

Uppdatering av styrsystem för frysanläggning

Oscar Gustafsson

Examensarbete för Ingenjör (YH)-examen

El – och automationsteknik

Vasa 2024

EXAMENSARBETE

Författare: Oscar Gustafsson
Utbildning och ort: El- och automationsteknik, Vasa
Inriktning: Automationsteknik
Handledare: Ronnie Sundsten

Titel: Uppdatering av styrsystem för frysanläggning

Datum: 16.01.2024

Sidantal: 34

Abstrakt

Detta examensarbete är utfört på uppdrag av Kokkolan Kylmäpalvelu Oy och beskriver en komplett konvertering av en frysanläggnings styrsystem. Frysanläggningens styrsystem befann sig vid ändan av sin livstid och var på gränsen till föråldrat. En frysanläggnings styrsystem är kritiskt när det kommer till anläggningens driftsäkerhet och effektivitet, därmed är en frysanläggning utsatt för stor risk med ett föråldrat och opålitligt styrsystem.

Arbetet innehåller alla skeden inom projektet, från planering till slutliga tester. Därmed ger arbetet insyn till hur ett projekt av medelstor skala kan utföras samt de utmaningar som följer vid ingenjörss- samt installationsnivå.

I arbetets teoridel ges även allmän kunskap om ammoniak som köldmedium, en förenklad beskrivning av en industriell frysanläggnings funktion samt en beskrivning av det tidigare styrsystemets uppbyggnad. Denna del är väsentlig för att läsaren ska förstå arbetets resterande innehåll.

Arbetets praktiska del beskriver i kronologisk ordning projektets olika skeden. Planering av anläggningen, programmering av styrsystemet samt installering och slutliga tester. Detta ger komplett insikt i projektets utförande.

Arbetets resultat är baserat på de krav som satts av slutkunden. De krav som sattes var förbättrad serviceförmåga och monitorering, anläggningens integration med övriga anläggningar samt ett enklare användargränssnitt. Efter utfört projekt konstateras det att samtliga krav uppfyllts genom att noga lyssna på slutkundens behov och planera projektet därefter.

Språk: svenska

Nyckelord: ammoniak, styrsystem, frysanläggning

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Oscar Gustafsson
Koulutus ja paikkakunta: Sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka
Ohjaaja: Ronnie Sundsten

Nimike: Pakastamon valvontajärjestelmän päivitys

Päivämäärä: 16.01.2024

Sivumäärä: 34

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty Kokkolan Kylmäpalvelu Oy:lle ja tässä työssä kuvataan pakastuslaitoksen ohjausjärjestelmän kokonaisvaltaista muutosta. Pakastuslaitoksen ohjausjärjestelmä oli elinkaarensa lopussa ja vanhentumisen äärellä. Pakastuslaitoksen ohjausjärjestelmä on kriittinen laitoksen toimintavarmuuden ja tehokkuuden kannalta, joten vanhentunut ja epäluotettava ohjausjärjestelmä aiheuttaa pakastuslaitokselle suuria riskejä.

Työ käsittää kaikki hankkeen vaiheet, suunnittelusta lopputestaukseen. Näin ollen työ tarjoaa näkemyksen siitä, miten keskisuuri hanke voidaan toteuttaa ja millaisia haasteita suunnittelu- ja asennustasolla ilmenee.

Työn teoriaosuudessa annetaan myös yleistietoa ammoniakista kylmäaineena, yksinkertaistettu kuvaus teollisen pakastuslaitoksen toiminnasta ja kuvaus aiemman ohjausjärjestelmän rakenteesta. Tämä osa on erittäin tärkeä, jotta lukija voi ymmärtää teoksen loppuosaa.

Teoksen käytännön osassa kuvataan kronologisessa järjestyksessä hankkeen eri vaiheet, laitoksen suunnittelu, ohjausjärjestelmän ohjelmointi, asennus ja lopputestaus. Näin saadaan kattava käsitys hankkeen toteuttamisesta.

Työn tulokset perustuvat loppuasiakkaan asettamiin vaatimuksiin. Vaatimuksina olivat parempi huollettavuus ja valvonta, laitoksen integrointi muihin laitoksiin ja yksinkertaisempi käyttöliittymä. Projektin valmistumisen jälkeen todettiin, että kaikki vaatimukset täytettiin kuuntelemalla huolellisesti loppuasiakkaan toiveita ja suunnittelemalla projekti sen mukaisesti.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: ammoniakki, ohjausjärjestelmä, pakastamo

BACHELOR'S THESIS

Author: Oscar Gustafsson
Degree Programme: Electrical Engineering and Automation, Vaasa
Specialisation: Automation Technology
Supervisor: Ronnie Sundsten

Title: Update of a freezer plant's control system

Date: 16.01.2024

Number of pages: 34

Abstract

This thesis is carried out for Kokkolan Kylmäpalvelu Oy and describes a complete conversion of a freezing plant's control system. The control system of the freezing plant was at the end of its lifetime and on the verge of obsolescence. A freezing plant's control system is critical when it comes to the plant's operational reliability and efficiency, thus a freezing plant is exposed to great risk with an outdated and unreliable control system.

The work includes all stages of the project, from planning to final testing. Thus, the work provides insight into how a medium-scale project can be carried out and the challenges that follow at the engineering and installation level.

The theory part of the work also provides general knowledge about ammonia as a refrigerant, a simplified description of the function of an industrial freezing plant, and a description of the structure of the previous control system. This part is essential for the reader to understand the rest of the work.

The practical part of the work describes in chronological order the different stages of the project. Design of the plant, programming of the control system, installation, and final testing. This provides a complete insight into the execution of the project.

The results of the work are based on the requirements set by the end customer. The requirements were improved serviceability and monitoring, the plant's integration with other plants, and a simpler user interface. After completing the project, it was concluded that all requirements were met by carefully listening to the end customer's requests and planning the project accordingly.

Language: Swedish

Key words: ammonia, control system, freezing plant

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Bakgrund.....	2
2	Målsättning.....	2
3	Industriella fryssystem.....	3
3.1	Process.....	3
3.1.1	Kompressorn.....	4
3.1.2	Kondensorn.....	6
3.1.3	Förångaren.....	7
3.2	Styrning.....	7
4	Ammoniak.....	8
4.1	Tillverkning.....	9
4.2	Egenskaper.....	10
4.2.1	Fördelar.....	11
4.2.2	Nackdelar.....	11
5	Det tidigare styrsystemet.....	11
5.1	EMP-235.....	12
5.2	EMP-2650.....	12
5.3	EmpView.....	13
6	Planering.....	13
6.1	PLC.....	14
6.2	Mätningar.....	15
6.2.1	Temperaturmätningar.....	16
6.2.2	Mätning av ammoniak i luften.....	16
6.2.3	Tryck- och nivåmätningar.....	17
7	Programmering.....	19
7.1	Styrning av frysutrymmena.....	19
7.1.1	Automatisk.....	20
7.1.2	Manuell.....	21
7.2	Styrning av maskinrummet.....	21
7.3	Användargränssnitt.....	22
7.4	Övervakning.....	25
7.4.1	Fjärråtkomst.....	26
8	Installering.....	26
8.1	Styrcentral.....	27
8.1.1	Kopplingscentraler.....	27
8.2	Konvertering.....	28

8.3	Dokumentation.....	29
8.4	Testning	30
9	Resultat	30
10	Slutdiskussion.....	32
11	Källförteckning.....	33

1 Inledning

Arbetets projekt omfattar en komplett uppdatering av en frysanläggnings styrsystem. En frysanläggning är en väldigt komplicerad anläggning med flera kritiska komponenter som bidrar till dess funktion. Implementering av moderna och standardiserade styrsystem bidrar avsevärt till en frysanläggnings dagliga användning. Genom utförlig dokumentation och installation med underhåll i beaktande kan man även öka anläggningens driftsäkerhet och underlätta framtida underhåll.

I arbetet dokumenteras projektets alla skeden, från planering till slutliga tester och ger därför fullständig kunskap om hur ett sådant projekt kan utföras. För att försäkra arbetets förståelse beskrivs även en frysanläggnings funktion, dess viktigaste delar och anläggningens tidigare styrsystem. Arbetet går även in på ammoniak, som är det köldmedium som används i processen.

1.1 Uppdragsgivare

Kokkolan Kylmäpalvelu Oy fungerade som uppdragsgivare för examensarbetet och som slutkund var Marja Bothnia Berries Oy Ltd. Företaget har gjort liknande projekt till slutkunden tidigare vid andra anläggningar i Finland och har därför god erfarenhet av deras behov och önsknningar. Företagets nära förhållande till slutkunden möjliggjorde ett mycket sömlöst och enkelt samarbete, vilket förenklade projektets planering och utförande avsevärt. Som huvudsaklig ansvarsperson över projektet fungerade Petri Jaaksi.

Kokkolan Kylmäpalvelu Oy är ett företag som specialiserar sig på skräddarsydda lösningar till kyl- och frysindustrin, med expertis inom ammoniak. Företaget erbjuder huvudsakligen kompletta paket med rörläggning och elektrisk automatisering samt kontinuerlig service av frysanläggningar. Företaget är grundat år 2018 och har på kort tid lyckats utmärka sig på marknaden. Orsaken till företagets framgång är främst deras möjlighet att erbjuda kompletta skräddarsydda paket till små och medelstora bolag, men även deras möjlighet att vara en mindre del av större projekt till större bolag. (Kokkolan Kylmäpalvelu, 2022).

1.2 Bakgrund

Slutkunden har ett antal anläggningar omkring Finland och för att underlätta företagets verksamhet har de stort behov av styrsystem som de enkelt kan använda för att kunna styra och övervaka deras anläggningar runtom landet. Förut, före grundandet av Kokkolan Kylmäpalvelu, anlätade de ett annat företag som skapade ett styrsystem som användes i majoriteten av deras anläggningar.

Företaget som hade skapat dessa styrsystem använde sig av egna komponenter som de själva tillverkat samt ett eget program för styrningen och övervakningen av anläggningarna. Problemet var att företagets grundare och enda arbetare stod inför pensionen och med det skulle den enda personen som fullständigt förstod sig på styrsystemets funktion och uppbyggnad försvinna. Eftersom företaget tillverkade sina egna komponenter var reservdelarnas tillgänglighet även på väg att bli begränsad. På grund av det här beslöt slutkunden sig för att ändra om anläggningarnas styrsystem till ett modernare och mera industriellt standardiserat system.

2 Målsättning

Målsättningen för det här examensarbetet var att avlägsna anläggningens tidigare styrsystem och förse slutkunden med ett nytt och modernt styrsystem som tillsammans med de tidigare uppdaterade styrsystemen skapar en enhällig och logisk helhet för att förenkla och optimera slutkundens verksamhet. Slutkunden har flera anläggningar med liknande styrsystem som det ska gå att enkelt navigera mellan för att man i huvudkontoret ska kunna övervaka alla anläggningar samtidigt.

Det tidigare styrsystemet hade även mycket bristfällig dokumentation, vilket tidigare hade skapat problem vid anläggningens underhåll. På grund av det här lades extra stor tyngd på begäret av en simpel och omfattande dokumentation som underlättar framtida underhåll. Eftersom anläggningen befann sig på en sådan avlägsen plats, var det även viktigt att se till att de dagliga användarna kunde undsätta främmande servicemän vid framtida underhåll av anläggningen.

Frysanläggningen befann sig i mellersta Lappland, vilket gjorde att avståndet mellan anläggningen och slutkundens huvudkontor var över 800 km. Det här gjorde att det var

viktigt att styrsystemets användargränssnitt var användarvänligt så att frysanläggningens dagliga användare enkelt själva kunde följa med anläggningens funktion.

3 Industriella fryssystem

I det här kapitlet beskrivs industriella fryssystem för att försäkra förståelsen av examensarbetet hos läsaren. Industriella fryssystem kan hittas i en mängd olika industrier, varav den vanligaste är livsmedelsindustrin. För att livsmedel ska behålla sin smak och näring så lång tid som möjligt och samtidigt hållas färska, är nedfrysning det bästa alternativet för de flesta livsmedel. Vid industriell hantering av dessa livsmedel krävs enorma fryslager som konstant ska hålla livsmedlet nedfrost och till det här krävs industriella kyl- och frysanläggningar.

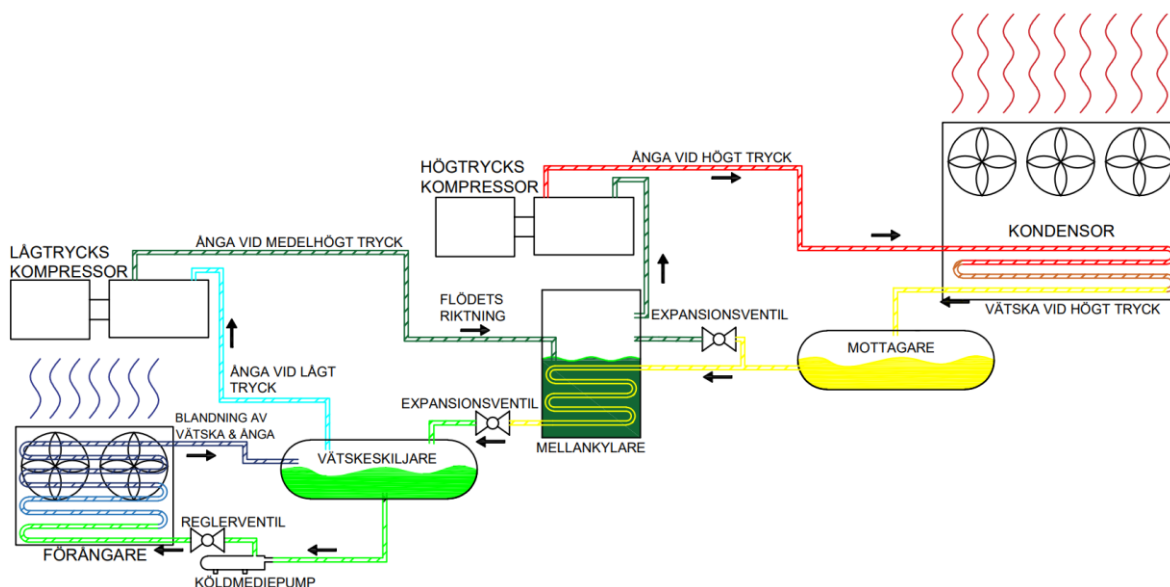
I artikeln *Industrial Refrigeration Basics* (Evans, 2019) beskrivs de tre vanligaste formerna av industriella fryssystem. Det första och enklaste är 1-stegsystemet. Följande nivå är 2-stegsystemet som är bättre anpassat för kyl- och frysindustrin med hög verkningsgrad och låga temperaturer på kompressorutloppet. Flödet av köldmediet är detsamma som i 1-stegsystemet med några ytterligare komponenter och cykler. Det tredje och mest avancerade är kaskad-systemet och kan bli mycket invecklat. Det är passande för fryssystem som har ett behov av olika temperaturområden för deras kylbelastningar. Systemet gör det även enklare att följa hälso-, säkerhets, och miljöbestämmelser.

3.1 Process

Till förklaring av processen i en frysanläggning valdes 2-stegsystemet eftersom det är det system som har flest liknelser till det system som projektets anläggning använder sig av, som referens kan man använda figur 1 som visuellt förklarar 2-stegsystemet. Systemet består av två kompressorer, en för högt tryck och en för lågt tryck. Köldmediet pumpas ut genom lågtryckskompressorn in i mellankylaren som fungerar som kondenseringshjälp för köldmediet. Köldmediet i gasform sugas från mellankylaren till högtryckskompressorn och pumpas därifrån till kondensatorn som kyler ner köldmediet. Köldmediet flödar sedan vidare till mottagaren som är en reservoar för köldmedium i vätskeform och lagrar överflödigt köldmedium som inte är i användning.

Det här gör att köldmediet kan upprätthålla ett minimalt huvudtryck och även fungera under varierande kylbelastningar, vilket skapar en buffert. Flödet fortsätter sedan genom en slinga inuti mellankylaren. Mellankylaren hjälper till med kondenseringen av köldmediet och effektiviserar hela processen. Flödet fortsätter sedan till expansionsventilen som reglerar trycket och flödet av köldmedium till förångarkretsen. Innan köldmediet förs in i förångaren samlas det i vätskeskiljaren som separerar köldmediet i vätske- och gasform. Köldmediet i vätskeform faller naturligt till botten och pumpas in i förångaren, vanligtvis med hjälp av ett par köldmediepumpar. Köldmediet i gasform stiger naturligt till övre delen av vätskeskiljaren och sugas sedan därifrån in tillbaka i lågtrycks kompressorn för att repetera cykeln igen. (Evans, 2019).

Skillnaden från 2-stegsystemet som är illustrerat nedan (Figur 1) och den verkliga anläggningens uppsättning är det faktum att man ha adderat ytterligare två kompressorer för att effektivisera anläggningen. En högtrycks kompressor och en lågtrycks kompressor. I anläggningen tömmer man även mottagaren direkt in i mellankylaren i stället för att låta flödet passera genom en spiral.



Figur 1. Förenklad skiss av 2-stegsystem.

3.1.1 Kompressorn

I hjärtat av varje kyl- och frysprocess finns kompressorn som fungerar som en gigantisk pump som pumpar runt köldmediet i anläggningen. Den suger upp allt köldmedium som har passerat genom processen och därmed samlat på sig en hel del önskad värme. Kompressorn komprimerar köldmediet så att dess värmeenergi är väldigt tätt packad, vilket gör köldmediet

väldigt varmt. Som illustrerat i figur 1, suger kompressorn upp köldmediet som en ånga vid lågt tryck och pumpar sedan ut köldmediet som en ånga vid högt tryck.

Det finns ett flertal olika kompressorer som alla har olika ändamål och verkningsområde. I anläggningen som examensarbetet behandlar finns två olika sorters kompressorer. Roterande skruvkompressorer och kolvkompressorer.

Roterande skruvkompressorer har två sammankopplade rotorerna som roterar tillsammans i motsatta riktningar. Köldmediet sugas in i kompressorn och fastnar mellan de två roterande rotorerna. När luften rör sig genom rotorerna minskar volymen mellan rotorerna, vilket komprimerar köldmediet. Skruvkompressorer har inga ventiler och använder inte mekanisk kraft, vilket möjliggör arbete vid hög hastighet med stora flöden och relativt låg förbrukning, samtidigt som vibrationerna minskar. (Bruce, u.d.).



Figur 2. Skruvkompressor. (Mycom, 2020).

Kolvkompressorer är konstruerade mycket likt en vanlig förbränningsmotor och kan innehålla allt från två till sex kolvar som placeras i individuella cylindrar. Varje enskild kolv dras av samma centrala vevaxel. Då kolvarna rör sig nedåt sugas köldmediet in i cylindern genom en inloppsventil. När kolvarna sedan rör sig uppåt stängs inloppsventilen och köldmediet komprimeras. Sedan när köldmediet når korrekt komprimeringsnivå, öppnas utloppsventilen och köldmediet släpps ut. Kolvkompressorer är mycket versatila och kan användas för både små och stora anläggningar. (Process Solutions, 2020).



Figur 3. Kolvkompressor. (Mycom, 2020).

3.1.2 Kondensorn

Kondensorns uppgift är att kyla ner köldmediet genom att dra ut den önskade värmen ur köldmediet och blåsa ut den i utomhusluften. Köldmediet förs genom kondensorn med små rör och kyls ner av fläktar som tvingar svalare, omgivande luft över rörens utsida för att kyla ner dem och föra bort värmen. Ifall ytterligare nedkyllning krävs, används ofta en liten pump som sprutar vatten på rören för att effektivisera processen. Köldmediet är förseglat i rören genom hela kondensorn och kommer aldrig i direkt kontakt med utomhusluften. (Shrestha, 2020).



Figur 4. Luftkyld kondensorn. (Alfa Laval, u.d.).

3.1.3 Förångaren

Det kalla köldmediet passerar genom rör inuti förångaren och en fläkt blåser rumsluften över utsidan av rören. Det kalla köldmediet absorberar värmen från rumsluften och på så sätt ger effektiv kylning till rummet. När den varma luften passerar över förångarens rör kokar köldmediet och förångas som en blandning av vätska och ånga. När den avdunstar, transporterar den bort värmen. Precis som när man kokar vatten i en kastrull så stiger ånga upp ur kastrullen och transporterar bort värmen. Liksom i kondensorn är köldmediet förseglat under hela processen och kommer aldrig i direkt kontakt med rumsluften.

Förångarna befinner sig alltid inom det kylda utrymme. Eftersom måltemperaturen i de flesta industriella frysar är -20 °C , är man tvungen att rutinmässigt avfrosta förångarna för att förhindra skador på dem. Det här görs med köldmediet i dess komprimerade form från högtryckssidan av kompressorn. När avfrostningen aktiveras dräneras förångarna först på vätska, därefter öppnas ledningen upp från kompressorns högtryckssida och förångaren förses med komprimerat köldmedium som smälter isbildningen på förångarens yta. Efter avfrostningen är fullbordad enligt inställda värden försvinner det komprimerade köldmediet, vilket nu består av främst kondensat och ånga, till vätskeskiljaren och processen fortsätter som vanligt. (Cervera, Esbrí, Moles, Babiloni, & Peris, 2023).



Figur 5. Förångare. (Evapco, u.d.).

3.2 Styrning

Styrningen av en frysanläggning blir mera komplicerat och sofistikerat, desto större anläggning som man har att göra med. I de flesta anläggningar används en PLC,

Programmable Logical Controller, till monitorering och styrning. PLC baserade styrsystemet justerar flödet av köldmediet i hela anläggningen genom att mäta nivåerna i de olika förvaringskärlen och cirkulerar köldmediet med kompressorerna enligt behov. Behovet av kompressorernas körning påverkas främst av kyl- och frysrummens användning.

Ett exempel på styrsystemets funktion är vid tömning eller fyllning av ett kyl- eller frysrum inuti en anläggning. Då noterar programmet en nedgång i temperatur eftersom dörren till det nedkylda utrymmet öppnas och stängs konstant, vilket leder till ökad temperatur. Därefter startas förångarna, som kyler ner utrymmet tills den önskade temperaturen är nådd. Samtidigt förser kompressorerna processen med ammoniak enligt behov.

Ifall anläggningar stöter på större problem så har alltid styrsystemen inbyggda larmsystem som larmar användaren vid fel. Felen kan vara drastiskt ökad temperatur i ett utrymme eller ett ammoniakläckage. Vid händelse av ett sådant fel larmar systemet via exempelvis en GSM, Global System for Mobile communication, som skickar ett sms till en utvald användare.

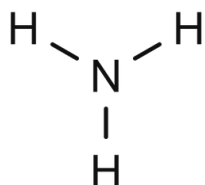
4 Ammoniak

Ammoniak har varit en del av kyl- och frysindustrin sedan tidigt 1800-tal och har sakta men säkert ökat sin användning som köldmedium inom kyl- och frysindustrin. Dess föregångare var främst halogenerade kolväten som tidigare användes kraftigt inom kyl- och frysindustrin. Sedan halogenerade kolvätens implementering i kyl- och frysindustrin har det dock konstaterats att de har en negativ påverkan på naturen i form av nedbrytning av ozonlagret. Det här ledde till att man aktivt började leta nya, miljövänligare köldmedium med liknande kemiska egenskaper.

Som ersättare hittades ammoniak, som kemiskt betecknas NH_3 och är en färglös gas som består av kväve och väte. Det är den enklaste stabila föreningen av dessa grundämnen och fungerar som ett utgångsmaterial för många kommersiellt viktiga kväveföreningar. Ammoniak har konstaterats vara fullständigt ofarligt för ozonlagret och används därför kraftigt inom mängder av olika industriella områden. (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010).

Ammoniaks överlägset största användningsområde är jordbruk. Där används ammoniak som gödsel och appliceras oftast direkt i marken från behållare som innehåller den kondenserade gasen. Några mindre användningsområden är textilindustrin där det används för

framställning av syntetiska fibrer som nylon och rayon, vapenindustrin för tillverkning av TNT samt nitrering av legerade plåtar för att härda deras ytor. Användningen av ammoniak har spridit sig brett över det industriella samhället och människor fortsätter ständigt hitta nya användningar av det. (Zumdahl, 2023).



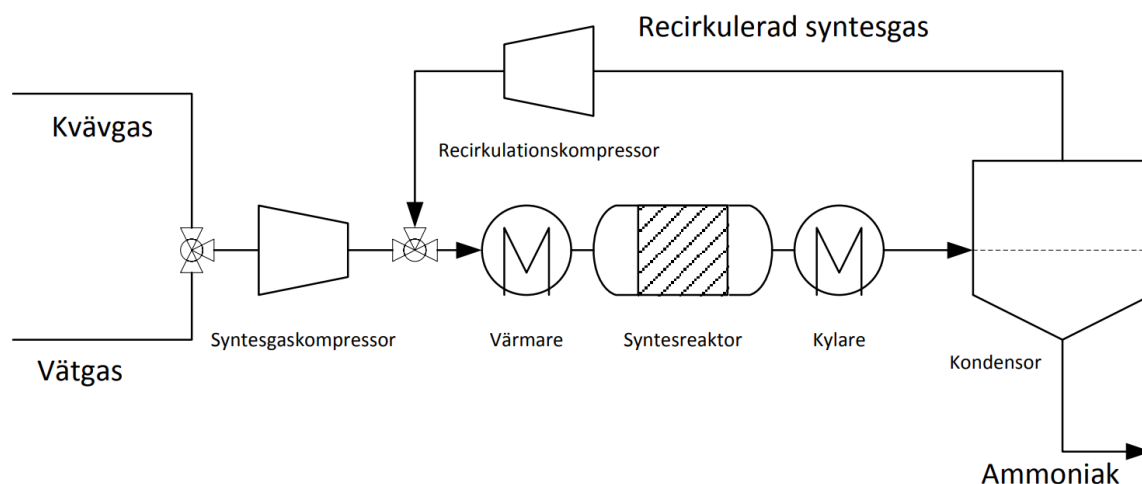
Figur 6. Ammoniaks kemiska uppsättning. (Ghadban, 2023).

4.1 Tillverkning

Enligt rapporten skriven av (Ahlgren, Bauer, & Hulteberg, 2015) vid institutionen för energi och teknik vid Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala, utförs produktion av ammoniak med hjälp av den Nobelprisbelönade Haber-Bosch-processen, där vätgas låts reagera med kvävgas under mycket högt tryck på 100–250 bar och vid en medelhög temperatur på 350–550 °C. Gaserna komprimeras till högt tryck varefter syntesgasen värms upp. Syntesreaktionen genomförs i en eller flera reaktorer över en fast bädd bestående av en järnkatalysator. Då omsättningen vid varje steg är låg, omkring 20%, används flera reaktorer i serie med mellankylning, eller en mera komplex reaktor, en så kallad quenchreaktor, där man i efterhand introducerar ett köldmedium i gasform för att kyla reaktorn. Sedan avskiljs den resterande syntesgasen från den producerade ammoniaken genom att man kyler ner och kondenserar ammoniaken. Den resterande syntesgasen återcirkuleras och blandas sedan med den färska syntesgasen.

Moderna ammoniakproduktionsanläggningar kan uppnå en årlig produktion på 500 000 ton. Priset på ammoniak till industriellt bruk varierar beroende på tillverkningsmetoden, produktionsanläggningens kapacitet, leveransens avstånd samt lagringskostnader. (Ahlgren, Bauer, & Hulteberg, 2015, s. 21).

Baserat på de priser som Kokkolan Kylmäpalvelu erbjuder åt sina kunder landar priset på industriell ammoniak till kyl- och frysindustrin i Finland år 2023 på ca 10 €/kg exklusive leverans- och lagringskostnader.



Figur 7. Förenklat flödesschema för ammoniak syntesprocessen. (Ahlgren, Bauer, & Hulteberg, 2015).

4.2 Egenskaper

Ammoniak är en starkt polär substans, vilket är orsaken till att det har en förångningstemperatur som är 6...7 gånger större än dess motpart kolväten och har en väldigt låg molmassa på 17 kg/kmol. På grund av den låga molmassan och dess höga förångningstemperatur, stiger ångtrycket brantare med temperaturen än för andra köldmedier, vilket leder till ett högt kondenseringsstryck. På grund av vätskeformens låga viskositet och höga värmeledningsförmåga är värmeöverföringsegenskaperna vid förångning och kondensering mycket bra.

Ammoniak kan bilda en explosiv blandning med luft vid koncentrationer på 13,1...26,8%, trots att den tändningsenergi som krävs är hög. I princip är ammoniak brännbart, men explosioner kan endast förekomma vid väldigt sällsynta förhållanden. (Aittomäki, o.a., 2012, s. 116).

Utöver de nämnda fördelar och nackdelar som ammoniak har så finns det en mängd mindre egenskaper, som tillsammans skapar en helhet som leder till att ammoniak är ett attraktivt köldmedium i nutidens kyl- och frysindustri. Trots ammoniaks goda kemiska egenskaper kan man inte bortse från dess giftiga natur.

4.2.1 Fördelar

En av fördelarna är låg viskositet, vilket betyder små tryckförluster. Ammoniak är även billigt och har ett högt volymetriskt utbyte jämfört med andra medier, förutom koldioxid. Små mängder smuts och fukt som kan befinna sig vid industriella anläggningar anses vara ofarliga och påverkar inte processen. Läckor är enkla att lokalisera, eftersom den stickande lukten är väldigt distinkt och kan uppfattas långt före mängden ammoniak i luften når en farlig nivå. Även från kompressorns sida bidrar ammoniak med fördelar. Den optimala hastigheten på ångan är proportionell mot inversen av kvadratroten av den molära massan ($\frac{1}{\sqrt{M}}$). Eftersom den molära massan hos ammoniak är väldigt låg leder det här förhållandet till att kompressorns ventilförluster är mindre och verkningsgraden högre än hos kolväten. (Aittomäki, o.a., 2012, s. 117).

4.2.2 Nackdelar

Ammoniak är precis som allt annat i världen inte perfekt utan har en del nackdelar som kan göra hanteringen av ammoniak väldigt farligt. Som nämnt tidigare är ammoniak giftigt och redan vid en koncentration på 150...200 ppm kan man känna av mindre olägenheter, så som irritation av ögonen. Ödesdigra konsekvenser börjar vid en koncentration på 2000...3000 ppm. Ammoniak har även en effektiv löslighet i vatten som enkelt kan förstöra livsmedel vid större läckage. Det har även ett väldigt högt tryck vid kondensering och en kraftfull komprimering, vilket gör att endast skruv- och kolvkompressorer kan användas för optimal funktion. (Aittomäki, o.a., 2012, s. 117).

5 Det tidigare styrsystemet

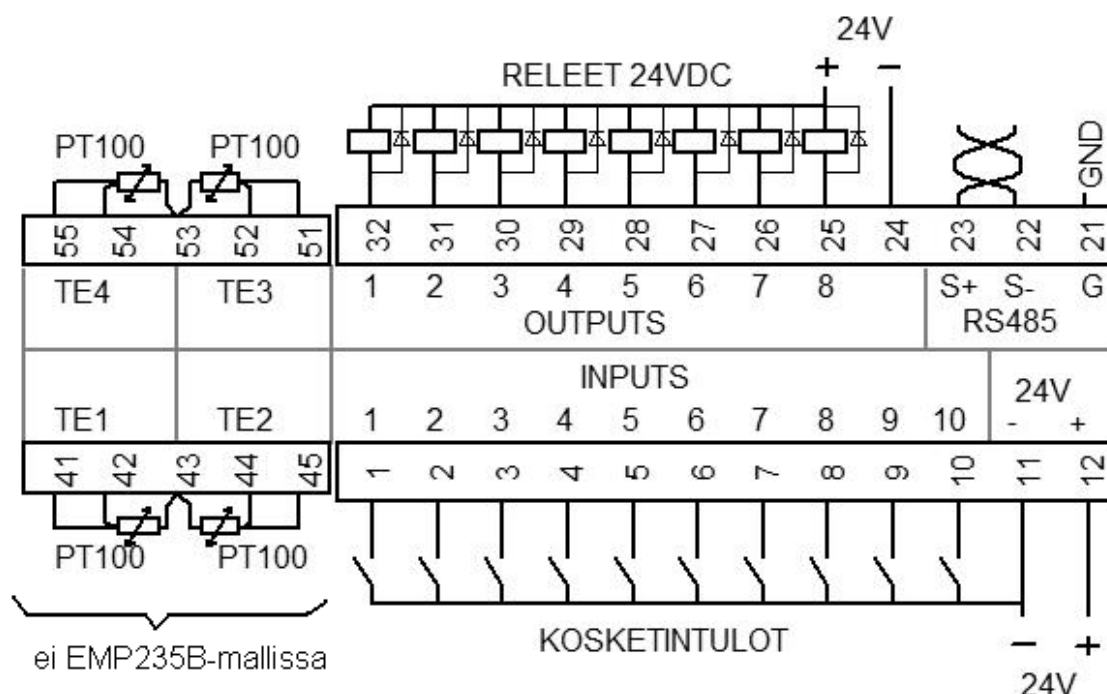
Som tidigare nämnt var det tidigare styrsystemet i anläggningen fullt funktionerande vid projektets utförande. Orsaken till styrsystemets uppdatering, var det faktum att tillverkaren inte var tillgänglig längre och inte kunde assistera vid eventuella problem. Trots det gamla styrsystemets funktion använde systemet sig av utdaterade komponenter och program som krävde modernisering.

Systemet använde sig av främst tre olika komponenter, alla tillverkade av ett litet företag vars ägare och enda anställda var på väg att bli pensionerad. Komponenterna var understationen EMP-235, CPU-stationen, Central Processing Unit, EMP-2650 och

programmet EmpView. Systemet använde sig av fältbuss RS-485 och ett eget tillverkat protokoll, EMPWAY, för kommunikation mellan komponenterna och programmet.

5.1 EMP-235

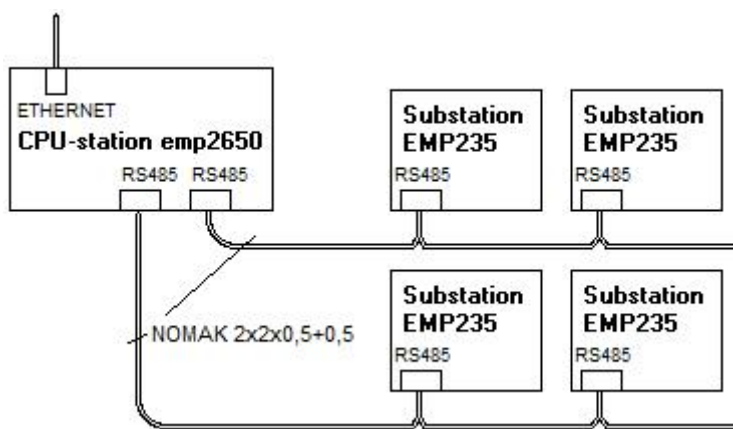
Understationen EMP-235 är speciellt konstruerad för temperaturreglering och fungerar som mellanhanden mellan programmet och anläggningen och möjliggör elektriska anslutningar med en driftspänning på 24 VDC. Understationen ansluts via fältbuss RS-485 till en serieport på en PC, Personal Computer, eller till en CPU-station och när man skapat understationens funktioner så fungerar den enligt hur den programmerats, även om fältbussen kopplas bort. (Ala-asema EMP-235, u.d.).



Figur 8. Bild på understationens anslutningar. (Ala-asema EMP-235, u.d.).

5.2 EMP-2650

CPU-stationen EMP-2650 fungerar som en central enhet tillsammans med EMP-235 understationer. Den är lämplig för olika applikationer där processer styrs av olika analoga eller digitala signaler. Driftspänningen är 24 VDC och CPU-stationen ansluts via Ethernet till det lokala nätverket eller direkt till en PC. Den har två RS-485 fältbussgränssnitt som kan anslutas till max 31 EMP-235 understationer och använder EMPWAY-protokollet för kommunikation. (CPU-asema EMP-2650, u.d.).



Figur 9. Applikation av CPU-2650. (CPU-asema EMP-2650, u.d.).

5.3 EmpView

EmpView är programmet som använts till styrning och övervakning av anläggningen, tillsammans med de fysiska komponenterna. Programmet använder sig av logikbaserat kommandospråk för styrning och övervakning. EmpView både skickar ut och tar emot signaler och kommunicerar med de fysiska komponenterna i anläggningen. Signalerna behandlas i programmet och programmet utför sedan de programmerade uppgifterna baserat på de inkommande signalerna.

EmpView har även ett användargränssnitt som gör att man relativt enkelt kan navigera runt i programmet och utföra de önskade uppgifterna. Användargränssnittet är dock mycket mera begränsat än den uppdaterade versionen och kräver specialkunskap för att utföra justeringar i programmets parametrar. (EmpView, u.d.).

6 Planering

I det här kapitlet beskrivs tillvägagångssättet vid omstruktureringen av den nya anläggningen. Projektet påbörjades med en grundlig planering av anläggningens framtida funktioner samt dess förverkligande. Vid modernisering av en anläggning av den här storleken är planeringen mycket viktigt för att garantera ett framgångsrikt resultat hos både slutkunden och projektets utförare.

I ett tätt samarbete med slutkunden erhöles all den information som ansågs vara nödvändig för att kunna planera ett nytt styrsystem. Slutkunden bistod med de tidigare ritningar som

fanns samt en lista på de nya funktioner som önskades. Det ska nämnas att Kokkolan Kylmäpalvelu tidigare hade utfört liknande projekt till slutkunden, vilket underlättade processen markant.

6.1 PLC

I styrsystemets kärna ligger en PLC som är hjärnan bakom styrsystemet och förmedlar programmets funktioner vidare till anläggningen. Som tidigare nämnt var det tidigare styrsystemet tillverkat av hemmagjord, föråldrad hårdvara och mjukvara. Anläggningen krävde en komplett sanering och uppdatering av dess styrsystem.

Systemets PLC använder sig av analoga och digitala signaler för att kommunicera med anläggningens olika komponenter. För att bestämma vilken typ av signal som ska användas, krävdes det att man beaktade flera faktorer. Det viktigaste var att beakta processen som skulle övervakas eller styras, vilka sensorer eller styrdon som används samt krav på prestanda och noggrannhet.

Initialt var det tänkt att man skulle kunna använda sig av det tidigare systemets ritningar för att bestämma de signaler som kommer att behövas i anläggningen. Det noterades dock tidigt att dokumentationen av det tidigare systemet var bristfällig. Det enda som fanns till hands under projektets planering var en Excel-fil med en lista på de in- och utgångar som fanns i anläggningen vid installation. Det fanns inte några kompletta el-ritningar på den tidigare styrcentralen eller någon dokumentation av ändringar som gjorts efter installationen.

Planeringen av in- och utsignaler till anläggningar som den här, var något som det fanns tidigare erfarenhet av så det här skapade inga större svårigheter. Under planeringen var man dock tvungen att anta olika signaler på grund av den bristfälliga dokumentationen av anläggningen. Signalerna antogs med hjälp av slutkundens beskrivningar av anläggningen och Kokkolan Kylmäpalvelus egna erfarenheter av liknande projekt. Mängden signaler planerades med en viss felmarginal ifall det visade sig att anläggningen hade fler signaler än planerat. Signalerna placerades in i ett simpelt Excel-dokument och delades in enligt deras typer. Analoga och digitala skiljdes åt, sedan ytterligare separering beroende på ifall det var in- eller utsignaler. På det här viset var det enkelt att se vilka moduler som behövdes till systemets PLC.

Analoga signaler förhåller sig bäst till applikationer som kräver noggrann mätning eller styrning av variabler som konstant förändras. Av den anledningen uppfattas anläggningens

alla mätningar som analoga insignaler till systemets PLC. De enda komponenterna som krävde analog styrning i anläggningen var kondensornas fläktar som styrdes av egna frekvensomvandlare och krävde därmed en analog styrsignal för att få exakta hastighetsvärden.

Digitala signaler är bättre lämpade till applikationer som kräver simpel kontroll eller övervakning av variabler med endast två lägen, av/på, öppen/stängd eller liknande. Dessa applikationer kan skicka binära signaler som indikerar processen eller anordningens tillstånd. Digitala insignaler användes främst för att övervaka kompressorernas, förångarnas och kondensornas tillstånd samt ammoniakbehållarnas övre och nedre nivåbrytares tillstånd. Digitala utsignaler gav binära styrsignaler till anläggningens styrdon och användes även till styrsystemets GSM vid ammoniakläckage eller drastiska temperaturförändringar.

Som PLC användes SIMATIC ET 200SP, vilket är ett mycket flexibelt och skalbart system och är det system som har använts till alla tidigare anläggningar. ET 200SP är mycket användarvänligt, pålitligt och robust och förhåller sig perfekt till den här typen av installationer. För att en PLC ska kunna kommunicera med anläggningen krävs korrekt användning av ut- och insignaler genom moduler som kopplas in i anläggningens PLC. Baserat på de planerade signalerna lades det till tre moduler för digitala insignaler, sex moduler för digitala utsignaler, fem moduler för analoga ingångar och slutligen två moduler för analoga utgångar.

6.2 Mätningar

Mätningar av diverse värden i processen är oerhört viktigt för att anläggningen ska fungera optimalt. Hela anläggningens funktion och färskheten på de produkter som lagras vilar på att mätningarna som styrsystemet läser in är korrekta.

Planeringen av dessa mätningar innebar positionering av mätarna så de inte befann sig på platser där externa faktorer kan påverka och störa mätningarna. Man såg även till att givarna fungerade med signaler som systemets PLC kunde uppfatta. Mätningarna ska även skalas om i styrsystemets program för att de ska kunna visa de korrekta värdena till användaren.

Det ska även nämnas att anläggningen hade färdiga komponenter som användes av det tidigare styrsystemet. Av dessa komponenter var temperaturgivarna de enda som ersattes under projektets gång. Det här på grund av de nya givarnas överlägsna noggrannhet jämfört med de tidigare givarna. De andra komponenterna var kompatibla och ansågs vara pålitliga.

6.2.1 Temperaturmätningar

Mätningen av temperaturen är oerhört viktigt, eftersom den bestämmer funktionen av utrymmena i anläggningen och ser till att produkterna hålls nedfrysta. Varje nedkylt utrymme utrustas med åtminstone en temperaturgivare som bestämmer förångarens funktion. Som givare användes Pro dual TEU LL och är tillverkad för omgivningstemperaturer mellan -30-60 °C och klarar därmed av anläggningens förhållanden.

Temperaturen mäts med ett PT1000 givarelement med en påstådd noggrannhet på $\pm 0,5$ °C. Givarelementets motståndsinformation konverteras till en 4–20 mA signal och givarens mätområde ändras med byglar till det område som passar givarens planerade verksamhet. (Produal, 2021).

Givaren valdes till applikationen eftersom den har varit en pålitlig komponent och dess mätningar har visat sig vara korrekta. Givaren har använts i tidigare installationer och har visat att den klarar av de tuffa förhållanden som den placeras vid. Den är även kompatibel med den PLC som används.



Figur 10. Temperaturgivaren. (Produal, 2021).

6.2.2 Mätning av ammoniak i luften

När det kommer till anläggningens säkerhet vid användning av ammoniak, är den här mätningen den överlägset viktigaste för att försäkra sig om att det inte uppstår några skadliga läckage av ammoniak. Vid varje nedkylt utrymme finns det åtminstone en ventilgrupp som reglerar flödet av ammoniak till förångaren. Det är vid ventilgrupperna som det generellt uppstår ammoniakläckage och därför placeras givarna som mäter ammoniakmängden i luften åtminstone vid dessa ventilgrupper.

Ammoniakdetektorn fungerar enligt den elektrokemiska principen. Elektrokemiska sensorer är elektrokemiska mätomvandlare för mätning av gastryck under omgivningsförhållanden. Den omgivande luften som övervakas sipprar genom ett membran in i den flytande elektrolyten i sensorn. Elektrolyten innehåller en mätelektrod, en motelektrod och en referenselektrod. En elektronisk potentiostat säkerställer en konstant elektrisk spänning mellan mätelektroden och referenselektroden.

Spänning, elektrolyt och elektrodmaterial väljs för att passa den gas som ska övervakas så att gasen omvandlas elektrokemiskt på mätelektroden och en ström flödar genom sensorn. Strömmen är proportionell mot gaskoncentrationen. Samtidigt reagerar syre från den omgivande luften elektrokemiskt på motelektroden. Strömmen som flödar genom sensorn förstärks elektroniskt, digitaliseras och korrigeras för flera parametrar. Det resulterande mätvärdet ges som en analog 4–20 mA signal. (Agrawal; Kwak, Lei, & Maric, 2019).



Figur 11. Ammoniakdetektorn. (Detector, u.d.).

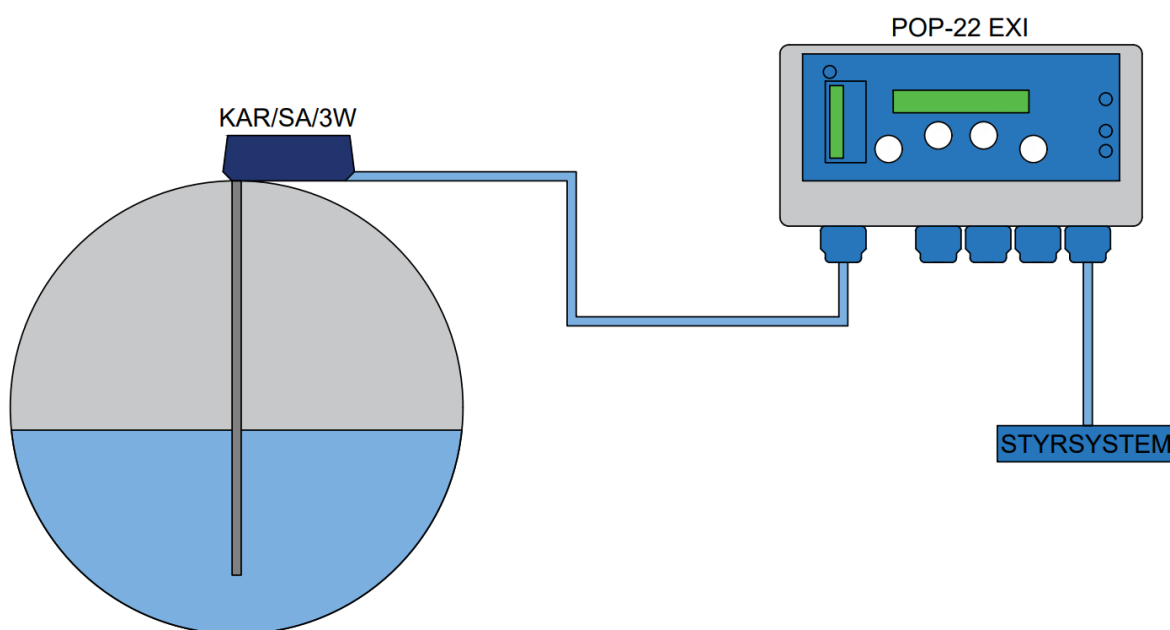
6.2.3 Tryck- och nivåmätningar

Tryck- och nivåmätning utfördes i behållarna som lagrar processens köldmedium. Nivåmätningen används för att mäta de övre och nedre gränserna i behållarna samt behållarnas exakta nivåer. Nivågränserna mäts för att försäkra att behållaren innehåller en tillräcklig mängd ammoniak samt att den inte fylls för mycket. Den exakta mätningen av behållarnas nivåer mäts för att man noggrannare ska kunna justera och övervaka behållarnas nivåer. Den exakta mätningen konverteras till ett intervall på 0–100%.

Den exakta nivåmätningen utförs med en POP-22 EXI tillsammans med givaren KAR/SA/3W. POP-22 EXI är en mångsidig mät- och styrenhet som kan användas till övervakning av behållares exakta nivåer, styra pumpar och ventiler samt utfärda alarm.

Enheten innehar två reläutgångar samt en analog signal som tillsammans med givaren KAR/SA/3W mäter ammoniakbehållarnas nivåer. De två reläutgångarna i enheten används som behållarens övre och nedre gränser och ställs in via enheten.

KAR/SA/3W är en givare avsedd för mätning av ammoniaknivåer i metalltankar. Mätningen baseras på kapacitansen hos givaren som en funktion av nivån. POP-22 EXI uppfattar signalen och förmedlar den vidare till styrsystemets PLC som läser in signalen till programmet. (Labkotec, 2022).



Figur 12. Applicering med POP-22 EX samt KAR/SA/3W.

Tryckmätningen utförs för att kontrollera temperaturen på köldmediet. Temperaturen beräknas med hjälp av trycket eftersom de kemiska egenskaperna hos ammoniak gör att dess tryck även berättar dess temperatur. Ammoniaks tryckmätning är därför väsentlig för dess användning. Med hjälp av dessa mätningar kan man bestämma när köldmediet kan fortsätta cirkulera i processen eller när kompressorn ska suga in köldmediet i kompressorn för att sedan skicka ut det i processen igen.

Tryckmätningen utförs med en AKS 33 och den konverterar behållarnas tryck till en analog signal som kan uppfattas av styrsystemet. Funktionsprincipen för en tryckgivare är relativt simpel. Tryckgivaren består vanligtvis av en stabil huvudkropp och ett tunt membran. Membranet böjs under påverkan av tryck och därmed förlängs eller komprimeras de belastningsmätare som är fästa i membranet. Det här påverkar membranets elektriska

resistans och dess resistansförändring är direkt proportionellt mot trycket i behållaren. (Gries, u.d.).



Figur 13. Tryckgivaren. (Danfoss, 2021).

7 Programmering

De funktioner som har använts till styrningen av anläggningen har redan använts av alla de andra anläggningarna. På grund av det här skapades inga nya funktioner till det här systemet från grunden. Alla funktioner fördes över från de andra anläggningarnas styrsystem och justerades för att anpassa den aktuella anläggningen. Det här tillvägagångssättet sparade mycket tid på tillverkningen av logiken bakom programmet. Förutom tiden som man sparade genom att använda tidigare tillverkade program, kunde man med säkerhet garantera dess funktion, eftersom de redan använts i andra anläggningar i flera år och därmed optimerats genom åren. Med hjälp av de tidigare anläggningarnas funktioner kunde man tillsammans med företagets erfarna programmerare snabbt tillverka ett fungerande program och användargränssnitt.

7.1 Styrning av frysutrymmena

Fryslagren och frystunnlarna hör till de utrymmen som är av störst intresse hos den dagliga användaren och utgör den största delen av programmet. Styrningen tillverkades så att användaren själv kan välja att manuellt eller automatiskt styra utrymmena.

7.1.1 Automatisk

För den dagliga användaren är den automatiska styrningen det självklara valet eftersom utrymmet då styrs enligt satta parametrar och temperaturen regleras automatiskt. Parametrarna ställdes in hos alla utrymmen före anläggningen kopplades till det nya styrsystemet och är baserade på Kokkolan Kylmäpalvelus tidigare erfarenheter av liknande anpassningar. Trots företagets omfattande erfarenhet inom området skapades programmet på ett sådant sätt att det ska vara enkelt för användaren att justera parametrarna i efterhand ifall den anser att det går att optimera utrymmenas funktion ytterligare.

För fryslagren är den automatiska styrningen simpel. Fryslagret reglerar temperaturen enligt de givna parametrarna och fungerar helt självständigt från användaren efter att fryslagret har aktiverats. De givna parametrarna ger en övre temperaturgräns varvid ventilerna öppnas och förångaren startas för att påbörja nedfrysningen. Sedan slutar nedfrysningen av fryslagret vid given nedre temperaturgräns och ventilerna stängs och förångaren stängs av.

Inom den automatiska styrningen av frystunnlarna finns ytterligare två valmöjligheter, nedfrysning eller förvaring. Slutkundens produkt är främst skogsbär och nedfrysningen är väsentlig i deras process för att kunna frysa ner produkten så fort den levereras. Nedfrysningen är viktig dels för att bevara produktens näringsinnehåll, dels för att produkten inte ska krossas vid hantering i senare skeden. Nedfrysningen använder sig av utrymmenas fulla effekt för att så fort som möjligt frysa ner produkten för att skapa mera utrymme till inkommande bär. Förvaring används när produkten har nått önskad temperatur och väntar på att behandlas. Förvaringen kan manuellt aktiveras eller så aktiveras det automatiskt när utrymmet når den lägsta temperaturgränsen vid nedfrysning. Det här betyder att programmet försöker hålla temperaturen mera konstant enligt givna parametrar i stället för att köra på full effekt.

Parametrarna som användaren kan justera är för olika funktioner i utrymmena. De viktigaste är inställning av temperatur varvid utrymmena ändrar funktion, till exempel vid vilken temperatur som nedfrysningen ska avslutas. Man kan även justera tider för olika funktioner, till exempel hur lång tid som utrymmena ska frysas ner innan det är dags för förångarnas avfrostning. Det här är två exempel på hur användaren själv kan justera anläggningens funktion genom dess parametrar. Utöver dessa parametrar finns en mängd parametrar som kan justeras, vars funktioner är beskrivna i användargränssnittet för att ge förståelse åt användaren.

7.1.2 Manuell

Den manuella styrningen av utrymmena är mera tänkt för testning eller eventuell service av utrymmena. Man kan manuellt genom programmet öppna och stänga enskilda ammoniakventiler som reglerar flödet av ammoniak till utrymmena samt lägga på och av förångarens fläktmotorer. Då anläggningen togs i bruk testades alla utrymmen först manuellt för att kontrollera att allting var korrekt inkopplat, ventilerna fungerade som de skulle och att förångarnas fläktar hade korrekt rotationsriktning.

7.2 Styrning av maskinrummet

Maskinrummet är hjärnan och hjärtat i anläggningen och innehåller de flesta komponenter som möjliggör anläggningens funktion. Det är även det utrymme som kräver den mest komplicerade styrningen och övervakningen. Trots utrymmets komplicerade komponenter är programmet tillverkat på ett sådant sätt att styrningen av utrymmet förblir simpelt för den dagliga användaren. Till maskinrummet hör främst kompressorerna, kondensorererna och alla behållare.

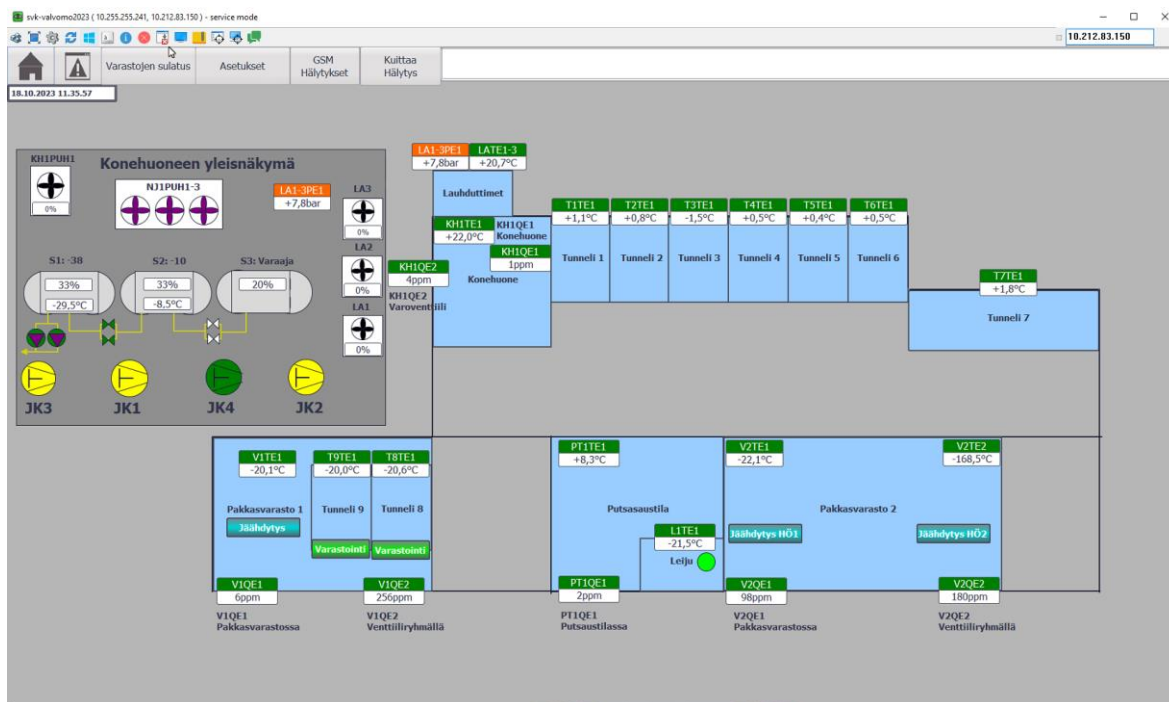
Kompressorernas körtillstånd ges från styrsystemets program ifall ammoniakbehållarnas vätskenivåer når sin lägre vätskenivå men kompressorernas effekt ges lokalt från kompressorernas egna styrpaneler. Kompressorförreglingen sker med programmets logik och bestäms av övre ytorna på vätskeskiljaren S1 och mellankylaren S2. Behållarna S1 och S2 kan ses från maskinrummets användargränssnitt (Figur 16.). Ifall tankens övre gräns nås, stoppas kompressorerna för att se till att ingen ammoniak når kompressorerna i vätskeform. Felsignalerna tas från kompressorernas egna styrpaneler för att ge möjlighet att varna användaren genom styrsystemets program ifall det uppstår problem i kompressorernas drift.

Behållarnas nivåer hålls vid en satt procentuell nivå enligt satta parametrar och kan justeras av användaren i användargränssnittet. Nivån i behållarna mäts med analoga nivåmätningar som kommunicerar med styrsystemet och berättar behållarnas exakta nivåer. Behållarna S1 och S2 använder samma nivåmätningar till att varna ifall behållarnas övre eller nedre gränser är nådda. Flödet mellan mottagaren S3 och S2 samt flödet mellan S2 och S1 regleras med enkla magnetventiler som med digitala styrsignaler antingen öppnas eller stängs. Tidpunkten då ventilerna ska aktiveras beror på de satta parametrarna i programmets användargränssnitt, som använder sig av behållarnas procentuella nivåer.

Kondensorerne har egna frekvensomvandlare som reglerar fläktarnas hastighet med en PID-regulator. PID-regulatorn reglerar kondensorerne hastighet mellan 0–100%, enligt köldmediets tryck, vilket även berättar dess temperatur. Det aktuella trycket läses in av analog tryckmätningar och jämförs sedan med det önskade trycket som justeras inuti programmets logik. Ifall PID-regulatorn når 110%, vilket skulle betyda att kondensorerne nedkylning inte är tillräcklig, öppnas ventiler som låter vatten flöda in i kondensorn. Vattnet sprutas över de rör var köldmediet passerar och effektiviserar nedkylningen avsevärt. Ventilerna stängs när PID-regulatorn sjunker till 105%, de här värdena kan justeras från användargränssnittet. Ifall det är minusgrader utomhus så öppnas inte ventilerna för vattnet.

7.3 Användargränssnitt

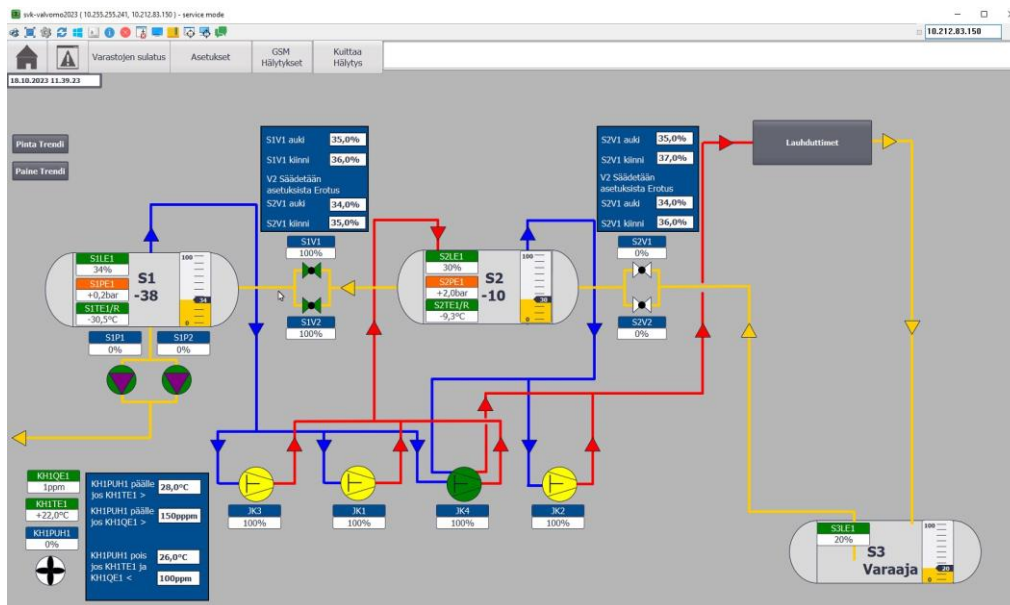
Det huvudsakliga målet vid tillverkningen av styrsystemets användargränssnitt var att det skulle vara användarvänligt och följa samma funktion som slutkundens tidigare program. Styrsystemets användargränssnitt tillverkades med hjälp av anläggningens ritningar. Med hjälp av anläggningens verkliga utseende skapade man en kopia av anläggningen som huvudsida till användargränssnittet (Figur 14.), så att användaren enkelt kunde välja vilket utrymme den önskar påverka. Varje utrymme valdes från sin faktiska fysiska plats, vilket bidrog till att minska eventuella svårigheter vid navigering. På huvudsidan syns även alla mätningar i anläggningen samt en sammanfattning av maskinrummets mest väsentliga delar så att eventuella avvikelser snabbt kan uppfattas.



Figur 14. Programmets huvudsida.

Varje enskilt utrymme tilldelades sedan dess egna sida där styrningen av utrymmet utförs (Figur 15.). Utrymmet kunde enkelt väljas från huvudsidan och varje utrymme har liknande tillvägagångssätt för styrningen för att man enkelt ska kunna styra anläggningens olika delar. För styrning av ett utrymme finns två olika metoder, automatisk eller manuell och kan enkelt väljas från utrymmets sida i programmet.

Alla frystunnlar och fryslager i anläggningen använder sig av samma funktionsprincip vid styrning, med små avvikelser i parametervärden eller mängden komponenter i utrymmet. Det här gör att styrningen av anläggningens olika utrymmen är väldigt simpel för den dagliga användaren, vilket var ett av slutkundens krav.



Figur 16. Maskinrummets användargränssnitt.

7.4 Övervakning

En frysanläggning är en anläggning som är i gång dygnet runt, varje dag eftersom frysummets temperatur måste hållas konstant. Därför behöver en anläggning någon sorts automatisk övervakning som dygnet runt ser till att anläggningen fungerar korrekt. Det vanligaste sättet att enkelt skapa en automatisk övervakning är med en GSM (Figur 17.). En GSM är en simpel komponent som skickar meddelanden till valda telefonnummer då den uppfattar en inkommande signal till en av dess kanaler. Vid vilka alarm som GSM komponenten larmar kan ställas in med styrsystemets PLC och mängden alarm som kan användas beror på storleken på GSM komponenten.

Till anläggningen önskades larmande av telefonnummer vid ammoniakläckage, drastisk temperaturnedgång och elavbrott. De nivåer varvid GSM komponenten skickar ut alarm kan enkelt justeras med programmets användargränssnitt. Larmet för elavbrott aktiverades ifall man tappade kontakt med styrcentralens strömkälla.



Figur 17. Anläggningens GSM. (Celotron, u.d.).

7.4.1 Fjärråtkomst

Utöver övervakning i form av meddelanden vid larm, önskade slutkunden möjligheten att med fjärråtkomst manövrera anläggningen. Det här var något som även fanns vid alla de tidigare anläggningarna och på så vis kunde slutkunden styra och övervaka alla anläggningarna från flera olika platser samtidigt. Det här var även ett sätt för Kokkolan Kylmäpalvelu att komma åt alla anläggningarnas styrsystem från deras huvudkontor i Kokkola och göra ändringar om så önskas. Det här var exceptionellt viktigt vid projektets anläggning eftersom den befann sig väldigt avsides. Som lösning till slutkundens önskan användes applikationen Teamviewer. Enda som krävdes för att applikationen skulle fungera var en internetuppkopplad enhet, i det här fallet en PC. Applikationen ger användaren möjlighet att enkelt släppa in andra användare i sin enhet, vilket ger de inbjudna användarna komplett kontroll över enheten. Det är även enkelt att med lov från andra användare kunna påverka deras enheter.

8 Installering

Varvid den teoretiska planeringen hade godkänts av slutkunden och projektet ansågs vara planerat till fullo, kunde det praktiska utförandet påbörjas. Projektets installationstid uppskattades till en tid på uppemot en månad. I installationstiden ingick styrcentralens uppbyggnad och installation, anläggningens konvertering samt testning och dokumentation.

8.1 Styrcentral

När styrsystemets huvudsakliga funktioner hade planerats och godkänts av slutkunden kunde man börja tillverka den fysiska styrcentralen. Från styrcentralen styrs hela anläggningen, som en mellanhand mellan det nya styrsystemet och anläggningen. Eftersom man redan hade fått en bra bild över de in- och utgångar som man skulle använda till styrsystemet kunde man enkelt se vilka komponenter som skulle behövas. Inför uppbyggnaden av styrcentralen skapades en preliminär el-ritning som användes till centralens uppbyggnad. Orsaken till att el-ritningen endast var preliminär var det faktum att man inte hade fullständig koll på alla fysiska komponenter som fanns i anläggningen. Tanken var att man under installationens gång manuellt, med penna, skulle rita in komponenternas uppsättning och hur dessa komponenter kopplas in i styrcentralen. Efter komplett installation skapades sedan en renskriven ritning med alla de fysiska komponenternas inkoppling.

8.1.1 Kopplingscentraler

Runtom i anläggningen hade det tidigare styrsystemet använt sig av kopplingscentraler för att minska avståndet mellan anläggningens utrymmen och deras styrkomponenter. På så vis kan man spara en hel del pengar på elkablar och installationstid. Dessa kopplingscentraler tog emot programmets styrsignaler och kunde styra utrymmets styrkomponenter med hjälp av reläer.

Kopplingscentralerna var den del av anläggningen som skapade flest problem vid planeringen av anläggningen. Kopplingscentralerna hade ingen dokumentation överhuvudtaget så dokumentation av kopplingscentralerna gjordes vid projektets installation. Dock med den kunskap att det tidigare styrsystemet hade använt sig av samma 24 VDC styrsignaler som det nya styrsystemet, kunde man anta att de reläer som fanns i anläggningen var kompatibla med det nya styrsystemet.

Reläerna fungerade genom att ta in programmets styrsignaler i den ena ändan och i den andra ändan kunde till exempel förångarens manöverkrets vara inkopplad. Vid inkommande styrsignal från programmets logik slöts förångarens manöverkrets och förångaren startade. Den här uppbyggnaden är den enda lösningen till styrning av utrymmena eftersom de flesta manöverkretsar använder sig av 230 VAC och styrsystemet använder sig av 24 VDC. Trots de olika kretsarnas spänningsnivåer fungerar styrningen av utrymmena med reläer som mellanhand.

8.2 Konvertering

Konverteringen av anläggningen var det praktiska utförandets största och mest utmanande uppgift. Uppgiften var speciellt utmanande eftersom det tidigare styrsystemets dokumentation var mycket bristfällig. Trots den bristfälliga dokumentationen kunde man konstatera var de flesta styrsignalerna befann sig i det gamla styrsystemet och kunde på så vis steg för steg flytta signalerna till den nya styrcentralen. Vid varje flyttad signal dokumenterades signalernas fysiska position och egenskaper i anläggningen. Det viktigaste i de nya ritningarnas dokumentation var att se var styrsignalen var inkopplad och hur styrsignalen användes, för att enklare i framtiden kunna se var eventuella problem befinner sig.

För att snabba på processen vid de mera tidskritiska skedena av installationen togs det hjälp av företagets programmerare som genom fjärråtkomst kunde testa anläggningens delar genast efter fysisk konvertering. Samarbetet var mycket viktigt för att installationen skulle gå så snabbt och smidigt som möjligt. Medan man fysiskt konverterade signalerna från den tidigare styrcentralen till den nya, testade programmeraren de nya signalerna omgående. Sedan bekräftade man signalernas korrekta funktion i anläggningen och programmeraren kunde se att funktionerna fungerade som planerat inuti programmet. För att garantera att konverteringen framskred smidigt konverterade man ett utrymme åt gången. När man hade bekräftat utrymmets korrekta funktion skapade man den tillhörande dokumentationen så utförligt som möjligt innan man påbörjade följande utrymmes konvertering. Genom att använda sig av det här tillvägagångssättet kunde man med säkerhet garantera anläggningens korrekta funktion samt dokumentation vid utförd installation. Man kunde även maximera anläggningens driftsäkerhet under projektets gång

Som tidigare nämnt är en frysanläggning i drift dygnet runt och såvida man inte har möjlighet att tömma sin produkt ur de nedkylda utrymmena, är man tvungen att jobba mycket snabbt under konvertering och planera utförandet noga för att inte stöta på problem. Slutkunden hade hundratals ton med fryst produkt i sina nedkylda utrymmen så tömning var inget alternativ. Som tur var det möjligt att utföra konverteringen av dessa i korta intervaller eftersom den nya styrcentralen placerades bredvid den tidigare. På grund av det här kunde man enkelt svänga de tidigare styrkablarna utan att behöva nya kabeldragningar eller förlängning av de tidigare. Placeringen av den nya styrcentralen sparade massvis med tid och gjorde att de tidskrävande konverteringarna kunde göras mycket snabbt.

8.3 Dokumentation

Som det tidigare nämdes var dokumentationen för det tidigare styrsystemet mycket bristfällig vid vissa aspekter av anläggningen och det här var något som slutkunden ville förbättra hos det nya styrsystemet. Slutkundens behov av utförlig dokumentation var främst på grund av anläggningens placering och områdets brist på individer med speciell utbildning inom kyl- och frysindustriella anläggningar. Eftersom den huvudsakliga styrcentralen till det nya styrsystemet tillverkades från grunden, var dokumentationen av inkopplingarna till styrcentralen betydligt enklare att utföra. Utmaningarna dök upp så fort man befann sig utanför styrcentralen.

Vid planeringen av projektet kunde man genast konstatera att det inte var någon poäng med att försöka skapa ett fullständigt el-schema eftersom kunskapen om anläggningen inte var tillräcklig. Det beslutades att man skulle dokumentera installationen så gott man kunde under installationens gång och sedan efter komplett installation kunde man renskriva dokumentationen. Man skapade en komplett beskrivning av styrcentralens inre komponenter och kopplingar och lade manuellt till alla yttre komponenter som kopplades in i styrcentralen. Det skulle betecknas vart och hur komponenten kopplades in, vad det var för komponent, komponentens fysiska placering i anläggningen om det fanns betecknat, hur komponentens inkoppling såg ut samt ifall det fanns kopplingsplatser mellan styrcentralen och slutliga komponenten, skulle även det dokumenteras. Vid somliga av komponenterna kunde man färdigt anta hur deras inkoppling såg ut eller kommer att se ut så de kunde renskrivas med en gång. Utöver det faktum att man med penna ritade in inkopplingen av anläggningens komponenter, var man i somliga fall tvungen att namnge komponenter i tidigare installationer för att de tidigare beteckningarna var bristfälliga eller saknades fullständigt.

På grund av utmaningar som bristfälliga beteckningar var dokumentationen betydligt mera utmanande än vanligt och krävde tålamod. Slutkundens betoning på dokumentationens kvalitet gjorde att det spenderades mycket tid på att få den slutliga dokumentationen så lättförståelig och omfattande som möjligt.

Utöver den nedskrivna dokumentationen av anläggningen, gjordes en kort genomgång av anläggningens mest väsentliga komponenter och dess funktioner samt var de kan hittas. Det här gjordes med anläggningens ansvarsperson som genom åren redan samlat på sig allmän kunskap om anläggningen. Tanken med det här var att se till att anläggningens ansvarsperson

vid framtida servicetillfällen kan assistera främmande servicemän vid lokalisering av diverse komponenter i anläggningen.

8.4 Testning

Under planeringen av projektet beslöts det att inte lägga tid på simulering av programmet med Siemens simulationsverktyg. Det här beslutet baserade sig på det faktum att programmet inte tillverkades från grunden till det här projektet. Programmets alla funktioner hade redan simulerats när de implementerades i de tidigare utförda installationerna. I normala fall, vid tillverkning av helt nya funktioner, utförs omfattande simuleringar av programmets funktioner innan de implementeras i den fysiska anläggningen. Simuleringen görs i form av testandet av utrymmenas funktioner genom att manuellt manipulera temperaturgivarna att visa önskade värden och säkerhetsställa att programmet reagerar som planerat.

Som tidigare nämnt gjordes testningen av det nya styrsystemet parallellt med dess konvertering. Det här var på grund av att anläggningen var i bruk under projektets gång. För att garantera ett smidigt utförande var man två personer vid testningen. En person som var fysiskt på plats i anläggningen och kunde garantera utrymmets korrekta funktion samt en person som via fjärråtkomst påverkade de delar av anläggningen som hade konverterats via styrsystemets användargränssnitt. Fjärråtkomsten var väsentlig i testandet av anläggningen eftersom det möjliggjorde åtkomst till programmet för Kokkolan Kylmäpalvelus programmerare som med säkerhet kunde garantera att programmet fungerade som det var tänkt samt rätta till eller justera vid behov. Fjärråtkomsten gjorde att man kunde närvara i anläggningens faktiska utrymme, vilket gjorde att man snabbt kunde korrigera ifall det var något som var fel, eller snabbt bekräfta att allt var i sin ordning så man kunde påbörja följande utrymmes konvertering.

9 Resultat

Projektet omfattar en komplett installation av ett nytt styrsystem till en kyl- och frysanläggning där slutkundens krav och önskemål var klara. Kraven på det nya styrsystemet var baserade på slutkundens tidigare erfarenheter av liknande projekt och anläggningens fysiska position.

Målet med projektet var att uppfylla alla de krav och önskemål som satts av slutkunden, både kortsiktiga och långsiktiga. De krav som satts var i stil med de som lagts på tidigare projekt som utförts av Kokkolan Kylmäpalvelu, vilket underlättade målens avklarande eftersom företagets process tidigare levererat goda resultat. De krav som var av stor vikt vid den här anläggningen var de krav som lades på grund av anläggningens fysiska position. Anläggningen var mycket avlägsen och krävde därmed extra prioritering av dess övervakning, larmning, driftsäkerhet och dokumentation. Det lades extra tyngd på dokumentationen för att underlätta framtida underhåll av anläggningen, vilket hade varit ett problem tidigare.

Efter komplett installation diskuterades projektets utförande både invändigt hos Kokkolan Kylmäpalvelu samt tillsammans med slutkunden. Slutkunden var nöjd med det slutgiltiga resultatet och ansåg att dokumentationen var tillfredsställande. Slutkunden var även nöjd med användargränssnittets layout och fann att den var mycket simpel att förstå och navigera. Det som återstår att se är anläggningens driftsäkerhet och underhållsförmåga. Anläggningens nya styrsystem färdigställdes under sommaren och klarade sig genom slutkundens högsäsong, vilket är höstmånaderna, utan några problem. Det här är ett gott tecken på styrsystemets framtida funktion. Med dessa slutsatser kan man konstatera att projektets kortsiktiga mål blev uppnådda och alla de krav som lagts på projektet avklarades.

Slutkundens mål innehöll krav på anläggningens driftsäkerhet samt dess underhållsförmåga. Dessa två är väldigt viktiga vid analysering av projektets slutliga resultat. Det kan konstateras att anläggningen presterat väl fram till tillverkningen av det här arbetet. För att få en fullkomlig bild över anläggningens långsiktiga funktion kräver det analys av anläggningens prestanda i framtiden, vilket naturligtvis inte kunde inkluderas i detta arbete.

För att ytterligare analysera det nya styrsystemets funktion planerades även en analys av anläggningens förbrukning för att bedöma styrsystemets ekonomiska inverkan. Det konstaterades dock att analysen av förbrukningen var utan betydelse eftersom anläggningens användning av energi varierade kraftigt från år till år.

10 Slutdiskussion

Under projektets utförande har jag fått vara med under varje steg i processen och haft det privilegiet att alltid ha en expert inom området vid min sida. Jag har även haft privilegiet att självständigt få utföra majoriteten av stegen i projektet enligt bästa förmåga och alltid ha tillgång till experter inom projektets olika områden. På det här viset har jag under projektets gång fått en ovärderlig gåva i form av bred kunskap om inte endast frysanläggningar, utan även utförande av ingenjörskrävande arbeten i allmänhet. Jag fick möjligheten att lära mig massor om vad som kan krävas vid leverans av ett projekt av den här storleken.

Jag har samlat på mig en bred kunskap om industriella fryssystem och anser att jag nu självständigt skulle kunna utföra liknande projekt med den kunskap som erhållits. Utöver automatiseringen av anläggningen som var projektets huvudmål har jag även, genom tillverkningen av examensarbetet, fått lära mig en hel del om en frysanläggnings fundamentala funktioner och komponenter.

Målet med projektet var att tillfredsställa slutkundens behov och samtidigt utföra ett lyckat projekt som skapar värde till företaget. Det var mycket intressant att få följa med i planeringen och se hur krav som ställts på projektet beaktas och de svårigheter som de kan medföra. Samtidigt som jag har lärt mig värdet av en omfattande planering inför ett projekt som det här, jag har även lärt mig att man inte alltid kan lita på den och man är ofta tvungen att snabbt ta beslut som avviker från den huvudsakliga planen.

11 Källförteckning

- Agrawal, A. (u.d.). Ammonia Gas Detector Working Principle and Calibration. *Instrumentation tools*.
- Ahlgren, S., Bauer, F., & Hultheberg, C. (2015). *Produktion av kvävegödsel baserad på förnybar energi - en översikt av teknik, miljöeffekter och ekonomi för några alternativ*. Uppsala: Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Aittomäki, A., Aalto, E., Alijoki, T., Hakala, P., Hirvelä, A., Kaappola, E., . . . Seinälä, A. (2012). *Kylmäteknikka*. Helsingfors: Suomen Kylmädistys.
- Alfa Laval. (u.d.). *AlfaSolar SD*. Hämtat från alfalaval: <https://www.alfalaval.se/produkter/varmeoverforing/luftkylare/luftkyldavatskekylare/alfasolar-sd/>
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (den 30 June 2010). *ASHRAE Position Document on Ammonia as a Refrigerant*. Hämtat från epa: https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/ASHRAE_PD_Ammonia_Refrigerant_2010_1.pdf
- Bruce, T. (u.d.). *Fundamentals of screw compressors*. Hämtat från NEXT compression: <https://nextcomp.ca/wp-content/uploads/2018/08/NEXT-Compression-Screw-Compressor-White-Paper-Digital.pdf>
- Celotron. (u.d.). *Centro*. Hämtat från Celotron: <https://www.celotron.com/new/pages/sf/13/centro.htm>
- Cervera, Á. B., Esbrí, J. N., Moles, F., Babiloni, A. M., & Peris, B. (den 11 Oktober 2023). *Everything you need to know about refrigeration evaporators*. Hämtat från intarcon: <https://www.intarcon.com/en/everything-you-need-to-know-about-refrigeration-evaporators/>
- Danfoss. (6 2021). *Pressure transmitter type AKS32 and AKS 33*. Hämtat från danfoss: <https://assets.danfoss.com/documents/186172/AI309147088294en-000301.pdf>
- Detector. (u.d.). *Gasdetektor DGTt2*. Hämtat från Detector: <https://detector.fi/sv/produkt/kaasunilmais-in-dgtt2/>
- Elektro-Palomäki. (u.d.). *Ala-asema EMP-235*. Hämtat från Elektro-Palomäki: <https://www.elepal.fi/hardware/emp235>
- Elektro-Palomäki. (u.d.). *CPU-asema EMP-2650*. Hämtat från Elektro-Palomäki: <https://www.elepal.fi/hardware/emp2650>
- Elektro-Palomäki. (u.d.). *EmpView*. Hämtat från Elektro-Palomäki: <https://www.elepal.fi/software/empview>
- Evans, P. (den 7 Februari 2019). *Industrial Refrigeration Basics*. Hämtat från The Engineering Mindset: <https://theengineeringmindset.com/industrial-refrigeration-basics/>

- Evapco. (u.d.). *sstle series evaporators*. Hämtat från Evapco:
<https://www.evapco.com/products/evaporators/sstle-series-evaporators>
- Ghadban, M. (den 21 11 2023). *Ammonia Synthesis*. Hämtat från Study.com:
<https://study.com/learn/lesson/ammonia-synthesis-production-reaction.html>
- Gries, A. (u.d.). *What is the functional principle of a resistive pressure transmitter?* [Blogginlägg]. Hämtat från Wika: <https://blog.wika.com/products/pressure-products/functional-principle-resistive-pressure-transmitter/>
- Kokkolan Kylmäpalvelu. (2022). Hämtat från <https://www.kylmapalvelu.fi/>
- Kwak, D., Lei, Y., & Maric, R. (2019). *Ammonia gas sensors: a comprehensive review*. Elsevier.
- Labkotec. (2022). *POP-22 EXI: Mittaus ja Ohjauslaite: Käyttö ja Asennusohje*. Hämtat från Labkotec: https://labkotec.fi/wp-content/uploads/D10082_S-4._POP-22-EXI-ohjepdf.pdf
- Mycom. (2020). *Compressors*. Hämtat från Mayekawa:
https://mayekawa.com/mycom/screw_compressors/index.html
- Mycom. (2020). *Reciprocating compressors*. Hämtat från Mayekawa:
https://mayekawa.com/mycom/reciprocating_compressors/
- Process Solutions. (den 21 Juli 2020). *The Different Types Of Compressors Used In a Refrigeration System*. Hämtat från Process solutions:
<https://processsolutions.com/the-different-types-of-compressors-used-in-a-refrigeration-system/>
- Produal. (2021). *Teu-ll*. Hämtat från produal: <https://www.produal.com/sv/teu-ll.html>
- Shrestha, P. (den 14 September 2020). *Working Principle of Condensers and its Types*. Hämtat från foodtechnotes: <https://foodtechnotes.com/2020/09/14/working-principle-of-condenser-and-its-types/>
- Zumdahl, S. S. (2023). *Ammonia*. *Britannica*.