

Kylproduktion vid USÖ



Kund

Beställare: Peter J Johansson
E.ON Energilösningar AB
peter.j.johansson@eon.se
070- 525 89 30

Kontakt FVB

Projektansvarig: Todd Sivertsson
todd.sivertsson@fvb.se
021-81 80 59
070-69 68 059

Övrigt

Rapportstatus: Preliminär
Projektnummer: 190708
Dokument-ID: 190708-001
Datum: 2020-09-30
Omslagsbild: "En konstnärs tolkning av vår verksamhet" av Lars Ahlberg

Revidering

Rev nr	Datum	Granskad	Anmärkning

SAMMANFATTNING

Inledning

För närvarande pågår dels utbyggnad av en ny sjukhusdel inom Universitetssjukhuset i Örebro (USÖ) samt förändringar som ska möjliggöra fler operationer. Nya byggnader ansluts även till övriga fjärrkylanätet i city vilket påverkar erforderligt kylbehov i hela fjärrkylanätet.

Till följd av ovanstående räcker inte tillgänglig kylproduktionskapacitet till vid ett eventuellt bortfall av största enhet. Det har även konstaterats att kommande krav på ett funktionssäkert sjukhus enligt "Den Robusta Sjukhusbyggnaden – 2020" som utges av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap inte uppfylls.

I denna rapport ges förslag på erforderliga åtgärder, placering av utrustning och investeringsbehov för att framtidssäkra leveranskapacitet och leveranstillgänglighet av kylproduktion till Universitetssjukhuset och fjärrkylakunder i Örebro stad.

Kylproduktionsanläggning

En ny kylproduktionsanläggning föreslås att byggas vid USÖ. Anläggningen kommer att utgöra basproduktion för fjärrkylan med huvudsakligt syfte att leverera till sjukhuset.

Anläggningen placeras i T-huset och föreslås bestå av kompressorkylmaskiner (2 x 5 MW), frikyla värmeväxlare (3 MW) och en mindre kylvärmepump med intern värmeåtervinning (0,5 MW kyla och 0,7 MW värme).

Vidare föreslås anläggningen att fortsatt kylas med åvatten eftersom "traditionella kyltorn" utgör en hälsorisk (legionella tillväxt) och bullernivå som är oacceptabel inom ett sjukhusområde. Nytt tillstånd erfordras för bortledande av ytvatten och utsläppande av kylvatten i Svartån för permanent drift, utökning av mängden kylvatten samt omläggning av utloppsledningen. Samrådsunderlag har tagits fram (FVB ID #190708-002).

Affärsidén är att Regionen (RÖL) finansierar anläggningen och E.ON har driftansvaret. E.ON köper kylenergi av RÖL för leverans och försäljning till USÖ och övriga fjärrkylakunder.

Distributionssystem

Med avseende på det interna kylsystemet inom USÖ (sekundärsystemet) bör en ringled skapas vilket ger både redundans och ökade möjligheter att få ut erforderlig effekt till slutkunder inom USÖ. Dessutom föreslår vi att befintliga cirkulationspumpar byts ut till nya med större kapacitet. RÖL's konsult Projektengagemang ser över möjligheten att skapa en ringled mot Campus och H-huset (separat projekt).

Med avseende på FK nätet (primärsystemet) behöver systemet slutas vid Åbyverket. Idag är systemet ett s.k. öppet system där vattnet pumpas till kunder från en öppen bassäng vid Åbyverket och returvattnet släpps tillbaka till samma bassäng via strypventiler. För ett slutet system erfordras även en tryckhållning och expansionskärl.

Utformning och placering av tryckhållning och expansion kan utföras på flera olika sätt. För att uppskatta erforderligt investeringsbehov har vi emellertid inriktat oss på det som i dagsläget verkar mest rimligt, vilket är tryckhållning med tryckhållningspumpar på framledningen vid Åbyverket. En ackumulatortank med höjden ca 35 - 45 m (beroende på inkopplingspunkt) kan

också fungera men inom ramen för detta arbete har det inte funnits möjlighet att finna någon lämplig plats eller utreda huruvida det är ekonomiskt försvarbart att bygga en ackumulatortank.

Kruttornet är ett gammalt vattentorn som ligger inom USÖ. Det har spekulerats kring huruvida detta kan byggas om och användas som ackumulatortank. Vi har i denna rapport kommit fram till att Kruttornet varken är lämpligt som energilager eller tryckhållning då volymen är för liten, höjden är en begränsande faktor för sekundärnätet och placeringen olämplig som tryckhållning i primärnätet. Det faktum att byggnaden dessutom är Q-märkt gör att vi inte rekommenderar en vidare utredning av detta.

Tryckbilden i primärnätet kommer att förändras beroende på varifrån kylproduktion sker. På grund av detta behöver även differenstryckmätning införas hos fler kunder, primära tryckstegringspumpar vid USÖ bytas ut och systemlösningen för E.ONs värmepumpskunder ses över.

Uppskattat Investeringsbehov

Redovisade investeringskostnader i denna rapport bygger på en uppskattning av längder och storlekar samt att valda platser kan utnyttjas för ändamålet.

Innan investeringsbeslut fattas rekommenderar vi att:

- Det verifieras / säkerställs att valda platser i denna rapport kan utnyttjas för ändamålet.
- En förprojektering genomförs av föreslagna åtgärder vid Åbyverket.
- Kraftanslutning, elentreprenad och automation verifieras av sakkunnig då stora avvikelser kan uppkomma beroende på krav och förutsättningar

Uppskattning av investeringskostnader	MSEK
Ny kylproduktionsanläggning i T-huset vid USÖ	60
Åtgärder vid Åbyverket för att sluta FK systemet	20
Anpassning av befintligt primärnät vid USÖ	2

Rekommenderat fortsatt arbete

Det absolut viktigaste är att jobba vidare med och få acceptans för en permanent kylproduktionsdrift med en ökad mängd kylvatten som bortförs och återförs till Svartån. Förslagsvis testas framtaget samrådsunderlag (FVB ID #190708-002) med miljökontoret innan det offentliggörs politiskt. Att en ny Vattendom kommer till stånd är en förutsättning för alla slutsatser och rekommendationer i denna rapport.

RÖL

Säkra upp möjligheten att få använda föreskrivna utrymmen i T-huset samt placering av ny kraftförsörjning.

Sammanställ allt planerat tillkommande elbehov inom sjukhusområdet (inklusive ny kylproduktionsanläggning enligt denna rapport). Inled samarbete med E.ON Energidistribution för att reda ut hur elkraften säkerställs.

Inled ett systematiskt arbete med att förbättra delta T i sekundärsystemet. Detta är nödvändigt för att säkerställa ett funktionssäkert sjukhus. Åtgärder ska i första hand inriktas på de största överkonsumenterna av flöde.

Utred kapacitetskrav (uppforderingshöjd) för nya cirkulationspumpar för att, under en övergångsperiod, möjliggöra överföring av 10 MW kyla med ett lägre delta T än design (8°C jmfrt med 12°C). Hänsyn ska tas till det ökade tryckfallet genom värmeväxlare och en ny ringled mot Campus och H-huset.

E.ON

Utför en förprojektering av nödvändiga åtgärder inom Åbyverket (försluta distributionssystemet samt ny tryckhållning och expansion) för att möjliggöra kylproduktion från USÖ.

Utför Netsim simuleringar för olika driftfall vid samtidig produktion från båda anläggningarna för att på så vis ta fram vart i nätet som differenstrycksmätning behöver installeras.

Ta fram lämplig systemlösning hos värmepumpskunder för att klara de nya driftfallen.

Utöver ovanstående kritiska uppgifter, rekommenderas att i mån av tid utreda huruvida det är ekonomiskt försvarbart och möjligt att bygga en ackumulatortank som placeras vid Åby och används som tryckhållning.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	1
2	NULÄGE OCH PROBLEMSTÄLLNING	2
2.1	Bakgrund / Nuläge	2
2.2	Befintlig systemlösning	2
2.3	Produktion	3
2.4	Distribution och temperaturdifferens	5
2.5	Vattendom	6
2.6	Elmatning	6
3	BEGRÄNSNINGAR OCH RANDVILLKOR	7
4	FÖRESLAGEN SYSTEMLÖSNING USÖ	8
4.1	Övergripande	8
4.2	Fjärrkyla/ köldbärarsystem	8
4.3	Kylmedel-/värmeåtervinningssystem	9
4.4	Kylvatten/ åvattensystem	9
4.5	Elmatning	9
5	DIMENSIONERING OCH VAL AV UTRUSTNING USÖ	10
5.1	Kylmaskinell utrustning	10
5.2	Kylvatten/ åvattensystem	12
5.3	Fjärrkyla/ köldbärarsystem	18
5.4	Kylmedelsystem	19
5.5	Värmeåtervinningssystem	19
5.6	Sekundärt kylsystem	20
5.7	Flöde och energimätning	20
5.8	Dimensioneringsförutsättningar	21
6	MILJÖ OCH SÄKERHET	23
6.1	Förändringar i vattendom	23
6.2	Säkerhetsaspekter köldmedium	24
7	PLACERING AV UTRUSTNING OCH BYGGNADSTEKNISKA KRAV	26
7.1	Inledning	26
7.2	Nödvändiga åtgärder byggnad	29

7.3	Elektriska installationer	30
8	DISTRIBUTIONSSYSTEM	31
8.1	Inledning	31
8.2	Lösningsförslag för att sluta FK systemet	31
8.3	Lösningsförslag med avseende tryckhållning	33
8.4	Övriga nödvändiga åtgärder	38
8.5	Slutsats	39
9	ACKUMULATORTANK	41
9.1	Inledning	41
9.2	Ackumulatortank som kopplas in sekundärt (USÖ's nät)	41
9.3	Ackumulatortank som kopplas in primärt (FK nät)	43
9.4	Kruttornet	44
10	REGLERPRINCIPER	46
10.1	Övergripande styrning	46
10.2	Flödesreglering	47
10.3	Kapacitetsreglering	48
10.4	Signalutbyte och larm	49
11	INVESTERINGSKOSTNADER	50
11.1	Inledning	50
11.2	Generellt	50
11.3	Ny kylproduktionsanläggning i T-huset (USÖ)	50
11.4	Slutning av befintligt fjärrkylanät vid Åbyverket	52
11.5	Anpassning av befintligt primärnät	54
11.6	Sammanfattning av investeringskostnader	55
12	SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER	56
13	APPENDIX	58
13.1	Flödesscheman	58
13.2	Layouter Produktionsanläggning USÖ	58

1 INLEDNING

Region Örebro län (RÖL) har tillsammans med E.ON för avsikt att bygga en permanent kylproduktionsanläggning som placeras vid Örebros Universitetssjukhus (USÖ).

Syftet är att säkerställa leveranskapacitet och leveranstillgänglighet av kylproduktion till USÖ och fjärrkylakunder i Örebro stad. Anläggningen ska dels utgöra basproduktion till fjärrkylakunder samtidigt som erforderlig redundans erhålls inom sjukhusområdet vid ett eventuellt bortfall av fjärrkylaproduktion vid Åbyverket.

Idén är att RÖL finansierar anläggningen och E.ON har driftansvaret. E.ON köper kylenergi av RÖL för leverans och försäljning till USÖ och övriga fjärrkylakunder.

2 NULÄGE OCH PROBLEMSTÄLLNING

2.1 Bakgrund / Nuläge

För närvarande pågår dels utbyggnad inom USÖ av en ny sjukhusdel samt förändringar som ska möjliggöra fler operationer. Nya byggnader ansluts även till fjärrkylanätet vilket påverkar tillgänglig kylproduktionskapacitet vid Åbyverket. Det blir även allt vanligare med värmeböljor vilket påtagligt påverkar förmågan att hålla luftfuktigheten tillräckligt låg i utrymmen som är känsliga för hög luftfuktighet. De flesta klimatmodeller som presenterats visar att den genomsnittliga temperaturen över året kommer att öka och antalet dagar med extrem värme kommer att bli fler. Under den varma sommaren 2018 påverkades inomhusklimatet så att inomhusmiljön för såväl ineliggande patienter som anställda blev ansträngd, operationer fick ställas in och sterilt material förlorade sin sterilitet.

Till följd av ovanstående beräknas kylbehovet att öka till en nivå som redundant kylproduktionskapacitet inte är dimensionerad för.

Befintlig kylproduktionskapacitet och konfiguration uppfyller inte kommande krav på ett funktionssäkert sjukhus enligt "Den Robusta Sjukhusbyggnaden – 2020" som utges av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap.

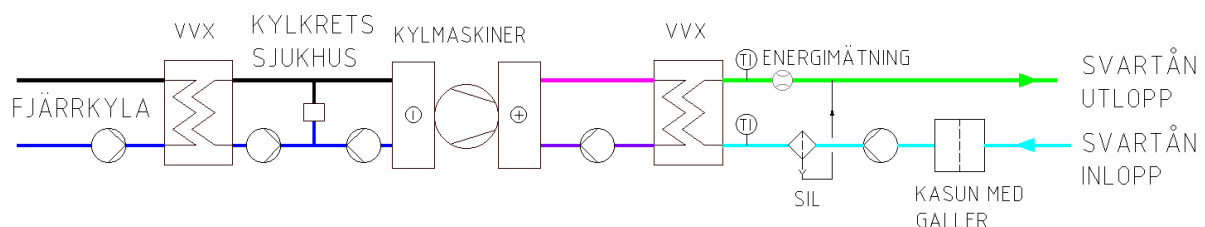
2.2 Befintlig systemlösning

Kylproduktion vid USÖ sker idag genom leverans av fjärrkyla men det finns även en reservkylanläggning som används vid avbrott i fjärrkylaleverans (max ca 3 MW). Historiskt har detta inträffat med några års mellanrum och då har anläggningen körts i upp till 2 veckor.

Fjärrkyla levereras av E.ON till 3 st värmeväxlare som är placerade i T-husets källare. I källaren finns även sekundärnätets distributionspumpar som levererar kyla till de olika fastigheterna inom USÖ via sjukhusets interna distributionsnät (sekundärnätet).

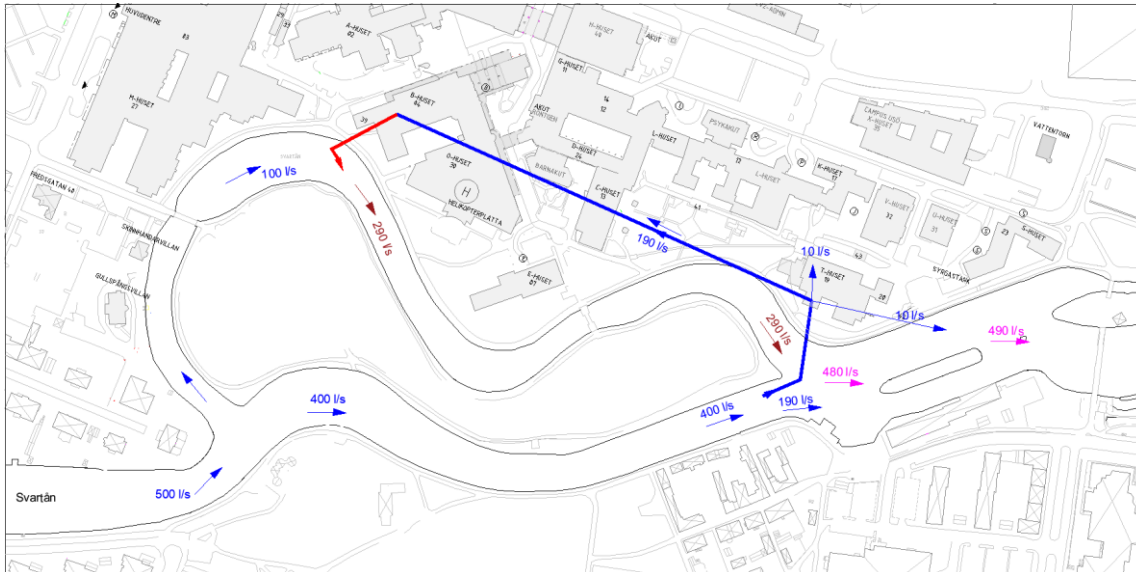
Reservkylanläggningen består av 3 st ammoniakkylmaskiner som är placerad i B-huset och är kopplad till samma interna distributionsnät.

Ammoniakmaskinerna kyls med åvatten vilket innebär att kondensorvärmen tillförs Svartån när reservanläggningen är i drift, se principiell systemutformning i Figur 1.



Figur 1: Principiell systemlösning (befintlig)

Åvattnet tas in via intagsledning och galler till intagskasun/bassäng i T-huset. Från kasunen pumpas vattnet till värmeväxlare i B-huset. Efter passage genom värmeväxlarna leds det uppvärmda kylvattnet direkt till Svartåns norra delflöde, se Figur 2.



Figur 2: Vattencirkulation vid min åvattenflöde och fullt kylvattenuttag (Befintligt system)

Från kasunen/bassängen i T-huset pumpas även en delström till reservvattenanläggningen vilket inte diskuteras vidare i denna rapport.

2.3 Produktion

2.3.1 Fjärrkylproduktion

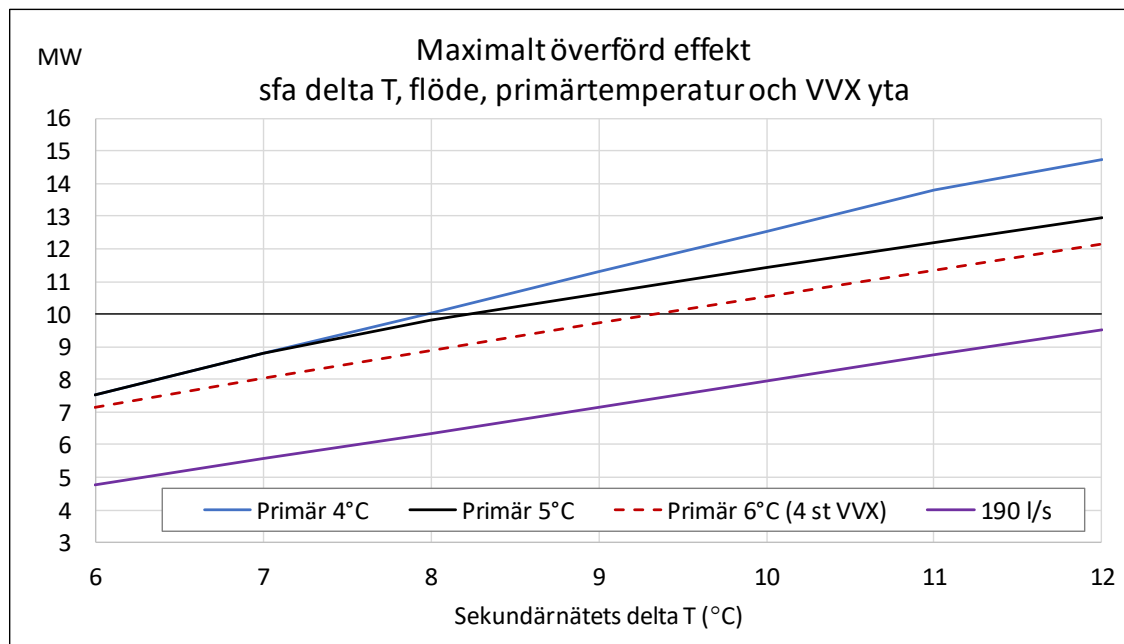
Fjärrkylproduktion sker idag vid Åbyverket med flera olika produktionsformer såsom frikyla, värmepumpar och kompressorkylmaskin. Nya byggnader ansluts till nätet och E.ON står idag inför ett redundansproblem vid bortfall av största enhet.

2.3.2 Värmeväxlare

Befintliga plattvärmeväxlare mellan fjärrkylanät och USÖ's sekundärnät utgör en begränsning av möjlig värmeöverföring. Under arbetet med denna rapport har rengöring av växlare och utökning med 40 plattor per växlare utförts vilket enligt Alfa Laval möjliggör en överföringskapacitet på ca 9,5 MW med 3 st växlare vid designtemperaturer 4/16°C och 6/18°C och designflöde 190 l/s på respektive sida.

Överföringskapaciteten i en värmeväxlare är emellertid starkt beroende av temperaturer och flöden. Typiskt uppnås inte högre delta T än ca 8°C i sekundärnätet vid maxlast. I kombination med begränsad pumpkapacitet kan inte mer än ca 6,5 MW överföras i praktiken trots att behovet sannolikt är större i verkligheten.

I Figur 3 nedan redovisas maximalt överförd effekt som funktion av delta T vid ett sekundärt maxflöde på 190 l/s (lila linje). I samma Figur redovisas även maximalt överförd effekt om vi ökar kapaciteten på pumparna till ca 300 l/s (övriga linjer). Vid ökat flöde blir det även viktigt att den primära framledningstemperaturen inte blir för varm. Av denna anledning visar vi även denna inverkan i Figuren.



Figur 3: Maximalt överförd effekt sfa temperaturer vid max FK flöde

Vid en primär framledningstemperatur på 4-5°C och 7,2°C sekundär framledningstemperatur kan 10 MW överförd effekt uppnås med befintliga växlare vid ett delta T på ca 8°C sekundärt under förutsättning att både primärt och sekundärt flöde är ca 300 l/s.

Vid högre primära framledningstemperaturer behöver det sekundära flödet begränsas för att inte framledningstemperaturen till sjukhusets byggnader ska bli för varm. Därmed sjunker även maximalt värmeöverförd effekt.

Vid tex 6°C primär- och 7,2°C sekundär framledningstemperatur behövs en fjärde värmewäxlare (streckad röd linje) om vi ska kunna uppnå 10 MW överförd effekt vid dT ca 10°C.

Ytterligare en aspekt, utöver värmeöverföringen, är att tryckfallet genom värmewäxlarna ökar markant med det högre flödet. Redan idag är tryckfallet 125 kPa vid designflöde och detta ökar till ca 300 kPa vid maxflöde vilket pumparna inte är dimensionerade för. Om en fjärde likadan värmewäxlare installeras ökar tryckfallet endast till ca 165 kPa.

2.3.3 USÖ reservkylanläggning

Befintlig reservkylanläggning har en maxkapacitet på ca 3 MW. Utöver det rent uppenbara att kylkapaciteten inte är tillräcklig en varm sommardag om fjärrkylan faller bort har följande problem framkommit:

- Manuell drift av reservanläggningen erfordras då den inte automatiskt går att köra ihop med fjärrkyla systemet vilket gör att anläggningen inte fungerar som spetsanläggning.
- Styrningen av åvattenpumparna är åldrad utrustning som inte är stabil vid körning av ammoniakmaskinerna.
- Vid hög temperatur i Svartån löser aggregaten ut.
- Det saknas tillgång till reservdelar då dessa inte längre lagerhålls av leverantör.
- Det förekommer ett visst ammoniakläckage och en larmgivare är trasig.

Åtgärder på befintlig reservkylanläggning pågår i ett separat projekt och diskuteras inte vidare i denna rapport.

2.4 Distribution och temperaturdifferens

2.4.1 FK System

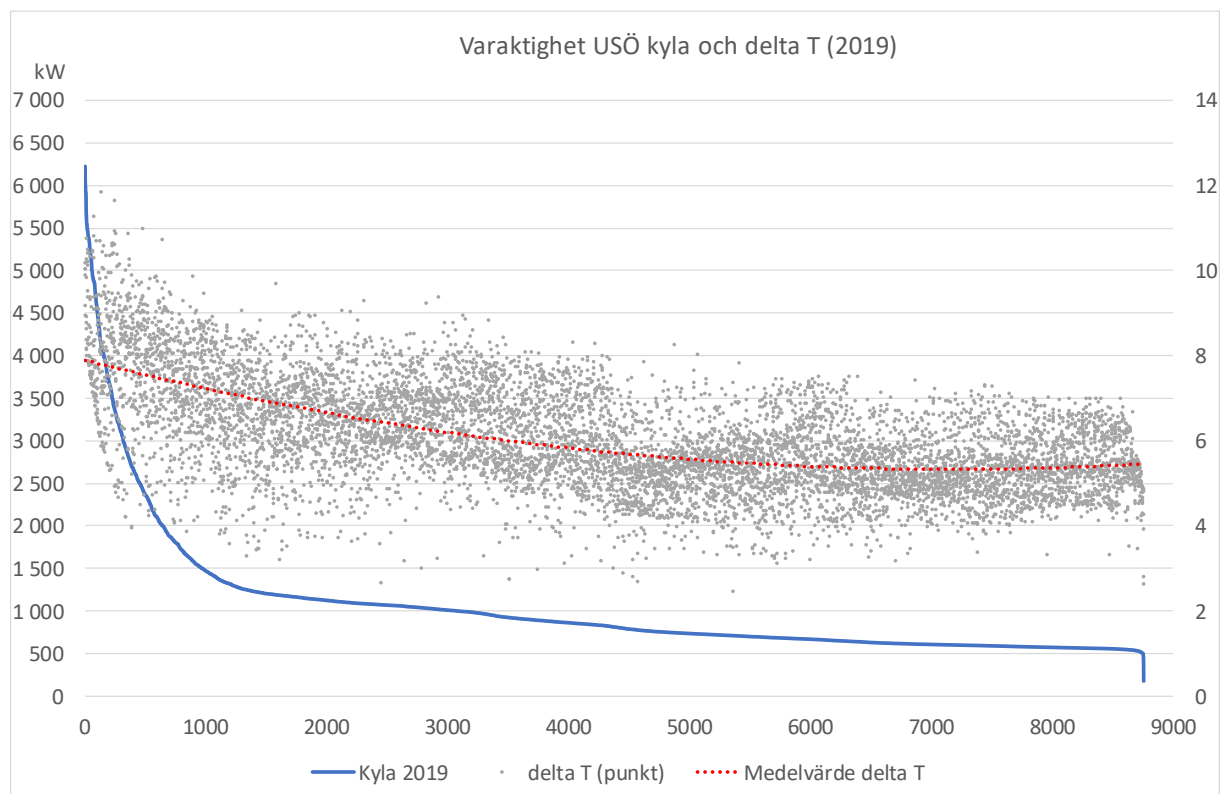
Distributionsledningens dimension till USÖ (DN400) i kombination med lågt delta T inom USÖ är en begränsande faktor.

Om tex 10 MW med delta T = 8°C ska transporteras genom en PE100, DN400 ledning med innerdiameter 353 mm blir flödes hastigheten 3 m/s och tryckfallet ca 23 mmvp/m. Detta betyder att tryckfallet uppgår till ca 40 mvp (400 kPa) i PE ledningen till och från USÖ.

2.4.2 USÖ

USÖ's interna kylsystem / sekundärnätet har ett antal ”kortslutningar” 3 vägs ventiler och andra tekniska lösningar som gör att returtemperaturen är för låg under långa perioder under året.

Figur 4 visar varaktighetskurvan för effektuttag och tillhörande temperaturdifferens (delta T) under året 2019. När delta T sjunker med effekten beror detta oftast på för stora reglerventiler och/eller kortslutningar.



Figur 4: Varaktighet för kyleffekt och tillhörande delta T

Medel dT under året 2019 var 6,2°C att jämföra med design som är 12°C.

Det kan inte nog understrykas hur viktigt arbetet är med att förbättra delta T i sekundärnätet. Med befintliga pumpar och ett delta T som är hälften av design kan endast hälften av effekten överföras (se även Figur 3).

2.5 Vattendom

Bortledande av ytvatten utgör en tillståndspliktig vattenverksamhet enligt 9 och 11 kap. miljöbalken.

RÖL har tillstånd för bortledande av vatten från Svartån för reservkylvatten- och reservvattenändamål. Tillståndet omfattar vidare utsläpp av spolvatten, retentat och kylvatten i Svartån.

Utöver det uppenbara problemet att tillståndet avser reservdrift är mängden vatten som får bortledas samt mängden värme som får tillföras begränsat i befintlig vattendom (M 3843-15, daterad 2016-09-29).

2.6 Elmatning

Idag levererar E.ON Energidistribution 10 kV till USÖ och RÖL's abonnerade effekt är 6,5 MW.

Dagens elbehov under sommartid vid USÖ pendlar mellan ca 3 – 4 MW där toppen är mitt på dagen. Dessvärre sammanfaller detta relativt väl med kylans topplastbehov som typiskt inträffar vid sen eftermiddag.

I teorin verkar det fullt möjligt att bygga en ny kylproduktionscentral med maxbehov ca 2,5 MW utan att abonnerad effekt påverkas men i praktiken planeras fler fastigheter inom området med tillkommande elförbrukning vilket förmodligen medför att gränsen kommer att överskridas.

E.ON Energidistribution har konstaterat att allt elbehov som överstiger dagens abonnerade effekt på 6,5 MW kräver signifikanta ombyggnationer i befintligt elnät.

För att E.ON ska påbörja en utredning/analys behöver RÖL göra en föransökan om tillkommande last.

3 BEGRÄNSNINGAR OCH RANDVILLKOR

Under projektets gång har beslut om begränsningar och randvillkor avseende USÖ fattats i samråd med E.ON och RÖL vid projektmöten. Utöver dessa redovisas även begränsningar och randvillkor för det primära distributionssystemet som vi använt oss av i denna rapport.

Kyleffekt och redundans

- Dimensionerande effekt för ny kylmaskinell utrustning är 10 MW kyla.
- Frikyla VVX ska installeras (3 MW)
- Befintliga ammoniakkylmaskiner ska inte ingå i systemlösningen.
- Fjärrkyla ska vara redundant kapacitet till ny maskinpark och vice versa.

Värmeåtervinning

- En mindre kylvärmepump med möjlighet till värmeåtervinning motsvarande 700 kW värme vid 63°C framledningstemperatur ska installeras (motsvarar 60°C framlednings-temperatur sekundärt).
- Denna maskin drifas av E.ON utifrån en optimal ekonomi och samhällsnytta. Därmed behöver RÖL tillse att det finns 100% redundant värmeproduktion till denna värmekälla.

Vattendom

- Ny ansökan tas fram där kondensorkylning för hela kyleffekten kan hanteras med vatten från Svartån.

Distributionssystem, sekundärnät

- Projektengagemang tittar på det sekundära distributionssystemet och har fått i uppdrag av RÖL att titta på en ringled mot Campus och H-huset vilket skapar både redundans och ökar möjligheterna att få ut erforderlig effekt till slutkunder inom USÖ.
- O-huset behöver en lägre framledningstemperatur än övriga byggnader. Temperatursänkning kommer att utföras lokalt till/vid O-huset istället för att sänka temperaturen i hela FK nätet.

Distributionssystem, primärnät

- Befintlig GAP-ledning (DN700, PN6) och PE ledning till USÖ (DN400, PN10) ska även fortsättningsvis användas som stam i distributionssystemet för fjärrkyla.
- Temperaturdifferensen i FK nätet är minst 8°C under höglastdrift. FVB har tidigare utfört en temperaturanalys (FVB ID# 170895-002) där det framgår att detta är fullt möjligt genom att åtgärda de 3-5 sämsta undercentralerna med störst överkonsumtion av vatten.

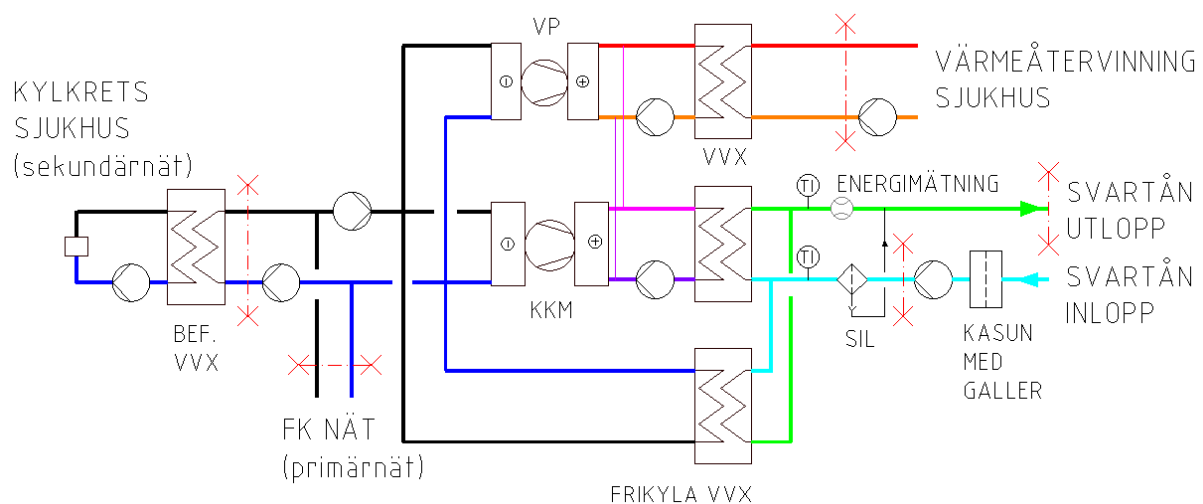
4 FÖRESLAGEN SYSTEMLÖSNING USÖ

4.1 Övergripande

En ny kylproduktionsanläggning föreslås att byggas i T-huset bestående av kompressorkylmaskiner, frikyla värmeväxlare och en kylvärmepump med intern värmeåtervinning under de perioder som samtidigt behov av kyla och värme finns inom området. Anläggningen kommer att utgöra basproduktion för fjärrkylan med huvudsakligt syfte att leverera till sjukhuset. Eftersom anläggningen utgör basproduktion behöver den användas för permanent drift.

Vidare föreslås anläggningen att fortsatt kylas med åvatten eftersom ”traditionella kyltorn” utgör en hälsorisk (legionella tillväxt) och bullernivå som är oacceptabel inom ett sjukhusområde. Nytt tillstånd erfordras för bortledande av ytvatten och utsläppande av kylvatten i Svartån för permanent drift, utökning av mängden kylvatten samt omläggning av utloppsledningen.

Föreslagen systemlösning med entreprenadgränser redovisas principiellt i Figur 5 nedan. Ett detaljerat flödesschema bifogas i Appendix.



Figur 5: Föreslagen systemlösning, produktionsanläggning USÖ (principiell)

4.2 Fjärrkyla/ köldbärarsystem

Systemet föreslås utformas som ett sk. ”variable primary flow system” vilket innebär att inga separata cirkulationspumpar behövs till respektive kylmaskin. Flödet genom maskinerna åstadkoms med distributionspumparna och kommer således att variera. Systemuppbyggnaden innebär inte bara en minskad investering utan sparar även energi jämfört med traditionella primära / sekundära pumpsystem eftersom mindre vatten pumpas genom maskinerna. För att säkerställa en god reglerbarhet tillkommer emellertid mätutrustning och en kontrollenhet till kylmaskinerna.

För att undvika eventuella problem med igensättning, avlagringar, korrosion och biologisk tillväxt i kylmaskinernas kondensorer föreslås att ett mellanliggande kylmedelsystem med värmeväxlare installeras mellan kylmaskiner och Svartåvattnet.

Befintlig intagsledning och intagskassun avses att användas i befintligt skick. Nya åvattenpumpar och självrensande filter införskaffas.

Kylproduktionsanläggningens elförbrukning bör avskiljas helt från övriga sjukhuset. På så sätt kan RÖL enkelt avyttra anläggningen till E.ON vid ett eventuellt ifrågasättande av tänkt affärsmodell.

Stationen ska förslagsvis innehålla nätägarens mätutrustning, HSP brytare, minst två transformatorer och LSP brytare. Det ska vara möjligt att serva och underhålla HSP/LSP brytare och transformatorer var för sig utan att behöva stänga ner hela kylproduktionsanläggningen.

För att i möjligaste mån undvika signifikanta ombyggnationer i befintligt elnät bör det vara möjligt att kortvarigt effektbegränsa kylmaskinell utrustning placerad vid USÖ. Spetsning av kyllast till FK nätet sker därmed från maskiner placerade vid Åbyverket.

5 DIMENSIONERING OCH VAL AV UTRUSTNING USÖ

5.1 Kylmaskinell utrustning

Föreslagen framtida produktionskapacitet inklusive ny anläggning vid USÖ:

Åby (kylmaskin + värmepumpar) 28,5 MW

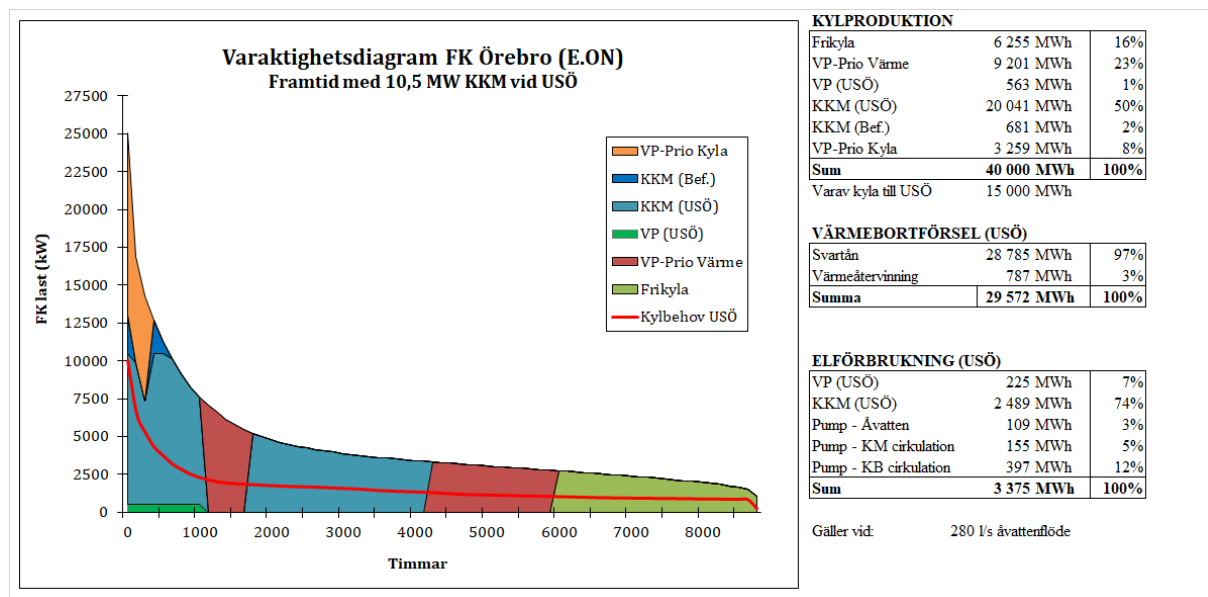
USÖ (kylmaskiner + kylvärmepump) 10,5 MW

Största enhet är 13 MW vid Åbyverket vilket betyder att redundant kylkapacitet är 26 MW efter utbyggnad.

Ett varaktighetsdiagram för E.ONs "framtida" fjärrkylanät redovisas Figur 7 nedan. Totalt behövs årligen 40 GWh kyla varav USÖs behov är 15 GWh.

I diagrammet har vi lagt in ny kylmaskinell utrustning motsvarande 10 MW kyla (KKM USÖ) samt en mindre kylvärmepump (VP USÖ) med möjlighet till värmeåtervinning motsvarande 700 kW värme enligt avsnitt 3.

Det framgår i figuren att ca 20,5 GWh kyla kommer att produceras med maskiner placerade vid USÖ. Av dessa 20,5 GWh kommer ca 44% (9 GWh) att levereras till USÖ och resterande 56% (11,5 GWh) till FK nätet. Detta betyder samtidigt att ca 6 GWh kommer att levereras från FK nätet till USÖ varav den största delen är under den kalla årstiden.



Figur 7 – Varaktighetsdiagram E.ON (framtid med totalt kyleffektbehov motsvarande 25 MW)

Dimensionerande normalfall avseende kylproduktion vid USÖ som levereras ut på FK nätet är vid utomhustemperaturen ca +20 - 24°C (se Figur 7 vid ca 700 timmar). Totalt kylbehov i nätet är ca 10,5 MW och all produktion sker vid USÖ. USÖ's interna behov är ca 3 MW vilket betyder att 7,5 MW behöver levereras till FK nätet. Genomsnittligt delta T i FK nätet är vid denna tidpunkt ca 7,5°C.

5.1.1 Kylmaskiner och köldmedium

Förslag/exempel på utrustning

2 st centrifugalkylmaskiner, Trane ECTV CVHH 1500, (2 x 5 MW kyla) innehållande köldmedium HFO R1233zd(E). För att säkerställa en god reglerbarhet vid variabelt köldbärarflöde rekommenderar vi även att ” Trane Adaptive Control” införskaffas. Kontrollenheten använder en variabel kompensationsalgoritm för att upprätthålla en stabil och exakt kapacitetskontroll.

1 st kylvärmepump, Carrier 30XWHPZE, (0,7 MW värme) innehållande köldmedium HFO R1234ze(E). Maskinen är en skruvkompressor som kan kapacitetsregleras mellan 15 - 100%.

HFO-medierna är en relativt ny grupp syntetiska köldmedier som tycks kunna bidra till en miljömässigt acceptabel utfasning av HFC-medierna med hög GWP. HFO tillhör gruppen HFC men F-gasförordningen exkluderar HFO från definitionen av HFC. På senare tid har även miljökonsekvenser avseende förurning vid sönderdelning av HFO köldmedier till trifluorättiksyra (TFA) diskuterats flitigt. Det har dock konstaterats att mindre än 2% respektive 10% av R1233zd(E) respektive R1234ze (E) sönderdelas i TFA.

I Tabell 1 nedan återges kapacitetsdata, utrymmesbehov och vikter för respektive maskin.

Tabell 1: Kapacitet, utrymmesbehov och vikter för kylmaskiner

	Temp (°C)	Effekt (kW)	LxBxH (m)		Vikt (kg)	
	KB in/ut KM in/ut	100% last (kyla/värme/el)	Maskin	inkl. krav på fria ytor	Op. vikt	HFO
KM	14/6 27/37	5 000/ 5 733/ 733 EER = 6,8	4,6 x 3,5 x 3,6	10,5 x 4,9 x 4,5	30 500	1 338
KVP Kyldrift	14/6 27/37	528/ 626/ 108 EER = 4,9	3,3 x 1,2 x 2,0		3 995	250
Värmedrift	14/6 52/63	513/ 699/ 206 COP _v = 3,4				

I Tabell 2 nedan visas klassindelning och fyllnadsmängder för de köldmedier som föreslås.

Tabell 2: Säkerhetsklass och fyllnadsmängder för köldmedier.

Köldmedium	Klass ¹	GWP ²	Fyllnadsmängd (kg)	CO ₂ e (kg)
R1233zd(E)	A1	4,5	2 x 1 338 = 2 676 kg	12 042
R1234ze(E)	A2L	7	250 kg	1 750
TOT			2 926 kg	13 792 kg

¹ För säkerhetsklasser gäller att bokstaven (A-B) avser köldmediets giftighet och siffran (1-3) avser dess brandfarlighet, se Tabell 3.

² GWP (Global Warming Potential) är en faktor som anger det totala bidraget till den globala uppvärmningen för aktuell gas jämfört med koldioxid som har faktorn 1.

Tabell 3: Säkerhetsklasser enligt Ashrae Standard 34

safety groups		
flamability ↑	class 3 higher flammability	A3 B3
	class 2 lower flammability	A2 B2
	lower burning velocity class 2s*	A2L B2L
	class 1 no flame propagation	A1 B1
	lower toxicity	higher toxicity
	toxicity →	

R1233zd(E) tillhör klass A1 och är varken giftigt eller brandfarligt medan R1234ze tillhör klass A2L vilket är lätt brandfarligt och svårantändligt.

Det vore förstås optimalt att endast ha köldmedier i klass A1 och samtidigt lågt GWP-värde men detta alternativ är i dagsläget inte tillgängligt för maskiner där vi vill uppnå en hög kondenseringstemperatur enligt de leverantörer som vi varit i kontakt med. Alternativet är just nu HFC-134a som ingår i utfasningen med ett GWP värde på 1300 vilket är 185 ggr mer än R1234ze(E).

5.1.2 Utrustning för överföring av köldmedium

Eftersom systemfyllningen > 1000 kg för centrifugalkylmaskinerna behövs en fast installerad utrustning för överföring/återvinning av detta köldmedium till/från extern behållare som används vid tex underhåll.

Utöver samlingsbehållare ska systemet förses med erforderliga sektioneringsventiler för inneslutning av köldmedium i de delar av systemet som inte berörs vid reparation.

Sektioneringsventiler som snabbt behöver manövreras i händelse av stort köldmedieläckage ska förses med fjärrstyrt motordrivet manöverdon eller mekanisk anordning som är lätt åtkomlig för manuell manövrering och placerad på rimligt riskfri plats med hänsyn till sannolika köldmedieläckage.

5.2 Kylvatten/ åvattensystem

5.2.1 Flödesbehov

Kondensorkylningen av kylmaskinerna vid USÖ kommer att ske med åvatten från Svartån.

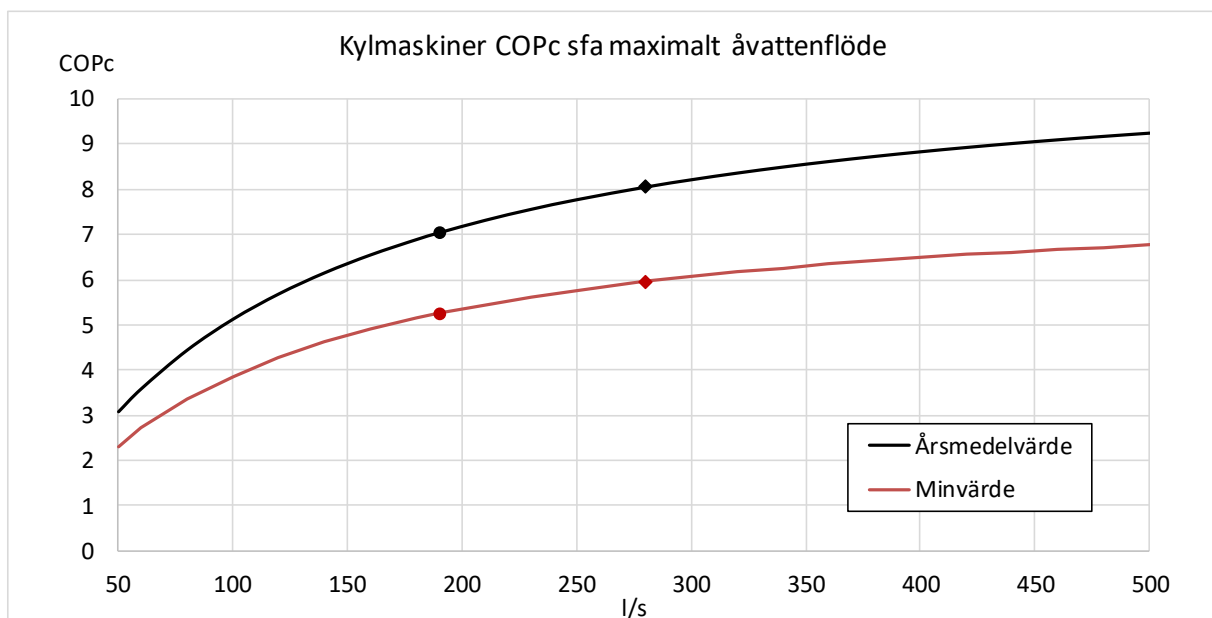
Kylmaskinernas effektivitet ($COP_c = \text{producerad kyla} / \text{förbrukad elmängd}$) är, förutom Svartåns temperatur, även beroende av kylvattnets flödesmängd eftersom ett större flöde begränsar vattnets uppvärmning och därmed möjliggör för en lägre kondensortemperatur. Samtidigt innebär ett större vattenflöde ökade pumpkostnader för åvatten- och kylmedelskrets.

I dagsläget är tillståndet på 190 l/s men teoretiskt skulle det maximalt gå att höja till 500 l/s vilket motsvarar Svartåns minflöde och som inträffar mer sällan än 1 gång per 100 år.

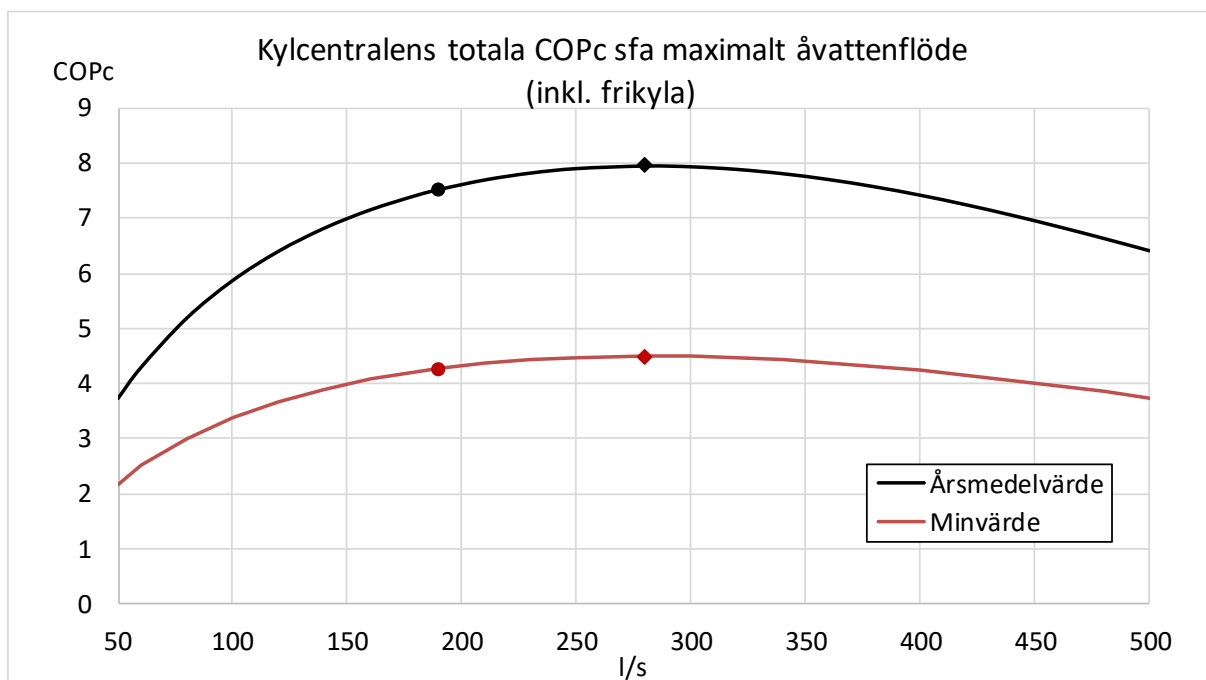
I Figur 8 - Figur 10 visas ovanstående inverkan på årsbasis respektive vid höglast när det är som varmast i Svartån.

I Figur 8 framgår att kylmaskinerna går bättre ju högre flödet är men tar man med pumparna i beaktande framgår det i Figur 9 att det finns en optimal punkt vid åvattenflödet ca 280 l/s.

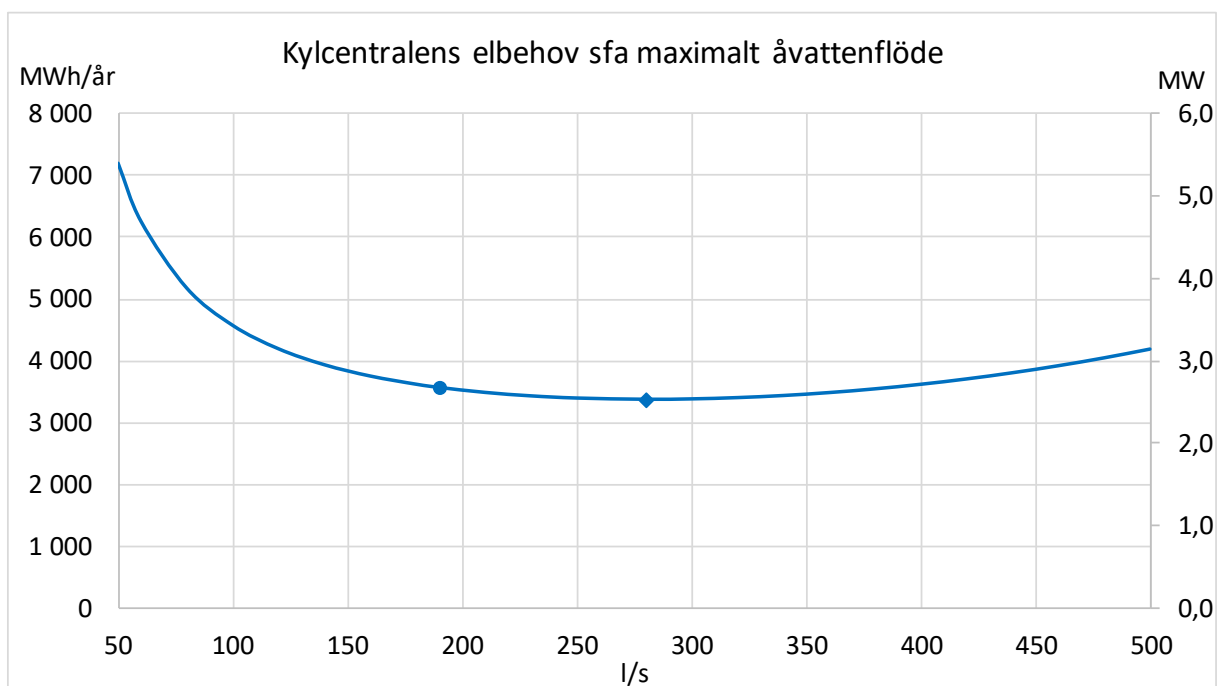
Figur 10 visar faktiska värden för elbehovet och att förbättringspotentialen är ca 6% om vi ökar flödet från dagens 190 l/s till 280 l/s. En annan fördel med ökat flöde är att returtemperaturen på kylvattnet som återförs till Svartån blir lägre, från ca 40°C till ca 35°C när det är som varmast. Även tillförd värmemängd blir något lägre eftersom kylmaskinerna blir effektivare men detta är förhållandevis marginellt. Nackdelen med ökat flöde är krav på större rördimensioner och pumpar samt att det kan försvåra tillståndprocessen.



Figur 8 – Kylmaskinernas COPc som funktion av maximalt åvattenflöde



Figur 9 – Anläggningens totala COPc (kylmaskiner och pumpar) som funktion av maximalt åvattenflöde



Figur 10 – Anläggningens totala elbehov som funktion av maximalt åvattenflöde

5.2.2 Åvattenpumpar

Krav dimensionering

Erforderligt flöde är ca 280 l/s (1008 m³/h) vilket motsvarar bortförande av all kondensorvärme vid maxdrift av kylmaskiner (10 MW kyla / 11,8 MW värme) och en temperaturhöjning på åvattnet motsvarande 10°C.

FVB har utfört en tryckfallsberäkning och kommit fram till att ca 15 mvp uppfordringshöjd behövs för åvattenpumparna under förutsättning att utloppsledningen har en invändig dimension på minst 500 mm.

Förslag på utrustning

3 st nya frekvensstyrda åvattenpumpar med vardera flödeskapacitet 70 l/s vid 15 mvp har införskaffats under våren/sommaren 2020 för att säkerställa reservkyldriften inför sommarperioden. För att klara det nya flödeskravet på totalt 280 l/s enligt ovan behöver således ytterligare en pump med frekvensomformare införskaffas.

5.2.3 Värmeväxlare

5.2.3.1 Generellt

Åvattenväxlare föreslås vara plattvärmeväxlare med CIP anslutningar (DN65 på samtliga anslutningar). Tryckfallet genom växlarna på åvattensidan vid maxflöde bör vara minst 50 kPa. Mindre tryckfall är inte att rekommendera då det kommer att öka investeringskostnader för växlare och röranslutningar samt ökad försmutsning (pga. minskad skjuvspänning inuti vvx) vilket även ökar underhållskostnaderna.

Alternativa lösningar som vi tittat på är tubvärmeväxlare med automatiskt tubreningssystem (bollar som cirkuleras). Lösningen är utrymningskrävande och har större temperaturfall vid rena växlare. Försäljare av produkten menar emellertid att årsmedelverkningsgraden blir bättre med minskat underhåll. Vi har inte lyckats få in någon prisuppskattning eller utrymmesbehov för denna alternativa lösning.

Vi har även tittat på alternativet att använda åvatten direkt i kylmaskinernas kondensorer, i kombination med ett automatiskt tubreningssystem (bollar som cirkuleras). Enligt kylmaskinleverantör går det i dagsläget inte att få rätt material till HFO maskinerna. Vidare menar leverantören att kopparrören som levereras är så tunna att de kommer gå sönder efter ett par år om ett automatiskt tubreningssystem används. Kostnad för tubreningssystem är ca 1,5 MSEK.

5.2.3.2 Kylmedelväxlare

Krav dimensionering

Överförd effekt	11,8 MW
Åvatten, tin / tut	25 / 35°C
Kylmedel, tin /tut	37 /27°C

Förslag på utrustning

2 st parallellkopplade motströmsvärmewäxlare Alfa Laval T25-PFM, dimensionerade enligt ovan med följande måttuppgifter per växlare:

L x B x H	2,5 x 0,9 x 2,7 m
Plattor	331 st (möjlighet att expandera med 43 st)
Tryckklass	PN10
Anslutningsdimension	DN200
Vikt (inkl. vatten)	5,4 ton

5.2.3.3 Frikylaväxlare

Krav dimensionering

Överförd effekt	3 MW
Åvatten, tin	4°C
Köldbärare, tin / tut	12 / 6°C

Förslag på utrustning

1 st motströmsvärmewäxlare Alfa Laval T25-PFM, dimensionerad enligt ovan med följande måttuppgifter:

L x B x H	1,9 x 0,9 x 2,7 m
Plattor	195 st (möjlighet att expandera med 67 st)
Tryckklass	PN10
Anslutningsdimension	DN200
Vikt (inkl. vatten)	4 ton

5.2.3.4 CIP system

CIP enheten ska möjliga rengöring av värmewäxlarens plattor utan att man behöver plocka isär enheten.

Förslag på utrustning

1 st Alfa Laval CIP 800L, med följande måttuppgifter:

L x B x H	1,3 x 2,2 x 1,8 m
Cirkulationspump	40 m ³ /h, 30 mvp
Tank	800 l
Anslutningsdimension	DN65 (Två slangar, 4 m st)
Vikt (inkl. vatten)	1,1 ton

5.2.4 Inloppsledning åvatten

Befintlig intagsledning och intagskassun avses att användas i befintligt skick.

5.2.4.1 Intagslåda

Det finns inga uppgifter på befintlig intagslåda i Svartån. Med stor sannolikhet är den inte dimensionerad för det ökade flödet.

Om det inte går att få fram data eller på annat sätt bekräfta att befintlig intagslåda kan användas rekommenderar vi att en ny införskaffas

Krav dimensionering

Erforderligt flöde är ca 280 l/s (1008 m³/h).

Intagslådan måste ha en stor genomströmningsarea så att hastigheten blir tillräckligt låg för att undvika tex virvelbildning och säkerställa att fiskar och människor har möjlighet att simma bort. Intagsgallret måste kunna bytas ut eller alternativt backspolas för rengöring.

Förslag på utrustning

Taprogge TAPIS Polyhedra.

5.2.4.2 Finfilter

Enligt uppgift fungerar inte befintliga finfilter tillfredsställande. Om det inte går att reparera dessa rekommenderar vi att ett nytt automatiskt backspolningsfilter som är gemensamt för samtliga pumpar införskaffas.

Krav dimensionering

Föreslagna plattvärmewäxlare enligt tidigare kräver att partiklar >1,5 mm filtreras bort.

Erforderligt flöde är ca 280 l/s (1 008 m³/h).

Filtret ska kunna backspolas automatiskt och rensat ska återföras till Svartån.

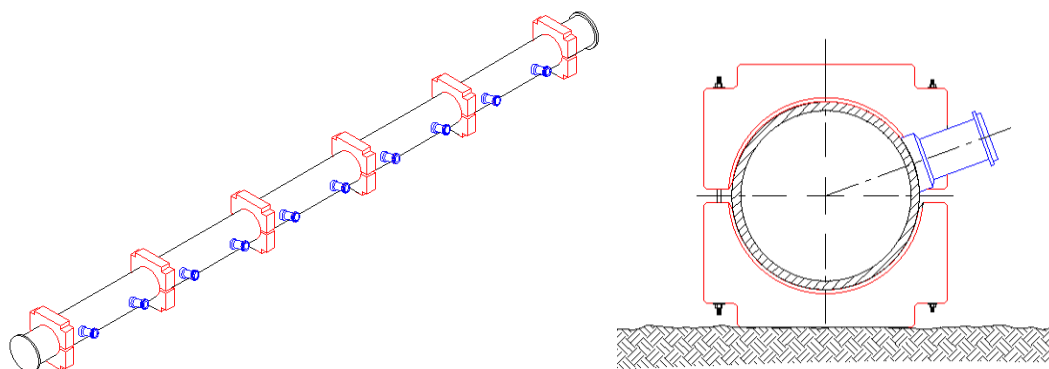
Förslag på utrustning

1 st automatiskt backspolningsfilter Alfa Laval ALF 30-B, dimensionerad enligt ovan med följande måttuppgifter:

L x B x H	1,5 x 0,7 x 0,9 m
Tryckklass	PN10
Anslutningsdimension	DN300 (Tillopp och utlopp)
Anslutningsdimension	DN100 (Flushledning)
Vikt (inkl. vatten)	ca 0,8 ton

5.2.5 Utloppsledning åvatten

Ledningen föreslås vara av materialet HDPE (Polyetenplast med hög densitet) och förankras till botten med hjälp av betongvikter. Själva utloppet kommer att bestå av en diffusor som minimerar risken för grumling och möjliggör en snabb blandning av uppvärmt kylvatten med åvattnet, se Figur 11 nedan.



Figur 11: Principiell bild på föreslagen diffusor

För att dimensioneringen av åvattenpumpar ska blir rätt erfordras minst 500 mm innerdiameter (se avsnitt 0). Genom att välja PE100 /PN6.4 /SDR 26 med nominell dimension DN560 mm erhålls innerdiametern 515 mm.

5.3 Fjärrkyla/ köldbärarsystem

För dimensionering av pumpar i primära distributionssystemet har vi konservativt satt upp nedanstående driftfall.

Fall 1: Maxfall vid produktion från USÖ

- Motsvarar bortfall av produktionsanläggning (Åby).
- Produktion vid USÖ 10,5 MW och lika mycket levereras ut på nät vid $dT = 7,5^{\circ}\text{C}$

Fall 2: Maxfall vid produktion från Åby:

- Motsvarar bortfall av produktionsanläggning (USÖ).
- Produktion från Åby 25 MW ut på nät och 10 MW till USÖ vid $dT = 8^{\circ}\text{C}$

5.3.1 Distributionspumpar

Krav dimensionering

Erforderligt flöde är ca 335 l/s (1205 m³/h) vilket motsvarar samtidig maxdrift av kylmaskiner och kylvärmepump (10,5 MW) vid ett delta T i FK nätet på 7,5°C.

Utförda Netsim beräkningar av E.ON (se Figur 19) visar att erforderlig tryckuppföring i FK nätet vid detta flöde är ca 75 mvp. Utöver ovanstående tillkommer tryckfallet genom anläggningen (kylmaskiner, filter, rör och armatur) motsvarande ca 15 mvp, dvs totalt 90 mvp.

Förslag på utrustning

Förslagsvis införskaffas 2 st parallellkopplade pumpar med vardera 100% kapacitet, dvs 1205 m³/h @ 90 mvp enligt ovan.

Typ av pump, motor och frekvensomriktare i enlighet med E.ONs kravdokumentation.

5.3.2 Tryckstegringspumpar

Krav dimensionering

Erforderligt flöde är ca 300 l/s (1077 m³/h) vilket motsvarar leverans av 10 MW till USÖ vid $dT = 8^{\circ}\text{C}$.

Utförda Netsim beräkningar av E.ON (se Figur 20) visar att ett negativt differenstryck motsvarande ca 32 mvp kan komma att uppstå vid maximal leverans till USÖ. Utöver ovanstående tillkommer tryckfallet genom värmeväxlarna (som inte är dimensionerade för detta flöde, se avsnitt 2.3), motsvarande ca 30 mvp, dvs totalt ca 62 mvp.

Förslag på utrustning

Förslagsvis införskaffas 2 st parallellkopplade pumpar med vardera 100% kapacitet, dvs 1077 m³/h @ 62 mvp enligt ovan.

Typ av pump, motor och frekvensomriktare i enlighet med E.ONs kravdokumentation.

5.4 Kylmedelsystem

5.4.1 Värmeväxlare

Se avsnitt 5.2.3.2.

5.4.2 Cirkulationspumpar

Krav dimensionering

Erforderligt flöde är ca 280 l/s (1008 m³/h) vilket motsvarar bortförande av all kondensorvärme vid maxdrift av kylmaskiner (10 MW kyla / 11,8 MW värme) och en temperaturhöjning på kylmedelkretsen motsvarande 10°C. Emellertid ligger detta väldigt nära mingränsen av flöde genom kondensorn vilket gör att vi rekommenderar att pumparna dimensioneras för ett högre flöde (ca 400 l/s). Flödesökningen åstadkoms genom att framledningstvatten shuntas in i returen (se flödesschema).

Pumparna behöver klara av tryckfallet genom kylmedelväxlare och kylmaskinernas kondensorer vilket tillsammans motsvarar ca 8,5 mvp. Till detta tillkommer rörledningar och filter vilket tillsammans ger ett uppskattat behov ca 20 mvp.

Förslag på utrustning

Förslagsvis införskaffas 2 st parallellkopplade pumpar med vardera 75% kapacitet, dvs 750 m³/h @ 20 mvp enligt ovan.

Typ av pump, motor och frekvensomriktare i enlighet med E.ONs kravdokumentation.

5.5 Värmeåtervinningssystem

5.5.1 Värmeväxlare

Överförd effekt	0,7 MW
Kylmedel, tin / tut	63 / 43°C
Värmesystem, tin / tut	40 / 60°C

Förslag på utrustning

1 st motströmsvärmeväxlare Alfa Laval AQ2LFM, dimensionerad enligt ovan med följande måttuppgifter:

L x B x H	0,8 x 0,4 x 1,3 m
Plattor	123 st (möjlighet att expandera med 4 st)
Tryckklass	PN10
Tryckfall	50 kPa
Anslutningsdimension	DN50
Vikt (inkl. vatten)	0,4 ton

5.5.2 Cirkulationspump

Krav dimensionering

Kylvärmepumpens kondensor dimensioneras för ett delta T motsvarande 11°C (52 / 63°C). Detta åstadkoms genom att framledningstvatten shuntas in i returen (se flödesschema).

Erforderligt flöde blir ca 15,5 l/s (56 m³/h) vilket motsvarar bortförande av all kondensorvärme vid maxdrift av kylvärmepumpen (0,5 MW kyla / 0,7 MW värme).

Cirkulationspumpen behöver klara av tryckfallet genom värmeväxlaren och kylvärmepumpens kondensor vilket tillsammans motsvarar ca 6,5 mvp. Till detta tillkommer rörledningar och filter vilket tillsammans ger ett uppskattat behov på ca 15 mvp.

Förslag på utrustning

Förslagsvis införskaffas 1 st pump med 100% kapacitet, dvs 56 m³/h @ 15 mvp enligt ovan.

Typ av pump, motor och frekvensomriktare i enlighet med E.ONs kravdokumentation.

5.6 Sekundärt kylsystem

5.6.1 Cirkulationspumpar

Krav dimensionering

Erforderligt flöde är ca 300 l/s (1077 m³/h) vilket motsvarar överföring av 10 MW till USÖ vid $dT = 8^{\circ}\text{C}$.

Tryckfallsberäkningar behöver utföras på sekundärsidan innan utläggningsdata för nya cirkulationspumpar kan tas fram. Framtida ringled bör inkluderas.

Tryckfall genom värmeväxlarna (som inte är dimensionerade för detta flöde, se avsnitt 2.3), motsvarar ca 30 mvp (3 växlare) eller 17 mvp (om ytterligare en växlare införskaffas, dvs totalt 4 växlare).

5.7 Flöde och energimätning

För kontroll av kylvattenflöde, temperaturer och tillförd värmemängd installeras flödesmätare och temperaturgivare på åvattnets intagsledning och utloppsledning. Förbrukad mängd kylvatten och tillförd värmemängd ska registreras under varje timme och vara tillgänglig för den som önskar ta del av resultatet 10 år tillbaka i tiden.

För debitering av producerad kyla installeras flödesmätare och temperaturgivare på fjärrkylans fram- respektive returledning.

För debitering av producerad värme installeras flödesmätare och temperaturgivare på fram- respektive returledning till värmeåtervinningen.

Typ av utrustning i enlighet med E.ONs kravdokumentation.

5.8 Dimensioneringsförutsättningar

Nedan redovisas dimensionerande förutsättningar samt krav och önskemål på kylmaskin-, värmeväxlare- och pumpleverantörer som använts vid offertförfrågningar.

5.8.1 Konstruktionsdata

Generellt

Köldbärare (KB):	Fjärrkylvatten
Kylmedel (KM):	Obehandlat vatten
Kylvatten (KV)	Åvatten

Beräkningsdata

Köldbärare (KB):	10 barg / 30°C
Kylmedel (KM):	6 barg / 50°C
Kylvatten (KV)	6 barg / 50°C

Dimensionerande driftförhållanden

Temperatur KB till förångare, KKM & VP:	+14-16°C
Temperatur KB från förångare, KKM & VP:	+4-6°C
Temperatur KM till kondensor, KKM & VP kyl drift:	+27°C
Temperatur KM från kondensor, KKM & VP kyl drift::	+37°C
Temperatur KM till kondensor, VP:	+43°C
Temperatur KM från kondensor, VP:	+63°C
Temperatur KV till VVX:	+25°C
Temperatur KV från VVX:	+35°C

Köldmedium:

Typ:	HFO
Säkerhetsklass:	A1/A2L
ODP:	0
GWP:	< 150

Elkraft och styrutrustning

Elkraft:	3-fas, 400 V, 50 Hz
Manöver:	1-fas, 230 V, 50 Hz
Instrument:	Analog 4 – 20 mA Digital 24 VDC
MCC och frekvensomformare	Profinet

5.8.2 Buller

Bullerkällor ska identifieras och anges samt om möjligt minimeras genom ljudisolerande isolering. Intern ljudnivå i kylmaskinrum får ej överstiga 75 dB(A) 1 meter från bulleralstrande utrustning.

Bestämning av ljudeffektnivåer och ljudenerginivåer för bullerkällor enligt SS-EN ISO 3741:2010.

5.8.3 Vibrationer

Vibrationer i anläggningen ska uppfylla de föreskrifter som gäller enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2005:15, "Vibrationer".

Vibrationskällor ska identifieras och anges samt om möjligt byggas bort eller minimeras genom aktiva åtgärder.

Vibrationer från maskiner till byggnad via fundament och rörledningar ska minimeras genom vibrationsisolatorer och kompensatorer. Roterande maskiner såsom pumpar och fläktar förutsätts vara väl balanserade och ska vara resonansfria. Utförande enligt SSG 3030 ska minst uppfyllas.

Leverantör ska under projektet tillhandahålla dokumentation innehållande balanseringsklass och vibrationsdata.

6 MILJÖ OCH SÄKERHET

6.1 Förändringar i vattendom

Bortledning av ytvatten utgör en tillståndspliktig vattenverksamhet enligt 9 och 11 kap. miljöbalken och söks hos mark- och miljödomstolen.

FVB har upprättat ett samrådsunderlag (FVB ID #190708-002) där vi beskriver den planerade verksamhetens lokalisering, omfattning, utformning samt dess förutsedda miljöpåverkan.

Nedan återges en kort sammanfattning av föreslagna förändringar gentemot befintlig vattendom.

De förändringar i tillståndet som föreslagen systemlösning medför:

- Permanent kylproduktionsdrift jmf. med reservkyla.
- En utökning av mängden kylvatten som bortförs och återförs till Svartån.
- Omläggning av utloppsledningen.

Förändringar i föreslagen systemlösning gentemot gällande vattendom:

- Flöde: 300 l/s jmf. med befintligt tillstånd 210 l/s.
Skäl – Minimera elbehov till kylmaskiner och pumpar samt värmemängd till Svartån
- Tillförd värmemängd: 11,5 MW jmf. med befintligt tillstånd 8,8 MW
Skäl – Möjliggöra 10 MW kyla och samtidigt undvika behov av kylmedelkylare
- Utlopp: Placeras i ”huvudfåran” jmf. med idag ”norra delflödet”
Skäl – Mindre ombyggnation. Förbättra temp. förhållande i norra delfåran

Den tillåtna mängden vatten som får bortledas är i dagsläget 210 l/s (190 l/s kylvatten och 20 l/s reservvatten). Föreslagen ändring medför ett ökat behov av kylvatten (280 l/s) medan behovet av reservvatten kvarstår. Totala behovet av vattenuttag från Svartån blir således **300 l/s**, varav omkring 290 l/s leds tillbaka till Svartån. Skillnad i volym mellan bortförsel och tillförsel beror på reservvattenförbrukning och föranleds inte av det ökade behovet av kylvatten.

Behovet av kylvattenflöde är i föreslagen ändring kontinuerligt/ permanent vilket överensstämmer med den verksamhet som ursprungligt tillstånd enligt dom i mål AD 50/1967 avser.

Avgiven värmeeffekt kommer att behöva ökas något vilket medför att temperaturhöjningen i huvudfåran uppgår till **max 5,5°C** respektive 0°C i norra delfåran att jämföras med befintlig dom (AD 50/1967) som tillåter en temperaturstegring i huvudfåran av max 4,2°C och i norra delfåran 6,7°C. Ovanstående gäller vid minflöde 500 l/s (< 1 gång på 100 år), vid medelflödet (MQ) är motsvarande temperaturhöjning ca 0,2°C i huvudfåran.

Vidare medför den ökade värmeavgivningen att den till Svartån tillförda värmemängden kan komma att överskrida 15,5 G kalorier med två timmars varaktighet (AD 50/1967). Vi bedömer att tillförd värmemängd maximalt kan uppgå till **19,8 G kalorier** med två timmars varaktighet.

6.2 Säkerhetsaspekter köldmedium

6.2.1 Generellt

Total köldmediefyllning för kylmaskiner i utrymmet motsvarar ca 3 000 kg vilket motsvarar ca 13,8 ton CO_{2e} för valt köldmedium (se Tabell 2). Utrymmet ska därmed klassas som ”Kylmaskinrum” enligt svensk kylnorm (Tabell 3.2.4.3).

I ett kylmaskinrum ställs specifika krav med avseende på personalens säkerhet, såsom t.ex.:

- Ventilation (normal- och nödventilation), se avsnitt 7.2.2.
- Gas- och syrebristvarnare (fast installerat), se avsnitt 7.2.2
- Utrustning för överföring av köldmedium (gäller för systemfyllning > 1000 kg för köldmedier i säkerhetsgrupp A1), se avsnitt 5.1.2.

Utöver personsäkerhet finns krav på säkerhet för yttre miljön enligt köldmedieförordningen och F-gasförordningen.

- Över 5 ton CO_{2e} medför läcksökning minst var 12:e månad, 50 ton minst var 6:e och 500 ton minst var 3:e månad.
- Läcksökningsintervallen får emellertid dubblas om det finns ett läckagevarningssystem monterat.
- Dessutom gäller att system med 500 ton CO_{2e} eller mer måste utrustas med fast monterat läckagevarningssystem (funktionen ska kontrolleras minst var 12:e månad).

Ur Tabell 2 och ovanstående kan vi konstatera att det är krav på fast monterat läckagevarningssystem (kylmaskinrum) och att funktionen ska kontrolleras minst var 24:e månad (2 x 12 mån).

6.2.2 A2L – lätt brandfarliga köldmedier

Kylvärmepumpen har ett köldmedium som är säkerhetsklassat i kategorin A2L vilket innebär att köldmediet är lätt brandfarligt och brinner med en hastighet understigande 10 cm/sekund (ASHRAE 34 – ISO5149).

I Svensk kylnorm ”Aggregat med brandfarliga köldmedier” utgåva 1, 2018 redovisas de krav som ställs på riskbedömning, klassningsplan och utrustning avsedda för användning i potentiellt explosiva atmosfärer. Normen är generellt skriven och man får lätt känslan av att stora och kostsamma åtgärder krävs.

Baserat på befintliga och godkända installationer i Sverige kan man emellertid konstatera att installation, användning och hanteringen av köldmedier i klass A2L inte skiljer sig särskilt mycket från köldmedier i klass A1 om man följer några få men viktiga säkerhetsförebyggande åtgärder. Nedan återges de viktigaste åtgärderna som vi tagit del av från leverantörer:

- Föreslaget köldmedium R1234ze(E) är brandfarligt vid rumstemperatur över ca 30°C, under temperaturen 29°C är det inte explosivt => Tillse att nödkylning av rumstemperatur finns.
- En av de större riskerna är köldmedieansamling, dvs läckande köldmedium (tyngre än luft) som ansamlas i en lågpunkt, sänka eller i ett litet utrymme och skapar en tillfälligt brandfarlig zon. Gnistor i en sådan zon skulle kunna antända gasen med följden att brand uppstår => Fast installerade gasdetektorer ska starta nödventilation som suger vid golv

och tillser att en god marginal från LFL (undre brännbarhetsgräns upprätthålls). Nödventilationsfläkten ska antingen vara placerad med fläktmotorn utanför luftflödet eller vara EX-klassad.

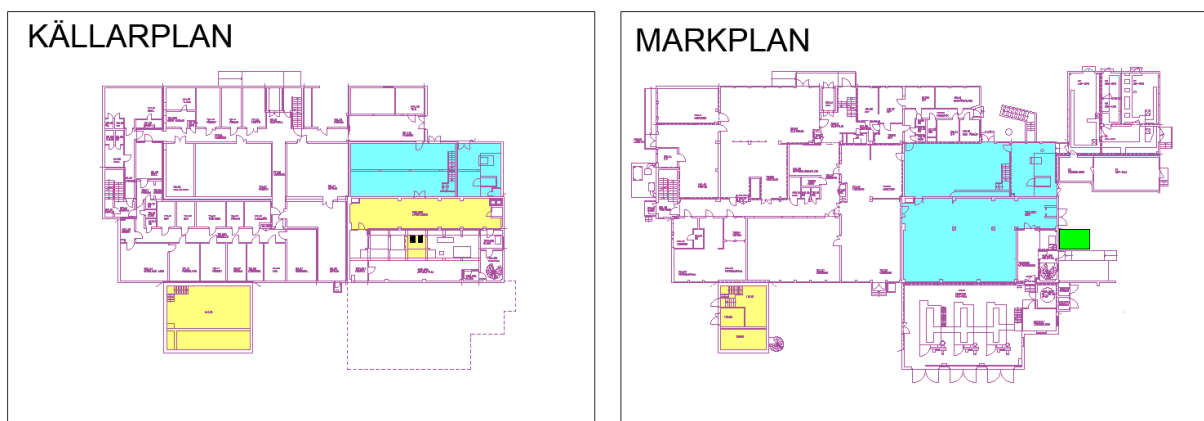
Brukaren för verksamheten ansvarar för att en riskbedömning utförs och att resultatet dokumenteras i en klassningsplan. Av praktiska skäl är det dock lämpligt att installatören av aggregatet i samråd med brukaren upprättar klassningsplanen för de utrymmen där brandfarliga köldmedier hanteras.

7 PLACERING AV UTRUSTNING OCH BYGGNADSTEKNISKA KRAV

7.1 Inledning

Den nya kylproduktionsanläggningen föreslås placeras i befintlig byggnad på sjukhusområdet (T-huset). I detta hus finns redan idag intagskasun, åvatten- och FK pumpar samt värmeväxlare för leverans av fjärrkyla till sjukhusområdet.

Figur 12 visar de ytor som föreslås användas för ny kylproduktionsutrustning (blå färg), ny elkraftstation (grön färg) respektive befintlig kylproduktionsutrustning (gul färg).

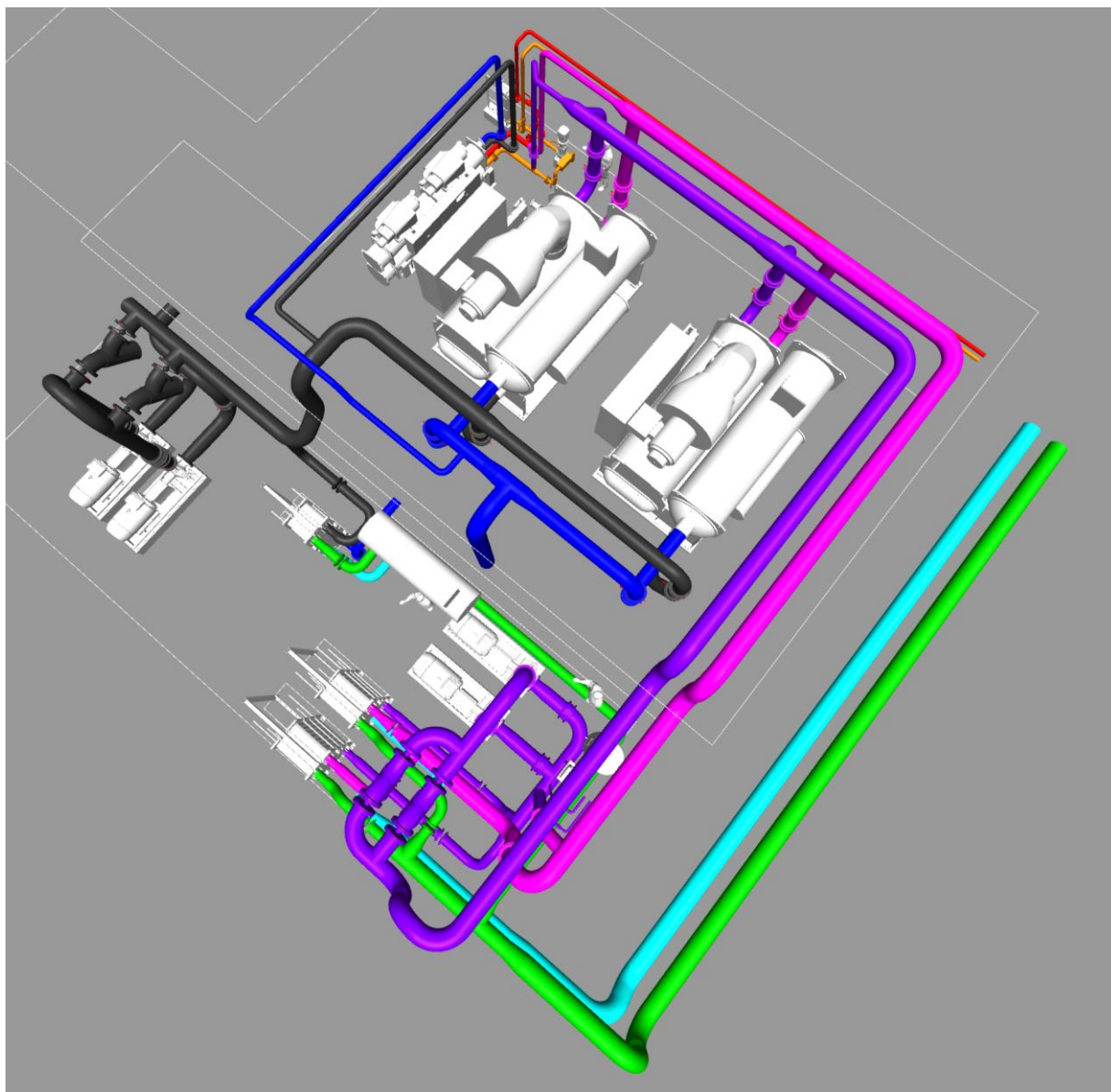


Figur 12: Ytor som föreslås användas till ny produktionsanläggning

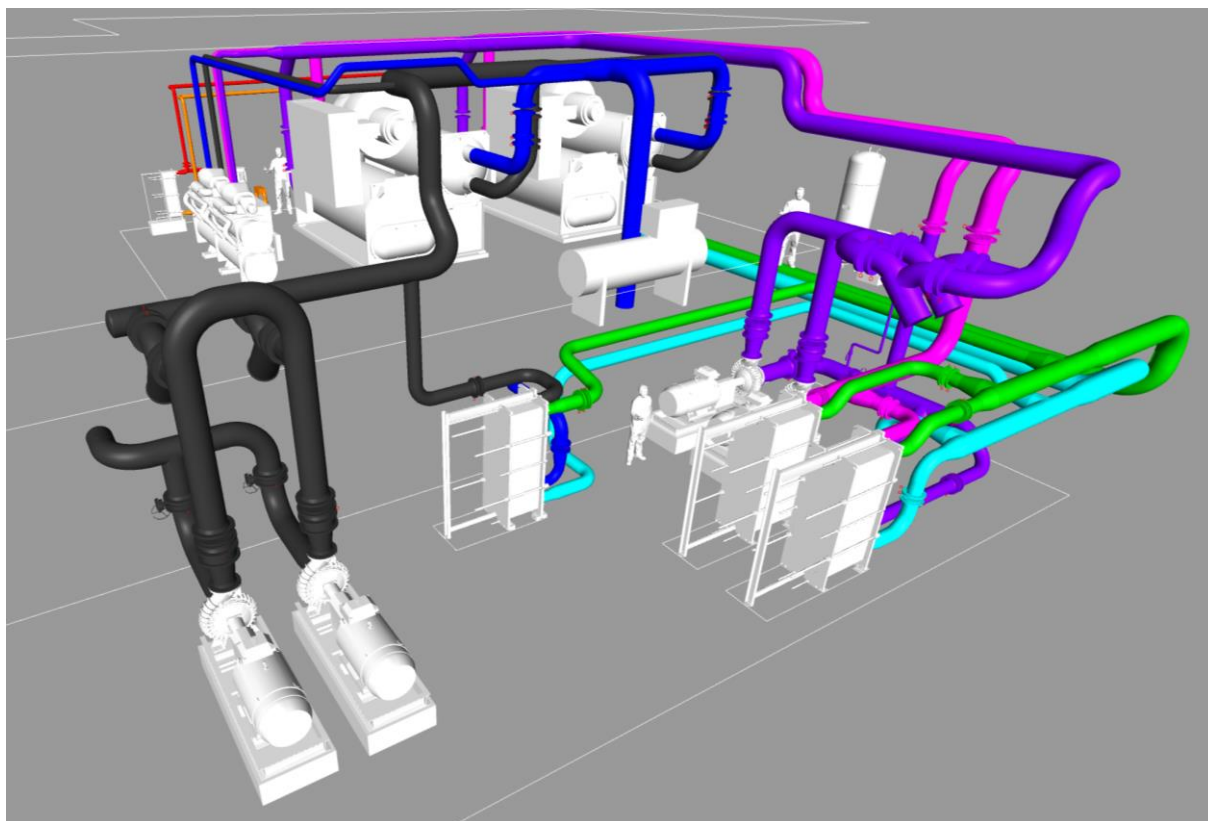
Figur 13 - Figur 15 visar layoutförslag för placering av utrustning och rördragning. I Appendix visas planvyer och 3D vyer för olika rum med väggar. För en fullständig förståelse hänvisas till Naviswork modellen.

I Figurerna används samma färgkodning som i flödesschema (FVB Id 190708-801):

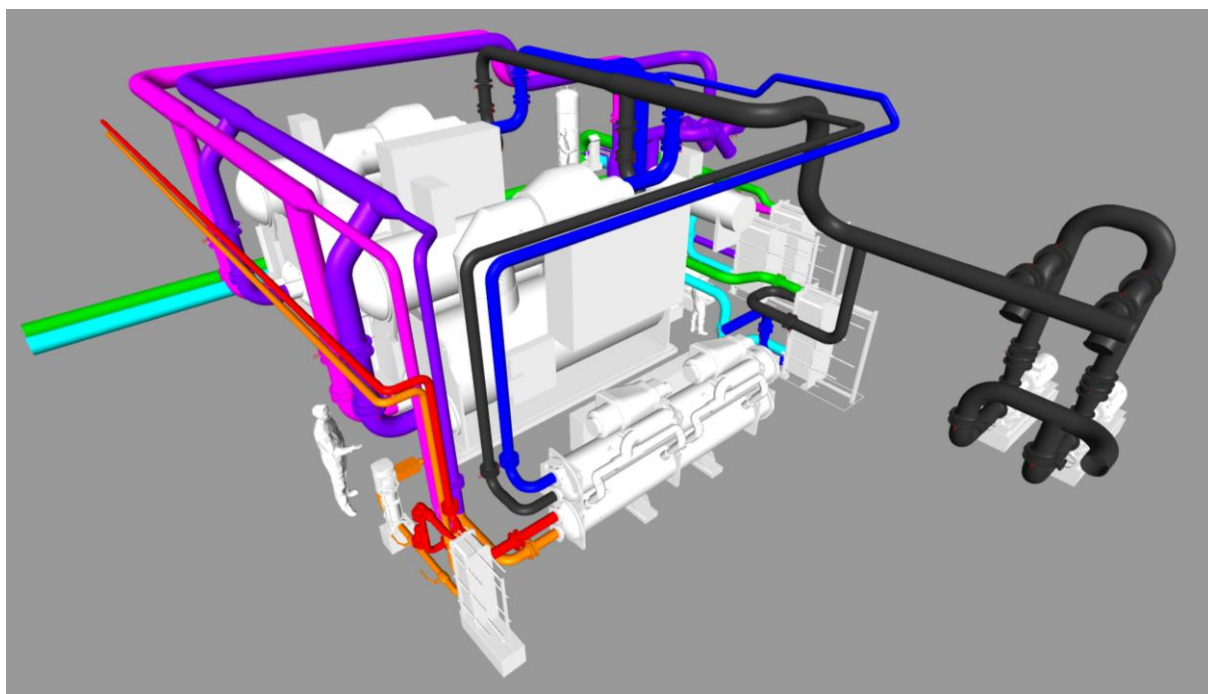
	Fjärrkyla fram
	Fjärrkyla retur
	KM-krets kall
	KM-krets varm
	VP-krets kall
	VP-krets varm
	Åvatten kall
	Åvatten varm



Figur 13: Layoutförslag, vy ovanifrån



Figur 14: Layoutförslag, sidovy 1(2)



Figur 15: Layoutförslag, sidovy 2(2)

7.2 Nödvändiga åtgärder byggnad

Utrymmet där kylmaskiner placeras klassas som ”Kylmaskinrum”, se avsnitt 6.2. I Svensk kylnorm ges anvisningar för ett kylmaskinrums anordnande. Nedan ges en sammanfattning.

7.2.1 Allmänt

Rekommenderade förändringar och krav som behöver åtgärdas:

- Kylmaskinrum ska vara brandsäkert.
- Maskinrum ska om möjligt ha två utgångar, av vilka den ena bör leda direkt ut till det fria. För att få in de nya kylmaskinerna så intakta som möjligt behöver även den östra entredörren breddas.
- Kylmaskinrum ska ha tätande utåtgående dörrar. Dörrarna ska vara självstängande om de leder till andra delar av byggnaden.
- Manöver- och övervakningspanel ska anordnas utanför maskinrumsdörr innehållande nödstoppknapp för kompressor och eventuella köldmediepumpar, strömbrytare för nödventilation och larmtest för gas- och syrebristvarnare
- Nödstoppknapp och strömbrytare för nödventilation ska även finnas inom kylmaskinrummet.

7.2.2 Ventilation

I kylmaskinrum får inte ventilationsaggregat avsedda för andra utrymmen installeras. Ventilationskanaler anslutna till kylmaskinrum får inte stå i förbindelse med andra utrymmen och vid projektering av nödventilation ska risk för spridning av köldmediegas till befolkade utrymmen beaktas.

- Kylmaskinrum ska vara försett med anordning för grundventilation och nödventilation.
- Grundventilation avsedd för personalens säkerhet ska utföras som mekanisk ventilation och dimensioneras för ett luftflöde motsvarande minst fyra omsättningar per timme (uteluft) när maskinrummet är befolkat. Ventilationen ska utföras som undertrycksventilation.
- Nödventilation (tillsatsventilation) avsedd för bortförande av köldmediegas vid läckage (för att förhindra olycksfall eller ohälsa) ska minst dimensioneras för ett luftflöde enligt formeln $V = 50\sqrt{m^2}$ där V (luft i m³/h) och m (köldmedium för största enhet i kg). Nödventilation får dock begränsas till högst 15 luftomsättningar per timme. Fläkten ska antingen vara placerad med fläktmotorn utanför luftflödet eller vara EX-klassad.
- Ventilationsaggregat och kanaler får inte vara avsedda för- eller stå i förbindelse med andra utrymmen.
- Till- och frånluftsdon ska placeras så att rummet blir väl ventilerat och att ”kortslutningar” av luftflödet undviks. Eftersom köldmedierna är tyngre än luft ska minst 50% av frånluftsmängden bortföras från lägsta punkt i maskinrummet.

Frånluftskanal ska vara av obrännbart material, tät samt mynna i det fria på betryggande avstånd från dörr, fönster, trappa och tilluftintag, så att risk för skada inte kan uppstå till följd av köldmediegas som strömmar ut genom kanalen.

Dedikerat utrymme (maskinhall, kontrollrum och pumprum) har volymen ca 1800 m³ vilket leder till krav på grundventilation motsvarande ca 7 200 m³/h och nödventilation motsvarande ca 6 100 m³/h.

7.2.3 Gasdetektorer och larm

Ett larm ska varna för köldmedieläckage i maskinrummet eller i de utrymmen där människor kan vistas. Detekteringssystemet ska vara fast installerat och bör ha tre larmnivåer samt aktivera nödventilation.

- Detektorernas placering ska väljas med hänsyn till köldmediet och de ska placeras där det finns risk att köldmediet från läckan kan ansamlas.
- Larmet ska varna både med ljud med en hög signal och en blinkande lampa. Larmet ska varna både i och utanför maskinrummet och ska vara kopplat till ett bemannat utrymme där det finns utbildad personal som kan vidta lämpliga åtgärder.
- Elförsörjning till larmet ska vara oberoende av elförsörjningen till den mekaniska ventilationen (batterier kan användas som reserv för alarmsystemet).

7.2.4 Belysning

Ljusstyrka och fördelning av belysningsarmaturer för normal användning ska tillåta att personer fritt kan röra sig utan risk.

Nödbelysning ska anordnas så att snabb manövrering av reglerdon och evakuering av personer är möjlig. Denna belysning kan vara portabel, exempelvis laddningsbara handlampor.

7.2.5 Skyltar, märkning och liknande

Anläggningen ska förses med erforderliga skyltar för kyl- och värmepumpanläggningar enligt Svensk kylnorm "Aggregat med brandfarliga köldmedier".

7.3 Elektriska installationer

Elektriska installationer ska minst uppfylla kraven enligt starkströmsföreskrifterna ELSÄK-FS 2008:1.

Elektrisk huvudmatning till kylanläggning ska utföras så att den kan kopplas in eller ur oberoende av elektrisk matning till övrig utrustning, speciellt till belysningssystemet för kylanläggning, larmsystem och mekaniskt ventilationssystem. Ett oberoende klenspänningssystem, som alltid är tillgängligt ska anordnas för alla larmsystem som avser säkerheten.

Utformningen av de elektriska installationerna ska ske med hänsyn till den gjorda riskbedömningen. För köldmedier i säkerhetsgrupp 2L anses elektrisk utrustning uppfylla kraven om matningen bryts när köldmediekoncentrationen når som högst 25 % av LFL

8 DISTRIBUTIONSSYSTEM

8.1 Inledning

Vissa åtgärder/ombyggnationer kommer att krävas i både primärt och sekundärt distributionssystem för att möjliggöra uppsatta mål i denna rapport.

En ny produktionscentral i T-huset betyder att kylmaskiner och inkommande fjärrkyla har en och samma leveranspunkt av kyla till USÖ. En ringled mot Campus och H-huset skapar både redundans och ökar möjligheterna att få ut erforderlig effekt till slutkunder inom USÖ. Projektengagemang tittar på det sekundära distributionssystemet och har fått i uppdrag av RÖL att ta fram en lösning för detta.

Utöver detta behöver åtgärder vidtas för att förbättra delta T i det sekundära distributionssystemet. I första hand är det av yttersta vikt att åtgärder inriktas på de stora överkonsumenter. Under en övergångsperiod är det nödvändigt att byta ut befintliga cirkulationspumpar som idag är utlagda för ca 190 l/s. Flödesbehovet är ca 300 l/s om 10 MW ska kunna överföras med delta T = 8°C (motsvarar 7,2 – 15,2°C).

Det primära distributionsnätet är ett s.k. öppet system där vattnet pumpas till kunder från en öppen bassäng vid Åbyverket och returvattnet släpps tillbaka till samma bassäng via strypventiler. Reglering av strypventilerna ombesörjer systemets tryckhållning (ca 1 barg returledningstryck).

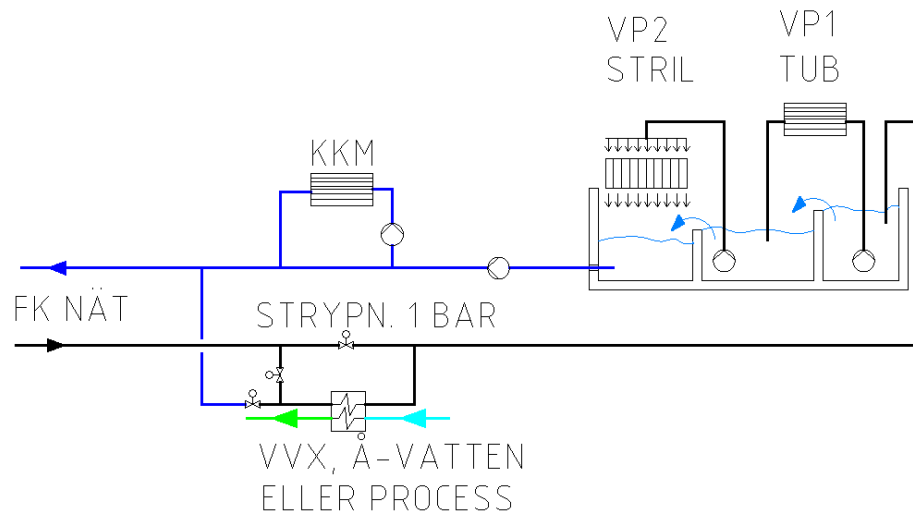
Med en ny produktionsanläggningen vid USÖ kommer det att uppstå tillfällen när all leverans sker från USÖ. I dessa situationer kan inte systemets tryckhållning upprätthållas med en strypning i returledningen vid Åbyverket. Utöver detta behöver returledningstrycket vid Åby vara högre (ca 3 barg) för att inte begränsa möjligheterna att få ut fjärrkylan från den nya produktionsanläggningen (Figur 19). Ovanstående betyder att även om man kan hitta en lösning med fortsatt strypning i returen så kommer detta driftmässigt bli både komplicerat och kostsamt.

Det primära systemet behöver slutas vilket även för med sig andra fördelar såsom minskad/försumbar risk med korrosion och biologisk tillväxt i systemet vilket är ett stort problem i öppna system.

I detta avsnitt redovisas lösningsförslag för att sluta systemet samt placering av nytt tryckhållningssystem för att möjliggöra drift från båda anläggningarna.

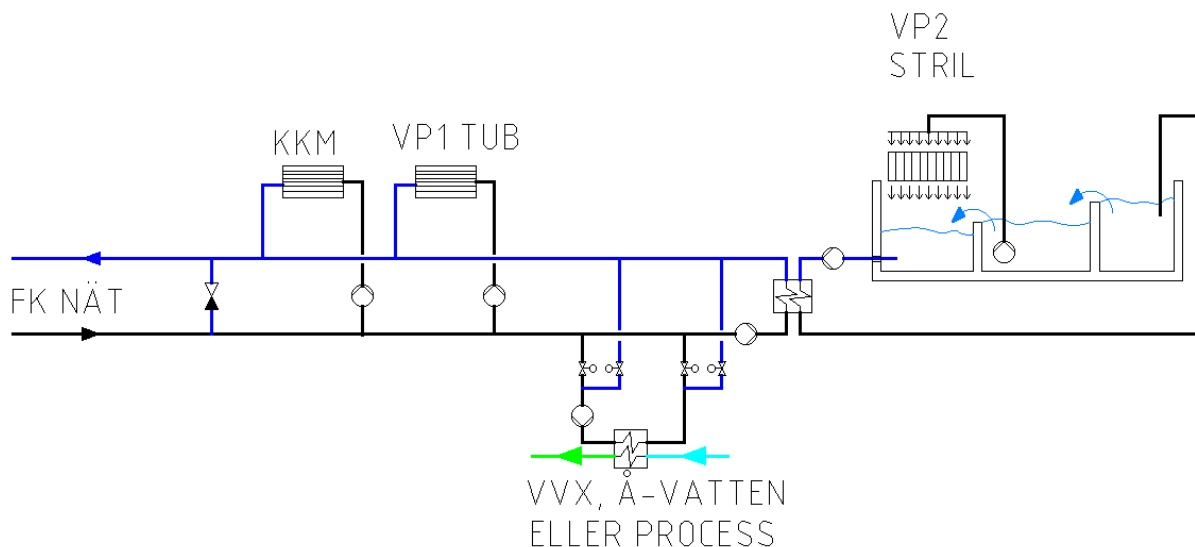
8.2 Lösningsförslag för att sluta FK systemet

Figur 16 visar principiellt hur systemlösningen vid Åbyverket ser ut idag. Det framgår i Figuren att allt returvatten hamnar i bassängen, antingen direkt via strypventiler eller via värmeväxlare för åvatten/processvatten. I bassängen kyls vattnet först av VP1 som har en tubförångare och sedan av VP2 som har en strilförångare. Eftersom VP1 tar det varmaste vattnet kommer denna maskin att vara effektivast. Om ytterligare kylning av FK vattnet behövs används kylmaskinen (KKM).



Figur 16 Befintlig systemlösning, produktionsanläggning Åby (principiell)

Förslaget går ut på att bassängen separeras från FK systemet med värmeväxlare. Detta leder till ett visst tapp av temperatur och därmed försämrad värmeåtervinning i Skebäck eller sänkt temperatur i bassängen vilket försämrar värmepumpens effektivitet. För att minimera påverkan på värmeaffären flyttas anslutningar för VP1 ut till systemet så att endast VP2 med strilförångare fortsatt tar sitt vatten från bassängen.



Figur 17: Föreslagen systemlösning, produktionsanläggning Åby (principiell och utan distributionspump)

Vidare föreslår vi att anslutningen av befintlig kylmaskin utformas så att denna tar returledningsvatten istället för som idag framledningsvatten. Befintliga värmeväxlare som används till frikyla och/eller processvatten förses med cirkulationspump.

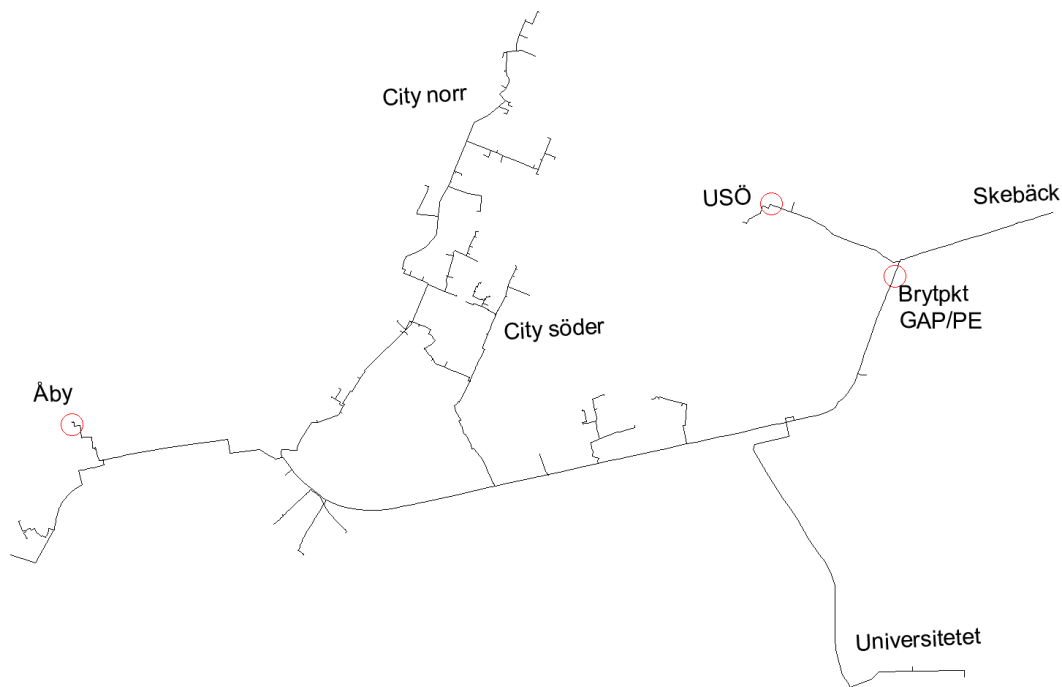
Detaljerat flödesschema (FVB Id 190708-802) visas i Appendix.

8.3 Lösningsförslag med avseende tryckhållning

8.3.1 Inledning

Tryckhållning i nätet går att genomföra på ett antal olika sätt:

- Dels gäller det den fysiska placeringen i nätet och vi har tittat på följande alternativ, se Figur 18:
 - Tryckhållning vid Åby
 - Tryckhållning vid brytpunkt mellan GAP och PE ledning
 - Tryckhållning vid USÖ (Kruttnet)



Figur 18: Potentiell placering av tryckhållning

- Dels gäller det själva systemuppbyggnaden där tryckhållning kan ske på framledning, returledning eller mittemellan (s.k. symmetrisk tryckhållning) där systemet innehåller distributionspumpar på vardera sidan om den tryckhållande punkten (s.k. fram- och returledningspumpar).
- Dels gäller det själva utformningen som tex kan vara tryckhållningspumpar, ackumulatortank mm i ett slutet system.

Nedanstående lösningsförslag inbegriper följande **kravbild**:

- Distributionssystemet sluts enligt tidigare avsnitt.
- Befintliga distributionsledningar GAP (DN700) och PE (DN400 till USÖ) behålls. Om nya/kompletterande ledningar byggs uppstår helt andra förutsättningar.
- Tryckhållningen ska vara statisk och medge produktion från både Åby och USÖ utan att begränsa flödet. Andra lösningar som inbegriper en dynamisk tryckhållning som ändras beroende på var produktion sker kan implementeras men medför en onödigt komplex styrning och har därför inte beaktats i denna rapport.

För att säkerställa produktion från både Åby och USÖ med en statisk tryckhållning har dimensionerande driftsfall enligt avsnitt 5.3 kontrollerats med beräkningsprogrammet Netsim av E.ON Energilösningar.

8.3.2 Placering

E.ON's simuleringar visar att 3 alternativa lösningar klarar uppsatta driftfall och kravbilden enligt tidigare:

- Statisk tryckhållning vid brytpunkt GAP/PE fungerar med ca 330 kPag i returledningen.
- Statisk tryckhållning vid Åby fungerar med ca 420 kPag i framledning.
- Statisk tryckhållning vid Åby fungerar med ca 330 kPag symmetrisk tryckhållning, dvs mellan fram- och returpunkt.

Vidare har man konstaterat att en statisk tryckhållning vid Kruttornet inte är optimalt ur driftsynpunkt då driftfallen blir begränsade. Det finns således ingen anledning att utreda detta vidare.

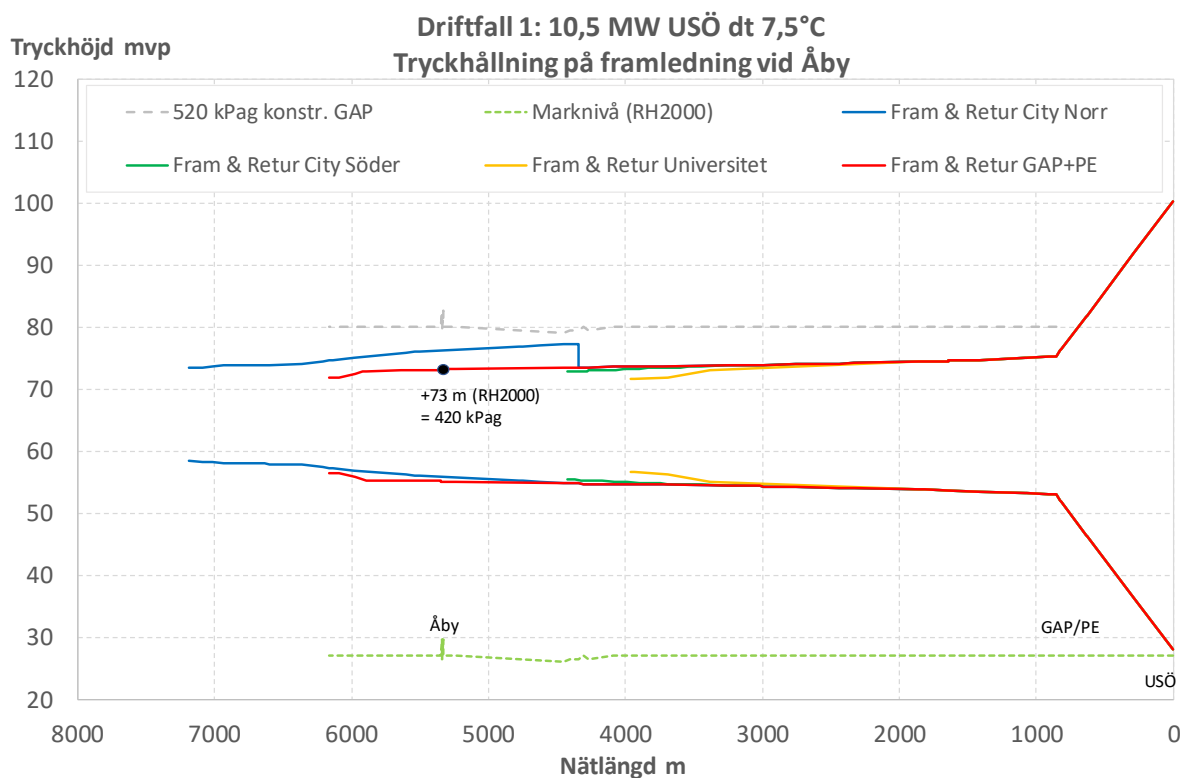
Av ovanstående 3 alternativa lösningar föreslår vi att E.ON fortsatt tittar på möjligheten att förlägga tryckhållningen i framledningen vid Åbyverket då denna lösning har följande fördelar:

- Enkel i sin uppbyggnad.
- Stor potential för alternativ utformning (tex ack. tank) i närhet till produktionen.
- Potential för ökat flöde till tex Skebäck.

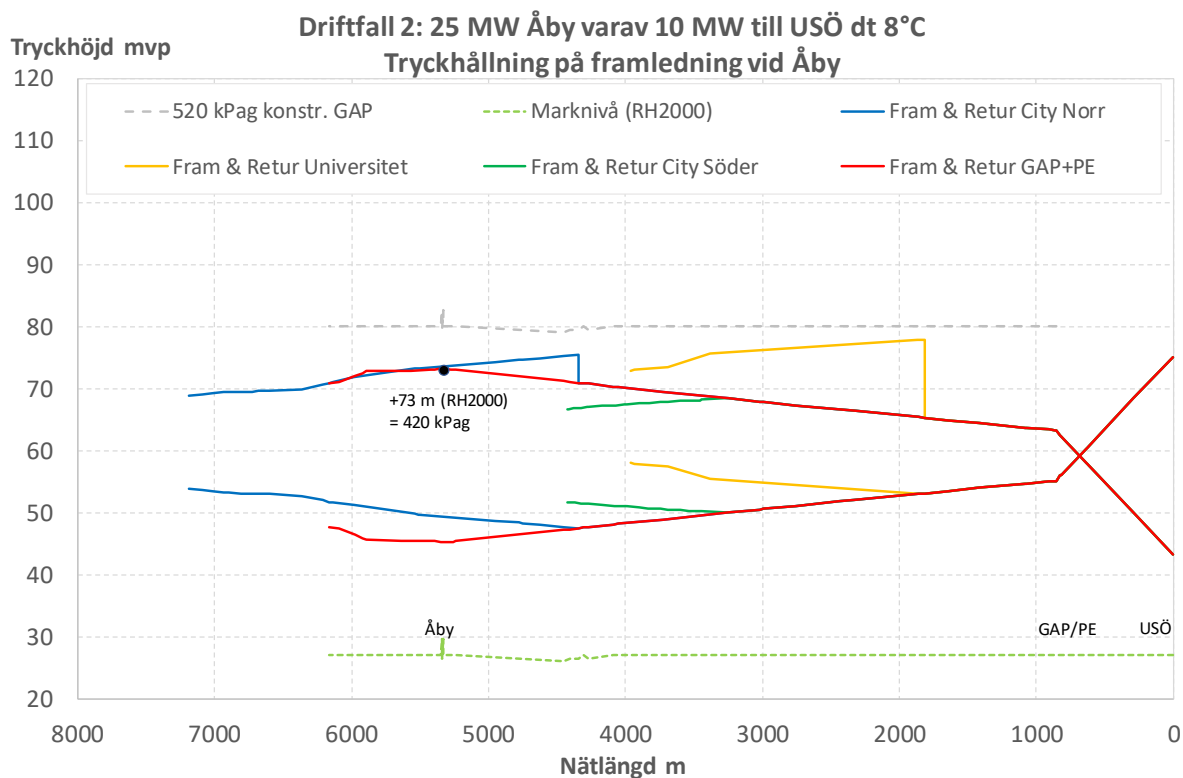
Tryckhöjdsdiagram med statisk tryckhållning i framledning vid Åby redovisas för de båda driftfallen i Figur 19 - Figur 20 nedan.

Hydrauliskt kritisk punkt för distributionspumparna i USÖ är Inköparen för driftfall 1.

Hydrauliskt kritisk punkt för distributionspumparna i Åby hamnar i City Söder för driftfall 2.

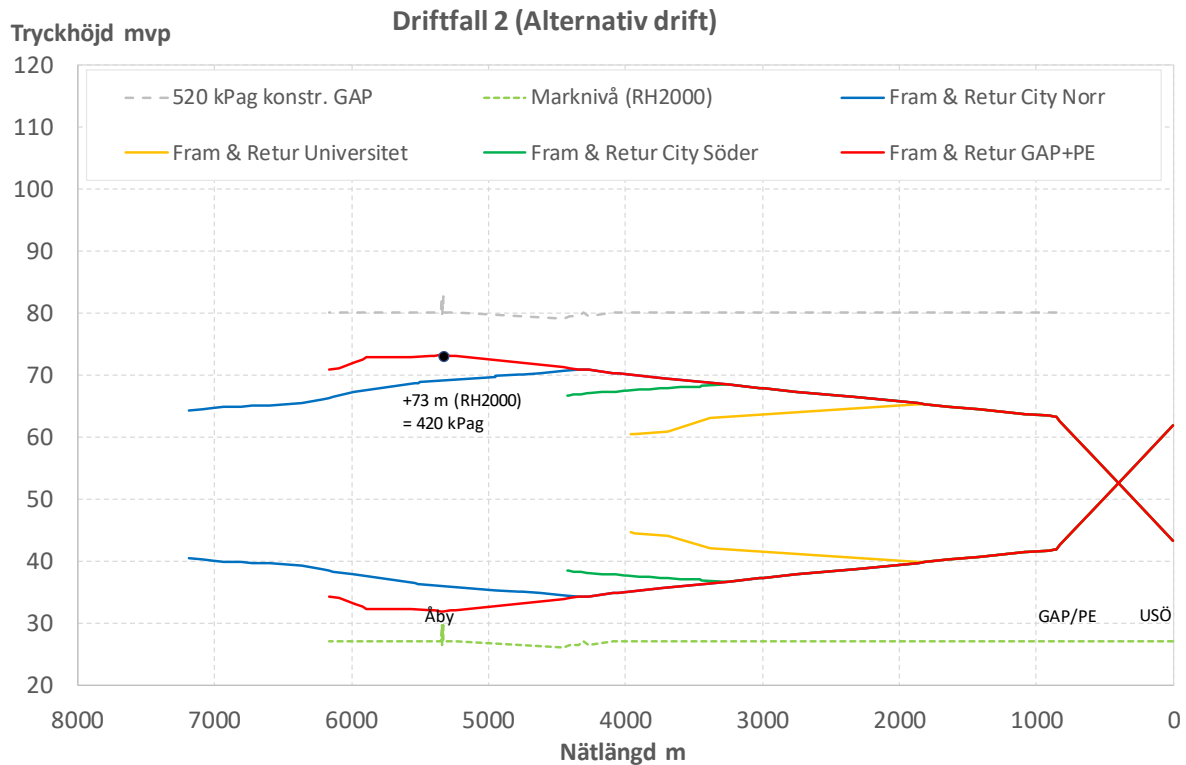


Figur 19: Tryckhöjdsdiagram (Tryckhållning på framledning, Driftfall 1)



Figur 20: Tryckhöjdsdiagram (Tryckhållning på framledning, Driftfall 2)

I Figur 20 kan man konstatera att distributionspumpar vid Åby behöver ge minst ca 28 mvp i uppfördringshöjd men att det går att driva dem hårdare (ca 42 mvp) om man vill minska det negativa differenstrycket vid USÖ och/eller om differenstrycket i City Söder blir för lågt, se Figur 21. Detta driftsätt är emellertid dyrare jämfört med att nyttja tryckstegringspumpar på nätet.



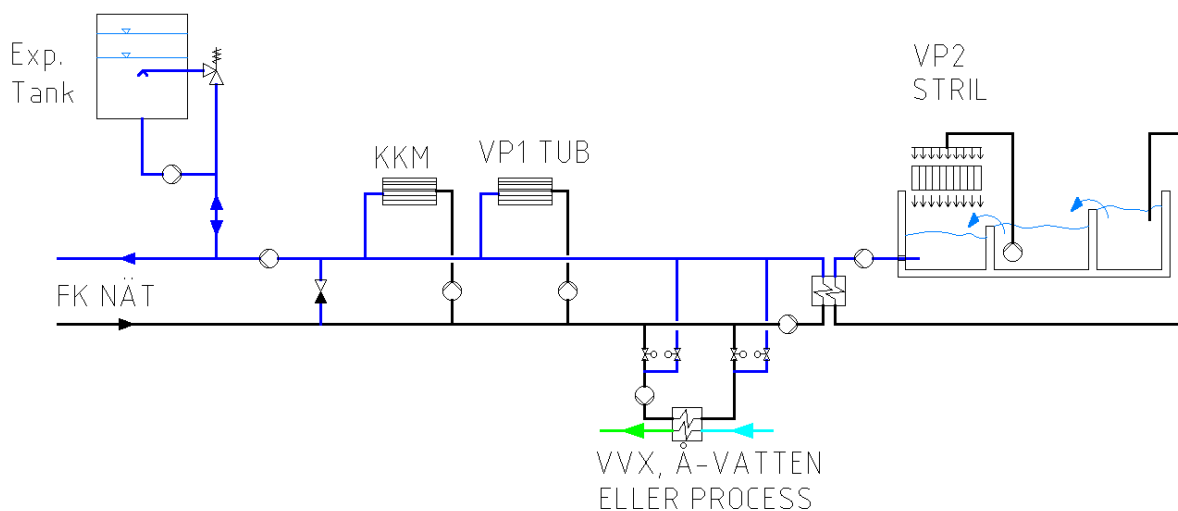
Figur 21: Tryckhöjdsdiagram (Driftfall 2 – Alternativ drift)

8.3.3 Utformning

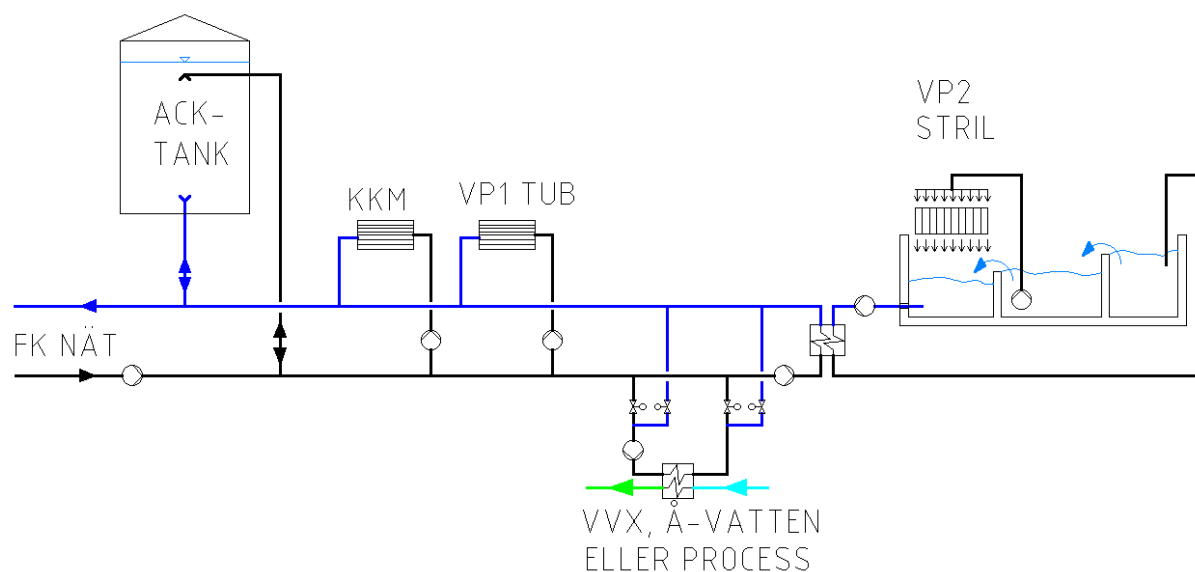
Utformningen för tryckhållning i framledningen vid Åby kan utformas med tryckhållningspumpar (se Figur 22) eller med en öppen atmosfärisk ackumulatortank (se Figur 23).

Tryckhållningspumpar har fördelen att de är billiga i investering och kräver inte lika mycket utrymme. Dessutom finns möjligheten att relativt enkelt justera framledningstrycket om det visar sig att Netsim körningar inte stämmer och/eller att dimensionerande driftfall förändras. En ackumulatortank å andra sidan är säkrare eftersom inga pumpar krävs för att upprätthålla erforderligt tryck. Dessutom kan tex överskottskyla som produceras med värmepumpar vid Åby levereras till fjärrkylkunder.

Utvärdering av platsbehov och ekonomi bör utföras av båda alternativen innan slutgiltig lösning fastställs.



Figur 22: Tryckhållning i framledning vid Åbyverket - Pumpar



Figur 23: Tryckhållning i framledning vid Åbyverket - Ackumulatortank

8.4 Övriga nödvändiga åtgärder

8.4.1 Differenstryckmätning

Vid samtidig drift från produktionsanläggningarna vid Åby och USÖ kommer tryckbilden i nätet att förändras. Hydrauliskt kritisk kund är inte längre densamma i alla driftsituationer. Utöver detta finns ett kontinuerligt behov av att åtgärda kunder med störst överkonsumtion av vatten allteftersom nätet växer. Vid en större åtgärd kan således den hydrauliskt kritiska kunden behöva flyttas även för reglering av befintliga tryckstegringspumpar på nätet.

E.ON behöver utföra Netsim simuleringar för olika driftfall och på så vis ta fram vart differenstryckmätning behöver utföras utifrån de ändrade förutsättningarna.

Det man kan konstatera utifrån utfört arbete i denna rapport är att minst två nya differenstryckmätningar med signalåterföring till produktionsanläggningarna behöver införas. Dessa är Inköparen och City Söder, se avsnitt 10.2.

8.4.2 Negativt differenstryck vid USÖ

Det framgår i tryckhöjdsdiagrammen att PE ledningen till USÖ är klen dimensionerad för uppsatta flödesmål i denna rapport. Den tekniskt optimala lösningen är förstås att byta ut eller lägga en ny ledning till USÖ men detta har inte utretts i denna rapport utifrån uppsatta randvillkor och begränsningar.

Ett negativt differenstryck vid USÖ fungerar men kommer att kräva vissa åtgärder i systemet. Uppfordringshöjden för tryckstegringspumpar vid USÖ och värmepumpskunder som finns längs med ledningen till USÖ behöver ökas. Dessutom behöver värmepumpskunderna förses med en systemlösning som klarar ett negativt differenstryck, dvs flödet stryps in, genom installation av tex reglerventil och backventil.

Om E.ON föredrar att alltid behålla ett positivt drifttryck i PE ledningen kan detta lösas på flera sätt. Tex kan en tryckstegringsstation installeras i början på PE-ledningen till USÖ. Det är emellertid svårt att se någon fördel med att höja trycket i denna punkt jämfört med att göra det vid USÖ, speciellt eftersom en dylik station behöver bypassas när flödet vänder (produktion från USÖ) samt att det ökar kostnaderna för att driva ett flöde genom värmepumpskunderna.

Förslagsvis ställs alternativen mot varandra i en lönsamhetsutvärdering som tar hänsyn till både erforderliga investeringar och driftkostnader.

8.4.2.1 Tryckstegringspumpar vid USÖ

Tryckstegringspumparna som driver flödet genom värmeväxlarna behöver bytas ut för att klara både tryckfall genom växlarna samt den högre tryckuppsättningen som erfordras för att lyfta trycknivån, se även avsnitt 5.3.2.

8.4.2.2 Värmepumpskunder

Hos vissa kunder längs med ledningen till USÖ finns i dagsläget värmepumpar installerade som fungerar som små produktionsenheter eftersom de kyler ner varmt returvatten som sedan pumpas ut till framledningen.

Distributionspumparna har VFD och är idag utlagda för ett maximalt differenstryck på 10 mvp mellan fram- och returledning. Uppfordringshöjden kommer inte räcka till för samtliga driftfall när produktion sker vid USÖ. Behovet kommer att variera och beror på vart kunden är placerad men maximalt handlar det om ca 75 mvp.

I samband med detta byte behöver man även införa åtgärder för negativa differenstryck (i det fall att stora flöden levereras till USÖ). Förslagsvis installeras en reglerventil och backventil parallellt med pumpen som stryper in flödet i dessa situationer. Eftersom värmepumpskunder behöver fjärrkyla vintertid när övriga FK systemet går på låglast är det inte säkert att ovanstående driftfall är aktuellt (negativt differenstryck och samtidigt utnyttjande av värmepump). E.ON bör simulera detta driftfall innan åtgärd utförs hos kund.

8.5 Slutsats

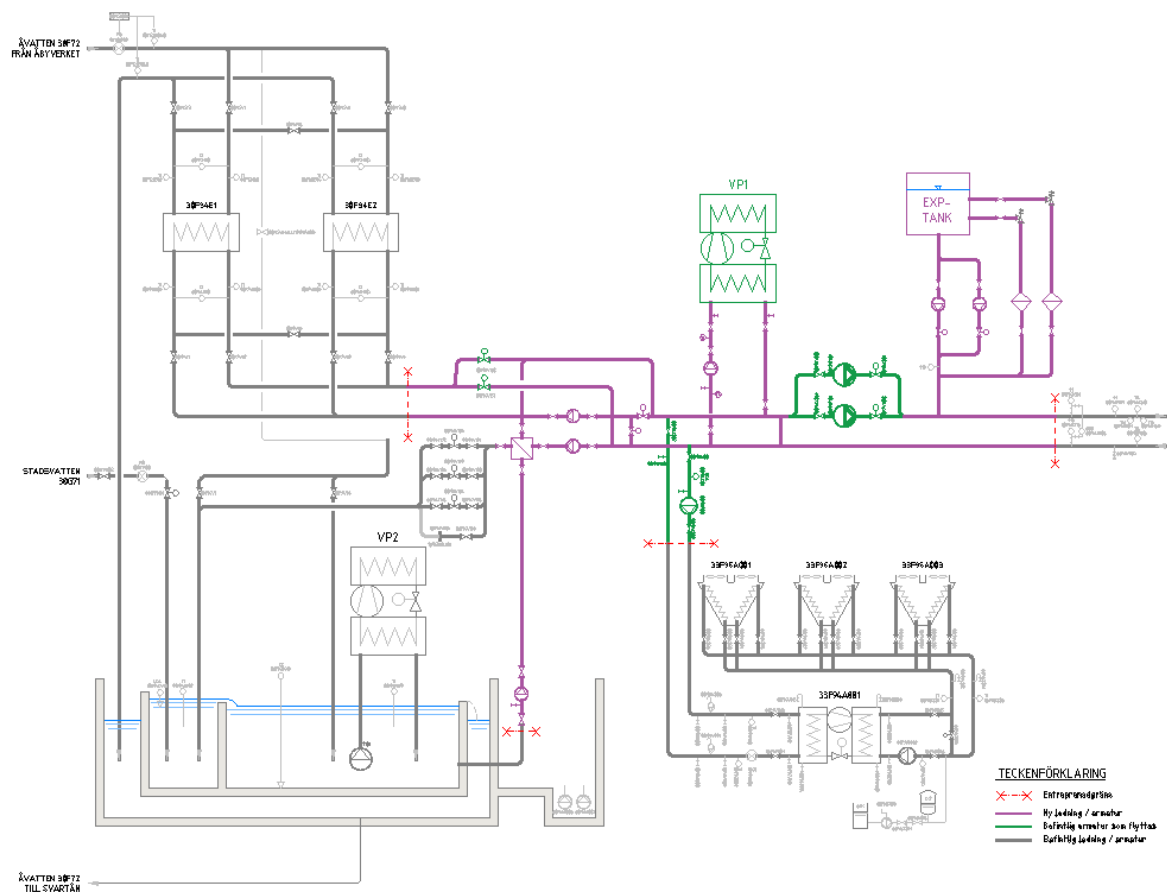
Med avseende på det interna kylsystemet inom USÖ (sekundärsystemet) bör en ringled skapas vilket ger både redundans och ökade möjligheter att få ut erforderlig effekt till slutkunder inom USÖ. RÖL's konsult Projektengagemang ser över möjligheten att skapa en ringled mot Campus och H-huset.

Med avseende på FK nätet (primärsystemet) behöver systemet slutas och en ny tryckhållning införas:

- Vi föreslår att den öppna bassängen i Åbyverket separeras från FK systemet med värmeväxlare. För att minimera påverkan på värmeaffären flyttas anslutningar för VP1 ut till systemet så att endast VP2 med strilförångare fortsatt tar sitt vatten från bassängen.
- Det finns ett flertal varianter att lösa tryckhållningen på. Under förutsättning att inga distributionsledningar byts ut / byggs om föreslår vi att tryckhållningen placeras vid Åbyverket i framledningen och att denna dimensioneras för att hålla ca 420 kPag.

Figur 24 visar tryckhållningspumpar men tryckhållningen kan även ske med en ackumulatortank om det visar sig ekonomiskt lönsamt (se även avsnitt 9).

Utöver ovanstående behöver även differenstryckmätning införas hos fler kunder, primära tryckstegringspumpar vid USÖ bytas ut och systemlösningen för E.ONs värmepumpskunder ses över så att ett negativt differenstryck klaras.



Figur 24: Flödesschema Åbyverket efter rekommenderad ombyggnation

9 ACKUMULATORTANK

9.1 Inledning

I detta avsnitt redovisas optimal storlek för en ny ackumulatortank som placeras på sekundärnätet respektive primärnätet. Dessutom utreds möjligheten att ev. använda ett gammalt vattentorn (Kruttornt) på USÖ's område som kylackumulator.

Syftet med ackumulering/lagring av kyla är oftast en eller flera av nedanstående parametrar:

- Driftoptimering
- Tillgodose behovet av effekttoppar.
- Öka säkerheten i fjärrkylleveranserna.

Om ackumuleringen sker i form av en ackumulatortank kan den dessutom utgöra distributions-systemets tryckhållning och expansionskärl.

Avgörande vid framtagning av en ackumulatortank är:

- Dimensionerande dygnsprofil.
- Aktuell temperaturdifferens mellan fram- och returledning.
- Installerad effekt.
- Höjd/diameter förhållande då ackumulatören används för tryckhållning.

9.2 Ackumulatortank som kopplas in sekundärt (USÖ's nät)

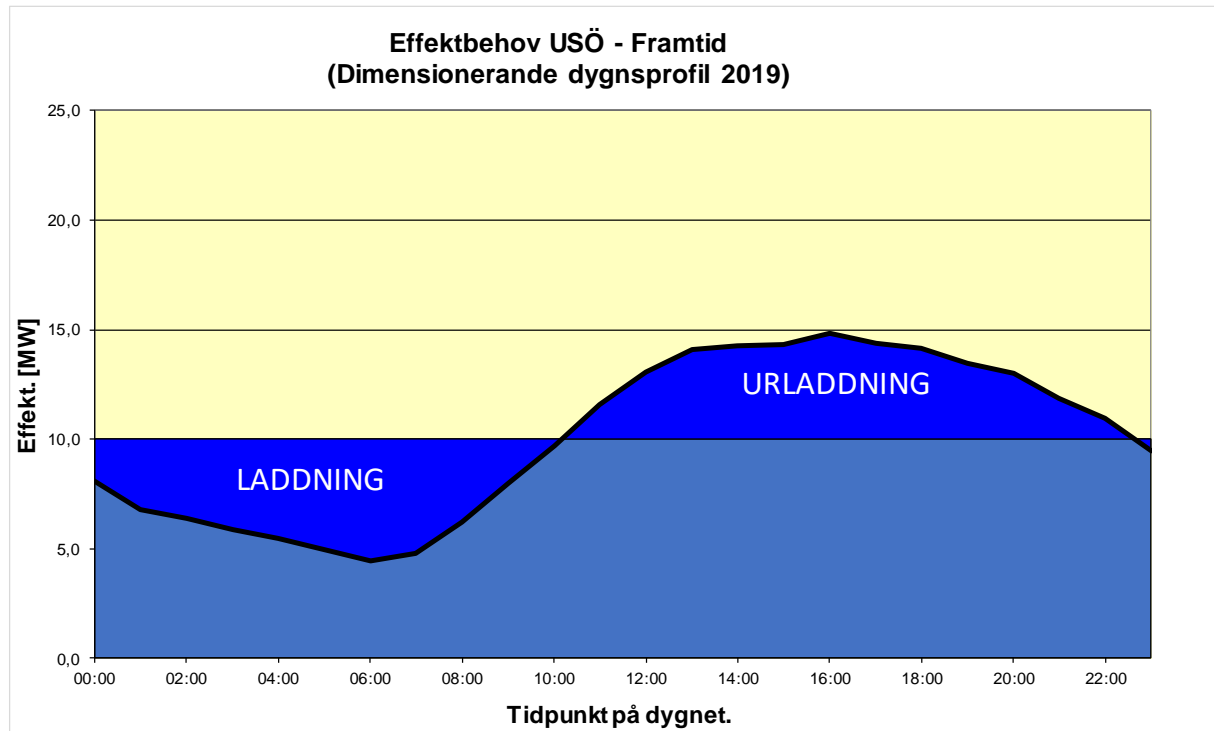
För USÖ's del vore det mycket positivt att placera en ackumulatortank på sekundärnätet eftersom all kylproduktion sker primärt och begränsas således av värmeväxlarnas kapacitet vilket framgår i avsnitt 2.3. Med en ackumulatortank kan betydligt högre effekttoppar tillgodoses utan behov av utökad värmeväxlarkapacitet och/eller abonnerad eleffekt för RÖL.

9.2.1 Lagringskapacitet

Fjärrkyllasten har en mycket uttalad dygnsvariation, särskilt vid dygn med hög last (dimensionerande dygn).

Figur 25 nedan visar ett framtida dimensionerande dygn, där det framgår att:

- Topplast på ca 15 MW kan erhållas med kylmaskinell utrustning / VVX fjärrkyla på 10 MW.
- Erforderlig laddning- /urladdningseffekt är ca 5 MW.
- Erforderlig lagringskapacitet är ca 40 MWh.



Figur 25: Dimensionerande dygn (framtida last USÖ) med optimal ack-tank samt minkrav på maskinell utrustning

9.2.2 Vätskevolym och storlek

Högsta punkten för befintligt sekundärnät är A-huset (hissmaskinrummet) där utrustningen är placerad på plushöjden ca + 67 m (RH2000).

Marknivån varierar delvis inom området med en genomsnittlig plushöjd på ca + 27m (RH2000).

Om ackumulatortanken ska utgöra sekundärsystemets tryckhållning behöver således vätskepelaren vara minst 40 m (67 – 27) för en atmosfärisk tank.

Till ovanstående tillkommer utrymmesbehov för expansion och tankinitiering i form av kvävgas. Det är således rimligt att dimensionera en ackumulatortank för ca 45 m.

Tabell 4 nedan visar erforderlig vätskevolym som funktion av dT samt erforderlig diameter på en cylindrisk tank om vi förutsätter en ackumulatortank på 45 m med en vätskepelare på 42 m.

Tabell 4: Erforderlig volym och diameter sfa dT vid 45 m ack-tank

dT (°C)	Lagringskapacitet (MWh)	Erf. volym (m ³)	Erf. diameter (m)	Höjd (m)
8	40	4 300	11	45
10		3 450	10	45
12		2 900	9	45

9.2.3 Slutsats

En optimal ackumulatortank som placeras sekundärt bör vara ca 45 m hög med diametern ca 10 m. RÖL har tittat på möjlig placering inom området men kommit fram till att det inte finns någon lämplig plats.

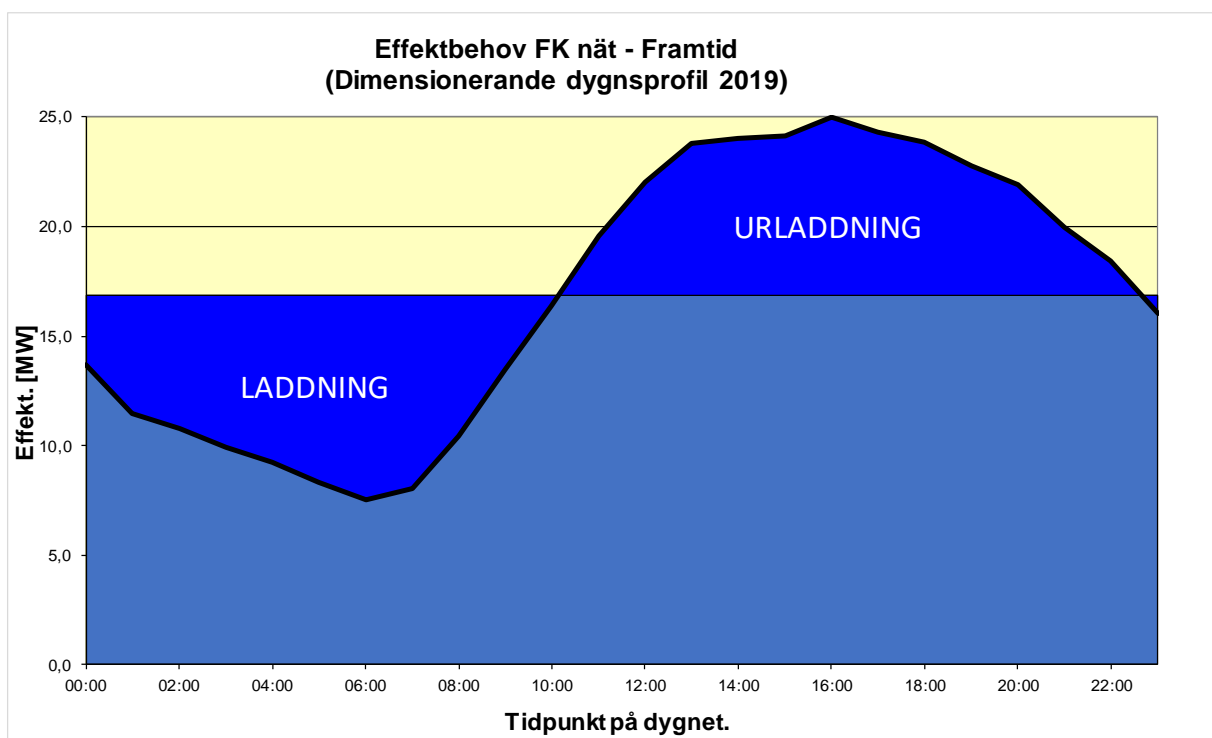
9.3 Ackumulatortank som kopplas in primärt (FK nät)

För E.ON's del vore det mycket positivt att koppla in en ackumulatortank på primärnätet eftersom överskottskyla som produceras med värmepumpar kan levereras till fjärrkylkunder istället för att dumpas i Skebäck och/eller Åby.

9.3.1 Lagringskapacitet

Figur 25 nedan visar ett framtida dimensionerande dygn, där det framgår att:

- Topplast på ca 25 MW kan erhållas med kylmaskinell utrustning på 17 MW.
- Erforderlig laddning- /urladdningseffekt är ca 8 MW.
- Erforderlig lagringskapacitet är ca 70 MWh.



Figur 26: Dimensionerande dygn (framtida last Örebro) med optimal ack-tank samt minskning på maskinell utrustning

9.3.2 Vätskevolym och storlek

Om en atmosfärisk ackumulatortank används som tryckhållning i framledningen vid Åby ska vätskehöjden vara på plushöjden +73 m (RH2000) vilket motsvarar ca 43 m vid markhöjden +30 m.

Till ovanstående tillkommer utrymmesbehov för expansion och tankinitiering i form av kvävgas. Tabell 4 nedan visar erforderlig vätskevolym som funktion av dT samt erforderlig diameter på en cylindrisk tank om vi förutsätter en ackumulatortank på 45 m med en vätskepelare på 43 m.

Tabell 5: Erforderlig volym och diameter sfa dT vid 45 m ack-tank

dT (°C)	Lagringskapacitet (MWh)	Erf. volym (m ³)	Erf. diameter (m)	Höjd (m)
6	70	10 000	17,5	45
8		7 500	15,0	45
10		6 000	13,5	45

Maximal återvinning av överskottskyla

Vid prioritet värme skapas rejäla kylöverskott med stor effekt (5 – 20 MW). För att tillgodogöra sig detta bör ackumulatortankens ledningar och dysor dimensioneras för en laddningskapacitet motsvarande 20 MW. Lagringskapaciteten är beroende på driftstider mellan värmepump och kylmaskin där en intermittent drift hjälper till att hålla nere lagringsvolymen.

En ackumulatortank med volymen 10 000 m³ är fylld på ca 3,5 timme om kylöverskottet är 20 MW.

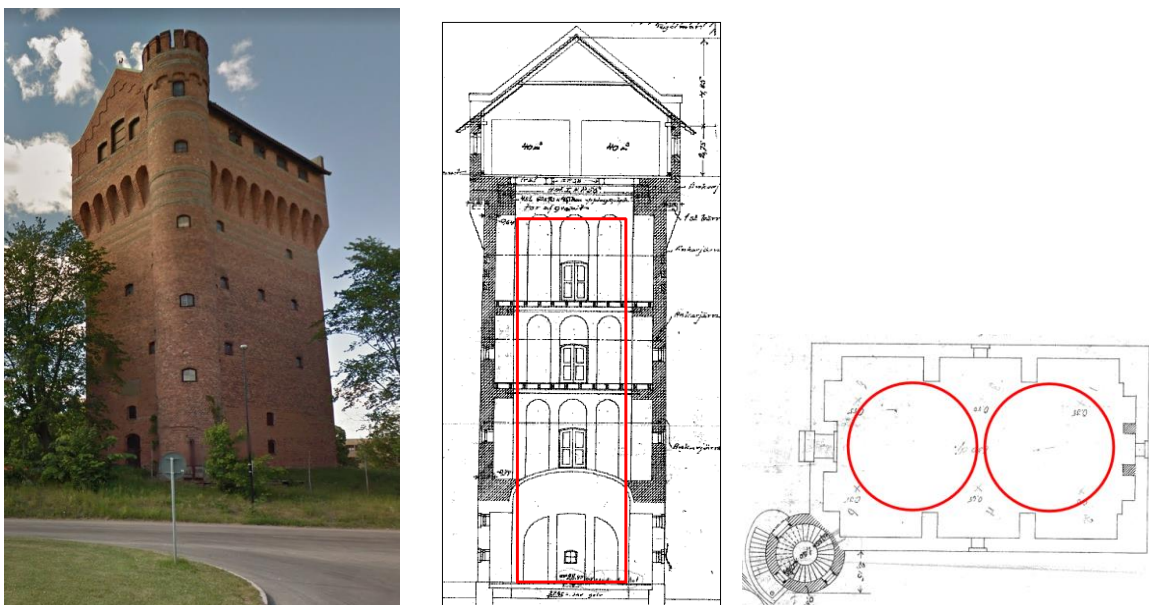
9.3.3 Slutsats

En optimal ackumulatortank som används för tryckhållning i primär framledning och placeras vid Åbyverket bör vara ca 45 m hög med diametern ca 17,5 m. Ackumulatortankens ledningar och dysor bör dimensioneras för en laddningskapacitet motsvarande minst 20 MW.

Inom ramen för detta arbete har det inte funnits möjlighet att finna någon lämplig plats eller utreda huruvida det är ekonomiskt försvarbart att bygga en ackumulatortank.

9.4 Kruttornet

Kruttornet är ett gammalt vattentorn som ligger ca 25 m från primärnätet respektive ca 125 m från sekundärnätet.



Figur 27 – Kruttornet (foto + ritning med två cylindriska cisterne)

Tornet är ca 30 m högt till taknock och uppskattad maxvolym (två cylindriska cisterner t.o.m. våning 4) är $2 \times 6 \times 22 \text{ m} = 1\,250 \text{ m}^3$.

Höjder (RH2000):

- Kruttorn (till taknock) ca +55 m
- Kruttorn (till vån 4) ca +50 m
- Högsta punkt USÖ ca +67 m
- Högsta punkt E.ON FK ca + 30 m

Utifrån ovanstående höjder kan man direkt konstatera att tornet är för lågt för att direktkopplas mot sekundärnätet ($+55-50 < +67 \text{ m}$) men att det kan fungera i primärnätet ($+50-55 > +30$). Volymen ($1\,250 \text{ m}^3$) är emellertid betydligt mindre än optimalt för ett dimensionerande dygn i primärnätet ($7\,500 \text{ m}^3$ vid $dT = 8^\circ\text{C}$), se tidigare avsnitt.

Kruttornets placering i FK nätet är inte optimalt för en direktkopplad ackumulatortank. FVB har tillsammans med E.ON (utförda Netsim beräkningar) kommit fram till att tryckhållning vid Kruttornet kommer att begränsa möjligheterna att leverera kyla från USÖ till FK nätet (se även avsnitt 8). Utöver detta är byggnaden begränsad i storlek (ej optimal som energilager) samt Q-märkt vilket medför extrakostnader för byggnation.

Vår bedömning är således att Kruttornet varken är lämpligt för tryckhållning i nätet eller som energilager då vätskevolymen är för liten.

10 REGLERPRINCIPER

10.1 Övergripande styrning

10.1.1 Princip

Eftersom produktionen innehåller värmepumpar vid Åbyverket, som kan leverera både kyla och värme, behövs i varje driftsituation bestämmas huruvida **ekonomisk prioritet** ska vara kylproduktion eller värmeproduktion. Det är väsentligt att detta fastställs för att tydliggöra produktionsdriften.

Principen bör vara att prioritet kyla är förhandsval. När, och endast om, fjärrvärmenätet har behov av värme från värmepumparna läggs prioriteten om till värme.

10.1.2 Prioritet kyla

Prioritet kyla innebär att produktionens enheter styrs för att leverera kyla optimalt och eventuellt värmeöverskott ses som en biprodukt, dvs inget momentant behov av värme eller möjlighet att lagra värme finns.

Kylproduktion sker alltid i följande prioritetsordning: Frikyla, kylmaskiner och i sista hand värmepumpar. I de situationer som värmepumparnas minlast överstiger fjärrkylkundernas momentana behov ska i första hand kyla ackumuleras i ackumulatortank eller nätet för att på så sätt förlänga perioden mellan start/stopp av värmepumpar. Simulering av fjärrkylkund genom att köra spillvärme från Åby eller Skebäck är mycket ineffektivt och ska därför undvikas.

10.1.3 Prioritet värme

Prioritet värme innebär att värmepumparna styrs så att erforderlig fjärrvärmeleverans tillgodoses.

Värme ska alltid återvinnas i följande prioritetsordning: Fjärrkylkunder och ev. ackumulatortank, spillvärme från Åby och i sista hand spillvärme från Skebäck.

I de driftsituationer som fjärrkylkunder räcker till som värmekälla startas även (vid behov) frikyla och/eller kylmaskindrift för att samtidigt klara kyllasten. Om frikyla finns tillgänglig har denna prioritet gentemot kylmaskiner.

När/om fjärrkylkunder inte räcker till som värmekälla körs endast värmepumpar och i första hand lagras kyla i en eventuell ackumulatortank. Därefter startas värmeåtervinning från Åby's process och om dessa värmekällor inte räcker till startas även värmeåtervinning från Skebäck. Varvtalsreglering av pumparna i Skebäck bör ske efter faktiskt värmebehov i fjärrvärmenätet och inte manuellt av operatör.

10.1.4 Förändring av Prioritet

När prioritet förändras från kyla till värme rampar värmepumparna upp samtidigt som i första hand kylmaskindrift och slutligen även frikyla stoppas. När enbart värmepumparna är i drift startas värmeåtervinning från Åby och Skebäck endast vid behov.

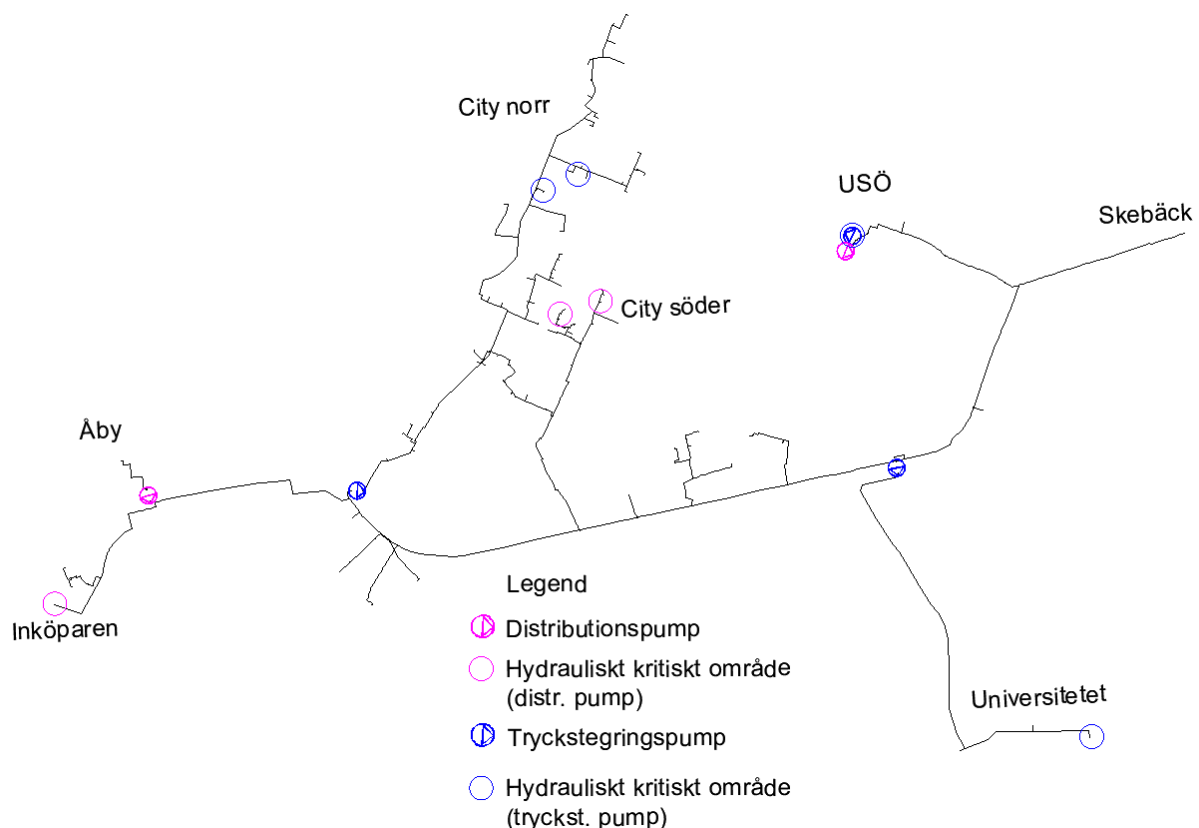
När prioritet ändras från värme till kyla stoppas värmeåterinning från Skebäck och Åby samtidigt som värmepumparna regleras ned. Därefter startas frikyla (om tillgänglig) och slutligen kylmaskindrift.

10.2 Flödesreglering

Flödet i FK nätet regleras genom att pumparnas varvtal regleras för att upprätthålla ett lägsta tillåtet differenstryck vid den hydrauliskt kritiska kunden i distributionssystemet.

Tryckstegringspumpar finns idag mot City Norr, mot Universitetet samt vid USÖ. Dessa pumpar tar hand om sitt respektive delsystem medan distributionspumparna vid Åby och USÖ tar hand om övriga nätet, se Figur 28. Tryckstegringspumparna vid USÖ ska styra gentemot DPIC K207.

Generellt bör E.ON sträva efter att ligga så lågt som möjligt med distributionspumparna så att tryckstegringspumparna i nätet faktiskt används. Alternativet att driva distributionspumparna vid Åby eller USÖ hårdare för att undvika start av tryckstegringspump medför stora differenstryck för kunder ute på nätet vilket innebär totalt sett ökade pumpkostnader samt (med stor sannolikhet) förstör delta T då kundcentraler får svårt att reglera.



Figur 28: Placering av pumpar samt hydrauliskt kritiska kunder.

Vid drift från den nya produktionsanläggningen vid USÖ kommer tryckbilden i nätet att förändras. Hydrauliskt kritisk kund kommer att flyttas och beror på aktuellt driftfall.

När och om produktion endast sker från Åbyverket eller endast från USÖ gäller:

- Vid produktion endast från Åbyverket så varvtalsregleras distributionspumparna gentemot hydrauliskt kritisk kund placerad i City Söder eller Skebäck.
- Vid produktion endast från USÖ så varvtalsregleras distributionspumparna gentemot hydrauliskt kritisk kund placerad i Inköparen.

Vid samtidig produktion från Åbyverket och USÖ kan endast en av produktionsanläggningarna ha distributionspumpar som regleras utifrån differenstrycket medan pumparna i den andra anläggningen regleras på annat lämpligt sätt, tex effektuttag. Vilken av anläggningarna som för tillfället ska regleras mot differenstryck bör kunna väljas av operatör. Typiskt läggs baslasten på effektdrift medan spetslasten regleras mot differenstryck.

E.ON behöver utföra Netsim simuleringar för olika driftfall vid produktion från båda anläggningarna för att på så vis ta fram vart i nätet som differenstrycksmätning behöver installeras.

För att undvika stora trycksvängningar när vattnet mellan Åby och USÖ ändrar hastighet/riktning ska nedvarvning/uppvarvning av distributionspump ske långsamt och försiktigt (ca 10 minuter). Lämplig ramphastighet och marginal ska provas ut och fastställas.

10.3 Kapacitetsreglering

10.3.1 Allmänt

Kylmaskiner liksom kylvärmepumpen ska ha ett eget styrsystem som internt tar hand om reglering/styrning och säkerhetsfunktioner. Detta innebär att maskinerna kan fungera som "Stand alone", dvs utan kontakt med annan styrteknisk utrustning i anläggningen.

Kapacitetsreglering ska ske mot uppmätt framledningstemperatur för utgående köldbärare. Börvärdet för framledningstemperaturen erhålls via övergripande styrsystem och beror av uppmätt utetemperatur. Börvärdet ska gå att variera mellan +5°C till +8°C.

Systemet utformas som ett sk. "variable primary flow system" vilket innebär att inga separata cirkulationspumpar behövs till respektive kylmaskin. Istället är varje maskin utrustad med en "flödesmätning" i form av differenstryckmätning mellan fram- och returledning på förångar- respektive kondensorsida. Reglerventiler till respektive maskin fördelar flödet mellan maskinerna. För att minimera störningar vid flödesvariationer samt bibehålla stabilitet vid låga flöden förses varje maskin med en kontrollenhet som innehåller en algoritm för flödeskompensation.

Kylmaskinerna vid USÖ ska även kunna effektbegränsas kortvarigt för att i möjligaste mån undvika signifikanta ombyggnationer i befintligt elnät. Spetsning av kyllast till FK nätet sker vid effektbegränsning på maskiner vid USÖ från kylproduktionsanläggningen vid Åbyverket. Detta innebär att distributionspumpar vid Åby behöver regleras mot differenstryck i nätet när/om maskiner vid USÖ effektbegränsas.

10.4 Signalutbyte och larm

Nedan ges förslag på minimumkrav för signalutbyte och larm.

Lokalt styrsystem ska kunna kommunicera med E.ONs överordnade system via fiber.

Under drift ska minst följande parametrar mätas kontinuerligt

- Temperatur in/ur kondensor (KM)
- Temperatur in/ur förångare (KB)
- Producerad kyleffekt och energi
- Förbrukad eleffekt och energi
- Drifttid
- Kondensortryck och förångartryck

Larm:

- Lågt flöde för respektive KM och KB
- Högt / lågt temperatur in / ut för respektive KM och KB
- Högt / lågt tryck förångare och kondensor
- Högt / lågt tryck KB och KM
- Driftstopp kompressor
- Höga vibrationer
- Erforderliga larm från kylmaskinens säkerhetssystem

Följande information ska kunna avläsas på aggregat:

- Köldbärartemperatur är- och börvärde
- Kylmaskinens belastningsnivå
- Drifttid samt antalet starter för respektive kompressor
- Larm för varje kompressor indikerande för hög motortemperatur, högtryck, lågtryck, överström respektive lågt oljetryck
- Larm för aggregat indikerande för frysskydd och lågt köldbärarflöde

Följande information ska kunna föras vidare från aggregat till överordnat system:

- Kylmaskinens belastningsnivå
- Utgående köldbärartemperatur
- Drifttid samt antalet starter för respektive kompressor
- Summalarm för varje kompressor indikerande för hög motortemperatur, högtryck, lågtryck, överström respektive lågt oljetryck
- Summalarm för aggregat indikerande för frysskydd resp lågt köldbärarflöde

11 INVESTERINGSKOSTNADER

11.1 Inledning

Redovisade investeringskostnader i denna rapport bygger på en uppskattning av längder och storlekar samt att valda platser kan utnyttjas för ändamålet. Således finns en relativt stor osäkerhet i siffrorna vilket är typiskt för en förstudie. Vi rekommenderar att en förprojektering genomförs innan investeringsbeslut fattas.

Uppskattning av investeringskostnader har tagits fram för:

- Ny kylproduktionsanläggning i T-huset vid USÖ.
- Anpassning av befintligt primärnät vid USÖ.
- Erforderliga åtgärder vid Åbyverket för att sluta fjärrkylsystemet.

11.2 Generellt

Generellt har kostnadsposter uppskattats utifrån inkomna budgetofferter i detta projekt eller alternativt från tidigare jämförbara projekt.

Rörinstallationskostnaden ovan mark har uppskattats med vår interna beräkningsmodell. Kostnad för markförlagda ledningar har bestämts enligt Svensk Fjärrvärmes kostnads katalog (mark, rörarbeten, material och muffkostnad) med tillägg för projektering och rörböjar.

Kraftanslutning tillsammans med kompletterande styr har däremot endast grovt uppskattats. Denna kostnad bör verifieras av sakkunnig då stora avvikelser kan uppkomma beroende på krav och förutsättningar.

Generellt påslag (20%) har gjorts för byggledning, idrifttagning, slutdokumentation, Åtor och projektering.

Påslag (15%) har dessutom gjorts för oförutsedda händelser och denna post bör ses som riskkapital.

11.3 Ny kylproduktionsanläggning i T-huset (USÖ)

I Tabell 6 nedan redovisas uppskattat investeringsbehov för ny kylproduktionsanläggning i T-huset:

- Budgetofferter har erhållits för kylmaskiner, värmeväxlare och pumpar medan övriga kostnadsposter har uppskattats.
- Ingen vattenbehandling, tryckhållning eller expansion i FK systemet vid USÖ. Detta omhändertas vid Åbyverket. KM systemet förses med vatten från FK systemet, se principschema.
- Åvattenledning utförs i PEH material medan övriga ledningar är isolerade rostfria stålledningar.
- Kostnad för ny intagslåda i Svartån har medtagits då det i skrivandets stund inte gått att få fram uppgifter på hur befintligt intag ser ut eller vilket flöde som det dimensionerats för.

Tabell 6: Uppskattad investeringskostnad – kylproduktionscentral i T-huset (USÖ)

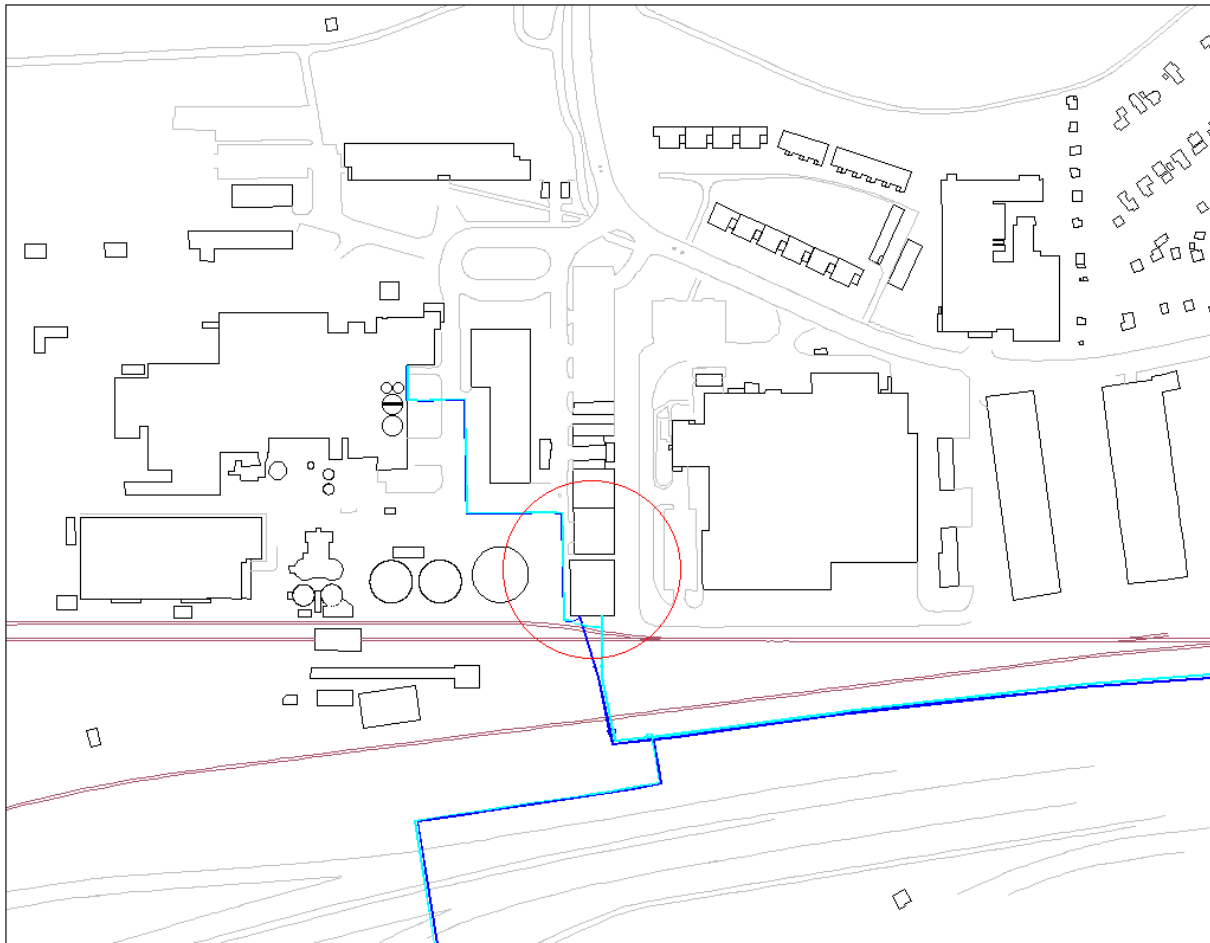
Investeringskostnad - USÖ		
Konstruktionskostnader - Material och Installation		kSEK
FK system		
Kylmaskiner (2 x 5 MW)		11 200
Behållare för återvinning av köldmedium		150
VVX - Kondensorkylning		720
VVX - Frikyla		230
CIP utrustning		300
Rör, komponenter, givare och mätare		5 800
Pumpar, motorer och frekvensomriktare		2 100
Värmeåtervinning		
Kylmaskin m. värmeåtervinning		1 800
VVX - Värmeåtervinning		80
Rör, komponenter, givare och mätare		1 100
Pumpar, motorer och frekvensomriktare		150
Åvattensystem		
Ny intagslåda som placeras i Svartån		2 000
Rör, komponenter, givare och mätare (inomhus)		2 200
Nytt självrensande finfilter (inomhus)		300
Markförlagda rör (ca 50 m)		1 200
Åvattenförläggning (ca 65 m)		2 200
Pumpar, motorer och frekvensomriktare		100
Sekundärsystem		
Pumpar, motorer och frekvensomriktare		1 500
El, automation och bygg		
Elentreprenad		5 000
Entreprenad för styr och regler		2 000
Byggentreprenad (inkl. ventilation)		2 500
Besiktning, provning, konstruktionsgranskning		250
Material och Installation:		42 900
Konstruktionskostnader - Övrigt		10%
Byggleddning, idrifttagning och slutdokumentation	5%	2 100
Ändringar, tillägg, avgående (ÄTA)	5%	2 100
Övrigt	0%	0
Konstruktionskostnad:		47 100
Projekteringskostnader		10%
Förprojektering (~25%)	3%	1 400
Detaljprojektering (~65%)	7%	3 300
Upphandling (~10%)	1%	500
Projektkostnad:		52 300
Diverse och oförutsett	15%	7 800
Investeringskostnad inkl. oförutsett:		60 000
Specifik Investeringskostnad (SEK/kW)		5 710

OBS! Kraftanslutning, elentreprenad och automation har grovt uppskattats till ca 7000 kSEK. Denna post måste verifieras av sakkunnig innan investeringsbeslut tas då stora avvikelser kan uppkomma beroende på krav och förutsättningar.

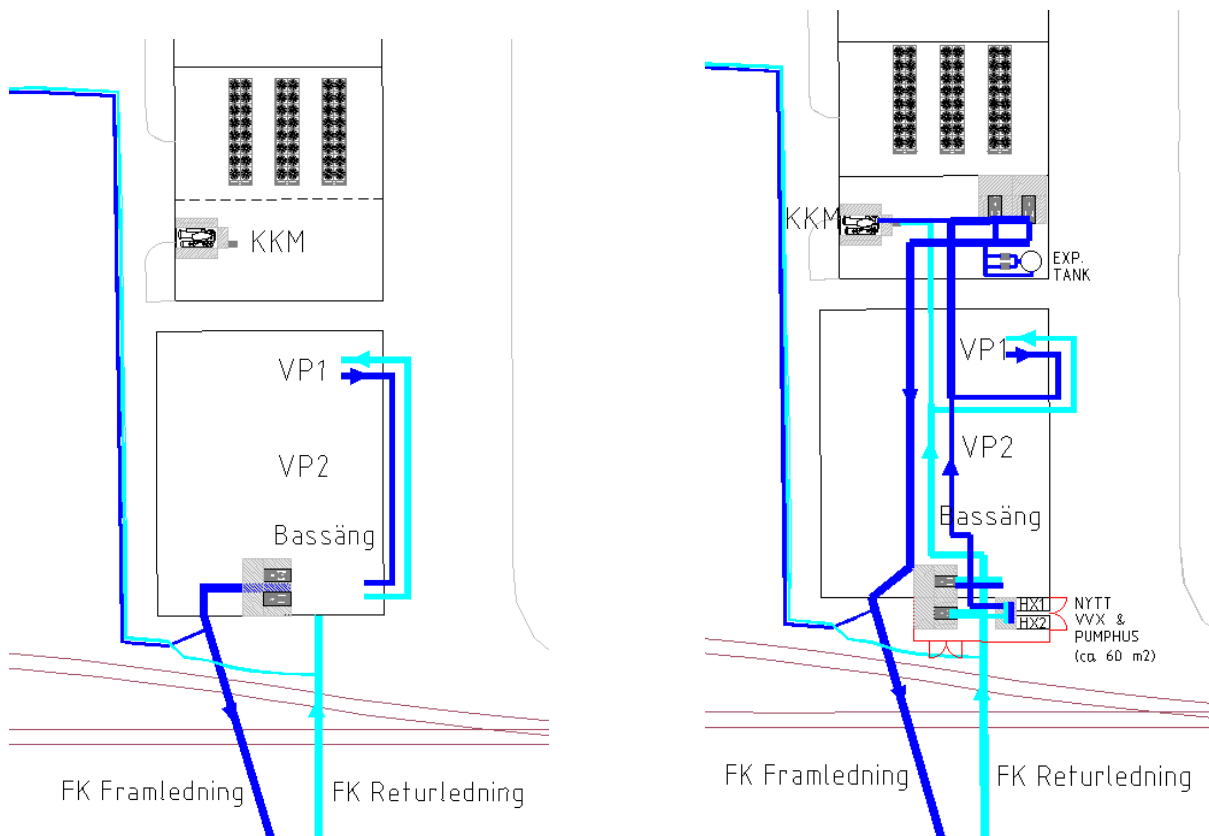
11.4 Slutning av befintligt fjärrkylanät vid Åbyverket

Investeringskostnaden för att sluta befintligt fjärrkylanät vid Åbyverket har tagits fram utifrån det lösningsförslag som redovisas i avsnitt 8.

För att öka förståelsen av de åtgärder som budgetkalkylen inbegriper visas Figur 29 - Figur 30 nedan. I Figur 29 visas en översikt på området samt placering av kylcentralen där rekommenderade åtgärder ska utföras. Figur 30 visar föreslagen rördragning och placering av utrustning inom kylcentralen.



Figur 29: Översikt – Inringat område är befintlig kylproduktionsanläggning vid Åbyverket



Figur 30: Layout, Befintlig produktion (vänster) och lösningsförslag (höger)

I Figur 30 framgår bland annat:

- Befintliga distributionspumpar som idag är placerade i södra änden av kylproduktionscentralen flyttas till det utrymme där befintlig kylmaskin (KKM) står. Här placeras även det nya expansionskärl och tryckhållningspumpar.
- Befintlig KKM står kvar där den placerats idag men behöver kopplas ihop med den nya rördragningen.
- Nya rörledningar (två stycken framledningar och en returledning) förläggs på tak mellan inkommande värmeväxlare och ny placering av distributionspumpar.
- Befintlig rördragning från VP1 till bassängen görs om så att inkoppling istället sker mot FK ledningar på taket.
- Ett nytt VVX och pumphus byggs på södra änden av byggnaden (ca 60 m²) där nya värmeväxlare och pump placeras för att separera bassängen med FK nätet.
- Där dagens distributionspumpar står placeras istället en ny cirkulationspump som används för att cirkulera FK flöde genom befintliga frikyla- / process värmeväxlare.

Tabell 7: Uppskattad investeringskostnad – kylproduktionscentral Åby

Investeringskostnad - Åby		
Konstruktionskostnader - Material och Installation		kSEK
Värmeväxlare		1 500
Rörinstallation		7 000
Pumpar och motorer		1 000
Elkraft		1 500
Styr och automation		1 200
Pumphus - mark och bygg		1 500
Besiktning, provning, konstruktionsgranskning		250
Material och Installation:		13 950
Konstruktionskostnader - Övrigt	10%	
Byggleddning, idrifttagning och slutdokumentation	5%	700
Ändringar, tillägg, avgående (ÅTA)	5%	700
Övrigt	0%	0
Konstruktionskostnad:		15 350
Projekteringskostnader	10%	
Förprojektering (~25%)	3%	500
Detaljprojektering (~65%)	7%	1 100
Upphandling (~10%)	1%	200
Projektkostnad:		17 150
Oförutsett	15%	2 600
Investeringskostnad inkl. oförutsett:		20 000

OBS! Kraftanslutning, elentreprenad och automation har grovt uppskattats till ca 2700 kSEK. Denna post måste verifieras av sakkunnig innan investeringsbeslut tas då stora avvikelser kan uppkomma beroende på krav och förutsättningar.

11.5 Anpassning av befintligt primärnät

Med en ny produktionsanläggning vid USÖ kommer differenstrycket mellan fram- och returledning att förändras gentemot idag. Detta medför ett behov av nya differenstryckmätningar med signalåterföring till produktionsanläggningarna behöver införas, se avsnitt 8.4. Kostnaden för installation av differenstryckmätning hos kunden är inte speciellt stor men det kan vara ett problem att få signalåterföring. Detta bör kontrolleras/verifieras av personal hos E.ON som har insikt i befintlig kabel/fiberdragning.

Ny systemlösning hos VP kunder (pump och reglerventil) uppskattas grovt till max 100 kSEK per kund. Siffran bör kontrolleras/verifieras av personal hos E.ON som har insikt i befintlig systemlösning.

Nya tryckstegringspumpar och frekvensomriktare för att cirkulera flödet genom värmeväxlare vid USÖ (2 x 540 m³/h @ 62 mvp) uppskattas till ca 700 kSEK. Dessutom tillkommer installation samt eventuell rör- och elanpassning i T-huset.

E.ON bör grovt räkna med en totalkostnad motsvarande ca 2 000 kSEK för anpassning av primärnätet.

11.6 Sammanfattning av investeringskostnader

Redovisade investeringskostnader i denna rapport bygger på en uppskattning av längder och storlekar samt att valda platser kan utnyttjas för ändamålet.

Innan investeringsbeslut fattas rekommenderar vi att:

- Det verifieras / säkerställs att valda platser i denna rapport kan utnyttjas för ändamålet.
- En förprojektering genomförs av föreslagna åtgärder vid Åbyverket.
- Kraftanslutning, elentreprenad och automation verifieras av sakkunnig då stora avvikelser kan uppkomma beroende på krav och förutsättningar

Tabell 8: Sammanställning av uppskattade investeringskostnader

Uppskattning av investeringskostnader	MSEK
Ny kylproduktionsanläggning i T-huset vid USÖ	60
Åtgärder vid Åbyverket för att sluta FK systemet	20
Anpassning av befintligt primärnät vid USÖ	2

12 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

En ny kylproduktionsanläggning behövs för att framtidssäkra leveranskapacitet och leveranstillgänglighet av kylproduktion till Universitetssjukhuset och fjärrkylakunder i Örebro stad.

Rekommendationen i denna rapport är att 2 x 5 MW kylmaskiner (centrifugal) plus 1 x 0,5 MW kylvärmepump (skruvkompressor) och en frikylavärmeväxlare på 3 MW installeras i T-huset inom USÖ.

T-huset är en lämplig plats med närhet till Svartån och befintlig FK utrustning. Eftersom köldmediemängden blir relativt stor behöver den del av utrymmet som förses med kylmaskinell utrustning att klassas som ett kylmaskinrum. För ett kylmaskinrum ställs specifika krav med avseende på personalens säkerhet liksom krav på säkerhet för yttre miljön enligt köldmedieförordningen och F-gasförordningen.

Kylmaskinerna bör kylas med Svartåvatten vilket dels är lämpligt inom ett sjukhusområde, dels borgar för en mycket effektiv anläggning. Kylmaskinernas EER (COP_c) beror naturligtvis på när dessa körs eftersom Svartåns temperatur varierar, men med planerad drift enligt denna rapport beräknas anläggningens årsmedelvärde (kylmaskiner, kylvärmepump och frikyla) hamna på COP_c = 8.

Nytt tillstånd erfordras för bortledande av ytvatten och utsläppande av kylvatten i Svartån för permanent drift, utökning av mängden kylvatten samt omläggning av utloppsledningen. Samrådsunderlag har tagits fram (FVB ID #190708-002).

För att möjliggöra kylproduktionsdrift från USÖ behöver E.ON sluta sitt primära distributionssystem. I ett slutet system behövs både tryckhållning och möjlighet för vattnet att expandera. Utifrån utförda Netsim beräkningar föreslår vi att tryckhållningen sker på framledningen vid Åby med tryckhållningspumpar.

Tryckbilden i primärnätet kommer att förändras beroende på varifrån kylproduktion sker. För att säkerställa erforderligt differenstryck hos samtliga kunder vid varvtalsreglering av distributionspumpar behöver sannolikt differenstryckmätning införas hos fler kunder än idag. Ovanstående kommer även att inverka på erforderlig tryckuppsättning hos värmepumpskunder som finns längs med PE ledningen mot USÖ.

Vi har i denna rapport lagt ut pumpar för att möjliggöra drift med ett något lägre delta T än design (minst 8°C under höglastdrift). Vi anser att detta är nödvändigt för att säkerställa ett funktionssäkert sjukhus. Samtidigt är det förstås viktigt att fortsätta arbetet med att förbättra delta T i sekundärnätet, dels för att kunna överföra effekten men även pga. den ökade kostnaden som onödig pumpning medför. Ovanstående medför att primära och sekundära tryckstegring-/cirkulationspumpar vid USÖ behöver bytas ut och systemlösningen för E.ONs värmepumpskunder ses över.

Rekommenderat fortsatt arbete

Det absolut viktigaste är att jobba vidare med och få acceptans för en permanent kylproduktionsdrift med en ökad mängd kylvatten som bortförs och återförs till Svartån. Förslagsvis testas framtaget samrådsunderlag (FVB ID #190708-002) med miljökontoret innan det offentliggörs politiskt. Att en ny Vattendom kommer till stånd är en förutsättning för alla slutsatser och rekommendationer i denna rapport.

RÖL bör även i ett tidigt skede säkra upp möjligheten att få använda föreskrivna utrymmen i T-huset samt placering av ny kraftförsörjning.

RÖL behöver sammanställa tillkommande elbehov inom sjukhusområdet, dvs ny kylproduktionscentral enligt denna rapport (ca 2,5 MW) samt övrigt som planeras. Om behov finns för att utöka abonnerad effekt bör E.ON Energidistribution påbörja en utredning/analys om hur elkraften säkerställs. För detta behöver RÖL göra en föransökan om tillkommande last.

RÖL behöver titta på problematiken att faktiskt möjliggöra överföring av 10 MW kyla via värmeväxlare samt att distribuera ut detta i sekundärnätet. Den optimala lösningen är självklart att förbättra delta T i det sekundära distributionssystemet och att detta utförs på ett systematiskt vis med åtgärder inriktade på i första hand de största överkonsumenterna av flöde.

Parallellt med detta föreslår vi att nya cirkulationspumpar införskaffas som möjliggör överföring av erforderlig effekt med ett lägre delta T än design (8°C jmf med 12°C). Vid utläggning av erforderlig uppföringshöjd ska hänsyn tas till det ökade tryckfallet genom värmeväxlarna samt den förbättring som en ny ringled mot Campus och H-huset medför.

E.ON behöver utföra en förprojektering av nödvändiga åtgärder inom Åbyverket för att säkerställa investeringsbehov och möjligheten att utföra rekommendationer enligt förslag i denna rapport (försluta distributionssystemet samt ny tryckhållning och expansion).

E.ON behöver utföra Netsim simuleringar för olika driftfall vid produktion från båda anläggningarna för att på så vis ta fram vart i nätet som differenstrycksmätning behöver installeras. Det är också lämpligt att i ett tidigt skede ta fram lämplig systemlösning hos värmepumpskunder för att klara de nya driftfallen.

Utöver ovanstående kritiska uppgifter, rekommenderas att i mån av tid utreda huruvida det är ekonomiskt försvarbart och möjligt att bygga en ackumulatortank som placeras vid Åby och används som tryckhållning.

13 APPENDIX

13.1 Flödesscheman

Flödesschema Kylproduktionsanläggning USÖ #190708-801

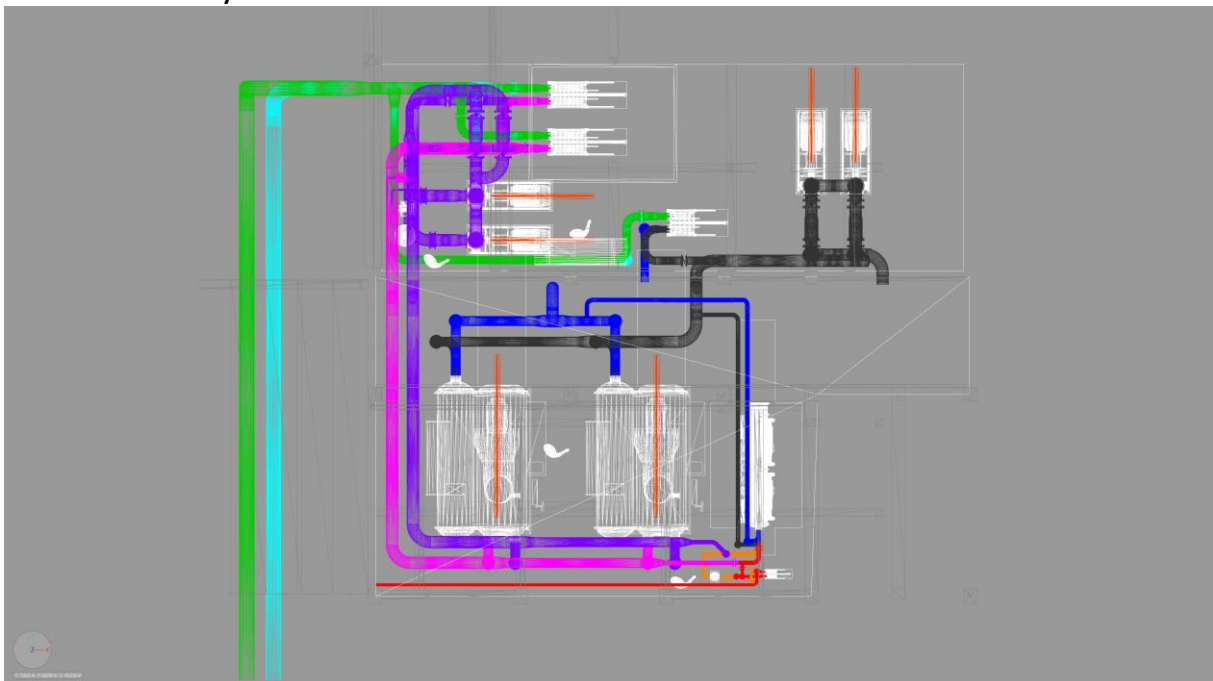
Flödesschema Kylproduktionsanläggning ÅBY #190708-802

13.2 Layouter Produktionsanläggning USÖ

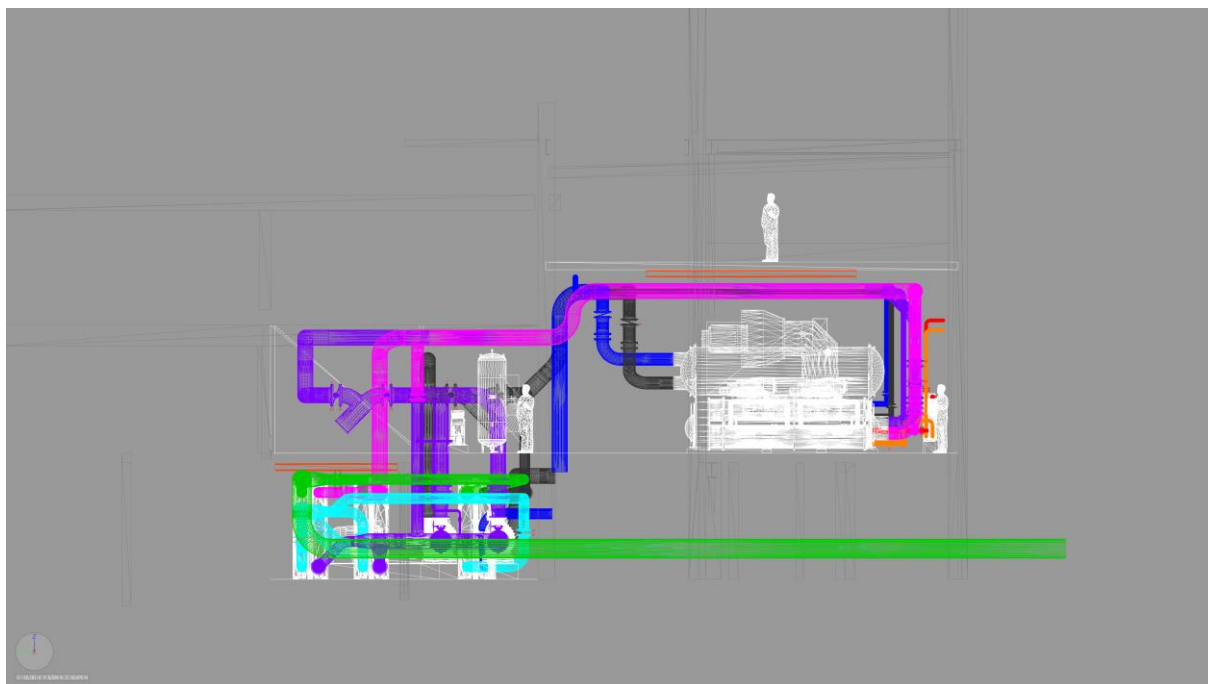
I layouterna används samma färgkodning som i flödesschema (FVB Id 190708-801):

- Fjärrkyla fram
- Fjärrkyla retur
- KM-krets kall
- KM-krets varm
- VP-krets kall
- VP-krets varm
- Åvatten kall
- Åvatten varm

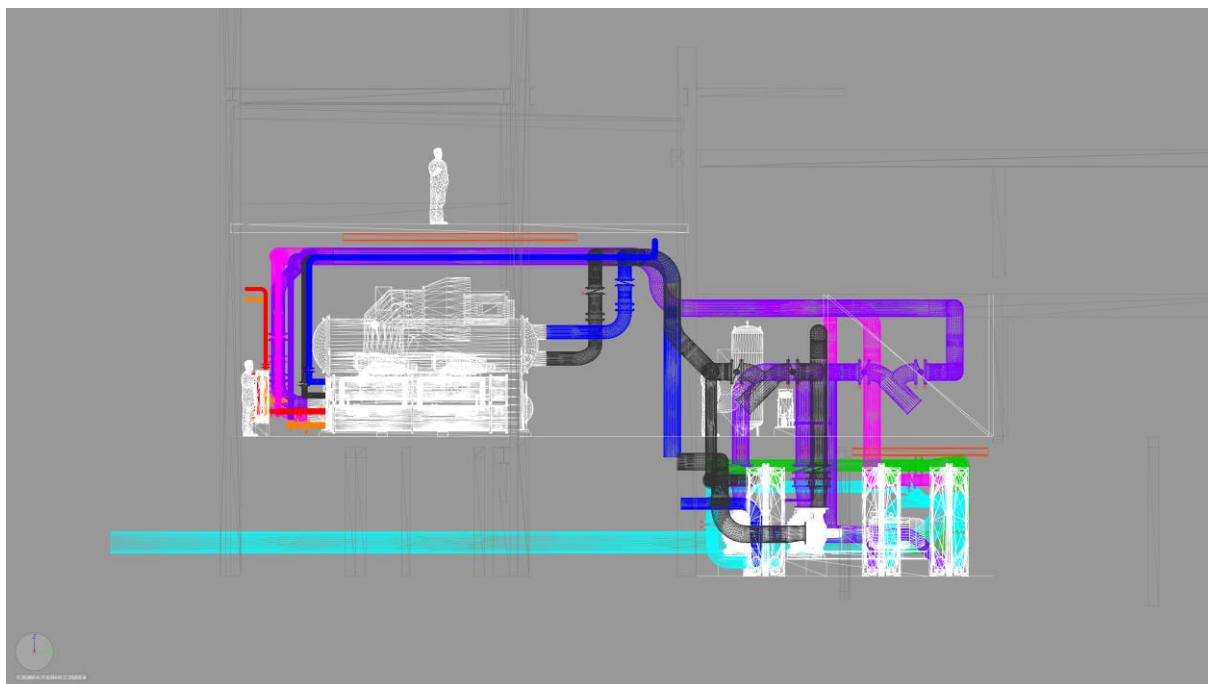
13.2.1 Planvyer



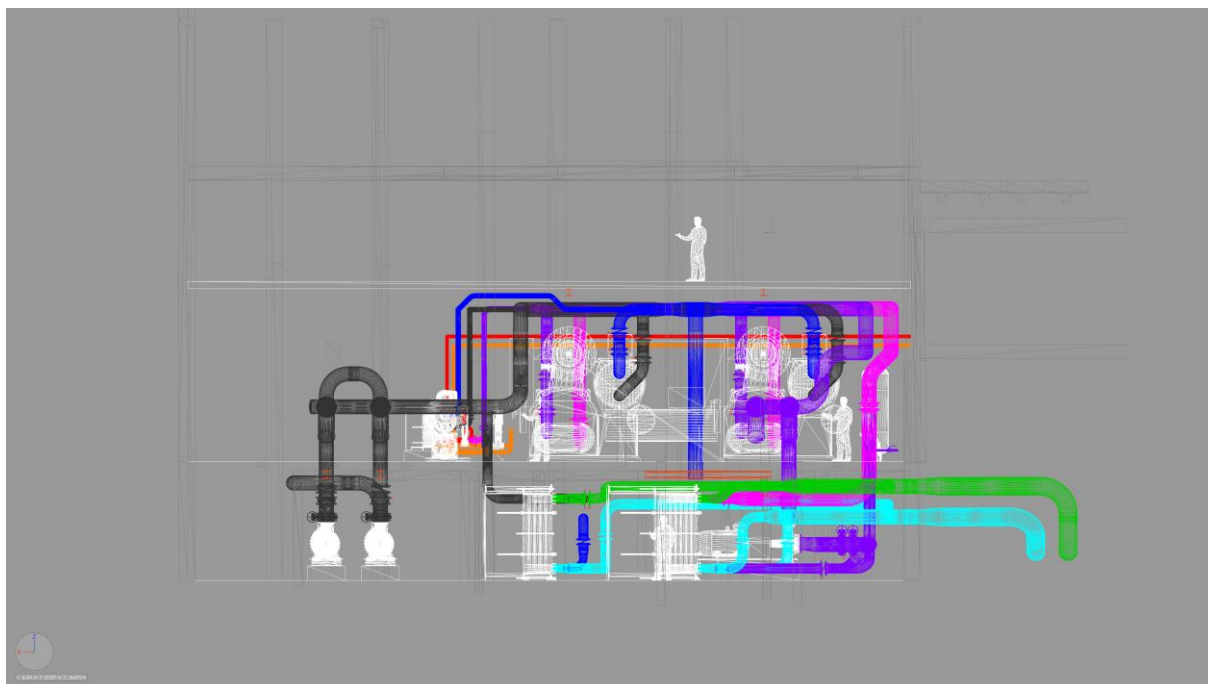
Vy ovanifrån



Sidovy från Väster

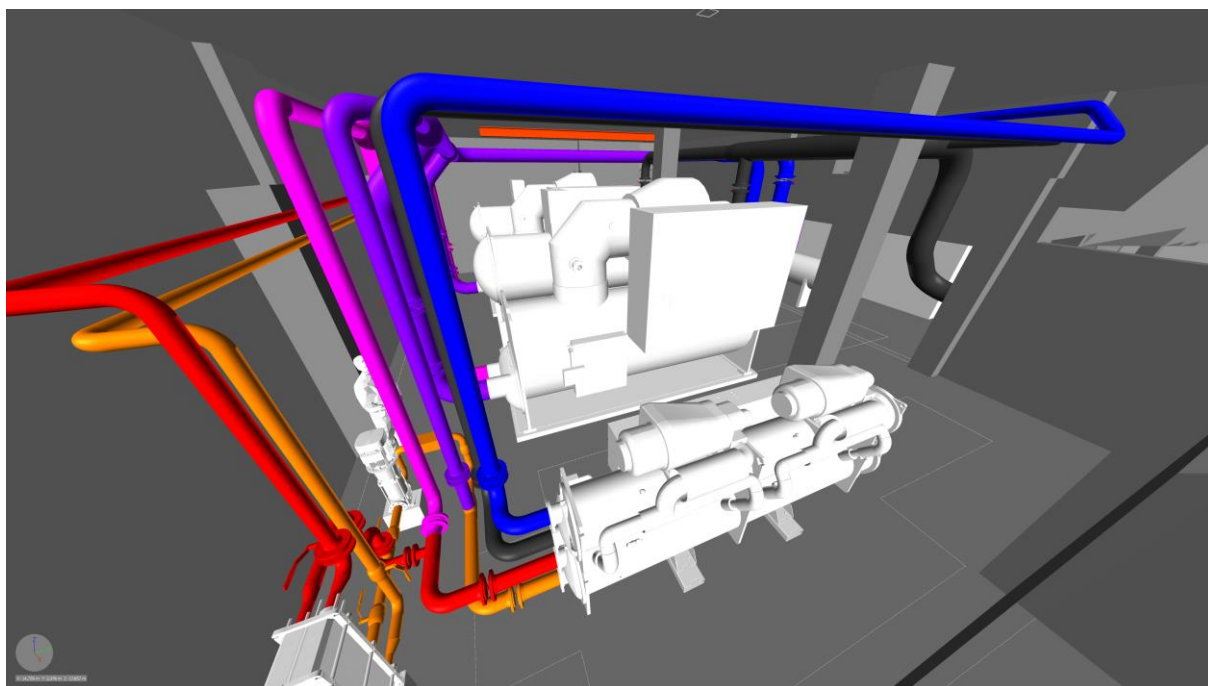


Sidovy från Öster

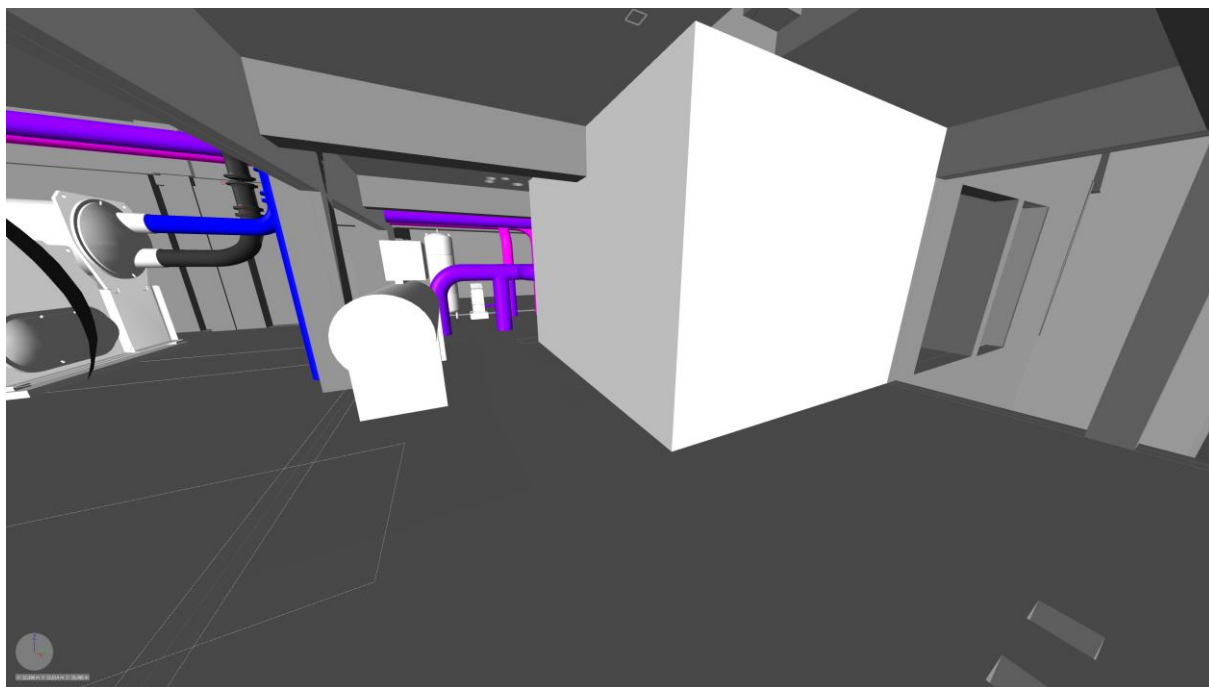


Sidovy från Norr

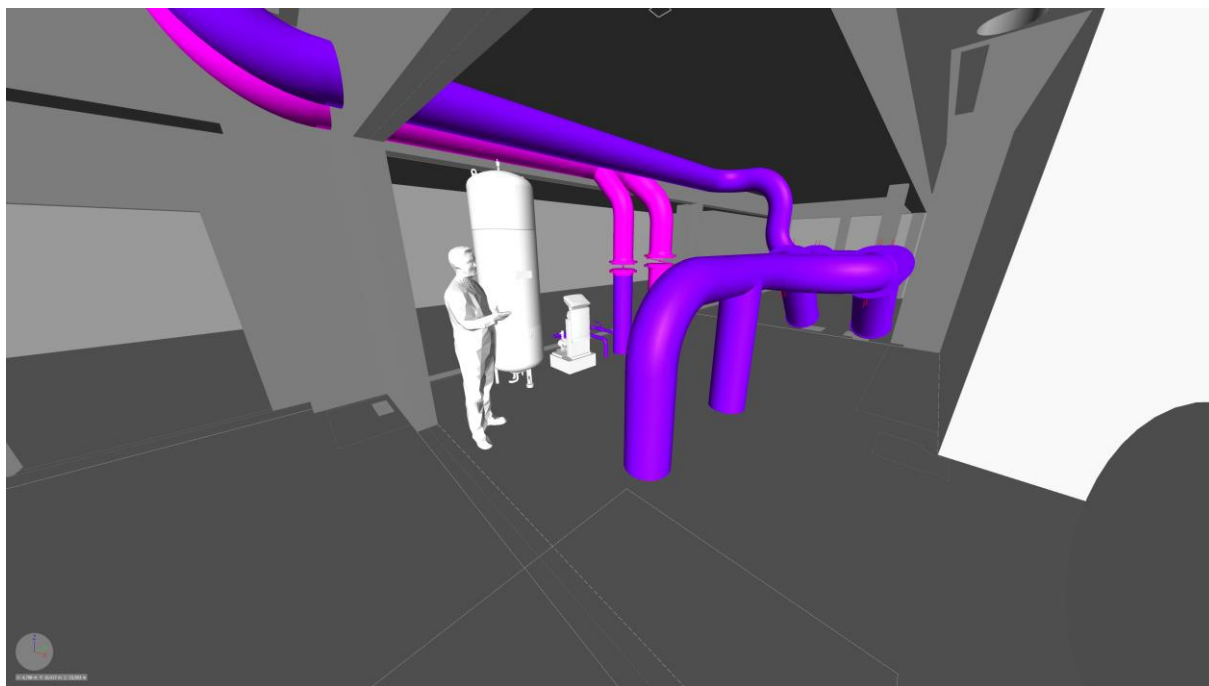
13.2.2 3D vyer med väggar



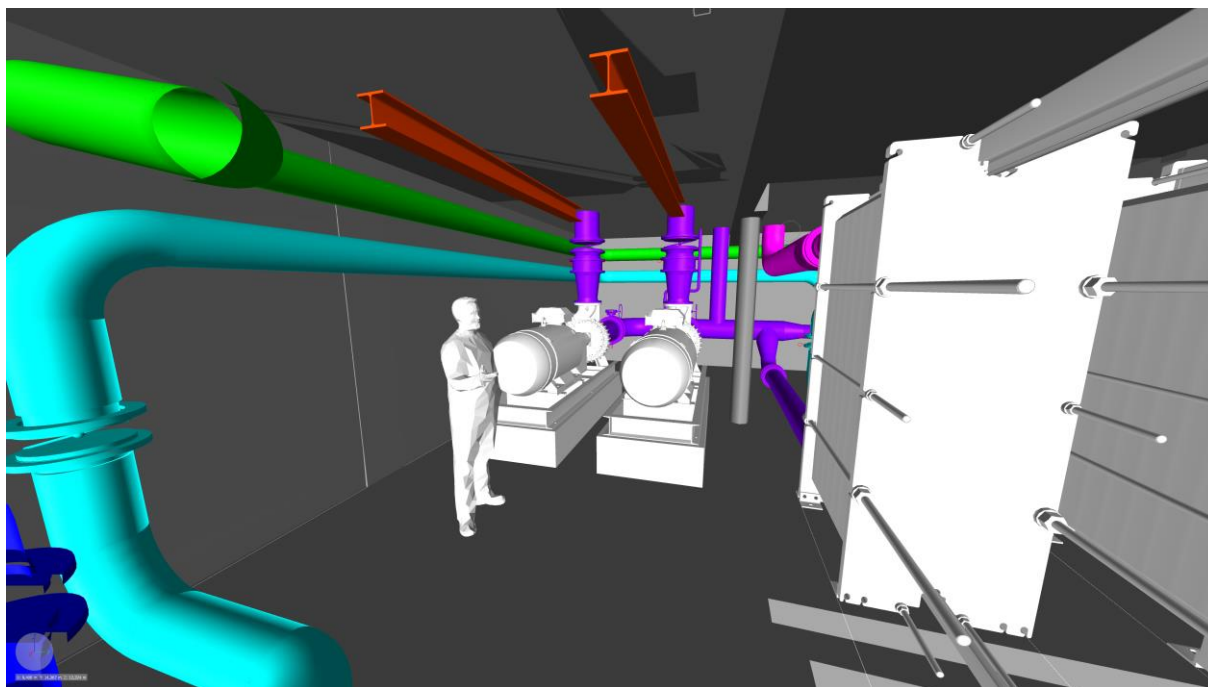
3D-vy: Kylmaskinrum (markplan)



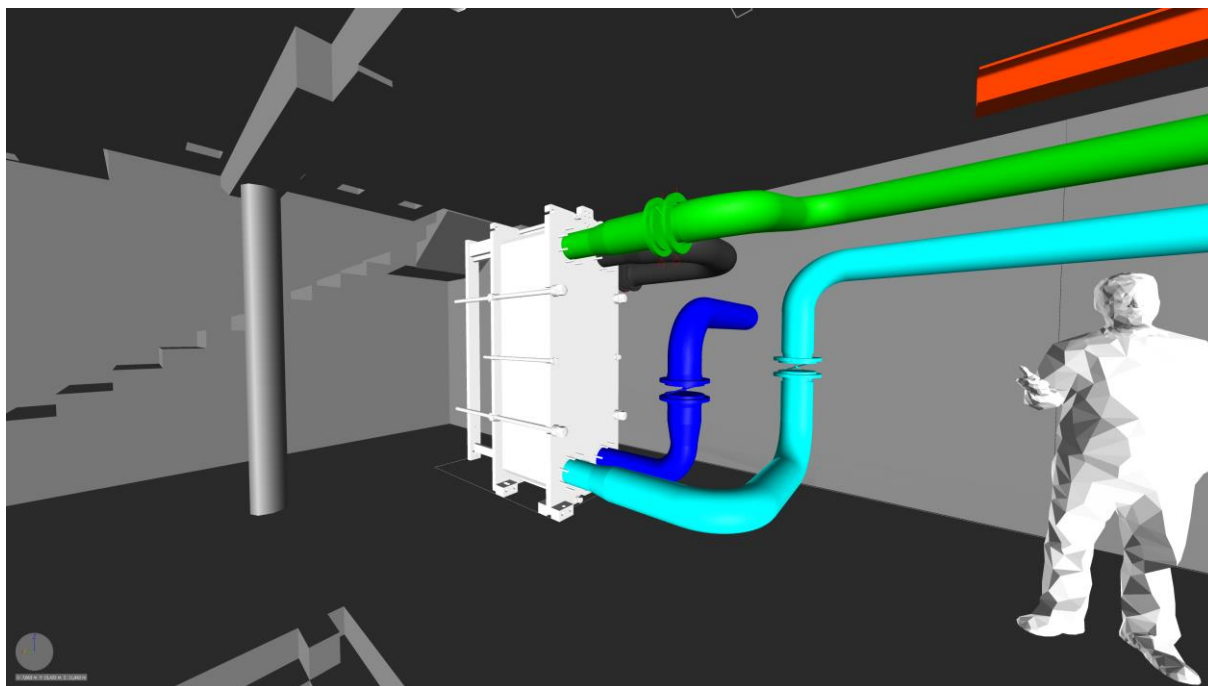
3D-vy: Kontrollrum, samlingsbehållare samt kylmaskinrum till vänster (markplan)



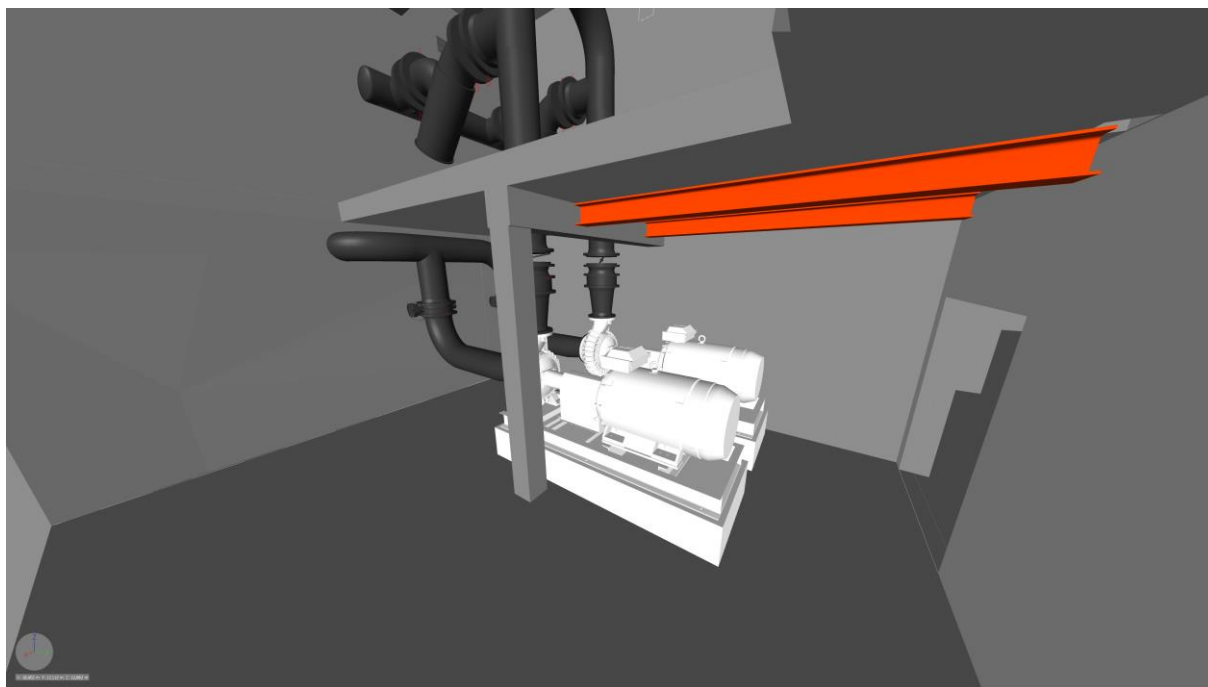
3D-vy: Filterrum kylmedelkrets (markplan)



3D-vy: Pumpar kylmedelkrets och åvattenväxlare till höger (källarplan)



3D-vy: Frikylaväxlare (källarplan)



3D-vy: Distributionspumpar fjärrkyla (källarplan) samt filter köldbärare (markplan)

KONTOR

HUVUDKONTOR VÄSTERÅS

FVB Sverige ab
Isolatorvägen 8
721 37 Västerås
Tel 021 - 81 80 50
E-post info@fvb.se

STOCKHOLM

FVB Sverige ab
Torshamnsgatan 39, plan 7
164 40 Kista
Tel 08 - 5947 61 60
E-post stockholm@fvb.se

GÄVLE

FVB Sverige ab
Ersbogatan
803 93 Gävle
Tel 026 - 14 01 30
E-post gavle@fvb.se

GÖTEBORG

FVB Sverige ab
Drakegatan 5
412 50 Göteborg
Tel 031 - 10 60 80
E-post goteborg@fvb.se

LINKÖPING

FVB Sverige ab
Kungsgatan 41A
582 18 Linköping
Tel 013 - 25 09 40
E-post linkoping@fvb.se

MALMÖ

FVB Sverige ab
Östra Rönneholmsvägen 7
211 47 Malmö
Tel 040 - 40 98 80
E-post malmö@fvb.se

NYKÖPING

FVB Sverige ab
Gert Fredrikssons väg 3
611 35 Nyköping
Tel 0155 - 20 30 80
E-post nykoping@fvb.se

SUNDSVALL

FVB Sverige ab
Södra Järnvägsgatan 31
852 37 Sundsvall
Tel 060 - 67 27 00
E-post sundsvall@fvb.se

ÖREBRO

FVB Sverige ab
Klostergatan 23
703 61 Örebro
Tel 019-30 60 60
E-post orebro@fvb.se



Energilösningar i kubik.®

Som Sveriges ledande energikonsult har vi en arbetsmodell som ökar effektiviteten, reducerar kostnaderna och minskar koldioxidutsläppen.

Våra kunder, privata som offentliga, återfinns inom sektorer som energi, fastighet och industri. Alla kunder är olika och alla uppdrag är unika. Behoven, kraven och önskemålen styrs av de lokala förutsättningarna.

Men ett är gemensamt. Och det är vår försorg om helheten, vår förmåga att med smart teknik skapa hållbara och samordnade lösningar – tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt.

Vi kallar det Energilösningar i kubik. Det är ingenting för alla men det är allt för våra kunder. Välkommen till FVB, Sveriges ledande energikonsultbolag.

Läs mer på www.fvb.se