

Analyse van de centrale airco-installatie op de Universiteit van de Nederlandse Antillen

Stagerapport



Niek Oldeboer

S0176141

Universiteit van de Nederlandse Antillen

MSc. R. Bulbaai, MSc. A. Eliza, BSc S. Betrian

Willemstad, Curacao

10-09-2012 t/m 3-12-2012

Universiteit Twente.

Applied Mechanics (CTW)

Prof. Dr. Ir. A. de Boer.

Voorwoord

Voor U ligt het technisch rapport met betrekking tot het analyseren van de airco-installatie van de Universiteit van de Nederlandse antillen (UNA).

De Universiteit van de Nederlandse Antillen heeft mij, Niek Oldeboer benaderd voor de analyse van de airco-installatie. Ik wil hiertoe de opdrachtgever bedanken voor de opdracht en de mogelijkheid om mijn stageopdracht hier uit te voeren.

Tevens wil ik in het bijzonder mijn begeleiders, MSc. R. Bulbaai, MSc. A. Eliza, BSc S. Betrian en anderen bedanken die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport.

Willemstad, 30november 2012

A.J. Oldeboer

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
1. Symbolenlijst	6
2. Inleiding	7
3. Stageopdracht	8
4. Werking Chilled water systemen.....	9
4.1. Koelcyclus	9
5. Onderdelen binnen de installatie.....	12
5.1. Carrier Chiller (30HXA146RY-950KA).....	12
5.2. Carrier Condensor (09DK084)	15
5.3. Airhandler units	17
6. Probleem analyse	18
6.1. Berekening koelvermogen van de gebouwen	18
6.1.1. Berekening op basis van het volume van de gebouwen	18
6.1.2. Berekening op basis van de gegeven cfm	19
6.2. Capaciteitsregeling	20
6.3. Vermogensmetingen	20
6.4. Leidingen	21
6.5. Chiller vs Condensor	21
6.6. Condensor rating.....	22
6.7. Foutmeldingen	23
7. Energie verbruik	27
7.1. Variable stroomsnelheden	27
7.1.1. Werking VFD	28
7.2. Alternatieve energie.....	30
8. Conclusie	34
9. Aanbevelingen	35
Bijlage A: Volume berekening	37
Bijlage B: Foutmeldingen.....	40
Foutmelding T051 & T055	40
Foutmelding T098.....	41
Foutmelding A207	41
Foutmelding T998.....	42

Bijlage C: Plan van aanpak.....	43
Planning.....	44
Bronnenlijst	46

1. Symbolenlijst

AHU	Air Handler Unit
BRFZ	Brine Freeze Point
BTUH	British Thermal Units per Hour
CFM	Cubic Feet per Minute
CSP1	Cooling Set Point 1
DGT	Discharge Gas Temperature
ECWT	Entering Chilled Water Thermistor
EWI	Entering water temperature
FPM	Feet per Minute
GPM	Gallon Per Minute
HD.P.A	Head Pressure Set Point a
HP	Horse Power
HVAC	Heating Ventilation Air Conditioning
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
LCWT	Leaving Chilled Water Thermistor
LWT	Leaving water temperature
MMB	Main Base Board
OAT	Outdoor Air Thermistor
PWM	Pulse with Modulation
SCB	Screw Compressor Board
SCT	Saturated Condensing Temperature
SDT	Saturated Discharge Temperature
SST	Saturated Suction Temperature
TD	Temperature Difference
UNA	Universiteit van de Nederlandse Antillen
VFD	Variable Frequency Drive
VFD	Variable Frequency Drive
VHPT	Variable Head Pressure

2. Inleiding

Energiebesparing is een onderwerp dat momenteel de aandacht van bijna iedereen heeft. Ook op de UNA probeert men hieraan steeds meer aandacht te besteden. Elektriciteitskosten zijn een enorme kostenpost op de begroting van de UNA.

De UNA heeft recent de compressoren en condensing units van de centrale airco ("chilled water system") vernieuwd. Het uitgangspunt is dat de pas geïnstalleerde installatie efficiënter moet zijn dan de oude, aangezien het met moderne regeltechniek is uitgerust. Echter het systeem werkt nog niet naar behoren en kampt met enkele problemen. Om tot energiebesparing te komen is het dus verstandig om eerst de werking van de installatie te bestuderen en vervolgens de problemen in kaart te brengen, zodat daarna over energiebesparing nagedacht kan worden.

Het bestuderen van de installatie zal in enkele stappen plaats vinden. Zo zal als eerste de werking van het hele systeem in kaart worden gebracht. Wanneer dit gedaan is, zal de capaciteit van het systeem en de gebouwen bepaald worden en bekeken worden of de juiste chillers en condensors 7jaar geleden zijn gekozen. Vervolgens kan met deze gegevens een beter beeld worden verkregen omtrent de problemen die er nu zijn met de chillers. Wanneer de problemen in kaart zijn gebracht, wordt er gekeken of er oplossingen te vinden zijn en kan daarna over energiebesparing nagedacht worden.

3. Stageopdracht

Universiteit van de Nederlandse Antillen

Technische Faculteit

Afdeling: Industriële technologie

Onderwerp: Stageopdracht

Titel: Analyse van de centrale airco-installatie van de UNA met als doel energiebesparing voor de UNA.

Naam student: Niek Oldeboer

Opgesteld: A.Elza Msc en S. Betrian Bsc

Datum: 19 september 2012

Opdracht

De student dient de airco-installatie van de UNA te analyseren, op werking, capaciteit, efficiëntie en aanbevelingen te doen voor energiebesparings mogelijkheden, op korte- en lange termijn.

De student dient een plan van aanpak(wat/hoe/wanneer) te overhandigen aan het begin van de opdracht.

Aandachtspunten:

1. Wat is de capaciteit van de airco-installatie van de UNA en hoe wordt deze momenteel binnen de UNA benut.
 - a. Uitzoeken of de capaciteit van de airco-installatie van de UNA toereikend is (voldoende/onvoldoende koelcapaciteit voor de koeling van de UNA-gebouwen die nu op de installatie zijn aangesloten en eventuele uitbreidingsmogelijkheden.)
 - b. Voldoet de nieuwe unit aan de verwachting? Zit er een capaciteitsregeling op de installatie (wordt deze wel/niet ingezet).
2. Wat is de huidige toestand van de installatie. (Ook (on)tevredenheid voor wat betreft de koeling binnen de gebouwen en het gebruik vs kosten.)
3. Na de analyse van de huidige situatie, aanbevelingen doen te verbetering van de geconstateerde gebreken aan de installatie.
4. Wat zijn de alternatieven om tot energiebesparing te komen op de koelinstallatie.

Hiervoor moet de student de geleverde (leveranciers) documenten van de airco-installatie bestuderen, gesprekken voeren met de manager van de facilitaire dienst en de aangewezen personen om de installatieproblemen in kaart te brengen.

Evaluatie/bevindingen en aanbevelingen dienen uitgewerkt te worden in een verslag, alsmede gepresenteerd aan de groep.

Het is altijd mogelijk om deze opdracht in overleg aan te passen (dit op basis van bevindingen).

4. Werking Chilled water systemen

“Chilled water systems” zijn systemen die voornamelijk gebruikt worden voor het koelen van de lucht in gebouwen. Dit zijn vaak gebouwen met veel individuele kamers die elk apart geregeld moeten kunnen worden, zoals hotels, kantoren of schoolgebouwen.

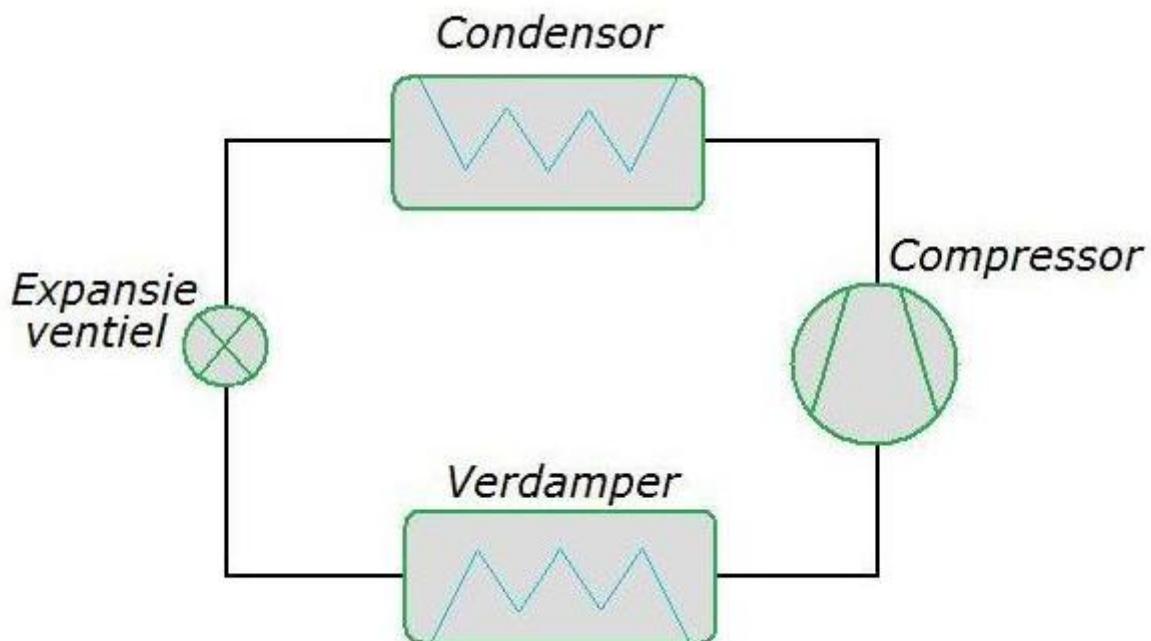
Het systeem bestaat onder andere uit een schroef-chiller en condensors welke gebruik maken van het koelmiddel Freon (R-134a). Dit is een gas met een laag kookpunt ($-26.3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Het principe van een chilled water systeem is eigenlijk het zelfde als dat bij een koelkast.

De koelende werking berust op de verdamping van de freon, waarbij verdampingswarmte aan de omgeving wordt onttrokken. De damp wordt in een compressor samengeperst en wordt daardoor weer vloeibaar onder vrijkomen van warmte die aan de buitenomgeving wordt afgegeven.

4.1. Koelcyclus

De koelcyclus is de fundamentele thermodynamische basis voor het verwijderen van warmte uit gebouwen en het afgeven van warmte aan de buitenomgeving. De cyclus bestaat uit vier basis componenten:

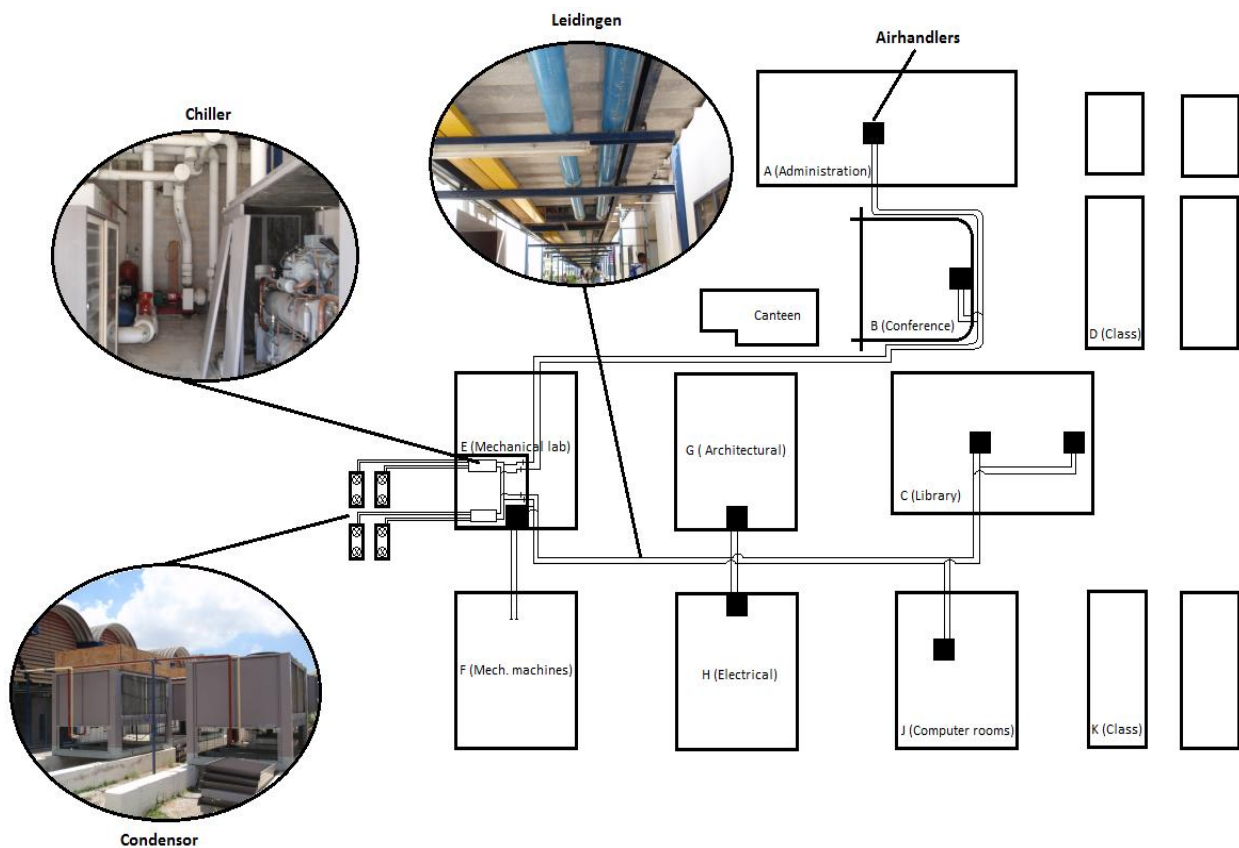
- compressor
- verdamper
- condensor
- expansieventiel



Figuur 1: koelcyclus

De koelcyclus, weergegeven in Figuur 1, geeft de relatie tussen de verschillende component weer. Op de UNA wordt het principe van de koelcyclus ook gebruikt. Dit gebeurt door vier condensors en twee koelmachines, ook wel chillers genoemd. In de chillers zijn dus de drie componenten, compressor, expansieventiel en verdamper verwerkt. Bovendien zijn er airhandlers aanwezig op de UNA.

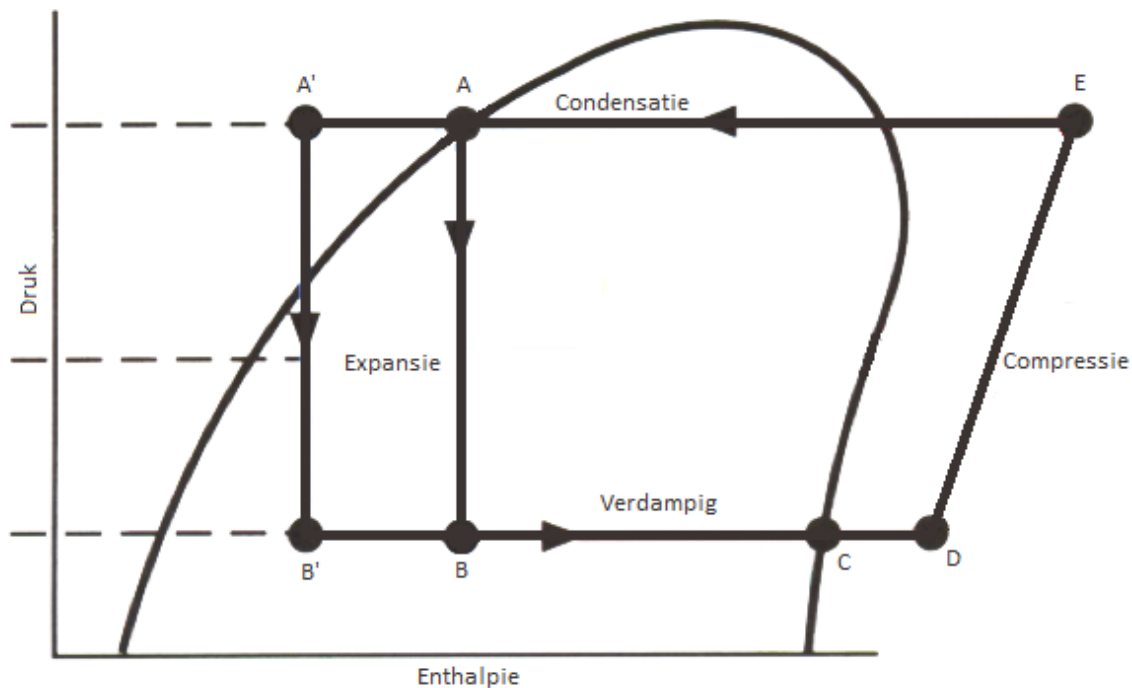
Dit zijn luchtbehandelings systemen die er voor zorgen dat de gekoelde lucht gefilterd wordt en in de juiste ruime terecht komt. Met behulp van leidingen worden de verschillende componenten met elkaar verbonden en in drie aparte circuits verdeeld. De condensor en chiller zijn met elkaar verbonden als één circuit waarin gebruik wordt gemaakt van het koelmiddel R134-a. Bovendien zijn de chillers met de airhandlers verbonden in een tweede circuit. In dit circuit wordt gebruik gemaakt van water. Dit gekoelde water stroomt door de airhandler heen, wat de lucht in het derde circuit afkoelt. Deze gekoelde lucht wordt vervolgens verspreid over de desgewenste ruimtes. In Figuur 2 is een plattegrond van de UNA weergegeven met hier op alle componenten van het koelsysteem.



Figuur 2: Plattegrond UNA

Op de plattegrond zijn niet alle drie de circuits weergegeven. Vanaf de airhandlers zijn de leidingen naar elke kamer apart niet meer weergegeven, omdat de plattegrond anders te onoverzichtelijk werd.

In Figuur 3 is de druk-enthalpie diagram weergegeven, waarmee de werking van de koelcyclus nader uitgelegd zal worden.



Figuur 3: druk/enthalpie diagram

Startend op punt A is het koelmiddel een vloeistof bij hoge druk en komt het net de condensor uit. Wanneer het voorbij het expansieventiel gaat richting punt B, neemt de druk af. In punt B is het koelmiddel een mengsel van vloeistof en gas. Op dit punt wordt het gas vaak "flash gas" genoemd. In punt A' is het koelmiddel verder gekoeld tot een temperatuur beneden het kookpunt. Dit effect wordt vaak "subcooling" genoemd en zorgt voor een daling van de hoeveelheid "flash gas", punt B'.

Van punt B naar punt D wordt de vloeistof omgezet in een gas door het opnemen van warmte. Het is te zien dat het gas de verdamper verlaat bij punt D, waarbij de temperatuur hoger is dan het kookpunt dat is weergegeven in punt C. De warmte toename van punt C naar punt D wordt "superheating" genoemd. Dit zorgt er voor dat er zeker geen vloeistof meer aanwezig is, wanneer het geheel de compressor in gaat.

Vanaf punt D wordt het gas in de compressor gecomprimeerd tot punt E. In punt E zijn de temperatuur en druk van het gas toegenomen. Vanaf hier wordt het gas dan ook vaak "hot gas" genoemd. Punt E ligt ook nog steeds rechts van de curve, wat betekent dat het geheel nog in een "superheated" fase is.

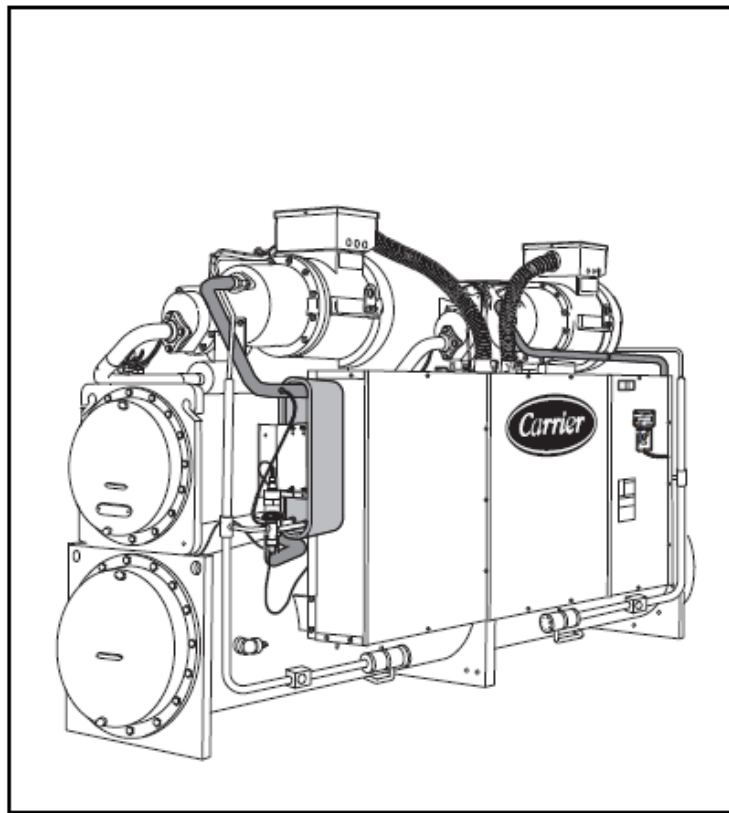
Het gas in punt E gaat vervolgens de condensor in, waar de buitenlucht het gas afkoelt en van fase terug laat veranderen tot in een vloeistof. De vloeistof is vervolgens weer in punt A, waarnaar het hele proces weer opnieuw kan beginnen.

5. Onderdelen binnen de installatie

Zoals hiervoor al is besproken, bestaat het chilled water systeem uit vier hoofdonderdelen. Deze onderdelen zullen hier apart behandeld worden. Als eerste worden de chillers met bijbehorende compressoren besproken. Vervolgens worden de condensoren behandeld en als laatste de airhandler units.

5.1. Carrier Chiller (30HXA146RY-950KA)

De chillers van Carrier van het type 30HXA zijn condensorloze chillers en hebben dus een aparte condensor vaak buiten het gebouw staan. Het andere veel voorkomende type van Carrier is de 30HXC serie. Dit zijn watergekoelde chillers die geen aparte condensor hebben. Op de UNA maken ze gebruik van 2 chillers van het type Carrier 30HXA146RY. Dit is een koelmachine met een vermogen van ongeveer 483kW. In Figuur 4 is een chiller zoals op de UNA in gebruik is weergegeven.



Figuur 4: Chiller op de UNA

Enkele handigheden van dit type chiller zijn in Figuur 5 weergegeven, daarnaast worden de belangrijkste specificaties weergegeven in Tabel 1.

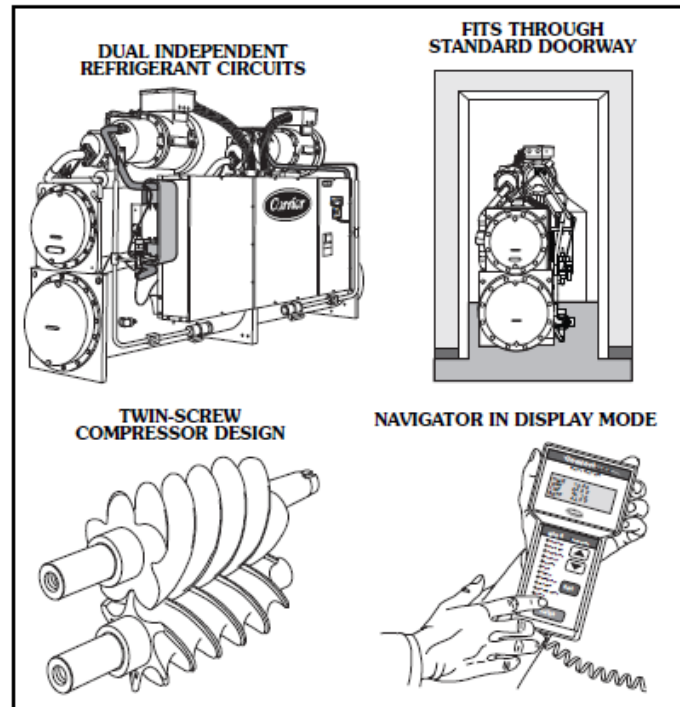
Tabel 1: Specificaties

Unit size 30HXA	Capacity		Input Power (kW)	Cooler Flow		Cooler Pressure Drop		Full-Load Efficiency (kW/Ton)
	Tons	Output kW		GPM	L/s	Ft of Water	kPa	
146	137.2	482.5	150.0	329.3	20.8	14.8	44.1	1.094

Dit zijn de waarden van de chiller bij standaard condities. De standaard condities zijn als volgt:

Koeler condities:

- Leaving water temperature (LWT) 44F (6.7°C)
- Flow 2.4gpm per ton (0.043L/s per kW)
- Saturated Discharge Temperature (SDT): 125F (52°C)



Figuur 5: Voordelen Chiller 30HXA146

Zoals in Figuur 5 is weergegeven bestaat de chiller uit twee onafhankelijke koelmiddel circuits en zijn de afmetingen zo dat hij altijd door een standaard deur past. Bovendien zijn de compressors uitgevoerd met een dubbele schroef en wordt belangrijke informatie weergegeven via een display.

De belangrijkste fysische gegevens zijn weergegeven in Figuur 6. Deze gegevens zullen later van belang zijn om te bepalen waarom het systeem niet optimaal werkt en meerdere keren op een dag uitvalt.

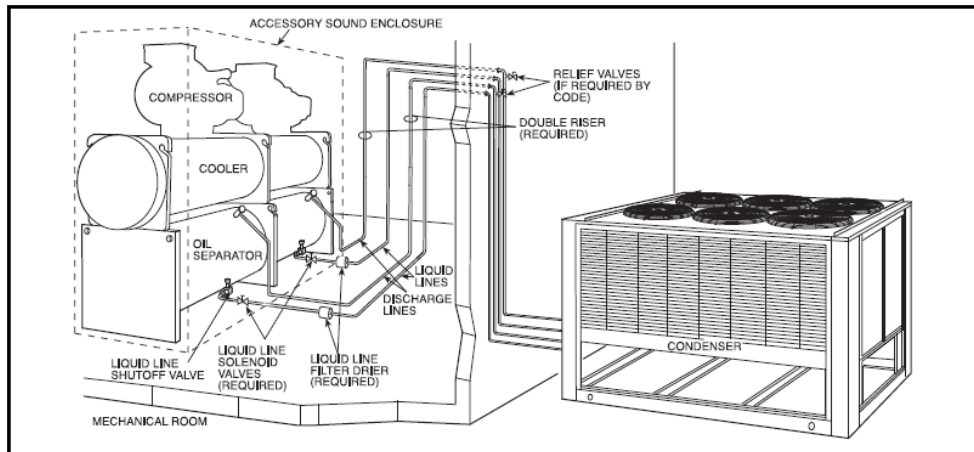
Zoals eerder is vermeld, zijn de twee chillers met twee aparte circuits verbonden. Eén circuit is namelijk de verbinding tussen de chiller en de condensor, welke is weergegeven in Figuur 7 en de tweede is de verbinding tussen de chiller en de airhandler units. Deze verbinding is weergegeven in Figuur 8.

UNIT SIZE 30HX	076	086	096	106	116	126	136	146
UNIT OPERATING WEIGHT (kg)								
Water-Cooled (HXC)	2586	2597	2657	2803	2911	2933	3034	3048
Condenserless (HXA)	2140	2152	2194	2337	2342	2362	2408	2420
COMPRESSORS	Semi-Hermetic, Twin Screw							
Quantity	2	2	2	2	2	2	2	2
Nominal Capacity per Compressor (kW)	137/137	162/137	197/137	232/137	232/137	232/197	281/197	281/232
Economizer	No	No	No	No	No	No	No	No
No. Capacity Steps								
30HXC Unit	6	6	6	6	6	6	6	6
30HXA Unit (maximum on 30HXC unit with factory-installed option)	8	8	8	8	8	8	8	8
Minimum Step Capacity (%)								
30HXC Unit	20	20	20	20	20	20	20	20
30HXA Unit (30HXC unit with factory-installed option)	10	10	10	10	10	10	10	10
REFRIGERANT	R-134a							
Charge* (kg) Circuit A/Circuit B	34.1/34.1	34.5/34.1	42.7/31.8	49.9/31.8	50.8/40.4	50.8/40.4	56.3/40.4	54.0/45.4
COOLER	Shell and Tube with Enhanced Copper Tubes							
Part No. 10HX400-	401	401	402	408	406	406	405	405
Net Fluid Volume (L)	64.3	64.3	71.9	85.5	81.0	81.0	90.8	90.8
Maximum Refrigerant Pressure (kPa)	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Maximum Water-Side Pressure (kPa)	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Water Connections								
Inlet and Outlet (in.) (Standard Pass)	4	4	4	5	5	5	5	5
Drain (in. NPT) (Standard Pass)	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Relief Valve								
Connection (in. NPTF)	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Flow Capacity (kg air/min)	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38
Relief Setting (kPa)	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Standard Number of Passes	3	3	3	3	2	2	2	2
30HXA OIL SEPARATOR								
Part No. 09RX400-	217	217	216	216	215	215	215	215
Maximum Refrigerant Pressure (kPa)	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205
Refrigerant Connections (in.)								
Discharge A/B	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8
Liquid A/B	1 1/8/2 1/8	1 1/8/1 1/8	1 1/8/1 1/8	1 1/8/1 1/8	1 1/8/1 1/8	1 1/8/1 1/8	1 1/8/1 1/8	1 1/8/1 1/8
Relief Valve								
Connection (in. SAE Flare)	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
Flow Capacity (kg air/min)	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80
Relief Setting (kPa)	2206	2206	2206	2206	2206	2206	2206	2206
CONDENSER (HXC)	Shell and Tube with Enhanced Copper Tubes							
Part No. 09RX400-	257	257	258	258	259	259	260	260
Net Fluid Volume (L)	63.6	63.6	69.3	69.3	90.5	90.5	104.1	104.1
Maximum Refrigerant Pressure (kPa)	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Maximum Water-Side Pressure (kPa)	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Water Connections (in.)								
Inlet and Outlet (Standard Pass)	5	5	5	5	5	5	5	5
Drain (NPT) (Standard Pass)	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Relief Valve								
Connection (in. NPTF)	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Flow Capacity (kg air/min)	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38
Relief Setting (kPa)	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Standard Number of Passes	2	2	2	2	2	2	2	2
DISCHARGE LINE†								
Relief Valve								
Connection (in. SAE Flare)	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Flow Capacity (kg air/min)	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Relief Pressure (kPa)	2413	2413	2413	2413	2413	2413	2413	2413

LEGEND

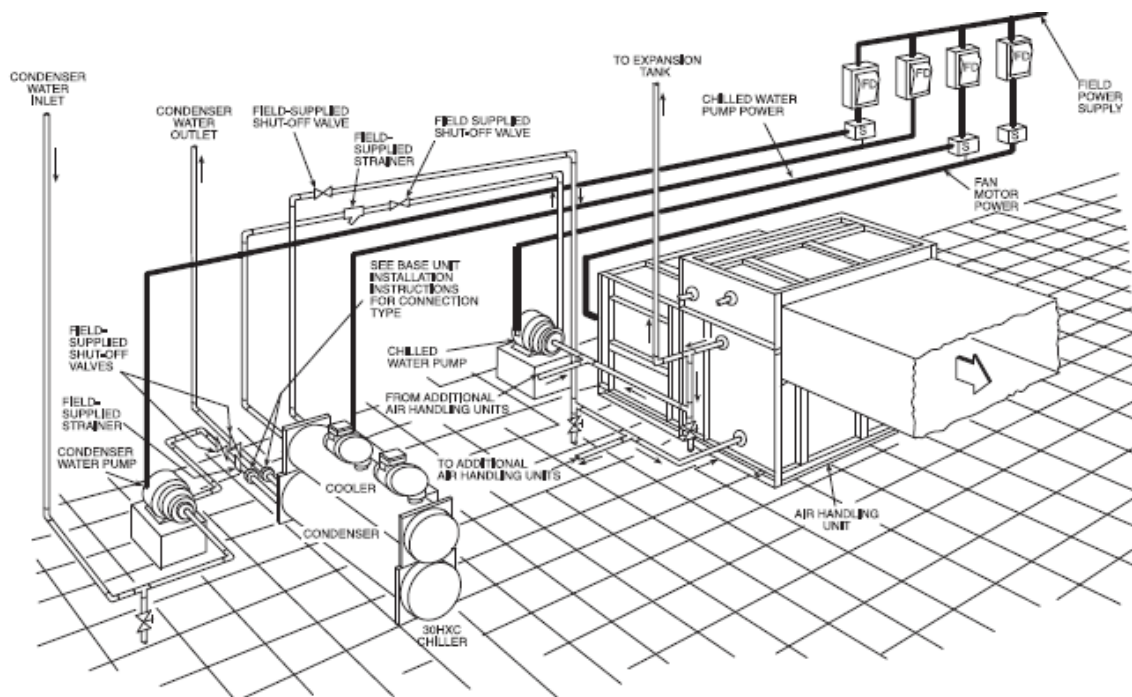
NPTF — National Pipe Thread Female
SAE — Society of Automotive Engineers

Figuur 6: Carrier 30HXA146



Figuur 7: Verbinding tussen condensor en chiller

In Figuur 7 is de condensor samen met de chiller weergegeven. Op de UNA wordt op dezelfde manier de condensor met de chiller verbonden, het enige verschil is dat ze op de UNA gebruik maken van twee condensors per chiller. Deze twee condensors staan in parallel verbinding met elkaar. In Figuur 8 is de verbinding tussen een chiller en airhandler weergegeven. Dit is niet de exacte weergave zoals op de UNA maar als algemeen voorbeeld.



Figuur 8: Verbinding tussen chiller en airhandler

5.2. Carrier Condensor (09DK084)

Aangezien op de UNA gebruik wordt gemaakt van condensorloze chillers, staan aparte condensors buiten opgesteld. In totaal wordt er gebruik gemaakt van vier condensoren van het typer Carrier 09DK084, elke chiller maakt dus gebruik van 2 condensors. De belangrijkste waardes van de Carrier 09DK zijn weergegeven in Tabel 2.

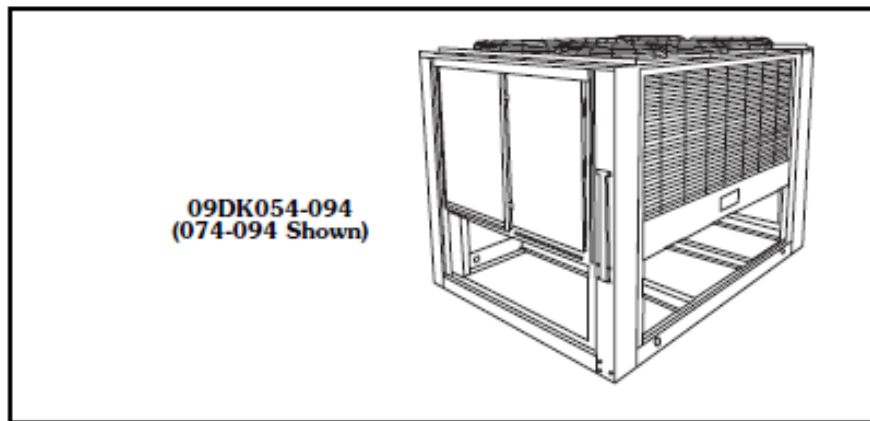
Tabel 2: Belangrijkste gegevens Carrier 09DK

Unit size 09DK	HP	Tons	BTUH	BTUH/HP
084	6	100.9	1,210,800	201,800

Dit zijn de waarden van de condensor bij standaard condities. De standaard condities zijn als volgt:

- 125F (52°C) Condensor temperatuur
- R-134a test vloeistof
- Δ15F (Δ8.3°C) subcooling (verzadigd vloeistof wordt gekoeld tot onder de verzadigingstemperatuur, waardoor de stof gedwongen wordt van fase te veranderen)
- 95F (35°C) Dry bulb temperature (Buitentemperatuur gemeten met een standaard thermometer)

De condensor 09DK084 van Carrier is een condensor met een capaciteit van ongeveer 100ton. De condensor is uitgevoerd met zes fans, zes motoren en is weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9: Carrier Condensor 09DK084

Extra fysische gegevens zijn weergegeven in Figuur 10. Zo is het netto gewicht ongeveer 1048kg en zijn verder de afmetingen en snelheden van de fan bijvoorbeeld te vinden



CONDENSER	09DK				
	054	064	074	084	094
RATING (Tons)*	65.8	78.6	95.4	103.5	116.3
NET WEIGHT (lb)†	1645	1771	2106	2310	2714
FAN					
Quantity	4	4	6	6	6
Prop. Diam (in.)	30	30	30	30	30
Rpm	1140	1140	1140	1140	1140
Total Airflow (cfm)	35,000	35,000	52,000	51,000	57,000
Motor Hp (per fan)	1	1	1	1	1
COILS					
Arrangement			Vertical/Horizontal		
Rows...Fins/in.	2...17	3...17	2...17	3...17	3...17
Total Face Area (sq ft)	80.5	80.5	116.7	116.7	128.3

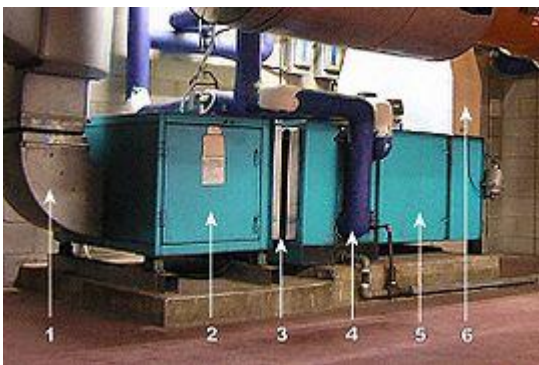
*Nominal heat rejection based on optimum refrigerant charge of R-22 with 15 F subcooling at 30 F temperature difference.
†Without refrigerant. Weights include copper tubes/aluminum fins.

Figuur 10: Fysische gegevens condensor 09DK084

5.3. Airhandler units

Een airhandler unit (AHU) is een apparaat dat wordt gebruikt om de conditie en de circulatie van de lucht te regelen. Een AHU is vaak een grote metalen box waarin een blower, koelingselementen, filters en geluidsdempers in zitten. Het systeem is verbonden met luchtkanalen wat de gekoelde lucht naar de gewenste ruimtes brengt en weer terug voert naar de AHU. In Figuur 11 is een algemene airhandler unit weergegeven.

Op de UNA wordt er gebruik gemaakt van drie verschillende types airhandler units. De meest voorkomende AHU is van het type 39LD21. In Figuur 11 is een airhandler weergegeven waarin de luchtstroom van rechts naar links gaat. Enkele onderdelen in een UHA zijn:



Figuur 11: Airhandler unit

- 1 – Afvoerkanaal koude lucht
- 2 – Fan compartiment
- 3 – Flexibele verbinding tegen trillingen
- 4 – Koel compartiment
- 5 – Filter compartiment
- 6 – Toevoerkanaal van teruggevoerde lucht en buitenlucht.

6. Probleem analyse

Nu het systeem in grote lijnen bekend is, kan er gekeken worden naar de problemen met dit systeem. Het is bekend dat het systeem erg veel energie kost en bovendien niet naar wens werkt. Zo valt het systeem meerdere keren per dag uit en is de koeling niet regelmatig. Om te onderzoeken waar de problemen vandaan komen, zullen stapsgewijs de onderdelen van het systeem geanalyseerd worden. Als eerst zal er gekeken worden of 7jaar geleden wel de juiste onderdelen zijn gekocht qua capaciteit.

6.1. Berekening koelvermogen van de gebouwen

Het koelvermogen van de gebouwen zal op twee manieren berekend worden. De eerste manier is op basis van het volume van de gebouwen en de tweede manier is op basis van de “cubic feet per minute (CFM)” waarde. Wanneer deze twee waardes relatief dicht bij elkaar liggen kan met enige zekerheid een conclusie getrokken worden over de capaciteit van de chillers.

6.1.1. Berekening op basis van het volume van de gebouwen

Op basis van het volume van de gebouwen zal het benodigde koelvermogen nu berekend worden. Met behulp van de plattegronden van de gebouwen zijn alle oppervlaktes berekend. Daarna is voor gebouw J de hoogte van de verschillende ruimtes gemeten. Aan de hand van deze gegevens is de hoogte van de ruimtes in de andere gebouwen geschat door alle ruimtes even langs te lopen. De gevonden volumes voor de verschillende gebouwen zijn hier weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Volumes van de gebouwen

Gebouw	Volume m^3
A (administratie)	1496,87
B (Conferentie)	1200
C (Bibliotheek)	2921,25
E (Mechanisch lab)	1139,55
F (Machines)	517,34
G (Bouwkunde)	1393,8
H (Electrisch)	1372,85
J (Computer ruimtes)	1273
Totaal	11314,7

In Bijlage A zijn de volumes van de verschillende ruimtes te vinden die samen leiden tot het totaal volume van het gebouw. Worden nu alle volumes bij elkaar opgeteld, dan is de totale inhoud van alle gebouwen samen: $11314,7m^3$. Vervolgens moet het koelvermogen per kubieke meter bepaald worden. Standaard wordt er gebruik gemaakt van de volgende drie factoren:

Factor 30 ; Dit zijn ruimtes die goed geïsoleerd zijn, weinig ramen, geen plat dak of schuin dak en weinig elektronische apparatuur.

Factor 40 ; Deze ruimtes zijn minder goed geïsoleerd, veel glasoppervlakte en/of veel elektronische apparatuur.

Factor 50 ; Deze ruimtes hebben een extreem hoge warmtelast. Bijvoorbeeld : plat of schuin dak, slechte isolatie, ruimtes waar veel mensen verblijven of ruimtes waar veel elektronische apparatuur opgesteld staat.

Met 50Watt koelvermogen per kubieke meter is er een totaal koelvermogen nodig van: 565.735Watt. Er is gekozen voor een koelvermogen van 50Watt per kubieke meter omdat de gebouwen op de UNA slecht zijn geïsoleerd en bovendien zijn alle ramen van enkel glas. De enige echte bescherming tegen de zon en dus de warmte zijn de vaste zonneschermen.

Uit de gegevens van Carrier blijkt dat de chiller van het type 30HXA146 een capaciteit van 482,5kW heeft. Er staan twee van dit soort types op de UNA, wat neerkomt op een totale capaciteit van 965kW (274,4ton).

Om precies te zijn is de gevraagde capaciteit $\frac{565,7}{965} = 58,6\%$ van de maximale te produceren capaciteit. De berekening van het koelvermogen op basis van het volume geeft dus een overcapaciteit van $100\% - 58,6 = 41,4\%$.

6.1.2. Berekening op basis van de gegeven cfm

Op de plattegronden van bijna alle gebouwen zijn de CFM-waardes van alle ruimtes weergegeven. Wanneer deze waardes opgeteld worden, is er bekend hoeveel “cubic feet” koude lucht het hele gebouw vraagt. Uiteindelijk kan dan hiermee ook de capaciteit van de gebouwen berekend worden. De verschillende waardes van de gebouwen zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Inhoud op basis van CFM

Gebouw	“cubic feet per minute” CFM
A (administratie)	10765
B (Conferentie)	6000
C (Bibliotheek)	10193
E (Mechanisch lab)	5500
F (Machines)	3700
G (Bouwkunde)	10900
H (Electrisch)	8750
J (Computer ruimtes)	11350
Totaal	67158

Een opmerking moet geplaatst worden bij de waarde voor gebouw C. Op de plattegrond van gebouw C stonden de CFM-waardes niet genoteerd. Echter het type airhandler dat gebruikt wordt in het gebouw is wel bekend. Het gaat hier om een airhandler van Carrier van het type 39LD21. In de gegevens van Carrier staat dat deze airhandler een CFM-waarde heeft van 11.880 bij een snelheid van 550 feed per minute (FPM). Nu is natuurlijk niet bekend of het volledige vermogen verbruikt wordt, maar gekeken naar de gebouwen A,G,H,J , E en F samen, waar dit type airhandler ook gebruikt wordt zitten deze gebouwen allemaal rond het gemiddelde van 10193cfm. Om deze reden is er voor gebouw C een waarde van 10.193cfm gekozen.

Een standaard airconditioner produceert ongeveer 400CFM voor elke ton aan koelcapaciteit. In het geval van de UNA is de vraag dus $67.158/400 = 167,9\text{ton}$ aan koelcapaciteit. Een ton staat gelijk aan 12.000btu/hr wat gelijk staat aan 3,51kw. Dit betekent dat er een vraag van 589,3kW is, wat een overcapaciteit van $100\% - \left(\frac{589,3}{965}\right) * 100\% = 38,9\%$ opleverd.

Rekening houdende met de aannames en meeton nauwkeurigheden kan geconcludeerd worden dat de UNA te maken heeft met een overcapaciteit van ongeveer 40%.

6.2. Capaciteitsregeling

Aangezien de installatie een zo grote overcapaciteit heeft is er gekeken naar de capaciteitsregeling van de installatie. Uit de gegevens van Carrier blijkt dat de chiller maximaal acht stappen kan maken in capaciteit met een minimale capaciteit stap van 10%. Bovendien werken beide chillers niet op vol vermogen. De grootste tijd van de dag werkt chiller1 op 100% en chiller2 op 45%. Echter wanneer chiller1 uitvalt, wat geregeld voorkomt, neemt de capaciteit van chiller2 toe tot 100%. Wanneer beide chillers vervolgens weer draaien, wordt de oude capaciteitsverdeling weer aangenomen.

6.3. Vermogensmetingen

Uit het rapport vermogensmetingen t.b.v. UNA van 10januair 2011 t/m 18januari 2011 vinden we een tabel met het maximale gemeten vermogen van de chiller installatie, zie Tabel 5.

Tabel 5: Vermogensmetingen chiller

Datum	Tijd	Max kVA	Max kW	Max kVAr
Ma 10/01/2011	02.40 pm	286,6	260,6	116,6
Di 11/01/2011	11.20 am	310	280,5	132,2
Woe 12/01/2011	03.30 pm	283,1	256,5	119,9
Do 13/01/2011	01.50 pm	295,1	268,8	121,9
Vrij 14/01/2011	01.50 pm	241,4	225,0	87,6
Za 15/01/2011	09.40 am	100,3	96,3	28,1
Zo 16/01/2011	03.10 pm	211,1	195,6	79,4
Ma 17/01/2011	12.20 pm	307,8	278,9	130,3
Di 18/01/2011	09.40 am	264,3	241,2	108,2

Hierin is te zien dat op een willekeurige maandag 10/01/2011 een maximaal vermogen van 260kW is gemeten. Uit de gegevens van Carrier blijkt dat de chiller van type 30HXA146 een maximaal input vermogen van 150.0kW vraagt. Twee van deze chillers kunnen dus maximaal 300kW vragen wanneer ze beide op 100% draaien. Een gemeten vermogen van 260kW wijst er dus op dat op deze maandag de chillers beide bijna op vol vermogen hebben gedraaid. Zo blijkt het ook voor de rest van de week te gelden, met uitzondering van het weekend. Het vreemde is echter dan, dat er een overcapaciteit van rond de 40% is berekend maar de chillers toch bijna op volle toeren draaien. Dit is natuurlijk niet een gewenste situatie en daarom moet er uitgezocht worden waardoor de chillers op bijna vol vermogen draaien, ondanks dat ze een overcapaciteit van ongeveer 40% hebben.

Dit probleem zal via twee verschillende invalshoeken benaderd worden. Als eerste zal er gekeken worden naar de verliezen in de leidingen van het systeem. De leidingen van het systeem hangen niet er goed geïsoleerd buiten en er komt veel condens vanaf. Dit kan er op wijzen dat er al veel kou verloren gaat aan de buitenlucht.

Als tweede wordt er gekeken naar de instellingen van het systeem. Er wordt getracht te achterhalen of alle instellingen wel juist zijn. Bovendien wordt er gekeken naar het probleem dat de chiller geregeld uitvalt. Op sommige dagen valt de chiller wel 20keer uit en moet hij handmatig weer gestart worden. Elke keer geeft het systeem dan ook de zelfde foutcodes.

6.4. Leidingen

Op de UNA lopen alle leidingen niet goed geïsoleerd van de chiller naar de verschillende airhandlers. Sommige leidingen zijn wel 125 meter lang en hangen buiten in een gemiddelde temperatuur van 30°C. Bovendien lekt er veel condenswater van deze leidingen wat er toch wel op wijst dat er kou van de leidingen verloren gaat aan de omgeving.

Om de exacte verliezen in de leidingen te achterhalen zal er een meting plaats moeten vinden. Er zal gemeten moeten worden wat de temperatuur van het gekoelde water is wanneer het de chiller verlaat en wanneer het de airhandler instroomt. Echter het is niet mogelijk om de temperatuur bij de ingang van de airhandlers te meten. Hierdoor kan er geen gegronde uitspraak worden gedaan over het warmteverlies in de leidingen.

De temperatuur van het water bij het verlaten van de chiller varieert tussen de 45°F (7,2°C) en de 60°F (15,6°C), wat niet echt constant is. Dit verklaart natuurlijk al voor een groot deel de schommeling in de temperatuur in de ruimtes. Op warme dagen loopt de temperatuur van het 'koelwater' op tot 60°F, wat normaalgesproken 44°F hoort te zijn. Dit is een slechte situatie en zal dan ook verderop in het verslag nader onderzocht worden.

De verwachting is dat er toch energie bespaard kan worden door de leidingen beter te isoleren. Wanneer de leidingen beter zijn geïsoleerd komt het water met een lagere temperatuur bij de airhandelaars waardoor deze uiteindelijk minder vermogen van de chillers zullen vragen om de gebouwen op de zelfde koele temperatuur te krijgen en houden. Om deze reden wordt het de UNA ook aangeraden om toch een keer een meting uit te voeren van het koelwater aan het einde van de leidingen. Dit kan bijvoorbeeld door een klein gaatje in de leidingen te maken, zodat de exacte watertemperatuur gemeten kan worden.

6.5. Chiller vs Condensor

Om er zeker van te zijn dat de juiste condensors bij het type chiller zijn gekozen, is er gezocht naar specifieke informatie van Carrier. Uit de gegevens van Carrier, Figuur 12, blijkt dat de volgende twee condensors kunnen worden gekozen bij het type chiller 30HXA-146. Op de UNA staan 4 condensors van het type 09DK084 voor twee chillers van het type 30HXA-146. Volgens de gegevens van Carrier zelf zal dit dus een geschikte combinatie zijn, zie Figuur 12.

30 HXA	Air-cooled condenser type, size	Refrigerant circuit	Cooler charge		Condenser charge		Recommend refrigerant pipe size	Piping charge		Total refrigeran t charge	
			Lb	Kg	Lb	Kg		Lb	Kg	Lb	Kg
146	09DK084(2)	A	95	43	124	56	1 ^{3/8}	16	7	235	106
		B	80	36	124	56	1 ^{3/8}	16	7	220	99
	09AZ142FE(1)	A	95	43	57	26	1 ^{3/8}	16	7	168	76
		B	80	36	57	26	1 ^{3/8}	16	7	153	69

Figuur 12: Chiller vs Condensor

6.6. Condensor rating

Uit de gegevens van Carrier kunnen we concluderen dat in principe de juiste condensors gekozen zijn. Echter het koelwater van de chiller wordt toch niet goed gekoeld. Zoals eerder aangegeven verlaat het koelwater de chiller soms met een temperatuur van wel 60°F, wat natuurlijk veel te hoog is. Om deze reden wordt er nu ook beter gekeken naar de invloed van de buitentemperatuur. Wanneer het temperatuursverschil tussen de condensatie temperatuur van het koelmiddel die de condensor binnen komt en de temperatuur van de buitenlucht namelijk kleiner wordt dan 20°F, kan de capaciteit van de condensor te klein worden. De invloed van het temperatuursverschil is te zien in Figuur 13.

MINIMUM REFRIGERANT CHARGE (5 F Subcooling)

REFRIG	TD*	TOTAL HEAT REJECTION (Tons)									
		09DK									
		020	024	028	034	044	054	064	074	084	094
134a	10	7.3	8.7	11.4	14.7	19.2	22.8	25.8	32.8	35.6	39.5
	15	11.0	13.1	17.0	22.0	28.8	33.9	40.3	49.0	53.0	59.2
	20	14.9	17.6	22.5	29.1	38.0	45.0	53.5	65.0	70.4	78.9
	25	18.6	21.9	28.3	36.5	47.6	56.0	66.8	81.1	87.8	98.7
	30	22.3	26.4	34.0	43.8	57.3	67.1	80.1	97.2	105.3	118.4
	35	26.1	30.7	39.6	51.0	66.9	78.3	93.3	113.1	122.7	138.2
	40	29.6	35.0	45.2	58.4	76.4	89.5	106.5	129.4	140.3	157.9

MAXIMUM REFRIGERANT CHARGE (15 F Subcooling)

REFRIG	TD*	TOTAL HEAT REJECTION (Tons)									
		09DK									
		020	024	028	034	044	054	064	074	084	094
134a	20	14.3	16.8	21.5	27.9	36.4	42.7	51.3	62.2	67.6	75.6
	25	17.8	20.9	27.0	34.7	45.3	53.3	63.8	77.5	84.3	94.5
	30	21.3	25.2	32.3	41.8	54.6	64.1	76.6	93.0	100.9	113.3
	35	25.0	29.2	37.7	48.6	63.6	74.5	89.1	108.4	117.5	132.2
	40	28.4	33.4	43.1	55.6	72.8	85.1	101.8	123.6	134.4	151.1

*TD (Temperature Difference) = Saturated Condensing Temperature (entering) — Entering-Air Temperature.

Figuur 13: Invloed temperatuursverschil

Om te kijken of het temperatuursverschil misschien te klein is, is deze voor een week gemeten en weergegeven in een deel van Tabel 6. De maximale gemeten buitentemperatuur onder de condensor was 102°F. In Tabel 6 zijn de temperaturen van de chiller weergegeven voor een willekeurige dag. Het verschil tussen de buitentemperatuur en de Saturated condensing temeprature (SCT) was op dat moment 27,9°F. De SCT is ook nooit lager waargenomen dan 125°F waardoor het verschil met de buitentemperatuur altijd groter is dan 20°F en de capaciteit zoals weergegeven in Figuur 13 geen probleem kan veroorzaken. Er moet wel gezegd worden dat de tijdens het uitvallen van de chillers de

exacte SCT nooit achterhaald is kunnen worden. Ondanks dat, wordt er niet verwacht dat de capaciteit van de condensoren een probleem spelen tijdens het uitvallen.

Tabel 6: Gemeten temperaturen op di 09-10-2012 10:30am

Compressor A	Temperatuur (°F)	Compressor B	Temperatuur (°F)
SCT	131,9	SCT	132,2
SST	40,5	SST	38,8
DGT	173,9	DGT	184,0

6.7. Foutmeldingen

Al met al lijken de condensoren in combinatie met de chillers geen problemen te veroorzaken. Toch valt de chiller erg vaak uit en geeft verschillende foutmeldingen. Om een beeld te krijgen van de foutmeldingen zijn deze bijgehouden vanaf vrijdag 12-10-2012 en weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Foutmeldingen

Dag	Tijd	Foutmelding Chiller1*	Foutmelding Chiller2*
Vrij 12-10-2012	07:12	T998	
	18:19	A207	
	18:38	A207	
	19:42		T098
Za 13-10-2012	15:46	A207	
	15:51		T098
	22:27	A207	
Ma 15-10-2012	18:21	A207	
	19:02	A207	
Di 16-10-2012	10:04	T138	
	19:11	A207	
	21:10		T098
Woe 17-10-2012	08:53		T098
	13:34		T998
Do 18-10-2012	07:57		T098
Vrij 19-10-2012	22:20	A207	
Za 20-10-2012	22:27	A207	
Ma 22-10-2012	07:10	T998	
	09:57	T998	
	10:13		T098
Wo 24-10-2012	07:11		T098
	08:20		T098
Do 25-10-2012	07:13	T998	
	08:35		T098
Vrij 26-10-2012	08:14	T998	
	12:32	T055	
	15:01	T055	
	22:42	A207	
Za 27-10-2012	07:50		T138
	08:46		T098
	15:32	T051	
	22:42	A207	

Zo 28-10-2012	07:59	T138
	08:58	T098
	09:08	T998
	12:24	T055

*Chiller 1 werkt op 100% van zijn capaciteit, chiller 2 werkt op 45% van zijn capaciteit

Sinds woensdag 31 oktober is de buitentemperatuur ook bijgehouden. Op deze manier wordt er een beter beeld verkregen van het verband tussen de buitentemperatuur en de foutmeldingen. In het algemeen werkt chiller1 op 100% en werkt chiller2 op 45%, echter wanneer bijvoorbeeld chiller1 uitvalt stijgt de capaciteit van chiller2 naar 100%. De buitentemperatuur is met een schrijvende temperatuurmeter voor een week vast gelegd onder de condensor. Op deze manier stond de meter in de schaduw en uit de wind waardoor een reële temperatuur is verkregen.

Tabel 8: Foutmeldingen

Dag	Tijd	Buitentemperatuur (°C)	Foutmelding Chiller1*	Foutmelding Chiller2*
ma 29-10-2012	07:13	-	T998	
	19:18	-	A207	
	21:59	-	A207	
Di 30-10-2012	08:13	-	T998	
	11:52	-	T055	
	20:30	-	A207	
	20:56	-	A207	
Wo 31-10-2012	13:53	38,9	T051	
	15:57	35,6	T055	
	22:08	27,8	A207	
Do 01-11-2012	22:09	28,3	A207	
	22:41	27,8	A207	
	23:13	27,8		T098
Vrij 02-11-2012	07:18	30,0		T098
	10:03	32,8		T098
Za 03-11-2012	00:54	25,6	T138	
Ma 05-11-2012	08:14	31,1		T098
	09:10	33,3		T098
	13:19	35,6	T051	
	14:44	36,1	T055	
	15:21	34,4	T051	
Di 06-11-2012	08:45	31,1		T998
	11:38	34,4	T055	
	15:27	35,6	T055	
	21:59	28,3	A207	
	22:29	27,8	A207	
Wo 07-11-2012	08:33	29,4	T998	

*Chiller 1 werkt op 100% van zijn capaciteit, chiller 2 werkt op 45% van zijn capaciteit

Zoals uit Tabel 7 blijkt komen de foutmeldingen A207, T998, T055 en T051 vooral voor bij chiller1 en de foutmelding T098 alleen maar bij chiller2. Echter voor maandag 12-10-2012 kwam de foutmelding T051 en T055 nog veel vaker voor bij chiller1. Dit zijn meldingen over een te hoge druk van de compressoren. Deze te hoge druk ontstaat doordat de temperatuur van het koelmiddel uit de

condensoren te hoog wordt. Op dagen van regen heeft de chiller weinig problemen en worden alle gebouwen goed tot 'te goed' gekoeld en komen alleen de meldingen A207 en T998 voor. Wanneer het echter een warme dag is en er weinig wind staat werkt het systeem niet goed en worden de gebouwen slecht gekoeld. Bovendien valt het systeem dan dus vaak uit wat niet wenselijk is.

Enkele dagen voor 12-10-2012 is zeker 20keer de foutmelding T051 of T055 waargenomen op één dag. Deze foutmeldingen kwamen altijd op het warmste moment van de dag, tussen 12:00 en 16:00. Echter de dagen er na was het bewolkter en heeft het elke dag wel even geregend waardoor de buiten temperatuur rond de 26°C ligt, wat iets lager is dan gemiddeld.

De meest voorkomende problemen in deze periode waren dan ook A207 en T998 voor chiller1. Het alarm A207 betekent dat de binnenkomende of vertrekkende water temperatuur beneden BRFP, Brine Freeze Point, plus 2°F (1.1°C) is. Het water wordt dus eigenlijk te goed gekoeld. Het resetten van de machine gebeurt bij deze melding automatisch. Dit gebeurde echter niet bij de meldingen T051 en T055. Hierbij moest een monteur van de UNA elke keer de machine weer handmatig opstarten. Zo stond hij soms wel 20 keer op een dag de machine te starten. De foutmelding T998 geeft een verlies in stroomsnelheid van het koelmiddel weer. Wanneer de stroming van het koelmiddel te laag wordt, wordt het circuit uitgeschakeld. Het systeem kan vervolgens alleen weer handmatig worden opgestart.

De foutmelding T098 komt het vaakst voor bij Chiller2, de chiller die op 45% van zijn capaciteit draait. Het alarm betekent dat de voltage ratio groter dan 99,9% of kleiner dan 0,5% is van de transducer.

Om uit te zoeken wat de oorzaak is van deze problemen zijn de verschillende foutmelding en mogelijke oplossing in Bijlage B weergegeven. Aangezien de afgelopen jaren veel is gesleuteld aan de instellingen van de installatie is het onmogelijk om zo te zeggen waar de problemen vandaan komen. Het is dan ook verstandig om de problemen stap voor stap aan te pakken, door bij elk probleem een mogelijke oorzaak uit te sluiten. Dit kan door de mensen van de UNA zelf gedaan worden aan de hand van de lijst die in Bijlage B is te vinden.

Tijdens de analyse van de foutmeldingen is er ook een afspraak geweest met een onderhoudsmonteur van buiten de UNA. Deze man wordt normaal gesproken ingeschakeld bij problemen en zorgt dat het systeem blijft functioneren zoals hoort. Echter bleek deze man nog maar sinds kort de verantwoordelijkheid te hebben voor de installatie op de UNA. Uit de gesprekken bleek de vorige monteur nalatig te zijn geweest in de onderhoud. Zo waren enkele onderdelen binnen de installatie defect, welke nooit zijn vervangen. Zo was de VFD van de pomp al enige tijd kapot, welke normaal voor de stroomsnelheid van het koelwater naar de gebouwen zorgt. Bovendien zorgt een goed functionerende VFD voor energie besparing. De capaciteit van de pomp wordt namelijk door dit apparaat aangepast aan de vraag. Op deze manier draait de pomp niet de hele dag op vol vermogen wat veel energie kan schelen. Daarnaast bleek de verantwoordelijkheid voor het systeem van de UNA te zijn uitbesteed. Hierdoor is niet de juiste kennis in huis om het systeem goed te onderhouden. Het gevolg is dat het onderhoud de afgelopen jaren een beetje is verwaarloosd en dat er dit soort problemen zijn ontstaan.

Naast het aanpakken van de problemen aan de hand van Bijlage B is er natuurlijk ook altijd enig gevoel bij een probleem. Zo is de werking van de condensor geanalyseerd aan de hand van

temperatuurmetingen. Gedurende enkele dagen is de temperatuur van verschillende kamers in de gebouwen gemeten en tevens de buitentemperatuur. Uit de metingen blijkt dat wanneer het buiten afkoeld, de chiller ook de ruimtes beter koeld. Dit komt waarschijnlijk doordat de condensor het koelwater beter afkoeld en daardoor de chiller al voorziet van een kouder koelmiddel. De verwachting is dan ook dat wanneer het erg warm wordt buiten, de condensor het koelmiddel niet genoeg kan afkoelen en daardoor met een te hoge temperatuur de chiller in stuurt. Het gevolg is dat de te hoge temperatuur voor een te hoge druk in de compressors zorgt en daardoor de foutmelding T051 en T055 vaak ontstaat.

In de periode van 12-10-2012 tot 26-10-2012 is de buitentemperatuur echter gezakt tot onder de 30°C waardoor deze foutmeldingen niet meer voorkwamen. Dit is natuurlijk wel een indicatie dat de hoge buitentemperatuur de oorzaak is van het uitvallen van de chillers, echter het is nog niet met metingen bewezen. Daarnaast verklaart het de opmerkingen van veel mensen op de UNA dat de airco-temperatuur niet constant is. Soms blijkt het heel koud in gebouwen te zijn, terwijl het op andere dagen niet koud genoeg wil worden.

Het advies is dan ook om met de condensoren aan de slag te gaan om deze foutmeldingen in de toekomst te voorkomen en te zorgen voor een constante koele temperatuur. Een belangrijke factor is waarschijnlijk de positie van de condensoren. Ze staan nu geplaatst tussen gebouwen en hebben daardoor weinig vrije koeling, zie Figuur 14. Het is beter voor de condensoren om op een open plek te staan, waar goed gebruik gemaakt kan worden van de wind om het koelmiddel af te koelen. Wanneer dit toch niet het probleem blijkt te zijn, kan er natuurlijk verder gekeken worden naar de punten in Bijlage B, zoals vuil in de leidingen of luchtcirculatie.



Figuur 14: Condensoren omringd door gebouwen

7. Energie verbruik

Zoals eerder al is aangegeven verbruikt het systeem erg veel energie. In 2011 is er een vermogensmeting gedaan van het systeem en op basis daarvan is een ruime schatting gemaakt wat de energiekosten van de installatie per jaar zijn. Zo staat in het rapport “vermogensmetingen t.b.v. UNA” van 10 januari 2011, dat gedurende een weekmeting een totaal van 15600.8kWh is geregistreerd. Het jaarverbruik op basis van dit weekvermogen is dan gelijk aan 811241.6kWh. Dit komt hier neer op een kostenpost van Naf. 532.174,- per jaar. Bij de berekening van het totale jaar verbruik is geen rekening gehouden met de vakanties. Doordat het verbruik in de vakantie periodes lager is, is het verbruik lager dan het totaal verbruik zoals berekend. Het is echter zeker de moeite waard om elke manier van energiebesparing aan te pakken.

In dit rapport zullen dan ook twee manieren besproken worden om tot energiebesparing te komen. De eerste manier is het aanpassen van de stroomsnelheden van je koelmiddel. Door af te stappen van constante stroomsnelheden zal blijken dat er redelijk wat energie bespaard kan worden. Bovendien zal er gekeken worden naar alternatieve energie bronnen, zoals zonne energie.

7.1. Variable stroomsnelheden

De grootste stroomverbruiker binnen het systeem is toch zeker de chiller zelf. Met een efficiëntie van 1,094kW/ton is dit niet erg zuinig. Echter de afschrijving van deze chiller is ongeveer 20 jaar, wat betekent dat hij nog minimaal 13jaar moet staan en het dus niet rendabel is om nu al te vervangen. Wanneer de chiller echter vervangen wordt is het zeker verstandig om goed te kijken naar zijn efficiëntie. Er zijn tegenwoordig namelijk al chillers op de markt die een stuk efficiënter zijn. Bovendien zijn er ook andere type chillers die in het algemeen al zuiniger zijn dan dit type chiller en misschien het overwegen waard zijn.

In een chilled water systeem vergt de pomp normaal 6 tot 12% van het totale energieverbruik van de installatie. Conventionele chilled water systemen verplaatsten het water met een constante snelheid, ongeacht de feitelijke behoefte aan koeling. Omdat de meeste airco-systemen maar enkele uren per jaar hun piekbelasting bereiken, wordt veel energie verspild door de pompen omdat water met een constante snelheid wordt verplaatst. Een efficiëntere manier zal dus een variable stroomsnelheid zijn, welke zich aanpast aan de vraag van de gebouwen. Bovendien zijn de pompen gekozen op de capaciteit van de chillers. Aangezien de chillers een redelijk grote overcapaciteit hebben, leveren de pompen dus ook onnodig veel arbeid bij constante stroomsnelheden.

Een veel gebruikt apparaat voor het variëren van de stroomsnelheid is de VFD (variable frequency drive). De VFDs worden tegenwoordig steeds vaker gebruikt omdat ze relatief veel energie kunnen besparen en daardoor de energiekosten kunnen drukken. Wordt er bijvoorbeeld naar het energieverbruik van de pomp gekeken, dan hebben we te maken met de volgende karakteristieke vergelijking:

$$\frac{kW_2}{kW_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^3$$

Waarin kW_2 het nieuwe vermogen is en kW_1 het oude vermogen, Q_2 de nieuwe stroomsnelheid is en Q_1 de oude stroomsnelheid.

Dit betekent dat wanneer de stroomsnelheid wordt gehalveerd, er een energiebesparing plaatsvindt van 87,5%. In Tabel 9 zijn de verschillende besparingen te zien bij een aangepast percentage van de stroomsnelheid.

Tabel 9: Besparingen

Debiet ratio	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
Vermogens ratio	1.000	0.729	0.512	0.343	0.216	0.125
Besparing	0.0%	27.1%	48.8%	65.7%	78.4%	87.5%

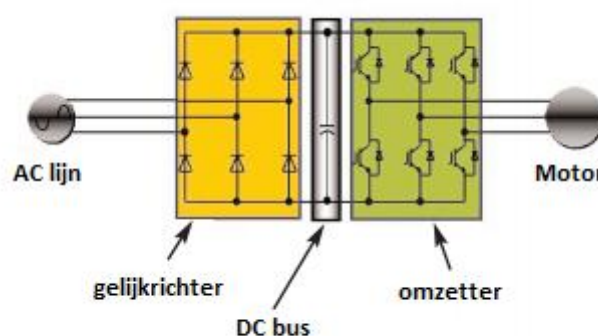
Deze besparingen kunnen gerealiseerd worden door gebruik te gaan maken van deze VFDs. De werking van dit apparaat zal nader worden toegelicht.

7.1.1. Werking VFD

Het gebruik van VFDs komt steeds vaker voor in Heating Ventilation Air Conditioning (HVAC) toepassingen. De VFDs worden nu voornamelijk toegepast op air handlers, pompen, chillers en condensoren. Om de basis principes achter de VFD te begrijpen, is het handig om enig inzicht te krijgen in de drie hoofdonderdelen van een VFD; de gelijkrichter, de dc bus en de omvormer.

De spanning bij een wisselstroom (ac) stroomvoorziening vertoont een sinus vorm. Wanneer de spanning positief is, verplaatst de stroom zich in één richting en wanneer de spanning negatief is, verplaatst de stroom zich in de tegengestelde richting. Op deze manier is het mogelijk om een grote hoeveelheid energie efficiënt te transporteren over een grote afstand.

De gelijkrichter in een VFD wordt gebruikt om de inkomende ac spanning om te vormen in een direct stroom (dc) spanning. Per fase zijn dus twee gelijkrichters nodig. Grote installaties maken vaak gebruik van drie fases, wat betekent dat er 6 gelijkrichters nodig zijn. Om deze reden wordt een installatie met 6 gelijkrichters vaak een '6 pulse' genoemd. In Figuur 15 is een VFD weergegeven met 6 gelijkrichters erin.



Figuur 15: VFD

Na de gelijkrichter zit de DC bus, waar de stroom wordt opgeslagen. In de DC bus zitten condensatoren, welke de stroom opslaan en later de stroom kunnen afgeven aan de motor via de omzetter.

Het laatste onderdeel van de VFD is dus de omzetter. De omzetter bevat transistors die de stroom afgeven aan de motor. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de “Insulated Gate Bipolar Transistors” (IGBT), welke enkele duizende keren per seconden uit en aan kan schakelen. Op deze manier kan hij precies de hoeveelheid stroom regelen die de motor moet krijgen. De transistor maakt gebruik van de methode “pulse with modulation” (PWM) om weer de sinus vorm te genereren voor de gewenste frequentie van de motor.

Aangezien de motor snelheid afhankelijk is van de frequentie, kan op deze manier de snelheid van de motor gevarieerd worden.

$$Snelheid (rpm) = Frequentie (hertz) * \frac{120}{aantal\ polen}$$

Een voorbeeld voor een motor met twee polen:

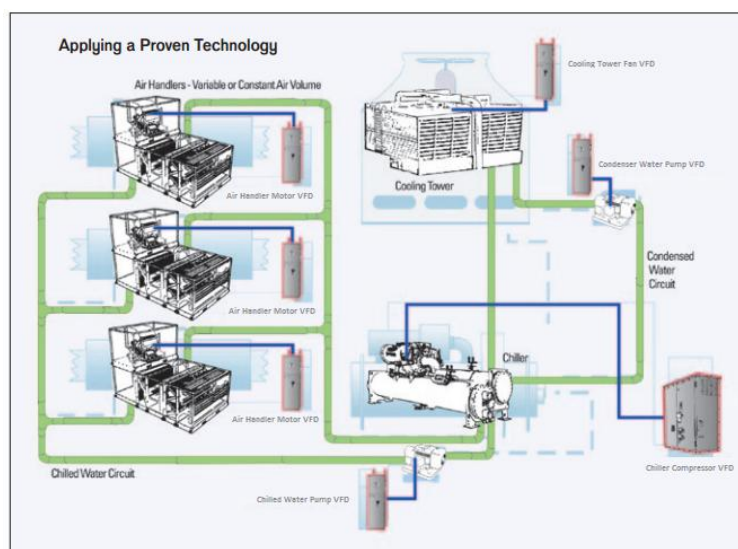
$$3600rpm = 60hertz * \frac{120}{2}$$

$$3000rpm = 50hertz * \frac{120}{2}$$

$$2400rpm = 40hertz * \frac{120}{2}$$

Door gebruik te maken van VFDs kan dus de snelheid relatief eenvoudig worden aangepast. Op deze manier kan eenvoudig energie bespaard worden. Door gebruik te maken van VFDs kunnen bovendien de motoren met een lage spanning worden gestart en worden de thermische en mechanische spanningen tijdens de start gereduceerd.

Op de UNA wordt alleen gebruik gemaakt van een VFD op de ac inductie motor van de pomp die het gekoelde water naar de airhandlers pompt. Door ook VFDs te gaan gebruiken op de fans van de condensor, overige twee pompen en de airhandlers kan veel energie bespaard worden, zie Figuur 16.



Figuur 16: VFDs

Door VFDs te gaan gebruiken op de fans van de condensor kan de koeling van het koelmiddel geregeld worden. Overdag bij warm weer is de vraag naar koeling vaak erg hoog terwijl 's avonds de vraag veel lager ligt en het dus onnodig is om vier condensoren op vol vermogen te laten werken.

Elke condensor bevat zes fans en elke fan heeft een eigen motor. Volgens de gegevens van Carrier is de input van elke motor 9.3kW, dit komt neer op 55,8kW per condensor. Er staan vier condensoren op het terrein, wat dus een totaal input vraagt van 223,2kW. Wanneer alle vier de condensoren elke dag 10uur aan staan, komt dit neer op 11.160kWh per week. Uitgaande van 40 schoolweken komt dit neer op een verbruik van 446.400kWh per jaar. Met een bedrag van Naf 0.65 per kWh hier is dit een bedrag van Naf 290.160,-per jaar voor alleen de condensoren.

De werkelijke vraag is niet bekend, maar gaan we uit van een vraag van 100% voor gedurende 3uur op een dag, 80% voor 3uur, 70% voor 2uur en 60% voor 2uur op een dag, dan komen we op een verbruik van 8928kWh per week. Weer uitgaande van 40 schoolweken geeft dit een verbruik van 357.120kWh per jaar wat neer komt op Naf 232.128,- per jaar. Dit is dus al een besparing van Naf 58.032 per jaar.

De kosten van een VFD zijn afhankelijk van de grootte van het systeem. De terugverdientijd voor VFDs zijn vooral aantrekkelijk voor grote motors omdat de kosten per pk afnemen. Als vuistregel wordt vaak gehanteerd dat de kosten voor een VFD tussen de 200 en 500 dollar per pk liggen. Wordt er uit gegaan van \$500 per pk dan is de aanschaf prijs voor de hele condensor met 6motors van 1pk \$3000,- en voor de vier condensoren samen \$12000,-. Dit komt overeen met Naf 21.458,- wat betekent dat de VFDs voor alleen de condensoren binnen een half jaar zijn terug verdiend.

Wanneer er dus op deze manier ook VFDs bij de andere onderdelen binnen het systeem worden geplaatst kan een aanzienlijke hoeveelheid kosten op energie bespaard worden.

7.2. Alternatieve energie

Naast het zoeken naar energie besparingen kan er natuurlijk ook gekeken worden naar alternatieve energie bronnen. Zo wordt het gebruik van zonnepanelen op Curacao steeds populairder en is het sinds een half jaar ook toegestaan om stroom terug te leveren aan het net. Doordat de UNA relatief veel energie verbruikt kan het rendabel zijn om je eigen energievoorziening op te zetten. In dit hoofdstuk zal dan ook de haalbaarheid van een eigen energievoorziening worden behandeld.

Op Curacao zijn drie grote bedrijven aanwezig die zonnepanelen installeren. Deze drie bedrijven zijn DuctchDurables, ElementallEnergy en Caribische Zonnepanelen. Door bij alle drie de bedrijven een prijsindicatie op te vragen, door een vrijblijvende offerte of een rekenvoorbeeld op de site wordt enig beeld verkregen van de totale kosten van een zonnepanelen installatie. Op deze manier kan er ook berekend worden of het haalbaar is een eigen zonnepanelen installatie aan te schaffen.

Bij de berekeningen wordt er gekeken naar het verbruik van de Chiller en de condensoren samen. Voor deze twee installaties wordt berekend of het haalbaar is om een zonnepanelen installatie aan te schaffen. Eventueel kan later nog gekeken worden of het haalbaar is om voor al het energieverbruik van de UNA zonnepanelen aan te schaffen. Het verbruik van de chiller en de condensor samen is ongeveer 1.257.641kWh per jaar.

In de berekening van het bedrijf “Caribische Zonnepanelen”, Tabel 10, is te zien hoeveel zonnepanelen er nodig zijn om de jaarlijks hoeveelheid gebruikte electriciteit te genereren. De kostprijs voor de zonnepanelen zijn opgeteld bij de benodigde omvormer. De totale kostprijs in de berekening is de totale prijs voor de zonnepanelen, de omvormer, het transport en de montage op Curacao.

In de berekening wordt er uitgegaan van 250 Wattpiek zonnepanelen, die elk 500 kWh genereren in het Caribische gebied en een grootte per stuk hebben van 1520 mm x 1038 mm x 34 mm. Verder is er in de berekening rekening gehouden met de gemiddelde jaarlijkse prijsstijging van electriciteit op Curacao van 6%. Wat niet is berekend, is dat de stroom op Curacao aan het net mag worden teruggeleverd en men daar een vergoeding voor krijgt van ongeveer Naf0,40 per kWh.

Zoals is te zien in Tabel 10, is de hoogte van het gebruik van invloed op de terug verdien tijd. Vele banken bieden tegenwoordig bovendien zogenaamde "groene leningen" aan om dit soort zonne energie systemen te financieren. Daarnaast kan men als bedrijf subsidie krijgen als er omgechakeld wordt op groene stroom.

Tabel 10: Caribische zonnepanelen

Stroom verbruik per jaar in kWh	Hoeveelheid benodigde zonne panelen	Kosten van de zonnepane l inclusief montage	Pakketprijs s inclusief transport & montage	Totale pakketprijs in NAF	Prijs electriciteit in 2012 0,73 per kWh	Terug verdien tijd in jaren
4000	8	\$6.360	\$9.440	Naf 16.898	Naf 3.329	5,08
5000	10	\$7.950	\$11.050	Naf 19.780	Naf 4.161	4,75
6000	12	\$9.540	\$12.906	Naf 23.102	Naf 4.993	4,63
11000	22	\$17.490	\$21.406	Naf 38.317	Naf 9.154	4,19
12000	24	\$19.080	\$22.996	Naf 41.163	Naf 9.986	4,12
13000	26	\$20.670	\$24.586	Naf 44.009	Naf 10.819	4,07
18000	36	\$28.620	\$34.362	Naf 61.508	Naf 14.980	4,11
19000	38	\$30.210	\$35.952	Naf 64.354	Naf 14.812	4,07
20000	40	\$31.800	\$37.542	Naf 67.200	Naf 16.644	4,04

Om aan het benodigde verbruik te voldoen zijn we dus ongeveer 62keer 20.000kWh nodig. Dit betekent dat er ongeveer 2480 zonnepanelen op het terrein moeten komen te liggen. Qua oppervlakte is dan een voetbalveld aan ruimte nodig. De totale pakketprijs wordt Naf 4.166.400,- tegen een energieprij van Naf 1.031.928,- per jaar. De terugverdientijd wordt daardoor 4,04jaar.

Op dezelfde manier wordt er naar de berekening van DutchDurables gekeken. In Tabel 11 zijn de kosten voor een installatie van 12000kWh weergegeven. Om weer aan het benodigde verbruik te voldoen is het voorbeeld uit Tabel 12 ongeveer 104keer nodig.

Tabel 11: Dutch Durables

Rendement Zonne-systeem Dutch Durables:		
Totaal vermogen:	5500	Wattpiek
Aantal panelen:	22	Stuks
Energieverbruik:	12000	kWh
Energieprijs:	0.73	NAF.
Kosten jaarlijks energieverbruik	9000	NAF.
Efficientie:	97%	Gebruik
Aanschafprijs+installatie	46.200,-	NAF.
Besparing per jaar:	8.730,-	NAF.
Terugverdientijd	4,2	Jaar
Belastingvoordeel:	15%	Aftrekbaarheid
Levensduur:	25	Jaar
Totale opbrengst na levensduur:	343.750,-	NAF.

Door het rekenvoorbeeld van DutchDurables aan te passen aan een installatie die 104 keer zo groot is worden de volgende kosten en terugverdientijd gevonden, Tabel 12.

Tabel 12: Dutch Durables 104x zo groot

Rendement Zonne-systeem Dutch Durables:		
Totaal vermogen:	572000	Wattpiek
Aantal panelen:	2288	Stuks
Energieverbruik:	1248000	kWh
Energieprijs:	0.73	NAF.
Kosten jaarlijks energieverbruik	911040	NAF.
Efficientie:	97%	Gebruik
Aanschafprijs+installatie	4804800,-	NAF.
Besparing per jaar:	883708,8	NAF.
Terugverdientijd	5,4	Jaar
Belastingvoordeel:	15%	Aftrekbaarheid
Levensduur:	25	Jaar
Totale opbrengst na levensduur:	17.320.692,-	NAF.

Het laatste bedrijf waar naar gekeken wordt is ElementalEnergy. In Tabel 13 zijn de verschillende kosten voor de panelen weergegeven.

Tabel 13: ElementalEnergy

Aantal panelen	Verwachte opbrengst kWh/j	Aqualectra rekening Naf/jaar	Aanschaf prijs incl. 6% OB	Terugverdientijd jaren
8	3234	1952	12.475,-	6,39
10	4043	2520	15.600,-	6,19
12	4851	3117	18.700,-	6,00
20	8085	5531	29.900,-	5,41
22	8894	6134	32.900,-	5,36
24	9702	6738	35.900,-	5,33
36	14553	10359	51.500,-	4,97
38	15362	10963	54.300,-	4,95
40	16170	11566	57.200,-	4,95

Weer uitgaande van een verbruik van 1.257.641kWh per jaar en gebaseerd op de berekening van 40panelen, zijn er 3100 zonnepanelen nodig. De kosten worden dan Naf 4.404.400,- voor de aanschaf van de hele installatie. De terugverdientijd is dan ongeveer 5jaar.

Uit de berekeningen kan geconcludeerd worden dat het zeker rendabel is om zonnepanelen aan te schaffen. Op deze manier kan veel energie bespaard worden en bovendien veel kosten in de loop van de jaren. De totale investeringskosten zijn daarentegen wel een groot bedrag wat voor enige problemen kan zorgen. Echter zoals eerder is vernoemd zijn daar tegenwoordig speciale leningen voor te krijgen en bovendien bestaan er subsidies wanneer overgestapt wordt op groene energie. Bij de aanschaf van de zonnepanelen installatie is het wel verstandig om al rekening te houden met de situatie die over ongeveer 13jaar ontstaat wanneer de chillers zijn afgeschreven en hoogstwaarschijnlijk vervangen moeten worden. Desondanks blijft het altijd een goede keuze om over te stappen naar zonne energie. Ten eerste is het een milieu vriendelijker manier van energieopwekking en daarnaast kan de installatie ook altijd gebruikt worden voor de gebouwen van de UNA. De gebouwen op de UNA gebruiken namelijk net zo veel energie als de twee chillers samen.

8. Conclusie

Al met al kan er geconcludeerd worden dat de chillers op de UNA een overcapaciteit van ongeveer 40% hebben. Deze overcapaciteit kan zeker gebruikt worden voor nieuwe gebouwen, echter moeten de problemen met de installatie dan wel eerst opgelost worden.

De belangrijkste problemen met de installatie zijn de niet constante koeling van de gebouwen en daarnaast het uitvallen van de chillers. De niet constante koeling van de gebouwen ontstaat door de schommeling in temperatuur van het koelwater. De temperatuur van het koelwater bij het verlaten van de chiller varieert tussen de 44 en 60°F, wat natuurlijk een veel te groot verschil is met de ingestelde 44°F. De grootste oorzaak van deze schommeling ligt bij de condensor. Ondanks de juiste type keuze en capaciteit van de condensoren volgens de informatie van Carrier, is de condensor waarschijnlijk toch het probleem. Dit kan liggen aan niet goed onderhoud van de condensoren en/of de plaats van de condensoren.

De oorzaak van het uitvallen van de chillers kan hier niet direct geconcludeerd worden. Er is een lijst gemaakt met punten waar naar gekeken moet worden bij elk type foutmelding. Wanneer men stap voor stap deze onderhoudspunten langs loopt, zal de oorzaak van de foutmelding gevonden moeten worden en het probleem opgelost moeten kunnen worden. De lijst met foutmelding en daarbij de onderhoudspunten om het probleem op te sporen is weergegeven in Bijlage B.

Verder blijkt uit het onderzoek dat er wel een capaciteitsregeling op de installatie zit en deze wordt bovendien ook gebruikt. De regeling vindt plaats via de schroefcompressoren op de chillers. Bovendien is er een VFD geïnstalleerd op de pomp van het koelwatercircuit, wat de stroomsnelheid binnen dit circuit regelt. Echter uit de gesprekken met de monteur van buiten de UNA bleek deze VFD al een tijdje kapot, wat natuurlijk geen wenselijke situatie is. Deze VFD zorgt normaal namelijk voor een variabele stroomsnelheid van het koelwater naar de airhandlers, wat ten eerste stroom bespaart en daarnaast de koelcapaciteit van de gebouwen regelt.

Als laatste is er ook gekeken naar energiebesparingen. Hierin is eerst gekeken naar de toepassing van VFDs. Zoals aangegeven, blijkt de toepassing van VFDs op de andere component binnen de installatie een goede mogelijkheid om tot energiebesparing te komen. Uit een berekening blijkt dat het toepassen van VFDs op de fans van een goed werkende condensor een besparing kan opleveren van ongeveer Naf 58.032,- per jaar. Daarnaast is er ook gekeken naar alternatieve energie in de vorm van zonnepanelen. Uit berekeningen van drie verschillende bedrijven, blijkt de aanschaf van een zonnepanelen installatie voor de UNA binnen 5 jaar te zijn terugverdiend. Het enige probleem kan de hoge aanschafwaarde zijn. Echter zijn hier tegenwoordig steeds meer oplossingen voor. Zo zijn er “groene leningen” bij de bank en wordt bovendien duurzame energie steeds meer gesubsidieerd vanuit de overheid.

9. Aanbevelingen

Naar aanleiding van de bevindingen kunnen enkele aanbevelingen worden gedaan richting de UNA. Als eerste is het voor de UNA belangrijk om naar de condensors te kijken. Er wordt geadviseerd om de condensors eerst eens goed te controleren op juiste werking en daarna eventueel te verplaatsen naar een open vlakte. De huidige plek van de condensoren is een slechte keuze, aangezien ze helemaal opgesloten staan tussen de gebouwen. De afgegeven warmte kan op deze manier niet goed weg, waardoor de natuurlijke koeling door de wind niet goed kan plaats vinden. Wanneer de condensoren naar een open plek worden verplaatst blijft de warmte minder hangen en wordt het koelmiddel beter gekoeld. Op deze manier zal er minder fluctuatie plaats vinden in de temperatuur van het koelmiddel wat een constantere koeling van de gebouwen als gevolg heeft.

Naast het controleren van de condensor wordt het ook aangeraden om naar de isolatie van de leidingen te kijken. Zoals al eerder is aangegeven lekt er op warme dagen veel condenswater van deze leidingen. Dit wijst er op, dat er redelijk wat warmte verloren gaat bij het transport van het koelwater naar de airhandlers. Er wordt dan ook geadviseerd om een goede meting te doen van het koelwater aan het einde van de leidingen. Aan de hand van deze gemeten temperatuur en de afgelezen temperatuur van het koelwater bij vertrek uit de chiller kan een gedegen conclusie worden getrokken over de verliezen in de leidingen.

Voor het aanpakken van de problemen met de chiller wordt geadviseerd om elk type probleem stap voor stap aan te pakken. Door de vele aanpassing in de instelling van de chiller is niet meer logisch na te gaan wat nu de oorzaken van de meest voorkomende foutmeldingen zijn. In Bijlage B is een lijst bijgevoegd met de meest voorkomende foutmeldingen en hoogstwaarschijnlijke oorzaken. Wanneer elke mogelijke oorzaak wordt langs gelopen, wordt het probleem hopelijk gevonden en kan het opgelost worden.

Daarnaast is meten erg belangrijk. Door meer ijkpunten binnen het systeem te maken kunnen problemen eerder geconstateerd worden. Wanneer namelijk temperaturen of drukken afwijken van de juiste waarden kan snel achterhaald worden waar dit vandaan komt. Op deze manier kunnen problemen ook sneller opgelost worden en stapelen ze zich niet op zoals nu wel gebeurt.

Naast dat alle problemen worden opgelost is het ook verstandig om één persoon verantwoordelijk te maken voor de installatie. Deze persoon moet verstand van de installatie hebben en bij mogelijke problemen snel aanwezig kunnen zijn om het probleem op te lossen. Uit de gesprekken bleek nu dat er niemand echt verantwoordelijk was voor het hele systeem omdat dit uitbesteed was. Hierdoor zijn er geen mensen binnen de UNA met alle specifieke kennis om elk probleem op te kunnen lossen. Op deze manier wordt de installatie niet goed onderhouden en verwaarloost het, waardoor dit soort problemen ontstaan.

Als laatste zijn er twee belangrijke aanbevelingen richting de UNA om tot energie besparing te komen. Als eerste is dat de installatie van VFDs. Zoals al uit een korte berekening blijkt is het zeker rendabel om VFDs op de motoren van een goed werkende condensor fan te installeren.

Waarschijnlijk is het ook rendabel om VFDs op de andere onderdelen van de installatie te plaatsen, maar dit zal eerst berekend moeten worden. Daarnaast blijkt uit de voorbeeld berekeningen van drie verschillende bedrijven dat de installatie van zonnepanelen een zeer goede optie is. De hele zonnepanelen installatie voor het chilled water systeem is binnen vijf jaar weer terugverdiend.

Daarnaast gaat zo installatie gemiddeld 25 jaar mee, wat tot veel besparingen kan leiden.

Bijlage A: Volume berekening

Hier zijn de exacte volumes van elke kamer weergegeven.

Gebouw J:

Kamer	Oppervlakte [m^2]	Hoogte [m]	Volume [m^3]
T1	78,21	2,51	196,3
T2	113,1	2,51	282,88
T3	12	3,1	37,2
T4	16	3,1	49,6
T5	18,8	3,1	58,28
T6	98	3,1	303,8
T7	27,6	3,1	85,56
T8	52,8	3,1	163,68
T9	30,82	3,1	95,54
Totaal			1273

Gebouw H:

Kamer	Oppervlakte [m^2]	Hoogte [m]	Volume [m^3]
1	15,52	3,1	48,11
2	15,92	3,1	49,45
3	12,24	3,1	38,44
4	12,24	3,1	38,44
5	15,92	3,1	49,35
6	76,98	3,1	238,64
7	33,47	3,1	103,76
8	11,02	3,1	34,16
9	11,02	3,1	34,16
10	15,52	3,1	48,11
11	24,28	3,1	75,27
12	100,84	3,1	312,61
13	65,30	3,1	202,43
14	32,23	3,1	99,92
Totaal			1372,85

Gebouw F:

Kamer	Oppervlakte [m^2]	Hoogte [m]	Volume [m^3]
1	24,9	2,51	62,50
2	16,33	2,51	40,99
3	24,27	2,51	60,92
4	16,33	2,51	40,99
5	24,08	2,51	60,44
6	81,13	3,1	251,50
Totaal			517,34

Gebouw E:

Kamer	Oppervlakte [m^2]	Hoogte [m]	Volume [m^3]
1	51,04	3,1	158,22
2	48,77	3,1	151,19
3	31,41	3,1	97,37
4	31,41	3,1	97,37
5	16,32	3,1	50,60
6	16,32	3,1	50,60
7	106,84	5	534,2
Totaal			1139,55

Gebouw G:

Kamer	Oppervlakte [m^2]	Hoogte [m]	Volume [m^3]
1	84,51	3,1	261,99
2	12,02	3,1	37,26
3	12,02	3,1	37,26
4	11,76	3,1	36,46
5	68,48	3,1	212,29
6	16,71	3,1	51,80
7	15,52	3,1	48,11
8	7,16	3,1	22,20
9	15,12	3,1	46,87
10	16,71	3,1	51,80
11	83,78	3,1	259,72
12	24,82	3,1	76,94
13	81,00	3,1	251,1
Totaal			1393,8

Gebouw C-1^e/2^e Verdieping

Kamer	Oppervlakte [m^2]	Hoogte [m]	Volume [m^3]
1	584,25	5	2921,25
Totaal			2921,25

Gebouw B:

Kamer	Oppervlakte [m^2]	Hoogte [m]	Volume [m^3]
1	240	5	1200
Totaal			1200

Gebouw A:

Kamer	Oppervlakte [m^2]	Hoogte [m]	Volume [m^3]
1	23,27	3,1	72,16
2	18,50	3,1	57,36
3	23,27	3,1	72,16
4	46,56	3,1	139,67
5	23,27	3,1	72,16
6	11,93	3,1	37,00
7	11,93	3,1	37,00
8	15,52	3,1	48,11
9	47,45	3,1	147,10
10	126,54	3,1	392,27
11	89,53	3,1	277,55
12	15,52	3,1	48,11
13	15,52	3,1	48,11
14	15,52	3,1	48,11
Totaal			1496,87

Bijlage B: Foutmeldingen

Foutmelding T051 & T055

High Pressure Switch Trip Alert

T051-Compressor A1 Failure Alert

T055-Compressor B1 Failure Alert

Actie ondernomen door het systeem:

Compressor wordt uitgeschakeld

Reset Methode:

Handmatig

Dit alarm wordt gegeven wanneer de “ high pressure switch” voor de compressor open gaat. De ComfortLink compressor module geeft dit alarm wanneer de “ high pressure switch” open is voor minimaal 250-500 milliseconden.

Check de volgende punten als dit alarm plaats vindt:

- Voor 30HXA machines, check de condensor fan relais en de werking van de condensor.
- Controleer de leidingen op vuil of luchtcirculatie.
- Controleer of de machine lading correct is, Carrier geeft de volgende ladingen aan:

30HXA	Air-cooled condenser type size (Qty)	Refrigerant circuit	Cooler Charge		Condenser Charge		Recommended refrigerant pipe size	Piping charge		Total refrigerant charge	
			Lb	Kg	Lb	Kg		Lb	Kg	Lb	Kg
146	09DK084 (2)	A	95	43	124	56	1 ^{3/8}	16	7	235	106
		B	80	36	124	56	1 ^{3/8}	16	7	220	99

- Controleer of de connetie tussen de High Pressure Switch en de CCP correct is.
- Versie 1.0 en 2.0 hebben een fout in de software met de VHPT, Variable Head Pressure Selection (Configuration Mode, Sub-mode OPT1) optie 2 (0 tot 10vdc) en optie3 (10 tot 0 vdc). Wanneer hij is geconfigureerd voor één (1) van deze opties heeft de uitvoerwaarde van de controller een maximum van vijf (5) vdc. Een tijdelijke oplossing voor deze situatie is het gebruik maken van een 1,000Ω ohm, ¼ watt resistor in plaats van een 500Ω ohms, ½ watt resistor dat normaal wordt gebruikt.
- Controleer of de goede waarden zijn ingesteld voor de HD.P.A en HD. P.B Head Pressure Set Point A en Head Pressure Set Point B (Set Point, HEAD Sub mode). De default waarde voor zowel Set Point A als B is 113°F.
- Controleer voor non-condensable in het circuit.

Foutmelding T098

Circuit A, Economizer Pressure Transducer Failure-1 Alert

Actie ondernomen door het systeem:	Betreffende circuit wordt uitgeschakeld.
Reset Methode:	Automatisch

Dit alarm wordt weergegeven als de voltage ratio groter dan 99,9% of kleiner dan 0,5% is.

Als het alarm zich toch voor blijft doen controleer dan het volgende:

- Controleer op een foute omzetter (transducer).

De ComfortLink Control systeem maakt gebruik van twee unieke druk omzeters. Eén van de omzeters is de “lowe side pressure transducer (HK05Yz001)”, welke gebruikt wordt voor de Economizer en Suction Pressure Transducer. De andere omzetter is de “High range transducer (HK05YZ002 of HK05Y007)”, welke wordt gebruikt voor de Discharge en Oil Pressure Transducer.

- Controleer op een bedradingsprobleem tussen de transducer en de SCB.
- Ben er zeker van dat de Economizer en de Suction Pressure transducer niet zijn omgewisseld.
- Controleer op een foute vermogenswaarde van de Screw Compressor Board (SCB).
- Ben er zeker van dat de Suction Service Valve open is, indien aanwezig.

Foutmelding A207

Cooler Freeze Protection Alarm

Actie ondernomen door het systeem:	Chiller wordt uigeschakeld of weerhouden van starten.
Reset Methode:	Automatisch / handmatig (Main Base Board, MBB)

Dit alarm wordt gegenereerd wanneer de binnenkomende of vertrekkende water temperatuur beneden BRFP, Brine Freeze Point, plus 2°F (1.1°C) is.

Het systeem laat de machine automatisch resetten., wanneer de vertrekkende chilled water temperatuur boven de CSP1 (coolin setpoint 1) plus 6°F (3.3°C) uitkomt. Wanneer het alarm binnen 18uur nog een keer afgaat, moet deze handmatig gereset worden.

Check de volgende punten als het alarm zich blijft voor doen:

- Controleer de binnenkomende of vertrekkende water thermistor voor nauwkeurigheid.

Thermistors

De ComfortLink Control system maakt gebruik van een 5kΩ @77°F (25°C) thermistor voor de Entering Chilled Water Thermistor (ECWT), Leaving Chilled Water Thermistor (LCWT), Discharge Gas Thermistor (DGT), Outdoor Air Thermistor (OAT) en in de Master/Slave parallel flow applicatie, de lead/lag Leaving Fluid Thermistor. Voor een ruimtetemperatuur reset is een 10kΩ @77°F (25°C) thermistor nodig.

Voor de bovengenoemde sensors kan zowel voltage drop als weerstand gebruikt worden om de nauwkeurigheid van de thermistor te bepalen. De compressor motor thermistor is ook $5k\Omega$ @77°F maar heeft een iets andere curve dan die van de thermistors hiervoor besproken. Een andere temperatuur vs weerstands grafiek is dan nodig om de nauwkeurigheid te kunnen bepalen. De voltage drop kan hierbij niet gebruikt worden voor de bepaling van de nauwkeurigheid van de compressor motor thermistor.

- Controleer het waterdebiet. De stroming van het koelwater moet 20,8L/s zijn.
- Controleer voor temperaturen onder het vriespunt
- Controleer de warmte tape en andere vorstbeveilingen voor goede werking.
- Controleer de glycol concentratie en pas overeenkomstig de BRZ aan.

Foutmelding T998

Loss of Refrigerant Flow-Circuit A Alert

Actie ondernomen door het systeem:	Circuit wordt uitgeschakeld.
Reset Methode:	Handmatig

Check de volgende punten wanneer het alarm weergegeven wordt:

- Check de suction service valve en ben er zeker van dat hij open is, indien aanwezig.
- Check de liquid line service valve en ben er zeker van dat hij open is.
- Check de liquid line solenoid valves voor een goede werking.
- Check de EXV motor voor een goede werking.
- Check de economizer Float/Motor voor een goede werking.

Bijlage C: Plan van aanpak

Probleem stelling

Energiebesparing is een onderwerp dat momenteel de aandacht van bijna iedereen heeft. Ook op de UNA probeert men hieraan steeds meer aandacht te besteden, want de elektriciteitskosten zijn een enorme kostenpost op de begroting van de UNA.

De UNA heeft recent de compressoren en condensing units van de centrale airco ("chilled water system") vernieuwd. Het uitgangspunt is dat de pas geïnstalleerde installatie efficiënter moet zijn dan de oude aangezien het met moderne regeltechniek is uitgerust. Om tot energiebesparing te komen is het verstandig om de werking van de installatie te bestuderen.

Opdracht

De airco-installatie van de UNA dient geanalyseerd te worden op werking, capaciteit en efficiëntie. Bovendien dienen er aanbevelingen gedaan te worden voor mogelijkheden tot energiebesparingen op korte- en lange termijn.

Planning

[illegible]

<u>Wat</u>	<u>Duur/Opmerking*</u>	<u>Weeknummer:</u>											
		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Vergadering													
Vergadering plannen	14/16-10-2012 vergaderen												
Oplossingen/Aanbevelingen	<u>2</u>												
Omtrent capaciteit	0,6												
Omtrent energieverbruik	0,6												
Uiteindelijk omtrent het hele systeem	0,8												
Verslagleggin/Presentatie	<u>1</u>												
Verslaglegging van de bevindingen afronden	0,8												
Presenteren van de bevindingen	0,2												

*1 staat voor een volledige werkweek bestaande uit 5dagen

Bronnenlijst

- Carrier, z.j., Product Data: EVERGREEN 30HXA,HXC076-271 Condenserless and Water-Cooled Liquid Chillers with COMFORTLINKT Controls, Carrier Corporation – Syracuse New York 13221.
- Carrier, z.j., Product Data: 09DE,DK Air-Cooled Condensers, Carrier Corporation – Syracuse New York 13221
- Carrier, October 2005, Variable speed screw compressor: Raising the bar for variable speed performance, Carrier Corporation – Syracuse New York.
- EnergyDesignResources, December 2009, Chilled Water Plant Design Guide.
- Trane, June 2000, Chilled Water System Design and Operation: Cost-Reducing Optimization Strategies, La Crosse, Literature Order Number: CTV-SLB005-EN
- Focus on Energy, 2009, Control you energy costs with variable-frequency drives: Fact Sheet, Winsconsin, Literature Order Number: BP-2050-1109
- A. Bhatia, z.j., HVAC Chilled Water Distribution Schemes, Continuing Education and Development, Stony Point - New York 10980
- Carrier, October 2005, Variable Frequency Drive: Operation and application of variable frequency drive (VFD) technology, Carrier Corporation – Syracuse New York.
- Carrier, 2010, Variable Speed Drives: Retrofits for Chillers, Fans and Pumps, Stock symbol UTX cat. NO. 808-259
- DutchDurables, z.j., Durable Energy Development: Complete zonne-energie systemen, Harlingen
- John Tomczyk, February 2006, What Causes High Compressor Discharge Temperature, <http://www.achrnews.com/articles/what-causes-high-compressor-discharge-temperature>
- Carrier, z.j., Carrier Screw Service Manual, <http://www.scribd.com/doc/49171551/ScrewServiceManual>
- Zonne energie curacao , geraadpleegd op 30-10-2012
<http://www.zonne-energiecuracao.com/>

- Caribische zonnepanelen, geraadpleegd op 06-11-2012
http://www.caribbeansolarpanels.com/curacao_zonnepanelen.html
- ElementalEnergy, geraadpleegd op 06-11-2012
<http://www.elementall.net/index.html>