,77	7496	0,92	14869	1,10
170	150	0,35	289	0,41	650	0,51	1204	0,59	2556	0,72	3818	0,80	7742	0,95	15362	1,13
180	154	0,36	298	0,43	671	0,52	1241	0,61	2636	0,75	3937	0,82	7981	0,98	15843	1,17
190	159	0,37	308	0,44	691	0,54	1278	0,63	2714	0,77	4053	0,85	8215	1,01	16311	1,20

Figuur 31 Lineaire drukverliezen en watersnelheden in stalen leidingen (DN10 tot DN65) voor water op 80 °C, stalen leidingen overeenkomstig de productnorm NBN EN 102255 [B17]. (WTCB)

Uit deze tabel halen we de volgende gegevens:

DN32 leiding diameter

v = 0.29 m/s snelheid

R = 32 Pa/m lineaire weerstand per meter

Voor de eerste leiding met een lengte van 4m een bocht en een T-stuk:

Lineaire drukverliezen:

$$\Delta p_L = R \cdot L$$

Δp_L = Lineaire drukverliezen (Pa)

R = Lineaire weerstand (Pa/m)

L = Lengte (m)

$$32 \text{ Pa/m} \cdot 4 \text{ m} = 128 \text{ Pa}$$

Plaatselijke drukverliezen:

$$\Sigma \Delta p_z = \frac{1}{2} \cdot v^2 \cdot \rho \cdot \Sigma \xi$$

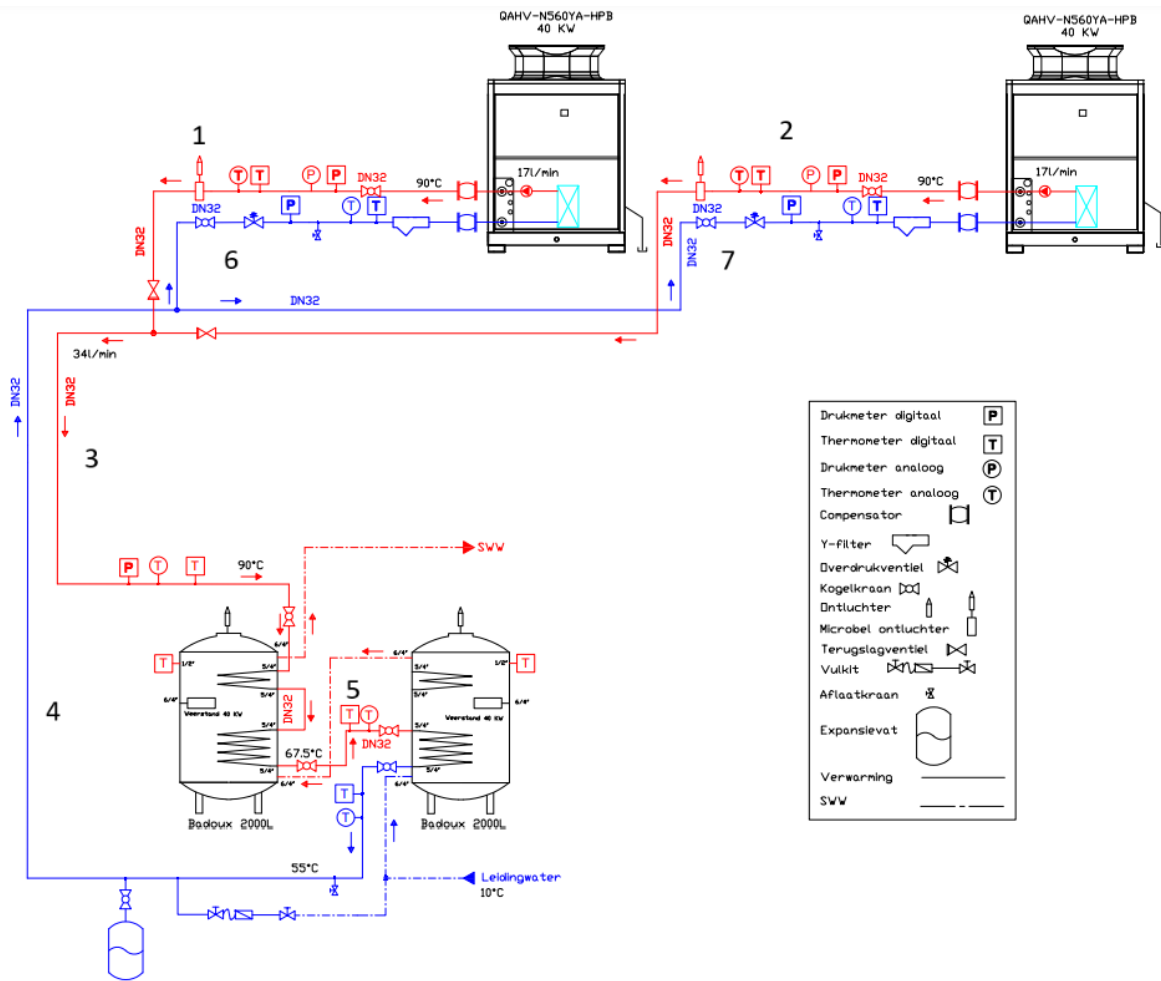
Δp_z = Plaatselijke drukverliezen (Pa)

v = snelheid (m/s)

ρ = massadichtheid water (kg/m³)

ξ = drukverlies coëfficiënt

$$\frac{1}{2} \cdot (0.29 \text{ m/s})^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot (2 \cdot 0.35) = 29.44 \text{ Pa}$$



Figur 32 Hydraulisch schema met leidingnummers

Buisnummer	Debiet 2 kg/h	Buisdiameter DN	Lineaire drukverliezen			Plaatselijke drukverliezen								Bijkomende 13 Pa	Totale drukverliezen 14 Pa	Opmerkingen
			4 Pa/m	5 m	6 Pa	7 m/s	8 Aantal L	9 ζ-waarde	10 ζ-waarde T	11 ζ-terugslagklep	12 ζ-overgang	13 Pa				
1	1020	DN 32	32	3.3	105.6	0.29	2	0.35	0	4	0.14	203.522	1000	1309.122	Kring 2,6 is het minst gunstig	
2	1020	DN 32	32	2.5	80	0.29	1	0.35	3	4	0.14	314.9545	1000	1394.9545		
3	2040	DN 32	120	50.7	6084	0.6	13	0.35	0	0	0	819		6903		
4	2040	DN 32	120	5	600	0.6	2	0.35	0	0	0	126		726		
5	2040	DN 32	120	50.7	6084	0.6	20	0.35	0	0	0	1260	41000	48344		
6	1020	DN 32	32	3.3	105.6	0.29	2	0.35	3	0	0.14	161.472	2000	2267.072		
7	1020	DN 32	32	2.5	80	0.29	1	0.35	0	0	0.14	20.6045	2000	2100.6045		
			118 m											59635.03 Pa		
														59.64 KPa		

Figur 33 Lineaire en plaatselijke verliezen

5.1.6.2. Vorstbeveiliging

Om bevrozing en vorstschade te voorkomen wordt er gebruikgemaakt van vorstbeveiliging in de leidingen die buiten staan. De meest voorkomende manieren van vorstbeveiliging in de leidingen zijn.

Glycolmenging:

Een veel voorkomende manier om bevrozing tegen te gaan is het water mengen met glycol. Een dik antivriesmiddel dat wordt gemengd met het water om het vriespunt van het mengsel te verlagen.

Tracing:

Een door thermostaat gestuurde dunne draadvormige weerstand dat warmte afgeeft rond een geïsoleerde buis. Wanneer de thermostaat meet dat de temperatuur onder een bepaalde waarde zakt zal deze signaal geven om de buis terug op te warmen. Dit proces is zonder sturing.

Er werd hier gekozen voor een tracing voor enkele redenen:

-Bij de hoge temperaturen van het SWW kan de glycol ontbinden. Bij alle veranderingen in viscositeit (door bv. glycol ontbinding) zal de warmtepomp een foutmelding geven.

-Organische glycol kan bij hoge temperaturen koper laten corroderen door oxidatie

-Door de viscositeit van het water-glycol mengsel zal de circulatiepomp harder moeten werken, met een lagere COP als gevolg.

-De relatief kleine afstand die beveiligd moet worden.

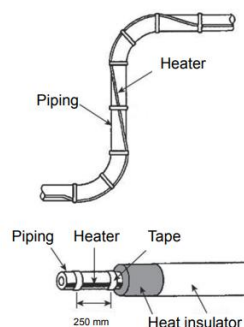
Tracing moet in de winter continu ingeschakeld blijven om bevriezing te voorkomen.

Bij een elektriciteitspanne in de winter zal de tracing echter uitvallen. Na een panne kan de heropstarttijd aanzienlijk toenemen, wat ook kan leiden tot mogelijke schade aan het systeem.

FSJ25-2 –VERWARMINGSKABEL 25 W/m

A19ARC-9100 – JCI THERMOSTAAT

Heater installation example



Figuur 34 tracing Mitsubishi installatie handleiding

5.1.7. Componenten

Voor de aansluiting van leidingen wordt binnen de sanitaire installaties voornamelijk gebruikgemaakt van de volgende verbindingstypes:

Draadverbinding:

Dit type verbinding maakt gebruik van een eenvoudige mannelijke en vrouwelijke schroefdraad in buizen en tussencomponenten. Schroefdraadverbindingen zijn echter nooit volledig lekvrij, dus er moet altijd gebruik worden gemaakt van extra afdichtmateriaal, zoals vlas, teflontape of dichtingspasta.

Persverbinding:

Bij een persverbinding worden buizen met behulp van een speciale machine aan elkaar geperst. Helaas is er geen genormaliseerde standaard voor persverbindingen, wat betekent dat elk merk zijn eigen variant heeft die niet compatibel is met andere merken.

Voor deze installatie is gekozen voor de Viega Prestabo-persaansluiting voor stalen buizen, vanwege de volgende redenen:

- De monteurs hebben ervaring met dit merk en deze aansluitmethode.

- Er is al speciaal installatiemateriaal voor Viega aangekocht.

Hoewel persverbindingen vaak duurder zijn dan draadverbindingen, wegen de voordelen van eenvoud en snellere montage vaak op tegen de hogere kosten.

Voor specifieke toepassingen, zoals een manometeraansluiting, zijn er geen persverbindingen beschikbaar. In dergelijke gevallen wordt gebruikgemaakt van een extra aansluitmof om de verbinding mogelijk te maken.

5.2. Sturing

De sturing van de Leopoldskazerne wordt uitgevoerd in samenwerking met het zusterbedrijf Electrico, dat gespecialiseerd is in het ontwerp, de opbouw en de sturing van elektrische installaties. Het type installatie, waarbij twee warmteopwekkers op dezelfde SWW-opslag zijn aangesloten, wordt vaak aangeduid als een cascade verwarming. In plaats van één grote warmteopwrekker wordt gekozen voor meerdere opwekkers om het modulatiebereik te vergroten. Bij een kleinere warmtevraag wordt slechts één van de twee warmtepompen ingeschakeld, wat resulteert in minder energieverlies. Het frequent in- en uitschakelen van warmtepompen is nadelig voor hun levensduur, omdat dit extra belasting op de systemen veroorzaakt. Door de belasting over meerdere opwekkers te verdelen, wordt de levensduur van de warmtepompen aanzienlijk verlengd. Om dit proces te optimaliseren, wordt bijgehouden hoeveel uur elke warmtepomp draait, zodat een gelijkmatige belasting gegarandeerd blijft.

5.2.1. PLC

De sturing van het SWW gebeurt in het hotel door een PLC Programmable logic controller, een PLC heeft het voordeel dat het simpeler en betrouwbaarder is dan een PC. Een PLC kan digitale en analoge inputs lezen en met deze informatie digitale en analoge outputs geven.

Het SWW wordt aangestuurd door de WAGO PFC200 750-8212, deze PLC wordt in dit project verkozen boven meest gebruikte merken (bv, Siemens, Phoenix Contact, Omron) omwille van zijn lagere aankooprij. Dit komt wel met het nadeel dat hij iets minder makkelijk is om te programmeren. (meer uitleg programmeren aanpassingen)

5.2.2. Kabellijst sturing

Voordat er aan de bekabeling kan begonnen worden, moeten er kabellijsten worden opgemaakt. Hierin staat welke kabel er naar welke ruimte moet, zodat er geen fouten kunnen gebeuren bij de technikers. Het is van groot belang dat er geen onduidelijkheden in staan.

Kabellijst Leopoldskazerne						
Bekabeling kamer						
Naam	Kabel	Van	Naar	Naam kabel		
Temperatuur aanvoer WP1	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur aanvoer WP1 T1			W1
Temperatuur retour WP1	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur retour WP1 T6			W2
Temperatuur aanvoer WP2	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur aanvoer WP2 T2			W3
Temperatuur retour WP2	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur retour WP2 T7			W4
Temperatuur buffervat 1	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur buffervat 1 TB1			W5
Temperatuur buffervat 2	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur buffervat 2 TB2			W6
Temperatuur buffervat 1 inlaat	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur buffervat 1 T3			W7
Temperatuur tussen buffervat 1 en 2	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur tussen buffervat 1 en 2 T4			W8
Temperatuur uitlaat buffervat 2	LIHCH3g0.75	Analoge ingangskaart 1	Temperatuur uitlaat buffervat 2 T5			W9
Druk WP1 aanvoer	LIHCH5g0.75	Analoge ingangskaart 3 Ai1	Druk WP1 aanvoer P1			W10
Druk WP1 retour	LIHCH5g0.75	Analoge ingangskaart 3 Ai2	Druk WP1 retour P4			W11
Druk WP2 aanvoer	LIHCH5g0.75	Analoge ingangskaart 3 Ai3	Druk WP2 aanvoer P2			W12
Druk WP2 retour	LIHCH5g0.75	Analoge ingangskaart 3 Ai4	Druk WP2 retour P5			W13
Druk buffervat	LIHCH5g0.75	Analoge ingangskaart 3 Ai5	Druk buffervat P3			W14
Alarm WP1	LIHCH7g0.75	Digitale ingangskaart 1 Di3	WP1			W15
Status WP1	LIHCH7g0.75	Digitale ingangskaart 1 Di4	WP1			W15
Alarm WP2	LIHCH7g0.75	Digitale ingangskaart 1 Di5	WP2			W16
Status WP2	LIHCH7g0.75	Digitale ingangskaart 1 Di6	WP2			W16
Digitale uitgang	LIHCH5g0.75	Digitale uitgangskaart 1	WP1			W15
Digitale uitgang	LIHCH5g0.75	Digitale uitgangskaart 1	WP2			W16
Alarm weerstand 1	LIHCH7g0.75	Digitale ingangskaart 1	Buffervat 1			W17
Status weerstand 1	LIHCH7g0.75	Digitale ingangskaart 1	Buffervat 1			W17
Alarm weerstand 2	LIHCH7g0.75	Digitale ingangskaart 1	Buffervat 2			W18
Status weerstand 2	LIHCH7g0.75	Digitale ingangskaart 1	Buffervat 2			W18
Vrijgave weerstand 1	LIHCH7g0.75	Digitale uitgangskaart 1	Buffervat 1			W17
Vrijgave weerstand 2	LIHCH7g0.75	Digitale uitgangskaart 1	Buffervat 2			W18

Figuur 35 Kabellijst van PLC Leopoldskazerne

5.2.3. Interface

Het hotel zal toegang krijgen tot een interface of HMI (Human Machine Interface). Zo kunnen zij ook monitoren over de verschillende temperaturen en drukken, hierop zien ze ook welke foutmeldingen er zijn. Echter kunnen zij niets doen aan de sturing, zo kan niemand per ongeluk het systeem ontregelen of fouten ingeven. Enkel techniekers en opgeleid personeel hebben toegang tot de sturing (enkel Bumaco).

5.2.4. Testen

Voordat de warmtepompen volledig in bedrijf worden gesteld, moet er eerst uitgebreid getest worden om zeker te zijn van goede regeling.

Als eerste wordt elke sensor apart getest op goede installatie/werking. Het programma wordt niet in één keer getest, maar per deelprogramma. Er wordt veel aandacht besteed aan eventuele fout scenario's, opdat de installaties hier goed mee kunnen omgaan.

Alles wordt ter plaatse getest om eventuele nodige aanpassingen te doen.

5.3. Offertes van leveranciers

Voor er een bestelling wordt geplaatst bij een leverancier wordt er altijd eerst gevraagd om een offerte op te stellen.

Op vraag van de bedrijfspromotor zijn alle exacte prijzen niet zichtbaar gemaakt.

Verschillende offertes van verschillende leveranciers worden daarna vergeleken, om het beste uit te kiezen.

Er wordt met een aantal factoren rekening gehouden.

Kwaliteit

De bestelde componenten moeten voldoen aan de kwaliteitseisen die in het bestek zijn opgenomen.

Sommige componenten zijn eenvoudiger te installeren dan andere, wat de techniekers tijd bespaart en dus ook kosten vermindert. Hoogwaardige componenten hebben doorgaans een langere levensduur en vereisen minder onderhoud, wat op lange termijn leidt tot lagere kosten.

Stock

Niet alle componenten zijn op elk moment beschikbaar bij de leveranciers. Dit kan invloed hebben op de planning en uitvoering van het project.

Marktwaaarde

Voor sommige componenten, zoals koperen buizen, wordt de prijs bepaald door de marktwaaarde van het materiaal. De aankooprijs van deze componenten fluctueert afhankelijk van marktschommelingen.

Levertijd

De levertijd kan variëren per leverancier. Bij Bumaco worden alle bestelde onderdelen eerst naar het magazijn in Rotselaar gebracht. Van daaruit worden ze met een vrachtwagen naar de werf gebracht. Het logistieke proces speelt een belangrijke rol in het waarborgen van tijdige leveringen op de werf.

Prijs

Bij de keuze van componenten wordt altijd een afweging gemaakt tussen de prijs en andere factoren, zoals beschikbaarheid, kwaliteit en levertijd. Zo kan een onderdeel dat direct beschikbaar is, duurder zijn dan een alternatief dat langer op zich laat wachten. In sommige gevallen kan het toch voordeliger zijn om het duurdere onderdeel aan te schaffen, bijvoorbeeld om te voorkomen dat de werf stil komt te liggen, wat aanzienlijke kosten met zich meebrengt.

In bijlages 1,2,3

6. Besluit/Discussie

In deze bachelorproef is de dimensionering en plaatsing van twee CO₂-warmtepompen volledig uitgewerkt. De leidingverliezen zijn berekend, en de plaatsing van de leidingen en het materiaal is vastgesteld. Op basis hiervan is een duidelijk hydraulisch schema opgesteld. De installatie voldoet aan de eisen van de SWW-vraag en is bestand tegen legionellabesmetting.

Daarnaast zijn de ventilatiesystemen met debieten en de VRF-systemen gedetailleerd beschreven.

Literatuurlijst

- [1] *Meer over de mensen achter onze organisatie | Bumaco.* (n.d.). <https://bumaco.be/over-ons>
- [2] *Over ons - Bumaco Group.* (n.d.). Bumaco Group. <https://www.bumacogroup.be/over-ons/>
- [3] Bleys, B. (2014). *Basisprincipes sanitair warm water.* https://www.tetra-sww.be/wp-content/uploads/2014/11/DEEL1_Inleiding_BBleys_IVerhaert.pdf
- [4] Heat-Box. (n.d.). *Hoe dimensioneer je een sanitair warm water boilervat?* <https://heat-box.be/nl-be/blog/post/hoe-dimensioneer-je-een-sanitair-warm-water-boilervat>
- [5]Wagneur, M. (2009). WTCB-Contact. *WTCB-Contact*, 1–2. https://www.buildwise.be/media/yhxeiv4n/contact_nl_01_2009.pdf
- [6] Over Buildwise - Leer jouw innovatiecentrum kennen. (n.d.). Buildwise. <https://www.buildwise.be/nl/over-buildwise/>
- [7]Climapulse. (n.d.). *Over ons.* https://climapulse.com/nl/over-ons?_gl=1*1yci35y*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQjwmt24BhDPArisAJFYKk3RDBB20iwVhk1eCvPKjNy9_A0sUfTitK6AEOjExzK-VcHKLvMfJllaAtJtEALw_wcB
- [8] GeoTherma. (2021, December 14). *Wat is een warmtepomp inverter? - GeoTherma.* *GeoTherma.* <https://www.geotherma.be/wat-is-warmtepomp-inverter/>
- [9] *What makes inverter heat pumps different?* (n.d.). Advantage Heating & Air Conditioning. <https://advantageheatingllc.com/learning-center/inverter-heat-pump/>
- [10] De Kleijn Energy Consulting B.V. (n.d.). *Transkritische CO2 warmtepomp | Industrialheatpumps.nl.* https://industrialheatpumps.nl/nederlands/werkingsprincipes/transkritische_co2_warmtepomp/
- [11] Recupair. (2022, April 7). *Discussieavond CO2-transkritisch - KNVvK - 10 mei 2019.* <https://recupair.nl/co2-transkritisch/>
- [12] Emerson Climate Technologies. (n.d.). *Commercial CO2 Refrigeration Systems Guide for Subcritical and Transcritical CO2 Applications [Book].* In *Commercial CO2 Refrigeration Systems Guide.* https://archive.r744.com/files/675_commercial_co2_guide.pdf
- [13] Zhang, X., & Yamaguchi, H. (2019). *Transcritical CO2 Heat pump: Fundamentals and applications.* <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118380055>
- [14] *5.2 Designation of refrigerants - SWEP.* (n.d.). <https://www.swep.net/refrigerant-handbook/5.-refrigerants/sd6/#:~:text=According%20to%20an%20international%20agreement,the%20molecule%2C%20as%20described%20below.>
- [15] Association of European Refrigeration Air Conditioning & Heat Pump Contractors, Associazione Tecnici del Freddo, IKKE training centre Duisburg, Institute of Refrigeration, International Institute of Refrigeration, University College Leuven-Limburg, London South Bank University, PROZON recycling programme, CNI National Confederation of Installers, CHKT Czech Association for cooling and air conditioning technology, HURKT, Croatian Refrigeration Airconditioning and Heat Pumps Association, RGAR Association General of Refrigeration, SOSIAD Association of Refrigeration Industry and Businessmen, & SZ CHKT Slovak Association for Cooling and Airconditioning technology. (2019). *REAL Alternatives 4 LIFE Module 2 Veiligheid en risicobeheer.* In *REAL Alternatives 4 LIFE.* https://www.frixis.be/files/ckfinder/files/BE_Module2_2018-2.pdf
- [16] *Waarom een warmtepomp niet zonder SWW-vat kan - hoomie.online.* (n.d.). <https://hoomie.online/installateurs/academy/SWW-vat-warmtepomp>

- [17] World Health Organization. (2007). *LEGIONELLA AND THE PREVENTION OF LEGIONELLOSIS* (J. Bartram, Y. Chartier, J. V. Lee, K. Pond, & S. Surman-Lee, Eds.).
https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43233/9241562978_eng.pdf#page=199
- [18] Janssen, E. & Universiteit Antwerpen. (2018). *Sanitair Warm Water: algemeen overzicht*.
- [19] Buildwise. (2022.). *WTCB Rapport 14.*,
- [20] Buildwise. (2022). *Centrale verwarming met warm water: Dimensionering van gesloten expansievaten met variabele druk (WTCB Rapport nr. 22)*.

Bijlagen

Besteladres :

Bumaco Koeltechniek & Airconditioning
Lode Jacobs
 Stationsstraat 216
 3110 ROTSELAAR
 België

Uw referentie LEOPOLDSKAZERNE
 Documentdatum 18 november 2024
 Geldig tot 25 november 2024
 Verkoper Donny Minnebo +32 491 37 81 86
 Behandeld door philippe.dimiaux@carnoy.be
 +32 9 255 55 70

Orderklantnr. 107654
 Ondernemingsnr. 0455064414
 Telefoonnr. +32472098866
 +3216446973
 E-mail lode.jacobs@bumaco.be
 Betalingscondities 8 dagen factuurdatum -2.5% 8D BRUTO
 Verzending geleverd op bestemming

Wij danken u voor uw aanvraag en hebben het genoegen u volgens onze algemene voorwaarden (door u gekend en aanvaard) en vrijblijvend aan te bieden :

Nr.	Omschrijving	Referentie leverancier	Aantal	Eenheidsprijs Excl. btw	Totaal	In stock? *
159821	Prestabo C-staal buis buiten verzinkt, d=35mm model 1103	559496	150 meter			150
160070	Prestabo C-staal bocht 45° d=35mm, model 1126	558307	4 stuks			4
159967	Prestabo C-staal bocht 90° d=35mm, model 1116	558161	25 stuks			25
159915	Prestabo C-staal kopp. d=35mm, model 1115	558024	40 stuks			14
105214	hangklep cim80 5/4"	801.1/4	2 stuks			2
160022	Prestabo C-staal T-stuk gelijk d=35mm, model 1118	558659	2 stuks			2
159992	Prestabo C-staal T-stuk F d=35mm Rp=1/2", d1=35mm model 11172	558932	30 stuks			18
159845	Prestabo C-staal overg.mof M d=35mm, R=5/4" model 1111	559052	42 stuks			32
107477	mefa husky voorgeïsoleerde beugel 19mm ø35mm m8/m10	6840350	84 stuks			0
105211	flamco flexvent vlotterontluchter G 1/2, 27740	27740	10 stuks			10
160676	Spirovent luchtafscieder RV2 Rp1 1/4 interne draad	UA125W	2 stuks			2
105189	filter inox-zeef cim 74a 5/4" (water)	74ACRN1.1/4	2 stuks			2
101830	uitzettingmof kledil 5/4" cc	0423472	4 stuks			0
104997	kogelkraan fxf cim14 5/4" volle doorlaat	141.1/4	9 stuks			9
108620	aangenomen vulset 1/2" pn10 500mm met caterugstroom- beveiliging	149B3786	1 stuk			1
165606	Reflex N 80, grijs, expansievat met membraan, 6 bar/1,5 bar voordruk aansluiting	8210200	1 stuk			1
103359	reflex aansluitkoppeling 1" met aflaat-ontluchting	7613100	1 stuk			1
159843	Prestabo C-staal overg.mof M d=35mm, R=1" model 1111	704803	1 stuk			1

* Dit werd bepaald op het moment dat dit document werd afgedrukt.



Carnoy - Afrikalaan 203 - 9000 GENT - Oost-Vlaanderen - +3292555555 - info@carnoy.be

Rekeningnr.: BE10 4400 3401 1104 - Ondernemingsnr.: 0400017112

Algemene voorwaarden zie: www.carnoy.be

Bijlage 1 Offerte 1 (CARNOY)

Nr.	Omschrijving	Referentie leverancier	Aantal	Eenheidsprijs Excl. btw	Totaal	In stock? *
103547	horizontale thermometer 0-120° ø 63mm, dompelaar 45mm 1/2"	0301040	7 stuks			7
159871	Prestabo C-staal overg.mof F d=35mm, Rp=3/4" model 1112	642198	4 stuks			4
159467	Nippel 3/4 brons 3280	266615	4 stuks			4
110427	flamco prescor ventiel 3/4 x 3/4-4bar 27028	27028	2 stuks			1

Digitale thermometer niet in ons assortiment

Voorwaarden:

- De vermelde prijzen zijn geldig voor zover de totaliteit van de offerte besteld wordt
- Onze offertes zijn vrijblijvend en herzienbaar op basis van de geldende prijzen en kortingen op de dag van bestelling.
- Technische documentatie is beschikbaar op <https://carnoy.catbuilder.info/catalogs/cata.sp>
- Ingeval van bestelling, gelieve deze door te sturen naar ordes@carnoy.be
- De conformiteit van de door ons voorgestelde materialen dient steeds te worden getoetst aan het door u gekende lastenboek. Wij zijn niet verantwoordelijk voor gebeurlijke niet-conformiteit.

De vermelde totaalprijzen zijn NETTO prijzen

Subtotaal

Btw-bedrag

Totaal € incl. btw

* Dit werd bepaald op het moment dat dit document werd afgedrukt.



Camoy - Afrikalaan 203 - 9000 GENT - Oost-Vlaanderen - +3292555555 - info@carnoy.be

Rekeningnr.: BE10 4400 3401 1104 - Ondernemingsnr.: 0400017112

Algemene voorwaarden zie: www.camoy.be

2/2

Bijlage 2 offerte 2 (Carnoy)



OFFERTE

Datum:	3 oktober 2024
KLANTNAAM:	BUMACO KOELTECHNIEK
Aan:	Maaren Nijs
Straat + nr:	Stationsstraat 216
Plaats + postcode:	3110 Rotselaar
Tel:	(016) 44 69 73
Mail:	nijsmaaren@gmail.com
Uw ref:	PRIJSVRAAG

Onze ref : **KBO/LJ/2024-10-03**

Beste Maaren,

Wij danken u voor uw hierboven vermelde aanvraag en hebben het genoegen u hiermee onze beste voorwaarden te bevestigen voor levering van:

Type	Omschrijving	Aantal	Eenheidsprijs	Eenheidsprijs
802398	FSJ25-2 – VERWARMINGSKABEL 25 W/m	25		
681111	A19ARC-9100 – JCI THERMOSTAAT	1		

Totaalbedrag :

Leveringstermijn: Uit voorraad leverbaar behoudens verkoop.

Geldigheidstermijn van deze aanbieding : tot en met 03.11.2024.

HEYTEC handelt uitsluitend als verkoper en niet als installateur, ontwerper of raadgever. Bijgevolg beperkt de verantwoordelijkheid van HEYTEC zich tot de verkoop. De studie en berekeningen van warmteverliezen dienen steeds door de installateur gecontroleerd te worden op de werf.

Alle handelingen moeten worden uitgevoerd door bevoegd en gekwalificeerd personeel, met de opleidingsvaardigheden die vereist zijn volgens de EN 378-norm. Het ontwerp, de bouw en de werking van de installatie waarin de aangeboden materialen worden geïnstalleerd, moeten voldoen aan de eisen en criteria van de EN378-norm. De veiligheidseisen voor het gebruik van koelmiddelen van de groepen A1 en A2L moeten voldoen aan de bepalingen van de EN378-norm en aan de veiligheidsinformatiebladen van elk gebruikt koelmiddel. Wij verwijzen hiervoor uitdrukkelijk naar het document "Specifieke normen en eisen voor koel- en klimaatinstallaties" waarvan u in onze Algemene Voorwaarden een exemplaar vindt.

Eventueel aangeboden prijzen voor rollen koperen koelleiding zijn per rol. Aangeboden prijzen voor de rechte koperen koelleiding zijn per meter. Beide prijsstellingen zijn gebaseerd op de kopernotering die u bij ons kunt opvragen. Bij een stijgende of dalende kopernotering worden de prijzen aangepast conform onze catalogus.

De prijzen van eventueel aangeboden alternatieve artikelen worden niet meegenomen in de berekening van de totaalprijs.

Leveringsvoorwaarden:

Alle vermelde prijzen zijn netto, exclusief BTW en geldig voor levering franco (vanaf € 750 netto) op 1 adres in België, niet afgeladen, gedurende de normale arbeidsuren.

Betalingsvoorwaarden: zoals gebruikelijk.

Onze Algemene Voorwaarden zijn van toepassing.

Een wederzijdse garantie en verbintenis tot snelle geschillenregeling door arbitrage, maakt deel uit van de Algemene Verkoopvoorwaarden, vermeld op www.heytec.be.

Met vriendelijke groeten,

Koen Bogaert – (0474) 98 46 77

Product Manager – Key Account Manager

Koen.bogaert@heytec.be

HEYTEC n.v./s.a.

Kelderveld 39
2500 Lier
T +32 (0)3 440 19 00

BE 0446.089.637

HEY@HEYTEC.BE

WWW.HEYTEC.BE

Service Centers

Eke
Begoniastraat 36
9810 Eke
T +32 (0)9 321 06 40

Houthalen
Centrum Zuid 3023 bus 5
3530 Houthalen
T +32 (0)11 26 16 54

Groot-Bijgaarden
Stationsstraat 24
1702 Groot-Bijgaarden
T +32 (0)2 464 92 40

Kuurne
Noordlaan 29 bus 22
8520 Kuurne
T +32 (0)56 361 361

Herstal
Rue Haute Claire 18
4040 Herstal
T +32 (0)4 361 28 81

Wavre
Avenue Mercator 4
1300 Wavre
T +32 (0)10 22 44 00

P1/1



Bijlage 3 Offerte Heytec

GEGEVENS PROJECT

Projectnummer:

Straatnaam & Huisnummer:

Postcode & Gemeente:

1. INLEIDING

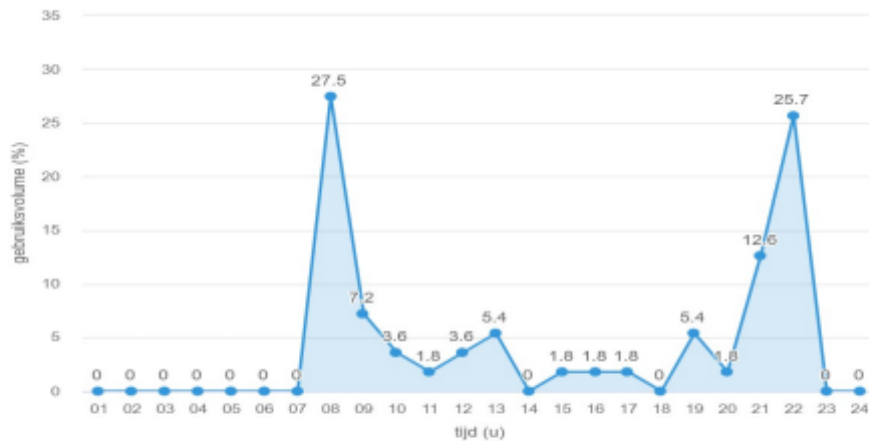
De berekening van het sanitair warm water (verbruik, opwekker, opslagvat en distributie) is gebaseerd op de rekenmethodiek zoals beschreven in de NBN EN 12831-3 norm. De berekening werd met de grootst mogelijke zorg opgesteld op basis van de informatie die ons ter beschikking werd gesteld. De adviezen die hieruit voortvloeien zijn illustratief, vrijblijvend en niet bindend.

2. TAPPROFIEL

●	type gebouw	hotel
●	aantal kamers	110 #
●	gelijktijdigheid	9.5 %

tappunten	tappunten (#)	debiet tappunt (l/min)	gebruik tappunten (totaal #/dag)	gebruiksduur (min/#)	gebruiksvolume (l/#)
douche (luxe)	110	20	110	5	100
wastafel (badkamer)	110	4	110	2	8

3. VERBRUIKSPROFIEL

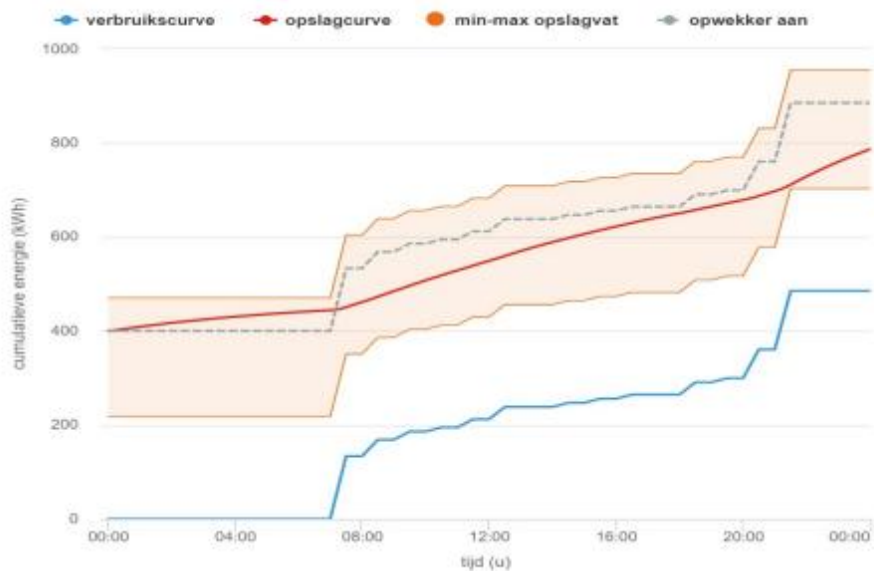


4. OPWEKKER, OPSLAGVAT EN CIRCULATIELEIDING

● configuratie	opwekker + spiraalboiler
● vermogen opwekker	70 kW
● volume opslagvat	6000 l
● max. temperatuur opslagvat	80 °C
● lengte circulatieleiding	0 m

5. RESULTATEN

● voldoet systeem?	ja, energie-inhoud opslagvat blijft binnen toegelaten grenzen
● dagverbruik	11880 l



Bovenstaande figuur toont:

- **verbruikscurve** : energieverbruik voor sanitair warm water (cumulatief).
- **opslagcurve** : energie-inhoud van het opslagvat (bovenop verbruikscurve).
- **min-max opslagvat** : minimum en maximum energie-inhoud van het opslagvat (bovenop verbruikscurve).
- **opwekker aan** : energie-inhoud van het opslagvat waarbij opwekker aanslaat na eventuele vertraging (bovenop verbruikscurve).

De energie-inhoud van het opslagvat (rode curve) dient steeds binnen de toegelaten grenzen te blijven (oranje curves).



TECHNISCHE FICHE Dubbel Inox



Gamma : Boiler ECS.

► **TYPE BOILER :**

- Boiler in RVS met krachtige thermische prestatie met twee buiswisselaars.

► **MATERIAAL VAN DE KUIP :**

- RVS AISI 316.

BESCHRIJVING

► Boiler SWW in RVS met twee warmtewisselaars :

- Vermogen onderste warmtewisselaar van 19 tot 120 kw.
- Vermogen bovenste warmtewisselaar van 12 tot 73 kw .

► Kuip en buiswisselaar in RVS AISI 316 Inspectieluik.

► Voorgemonteerde thermometer.

► Aansluiting 6/4" voor weerstand.

► Isolatie in :

- Stevig PU van 200 tot 500 L.
- Polyester vezel isolatie van 800 tot 2000L.

► Isolatieklasse: M1* vanaf 800 L inhoud.

TECHNISCHE KENMERKEN

Referentie	Model	Volume (L)	Afmetingen met isolatie (mm)	Gewicht (kg)	ISOLATIE			Label
					Verlies per 24u (kWh/24u)	Dikte (mm)	Type isolatie	
BADOUX0200-B	200	196	1245 x Ø 640	70	1,21	70	Stevig PU	B
BADOUX0300-B	300	273	1645 x Ø 640	95	1,5	70	Stevig PU	B
BADOUX0400-B	400	400	1490 x Ø 790	105	1,78	70	Stevig PU	B
BADOUX0500-B	500	475	1720 x Ø 790	120	1,92	70	Stevig PU	B
BADOUX0800	800	738	1855 x Ø 990	145	3,12	100	Polyster vezel	
BADOUX01000	1000	910	2105 x Ø 990	170	3,41	100	Polyster vezel	
BADOUX01500	1500	1390	2185 x Ø 1200	280	3,98	100	Polyster vezel	
BADOUX02000	2000	2043	2220 x Ø 1300	350	4,46	100	Polyster vezel	

* Brandbaar niet-brandbaar, waarmee wordt verklaard dat de isolatie in geval van brand niet brandbaar is en geen rook afgeeft.

Verrijgbaar in onze webshop | www.detandt.com



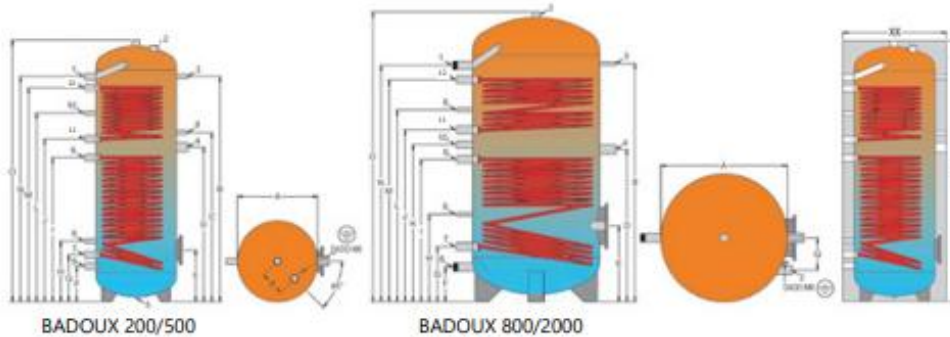
Referentie	Overdrachtsoppervlak onderaan (m ²)	Inhoud overdracht onderaan (L)	Vermogen overdracht onderaan (kw)*	Productie SWW overdracht onderaan (m ³ /u)*	Debiet overdracht onderaan (m ³ /u)	Ladingverlies overdracht onderaan (mbar)	Afmeting inspectieluik (mm)
BADOUX0200-B	0,7	5,6	19	0,5	0,8	14	180/120
BADOUX0300-B	1,2	7,9	29	0,7	1,2	32	180/120
BADOUX0400-B	1,4	9,2	34	0,8	1,5	70	180/120
BADOUX0500-B	1,8	11,4	43	1,5	1,8	105	180/120
BADOUX0800	2	12,6	50	1,2	2,2	190	180/120
BADOUX01000	2,4	15,1	60	1,5	2,6	480	180/120
BADOUX01500	3,4	19,5	88	2,2	3,8	499	290/220
BADOUX02000	4,6	28,1	120	2,9	5,2	1019	290/220

Referentie	Overdrachtsoppervlak bovenaan (m ²)	Inhoud overdracht bovenaan (L)	Vermogen overdracht bovenaan (kw)*	Productie SWW overdracht bovenaan (m ³ /u)*	Productie SWW overdracht bovenaan (m ³ /u)	Ladingverlies overdracht bovenaan (mbar)
BADOUX0200-B	0,5	2,6	12	0,3	0,5	6
BADOUX0300-B	0,8	4,1	19	0,5	0,8	10
BADOUX0400-B	0,9	7,0	21	0,5	0,9	12
BADOUX0500-B	0,9	5,6	23	0,6	1,0	14
BADOUX0800	1,2	7,0	23	0,7	1,3	60
BADOUX01000	1,2	7,0	30	0,7	1,3	60
BADOUX01500	1,8	10,4	47	1,2	2,0	80
BADOUX02000	2,8	16,9	73	1,8	3,1	233

* Temperatuurstelsel warmtewisselaar 80°/60°C – SWW 10°/45°C.
Druk en bedrijfstemperatuur van de kuis van de boiler 6 bar aan 95°C.
Druk en bedrijfstemperatuur van de warmtewisselaar 10 bar aan 110°C.



SCHEMAS EN AFMETINGEN



Legende:

- 1. Sanitair warm wateruitgang
- 2. Anode (niet inbegrepen)
- 3. thermometer
- 4. Elektrische weerstand
- 5. Fixatie
- 6. Koudwateraansluiting
- 7. Uitgang primair water
- 8. Thermostaat
- 9. Aansluiting primair water
- 10. Aansluiting voor retour sanitaire lusverbinding
- 11. Uitgang bovenste warmtewisselaar
- 12. Aansluiting bovenste warmtewisselaar

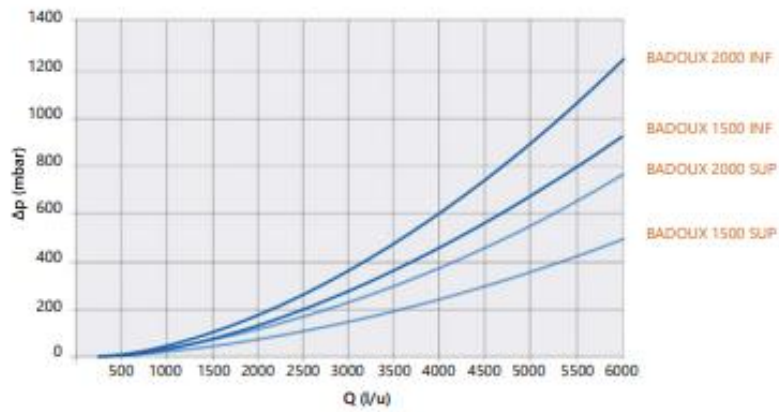
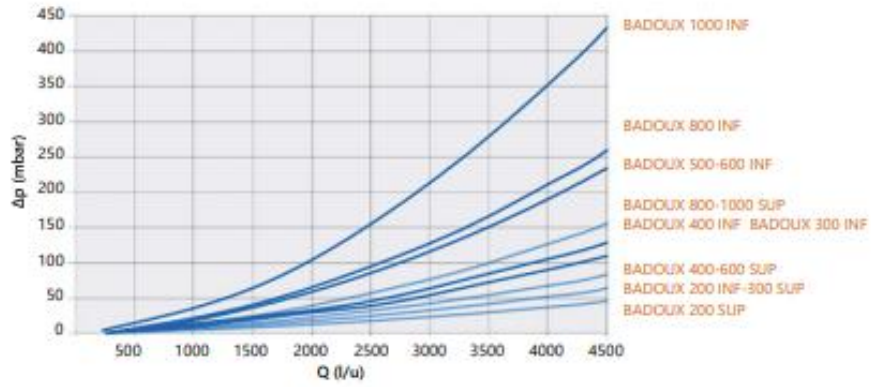
SOORT AANSLUITING

N°	Naam	Model 200 tot 500L	Model 800 tot 1000L	Model 1500 tot 2000L
1	Uitgang sanitair warm water	1"	5/4"	6/4"
2	Anode (niet inbegrepen)	5/4"	6/4"	6/4"
3	Thermometer	1/2"	1/2"	1/2"
4	Elektrische weerstand	6/4"	6/4"	6/4"
5	Fixatie	1/2"	-	-
6	Koudwateraansluiting	1"	5/4"	6/4"
7	Uitgang primair water	1"	5/4"	5/4"
8	Thermostaat	1/2"	1/2"	1/2"
9	Aansluiting primair water	1"	5/4"	5/4"
10	Aansluiting voor retour sanitaire lusverbinding	1/2"	1"	1"
11	Uitgang bovenste warmtewisselaar	1"	5/4"	5/4"
12	Aansluiting bovenste warmtewisselaar	1"	5/4"	5/4"

Model	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
200	500	1000	885	810	320	220	290	375	750	835	-	905	975	1070	1215	150	-
300	500	1390	1045	955	320	220	220	375	890	1005	-	1165	1320	1390	1615	150	-
400	650	1195	920	835	365	265	345	440	795	875	-	960	1085	1185	1460	150	-
500	650	1425	1060	960	365	265	345	440	880	1015	-	1170	1330	1415	1690	150	-
800	790	1456	-	935	435	210	335	535	875	1055	965	1180	1365	1455	1790	-	200
1000	790	1720	-	1230	515	280	415	525	1125	1325	1225	1420	1730	1890	2120	-	230
1500	1000	1775	-	1230	515	280	415	525	1125	1325	1225	1420	1730	1890	2120	-	230
2000	1200	1895	1450	1245	550	280	420	675	1175	1395	1315	-	1870	1990	2405	-	230

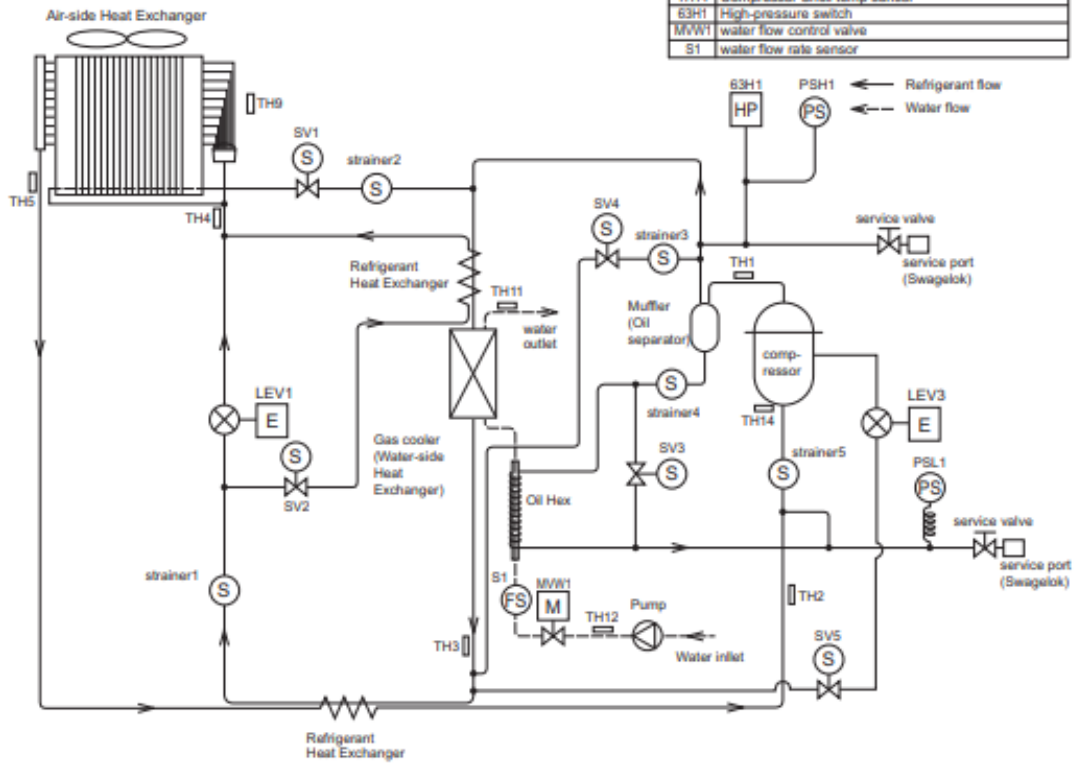


DIAGRAM MET LADINGVERLIES VAN BUISWISSELAARS



[1] Refrigerant Circuit Diagram

LEV1	Linear expansion valve1 (MAIN)
LEV3	Linear expansion valve3 (INJ)
PSH1	High-pressure sensor
PSL1	Low-pressure sensor
SV1	solenoid valve1 (defrost)
SV2	solenoid valve2 (defrost)
SV3	solenoid valve3 (defrost)
SV4	solenoid valve4 (defrost)
SV5	solenoid valve5 (Injection)
TH1	Compressor discharge temp sensor
TH2	Compressor suction temp sensor
TH3	heat exchanger outlet refrigerant temp sensor
TH4	Air-side heat exchanger inlet refrigerant temp sensor
TH5	Air-side heat exchanger outlet refrigerant temp sensor
TH9	outside temp sensor
TH11	outlet water temp sensor
TH12	inlet water temp sensor
TH14	Compressor Shell temp sensor
63H1	High-pressure switch
M/W1	water flow control valve
S1	water flow rate sensor



[2] Principal Parts and Functions

Outdoor unit

Part name	Symbols (functions)	Notes	Usage	Specifications	Check method
Com-pressor	MS (Comp)		Adjusts the amount of circulating refrigerant by adjusting the operating frequency based on the operating pressure data	Low-pressure shell scroll compressor Wirewound resistance 20°C[68°F] : 0.092 ohm	
High pressure sensor	PSH1		1) Detects high pressure 2) Regulates frequency and provides high-pressure protection		
Low pressure sensor	PSL1		1) Detects low pressure 2) Provides low-pressure protection		
Pressure switch	63H1		1) Detects high pressure 2) Provides high-pressure protection	14.0MPa OFF setting	
Thermistor	TH1 (Discharge)		0°C[32°F] : 698kohm 10°C[50°F] : 413kohm 20°C[68°F] : 250kohm 30°C[86°F] : 160kohm 40°C[104°F] : 104kohm 50°C[122°F] : 70kohm 60°C[140°F] : 48kohm 70°C[158°F] : 34kohm 80°C[176°F] : 24kohm 90°C[194°F] : 17.5kohm 100°C[212°F] : 13.0kohm 110°C[230°F] : 9.8kohm	Degrees Celsius $R_{100} = 7.465k\Omega$ $R_{20/100} = 4057$ $R_t = 7.465 \exp \left\{ 4057 \left(\frac{1}{273 + t} - \frac{1}{393} \right) \right\}$	Resistance check

[VI Refrigerant Circuit]

Part name	Symbols (functions)	Notes	Usage	Specifications	Check method
Thermistor	TH2 (Compressor suction)		-	Degrees Celsius $R_0 = 15k\Omega$ $R_{3385} = 3385$ $R_t = 15 \exp\left\{3385 \left(\frac{1}{273+t} - \frac{1}{273}\right)\right\}$	Resistance check
	TH3 (Heat Exchanger outlet)		-		
	TH4 (Air-side Heat Exchanger inlet)		-	0°C[32°F] :15kohm 10°C[50°F] :9.7kohm 20°C[68°F] :6.5kohm 25°C[77°F] :5.3kohm 30°C[86°F] :4.4kohm 40°C[104°F] :3.0kohm	
	TH5 (Air-side Heat Exchanger outlet)		-		
	TH9 (outdoor temp)		-		
	TH11 (outlet water)		-		
	TH12 (Inlet water)		-		
	TH14 (Compressor shell)		-		
	TH15	External water sensor 1	-		
	TH16	External water sensor 2	-		
	TH17	External water sensor 3	-		
	TH18	External water sensor (secondary circuit)	-		
	THHS Inverter heat sink temperature		Controls inverter cooling fan based on THHS temperature	Degrees Celsius $R_0 = 17k\Omega$ $R_{4016} = 4016$ $R_t = 17 \exp\left\{4016 \left(\frac{1}{273+t} - \frac{1}{323}\right)\right\}$ 0°C[32°F] :161kohm 10°C[50°F] :97kohm 20°C[68°F] :60kohm 25°C[77°F] :48kohm 30°C[86°F] :39kohm 40°C[104°F] :25kohm	
Solenoid valve	SV1,2,3,4 defrost control		Controls defrost cycle	AC220 - 240V Open while being powered/ closed while not being powered	Continuity check with a tester
	SV5 INJ control		Turns on/off the injection	AC220 - 240V Open while being powered/ closed while not being powered	
Heater	CH		Heats the refrigerant in the compressor	Cord heater ohm 45W	Resistance check

HWE1517B

- 85 -

GB

Bijlage 13 PID schema 3

[VI Refrigerant Circuit]

Part name	Symbols (functions)	Notes	Usage	Specifications	Check method
Fan motor	FAN motor		Regulates the heat exchanger capacity by adjusting the operating frequency and operating the propeller fan based on the operating pressure.	380-415 VAC, 920W	
Linear expansion valve	LEV3 (INJ control)		Adjusts the amount of bypass flow from the liquid pipe	DC12V Opening of a valve driven by a stepping motor 50-480 pulses (direct driven type)	"Continuity Test with a Tester". Continuity between gray, red, and orange. Continuity between yellow, black, and gray.
	LEV1 (Refrigerant flow adjustment)		Adjusts refrigerant flow during heating	DC12V Opening of a valve driven by a stepping motor 60-480 pulses (direct driven type)	"Continuity Test with a Tester". Continuity between white, red, and orange. Continuity between yellow, red, and blue.



CONTACT

Maaren Nijs | Stagair Projectleider
R0895068@student.thomasmore.be
Tel. + 32 47 70 96 88

VOLG ONS

www.thomasmore.be
fb.com/ThomasMoreBE
#WeAreMore