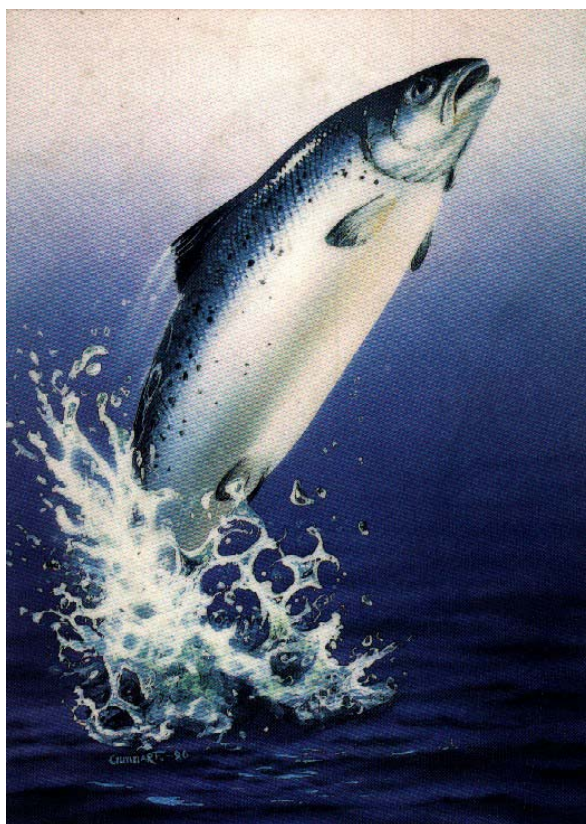




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Nedkjøling av stamfisk



Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. for ingeniørfag

Studieretning : Maskin

Av : Karsten Clausen

Alvin Mølstre

Haugesund

2002



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Avdeling for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Nedkjøling av stamfisk		Rapportnummer
Utført av Karsten Clausen Alvin Mølstre		
Linje Maskin		Studieretning Prosess og energiteknikk
Gradering Åpen	Innlevert Dato 3. mai 2002	Veileder ved HSH Jorunn Nysted Monika Metallinou
Oppdragsgiver Skogland AS		Kontaktperson hos oppdragsgiver Arild Skar

Ekstrakt

Denne rapporten er utarbeidet for å gi vår oppdragsgiver, Skogland as, innspill til tekniske løsninger av et mobilt kuldeanlegg for nedkjøling av stamfisk. Problematikken ligger i at anlegget skal bygges inn i en 20 fots konteiner. Komponentene må plasseres på en hensiktsmessig måte, i tillegg til at det skal være enkelt å komme til ved drift og vedlikehold.

Vi har dimensjonert et komplett kuldeanlegg som teoretisk vil være godt egnet til det formål som er tiltenkt. Med tanke på at det skal kjøle ned levende fisk, er sikkerheten spesielt tatt hensyn til. Anlegget vi har valgt, med indirekte kjøling av vannet, sikrer stamfiskanlegget mot forgiftning av kuldemedium.

Forord

Denne rapporten er avslutningen av en 3-årig utdanning som maskiningeniør ved Høgskolen Stord/Haugesund, studieretning for prosess- og energiteknikk. Oppgaven har et omfang på 2x4 vekttall, og krever god innsikt i bruk av metoder innen industriell problemstilling.

I første rekke henvender rapporten seg til vår oppdragsgiver, Skogland AS, som vi håper kan bruke resultatene som innspill i deres fremtidige prosjekteringer av mobile kuldeanlegg for nedkjøling av stamfisk.

Valget av oppgaven ble gjort på grunnlag av vår felles interesse for faget kuldeteknikk. Vi tok kontakt med kuldeentreprenør Skogland AS, og forespurte om de kunne tenke seg å la to studenter skrive hovedprosjektet for firmaet deres. Skogland AS var positive til henvendelsen, og gikk i gang med å finne en problemstilling vi kunne jobbe med.

Det var viktig for Skogland AS at prosjektet var reelt, ikke bare for at det skulle være mer interessant for oss å jobbe med, men også fordi begge parter dermed fikk utbytte av det. Skogland AS hadde nettopp levert et spesielt kuldeanlegg til oppdrettsnæringen; et mobilt anlegg bygd inn i en konteiner. Det var det første prosjektet de hadde gjennomført med den typen problemstillingen, men antakeligvis ikke det siste. Det falt seg derfor naturlig at vi prøvde oss på samme oppgave, for å se om vi kunne komme med noen innspill til fremtidige prosjekt av samme karakter.

Oppgaven har for oss vært interessant på mange måter. Foruten at det har gitt oss erfaring i praktisk problemløsning, så har det også gitt oss en dypere innsikt i fag som kuldeteknikk og prosesstekniske komponenter. Vi har også fått tilegnet oss bedre kunnskap om teamarbeid, drive research samt holde tidsfrister. Prosjektet har vært omfattende, men lærerikt.

Vi vil rekke en stor takk til vår eksterne veileder, Arild Skar, som har vært meget behjelpelig i utførelsen av prosjektet. Hans imøtekommenhet og teoretiske/praktiske erfaringer har vært til stor hjelp for oss. Vi vil også takke Joakim Marksten i Alfa Laval AS, som har tatt seg tid til å hjelpe oss med beregninger i valg av vekslere. Til slutt en takk til våre interne veiledere, Jorunn S. Nysted og Monika Metallinou, som har bidratt til god oppfølging av prosjektet.

Karsten Clausen

Alvin Mølstre

Haugesund, 3. mai 2002

Sammendrag

I produksjon av laks tas stadig flere virkemidler i bruk for å manipulere tidspunkt for klekking og kjønnsmodening. Tidligere ble det utelukkende benyttet lysmanipulering for å endre på inntreden av disse tidspunktene. I de par siste årene er det blitt stadig mer vanlig å kjøle fisken for å fremskynde tidspunktet for kjønnsmodening samt utsetting av klekketidspunkt.

Denne rapporten er utarbeidet for å gi vår oppdragsgiver, Skogland as, innspill til tekniske løsninger av et mobilt kuldeanlegg for nedkjøling av stamfisk. Problematikken ligger i at anlegget skal bygges inn i en 20 fots konteiner. Komponentene må plasseres på en hensiktsmessig måte, i tillegg til at det skal være enkelt å komme til ved drift og vedlikehold.

Det er gjort noen avgrensinger og forutsetninger i oppgaven. Blant annet er vannsiden ikke tatt med, og det er heller ikke tatt hensyn til pris på komponenter. Dette vil fordyre anlegget noe, og har til en viss grad innvirkning på den tekniske løsningen som er valgt.

Vi har dimensjonert et komplett kuldeanlegg som teoretisk vil være godt egnet til det formål som er tiltenkt. Med tanke på at det skal kjøle ned levende fisk, er sikkerheten spesielt tatt hensyn til. Anlegget vi har valgt, med indirekte kjøling av vannet, sikrer stamfiskanlegget mot forgiftning av kuldemedium.

Fordamperen som er valgt i dette anlegget, er noe større enn hva som har blitt gjort i tilsvarende anlegg tidligere. Det er derfor liten plass i konteineren, men komponentene er allikevel plassert hensiktsmessig i forhold til hverandre. De kan tas ut hver for seg ved eventuell reparasjon eller utskiftning. Den store fordamperen åpner for mulige utbygginger i fremtiden.

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
Innhold	6
1 Innledning	8
1.1 Tema.....	8
1.2 Bakgrunn	8
1.2.1 Stamfisk.....	8
1.2.2 Kuldeanlegg i konteiner	9
1.3 Kort historikk – Skogland AS	9
1.4 Formål	10
1.5 Problemstilling	10
1.6 Avgrensninger.....	10
1.7 Forutsetninger	10
1.8 Fremgangsmåte for dimensjonering av anlegg.....	10
1.9 Prinsippet for et generelt kuldeanlegg	11
2 Kuldemedium – arbeidsmediet	12
2.1 Generell teori.....	12
2.2 De aktuelle kuldemediene.....	12
2.2.1 KFK, HKFK og HFK	12
2.2.2 CO ₂	12
2.2.3 Hydrokarboner	13
2.2.4 Ammoniakk.....	13
2.3 Metoder for valg.....	14
2.4 Beslutning	14
3 Anlegget	15
3.1 Virkemåte.....	15
3.2 Metode for valg.....	15
3.3 Beslutning	15
4 Komponentene	17
4.1 Varmereksler.....	17
4.1.1 Metode for beregning av varmeoverføring	17
4.2 Hovedveksler.....	18
4.2.1 Beregning av kuldebehov	18
4.2.2 Beslutning.....	19
4.3 Fordamper	19
4.3.1 Beregning av kuldebehov	19
4.3.2 Beslutning.....	20

4.4	Kompressor	21
4.4.1	Skruekompressor	21
4.4.2	Stempelkompressor	21
4.4.3	Metoder for valg	21
4.4.4	Beslutning	22
4.5	Kondensator	22
4.5.1	Metode for beregning av varmeoverføring	22
4.5.2	Beregning av varmeoverføring	23
4.5.3	Beslutning	23
4.6	Rørdimensjonering	23
4.6.1	Metode for dimensjonering	24
4.6.2	Resultat	24
4.7	ventiler	24
4.7.1	Metode for valg	24
4.7.2	Strupeventil/ekspansjonsventil	25
4.7.3	Stoppventil	27
4.7.4	Dreneringsventil	28
4.8	Receiver og væskeutskiller	29
4.9	Plassering i konteiner	31
4.10	Trykktap	31
5	Sikkerhet	32
5.1	Vernetiltak	32
5.2	Sikkerhetsventil	32
5.3	Andre momenter for ammoniakk	35
6	Varmepumpe	36
6.1	Beregning av varmebehov	36
6.2	Kondensatorens kapasitet	36
7	Diskusjon	37
8	konklusjon	38
9	Litteratur/kildehenvisning	39
10	Bilag	40

1 Innledning

Oppgaven vår er knyttet til oppdrettsnæringen og dens satsing på bruk av kuldeteknikk som et virkemiddel i produksjon av laks.

1.1 Tema

I produksjon av laks tas stadig flere virkemidler i bruk for å manipulere tidspunkt for klekking og kjønnsmodening. Tidligere ble det utelukkende benyttet lysmanipulering for å endre på inntreden av disse tidspunktene. I de par siste årene er det blitt stadig mer vanlig å kjøle fisken for å fremskynde tidspunktet for kjønnsmodening samt utsetting av klekketidspunkt.

1.2 Bakgrunn

Kort om bakgrunnen for oppgaven. Hva stamfisk er, og hensikten med å kjøle den ned. Hvorfor anlegget skal bygges inn i en 20 fots konteiner.

1.2.1 Stamfisk

Fisk som brukes som foreldre til en ny generasjon kalles stamfisk. Den fanges en tid før den er gytemoden og oppbevares i basseng med gjennomstrømmende vann. Hensikten er å få tak i melke og rogn til klekking og oppdrett av settefisk. Det gjøres ved at den strykes over buken når den er blitt gytemoden.

Fisk er vekselvarme dyr, og de fleste livsfunksjonene er avhengig av kroppstemperaturen, og dermed omgivelsestemperaturen. Naturlig gyter laksen i elver rundt oktober-desember, avhengig av temperaturen i vannet. I et stamfiskanlegg vil fisken først bli kjønnsmoden når den går under naturgitte lys- og temperaturforhold. Dette tidspunktet kan fremskyndes ved at den ”lures” på årstiden, ved hjelp av lysstyring og temperaturregulering.

Ved kjøling kan også klekketidspunktet utsettes, slik at rognsesongen fordeles over lengre tidspunkt. Det er vanntemperaturen som bestemmer hvor fort fosterutviklingen skal gå. Hvis vanntemperaturen for eksempel synker til det halve, dobles tiden det tar for å nå et bestemt fosterstadium. Istedenfor at alt klekkes samtidig, kan produsenten tøy leveransen over lengre tid. En oppnår større fleksibilitet, og ”brenner ikke inne” med rogn.



Figur 1: stryking av laks

(Geir Eggen, 1989; Trygve Gjerdrem, 1986)

1.2.2 Kuldeanlegg i konteiner



Figur 2: Standard 20 fots konteiner

For å kjøle ned vannet til stamfisken, trengs et kuldeanlegg. Kuldeentreprenør Skogland AS ble sommeren 2001 forespurt om å prosjektere et slikt anlegg. Kuldeanlegget måtte være mobilt, for det skulle kunne flyttes mellom forskjellige oppdrettsanlegg. Utfordringen lå dermed i at hele anlegget skulle bygges inn i en 20 fots konteiner.

Høsten 2001 leverte Skogland AS sitt første mobile kuldeanlegg for nedkjøling av stamfisk. På bakgrunn av at det tas sikte på å levere flere slike anlegg, vil Skogland AS gjerne ha innspill til eventuell alternativ utførelse av prosjektet.

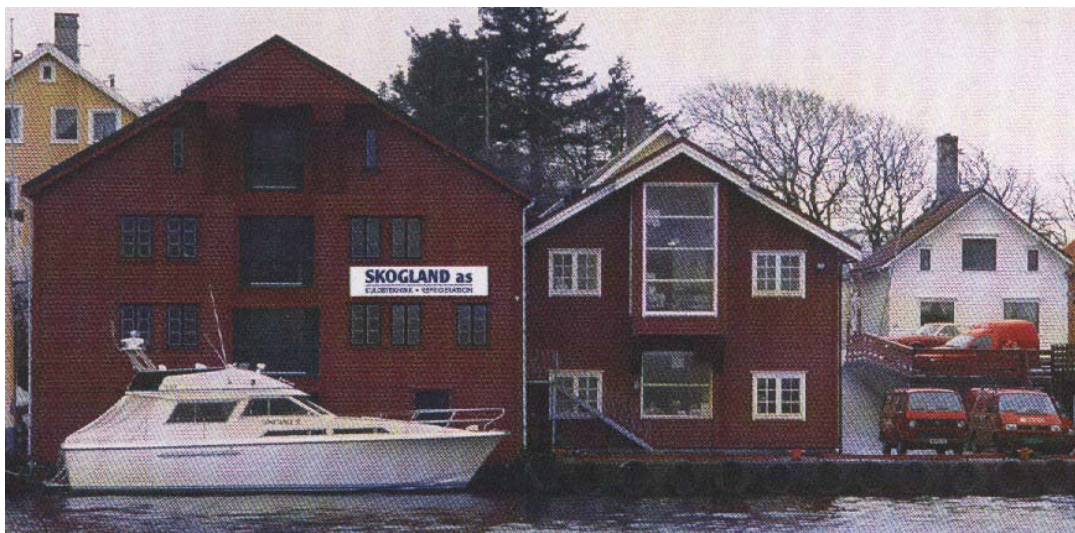
1.3 Kort historikk – Skogland AS

Jan Fr. Skogland as ble etablert i 1969, og er i dag en av de ledende kuldeentreprenørbedrifter. Selskapet prosjekterer, produserer og installerer kuldetekniske anlegg for de fleste anvendelser.

Skogland as har gjennom årene bygget opp en stab av godt kvalifiserte folk med solid bransjeerfaring. Selskapet skiftet navn til Skogland as i 1996.

Skogland har en sentral beliggenhet med kontor og verksted ved Haugesund havn. Verkstedet er moderne og bygget ut for å møte økningen i egenproduksjon, og tilfredsstille offentlige krav til bransjen.

(Skogland as, 2001)



Figur 3: Skogland as holder til ved Smedasundet

1.4 Formål

Formålet med denne rapporten, er å gi vår oppdragsgiver innspill til tekniske løsninger av mobilt kuldeanlegg for nedkjøling av stamfisk. Problematikken ligger i at anlegget skal bygges inn i en 20 fots konteiner. Komponentene må plasseres på en hensiktsmessig måte, i tillegg til at det skal være enkelt å komme til ved drift og vedlikehold

1.5 Problemstilling

Vi skal prosjektere den kuldetekniske delen av et komplett kuldeanlegg for nedkjøling av stamfisk. Anlegget skal bygges inn i en 20 fots konteiner.

1.6 Avgrensninger

For at ikke oppgaven skal bli for omfattende, er det nødvendig å gjøre noen avgrensninger:

- Vi skal ikke prosjektere sirkulasjonssystemet for vannsiden av anlegget.
- Vi skal ikke ta hensyn til pris på komponentene.
- Fiskens varmemengde kan ses bort fra ettersom anlegget vil driftes kontinuerlig i om lag 3 måneder, og det vil ikke i løpet av denne perioden tilføres ny fisk.

1.7 Forutsetninger

Forutsetninger for oppgaven:

- Dimensjonerende vannmengde: 4000 l/minutt som gir 66,67 kg/s
- Temperaturen på innløpvannet: 10 °C
- Temperatur på vann til fisk: 6 °C
- Varmetap til omgivelsene på vannsiden: 0.2 °C
- Mål på konteiner:
 - Lengde: 6,10 meter
 - Bredde: 2,60 meter
 - Høyde: 2,50 meter
- Anlegget vil kun driftes kontinuerlig i om lag 3 måneder. Derfor stilles mindre krav til vedlikehold / uforutsett driftstans.

1.8 Fremgangsmåte for dimensjonering av anlegg

Teorien bak forskjellige komponentene er hentet fra 4 bøker (Roald Nydal, 1994; Øyvind Helgerud og Georg Bye, 1982; Kuldehåndboken, 200; Roy J. Dossat, 1991)

I denne rapporten er følgende fremgangsmåte brukt ved løsning:

1. Skaffe informasjon om tilgjengelig utstyr og leverandører.
2. Valg av kuldemedium og anlegg

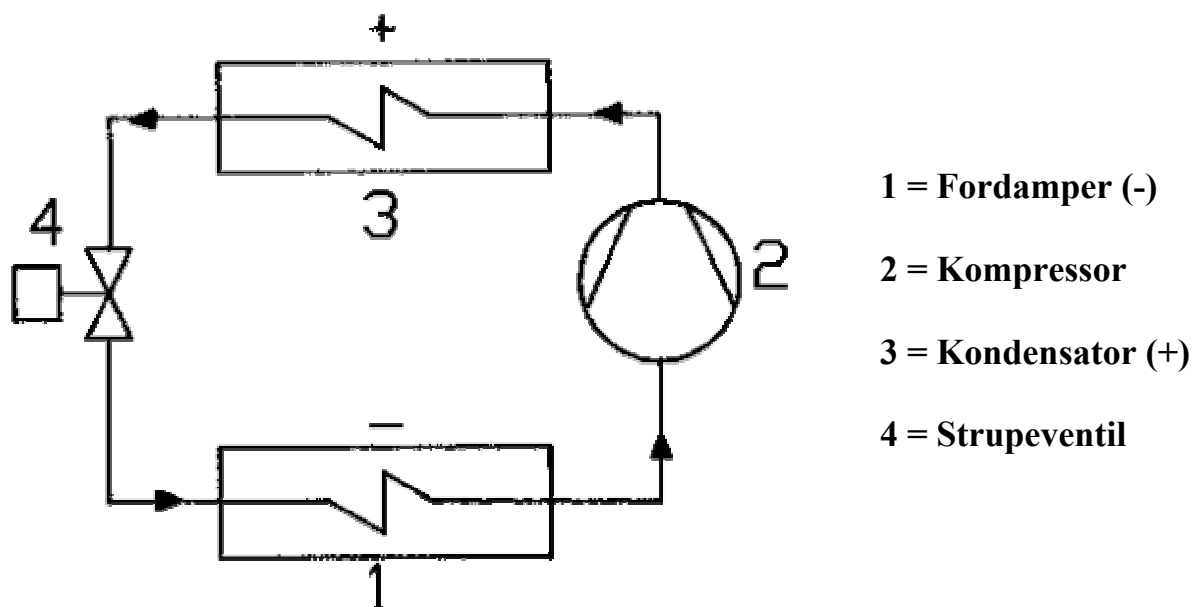
3. Beregninger
4. Valg av komponenter
5. Rørdimesjonering
6. Valg av ventiler
7. Plassering av komponenter
8. Sikkerhet i anlegget
9. Diskusjon/Konklusjon

1.9 Prinsippet for et generelt kuldeanlegg

Prinsippet med et kuldeanlegg er å fjerne uønsket varme, for så å transportere denne varmen bort. Varmeenergien strømmer naturlig fra en høy temperatur til en lavere, og i et kuldeanlegg flyttes denne energien fra en lav temperatur opp til et høyere nivå.

Dette gjøres ved at kuldemediet tar opp varme i fordampere, ved lavt trykk og lav temperatur. Fordi kokepunktet til kuldemediet er så lavt ved det lave trykket, går det over fra væske til damp når det blir tilført varme. Deretter suges dampen inn i kompressoren, der den komprimeres til et høyere trykk, slik at også kokepunktet blir høyere. I kondensatoren går gassen over til væske igjen når den avgir varme til et kjølede medium som er i kontakt med kondensatoren, som regel luft eller vann. Etter kondensatoren senkes trykket gjennom en reguleringsventil. Når trykket reduseres, synker også kokepunktet, og mediet begynner straks å fordampe. I den første delen av fordampningen bruker kuldemediet sin indre energi, slik at temperaturen synker til fordampningstemperaturen. Først da kan varme tas opp fra omgivelsene.

Kuldemediekretsens 4 hovedkomponenter



Figur 4: Kuldemediekretsen

2 Kuldemedium – arbeidsmediet

Før en kan velge type energianlegg og plukke ut komponenter, må det gjøres et valg av hvilket kuldemedium en vil benytte som arbeidsmedium. Det er mange faktorer så innvirker på hvilket kuldemedium så egner seg best til forskjellige anlegg. Det må tas hensyn til miljø og sikkerhet, i tillegg til mediets egenskaper.

2.1 Generell teori

Et kuldemedium er arbeidsmediet eller prosessmediet i en kuldemediekrets, hvis oppgave er å transportere bort varme. Det opptar varme ved lav temperatur og lavt trykk i fordamperen, og avgir varme ved høyere temperatur og høyere trykk i kondensatoren. Dette skjer vanligvis gjennom tilstandsendring/faseovergang. Kuldemediet sirkulerer, og i løpet av en time vil det vanligvis flere ganger ha gjennomgått prosessene med fordampning, kompresjon, kondensering og ekspansjon. Derfor kreves det høy fysisk og kjemisk stabilitet av et kuldemedium.

I henhold til internasjonal avtale er alle kuldemedier gitt betegnelsen R, som er den første bokstav i det engelske ordet *Refrigerant*. Sifrene etter R reflekterer mediets kjemiske sammensetning.

2.2 De aktuelle kuldemediene

Her gis en presentasjon av noen aktuelle kuldemedier. Enkelte har dominert kuldeteknikken over lengre tid, mens andre kan være potensielle i fremtiden.

2.2.1 KFK, HKFK og HFK

Klorfluorkarboner, eller "Freon" som ofte er betegnelsen, har lenge vært de dominerende kuldemediene i kjøle- og fryseanlegg. R-12 og R-22 er de vanligste. Disse stoffene har en svært skadelig innvirkning på ozonlaget over Jorden. Det er i dag forbudt å produsere, importere og eksportere produkter og utstyr som inneholder KFK. Fra 1. juli 2002 gjelder også bestemmelsen for HKFH (klorfluorkarbon som i tillegg inneholder hydrogen) (SFT, 3/3-02).

Et alternativ til KFK og HKFK, er HFK (hydrogenfluorkarbon) som erstatningsstoff. HFK 134a er det vanligste tilfellet innen HFK-familien. HFK inneholder ikke klor, men bidrar sterkt til drivhuseffekten..

2.2.2 CO₂

CO₂ som arbeidsmedium ble "gjenoppdaget" på slutten av 80-tallet. Det var restriksjonene på ozonnedbrytende stoffer som gjorde at interessen for alternativ teknologi var stor. CO₂ har fordelen av å være et ubrennbart, ugiftig og ikke ozonnedbrytende naturlig stoff, med nær null i spesifikk drivhuseffekt og uten risiko for fremtidige "overraskelser" av miljømessig eller helsemessig art.

Men på et vesentlig punkt skiller karbondioksid seg ut fra de andre mediene. Kritisk temperatur er meget lav, helt nede på 31.1 °C. Dette har den konsekvens at varmeavgivelsen må foregå ved et

overkritisk trykk (opptil 120-150 bar). Karbondioksid har også en høy fordampningsvarme. Siden sugetrykket i tillegg er høyt, fås en høy tetthet på gassen inn i kompressoren. Det gir en volumetrisk ytelse på fra fem til ti ganger høyere enn alternativene.

De viktigste utviklingsområdene for CO₂-teknologi hittil har vært klimaanlegg for biler, tappevannsvarmepumper (varmtvannsvarme- pumper), og kuldeanlegg for supermarkeder og butikker. Det er ikke blitt brukt i industrielle kjøleanlegg ennå, men miljøvennlige og energisparende CO₂-systemer ser ut til å ha gode fremtidsmuligheter. (Sintef, 17/2-02)

2.2.3 Hydrokarboner

Hydrokarboner, hovedsakelig propan og propylen, har gunstige termodynamiske og miljømessige egenskaper. Men ulempen er at de veldig brennbare og eksplosive. De brukes mest i mindre anlegg der fyllingsmengden er så liten at det ved lekkasje ikke er fare for en eksplosiv brennbar konsentrasjon.

2.2.4 Ammoniakk

Både teknisk og termodynamisk er ammoniakk overlegen HFK-mediene på de fleste områder. Dette er hovedårsaken til at større kuldeanlegg i industrien i lang tid nesten bare har hatt dette mediet i sine installasjoner. Ammoniakk er særlig godt egnet for større anlegg med stempelkompressor eller skruekompressor.

Ammoniakk har stor fordampningsevne, er et billig kuldemedium og gir ingen miljømessige skader. Selv om den er giftig (farlighetsklasse 2), vil den sterke lukten advare ved minste lekkasje. Men dersom gass lekker ut og blander seg med luften, kan den være eksplosiv (15-25 vol. %). Pga av ammoniakkens korroderende virkning, må anleggene bygges i stål, aluminium eller ha en legering som er korrosjonsbestandig.

Dette kuldemediet blander seg ikke med oljen fra kompressoren som blir ført ut i anlegget. Av den grunn må kompressoraggregatet være utstyrt med oljeutskiller for at mesteparten av oljen kan føres tilbake til kompressoren. Siden oljen er tyngre enn ammoniakken, kan den lett tappes fra kondensator og samlebeholdere.

En ulempe med ammoniakkanlegg er høy temperatur på trykk-gassen ut fra kompressoren. Dette skjer selv ved et moderat kompresjonsforhold og liten overheting på sugegassen til kompressoren. Siden utviklingen går i retning av kuldemedier som ikke bryter ned ozonlaget og øker drivhuseffekten, vil dette kuldemediet i fremtiden bli mer brukt.

- Fysiske data:
 - Molekylmasse: 17
 - Gasskonstant: $R=488,4 \text{ KJ/kg K}$
 - Koketemperatur ved trykket 1 bar abs: $-33,5 \text{ C}$
 - Kritisk temperatur: $132,4 \text{ C}$
 - Kritisk trykk: 113 bar abs
 - Fordampningsvarme ved 1 bar abs og $-33,5 \text{ C}$: $1368,8 \text{ KJ/kg}$

2.3 Metoder for valg

Ideelt sett ønskes det et arbeidsmedium som ikke har noen negative konsekvenser på miljøet, og som ikke under noen driftsforhold utgjør en sikkerhetsrisiko. Om et medium er miljøvennlig måles fortrinnsvis i dets ozonnedbrytende evne (ODP) og dets bidrag til global oppvarming (GWR).

Det er nødvendig at arbeidsmediet er stabilt, slik at det ikke bryter sammen i det aktuelle trykk- og temperaturområdet. Det bør også være inaktivt, slik at det ikke inngår kjemiske forbindelser med metaller, ikke-metaller og smøreljer. Videre må man se på brennbarheten; om det kan danne eksplosjonsfarlige blandinger med luft, ved eventuell lekkasje. Og skulle først en lekkasje oppstå, så bør kuldemediet ha lukt (eller man kan tilsette lukt), slik at den oppdages. Man må også se på om mediet er giftig. Oljeløsligheten bør være minst mulig. Hvis kuldemediet løses i oljen og rives med i systemet, nedsettes oljens viskositet og dermed smøreevnen. Dessuten får mediet lavere damptrykk.

Til et optimalt arbeidsmedium stilles det også termodynamiske krav. Kuldemediet må ha en damptrykkkurve som passer til det aktuelle temperaturområdet, dvs. at kuldeanlegget ikke må arbeide ved alt for store trykkforskjeller. Fordampningstemperaturen, med det tilsvarende trykket, må heller ikke ligge under 1 atm. Da vil det være risiko for innsuging av luft i systemet. Videre bør stoffet ha lav molekylvekt. Det gir høy fordampningsvarme, som igjen gir liten sirkulert mengde og små dimensjoner på anleggsdelene. Lav molekylvekt har også den fordel at trykktapet i varmevekslere, rør og ventiler blir lavt. For å få ned størrelse og pris, vil høy volumetrisk varmeytelse - energi per volumenhet - være formålstjenlig, siden dette innebærer at kompressorvolumet kan være relativt lavt.

Gode termofysiske egenskaper til arbeidsmedium oppnås ved lav temperaturforskjell i varmevekslerne. Dette vil være tilfelle dersom mediet har høy spesifikk varmekapasitet, lav viskositet, og høy termisk konduktivitet. I praktiske anlegg vil dessuten et lavt trykkforhold mellom trykket ved kondensering og fordampning gi høy kompressorvirkningsgrad. Av samme grunn vil lav gasstemperatur ut fra kompressoren være ønskelig.

Til slutt bør prisen per kilo være overkommelig, og det bør være lett å anskaffe ved behov for etterfylling (lekkasje/repasjon).

2.4 Beslutning

Ut fra de kvaliteter og fordeler som beskrevet i kapittel 2.2.4, velges ammoniakk som arbeidsmedium i kuldeanlegget som skal dimensjoneres. Siden kuldemediesituasjonen stadig er i forandring, er det blitt særlig lagt vekt på dets effekt på det globale miljøet. Restriksjoner og forbud er allerede innført, og flere kommer. Ammoniakk gir ingen skader på miljøet, og det foreligger ingen fare for at det i fremtiden vil dukke opp noen "overraskelser" av miljømessig art. Ammoniakk tilfredsstiller de kjemiske, fysikalske og fysiologiske egenskaper som kreves av et kuldemedium. Det er teknisk godt egnet for det systemet det skal bruke i og de forhold anlegget skal arbeide under.

Siden ammoniakk er svært korroderende, kreves spesielt hensyn til materialer som brukes. Stål og støpejern er bestandig overfor NH_3 i det temperaturområde som brukes i kuldeteknikken.

3 Anlegget

Anlegget er den kuldetekniske innretningen som skal kjøle ned vannet til stamfisken. Det finnes en rekke måter for hvordan anlegget kan bygges, men samtlige utførelser inneholder fire grunnleggende komponenter: fordampner, kompressor, kondensator og strupeventil. Det skal her konstrueres et anlegg som gir en best mulig teknisk løsning ut i fra gitte krav og forutsetninger.

3.1 Virkemåte

Det henvises til kapittel 1.9, der et generelt kuldeanlegg blir beskrevet.

3.2 Metode for valg

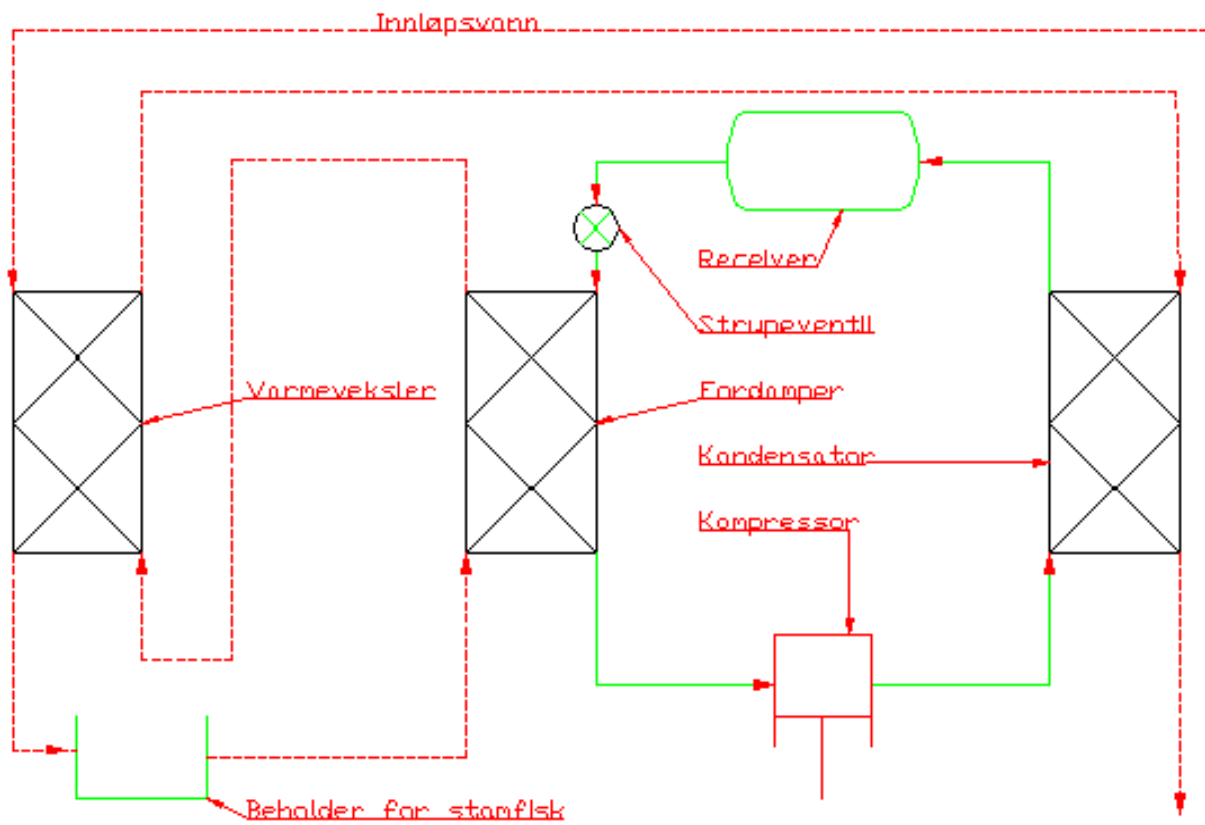
Hvilken type energianlegg som egner seg best til gitte formål, er betinget av hva som skal kjøles og hvilket arbeidsmedium som benyttes. Omgivelsene rundt anlegget, som for eksempel areal til disposisjon og tilgang til medium for avgivelse av varme, vil også ha en innvirkning for bestemmelse av anlegg.

3.3 Beslutning

I dette anlegget skal innløpsvannet til stamfisk kjøles ned. Det er levende laks som vil være svært utsatt ved en eventuell forurensning av vannet. Arbeidsmediet som er valgt, ammoniakk, er av farlighetsgrad 2, og absorberes sterkt i vann. Ved en lekkasje ut i innløpsvannet vil selv små konsentrasjoner av ammoniakk være dødelig for laks.

For å utelukke at en slik forurensning skal inntreffe, velges en ”indirekte” kjøling av innløpsvannet til stamfisken. Det gjøres ved at et ufarlig sekundært kjølemedium kjøles i fordampneren, før det så kjøler innløpsvannet i en varmeveksler. Slik reduseres faren for ammoniakkforgiftning av vannet til stamfisken betraktelig. For at det i så fall skal skje, må det være en lekkasje både i fordampneren og varmeveksleren.

Som det sekundære kjølemediet brukes det allerede kalde avløpsvannet som kommer i retur fra stamfiskanlegget. I fordampneren blir avløpsvannet nedkjølt ytterligere, slik at det kan avkjøle innløpsvannet i varmeveksleren. Når avløpsvannet har passert varmeveksleren, kan det brukes som kjølevæske til kondensatoren. Slik oppnås en maksimal utnyttelse av energien i anlegget.



Figur 5: skisse av anlegget

4 Komponentene

I dette kapitlet introduseres teoriene bak de enkelte komponenter i kuldeanlegget, og det vil bli gjort beregninger og valg av hvilke komponenter som skal brukes.

4.1 Varmevekslere

Varmevekslernes oppgave er å overføre energi fra et medium til et annet. Dette kan kun skje dersom det er en temperaturdifferanse mellom de to mediene. Da vil det mediet med høyest temperatur avgi energi til mediet med lavere temperatur. På denne måten kan varme fjernes eller tilføres. En typisk varmeveksler som fungerer etter dette prinsippet, er radiatoren.

I anlegget velges platevekslere som overføring av varme, da disse har en høyere varmegjennomgangskoeffisient enn alternative vekslere. Arealbehovet for en gitt varmeoverføring blir dermed mindre. Dette, samt at platevekslerne er kompakt bygd, gjør at de krever mindre plass enn andre typer.

4.1.1 Metode for beregning av varmeoverføring

Varmegjennomgangen i en varmeveksler (hvor mye varme som overføres fra det ene mediet til det andre per sekund) kan beregnes ved hjelp av formlene:

$$1. Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Hvor: Q = varmeoverføring [W]
 \dot{m} = massestrøm [kg/s]
 C_p = varmekapasitet ved konstant trykk [J/kg·K]
 ΔT = temperaturdifferansen [K]

$$2. Q = U \cdot A \cdot T_m$$

Hvor: Q = varmeoverføring [W]
 U = varmegjennomgangskoeffisient [$W/m^2 \cdot K$]
 A = areal for varmeoverføring [m^2]
 T_m = logaritmisk middeltemperatur [K]

$$T_m = \frac{(T_1 - T_4) - (T_2 - T_3)}{\log \frac{(T_1 - T_4)}{(T_2 - T_3)}}$$

Hvor: T_1 = temperatur inn på varm side av veksler
 T_2 = temperatur ut på varm side av veksler
 T_3 = temperatur inn på kald side av veksler
 T_4 = temperatur ut på kald side av veksler

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ytre}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{,1}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{,2}} + \frac{1}{\alpha_{inde}}}$$

Hvor: α = varmeovergangskoeffisient [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]

δ = tykkelsen til materialet [m]

γ = termisk konduktivitet [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]

I dette anlegget brukes tre varmevekslere. Skogland as bruker Alfa Laval as som leverandør av platevekslere. For å beregne hvilken type veksler som passer best til henholdsvis hovedveksler, fordampner og kondenser, bruker Alfa Laval as et dataprogram. Kundene gis ikke tilgang til dette programmet, men det går i korte trekk ut på å kombinere to formler:

1. $Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$

2. $Q = U \cdot A \cdot T_m$

På den måten bestemmes nødvendig areal, massestrømmer, temperatur og varmeutveksling.

4.2 Hovedveksler

Hovedveksleren har til oppgave å kjøle ned innløpsvannet til stamfisken. Det gjøres ved at et sekundært kjølemedium føres i motstrøm.

4.2.1 Beregning av kuldebehov

For å finne det totale kuldebehovet som trengs for å kjøle ned innløpsvannet, tar en utgangspunkt i den oppgitte massestrømmen til innløpsvannet og den aktuelle temperaturdifferansen som er ønskelig (hvor mange grader vannet ønskes nedkjølt).

Massestrømmen er på 4000 l/min, og temperaturen skal senkes fra 10°C til 6°C. Vannets varmekapasitet, C_p , varierer ved forskjellige temperaturer, men denne variasjonen er så liten at den settes lik konstant innenfor varierende temperaturer: $C_p=4,20\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$.

Kuldebehovet, Q , er gitt ved formelen: $Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$

Hvor: Q = varmeoverføring [W]

\dot{m} = massestrøm [kg/s]

C_p = varmekapasitet ved konstant trykk [J/kg·K]

ΔT = temperaturdifferansen [K]

Det totale kuldebehovet for anlegget, som belastes av varmeveksleren, beregnes med formelen:

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q = 66,67\text{kg}/\text{s} \cdot 4,20\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K} \cdot (10 - 6)\text{K}$$

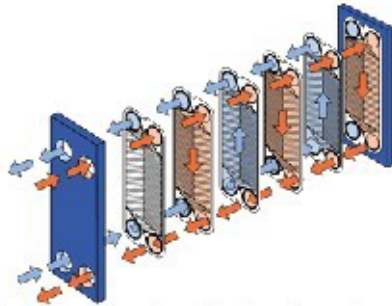
$$Q = \underline{\underline{1120 \text{ kW}}}$$

Denne varmen må varmeveksleren, på vannsiden, ta ut av innløpsvannet for å kjøle det ned 4 °C.

4.2.2 Beslutning

For beregning av hovedveksler bruker Alfa Laval as de samme data som her er blitt gjort i beregning av totalt kuldebehov, samtidig som programmet finner nødvendig areal for å få beregne varmeoverføring.

Til hovedveksler velges M15-BFG8 [Vedlegg 1]. Dette er en platevarmeveksler som har pakninger mellom platene for å skille de to mediene fra hverandre.



Figur 6: Strømningsprinsipp for en plateveksler



Figur 7: M15-BFG8

4.3 Fordamper

Fordamperen er den delen av et kuldeanlegg som tar opp varmeenergi, og brukes dermed til å kjøle avløpsvannet. Trykkfallet over strupeventilen får kuldemediet til å fordampe, slik at det trekker varmeenergi fra veggene i fordamperen. For at kuldemediet skal kunne koke, må fordampningstemperaturen, ved det gitte trykk, være lavere enn temperaturen til mediet som ønskes nedkjølt. Det er ønskelig at gassen overhetes noe i fordamperen før den suges inn i kompressoren, for å hindre at det oppstår væskeslag i kompressoren.

4.3.1 Beregning av kuldebehov

Da det skal brukes et ”indirekte” kuldeanlegg, kan en selv velge hvilke temperaturer som er ønskelig inn og ut av fordamper. Størrelsen på fordamperen beregnes ut i fra massestrøm og hvor mange grader temperaturen skal senkes.

Her føres avløpsvannet fra stamfisken inn på fordamperen. Vannet er i utgangspunktet 6 °C, men det får tilført varme fra fisken og omgivelsene. Hvor mye varme som blir tilført, vil variere, og er

derfor vanskelig å beregne. Men en erfaringsverdi på $0,2\text{ °C}$ brukes av Skogland as. Temperatur inn på fordamperen settes derfor lik $6,2\text{ °C}$.

$$T_{\text{inn}} = 6,0\text{ °C} + 0,2\text{ °C} = \underline{6,2\text{ °C}}$$

Temperaturen på vannet ut av fordamperen må være lavere enn den temperaturen som innløpsvannet skal kjøles ned til i hovedveksleren, slik at det er en drivende temperaturdifferanse. På hovedveksleren settes temperaturen inn på kald side til 1 °C lavere enn temperaturen ut på varm side, som er $6,0\text{ °C}$. Temperaturen ut av fordamperen blir da:

$$T_{\text{ut}} = 6,0\text{ °C} - 1,0\text{ °C} = \underline{5\text{ °C}}$$

Innsatt i formelen, $Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$, gir dette

$$Q = 66,67\text{ kg/s} \cdot 4,20\text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (6,20 - 5,00)\text{ K}$$

$$Q = \underline{\underline{336,02\text{ kW}}}$$

4.3.2 Beslutning

For beregning av fordampere bruker Alfa Laval as de samme data som er blitt gjort i beregning av kuldebehov i kapittel 4.3.1. Selv om det i denne rapporten ikke skal tas hensyn til vannsiden, er det likevel nødvendig ved valg av fordampere. For at trykktapet på vannsiden skal være minst mulig, setter Alfa Laval dette til 50 kPa . Dette er et erfaringsmessig gunstig tap.

Som fordampere velges en M20-MVFGR veksler [Vedlegg 2]. Den har sveiste plater på ammoniakk siden, mens det er pakninger i mellom platene på vannsiden.



Figur 8: Snitt av en veksler med sveiste plater på ammoniakk siden og pakninger på vann siden.



Figur 9: M20-MVFGR

4.4 Kompressor

Kompressorens hovedoppgave i et kuldeanlegg er å komprimere og løfte gassen til et høyere trykk med tilhørende høyere metningstemperatur. Hvilket trykk og temperatur gassen må løftes opp til, er betinget av temperaturen på mediet som skal ta opp varmen i kondensatoren. Kompressoren opprettholder også det lave trykket som er nødvendig i fordampere for å fordampe kuldemediet ved den aktuelle temperaturen.

4.4.1 Skruekompressor

En skruekompressor består av to parallelle rotorer utformet med hann- og hunnprofiler. Hannprofilet er den drivende rotoren som igjen driver hunnrotoren. Gassen komprimeres ved at den suges inn i kompressoren og presses frem fra lavtrykk til høytrykksiden. Etter som det ikke er noen suge- og trykkventil, er en tilbakeslagsventil nødvendig for å hindre en tilbakestrømming av gassen når kompressoren stopper.

Rotorens utforming fører til at volumet av gassen som transporteres gjennom blir mindre og mindre, slik at gassen komprimeres mot utgangen. Dette medfører at hver enkelt skruekompressor har et konstant innvendig volumforhold. For å unngå for høyt eller for lavt trykk på slutten av kompresjonen, avhengig av kuldemediet, brukes en hydraulisk styrt sleide. Den beveges i kompressorens lengderetning for å bestemme det effektive pumpevolumet mellom rotorene.

Skruekompressoren benyttes på en rekke typer kuldetekniske anlegg fordi den er meget driftssikker, har gode reguleringsmuligheter (mellom 10 % og 100 %) og er kompakt med få bevegelige deler.

4.4.2 Stempelkompressor

De fleste stempelkompressorer som brukes i dag, er vekselstrømskompressorer. Den har suge- og trykkventilen montert i en ventilplate på toppen av sylindere, som på en bilmotor. Gassen suges inn på toppen av sylindere, blir komprimert og trykkes ut trykkventilen på toppen av sylindere. Det er lett å utføre vedlikehold og reparasjon på slike kompressorer.

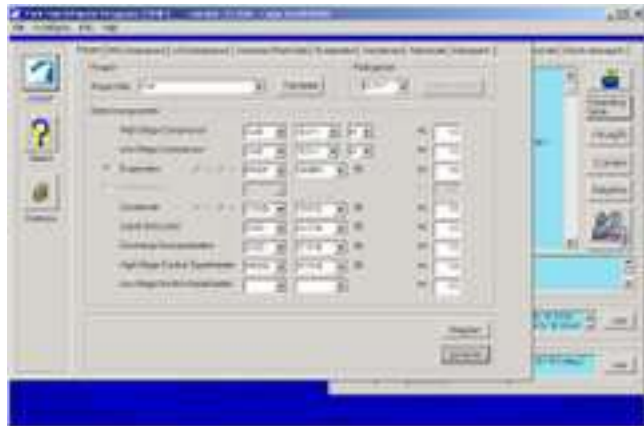
4.4.3 Metoder for valg

Ved valg av kompressor til dette anlegget, sammenlignes skru og stempel kompressor for å se hvilken kompressor som er best egnet. Deretter velges type kompressor.

Kompressoren i anlegget bestemmes ved hjelp av dataprogrammet COMP1 Select.

Programmet foreslår aktuelle kompressorer basert opplysninger som angis:

- Kuldemedium
- Fordamperkapasitet
- Kondenserings- og fordampningstemperatur
- Underkjøling og overheting av medium.



Figur 10: COPM1 Select

4.4.4 Beslutning

Det velges å bruke en stempelkompressor i anlegget, selv om skruekompressoren er god på regulering, driftssikker og kompakt. Avveiningen for valg av kompressor type er litt tilfeldig i dette tilfellet på grunn av at begge de aktuelle typene vil fungere i dette anlegget. Skruekompressoren er mer brukt ved større anlegg. Stempelkompressoren er den som har vært mest brukt i tilsvarende anlegg til nå.

Ut i fra kompatible kompressorer foreslått av dataprogrammet Comp1, velges SMC 106S [Vedlegg 3]. Det er en kompressor med seks sylindere som sitter parvis, slik at det er en tretrinns regulering. Kompressoren er utstyrt med en oljeutskiller med manuell avtappingsventil, to pressostater for sikring av sugetrykk og avgangstrykk, og en termostat som føler på oljetemperaturen. Det er også montert på en oljevakt som måler på oljetrykket i kompressoren, og stopper den dersom trykket blir for lavt.

4.5 Kondensator

Kondensatorens oppgave er å overføre den varmemengden som er tilført kuldemediet i fordamperen og kompressoren, til det kjølede mediet (kjølevann eller luft). Kuldemediedampen strømmer vanligvis til kondensatoren i overhett tilstand, der den først blir avkjølt til metningstemperaturen, og deretter kondensert og eventuelt underkjølt. Kondensatoren må dimensjoneres ut fra ytelsen til fordamperen og tilført energi ved kompresjonen.

4.5.1 Metode for beregning av varmeoverføring

Den varmen som skal fjernes i kondensatoren, det vil si overføres til det kjølede mediet, er summen av den varmemengden som er tilført kuldemediet i fordamperen og kompressoren:

Varmetilførselen i fordamperen er beregnet i kapittel 4.3.1, mens tilførselen i kompressoren kommer frem ut i fra dataprogrammet Comp1, beskrevet i kapittel 4.4.3.

4.5.2 Beregning av varmeoverføring

Kuldebehov fordampner: $Q=336,8 \text{ kW}$

Tilført varme i kompressor: $Q= 42,7 \text{ kW}$

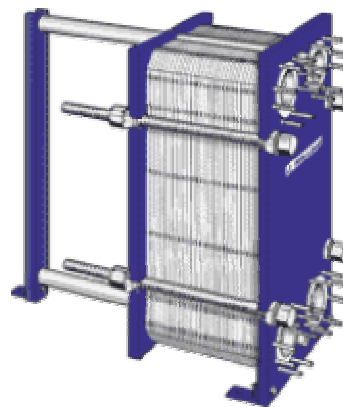
Total varme som må fjernes i kondensator: $Q=336,8 \text{ kW}+42,7 \text{ kW}$

$Q=379,5 \text{ kW}$

4.5.3 Beslutning

Det velges en plateveksler av typen M10-BWFDR, som har samme utførelse som fordampneren, bare mye mindre.

[Vedlegg 4]



Figur 11: M10-BWFDR

4.6 Rørdimensjonering

Generelt er dimensjonering av rør til føring av kuldemedium et kompromiss mellom mediets hastighet og trykktapet som oppstår. Det må ha en viss hastighet for å dra med oljen tilbake til kompressoren, og trykktapet bør være minst mulig for at temperaturene ved kondensering og fordampning ikke skal avvike for mye fra ønskede verdier.

Ammoniakk derimot, som benyttes i dette anlegget, løses ikke i olje. Av den grunn har minimumshastighet ingen betydning, fordi oljen ikke tilbakeføres til kompressoren med mediet, men legger seg på de laveste punktene i anlegget.

4.6.1 Metode for dimensjonering

Til rørdimensjonering brukes dataprogrammet DIRcalc™ levert av Danfoss.

I programmet velges type anlegg for så å plote inn kuldemedium, fordamperkapasitetet, fordampningstemperatur, kondenseringstemperatur. Deretter plasseres rørdeler og ventiler, og størrelsen på disse.

Når de aktuelle verdier er plottet, angir programmet dimensjon på ledning og ventiler, anbefalt hastighet for mediet og trykkfall i hver enkelt av de valgte rør, deler og ventiler.



Figur 12: DIRcalc™

I og med at minimumshastigheten ikke har noen betydning for ammoniakk, velges større rørdimensjoner enn det som blir anbefalt i DIRcalc™, slik at trykktapet blir mindre. Programmet blir i denne rapporten brukt til å beregne hastighetene og trykktapene i rørene ut i fra de dimensjoner som velges.

4.6.2 Resultat

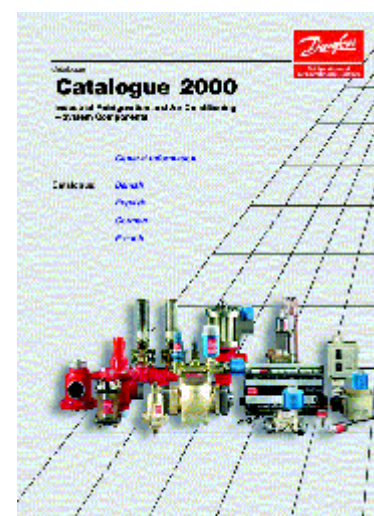
[Vedlegg 5]

4.7 ventiler

4.7.1 Metode for valg

Bruk av ventiler i anlegget må tilfredsstille krav gitt i Norsk Kuldenorm samtidig som funksjonalitet og vedlikeholdsvennlighet er ønskelig.

Alle ventiler plukkes fra Danfoss sin katalog 2000, basert på dimensjoneringen i DIRcalc (kap. 4.6.2)



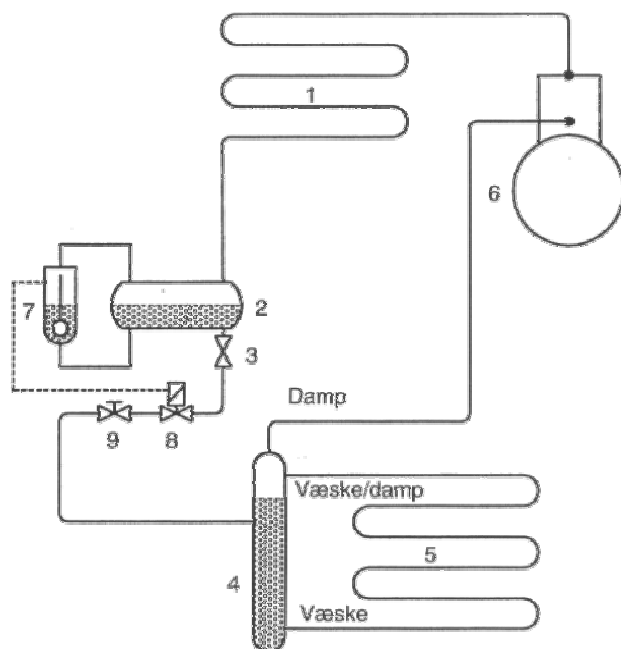
Figur 13: Danfoss katalog 2000

4.7.2 Strupeventil/ekspansjonsventil

Strupeventilen har to oppgaver. Den skal avpasse kuldemediestrømmen gjennom fordamperen slik at massestrømmen er konstant, og skille mellom høytrykks- og lavtrykksiden på anlegget. Det høye trykket i kondensatoren må opprettholdes for å oppnå riktig kondenseringstemperatur, samtidig som lavtrykket i fordamperen opprettholdes for riktig fordampningstemperatur.

Når den kondenserte væsken passerer strupeventilen, synker trykket og dermed også metningstemperaturen. Kuldemediet begynner straks å fordampe pga temperatur i væsken er høyere enn kokepunktet. Kuldemediet fordampes og kjøles (fordi den bruker sin indre energi til å koke) inntil metningstemperaturen ved det aktuelle trykket er oppnådd. Deretter kan varme tas opp i fordamperen.

Modulerende nivåregulering på høytrykksiden (høytrykksflottør) velges for å regulere ekspansjonsventilen. En høytrykksflottør åpner når væsknivået stiger og stenger når væsknivået synker. Flottøren plasseres i høyde med en pilottank (receiveren). Den regulerer mengden av kuldemedium som strømmer til fordamperen ut i fra væsknivået i receiveren.



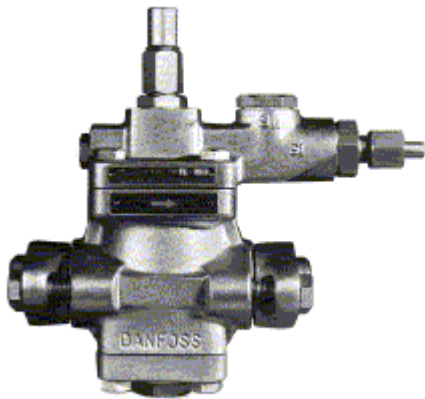
Høytrykksflottør

1. Kondensator
2. Pilottank
3. Avsperringsventil
4. Væskeutskiller
5. Fordamper
6. Kompressor
7. Flottør/nivåregulator
8. Magnetventil
9. Manuell strupeventil

Dette er ikke anlegget som blir dimensjonert i prosjektet, og vil derfor avvike i forhold til ventiler. Men figuren viser prinsippet for en høytrykksflottør.

Figur 14: Prinsippet for en høytrykksflottør

Ved modulerende nivåregulering sikres en væskeinnsprøytning som er proporsjonal med den aktuelle kapasiteten. Det vil si at den mengden som kommer inn på receiveren går også gjennom ekspansjonsventilen. Dette sikrer en stabil regulering og økonomisk drift, siden svingninger i temperatur og trykk holdes på et minimum.

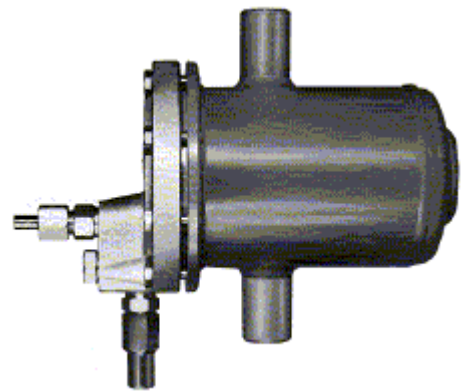


Til ekspansjonsventil velges PMFH, som er en modulerende væskeinnsprøytningventil for høytrykksiden.

Figur 15: PMFH ekspansjonsventil

Til nivåregulatoren benyttes SV som pilotventil for ekspansjonsventilen. SV-ventil er en svømmerpilotventil som kan benyttes både som ekspansjonsventil i mindre anlegg, eller som pilotventil for hovedekspansjonsventilen, som er tilfelle her.

Siden SV-ventilen i dette anlegget skal fungere som en pilotventil for ekspansjonsventilen, velges SV1 som er den minste typen.



Figur 16: SV nivåregulator

Dimensjonering for PMFH, ekspansjonsventilen:

R717 $Q=336,8\text{KW}$ $t_k=25^\circ\text{C}$ $t_o=1^\circ\text{C}$ $t_u=5\text{K}$ $p_k=10,18\text{bar}$ $p_o=4,5\text{bar}$ $\Delta p=6,37\text{bar}$

Hvor:

- Q = kuldebehovet til fordamperen
- t_k = kondenseringstemperaturen
- t_o = fordampningstemperaturen
- t_u = underkjøling i kondensatoren
- p_k = kondenseringstrykket
- p_o = fordampningstrykket
- Δp = trykkdifferansen mellom kondenserings trykk og fordampnings trykk

R 717 (NH₃)

Δt K	2	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
k	1.01	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.91	0.89	0.87	0.86	0.85

Kapasitetstabell hentet fra Danfoss katalog 2000

Korreksjonsfaktor ved $t_u=5\text{K}$: $\approx 0,99$

Korrigert kapasitet: $336,8 \cdot 0,99 = 334,6 \text{ kW}$

Ventiltipe	R 717
PMFL/H 80-1	139
PMFL/H 80-2	209
PMFL/H 80-3	348
PMFL/H 80-4	558
PMFL/H 80-5	835
PMFL/H 80-6	1395
PMFL/H 80-7	2080
PMFL/H 125	3480
PMFL/H 200	5580
PMFL/H 300	8350
PMFL/H 500	13900

Tabell hentet fra Danfoss katalog 2000

Fra tabell velges ventil PMFH 80-3 med standard fjær.

4.7.3 Stoppventil

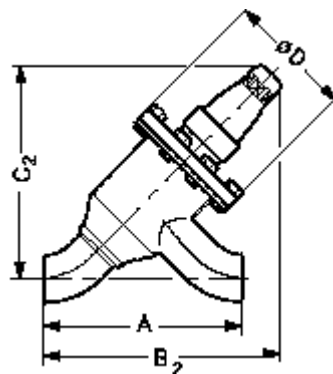
For å lett kunne bytte ut komponenter eller rør ved driftstans, settes det inn stoppventiler før og etter hver komponent i anlegget, unntatt etter kompressor. Etter kompressoren monteres en kontraventil, som hindrer eventuell kondensert gass i å renne tilbake til kompressoren. Kontraventilen kan også brukes som stoppventil ved en eventuell driftstans.

SHV velges som kontraventil.

SCV med rett løp velges som stoppventiler.



Figur 17: SHV kontraventil



Figur 18: SCV stoppventil

På væskeledningen mellom receiver og ekspansjonsventilen monteres en nåleventil av typen SNV. Denne ventilens funksjon er å tappe ut væske som står i ledningen mellom receiveren og ekspansjonsventilen, dersom det er behov for utskifting av rør eller ekspansjonsventil. Utløpet på ventilen kobles med en slange til høytrykksiden.



Figur 19: 3 forskjellige utførelser av SNV nåleventil

4.7.4 Dreneringsventil

I følge Norsk Kuldenorm (Kuldehandboken, 2000) skal dreneringsrør være utstyrt med avstegningsventil og hurtiglukkeventil i serie.

Siden olje ikke løses i ammoniakk, er det viktig å ha avtappingsmuligheter av olje der det oppstår væskesamling. I dette anlegget er det fire steder der det kan danne seg oljeansamling:

- i oljeutskilleren
- i bunnen av væskeutskilleren
- i bunnen av receiveren
- i bunnen av fordampere

Oljen vil ikke samle seg i kondensatoren, men følge kuldemediet ned i receiveren.



I oljeutskilleren, på trykksiden av kompressoren, er dreneringsventilen ferdig montert av produsenten.

På væskeutskilleren og receiveren velges ventiler av typen QDV, som er en hurtiglukkende oljeavtappingsventil. Ventilen må betjenes manuelt, og stenger når handtaket slippes. Dette sikrer unødvendige utslipp av ammoniakk. Ventilen monteres etter en SCV-stopppventil, som er beskrevet i kapittel 4.7.3.

For å få tappet av olje fra fordamperen må en oljefelle monteres før fordamperen.

All olje føres tilbake til kompressoren ved avtapping.

Fig 20: QDV avtappingsventil

4.8 Receiver og væskeutskiller

Receiveren skal kunne oppta volumet av alt kuldemedium i anlegget. For å dimensjonere størrelsen på den, må det gjøres et overslag av hvor mye kuldemedium som vil sirkulere i anlegget. Denne beregningen er basert på erfaringer fra Skogland as.

40 % av indre volum i fordamper og kondenser
 +20 % av indre volum i gassledninger
 +100 % av indre volum i væskeledning
 =Sum
 +10 % av sum
 =Volum av receiver

Etter at receivervolumet er funnet, legges det til en overdimensjonering på 20 %.

Da dette er et overslag, gjøres det antagelser på små volum som er vanskelige å beregne.

Alle bend settes til 1dm³

Alle overganger settes til 1,5dm³

Rørlengder basert på foreløpig dimensjonering:

Indre volum til fordamperen: 337,6 dm³

Indre volum til kondenseren: 13,9 dm³

Formel for volum av rør: $V = \pi \cdot r^2 \cdot L$, hvor r, er radius i meter og L, er lengde av rør i meter.

Overslag for gassledninger:

Sumerer lengdene for 100mm: $L = 1m + 3m + 0,7m + 0,2m = 4,9m$ (100mm)

$$V_1 = \pi \cdot 0,05^2 \cdot 4,9$$

$$V_1 = 38,5 \text{ dm}^3$$

Sumerer lengdene for 80mm: $L=1,7m+3m=4,7m$ (80mm)

$$V_2 = \pi \cdot 0,04^2 \cdot 4,7$$

$$V_2 = 23,6 \text{ dm}^3$$

Sumerer bend og overganger: 4stk bend

3stk overganger

$$V_3 = 4 \cdot 1 \text{ dm}^3 + 3 \cdot 1,5 \text{ dm}^3$$

$$V_3 = 8,5 \text{ dm}^3$$

Total volum for gassledning:

$$V_G = V_1 + V_2 + V_3 = 38,5 \text{ dm}^3 + 23,6 \text{ dm}^3 + 8,5 \text{ dm}^3 = 70,6 \text{ dm}^3$$

Overslag for væskeledning:

Sumerer lengdene:

$$L = 0,2m + 1,2m + 0,5m = 1,9m$$
 (100mm)

$$V_1 = \pi \cdot 0,05^2 \cdot 1,9$$

$$V_1 = 15 \text{ dm}^3$$

Sumerer bend og overganger: 4stk bend

2stk overganger

$$V_2 = 4 \cdot 1 \text{ dm}^3 + 2 \cdot 1,5 \text{ dm}^3$$

$$V_2 = 7 \text{ dm}^3$$

Totalt volum for væskeledning:

$$V_V = V_1 + V_2 = 15 \text{ dm}^3 + 7 \text{ dm}^3 =$$

Reciever beregning:

$$0,4 \cdot 337,6 \text{ dm}^3 = 135,04 \text{ dm}^3$$

$$+ 0,4 \cdot 13,9 \text{ dm}^3 = 5,56 \text{ dm}^3$$

$$+ 0,2 \cdot 70,6 \text{ dm}^3 = 14,12 \text{ dm}^3$$

$$+ 22 \text{ dm}^3 = 22,00 \text{ dm}^3$$

$$\text{Sum} = 176,72 \text{ dm}^3$$

$$+ 0,1 \cdot 176,72 \text{ dm}^3 = 17,67 \text{ dm}^3$$

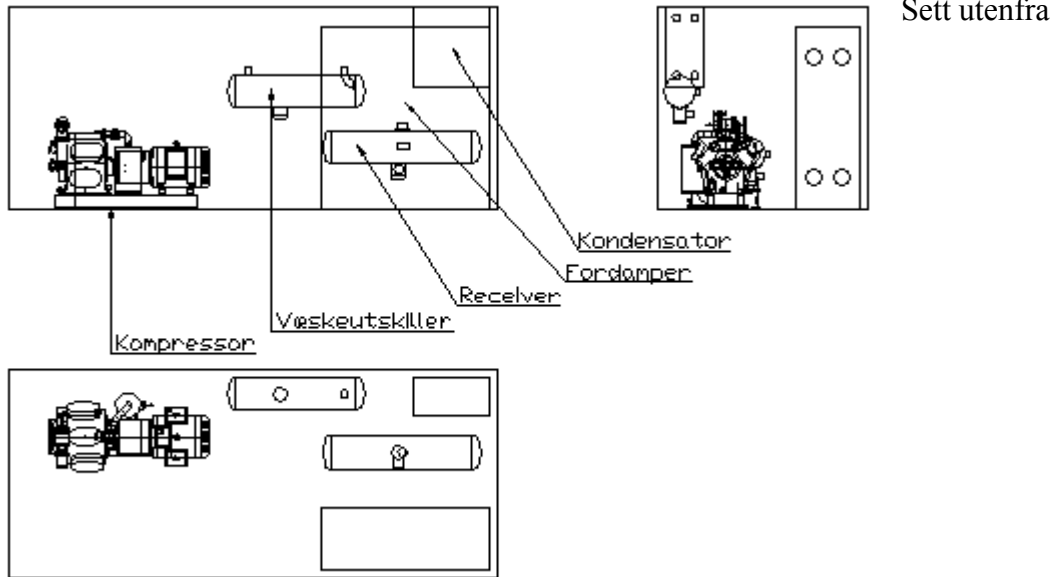
$$\text{Total} = 194,39 \text{ dm}^3$$

Legger så til 20% slik at volumet settes til 220 liter.

4.9 Plassering i konteiner

De valgte komponentene plasseres hensiktsmessig i konteineren. Fullstendig DAK-tegning med rørdimensjonering og rørføring i konteineren (uten veniler og avtapping) ligger som [Vedlegg 8]. P&ID-tegning med ventiler ligger som [Vedlegg 9]

Sett fra siden



Figur 21: Skisse av plassering

Sett ovenfra

4.10 Trykktap

Trykktapene er så små at de ikke vil ha noen innvirkninger på anleggets funksjon. Se [Vedlegg 5]

5 Sikkerhet

Arbeid med ammoniakk som kuldemedium er forbundet med visse helse- og miljøskadelige faktorer. NH_3 hører til klasse 2 i klassifiseringen av ulike kuldemedier etter farlighetsgraden. Ved vanlig trykk og temperatur vil ganske små mengder (500 ppm) merkes med en gjennomtrengende og stikkende lukt. Den virker sterkt irriterende og etsende. Ved 0,07 til 0,1 volumprosent vil åndedretsorganene bli skadd ved lengre påvirkning. 0,2 til 0,3 volumprosent kan virke dødelig i løpet av $\frac{1}{2}$ til 1 time. (Øyvind Helgerud og Georg Bye, 1982)

Ammoniakk er brennbar i høye konsentrasjoner, og kan danne eksplosiv blanding med luft når den utgjør 15-28 volum %.

5.1 Vernetiltak

Ved arbeid med NH_3 -anlegg der det kan være fare for lekkasjer, er det tilrådelig å arbeide med gassmaske. Det må dessuten monteres en øyedušj for vask av øynene. Andre tiltak som anbefales:

- Øyevern
- Dušj nær arbeidsplassen
- Hansker og øvrig beskyttelsesutstyr av plast, gummi eller annet motstandsdyktig materiale.
- Gassmaske med filter K (grønn) gir beskyttelse en viss tid hvis gasskonsentrasjonen ikke er for høy.
- Trykkluftmaske og beskyttelsesdrakt mot høye gasskonsentrasjoner.
- Å feste eller sikre stående eller løse gassflasker.
- Å påse at slanger, ventiler etc. ikke har lekkasje.

(Norsk Kuldehåndbok, 2000)

5.2 Sikkerhetsventil

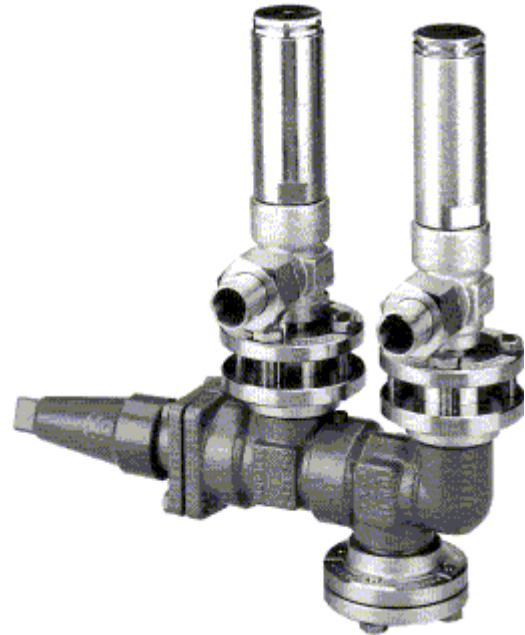
Sikkerhetsventiler plasseres i henhold til "Norsk Kuldenorm": *Trykkavlastningsanordning skal være montert på eller i rimelig nærhet av den komponenten eller systemdel den er forutsatt å beskytte. Trykkbeholder med større indre volum enn 100 liter skal være forsynt med to trykkavlastnings anordninger montert på vekselventil.* (Norsk Kuldehåndbok, 2000)

Som sikkerhet for anlegget monteres det inn sikkerhetsventil på trykkledningen fra kompressoren og på receiveren. En SFV- sikkerhetsventil velges på trykkledningen. Denne vil sikre kondensatoren mot skade ved et for høyt trykk ut av kompressoren. På receiveren velges to SFV montert på en DSV. DSV er en 3-veisventil der det alltid står et utløp i forbindelse med hovedløpet. Denne er konstruert for bruk med to SFV-ventiler, for å skape et dobbelt sikkerhetsventilsystem. Ved bruk av en DSV kan den ene sikkerhets ventilen byttes ut ved eventuell skade, selv om anlegget er i drift.

Sikkerhetsventilene settes til designtrykket for komponentene som skal beskyttes. Dette gir 22 bar for høytrykksiden og 16 bar for lavtrykksiden.



Figur 22 SFV sikkerhetsventil

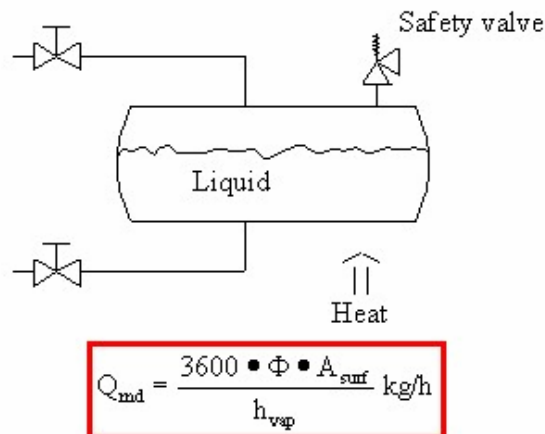


Figur 23 DSV 3-veis ventil



Safety Valves

1. Excessive pressure caused by heat sources
 - acc. EN 13136 – standard



- Φ Density of heat flow, 10 kW/m²
 A_{surf} External surface; m²
 h_{vap} Heat of vaporization, at 1.1 x set pressure; KJ/Kg
 Q_{md} Required capacity of safety valve; Kg/h

Figur 24

Sikkerhetsventilene på receiveren og væskeutskilleren dimensjoneres etter formelen i figur 11, som er levert av Danfoss. Sikkerhetsventilene på trykkbeholdere skal kunne slippe ut et eventuelt trykk som oppstår grunnet varmetilføring ved for eksempel brann. Beste brannslukkemiddel er vanntåke eller CO₂ skum.

Overslag ytre areal receiver

Receiveren regnes som en vanlig sylinder med endelokk. I tillegg legges 10% for å korrigere endereale.

$$A = \pi \cdot d \cdot L + 1/2 \cdot d^2 \cdot \pi$$

Hvor: A = areal av sylinder [m²]

d = diameter av sylinder [m]

L = lengden av sylinder [m]

Innsatt gir dette:

$$A = \pi \cdot 0,41\text{m} \cdot 1,73\text{m} + 1/2 \cdot (0,41\text{m})^2 \cdot \pi$$

$$A = 2,49 \text{ m}^2$$

10% legges til

$$A = 2,49 \text{ m}^2 \cdot 1,1$$

$$A = \underline{\underline{2,74 \text{ m}^2}}$$

Dette er et overslag, så væskeutskilleren settes til samme areal

$$Q_{md} = \frac{3600 \cdot \Phi \cdot A}{h_{vap}}$$

For receiver på høytrykksiden:

$$Q_{md} = \frac{3600 \cdot 10\text{kW} / \text{m}^2 \cdot 2,74\text{m}^2}{1493\text{kJ} / \text{kg}}$$

$$Q_{md} = \underline{\underline{66,1 \text{ kg/h}}}$$

for væskeutskille på lavtrykksiden:

$$Q_{md} = \frac{3600 \cdot 10\text{kW} / \text{m}^2 \cdot 2,74}{1491\text{kJ} / \text{kg}}$$

$$Q_{md} = \underline{\underline{66,2 \text{ kg/h}}}$$

Ut fra beregninger, velges SFV 15 med en kapasitet på 1800 kg/h på høytrykksiden, og 1300 kg/h på lavtrykksiden. Samme ventil kan brukes på trykkledning fra kompressor siden kompressoren har lavere leveringskapasitet enn sikkerhetsventilen kan slippe ut.

5.3 Andre momenter for ammoniakk

Høytrykkspressostaten skal verne komponentene på høytrykksiden ved eventuelt feil på sikkerhetsventil, som medfører at trykket stiger over alle grenser. Denne settes til $0,9 \cdot \text{designtrykk}$ (Norsk Kuldehandbok, 2000), som i dette tilfellet blir $0,9 \cdot 22$ bar. Dette gir et trykk på 19,8 bar, som tilsvarer en kondenseringstemperatur på 49 °C.

Lavtrykkspressostaten skal verne fordampere mot frysing, som kan oppstå dersom kompressoren suger for lavt trykk. Settes til $0,9 \cdot \text{arbeidstrykk}$ (Norsk Kuldehandbok, 2000), som her blir $0,9 \cdot 4,48$. Dette gir et trykk på 4,03, som tilsvarer en fordampningstemperatur på ca 2 °C

Ammoniakkdetektorer må plasseres for å oppdage en eventuell lekkasje. Produktene som velges her, leveres av Samon AB.

To detektorer plasseres i konteineren, og blir koblet opp mot en sentral for overvåking av alarmer. Den første detektoren, GD2.0-NH₃, monteres opp under taket i konteineren. Detektoren har to alarmnivå; et lavnivå som slår ut på 150ppm og et høynivå som slår ut på 400ppm. Ved alarm på lavnivå vil det være et lydsignal samtidig som nødventilasjon av konteineren skal starte for å sikre utlufting av gass. Ved feil på nødventilasjonen aktiviseres alarm for å påvise svikt. Ved alarm på høynivå stoppes anlegget automatisk, men dette påvirker ikke strømmen til nødventilasjon siden denne går på en egen kurs.

Den andre detektoren, GR2.0-NH₃, monteres på utløpsledningen fra sikkerhetsventilen. Denne detektoren gir alarm dersom det er lekkasje på utløpsledningen fra sikkerhetsventilen. Begge detektorene tilkoples en sentral, G230C, som kan monteres i for eksempel et kontrollrom for overvåking.

En bryter for utkopling av all strøm til maskinrommet monteres på utsiden av konteineren for lett tilgang, uten å gå inn i maskinrommet.



Figur 25: Detektor, GD2.0-NH₃ Figur 26: Detektor, GR2.0-NH₃ Figur 27: Sentral, G230C

Ved transport/lagring av ammoniakk må det benyttes sterk, hel og forsvarlig lukket emballasje, som skal være merket i henhold til gjeldene forskrifter. Den lagres tørt og kjølig i godt ventilerte rom, og må ikke utsette for unødige mekaniske påkjenninger eller temperaturer over 35 °C.

6 Varmepumpe

Kuldeanlegget for nedkjøling av stamfisk er kun i drift om lag 3 måneder på høsten. Når det ikke anvendes til nedkjøling, er det ønskelig å bruke det som en varmpumpe til oppvarming av et settefiskanlegg.

Hvis kuldeanlegget reverseres, fungerer det som en varmpumpe. Da tas varme ut av kondensator, i motsetning til at fordampere tar til seg varme. På den måten kan anlegget også brukes til oppvarming av vann.

Settefiskanlegget som skal varmes opp, er ikke det samme som stamfiskanlegget. Forutsetningene for beregningene er derfor forskjellige.

6.1 Beregning av varmebehov

Ferskvannsmengden er oppgitt til 100m^3 , $\dot{m} = 27,78\text{l/s}$ og ønsket temperatur til fisken er 14°C mens temperaturen på innløpsvannet settes til 6°C , $\Delta T = 8^\circ\text{C}$. Formelen for beregning er den samme som for kuldebehov: $Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$

Hvor: $Q =$ varmeoverføring [W]
 $\dot{m} =$ massestrøm [kg/s]
 $C_p =$ varmekapasitet ved konstant trykk [J/kg·K]
 $\Delta T =$ temperaturdifferansen [K]

Innsatt gir dette: $Q = 27,78\text{kg/s} \cdot 4,20\text{kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 8\text{K}$
 $Q = \underline{\underline{933,4\text{kW}}}$

Denne varmen ønskes tilført til oppvarming av settefisk.

6.2 Kondensatorens kapasitet

Når temperaturen på avløpsvannet inn på kondensatoren er 14°C , og det tas ut en effekt på $379,5\text{ kW}$, blir temperaturen ut av kondensatoren:

$$\Delta T = \frac{Q}{\dot{m} \cdot C_p}$$
$$(T_{\text{ut}} - 14)\text{K} = \frac{379\text{kW}}{27,78\text{kg/s} \cdot 4,20\text{kJ/kg} \cdot \text{K}}$$
$$T_{\text{ut}} = 17,25^\circ\text{C}$$

Denne temperaturen er høy nok til å heve temperaturen på innløpsvannet til 14°C .

$$Q = 27,78\text{kg/s} \cdot 4,20\text{kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (17,25 - 9,25)\text{K}$$
$$Q = \underline{\underline{933,4\text{kW}}}$$

7 Diskusjon

I denne rapporten har det ikke blitt tatt hensyn til pris på komponenter ved dimensjoneringa av anlegg. Dersom det hadde blitt gjort, ville nok utfallet blitt annerledes på enkelte avgjørelser.

Fordamperen som er blitt valgt, M-20, er en forholdsvis dyr og stor fordamper. Den ble valgt på grunnlag av at trykktapet på vannsiden skulle bli minst mulig. I og med at vi heller ikke skulle dimensjonere vannsiden, hadde det strengt tatt ikke vært nødvendig å ta dette hensynet. Skogland as, som har dimensjonert et tilsvarende anlegg, tok hensyn til pris når de plukket komponenter. De valgte en fordamper av type M-10, som kun er ca $\frac{1}{4}$ av størrelsen på M-20. Problemet med det store trykkfallet på vannsiden som oppstår i en så liten fordamper, løste de *til dels* ved å dele opp vannstrømmen inn på veksleren.

Valget av den store fordamperen fører også til at receiveren blir større, da den må kunne ta opp all ammoniakken i anlegget. Stor receiver gjør heller ikke anlegget billigere.

I og med at hastigheten ikke er avgjørende for rørdimensjoneringen ved bruk av ammoniakk som arbeidsmedium, har vi valgt større dimensjoner på rørene enn DIRcale™ anbefalte. Større rør gjør anlegget mer kostbart, men trykktapet i kuldemediet reduseres betraktelig.

Foruten at rørdimensjoneringen, fordamperen og receiveren fordyrer anlegget, krever de også mer plass. Alt skal inn i en "liten" 20 fots konteiner, og det hadde nok vært enklere å plassere dem dersom de hadde vært mindre.

En fordel med valget av den store fordamperen, er at anlegget kan la seg utbygge i fremtiden. Hvis et noe større trykktap på vannsiden lar seg akseptere, kan større vannmengder kjøres igjennom fordamperen. Dermed kan mer varme tas opp.

Kompressoren som vi valgte å bruke, var mer eller mindre en tilfeldig avgjørelse. I slike anlegg brukes både skrue- og stempelkompressor. Skruekompressoren er mer driftssikker, men i og med at anlegget kun skal drives sammenhengende i om lag 3 måneder, spiller ikke det så stor rolle. Valget falt på stempelkompressoren fordi den har vært mest brukt i tilsvarende anlegg tidligere.

Alfa Laval as anbefaler på platevekslerne en minimumsavstand til vegg og lignende, for å kunne åpne dem ved manuell rengjøring [Vedlegg 2 og 4]. En person skal komme til med verktøy og renseutstyr. På grunn av liten plass i konteiner, er vekslerne plassert på en slik måte at de kun lar seg åpne fra én side (istedenfor to). I følge Alfa Laval er ikke dette noe problem, da man får rensset hele veksleren fra siden. Tilbakespyling er en alternativ renssemåte av vekslerne.

Vi har valgt et anlegg med indirekte kjøling på grunn av giftigheten til ammoniakk. Den sekundære kuldekretsen med den ekstra varmeveksleren gjør anlegget sikkert for ammoniakkforgiftning. Dersom fordamperen hadde kjølt direkte på innløpsvannet, ville det ha blitt et mye rimeligere anlegg. Men da måtte et annet kuldemedium blitt vurdert, grunnet giftigheten til ammoniakk. Et annet kuldemedium hadde sannsynligvis blitt dyrere, og det er heller ikke gitt at de komponentene vi har plukket ville ha fungert sammen med et annet kuldemedium. Uten hovedveksleren hadde dessuten fordamperen vært nødt til å ta hele kuldebehovet, som igjen hadde ført til at kompressoren ble mer energikrevende. Man må velge mellom sikkerhet eller kostnad.

8 konklusjon

Vi har dimensjonert et kuldeanlegg som teoretisk vil være godt egnet til det formål som er tiltenkt. Med tanke på at det skal kjøle ned levende fisk, er sikkerheten spesielt tatt hensyn til. Indirekte kjøling av vannet sikrer stamfiskanlegget mot forgiftning av kuldemedium. Det er et ideelt anlegg for dem som tenker mer på sikkerhet enn investeringskostnad.

Sammenlignet med anlegget som Skogland as tidligere har dimensjonert, er fordampere i dette anlegget mye større. Derfor er det noe mindre plass i konteineren, men komponentene er allikevel plassert hensiktsmessig i forhold til hverandre. De kan tas ut hver for seg ved eventuell reparasjon eller utskiftning. Det kan være et innspill til Skogland as hvis de skal dimensjonere et kuldeanlegg med mulighet for utbygging.

9 Litteratur/kildehenvisning

Litteratur:

- /1/ Roald Nydal - Praktisk kuldeteknikk
(Skarland Press AS, 1. utgave 1994)
- /2/ Kuldehåndboken 2000
(Skarland Press AS, 2000)
- /3/ Øyvind Helgerud og Georg Bye – Kuldeteknikk
(Universitetsforlaget, 2. utgave 1982)
- /4/ Geir Eggen – Energianlegg til fiskeoppdrett
(Trondheim, NTH-SINTEF, 1989)
- /5/ Trygve Gjedrem - Fiskeoppdrett med framtid
(Oslo, Landbruksforlaget, 1986)
- /6/ Roy J. Dossat - Principles of Refrigeration
(Prentice-Hall, Inc., third edition, 1991)

Internett:

- /6/ Artikkel - Sintef Energiforskning AS
<http://www.energy.sintef.no/publ/xergi/2000/3/art-2.htm>
- /7/ Artikkel – Statens forurensningstilsyn
<http://www.sft.no/nyheter/dbafile3760.html>
- /8/ Hjemmeside – Alva Laval
<http://www.hvac.alfalaval.com/>
- /9/ Hjemmeside – Aquagen AS
<http://www.aquagen.no>

CD-ROM:

- /10/ Catalouge 2000 - Danfoss

Kontaktpersoner:

- /11/ Arild Skar – Skogland AS
arild.skar@skogland.no
- /12/ Joachim Marksten – Alfa Laval AS
joakim.marksten@alfalaval.com

10 Bilag

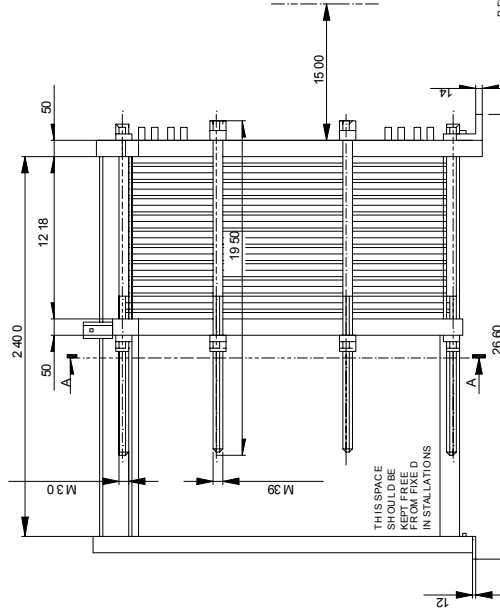
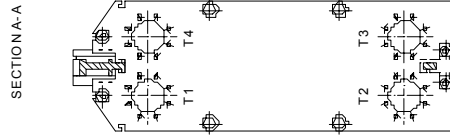
Vedleggsliste:

- [V1] M15-BFG8, Hovedveksler
- [V2] M20-MWFGR, Fordamper
- [V3] SMC 106S, Kompressor
- [V4] M10-BWFDR, Kondensator
- [V5] DIRcalc, dimensjonering
- [V6] Receiver
- [V7] Væskeutskiller
- [V8] DAK-tegning, plassering i konteiner
- [V9] P&ID
- [V10] log p-h diagram R-717
- [V11] Tabell R-717

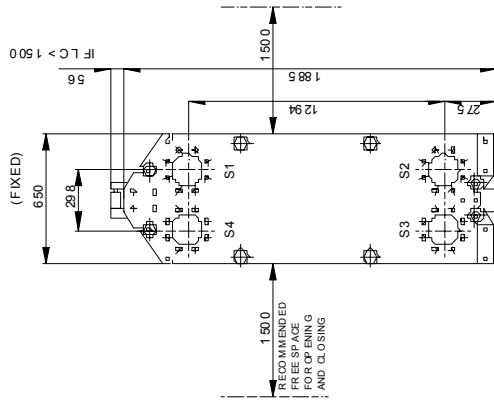
Customer : ALFA LAVAL AS Sandvika **Model** : M15-BFG8
Project: : Studie prosjekt
Item : VVX1 **Date** : 2002-02-21

		<u>Hot side</u>	<u>Cold side</u>
Fluid		Water	Water
Density	kg/m ³	1000	1001
Specific heat capacity	kJ/(kg*K)	4.21	4.21
Thermal conductivity	W/(m*K)	0.584	0.582
Viscosity inlet	cP	1.31	1.52
Viscosity outlet cP		1.47	1.35
Mass flow rate	kg/h	239600	240000
Inlet temperature	°C	10.0	5.0
Outlet temperature	°C	6.0	9.0
Pressure drop	kPa	61.9	61.9
Heat exchanged	kW	1120	
L.M.T.D.	K	1.0	
O.H.T.C clean conditions	W/(m ² *K)	4434	
O.H.T.C service	W/(m ² *K)	4434	
Heat transfer area	m ²	250.5	
Fouling resistance * 10000	m ² *K/W	0.0	
Duty margin	%	0.0	
Rel. directions of fluids		Countercurrent	
Number of plates		406	
Effective plates	404		
Number of passes		1	1
Extension capacity		0	
Plate material / thickness		AISI 316 / 0.50 mm	
Sealing material		NBRB CLIP-ON	NBRB
CLIP-ON			
Connection material		Stainless steel	Stainless
steel			
Connection diameter	mm	150	150
Nozzle orientation		S1 -> S2	S4 <- S3
Pressure vessel code		SA	
Flange rating		DIN	
Design pressure	barg	5.0	5.0
Test pressure	barg	6.5	6.5
Design temperature	°C	10.0	10.0
Overall length x width x height	mm	2660 x 650 x 1885	
Liquid volume	dm ³	313.1	314.6
Net weight, empty / operating	kg	1080 / 1710	
Packed weight (SKID BASE)	kg	1220	
volume	m ³	5.7	
length x width x height	mm	2950 x 800 x 2400	

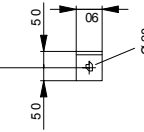
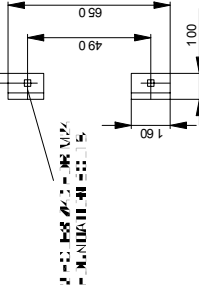
PRESSURE PLATE
(MOVABLE)



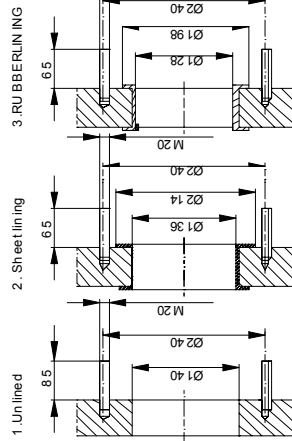
FRAME PLATE
(FIXED)



REMARKS
CONNECTION T1-T4 ONLY F
SPECIFIED AS INLET OR OUTLET



CONNECTION STANDARD
DIN 25 01 PN16



REMARKS	SIDE A/B	GASKET	NBRB CLIP-ON
TEST PRESSURE	6,5 barg	PLATE MATERIAL	AlSi 316
DESIGN PRESSURE	5 barg	PLATE THICKNESS	0,50 mm
MAX TEMPERATURE	10 °C	HEATING SURFACE	250,5 m²
MIN TEMPERATURE	0 °C	PLATE GROUPING	1*202 H/1*203 H
NET WEIGHT	1084 kg		
OPERATING WEIGHT	1712 kg		

TOTAL LENGTH 2660
TOTAL WIDTH 650
TOTAL HEIGHT 1885

SIDE	MEDIA	INLET	TEMP.	OUTLET	TEMP.	FLOW RATE	PRESSURE DROP	LIQUID VOL.
A	Water	S1	10.0 °C	S2	6.0 °C	239600 kg/h	61.88 kPa	313 dm³
B	Water	S3	5.0 °C	S4	9.0 °C	240000 kg/h	61.88 kPa	315 dm³

DEPT	REF.	MP NO.
AGENT/REF. ALFAVAL AS		
CUSTOMER NAME / REF. NO. ALFAVAL AS Sandvika		
SIGN.		

PLATE HEAT EXCHANGER

M15-BFG8

SA

Alfa Laval

QUOTATION
Studie projekt

DATE
2002-02-21

REV
No. 0

Alfa Laval Plate Heat Exchanger Specification

Customer : ALFA LAVAL AS Sandvika **Model** : M20-MWFRG
Project: : Studie prosjekt
Item : Fordamper 336.8kW Date : 2002-02-21

		Water		Ammonia	
Fluid					
Mass flow rate	kg/h	240000	1064		
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	0.000	957.3		
Inlet temperature	°C	6.2	1.1		
Outlet temperature(vapor/liquid)	°C	5.0	6.0		
Operating pressure (In/Out)	bar	/	4.41/4.40		
Pressure drop (Perm/Calc)	kPa	50.0/49.3	50.0/1.23		
Velocity Connection (In/Out)	m/s	2.12/2.12	0.287/2.80		
Heat Exchanged	kW	336.8			
Heat Transfer Area	m ²	154.7			
O.H.T.C clean conditions	W/(m ² *K)	1686			
O.H.T.C service	W/(m ² *K)	1516			
Fouling Resistance * 10000	m ² *K/W	0.35			
Additional Excess Surface	%	5			
Mean Temperature Difference	K	1.4			
Relative direction of the fluids		Countercurrent			
No. of plates		184			
No. of effective plates		182			
Number of passes		1	1		
Extension capacity		36			
Plate material / thickness		AISI 316 / 0.60 mm			
Sealing material		NBRP	Welded		
Ring Gasket		NBRP			
Connection material		Stainless steel	Stainless steel		
Connection diameter	mm	200	200		
Nozzle orientation		S1 -> S2	S4 <- S3		
Pressure vessel code		SA			
Flange rating		DIN			
Design pressure	barg	16.0	16.0		
Test pressure	barg	20.8	20.8		
Design temperature	°C	10.0	10.0		
Overall length x width x height	mm	2090 x 780 x 2260			
Liquid volume	dm ³	334.0	337.6		
Net weight, empty / operating	kg	2570 / 2900			
Packed weight (SKID BASE)	kg	2698			
volume	m ³	5.5			
length x width x height	mm	2450 x 910 x 2470			

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Fluid Composition

Hot side

Water

Liquid Cooling

Cold side

Ammonia

Vapourizing

Water

= 240000 kg/h

inlet v/l

0.000/240000

outlet v/l

0.000/240000

Ammonia

= 1064 kg/h

inlet v/l

106.4/957.3

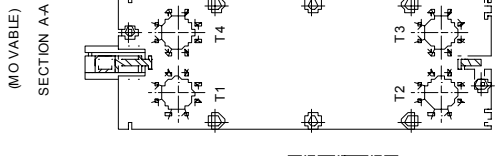
outlet v/l

1064/0.000

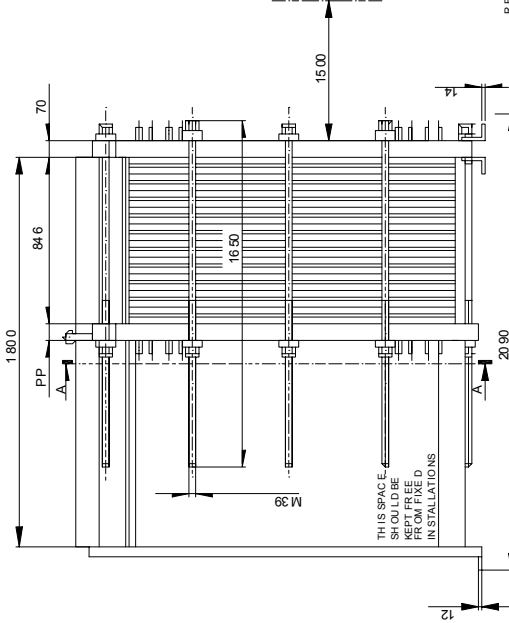
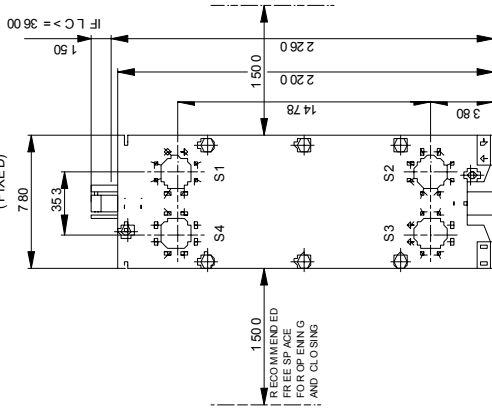
Physical Properties

(inlet/outlet)	Hot side Liquid	Vapour	Cold side Liquid	Vapour
Dens	1001/1001		634.6/627.8	3.436/3.359
Sp.Heat	4.209/4.211		4.617/4.650	2.684/2.615
Visc	1.46/1.52		0.167/0.158	0.0093/0.0094
Th.Cond	0.581/0.579		0.539/0.535	0.0223/0.0228
Bub. p.				/1.0
Dew p.				/1.0
Mol.W.				17.03/17.03
Cr.pr.				112.60/112.60
Cr.temp.				132.3/132.3
Lat.heat				1252.0/1233.9

PRESSURE PLATE
(MOVABLE)

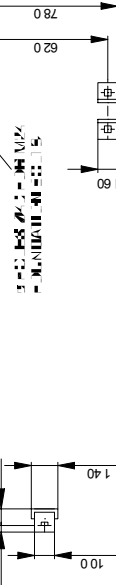


FRAME PLATE
(FIXED)



REMARKS
 CONNECTION T1-T4 ONLY F
 SPECIFIED AS INLET OR OUTLET

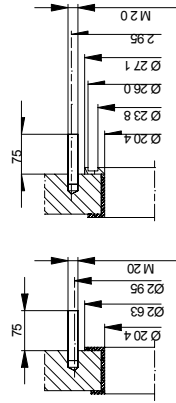
PP=70 WITH HOLES AND
 PP=65 WITHOUT HOLES



CONNECTION STANDARD
 DIN 2501 PN16

1. SHEET LINING

2. CONNECTION WITH RIGID COVER.



REMARKS
 TEST PRESSURE 20,8 barg
 DESIGN PRESSURE 16 barg
 MAX TEMPERATURE 10 °C
 MIN TEMPERATURE 0 °C
 NET WEIGHT 2568 kg
 OPERATING WEIGHT 2903 kg

SIDE A/B
 GASKET NBRP CLIP-ON
 PLATE MATERIAL AISI 316
 PLATE THICKNESS 0.60 mm
 HEATING SURFACE 154,7 m²
 PLATE GROUPING 1*91 HG/1*92 HW

TOTAL LENGTH 2090
 TOTAL WIDTH 780
 TOTAL HEIGHT 2260

SIDE	MEDIA	INLET TEMP.	OUTLET TEMP.	TEMP.	FLOW RATE	PRESSURE DROP	LIQUID VOL.
A	Water	S1	S2	5.0 °C	24000 kg/h	49.29 kPa	334 dm³
B	Ammonia	S3	S4	1.0 °C	1064 kg/h	1.228 kPa	338 dm³

DEPT	REF.	MP NO.
AGENT/REF. ALFA LAVAL AS		
CUSTOMER NAME / REF. NO. ALFA LAVAL AS Sandvika		
SIGN.		

PLATE HEAT EXCHANGER

M20-MWFGR
SA

Alfa Laval

QUOTATION
Studie projekt

DATE 2002-02-21

REV No. 0

Alfa Laval Plate Heat Exchanger Specification

Customer : ALFA LAVAL AS Sandvika **Model** : M10-BWFDR
Project: : Studie projekt
Item : 379.5kW **Date** : 2002-03-01

Fluid			AmmoniaWater
Mass flow rate	kg/s	0.2966	7.535
Fluid Condensed/Vapourized	kg/s	0.2966	0.000
Inlet temperature	°C	60.0	9.0
Outlet temperature(vapor/liquid)	°C	24.9/21.8	21.0
Operating pressure (In/Out)	bar	9.94/9.89	
Pressure drop (Perm/Calc)	kPa	50.0/4.51	50.0/43.5
Velocity Connection (In/Out)	m/s	5.84/0.0629	0.959/0.962
Heat Exchanged	kW	379.5	
Heat Transfer Area	m ²	9.6	
O.H.T.C clean conditions	W/(m ² *K)	5160	
O.H.T.C service	W/(m ² *K)	4373	
Fouling Resistance * 10000	m ² *K/W	0.20	
Additional Excess Surface	%	8	
Mean Temperature Difference	K	9.0	
Relative direction of the fluids		Countercurrent	
No. of plates		44	
No. of effective plates		40	
Number of passes		1	1
Extension capacity		16	
Plate material / thickness		AISI 316 / 0.60 mm	
Sealing material		Welded	NBRP CLIP-ON
Ring Gasket		NBRHT	
Connection material		Stainless steel	Stainless steel
Connection diameter	mm	100	100
Nozzle orientation		S4 -> S3	S1 <- S2
Pressure vessel code		SA	
Flange rating		DIN	
Design pressure	barg	24.0	16.0
Test pressure	barg	31.2	20.8
Design temperature	°C	60.0	25.0
Overall length x width x height	mm	960 x 470 x 981	
Liquid volume	dm ³	13.9	13.2
Net weight, empty / operating	kg	406 / 420	
Packed weight (SKID BASE)	kg	436	
volume	m ³	0.6	
length x width x height	mm	1100 x 600 x 940	

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Fluid Composition

Hot side
Ammonia
Condensing

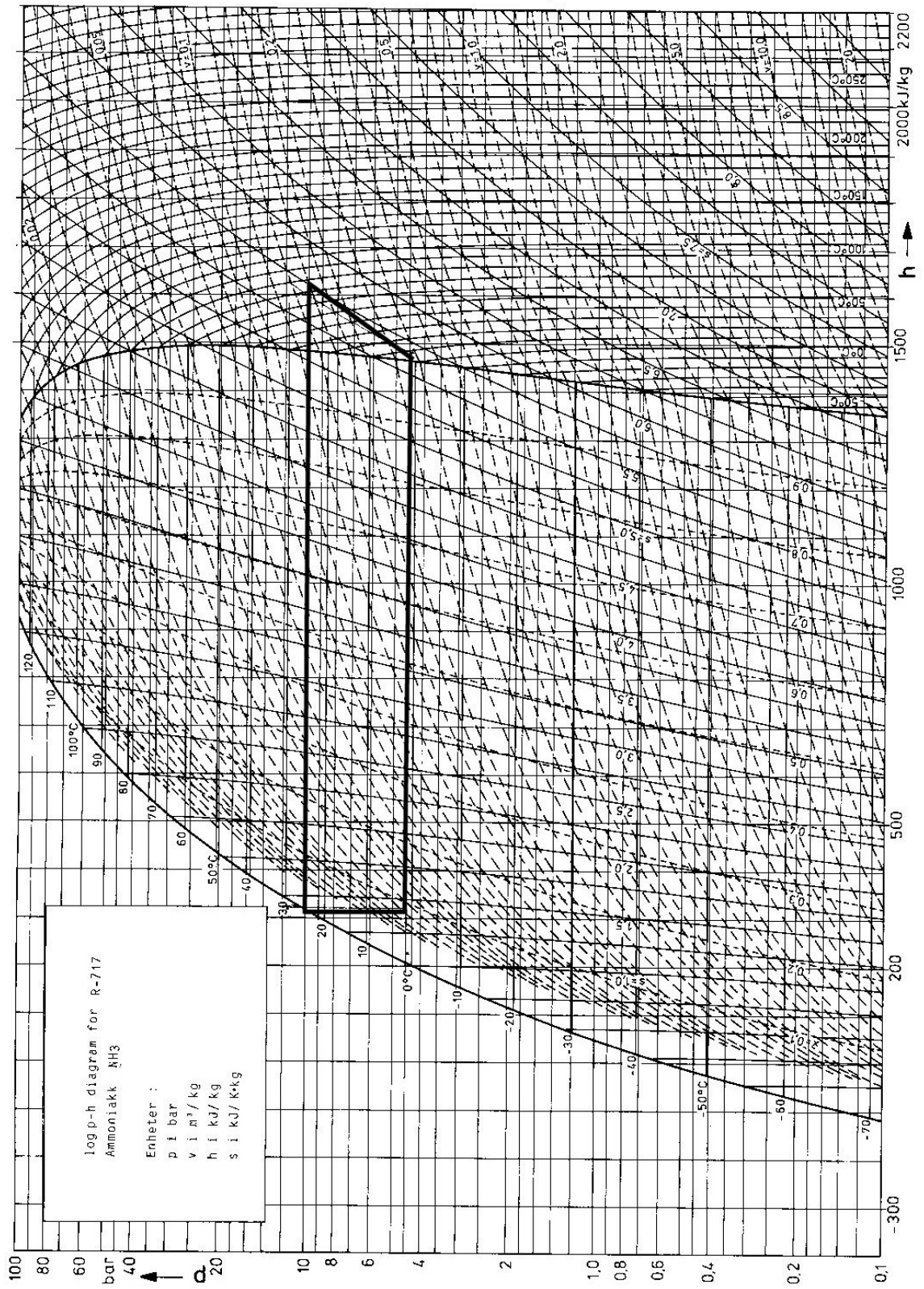
Cold side
Water
Liquid Heating

Ammonia = **0.2966 kg/s**
inlet v/l 0.2966/0.000
outlet v/l 0.000/0.2966

Water = **7.535 kg/s**
inlet v/l 0.000/7.535
outlet v/l 0.000/7.535

Physical Properties

(inlet/outlet)	Hot side Liquid	Vapour	Cold side Liquid	Vapour
Dens	544.1/600.7	6.463/7.354	1000/997.2	
Sp.Heat	5.211/4.805	2.617/3.120	4.205/4.190	
Visc	0.0945/0.130	0.0114/0.0101	1.35/0.983	
Th.Cond	0.458/0.516	0.0286/0.0248	0.585/0.604	
Bub. p.		25.0/25.0		
Dew p.		25.0/25.0		
Mol.W.		17.03/17.03		
Cr.pr.		112.60/112.60		
Cr.temp.		132.3/132.3		
Lat.heat		1159.8/1160.4		



KULDEMEDIUM R 717

Temperatur	Trykk	Spesifikk entalpi		Spesifikk volum damp	Temperatur	Trykk	Spesifikk volum		Spesifikk væske	Spesifikk entalpi væske	Spesifikk volum damp	Spesifikk væske	Spesifikk entalpi damp
		m ³ /kg	kJ/kg				m ³ /kg	kJ/kg					
+50	0,4085	1,4241	2,6250	1391,1	0	4,294	1,5659	0,2890	200,00	1460,7			
+49	0,4332	1,4265	2,4840	1392,8	1	4,475	1,5692	0,2789	204,57	1461,8			
+48	0,4592	1,4290	2,3520	1394,4	2	4,625	1,5726	0,2693	209,15	1462,8			
+47	0,4865	1,4314	2,2290	1396,1	3	4,797	1,5760	0,2601	213,73	1463,9			
+46	0,5151	1,4339	2,1130	1397,7	4	4,975	1,5795	0,2513	218,32	1464,9			
+45	0,5450	1,4364	2,0040	1399,3	5	5,158	1,5830	0,2428	222,91	1465,9			
+44	0,5764	1,4389	1,9020	1401,0	6	5,345	1,5865	0,2347	227,50	1466,8			
+43	0,6093	1,4414	1,8060	1402,6	7	5,539	1,5900	0,2269	232,10	1467,8			
+42	0,6436	1,4439	1,7160	1404,2	8	5,740	1,5935	0,2194	236,70	1468,8			
+41	0,6796	1,4465	1,6310	1405,8	9	5,940	1,5971	0,2122	241,30	1469,7			
+40	0,7171	1,4490	1,5510	1407,3	10	6,150	1,6007	0,2053	245,91	1470,6			
+39	0,7563	1,4516	1,4760	1408,9	11	6,366	1,6044	0,1987	250,53	1471,5			
+38	0,7973	1,4542	1,4050	1410,5	12	6,586	1,6080	0,1923	255,14	1472,4			
+37	0,8401	1,4568	1,3380	1412,0	13	6,813	1,6117	0,1862	259,76	1473,2			
+36	0,8847	1,4594	1,2740	1413,6	14	7,046	1,6155	0,1803	264,39	1474,1			
+35	0,9312	1,4620	1,2150	1415,1	15	7,284	1,6192	0,1746	269,01	1474,9			
+34	0,9797	1,4647	1,1580	1416,6	16	7,529	1,6230	0,1692	273,65	1475,7			
+33	1,0302	1,4673	1,1050	1418,1	17	7,781	1,6269	0,1639	278,28	1476,5			
+32	1,0828	1,4700	1,0550	1419,6	18	8,038	1,6307	0,1590	282,05	1477,5			
+31	1,1376	1,4727	1,0070	1421,1	19	8,303	1,6346	0,1541	286,72	1478,2			
+30	1,1946	1,4754	0,9626	1422,5	20	8,573	1,6386	0,1491	291,40	1479,0			
+29	1,2538	1,4782	0,9199	1424,0	21	8,851	1,6425	0,1449	296,09	1479,7			
+28	1,3154	1,4809	0,8795	1425,5	22	9,135	1,6466	0,1405	300,78	1480,4			
+27	1,3795	1,4837	0,8413	1426,9	23	9,426	1,6506	0,1362	305,47	1481,1			
+26	1,4460	1,4865	0,8050	1428,3	24	9,725	1,6547	0,1323	310,17	1481,7			
+25	1,5150	1,4893	0,7705	1429,7	25	10,030	1,6588	0,1284	314,88	1482,4			
+24	1,5867	1,4921	0,7379	1431,1	26	10,343	1,6630	0,1246	319,60	1483,0			
+23	1,6611	1,4949	0,7068	1432,5	27	10,663	1,6672	0,1209	324,32	1483,6			
+22	1,7382	1,4978	0,6774	1433,9	28	10,991	1,6714	0,1174	329,05	1484,2			
+21	1,8182	1,5006	0,6494	1435,3	29	11,326	1,6757	0,1140	333,78	1484,8			
+20	1,9011	1,5033	0,6228	1436,6	30	11,669	1,6800	0,1106	338,52	1485,3			
+19	1,9870	1,5065	0,5975	1437,9	31	12,020	1,6844	0,1076	343,27	1485,9			
+18	2,0760	1,5095	0,5734	1439,3	32	12,378	1,6888	0,1045	348,02	1486,4			
+17	2,1681	1,5123	0,5505	1440,6	33	12,745	1,6932	0,1016	352,78	1486,9			
+16	2,2634	1,5153	0,5287	1441,9	34	13,120	1,6977	0,0987	357,55	1487,3			
+15	2,3620	1,5183	0,5079	1443,2	35	13,503	1,7023	0,0960	362,33	1487,8			
+14	2,4641	1,5213	0,4881	1444,4	36	13,895	1,7068	0,0933	367,11	1488,2			
+13	2,5695	1,5244	0,4692	1445,7	37	14,295	1,7115	0,0907	371,90	1488,6			
+12	2,6785	1,5274	0,4513	1446,9	38	14,704	1,7162	0,0882	376,70	1489,0			
+11	2,7912	1,5305	0,4341	1448,2	39	15,122	1,7209	0,0858	381,50	1489,4			
+10	2,9075	1,5336	0,4177	1449,4	40	15,548	1,7257	0,0835	386,32	1489,7			
+9	3,0277	1,5367	0,4021	1450,6	41	15,984	1,7305	0,0812	391,14	1490,1			
+8	3,1517	1,5399	0,3871	1451,8	42	16,429	1,7354	0,0790	395,97	1490,4			
+7	3,2797	1,5430	0,3728	1452,9	43	16,883	1,7404	0,0769	400,80	1490,6			
+6	3,4117	1,5462	0,3592	1454,1	44	17,346	1,7454	0,0748	405,65	1490,9			
+5	3,5479	1,5494	0,3462	1455,2	45	17,816	1,7504	0,0729	410,50	1491,1			
+4	3,6883	1,5527	0,3337	1456,4	46	18,302	1,7556	0,0709	415,37	1491,3			
+3	3,8331	1,5559	0,3218	1457,5	47	18,794	1,7607	0,0690	420,24	1491,5			
+2	3,9822	1,5592	0,3104	1458,6	48	19,296	1,7666	0,0672	425,12	1491,7			
+1	4,1359	1,5625	0,2994	1459,7	49	19,809	1,7713	0,0655	430,01	1491,8			
0	4,2941	1,5659	0,2890	1460,7	50	20,331	1,7767	0,0638	434,91	1491,9			