CHALMERS



Verkningsgradsanalys av absorptionskylmaskinerna på Rosenlunds fjärrkylaanläggning

En prestandajämförelse av absorptionskylmaskinerna och återkylarens påverkan på systemet

Examensarbete inom sjöingenjörsprogrammet

SAMUEL EVERTSSON
GABRIEL LILJEGREN

CHALMERS SJÖFARTSHÖGSKOLA

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2026

Verkningsgradsanalys av absorptionskylmaskinerna på Rosenlunds fjärrkylaanläggning

En prestandajämförelse av absorptionskylmaskinerna och återkylarens påverkan på systemet

Examensarbete inom sjöingenjörsprogrammet

SAMUEL EVERTSSON
GABRIEL LILJEGREN

Chalmers Sjöfartshögskola
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2026

Verkningsgradsanalys av absorptionskylmaskinerna på Rosenlunds fjärrkylaanläggning
En prestandajämförelse av absorptionskylmaskinerna och återkylarens påverkan på systemet

SAMUEL EVERTSSON
GABRIEL LILJEGREN

© SAMUEL EVERTSSON, 2026
© GABRIEL LILJEGREN, 2026

Chalmers Sjöfartshögskola
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Rosenlundsverket i Göteborg, författarnas egna bild.

Chalmers Sjöfartshögskola
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2026

FÖRORD

Ett stort tack riktas till Göteborg Energi AB för möjligheten att genomföra detta examensarbete i samarbete med företaget och ett stort tack till Teodor Östling som varit vår huvudkontakt med företaget under arbetets gång. Tack till alla andra på Göteborg Energi AB som ställde upp på intervjuer.

Tack till Peter Hartzell (handledare) för god handledning och all konstruktiv kritik under arbetets gång.

Verkningsgradsanalys av absorptionskylmaskinerna på Rosenlunds fjärrkylaanläggning
En prestandajämförelse av absorptionskylmaskinerna och återkylarens påverkan på systemet

SAMUEL EVERTSSON
GABRIEL LILJEGREN

Chalmers Sjöfartshögskola
Chalmers tekniska högskola

SAMMANDRAG

Fjärrkyla är en viktig del av hållbara energisystem i urbana miljöer och används för att leverera kyla till byggnader med lägre klimatpåverkan än lokala kylmaskiner. På Rosenlunds fjärrkylaanläggning i Göteborg utnyttjas absorptionskylmaskiner som drivs av fjärrvärme och spillvärme. Under flera år har dock kylmaskinernas kapacitet inte kunnat nyttjas fullt ut på grund av för höga returtemperaturer i fjärrvärmenätet. För att åtgärda detta installerade Göteborg Energi AB sommaren 2025 en återkylare.

Syftet med detta arbete är att analysera hur installationen av återkylaren har påverkat absorptionskylmaskinernas verkningsgrad och driften av systemet som helhet. Arbetet har utförts som en fallstudie vid Rosenlunds fjärrkylaanläggning och baseras på analys av historiska driftdata från åren 2024 och 2025 samt semistrukturerade intervjuer med personal på Göteborg Energi AB. Fokus har legat på att jämföra driften före och efter att återkylaren togs i drift.

Resultaten visar att återkylaren har sänkt och stabiliserat fjärrvärmens returtemperatur, vilket har möjliggjort drift av absorptionskylmaskinerna vid högre last och under fler drifttimmar. Verkningsgraden, uttryckt som Coefficient of System Performance (COSP), har i flera fall förbättrats vid motsvarande effektnivåer. Däremot har den maximalt producerade kyleffekten endast ökat marginellt och kylmaskinernas installerade maxkapacitet uppnås fortfarande inte.

Arbetet avgränsas till absorptionskylmaskinerna på Rosenlunds anläggning och till driftdata från perioden 2024–2025. Ekonomiska och miljömässiga analyser har inte inkluderats. Resultaten visar att återkylaren förbättrar driftförutsättningarna, men att ytterligare åtgärder och förändrad driftstrategi krävs för att fullt ut utnyttja systemets potential.

Nyckelord: kylmaskin, fjärrkyla, absorptionskyla, återkylare, verkningsgrad, spillvärme, Göteborg

Efficiency analysis of the absorption chillers at the Rosenlund district cooling plant

A performance comparison of the absorption chillers and the impact of the DH-Cooler on the system

SAMUEL EVERTSSON
GABRIEL LILJEGREN

Chalmers School of Maritime Studies
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

District cooling is an important component of sustainable energy systems in urban environments and is used to supply cooling to buildings with lower environmental impact than local cooling units. At the Rosenlund district cooling plant in Gothenburg, absorption chillers are used that are driven by district heating and waste heat. For several years, however, the capacity of the chillers has not been fully utilized due to excessively high return temperatures in the district heating network. To address this, Göteborg Energi AB installed a recooler in the summer of 2025.

The purpose of this work is to analyze how the installation of the recooler has affected the efficiency of the absorption chillers and the operation of the system as a whole. The work has been carried out as a case study at the Rosenlund district cooling plant and is based on analysis of historical operational data from the years 2024 and 2025 as well as semi-structured interviews with staff at Göteborg Energi AB. The focus has been on comparing operation before and after the recooler was put into service.

The results show that the recooler has lowered and stabilized the return temperature of the district heating, which has enabled operation of the absorption chillers at higher loads and for more operating hours. The efficiency, expressed as Coefficient of System Performance (COSP), has in several cases improved at corresponding output levels. However, the maximum produced cooling capacity has only increased marginally, and the installed maximum capacity of the chillers is still not reached.

The work is limited to the absorption chillers at the Rosenlund plant and to operational data from the period 2024–2025. Economic and environmental analyses have not been included. The results show that the recooler improves operating conditions, but that additional measures and a changed operating strategy are required to fully utilize the potential of the system.

The report is written in Swedish.

Keywords: chiller, district cooling, absorption cooling, DH-Cooler, efficiency, waste heat, Gothenburg

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 2
1.3 Frågeställning 2
1.4 Avgränsningar 2
2. Teori 3
2.1 Termodynamik 3
2.2 Värmeväxlare 4
2.3 Kompressorkylmaskin 4
2.4 Absorptionskylmaskin 5
2.5 Coefficient of Performance (COP) 7
3. Rosenlund 8
3.1 Allmänt 8
3.2 Rosenlunds Kylmaskiner 8
3.3 Fjärrkylans Distributionssystem, H5 9
3.4 Älvvattensystem, V5 10
3.5 Sluten kylvattenkrets, V5 11
3.6 Återkylaren 12
3.7 Göteborg Energis Problematik med Absorptionskylmaskinerna 13
4. Metod 15
4.1 Forskningsstrategi 15
4.1.1 Fallstudie 15
4.1.2 Metodkombination 15
4.2 Kvantitativ Processdata från Styrsystem 15
4.2.1 Insamling av Processdata 15
4.2.2 Analys av Processdata 15
4.3 Semistrukturerade Intervjuer av GE Personal 16
4.3.1 Urval av Respondenter 16
4.3.2 Genomförande av Intervjuer 16
4.3.3 Tematisk Analys av Svarsresultat 16
4.3.4 Etiska Aspekter 17
5. Resultat 18
5.1 Absorptionskylmaskin QV3 18
5.2 Absorptionskylmaskin QV4 20
5.3 Absorptionskylmaskin QV5 22
5.5 Absorptionskylmaskin QV6 24

5.6 Absorptionskylmaskin QV7 26
5.7 Absorptionskylmaskin QV8 28
5.8 Fjärrvärme ΔT över Absorptionskylmaskinerna 31
5.9 Göteborg Energis Uppfattning: Intervjuer av Personalen 31
6. Diskussion 33
6.1 Resultatdiskussion 33
6.2 Metoddiskussion 34
7. Slutsatser 35
8. Rekommendationer till fortsatt arbete 36
Källförteckning 37
Bilagor 38

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: P-V och T-S diagram för en Carnot process (Författarens egna bild) 3
Figur 2: T-s och P-h diagram för Ång-kompressionscykeln, h = i (entalpi)(Författarens egna bild) 5
Figur 3: Absorptionskylmaskinscykel (Författarens egna bild) 6
Figur 4: Processbild från NM över distributionssystem. (GE, 2025c). Återgiven med tillstånd. 9
Figur 5: Processbild från NM över Älvvattensystemet. (GE, 2025c). Återgiven med tillstånd. 10
Figur 6: Processbild från NM över den slutna kylvattenkretsen. (GE, 2025c). Återgiven med tillstånd. 11
Figur 7: Processbild från NM över Återkylaren. (GE, 2025a). Återgiven med tillstånd. 13
Figur 8: Tematräd över den tematiska analysen (Författarens egna bild) 17
Figur 9: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV3 år 2024 18
Figur 10: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV3 år 2025 19
Figur 11: COSP-Kyleffekt QV3 19
Figur 12: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV4 år 2024 20
Figur 13: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV4 år 2025 21
Figur 14: COSP-Kyleffekt QV4 21
Figur 15: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV5 år 2024 22
Figur 16: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV5 år 2025 23
Figur 17: COSP-Kyleffekt QV5 23
Figur 18: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV6 år 2024 24
Figur 19: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV6 år 2025 25
Figur 20: COSP-Kyleffekt QV6 25
Figur 21: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV7 år 2024 26
Figur 22: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV7 år 2025 27
Figur 23: COSP-Kyleffekt QV7 27
Figur 24: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV8 år 2024 28
Figur 25: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV8 år 2025 29
Figur 26: COSP-Kyleffekt QV8 29
Figur 27: Fjärrvärme ΔT över Absorptionskylmaskinerna 31

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1: Dimensionerade data kompressorkylmaskiner, QV1-2 (GE, 2025c). 8
Tabell 2: Dimensionerade data Absorptionskylmaskiner, QV3-8 (GE, 2025c). 8
Tabell 3: Dimensionerade data, distributionspumpar (GE, 2025c). 9
Tabell 4: Dimensionerande data, PQ1-2 (GE, 2025c). 11
Tabell 5: Dimensionerande data, PQ4-6 (GE, 2025c). 12
Tabell 6: Dimensionerande data Återkylare (SSG Sahala, 2024). 12
Tabell 7: Information om respondenter 16
Tabell 8: Lastbaserade medelvärden QV3 20
Tabell 9: Lastbaserade medelvärden QV4 22
Tabell 10: Lastbaserade medelvärden QV5 24
Tabell 11: Lastbaserade medelvärden QV6 26
Tabell 12: Lastbaserade medelvärden QV7 28
Tabell 13:Lastbaserade medelvärden QV8 30

FÖRKORTNINGAR OCH BEGREPP

GE	Göteborg Energi AB
COP	Coefficient of performance
COSP	Coefficient of system performance
Abs	Absorptionskylmaskin
Spillvärme	Värme från raffinaderier och avfallsförbränning
Köldbärare	Fjärrkylavattnet
Kylmedel	Vattnet i den slutna kylvattenkretsen och älvvattnet
Köldmedium	Vätska/gas som transporterar värme från en plats till en annan.
Frikyla	Kyla vilken finns fritt i naturen, t.ex havsvatten.
NM	Network Manager, styrsystem för Rosenlundskylanläggning
MW	Mega Watt
FJV	Fjärrvärme
Last, lastpådrag	Belastning på maskinen

1. INLEDNING

Fjärrkyla bygger på samma idé som fjärrvärme med en central produktionsanläggning vilken producerar kyla i stället för värme och distribuerar ut det till konsumenterna via rörledningar i marken. Kyla kan produceras på ett flertal sätt, det vanligaste är så kallad frikyla där kylan hämtas från en naturlig källa till exempel en sjö. En annan vanlig metod är absorptionskyla där framställs kyla med hjälp av fjärrvärme. Principen bygger på att fjärrvärmenätets värme driver kylmaskinen (Rydegran, 2023).

I Sverige byggs fjärrkyla ut i ett stadigt tempo, vilket indikerar en ökad efterfrågan. Sverige är tillsammans med Frankrike de största producenterna av fjärrkyla i Europa. En av anledningarna är den minskade klimatpåverkan jämfört med lokala kylmaskiner menar Burstein (2025). Två drivande faktorer till den ökade efterfrågan är en högre levnadsstandard och klimatförändringar. Enligt Renström, (2022) har samhället högre krav på komfort och inomhusklimat och med den ökande medeltemperaturen ser framtiden för fjärrkyla stark ut.

Fjärrkylans utveckling har genom åren gått från relativt simpla system till mer avancerade och integrerade lösningar. Enligt ramverket om fjärrkylans fyra olika generationer så kännetecknas de moderna systemen av deras lägre temperaturnivåer, ökad flexibilitet och en starkare koppling till andra sektorer inom energiområdet, det vill säga exempelvis elnät och fjärrvärme (Østergaard m.fl., 2022). I den utveckling som skett spelar komponenter som återkylare, strategier för styrning och optimerade driftparametrar en avgörande roll för systemets totala verkningsgrad.

Göteborg Energi AB är Göteborgs Stads helägda energibolag och ansvarar för produktion och distribution av bland annat el, fjärrvärme och fjärrkyla i Göteborgsområdet. Bolaget driver ett integrerat energisystem där olika energislag samverkar för att effektivisera resursanvändningen och minska klimatpåverkan. Göteborg Energi ABs fjärrkylasystem är ett av de största i Sverige och används främst för att tillgodose kylbehovet hos fastigheter med stora och kontinuerliga kylbehov, såsom kontorsbyggnader, sjukhus, köpcentrum och serverhallar (Göteborg Energi AB, 2021). Fjärrkylan produceras genom en kombination av frikyla från Göta älv, absorptionskylmaskiner som drivs av fjärrvärme och spillvärme, samt eldrivna kompressorkylmaskiner som används vid höga kylbehov. Genom denna produktionsmix kan elanvändningen hållas låg jämfört med lokala kylmaskiner, samtidigt som belastningen på elnätet minskar och befintlig energi utnyttjas mer effektivt. Enligt Göteborg Energi AB (2025b) kan upp till cirka 10 kWh fjärrkyla levereras per tillförd kWh el, tack vare användningen av frikyla och återvunnen värme.

1.1 Bakgrund

Göteborg Energi AB har inte kunnat utnyttja sin fulla kylkapacitet på Rosenlundsanläggningen på grund av begränsningar i fjärrvärmenätet. Absorptionskylmaskinerna har begränsats till cirka 60% kylkapacitet. Sommaren 2025 installerade Göteborg Energi AB en återkylare på kylanläggningen Rosenlund som en åtgärd för att hantera den höga returtemperaturen i fjärrvärmenätet och på så sätt hoppas lösa problemet med att inte kunna nyttja kylmaskinernas fulla kapacitet (Processingenjör, personlig kommunikation, 3 mars 2026).

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att jämföra verkningsgraden för absorptionskylmaskinerna före och efter installationen av en återkylare samt ta reda på hur återkylaren påverkat systemet i sin helhet. I detta fall syftar verkningsgrad till kylmaskinernas förmåga att producera kyla. För att kunna göra detta kommer teoretiska och historiska driftsdata samlas in från Göteborg Energi AB och sedan analyseras för att få fram ett tillförlitligt resultat. Därtill kommer intervjuer med kompetent personal på Göteborg Energi AB genomföras i syfte att fördjupa analysen.

1.3 Frågeställning

De frågeställningar arbetet syftar till att behandla är:

- Hur har systemets driftparametrar förändrats efter installationen av återkylaren på Rosenlund?
- Hur påverkas absorptionskylmaskinernas verkningsgrad av installationen av återkylaren, mätt genom en jämförelse av absorptionskylmaskinernas effektivitet före och efter åtgärden?
- Har strategin för driften av absorptionskylmaskinerna förändrats efter återkylaren togs i drift?

1.4 Avgränsningar

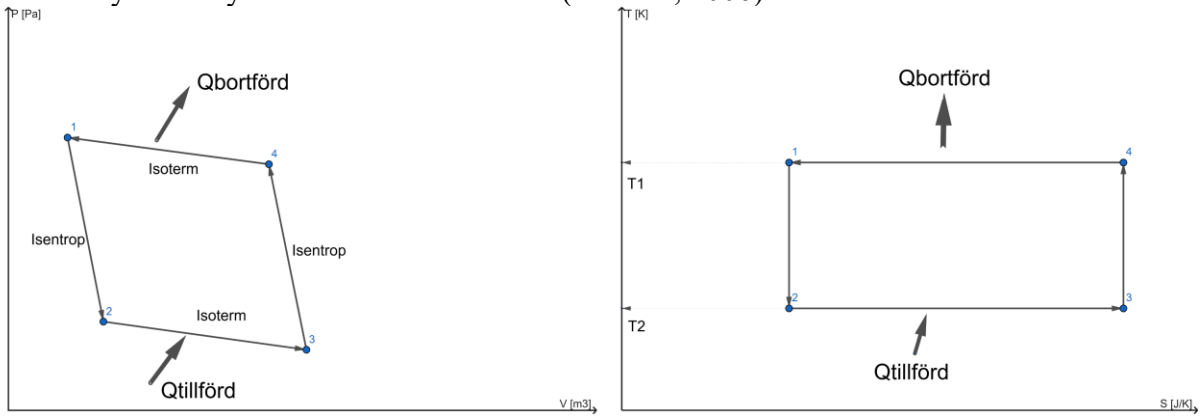
Arbetet avgränsas till att undersöka absorptionskylmaskinerna på Rosenlunds fjärrkylaanläggning vilken är en del av Göteborg Energi AB:s fjärrkylanät. Andra produktionsanläggningar och tekniker för fjärrkyla, såsom frikyla och kompressorkylmaskiner är inte inkluderade i analysen. Analysen behandlar främst prestanda- och driftrelaterade aspekter och avgränsas från ekonomiska och miljöfokuserade analyser. Analysen är vidare avgränsad till data från tidsperioden 2024-2025, vilket innebär att variationer utanför den här perioden inte beaktas. Endast data tillhandhållen av Göteborg Energi AB har använts i analysen, därmed ingår inga jämförelser med externa energibolag eller anläggningar.

2. TEORI

2.1 Termodynamik

En kylmaskin arbetar enligt en omvänd värmemotorprocess, där värme transporteras från en lägre temperatur till en högre. Enligt Alvarez (2006) säger termodynamikens andra huvudsats att "Värme kan inte av sig själv gå över från en kropp vid lägre temperatur till en annan med högre temperatur". Så för att kylmaskinprocessen ska vara möjlig krävs att energi tillförs till processen i form av arbete. Arbetet utförs i många fall av en kompressor.

Carnot-processen består av fyra reversibla delprocesser och representerar den ideala processen för en kylmaskin. Värme tillförs och bortförs isotermiskt, alltså vid konstant temperatur i en Carnot-process. Vid temperatur T_1 bortförs värme och vid T_2 tillförs värme och som illustrerat i Figur 1 förändras tryck och volym utan temperaturförändring. Figur 1 visar även att gasen komprimeras och expanderas isentropiskt, vilket innebär att entropin (s) är konstant och att inget värmeutbyte sker. Processen är därmed helt reversibel och utan friktionsförluster. Den termiska verkningsgraden beräknas enligt Ekvation 1 och kan med hjälp av Figur 1 härleda att verkningsgraden blir högre ju högre T_2 och lägre T_1 då mindre arbete (w) behöver utföras. Temperaturerna går dock inte att höja och sänka hur mycket som helst då det är beroende av värmeutbytet till kylmedlet och köldbäraren (Alvarez, 2006).



Figur 1: P-V och T-S diagram för en Carnot process (Författarens egna bild)

Ekvation 1: Termisk verkningsgrad för en kylmaskin vilken arbetar enligt Carnot-processen (Alvarez, 2006).

$$\eta = \frac{w}{q_{tillförd}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = \eta_c$$

Det går också att beskriva en kylmaskins prestanda med Köldfaktorn vilken beräknas med Ekvation 2 nedan (Alvarez, 2006).

Ekvation 2: Köldfaktorn för en kylmaskin (Alvarez, 2006).

$$\varepsilon_{k_c} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Enligt Alvarez (2006) går det med Carnot att beräkna den högsta teoretiska verkningsgraden för en kylmaskin vilken arbetar enligt Carnot-processen. Men på grund av att alla verkliga processer är irreversibla kan en verklig kylmaskin endast uppnå en betydligt lägre verkningsgrad.

2.2 Värmeväxlare

Värmeväxlare, vilket namnet implicerar, är anordningar där ett värmeutbyte sker mellan fluider eller gaser. Värmeväxlare utgör tekniska anordningar med omfattande användning inom många branscher och industrier samt i flera olika utföranden. Principen skriver Alvarez (2006) bygger på att så länge det är en temperaturdifferens mellan de två arbetsmedierna kommer en värmetransport ske från den höga temperaturen till den låga temperaturen. Syftet är att antingen kyla arbetsmediet med hög temperatur eller att värma arbetsmediet med en låg temperatur. För det mesta är arbetsmedierna skilda från varandra via en skiljevägg. Skiljeväggen ska passeras av värmemängden från det varma till det kalla arbetsmediet och därför behöver värmeöverföringskoefficienten vara så hög som möjligt.

Den överförda värmeeffekten i en värmeväxlare där förlusterna till omgivningen kan försummas kan beskrivas med Ekvation 3 där värmeeffekten är en produkt av massflödet, arbetsmediets specifika värmevärde och temperaturdifferensen mellan inlopp och utlopp (Alvarez, 2006).

Ekvation 3: Värmeeffekten i en värmeväxlare (Alvarez, 2006).

$$P_{\text{överförd effekt}} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

2.3 Kompressorkylmaskin

En kompressorkylmaskin består av följande komponenter: Kompressor, Kondensor, Stryporgan och Förångare (Alvarez, 2006).

Kompressorer finns av olika typer och det vanligaste är kolvkompressor och skruvkompressor. Kompressorns syfte enligt Alvarez (2006) är att transportera köldmediet i den slutna kretsen och samtidigt bibehålla ett högt tryck i kondensorn. Den drivs vanligtvis av elektricitet och dess kapacitet anpassas efter systemets storlek och det tryck vilket skall råda i kondensorn.

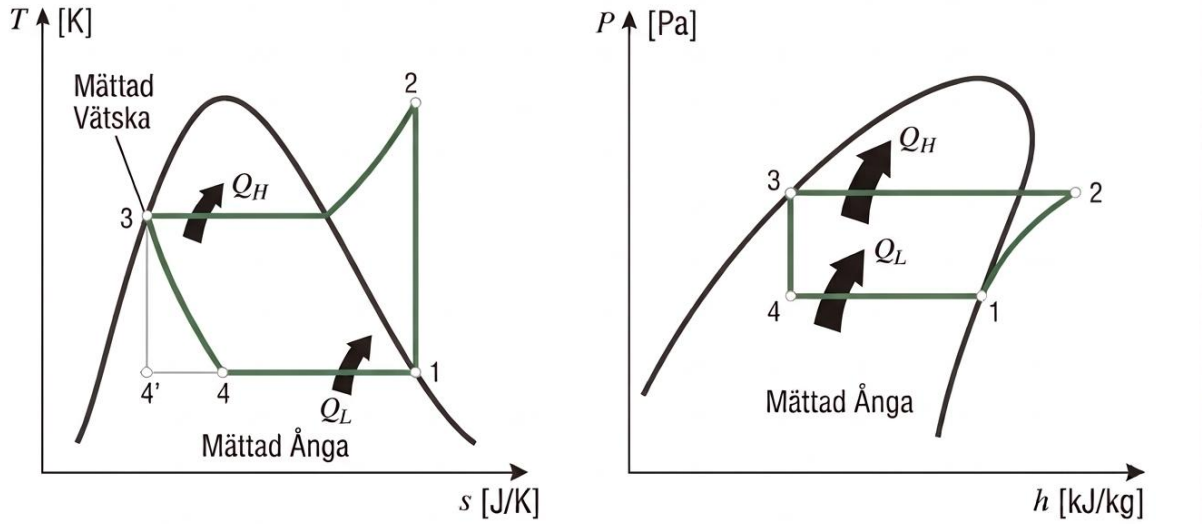
Kondensorn är värmeväxlare vars uppgift är att kyla köldmediet till fullständig kondensering. Kylmedlet i kondensorn är oftast luft eller vatten. Kondenseringstemperaturen måste vara högre än kylmedlets temperatur för att transporten av värmen från köldmediet till kylmedlet ska vara möjlig (Alvarez, 2006).

Stryporganet är oftast en ventil vars funktion är att hålla en viss tryckdifferens och då också en temperaturdifferens mellan förångare och kondensor menar Alvarez (2006). Stryporganet reglerar också massflödet av köldmediet.

Förångaren är också en värmeväxlare där köldmediet kokar och förångas med hjälp av värmetillförseln från det som kylmaskinen avser kyla till exempel fjärrkylavattnet. För att transporten av värmen ska ske ställs kokningstemperaturen i förångaren med hjälp av kompressorns sugeffekt. Massflödet på sugsidan ställs in så att kokningstemperaturen är lägre än temperaturen på det som kyls (Alvarez, 2006).

Den ideala ång-kompressionskylcykeln närmar sig Carnot-processen men vilket tidigare nämnts kan den aldrig genomföras praktiskt (Alvarez, 2006). Processen går till så att värmen tillförs och bortförs vid konstanta temperaturer och sker i följande steg enligt Figur 2:

- Kompressorn suger köldmediet i gasform och det antas komprimeras isentropiskt (1–2). Både trycket och temperaturen ökar.
- Kondensering av köldmediet sker med konstant tryck (2–3). Ångan är i överhettat tillstånd när den lämnar kompressorn och därför måste ångans temperatur först sänkas till kondenseringstemperaturen innan kondensering kan ske under konstant temperatur då värmen bortförs till kylmedlet. Köldmediet har då övergått till vätskefas i punkt 3.
- Expansion av vätskan sker via stryporganet (3–4) där trycket och temperaturen sjunker. Inget värmeutbyte sker men en viss förångning sker i expansionen (3–4).
- Slutligen förångas vätskan under konstant tryck och temperatur i förångaren (4–1). Värmetillförseln till förångningen kommer från köldbäraren (fjärrkylavattnet).



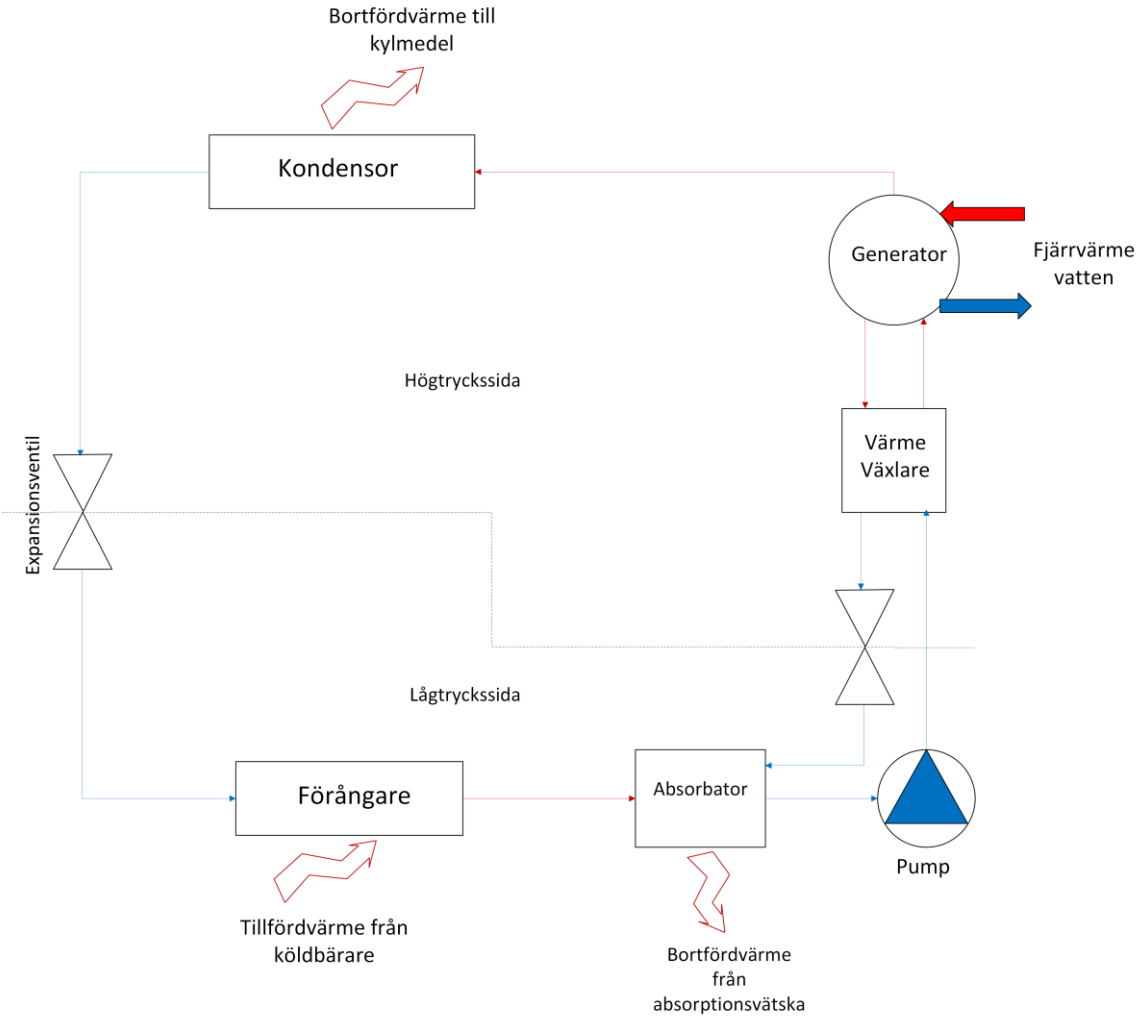
Figur 2: T-s och P-h diagram för Ång-kompressionscykeln, h = i (entalpi)(Författarens egna bild)

2.4 Absorptionskylmaskin

Absorptionskylmaskiner, kommer i resterande del av rapporten att benämnas antingen med fulla namnet eller förkortningen absar, är värmedrivna kylsystem vilka är särskilt lämpliga när billig värmeenergi finns tillgänglig, exempelvis värmeenergin från fjärrvärme eller spillvärme från raffinaderier eller avfallsförbränning. Till skillnad från kompressorkylmaskiner drivs absorptionskylmaskiner av värmetillförsel i stället för mekaniskt kompressionsarbete. Principen bygger på att ett köldmedium löses i en absorptionsvätska där lösningen sedan transporteras till en generator där värmeenergin tillförs och köldmediet förångas och en tryckökning sker. Det absolut vanligaste av systemen är ett ammoniak/vattensystem där ammoniak agerar köldmedium och vatten absorptionsmedium (Alvarez, 2006). På Rosenlunds kylanläggning är absorptionskylmaskinerna ett vatten/litiumbromid system där vatten är

absorptionsmediet och litiumbromid är absorptionsmedium (Göteborg Energi AB [GE], 2025c).

De fyra huvudsakliga komponenterna av en absorptionskylmaskin är förångare, absorbator, generator och kondensor. Processen illustreras i Figur 3 och går enligt Alvarez (2006) till enligt följande: I förångaren råder ett stort undertryck vilket gör att det kalla köldmediet förångas när värme tillförs av köldbäraren. Undertrycket krävs för att köldmediet vilket består av vatten ska ha en lägre kokpunkt än temperaturen på köldbäraren. Köldmedieångan sugs in i absorbatorn där den löses i absorptionsvätskan. Absorbatorn kyls med kylmedel för att bortföra den värme vilken frigörs då köldmedieångan kondenseras och värmen från absorptionsvätskan vilken återförs från generatorn. Lösningen transporteras sedan till generatorn med hjälp av en pump och på vägen förvärms lösningen via en värmeväxlare där värmen kommer från uppvärmd absorptionsvätska på väg tillbaka till absorbatorn. Denna förvärmning ökar kylmaskinens verkningsgrad. I Generatorn tillförs värmeenergi från fjärrvärmevattnet under lågt tryck till lösningen vilket gör att köldmediet kokar och förångas. Köldmedieångan går vidare till kondensorn medan den varma absorptionsvätskan går tillbaka till absorbatorn via förvärmaren. Slutligen kondenseras köldmediet i kondensorn där värmeenergin bortförs till kylmedlet vilket på Rosenlund består av en sluten kylvattenkrets vilken i sin tur kyls av älvvattnet (GE, 2025c).



Figur 3: Absorptionskylmaskinscykel (Författarens egna bild)

2.5 Coefficient of Performance (COP)

För att uttrycka en kylmaskins effektivitet används termen "Coefficient of Performance" förkortat COP och beskriver förhållandet mellan bortförd värmeenergi Q_L och tillfört arbete $W_{net,in}$ (Çengel et al., 2019). Det går också att se den bortförda värmeenergin som den levererade kyleffekten. COP definieras matematiskt enligt:

Ekvation 4: COP för en kylmaskin (Çengel et al., 2019).

$$COP_r = \frac{Desired\ output}{Required\ input} = \frac{Kyleffekt}{Eleffekt} = \frac{Q_L}{W_{net,in}}$$

Tidigare nämndes att en ideal kylmaskin arbetar enligt Carnot-processen och arbetar mellan ett medium med en hög temperatur T_H och ett medium med en låg temperatur T_L. COP för en sådan process skrevs enligt följande:

Ekvation 5: COP-Carrnot (Çengel et al., 2019).

$$COP_{Carnot} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

För en absorptionskylmaskin blir COP lite annorlunda då både arbete i form av pumpar och fläktar W_{pump} och värmeenergi Q_{Gen} tillförs för att driva kylmaskinen (Çengel et al., 2019). I Ekvationen 6 för en absorptionskylmaskin på Rosenlund kan den tillförda energin i generatorn Q_{Gen} försummas då den kommer från spillvärme vilken annars endast hade kylts bort till havet, energin kan definieras som "gratis" (GE, 2025c). Göteborg Energi AB benämner COP som Coefficient of system performance (COSP).

Ekvation 6: COP för en absorptionskylmaskin (Çengel et al., 2019).

$$COP_{absorption} = \frac{Q_L}{Q_{Gen} + W_{pump}} \approx \frac{Levererad\ kyleffekt}{Eleffekt}$$

För en absorptionskylmaskin vilken är helt reversibel och arbetar enligt Carnot går det att beskriva COP enligt Ekvation 7 där T_s är temperaturen på fjärrvärmevattnet (Çengel et al., 2019).

Ekvation 7: COP-Carnot för en absorptionskylmaskin (Çengel et al., 2019).

$$COP_{Carnot,\ absorption} = \left(1 - \frac{T_H}{T_s}\right)\left(\frac{T_L}{T_H - T_L}\right)$$

3. ROSENLUND

3.1 Allmänt

Kyla utvinns vid Rosenlundsanläggningen med hjälp av olika tekniker, vilka alla utnyttjar Göta älv som kylmedel skriver GE (2025c). Kunderna får den producerade kylan levererad via GE:s fjärrkylanät där en värmeutväxling sker från fjärrkylanätet till kundens interna kylvattenkrets. Temperaturen på framledningen till kund är cirka 6° C (max 7° C) och för anläggningen optimala returtemperatur är 16° C. Trycket ut från anläggningen är cirka 7,0 bar, vilket mäts cirka 14 meter över havsnivå. Tillgången på kyla från älven varierar över året men även kylbehovet varierar både över dygn och årstid. Vilket gör att dessa variationer ställer krav på kylaproduktionen och därför måste anläggningen kunna parera variationerna för att hålla en stabil framledningstemperatur i fjärrkylanätet.

Rosenlundsanläggning står för baslasten på GE:s fjärrkylanät med en total teoretisk installerad kyleffekt på 32 MW, uppdelat på åtta kylmaskiner: två kompressorkylmaskiner samt sex absorptionskylmaskiner (GE, 2025c).

3.2 Rosenlunds Kylmaskiner

På Rosenlundsanläggningen för kylaproduktion finns det totalt åtta stycken kylmaskiner av typerna kompressorkylmaskin och absorptionskylmaskin med en total teoretisk kyleffekt på 32 MW. Tabell 1 hämtad från GE (2025c) visar två stycken av typen kompressorkylmaskin av tillverkaren Carrier, vilka producerar 5 MW vardera.

Tabell 1: Dimensionerade data kompressorkylmaskiner, QV1-2 (GE, 2025c).

Beteckning	**Typ**	**Effekt**	**Temp Kylvatten**	**Köldbärar-flöde**	**Kylvatten-flöde**	**Returtemp (köldbärare)**
QV1	Carrier	5 MW	19–24° C	600 m^3/h	-	9° C (min) 13° C (design)
QV2	Carrier	5 MW	19–24° C	600 m^3/h	-	9° C (min) 13° C (design)

Tabell 2 visar sex stycken av typen absorptionskylmaskin av tillverkarna Broad och York, tre från varje tillverkare. De tre kylmaskinerna från Broad producerar 4 MW vardera, totalt 12 MW kyleffekt. De tre från tillverkaren York producerar 3,3 MW vardera, totalt 10 MW kyleffekt (GE, 2025c).

Tabell 2: Dimensionerade data Absorptionskylmaskiner, QV3-8 (GE, 2025c).

Beteck-ning	**Typ**	**Effekt**	**Temp Kylvatten**	**Temperatur Fjärrvärme (in/ut)**	**Flöde Fjärrvärme**	**Köldbärar-flöde**	**Kylvatten-flöde**	**Returtemp (köldbärare)**
QV3	Broad	4 MW	24° C	90° C/80° C	461m^3/h	491m^3/h	810m^3/h	8,5° C (min) 13° C (design)
QV4	Broad	4 MW	24° C	90° C/80° C	461m^3/h	491m^3/h	810m^3/h	8,5° C (min) 13° C (design)
QV5	Broad	4 MW	24° C	90° C/80° C	461m^3/h	491m^3/h	810m^3/h	8,5° C (min) 13° C (design)
QV6	York	3,3 MW	24° C	90° C/80° C	382,7m^3/h	396m^3/h	1010m^3/h	8,5° C (min) 13° C (design)

QV7	York	3,3 MW	24° C	90° C/80° C	382,7m^3/h	396m^3/h	1010m^3/h	8,5° C (min) 13° C (design)
QV8	York	3,3 MW	24° C	90° C/80° C	382,7m^3/h	396m^3/h	1010m^3/h	8,5° C (min) 13° C (design)

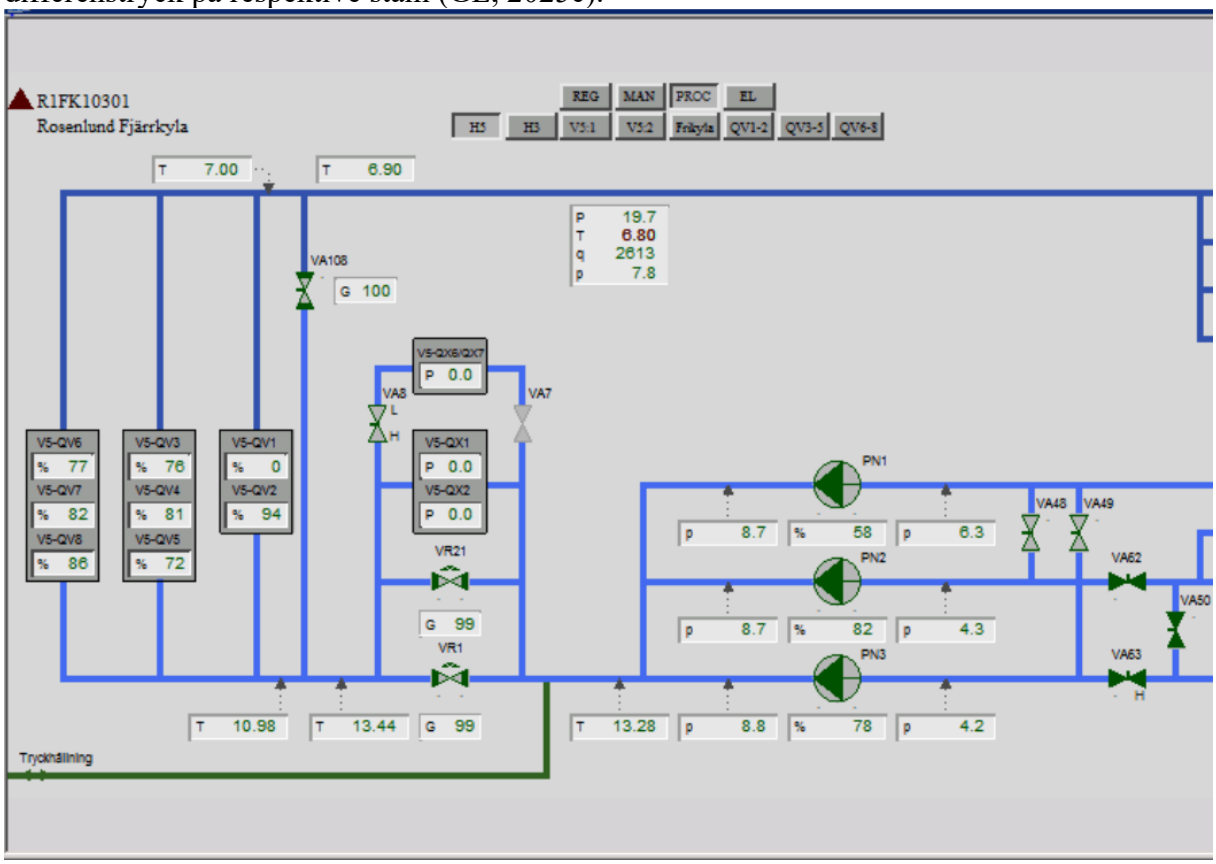
3.3 Fjärrkylans Distributionssystem, H5

Systemet H5 är GE:s distributionssystem för fjärrkyla och syftet med H5 är att distribuera producerad kyleffekt från Rosenlundanläggningen till fjärrkylanätet (GE, 2025c). Systemet är enligt GE (2025c) uppbyggt på följande sätt: tre stycken varvtalsstyrda distributionspumpar enligt Tabell 3, ventiler för temperaturreglering, ventiler för omkoppling uppströms på distributionspumparnas sugsida och differenstryckgivare på nätet vilka styr regleringen av pumparna.

Tabell 3: Dimensionerade data, distributionspumpar (GE, 2025c).

Maxflöde	Effektförbrukning	Varvtal	Uppfordringshöjd
954 m^3/h	325 kW	1685 r/min	105 m

Till Rosenlundsanläggningen kommer returerna från fjärrkylanätet in via olika separata stammar, stammarna är förbundna på pumparnas sugsida med avstängningsventiler så att en pump har möjligheten att pumpa för alla stammar, illustrerat i Figur 4. Distributionspumparna är varvtalsreglerade och styrs av en förvald av operatör differenstrycksgivare utav flertalet differenstrycksgivare utspridda på distributionsnätet. Pumparna ska upprätthålla ett minsta differenstryck på respektive stam (GE, 2025c).

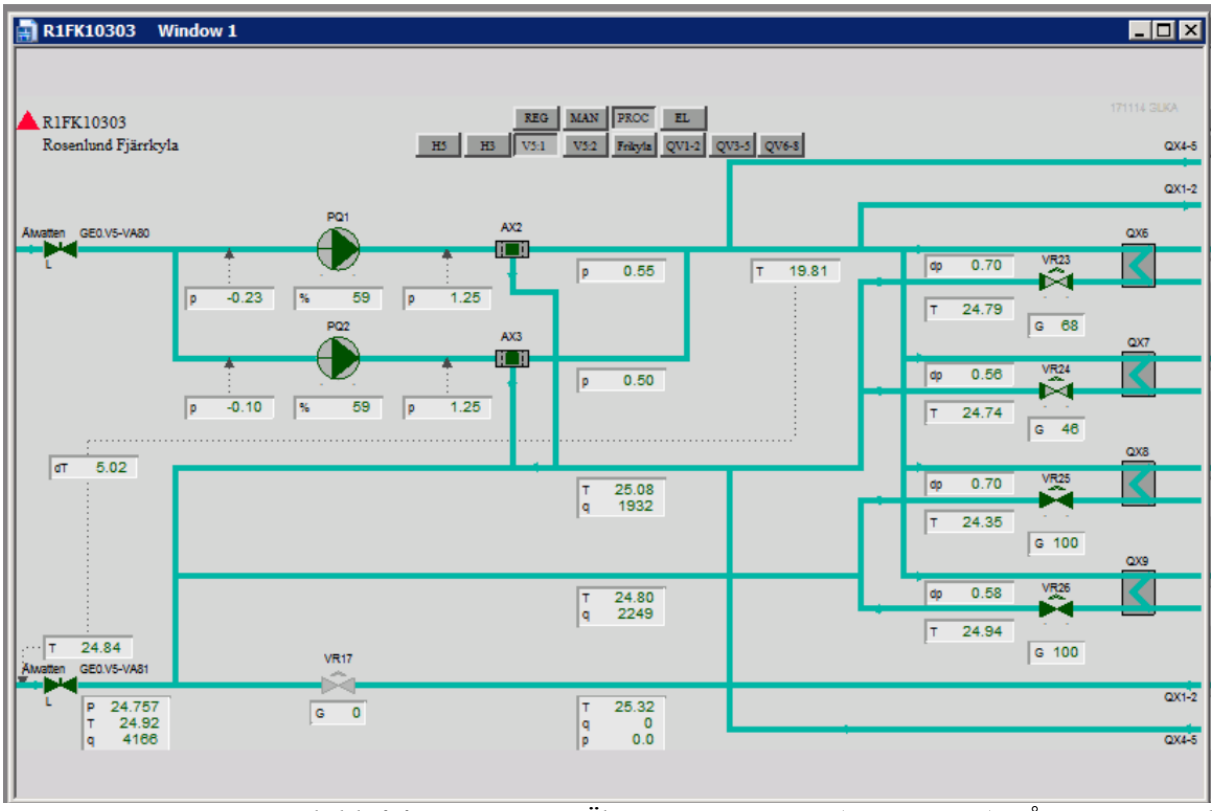


Figur 4: Processbild från NM över distributionssystem. (GE, 2025c). Återgiven med tillstånd.

3.4 Älvvattensystem, V5

Göta älv förser Rosenlunds kylanläggning med kylmedel (älvvatten). Kylmedelkretsen är uppdelad i två kretsar:

- Älvvattensystem
- Sluten kylvattenkrets



Figur 5: Processbild från NM över Älvvattensystemet. (GE, 2025c). Återgiven med tillstånd.

När temperaturen i Göta älv är tillräckligt låg (cirka 5°C) så kan älven tillgodose hela kylbehovet för anläggningen menar GE (2025c). Returen på fjärrkylanätet kyls ned till rätt framledningstemperatur direkt via värmeväxling mot älvvattnet. Kylmaskiner används då älvens temperatur överstiger 6° C, för att kyla fjärrkylanätet. Vid denna tidpunkt då vattentemperaturen har överstigit 6° C och älvvattnet inte kan användas till direkt värmeväxling så utnyttjas kylan istället att kyla kylmaskinernas interna process. Dock eftersom älvvattnet innehåller för mycket orenligheter kan det ej pumpas direkt in i kylmaskinerna utan kylan avvecklas därför först mot en sluten kylvattenkrets.

Systemets huvudkomponenter är:

- Älvvattenpumpar, PQ1-2, se Tabell 4
- Älvvattenfilter
- Värmeväxlare, QX6-9
- Cirkulationspumpar, PQ4-6
- Cirkulationspumpar, PC6-8
- Sandfilter

Tabell 4: Dimensionerande data, PQ1-2 (GE, 2025c).

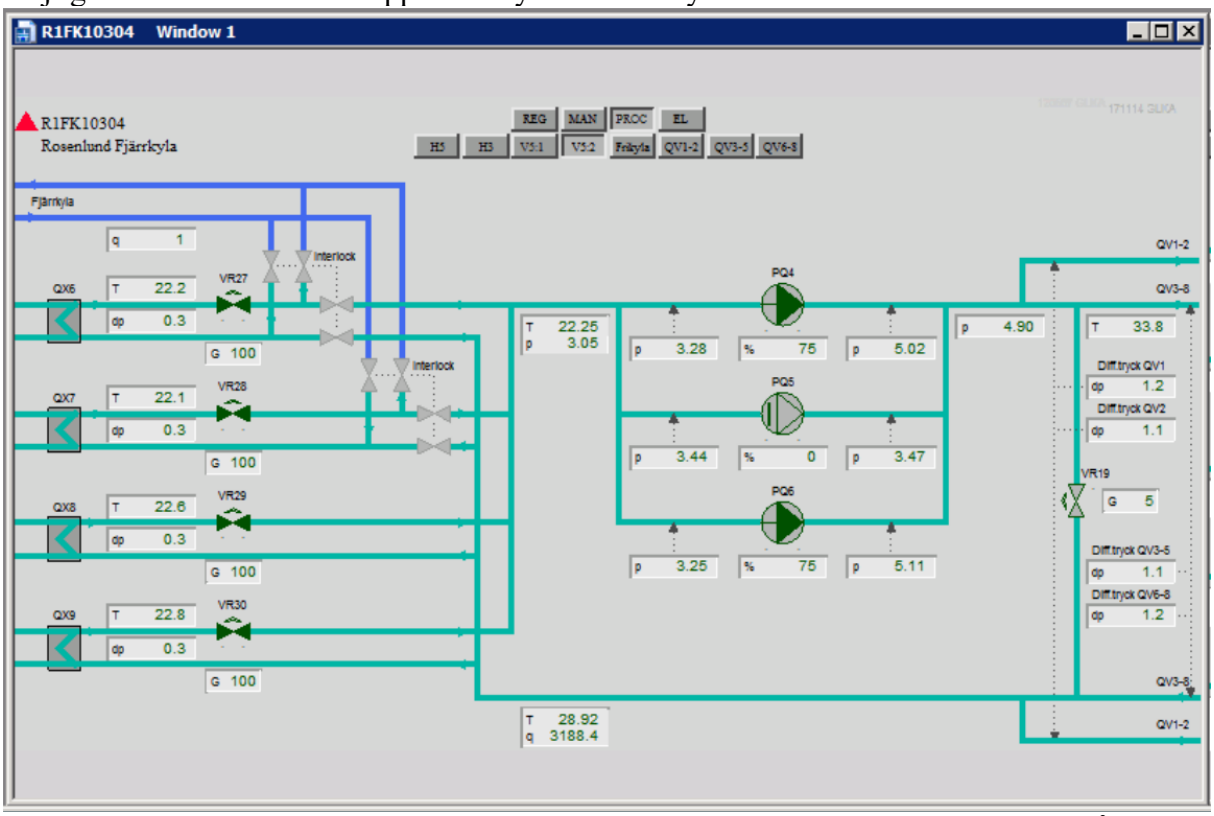
Designflöde	Effektförbrukning	Mindrift	Varvtal	Uppfordringshöjd
3090m^3/h	560 kW	40% (≈0,3bar)	40–90%	55 m

Vatten från älven tas in till inloppskammaren där det först passerar ett filter innan vattnet pumpas iväg av älvvattenpumparna, PQ1-2, till värmeväxlarna, QX6-9, vars uppgift är att kyla vattnet i fjärrkylanätet enligt Figur 5. Antingen genom direktkylning som vid frikyladriftfall eller en indirekt kylning under kylmaskindriftfall, till förinställd framledningstemperatur (GE, 2025c).

3.5 Sluten kylvattenkrets, V5

Den slutna kylvattenkretsen kyls mot primärsidans älvvatten i värmeväxlarna. Det finns tre cirkulationspumpar, PQ4-6 i Tabell 5, i kretsen vars uppgift är att pumpa fram det kylda vattnet till kylmaskinerna där det sedan nyttjas som kylvatten i kylmaskinens interna process enligt Figur 6. På returledningen från kylmaskinerna är kylvattentemperaturen uppvärmt till uppemot 30° C och således leds tillbaka till värmeväxlarna för att kylas åter på nytt igen skriver GE (2025c).

Cirkulationspumparna, PQ4-6, håller flödet och trycket lämpligt i systemet, baserat på vilken typ av kylmaskin och antal kylmaskiner i drift. Dessa pumpar är enligt GE (2025c) varvtalsstyrda. För reglering av kylvattentemperaturen(varmare) i kylvattenkretsen till respektive kylmaskin existerar det pumpar av modellen shunt, PC1-2 och PC6-8, vilka har möjligt att recirkulera redan uppvärmt kylvatten till kylmaskinen.



Figur 6: Processbild från NM över den slutna kylvattenkretsen. (GE, 2025c). Återgiven med tillstånd.

Tabell 5: Dimensionerande data, PQ4-6 (GE, 2025c).

	Designflöde	Effektförbrukning	Varvtal (rpm)	Effekt	Uppfordringshöjd
PQ4	2250 m^3/h	285,4 kW	1254	90,7%	42 m
PQ5	1500 m^3/h	140,3 kW	1012	87,6%	30 m
PQ6	750,2 m^3/h	39,8 kW	691,8	77%	15 m

3.6 Återkylaren

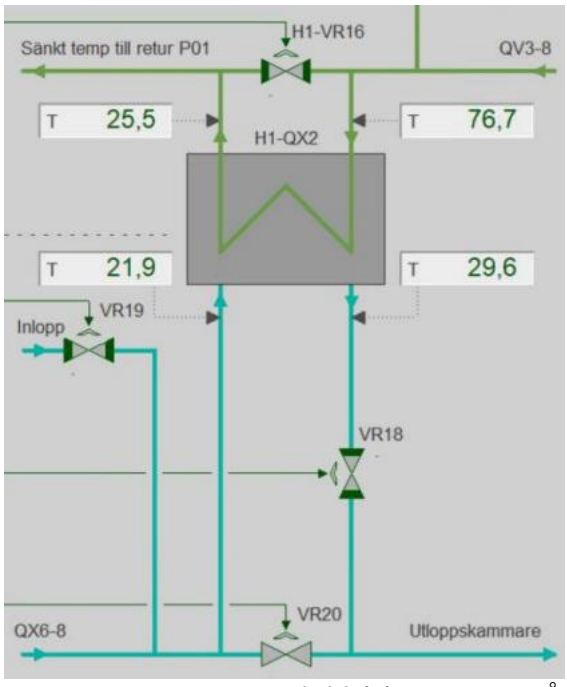
Återkylaren är en värmeväxlare av typen tubvärmeväxlare, den är konstruerad med två sidor: mantel- och tubsida. På mantelsidan flödar fjärrvärme-/spillvärmevattnet och på tubsidan flödar älvvatten, beskrivet i Tabell 6. Återkylaren har en designad effekt på 80 MW (Göteborg Energi AB [GE], 2025a).

Tabell 6: Dimensionerande data Återkylare (SSG Sahala, 2024).

	Tubsida	Mantelsida
Medium	Älvvatten	Fjärrvärme/spillvärme
Flöde [m^3/h]	7000	2500
Inloppstemperatur [°C]	25	80
Utloppstemperatur [°C]	35	52
Tryckfall [bar]	0,39	0,64
Konstruktionstemp [°C]	120/5	120/5

Återkylarens mantelsida är inkopplad på absarnas fjärrvärmeretur enligt Figur 7, där temperaturen på returledningen ligger på cirka 80° C vid full last efter absarna och efter att ha passerat genom återkylaren har temperaturen kylts ner till den designade temperaturen på ungefär 52° C (GE, 2025a).

Tubsidan av återkylaren är inkopplad i älvvattensystemet V5, där den använder sig av Göta älv för att kyla ner fjärrvärmereturledningen menar GE (2025a). Främst används vatten vilket passerat genom värmeväxlare QX6-9 (kylvattenkretsen), för att sänka temperaturen på returen, sekundärt används "prima" älvvatten, alltså vatten vilket inte redan använts för att kyla ner någon annan del i processen.



Figur 7: Processbild från NM över Återkylaren. (GE, 2025a). Återgiven med tillstånd.

Syftet med Återkylaren är enligt GE (2025a) att sänka temperaturen på fjärrvärmevattnets retur efter absarna. Eftersom fjärrvärmen som driver absarna primärt kommer från spillvärme från utomstående industrier och andra anläggningar så ställer de krav på en specifik temperatur på returvattnet. Problematiken är att kylmaskinernas energiåtgång inte är tillräckligt stor för att sänka fjärrvärmevattnets temperatur till önskat värde. Ökar lasten på kylmaskinerna ökar också flödet av fjärrvärmevatten vilket gör att returtemperaturen också ökar. För att lösa problemet har det installerats en återkylare vilken kyler ner returvattnet från kylmaskinerna med hjälp av det kalla älvvattnet. Detta menar GE (2025a) gör att det går att köra absarna på högre last utan att behöva ha returtemperaturen i åtanke och kan på så sätt köra anläggningen mer effektivt och öka den maximala kyleffekten vilken anläggningen kan producera.

3.7 Göteborg Energis Problematik med Absorptionskylmaskinerna

Det finns ett flertal faktorer vilka har en betydande påverkan på absorptionskylmaskinerna enligt en processingenjör på Göteborg Energi AB. De största påverkande faktorerna som har en negativ inverkan på absarnas drift är flödet och temperaturen på fjärrvärmeframledningen och temperaturen på returledningen. Vilket tidigare nämnts har problemet med för hög temperatur på returledningen åtgärdats med återkylaren (Processingenjör, personlig kommunikation, 3 mars 2026).

Flödet och temperaturen på framledningen till absarna hänger ihop då spillvärmen vilken GE köper in kommer från flera leverantörer med olika temperaturer på framledningen. Någon leverantör ligger över 90°C och några andra ligger strax under. Flödet av fjärrvärmevatten till absarna styrs av lasten på kylmaskinerna, ökar lasten ökar flödet. Problemet uppstår när flödet i framledningen ökar och spillvärmen från de olika leverantörerna blandas. Temperaturen kan vid stora flöden gå under 90°C då det inte går att reglera från vilken leverantör spillvärmen kommer ifrån. När temperaturen på framledningen understiger 90°C vilken är den designade framledningstemperaturen för absarna kommer kylmaskinernas effektivitet minska och därmed den producerade kyleffekten minska (Processingenjör, personlig kommunikation, 3 mars 2026). Hen säger också att det finns en funktion där det går att ställa in en begränsning på flödet

av fjärrvärmevatten till absarna vilket gör att oavsett hur mycket flöde kylmaskinerna vill ha kommer flödet inte överstiga den valda begränsningen.

En annan faktor som påverkar absarna är om temperaturen i den interna kylvattenkretsen överstiger den designade temperaturen på 24°C. Vilket i sin tur leder till att kylvattnet inte kan kyla bort tillräckligt med värme i kondensorn och därmed minskar den producerade kyleffekten från kylmaskinen. Denna problematik uppstår då Göta älv blir för varm eftersom den interna kylkretsen kyls av Göta älv (Processingenjör, personlig kommunikation, 3 mars 2026).

4. METOD

4.1 Forskningsstrategi

4.1.1 Fallstudie

Analysen bygger på en fallstudie i vilken en kombination av forskningsmetoder använts för att samla in både kvantitativa och kvalitativa data. Fallstudie valdes som forskningsstrategi eftersom Denscombe (2018) menar att det är en lämplig metod när en specifik plats, händelse eller organisation ska undersökas, vilken i detta fall var Rosenlunds fjärrkylaanläggning. Fallstudie lämpar sig också för att analysera något på djupet och uppmuntrar till att använda flera forskningsmetoder, en så kallad metodkombination, för att övergripligt kunna undersöka ett komplext fall.

4.1.2 Metodkombination

Då fallstudier tillåter och enligt Denscombe (2018) till och med uppmuntrar till att använda kombinationer av forskningsmetoder valdes metodkombination som metod för datainsamling. Metodkombination skriver Denscombe (2018) är en metod vilken ökar resultatens validitet då olika metoder används för att undersöka samma sak. Vidare skriver han att metoden också bidrar till en mer fullständig bild av det som undersöks då data vilka samlas in från de olika metoderna i metodkombinationen kan komplettera varandra. Dessutom är det ofta data av både typen kvantitativ och kvalitativ vilket bidrar till en ännu mer fullständig bild.

Den primära datainsamlingsmetoden för att samla in kvantitativa data var en extraktion av loggade processdata. Detta var en tidseffektiv metod då stora mängder data kunde samlas in under kort tid från en och samma plats. För att kunna göra en djupare analys valdes den sekundära datainsamlingsmetoden till semistrukturerade intervjuer för att samla in kvalitativa data. Denna metod passar när undersökningen fokuserar på fenomen med hög komplexitet där förståelse för hur system fungerar och faktorer hänger ihop krävs. Denscombe (2018) skriver också att metoden ger möjlighet till insamling av värdefulla kunskaper och insikter från personer baserade på deras erfarenheter eller position inom studiens ämne.

4.2 Kvantitativ Processdata från Styrsystem

4.2.1 Insamling av Processdata

All data extraherades från GE:s interna styrsystem, Network Manager (NM), där fanns tillgång till både historiska data och realtidsdata. Från NM extraherades historiska data från perioderna 01/07-24 till 23/09-24 och 1/07-25 till 23/09-25 där perioden 2024 är innan återkylaren togs i drift och perioden 2025 är med återkylaren i drift. De valda perioderna anses jämförbara då medeltemperaturen utomhus för 2024 låg på 17,4°C och för 2025 på 18,1°C, vilket är en skillnad på mindre än en grad. Perioderna anses också jämförbara eftersom samma typ av driftstrategi har nyttjats under båda perioderna och av samma driftspersonal. Den data som extraherades består av timmedelvärden och valdes utifrån dess relevans till absorptionskylmaskinernas verkningsgrad, och återkylarens funktion. Följande data extraherades för båda perioderna för vardera abs: Drifttimmar, Kyleffekt, Verkningsgrad (COSP), Lastpådrag, FJV flöde, FJV in- och utloppstemperatur.

4.2.2 Analys av Processdata

Den extraherade processdatan formaterades till Microsoft Excel-format och därefter användes Excel för beräkning av medelvärden för de olika parametrarna indelat efter storlek på lastpådrag, samt tabell- och diagramframtagning. Perioderna studerades och processdata

jämfördes med varandra för att identifiera tydliga och/eller inga likheter/trender, differenser och avvikelser.

4.3 Semistrukturerade Intervjuer av GE Personal

4.3.1 Urval av Respondenter

Respondenterna i undersökningen valdes utifrån ett Icke-sannolikhetsurval vilket enligt Denscombe (2018) innebär att forskaren har viss valfrihet i urvalsprocessen. Detta då det i denna undersökning inte är av intresse att göra ett sannolikhetsurval. Därefter gjordes ett subjektivt urval av respondenter utifrån deras erfarenhet och relevans för ämnet. Denscombe (2018) skriver att ett subjektivt urval syftar till att få den bästa informationen genom att välja ut ett mindre antal personer utifrån deras kända kännetecken. Respondenterna valdes utifrån kriterierna att de arbetar på Göteborg Energi och det har tekniska roller inom affärsområdet fjärrkyla. Tabell 7 visar respondenternas position inom Göteborg Energi och respektives anställningstid inom företaget.

Tabell 7: Information om respondenter

Respondent	Position inom Göteborg Energi	Anställningstid
Respondent A	Skiftledare	16 år
Respondent B	Kontrollrumsingenjör	11 år
Respondent C	Processingenjör	4 år
Respondent D	Anläggningsägare	7 år

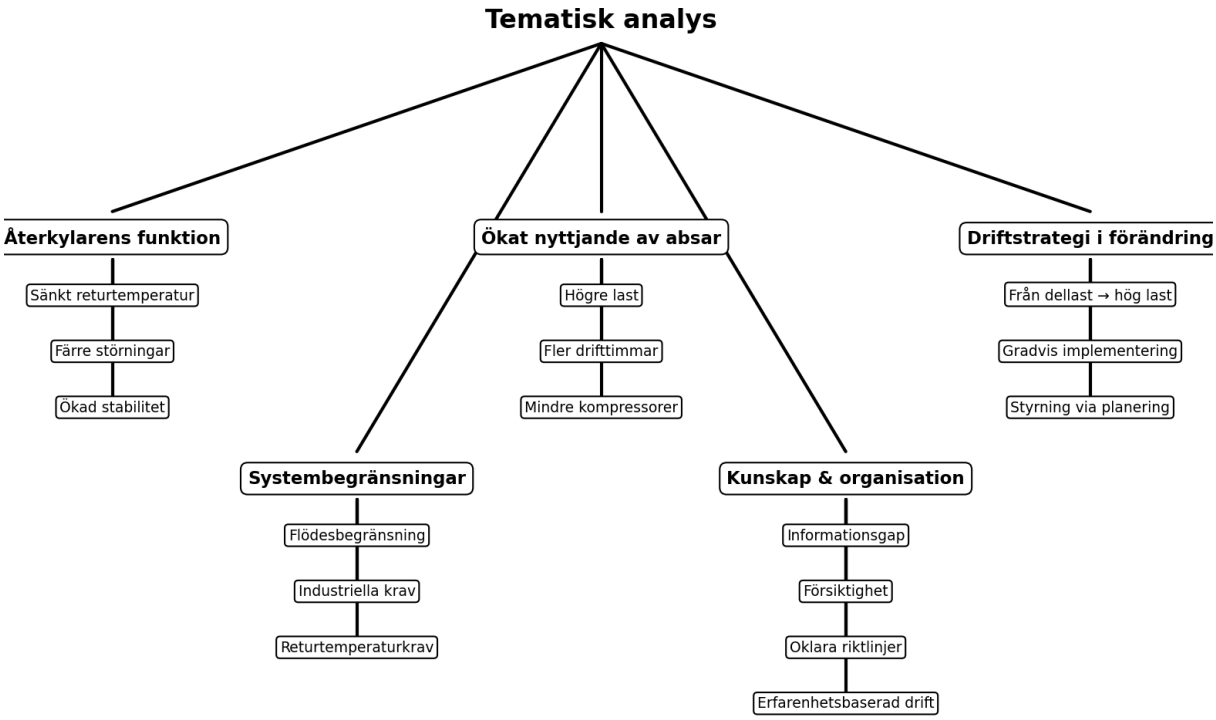
4.3.2 Genomförande av Intervjuer

Intervjuerna genomfördes individuellt för varje respondent och antingen i person eller via Microsoft Teams utifrån vad som blev enklast för respondenten. Efter att ha skrivit på samtyckesblanketten ställdes frågorna till var och en av respondenterna. Intervjuerna spelades in och transkriberades sedan till Microsoft Word. Intervjufrågorna togs fram med syftet att respondenter med olika ansvarsområden inom Göteborg Energi skulle kunna ge svar på samma frågor. Frågorna formulerades också efter en semistrukturerad intervju vilket innebar att de skulle vara öppna och ge utrymme för följdfrågor.

4.3.3 Tematisk Analys av Svarsresultat

Svarsresultaten från intervjuerna analyserades tematiskt för att få fram ett resultat. En tematisk analys innebär att intervjumaterialet granskas systematiskt för att identifiera mönster och återkommande teman i svaren (Denscombe, 2018).

Första steget i analysen var att läsa igenom intervjuerna flera gånger i syfte att få en helhetsbild av materialet och försöka identifiera återkommande mönster. Några tidiga iakttagelser var att flera nämner sänkt returtemperatur och hårdare körning av absarna. Därefter kodades materialet mening för mening där en kod är en beskrivning av ett citat. Ett stort antal koder skapades där flera återkom hos flera respondenter. Koderna grupperades sedan efter liknande innehåll för att identifiera olika mönster. Några av grupperingarna var returtemperatur, drift av absar och begränsningar. Utifrån grupperna skapades bredare teman i syfte att fånga mönster i flera intervjuer. När återkommande teman identifierats gjordes en jämförelse med undersökningens forskningsfrågor för att säkerställa att de håller sig till undersökningens syfte. Slutligen granskades temana för att se till att de verkligen stöds av flera svar, inte överlappar för mycket och att varje tema är tydligt avgränsat. Figur 8 visar ett tematräd över den tematiska analysen som beskriver huvudteman och eventuella underteman som identifierats och strukturerats utifrån intervjusvaren.



Figur 8: Tematräd över den tematiska analysen (Författarens egna bild)

4.3.4 Etiska Aspekter

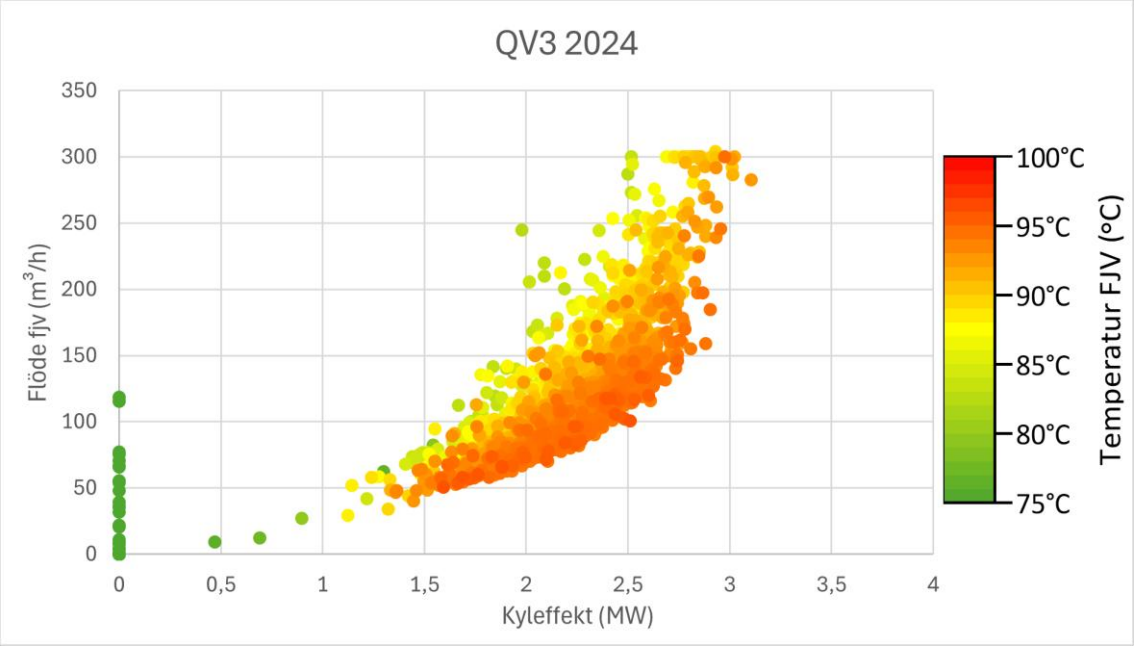
För att skydda respondenterna vilka deltagit i undersökningen togs några etiska aspekter i beaktande. Respondenterna informerades om undersökningens syfte och vad deras information skulle användas till. Respondenterna fick läsa igenom det etiska reglerna vilka gäller för undersökningen. Reglerna är att deltagandet är frivilligt och de kan när som helst välja att avbryta sitt deltagande utan att uppge orsak, undersökningen är anonym och data kommer att redovisas utan koppling till person, endast personer knutna till undersökningen tar del av rådata, samt att alla personuppgifter hanteras enligt EU:s allmänna dataskyddsförordning (GDPR). Därefter fick respondenterna ge sitt samtycke till deras medverkan i undersökningen och att de tagit del av reglerna.

De inspelade intervjuerna raderades efter undersökningen slutförts.

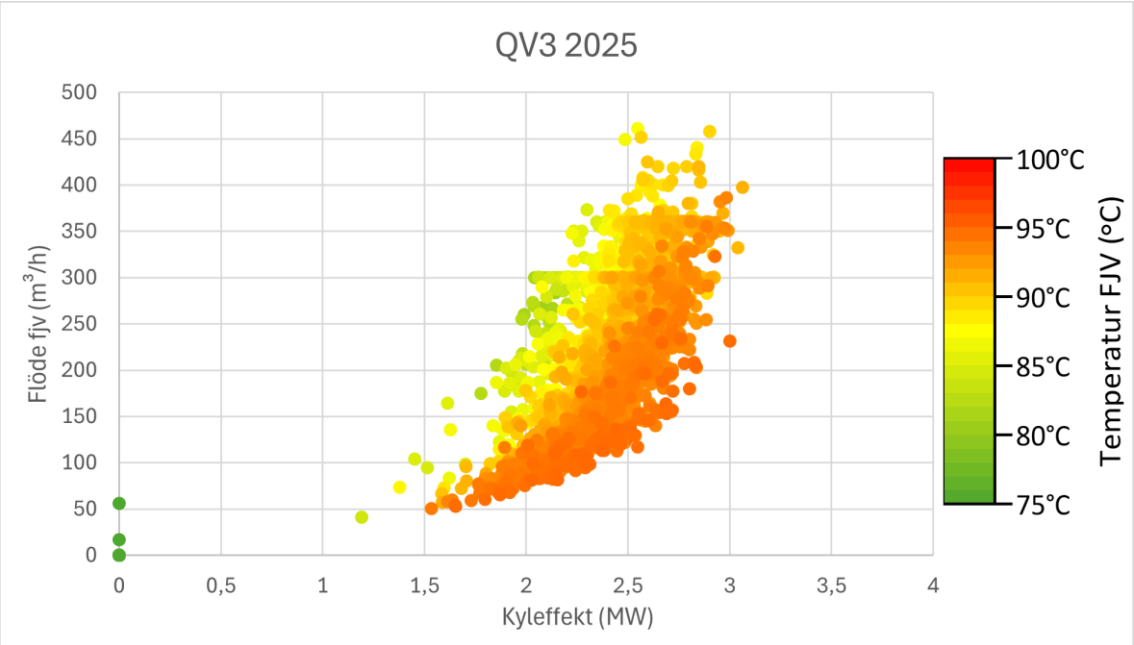
5. RESULTAT

5.1 Absorptionskylmaskin QV3

QV3 har en installerad kyleffekt på 4 MW. Figurerna 8 och 9 illustrerar resultaten från den extraherade datan i form av ett scatter-diagram där y-axeln indikerar flödet på fjärrvärmen i m^3/h, färgerna på mätpunkterna indikerar temperaturen i °C på fjärrvärmevattnet och x-axeln visar den producerade kyleffekten i MW. Vid jämförelse av figur 8 och 9 observeras en mindre förändring i resultaten, där under perioden för 2025 så har den producerade kyleffekten för QV3 legat på ≥2,5 MW vid flera tillfällen jämfört med samma uppmätta period för 2024. En annan observation är att resultaten visar att de två perioderna har ett relativt jämnt temperaturintervall, där inga större skillnader påträffas. Det framgår från figur 9 att fjärrvämeflödet genom QV3 under perioden 2025 är högre och har ett betydligt högre toppvärde än resultaten från figur 8. Resultaten indikerar ett samband mellan temperaturen och flödet i fjärrvärmevattnet. Vid högre fjärrvärmetemperaturer krävs ett lägre flöde för att uppnå en given kyleffekt.

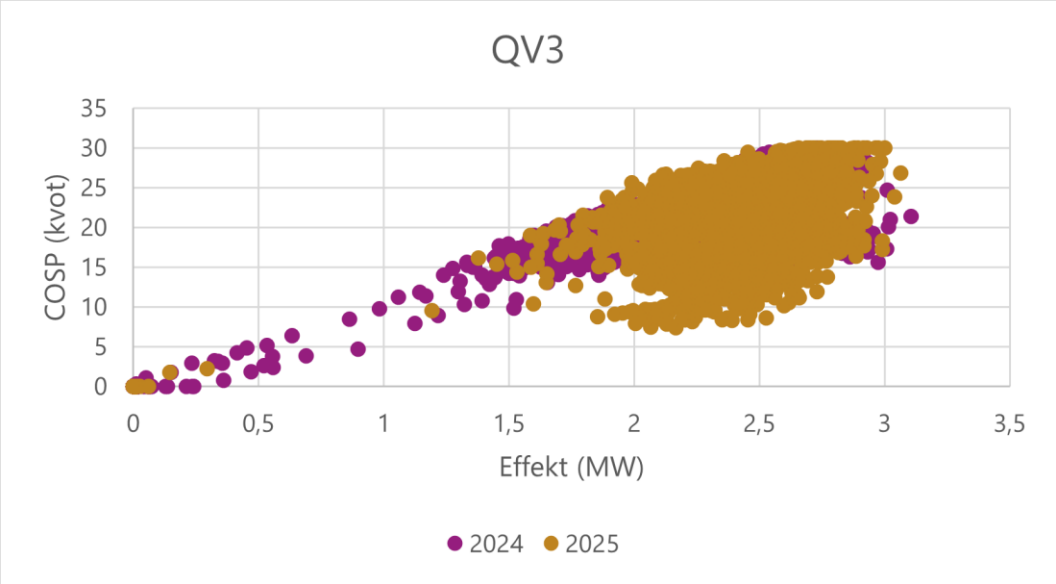


Figur 9: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV3 år 2024



Figur 10: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV3 år 2025

Figur 10 visar ett toppvärde, vilket uppgår till cirka 3,1 MW under perioden för 2024 och 3,05 MW under perioden för 2025, vilket är lägre än QV3:s maximala kapacitet för producerad kyleffekt (4 MW). Det observeras även att COSP uppnår ett maxvärde på 30 under båda dessa perioder. I figur 10 kan en förändring i QV3 observeras mellan de uppmätta perioderna, där QV3 befinner sig i ett tillstånd där den producerar en högre kyleffekt oftare.



Figur 11: COSP-Kyleffekt QV3

Från tabell 7 observeras förändringar i värden från den uppmätta processdata från perioderna 2024 och 2025. QV3 under den uppmätta perioden för 2025 ligger på en högre last (>50%) betydligt oftare än under samma period för 2024, märkbar skillnad ses även i medelvärdet på temperaturskillnaden i fjärrvärmevattnet och på medelvärdet i fjärrvärmevattnet, där temperaturskillnaden minskat vilket är positivt och flödet ökat vilket också är positivt då värdena går mot kylmaskinens designdata. Vidare avseende lastpådrag går det att utläsa att

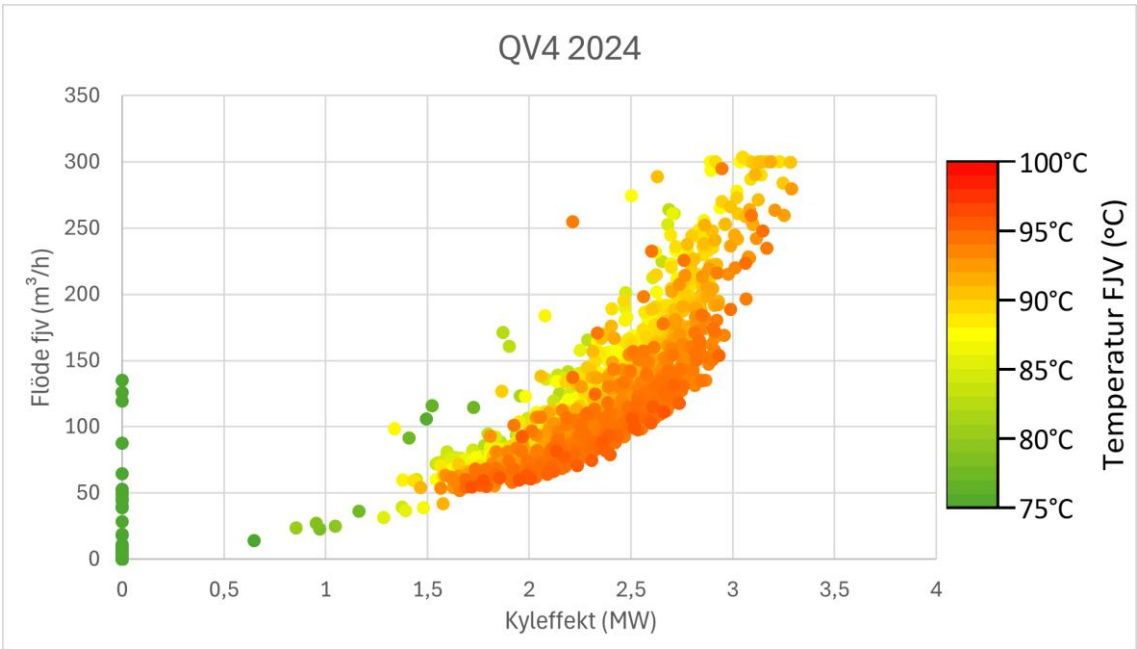
under 2025 så körs QV3 vid laster≥50% i 563 fler timmar jämfört med samma period 2024. I tabell 7 noteras dock att det inte finns några signifikanta skillnader i kyleffekten, där värdena fluktuerar med upp till 0,04 MW som mest förutom vid 20–30% där är avvikelsen, en skillnad på 0,17 MW.

Tabell 8: Lastbaserade medelvärden QV3

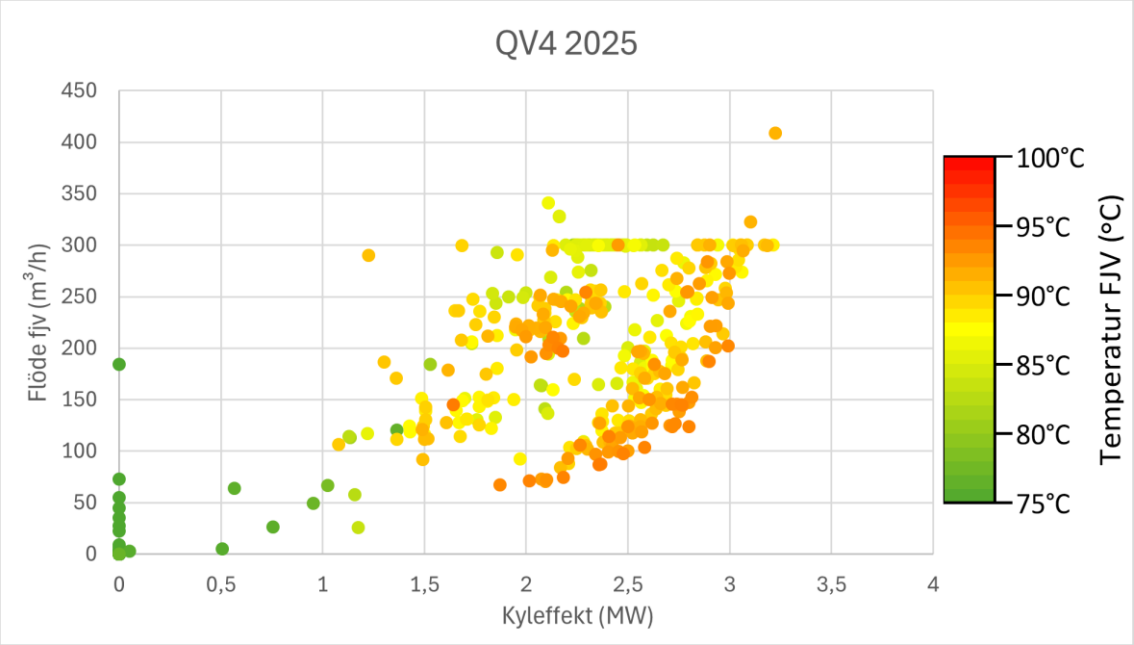
QV3	2024					2025				
Last	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]
70-80%	21,44	2,88	257,01	13,32	48	23,69	2,87	329,13	10,43	85
60-70%	21,43	2,56	169,57	18,20	428	21,94	2,57	265,98	12,31	982
50-60%	20,10	2,20	113,16	22,42	818	20,36	2,23	177,96	16,43	790
40-50%	18,76	1,85	81,03	25,12	406	19,00	1,89	110,26	21,49	126
30-40%	15,24	1,48	62,65	24,73	60	15,12	1,52	74,24	21,15	7
20-30%	9,30	1,03	59,75	17,30	7	9,48	1,19	41,15	17,62	1
1-20%	0,20	0,04	2,72	5,22	29	0,15	0,03	8,17	5,34	3

5.2 Absorptionskylmaskin QV4

QV4 är av samma märke och modell som QV3 så den har också en installerad kyleffekt på 4 MW. Figur 11 och 12 är av samma typ som i det tidigare redovisade resultatet, alltså scatterdiagram med fjärrvärmeflöde och temperatur, mot producerad kyleffekt. Det framgår en skillnad mellan figurerna 11 och 12, där figur 12 innehåller betydligt färre mätpunkter och har en stor spridning i resultaten jämfört med figur 11. Detta är till följd av ett läckage uppstått i QV4 under 2025, vilket resulterade i lång stopptid därav mindre mätpunkter. Resultatet indikerar också att temperaturen på fjärrvärmevattnet för QV4 under 2025 generellt sett ligger på en lägre nivå kontra temperaturerna under 2024.

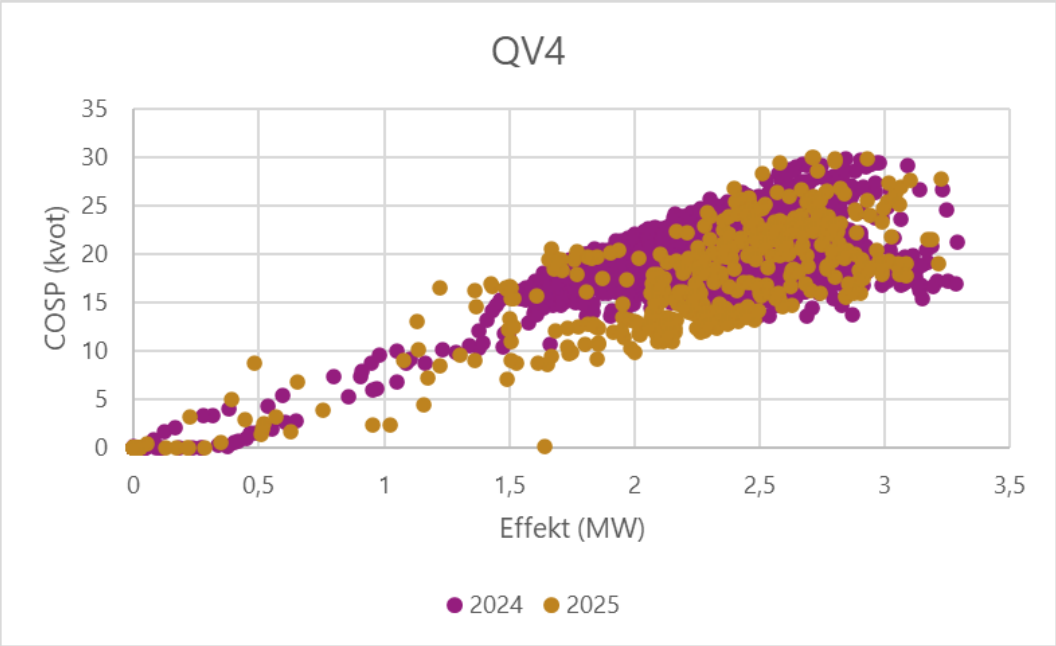


Figur 12: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV4 år 2024



Figur 13: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV4 år 2025

Vid jämförelse mellan mätperioderna 2024 och 2025 framgår tydliga skillnader i producerad kyleffekt, dock uppvisar COSP-värdet en liknande trend mellan åren genom den linjära utvecklingen. Av figur 13 framgår att kyleffekten uppnår ett toppvärde på omkring 3,3 MW av en installerad kyleffekt på 4 MW under perioden för 2024 och omkring 3,2 MW perioden för 2025. För båda perioderna uppnår COSP ett maximalt värde på cirka 30.



Figur 14: COSP-Kyleffekt QV4

Under 2024 framgår att antalet driftstimmar på QV4 är avsevärt mycket högre än under samma period 2025 (se tabell 8). En annan tydlig skillnad vilket framgår av tabell 8 är att medelflödet under de olika lastpådragen för perioden 2025 är högre jämfört med medelflödet för samma lastpådrag under 2024, dock är temperaturdifferensen lägre 2025 på de högre lastpådragen

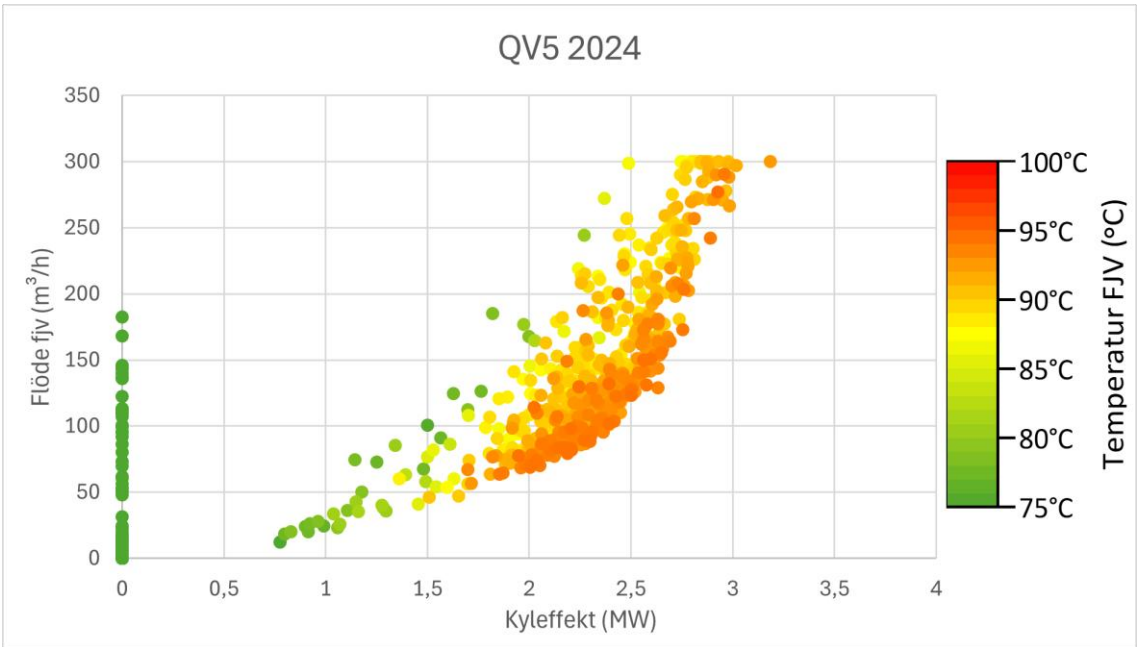
jämfört med 2024. Det kan även noteras att majoriteten av driftstimmarna hamnar under intervallerna 50–60% och 60–70% under båda perioder. Den producerade kyleffekten under de två uppmätta perioderna på QV4 håller sig relativt likvärdiga, med den största skillnaden på 0,09 MW under lastpådrag 20–30%.

Tabell 9: Lastbaserade medelvärden QV4

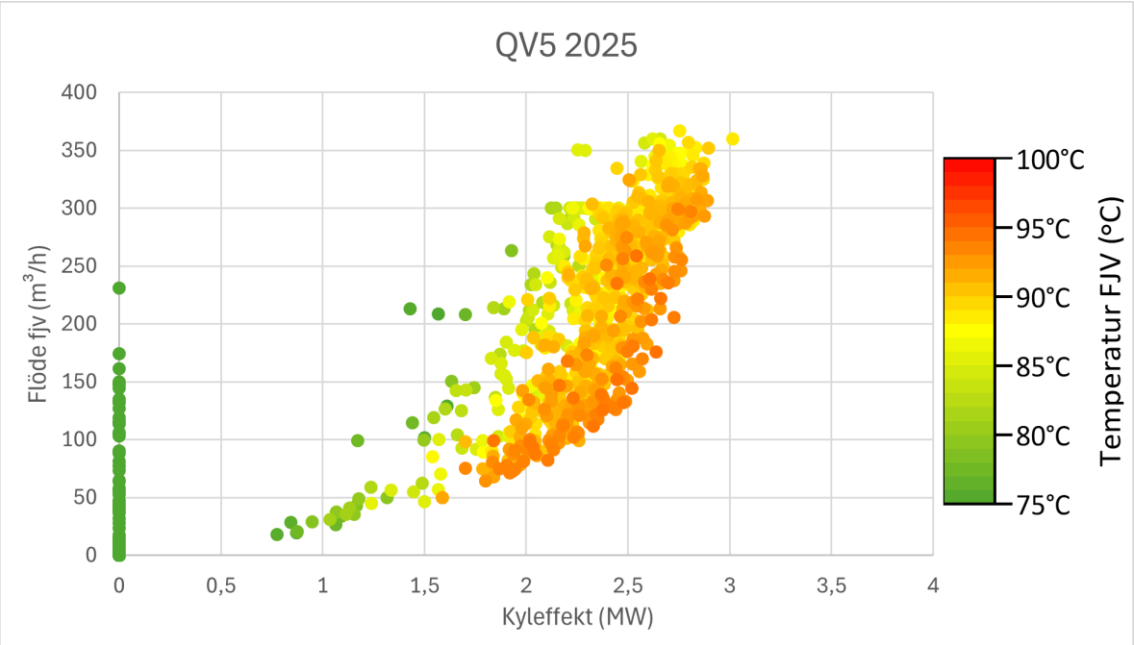
QV4	2024					2025				
Last	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]
80-82%	20,73	3,25	281,06	12,58	6	23,47	3,22	354,53	10,56	2
70-80%	21,30	2,93	218,58	15,55	136	21,41	2,94	248,69	14,37	55
60-70%	20,87	2,57	138,55	21,01	532	21,30	2,59	189,58	17,52	130
50-60%	19,87	2,21	93,50	25,05	755	16,11	2,23	213,21	16,22	132
40-50%	18,13	1,86	72,13	26,35	268	14,42	1,81	186,34	19,07	50
30-40%	13,87	1,49	70,90	21,81	27	13,33	1,44	138,83	24,04	21
20-30%	7,92	1,00	48,86	15,42	12	6,99	1,09	76,13	20,87	7
1-20%	1,79	0,36	11,15	10,01	26	2,51	0,41	32,67	14,89	17

5.3 Absorptionskylmaskin QV5

QV5 är av samma typ och modell som QV3 och QV4, vilket innebär att den har en installerad kyleffekt på 4 MW. Resultaten i figur 14 och 15 visar att perioden 2025 så har QV5 ett flöde över 300³/h vid flera tillfällen medan under perioden för 2024 är 300m³/h QV5:s toppvärde. Figurerna visar även att QV5 under perioden för 2025 har en producerad kyleffekt på ≥2,5 MW betydligt oftare än under samma period för 2024. Det observeras även från resultaten att i båda figurerna (14 och 15) att en exponentiell utveckling förekommer, alltså utveckling för perioderna 2024 och 2025 är likartade. Resultaten för QV5 visar även ett samband mellan flödet på fjärrvärmen och temperaturen på fjärrvärmen.

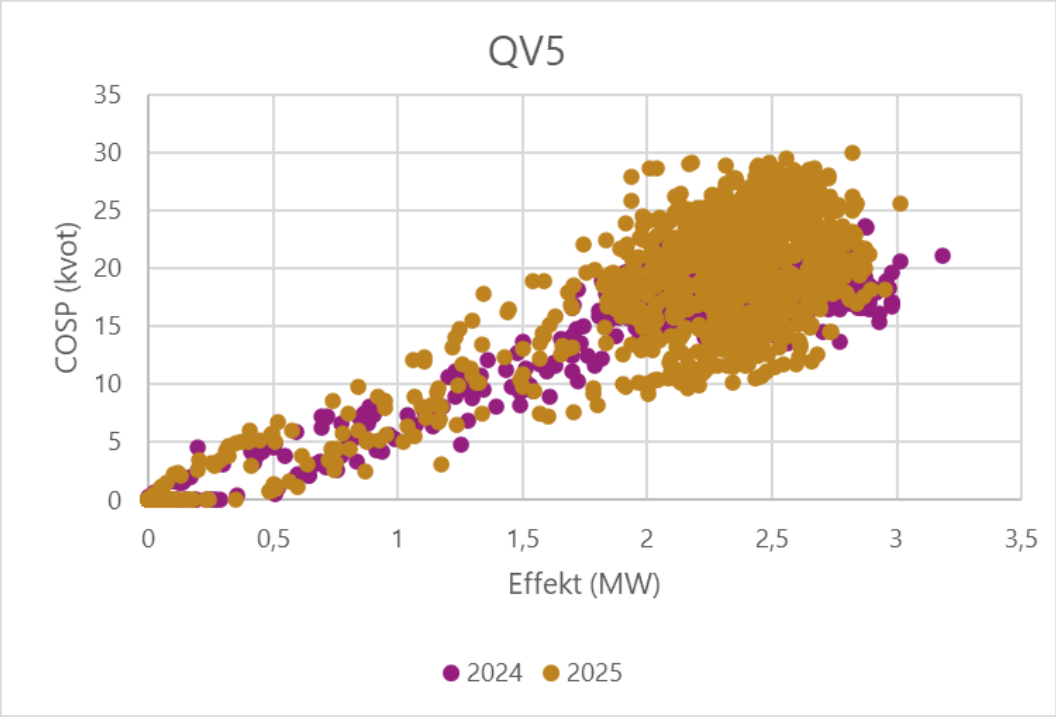


Figur 15: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV5 år 2024



Figur 16: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV5 år 2025

Resultatet från figur 16 påvisar att under de uppmätta perioderna (2024 och 2025) sker det en någorlunda linjär utveckling mellan COSP och den producerade kyleffekten. Det går även att konstatera att ett högre COSP-värde generellt genererar en högre kyleffekt. Det framgår ur figur 16 också att under perioden för 2025 så ligger mätpunkterna generellt på ett högre COSP-värde jämfört med 2024:s mätpunkter, särskilt vid de högre effekterna (2–3 MW). Från resultatet framgår det även att under 2025 uppnår COSP-värdet ungefär 30, medan under samma period 2024 uppnår den endast ungefär 24.



Figur 17: COSP-Kyleffekt QV5

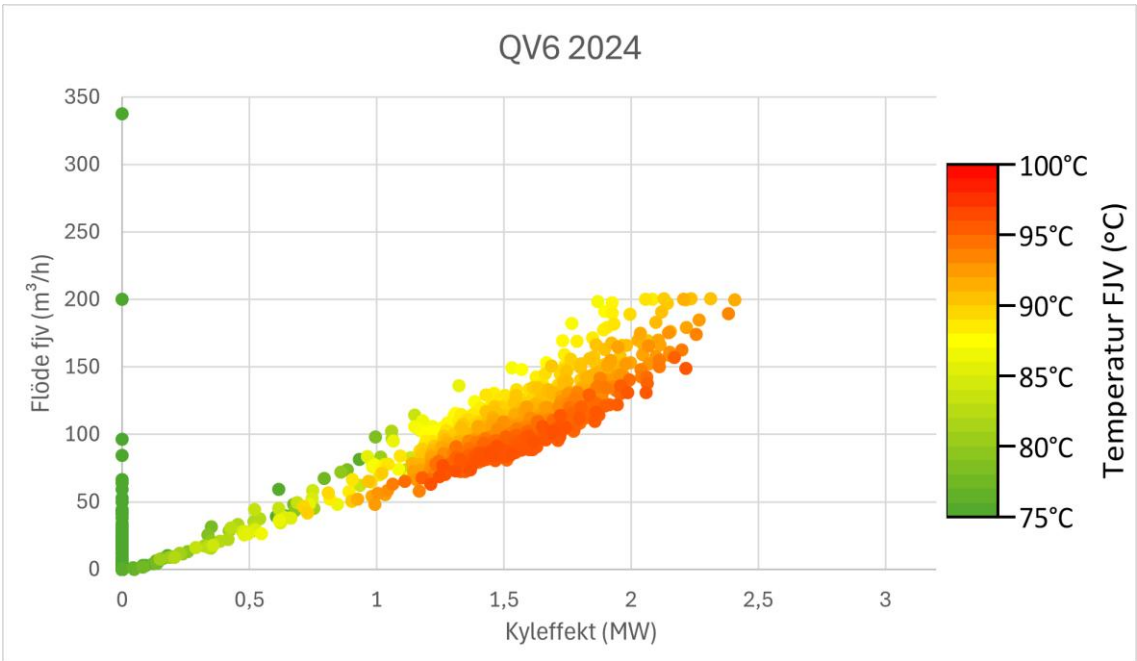
I medelvärdetabellen (se tabell 9) framkommer det att QV5 har ett högre medelvärde under perioden för 2025 på alla uppmätta lastintervaller jämfört med perioden för 2024. Resultatet visar att skillnaden på medelvärden i producerad kyleffekt skiljer sig med 0,01–0,04 MW under de uppmätta perioderna. Likt de andra kylmaskinerna följer QV5 samma mönster med ett högre medelflöde på fjärrvärmen och ett lägre medelvärde på temperaturdifferensen. Det framgår även att QV5 har fler driftstimmar generellt under 2025 jämfört med 2024, där driftstimmar i intervallerna ≥50% står för den stora ökningen jämfört med resultaten från 2024.

Tabell 10: Lastbaserade medelvärden QV5

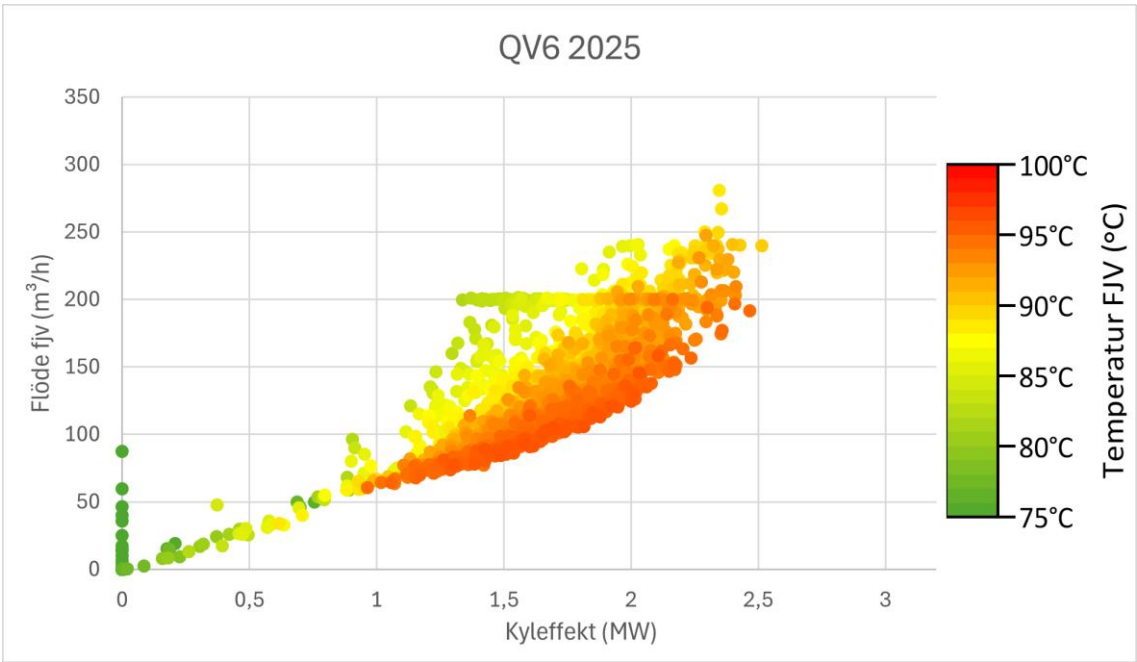
QV5	2024					2025				
Last	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]
70-80%	18,39	2,89	284,66	11,72	37	21,74	2,85	316,13	11,11	29
60-70%	18,17	2,58	184,26	17,45	185	21,04	2,57	263,78	12,90	393
50-60%	17,54	2,21	117,57	22,98	283	19,07	2,23	181,08	17,37	369
40-50%	16,16	1,87	92,96	24,11	68	17,28	1,87	120,18	21,05	79
30-40%	10,04	1,41	84,47	18,08	25	12,62	1,41	102,82	16,66	29
20-30%	6,55	0,99	57,52	15,39	24	7,39	1,01	62,89	14,64	28
1-20%	0,10	0,03	21,05	10,06	61	0,14	0,03	22,49	9,19	65

5.5 Absorptionskylmaskin QV6

QV6 är av en annan typ och modell av absorptionskylmaskin än ovannämnda kylmaskiner, QV6 har en installerad kyleffekt på 3,2 MW. Vid jämförelse av resultaten från figurerna 17 och 18 framgår det att under perioden för 2025 (figur 18) sker det en kraftig ökning i antal mätpunkter som befinner sig i intervallet (1,5–2,5 MW) jämfört med resultatet för perioden för 2024 (figur 17). Utläses från resultatet i figur 18 är också att flödet på fjärrvärmen under perioden för 2025 överstiger 200m³/h vilket framgår i figur 17 att det aldrig händer under perioden för 2024. Även i dessa resultat kan ett samband mellan flödet på fjärrvärmen, temperaturen på fjärrvärmen och dess resulterande kyleffekt konstateras. Resultatet påvisar även en relativt lik exponentiell utveckling i båda figurer, dock observeras det en större spridning på mätpunkter för perioden under 2025.

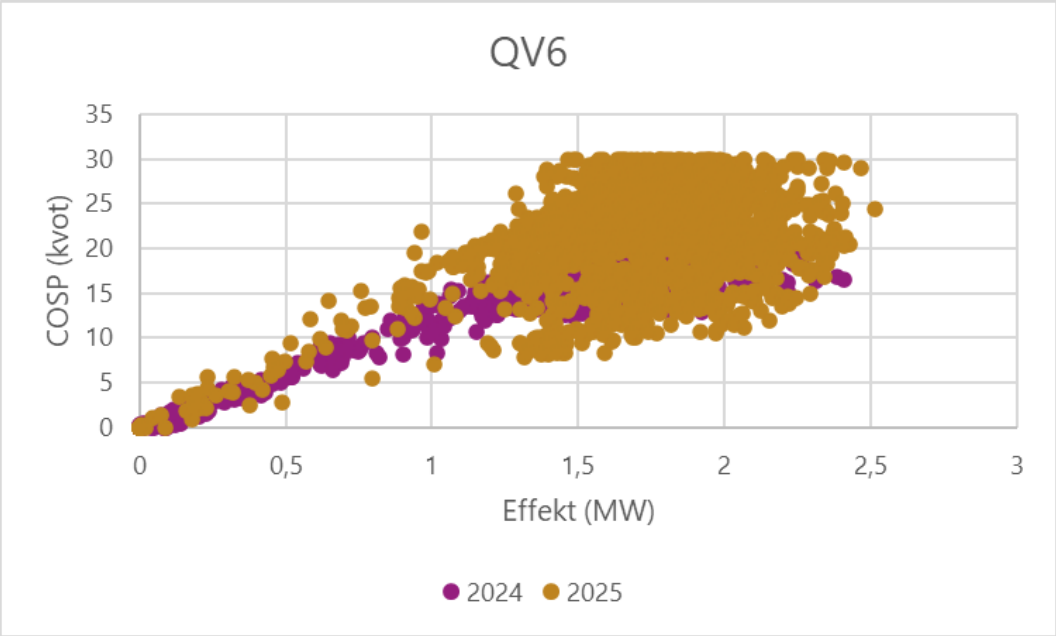


Figur 18: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV6 år 2024



Figur 19: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV6 år 2025

De uppmätta perioderna för 2025 och 2024 genererar ett resultat som visar att QV6 har ett högre COSP-värde under majoriteten av perioden för 2025 med ett toppvärde på 30 till skillnad från 2024 där QV6 aldrig uppnår samma toppvärde (se figur 19). Majoriteten av mätpunkterna ligger i intervallet 1,5–2,5 MW vilket motsvara ungefär 46,9–78% av den installerade kyleffekten för QV6. Från figur 19 framgår det även här det tidigare nämnda sambandet mellan COSP och producerad kyleffekt.



Figur 20: COSP-Kyleffekt QV6

Från tabell 10 påvisas resultatet att under 2025 stiger medelvärdet för COSP för alla intervallstegen, med den största skillnaden under intervallet 50–60% där en ökning på 5,65 sker. Medelkyleffekten under perioderna skiljer sig minimalt med endast skillnader på 0,01–0,06 MW, där de högre värdena uppnås under 2025, förutom vid intervallet 1–20% då är

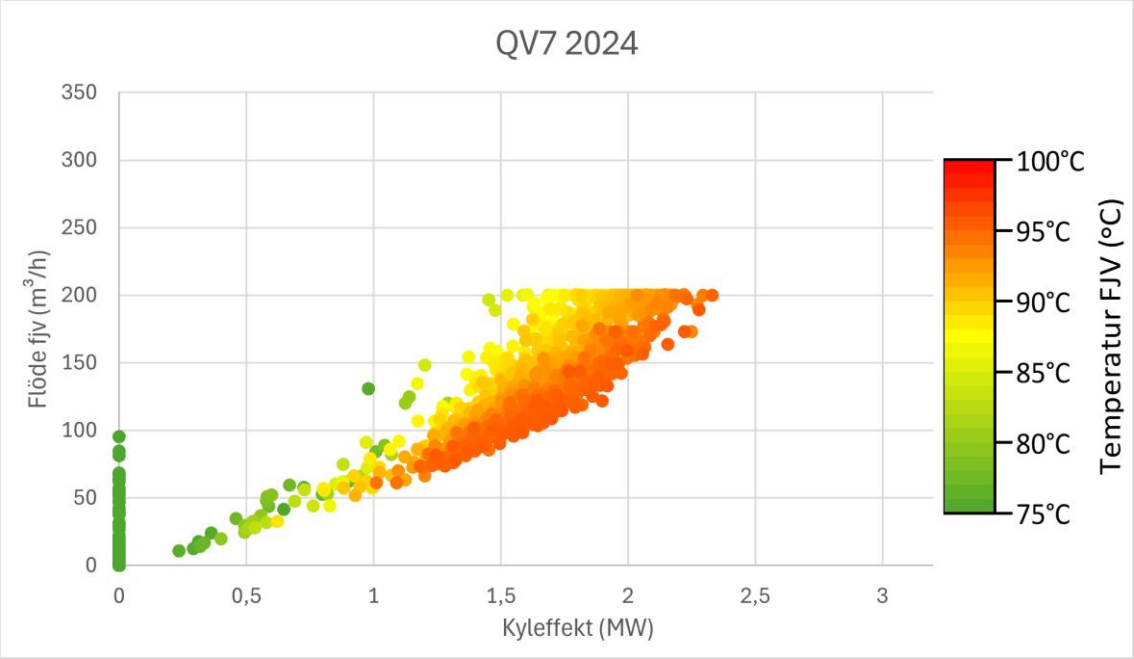
resultatet för 2024 högre. Gällande flödet och temperaturen så följer även QV6 den trend som tidigare identifierats, medelvärdet för flödet är högre och medeltemperaturdifferensen är mestadels lägre. Resultaten i tabell 10 visar att under 2025 har QV6 fler driftstimmar jämfört med 2024, en total skillnad på 564 timmar. Det framgår även att under 2025 ligger QV6 inom de högre lastintervallerna (≥50%) procentuellt mycket oftare än under 2024.

Tabell 11: Lastbaserade medelvärden QV6

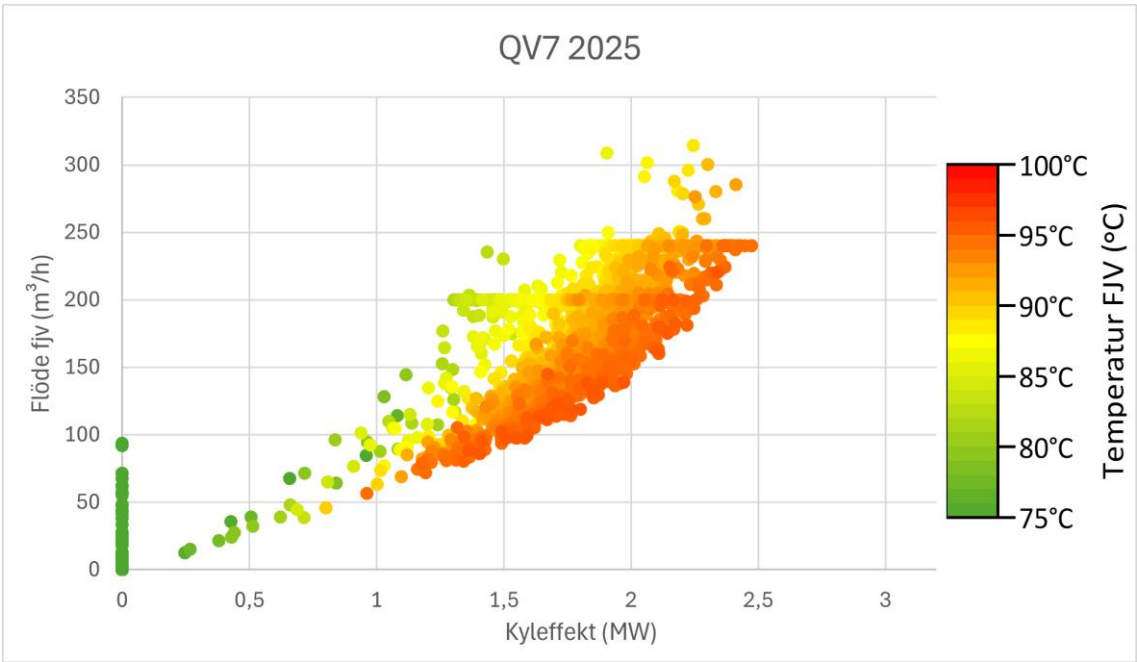
QV6	2024					2025				
Last	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]
70-80%	17,56	2,31	191,52	18,65	6	22,62	2,32	214,32	17,36	65
60-70%	17,41	2,03	158,17	20,60	67	22,04	2,03	173,33	19,38	369
50-60%	17,16	1,72	119,48	23,68	298	22,81	1,74	133,73	22,13	684
40-50%	16,09	1,45	96,81	25,45	541	20,31	1,46	113,37	23,42	437
30-40%	14,00	1,17	81,38	24,90	104	18,19	1,17	86,15	24,94	78
20-30%	9,35	0,77	55,09	17,74	33	13,20	0,83	62,68	17,81	25
1-20%	0,58	0,05	6,14	-0,56	82	0,61	0,04	2,82	-2,63	37

5.6 Absorptionskylmaskin QV7

QV7 är en abs av samma modell och typ som QV6 och har därför en installerad kyleffekt på 3,2 MW. Resultaten i figurerna 20 och 21 visar att QV7 har ett relativt snarlikt beteende under de två uppmätta perioderna, i figurerna framkommer det att båda har en exponentiell utveckling. Där även i detta resultat framgår sambandet som nämnts tidigare angående fjärrvärmeflödet, fjärrvärmetemperaturen och producerad kyleffekt. Dock observeras det två noterbara skillnader i resultaten, där ett av dem är att under perioden för 2025 kan ett högre maxflöde konstateras och flera mätpunkter med ett flöde på >200m³/h, medan för perioden för 2024 är maxflödet 200m³/h. Det framgår också att resultatet för perioden 2025 har generellt fler mätpunkter ≥2,0 MW och ett toppvärde på ungefär 2,45 MW medan under perioden för 2024 når ett lägre toppvärde och QV7 har betydligt färre mätpunkter som är ≥2,0 MW.

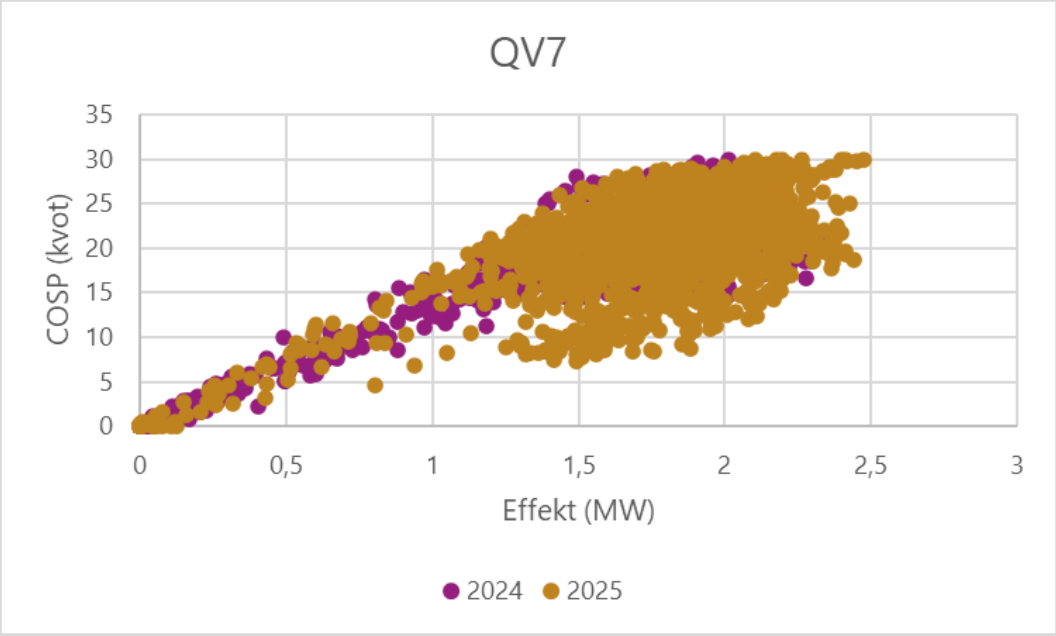


Figur 21: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV7 år 2024



Figur 22: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV7 år 2025

Av figur 22 framgår att den maximalt producerade kyleffekten under de uppmätta perioderna uppgår till strax under 2,5 MW av den motsvarande installerade kyleffekten på 3,2 MW. Vidare framgår att QV7 under båda perioderna uppnår ett COSP-värde på 30. Ifrån resultatet framgår också ett tidigare nämnt samband, där ett högre COSP-värde generellt betyder en högre kyleffekt. Resultaten visar att QV7 under perioden för 2025 har ett lägre COSP-värde vid flera tillfällen jämfört med föregående års mätperiod.



Figur 23: COSP-Kyleffekt QV7

I tillhörande tabell för QV7 (tabell 11) fås resultatet att majoriteten av medelvärdena för COSP har ökat under år 2025 jämfört med 2024 med undantag för intervallerna 20–30% och 40–50%. Resultatet för medelkyleffekten de två åren framgår till att endast små förändringar (0,01–0,03

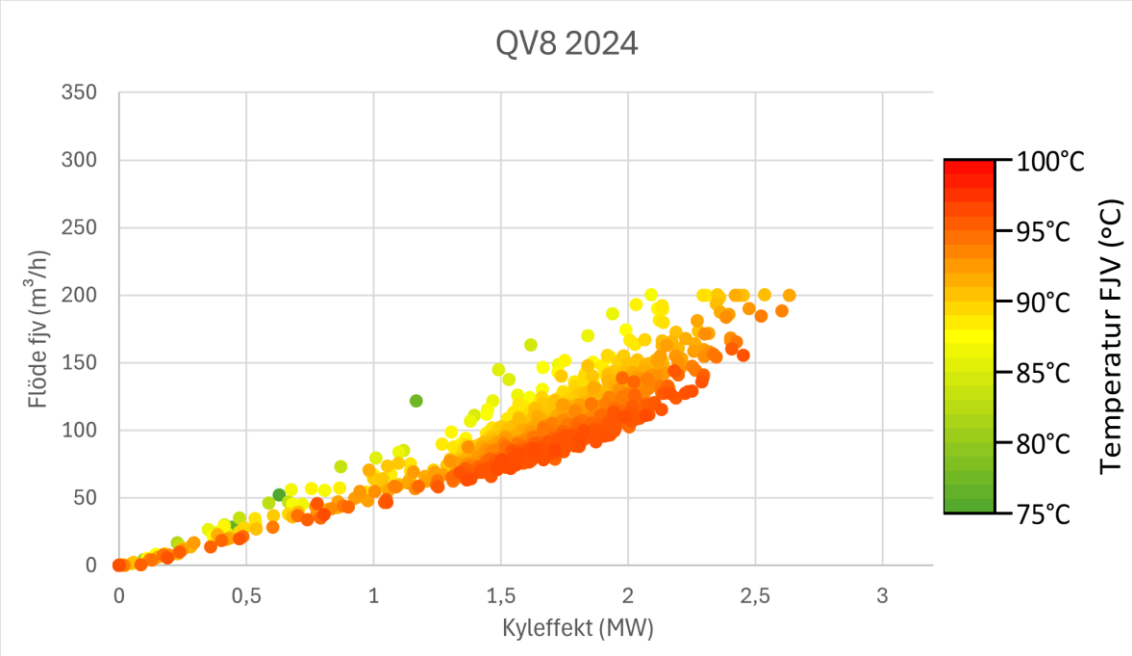
MW) eller inga förändringar alls har skett. I följande trend framgår det på resultatet att för QV7 under perioden för 2025 har medelflödet för fjärrvärmen ökat, likaså har temperaturen även samma trend som tidigare nämnt, med ett mindre medelvärde på temperaturdifferensen. Också utläst från resultatet är att QV7 2025 har fler driftstimmar jämfört med 2024, 1513 timmar mot 1094 varav en högre andel av timmarna på de över intervallerna (≥50%).

Tabell 12: Lastbaserade medelvärden QV7

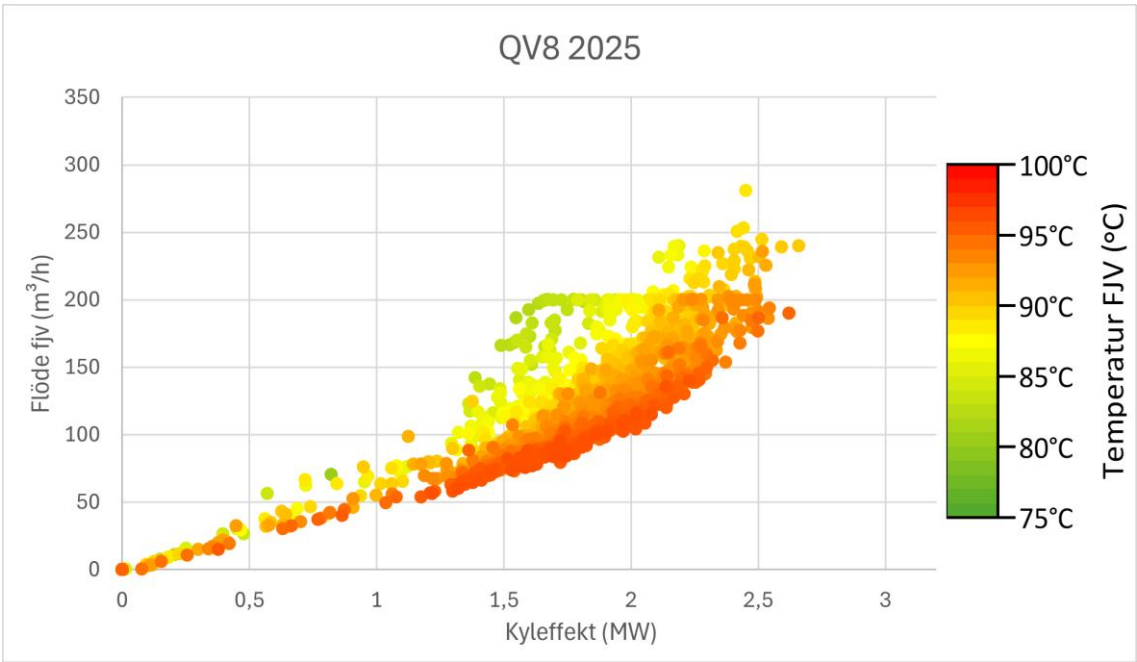
QV7	2024					2025				
Last	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]
70-80%	19,08	2,28	192,06	15,87	6	23,75	2,31	235,94	13,44	79
60-70%	20,67	2,02	183,61	15,45	190	22,66	2,04	206,18	14,21	484
50-60%	19,94	1,73	146,47	17,66	420	21,07	1,76	164,80	16,26	570
40-50%	18,85	1,46	111,92	20,39	310	18,24	1,46	137,03	17,65	270
30-40%	15,91	1,16	85,54	20,69	63	16,73	1,15	97,83	17,81	51
20-30%	10,92	0,79	59,66	11,91	30	10,38	0,78	67,92	9,95	17
1-20%	4,35	0,32	23,70	2,98	75	4,48	0,32	24,96	1,51	42

5.7 Absorptionskylmaskin QV8

Abs QV8 är av samma modell och tillverkare som QV6 och QV7, vilket innebär att den har en installerad kyleffekt på 3,2 MW. Resultatet som framgår från figur 23 och figur 24 är att QV8 har under båda uppmätta perioder en exponentiell utveckling, dock observeras en större spridning av mätpunkterna för resultatet under 2025 (figur 24). I resultatet framgår det att under perioden för 2025 finns det betydligt fler mätpunkter som befinner sig ≥2,0 MW jämfört med resultatet för perioden under 2024 (figur 23), det går även att utläsa i resultatet att det är endast under perioden för 2025 som flödet för fjärrvärmevattnet överstiger 200m³/h. Från båda resultateten framgår även sambandet mellan fjärrvärmeflöde, fjärrvärmetemperaturen och den producerade kyleffekten, dock är sambandet tydligare i resultatet för perioden under 2025.

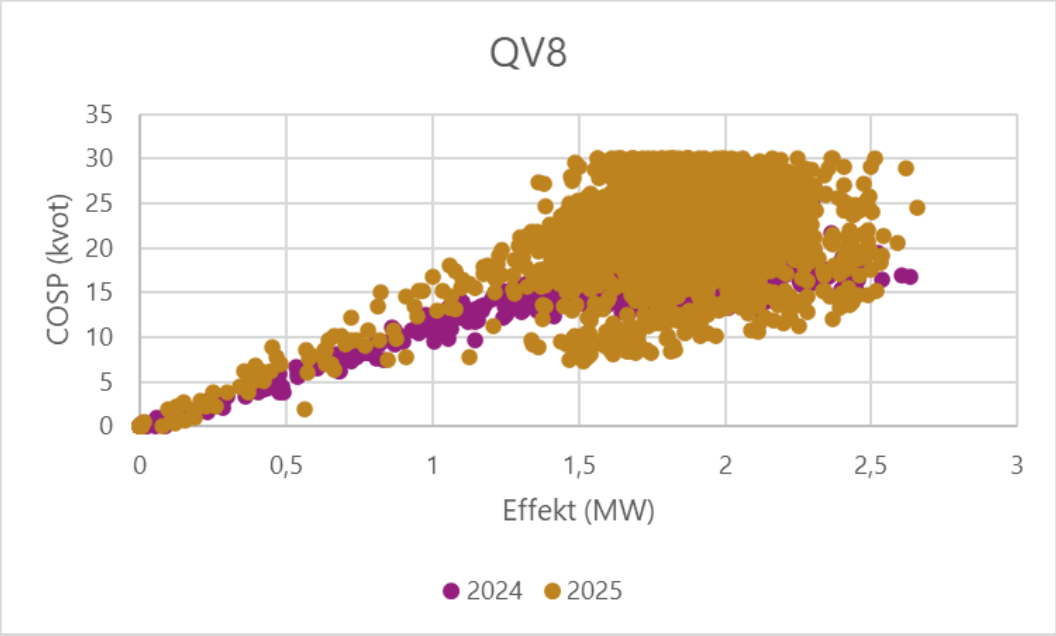


Figur 24: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV8 år 2024



Figur 25: Fjärrvärmeflöde mot producerad kyleffekt på QV8 år 2025

Från figur 25, vilket illustrerar resultatet av COSP mot kyleffekt för QV8, framgår det att under perioden för 2025 observeras ett högre COSP-värde under majoriteten av de två uppmätta perioderna. Även utläst från resultatet är toppvärdet på kyleffekten som QV8 uppnår under de uppmätta perioderna, 2,60 MW respektive 2,65 MW av sin fulla kapacitet på 3,2 MW. Resultatet visar också att det är endast under den uppmätta perioden för 2025 som QV8 uppnår ett COSP-värde på 30.



Figur 26: COSP-Kyleffekt QV8

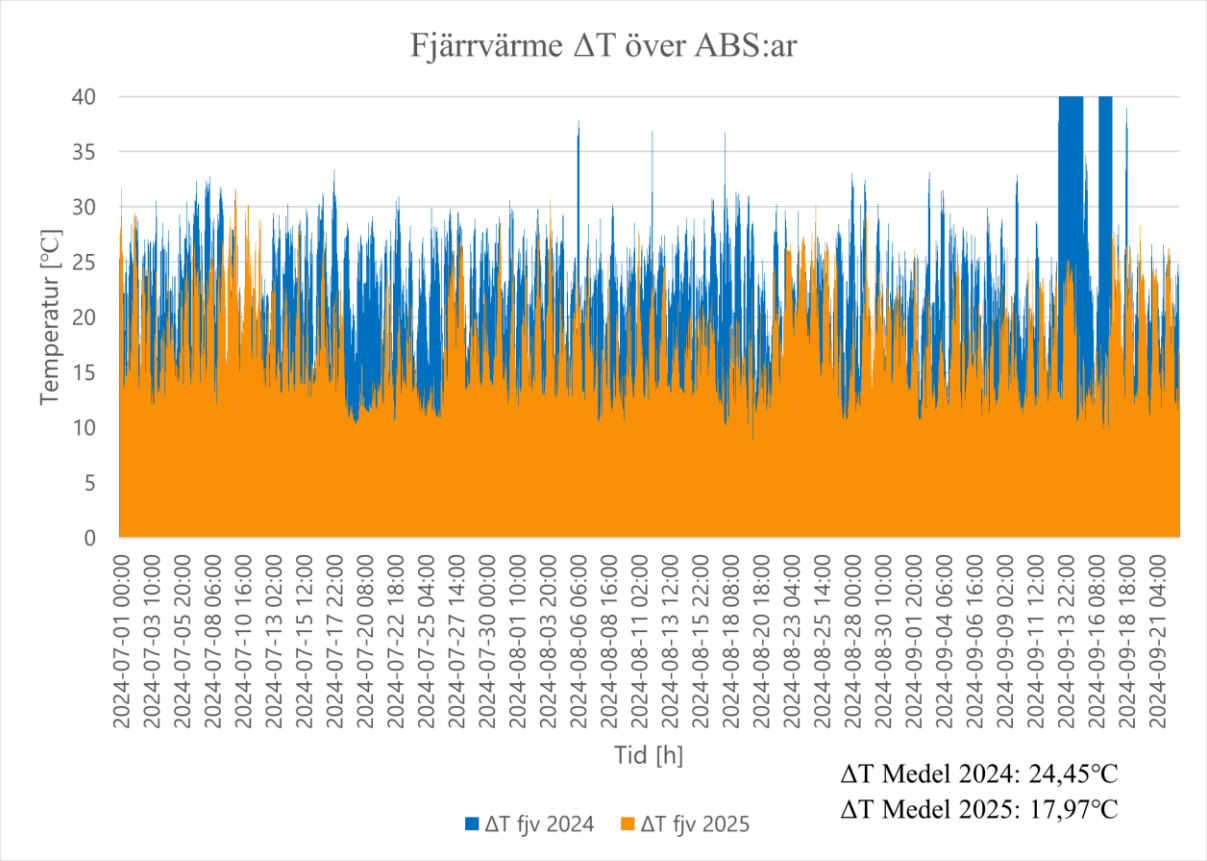
Resultaten från tabellen som visar medelvärden för olika lastintervaller för QV8 (tabell 12) påvisar att under den uppmätta perioden för 2025 har medelvärdet på COSP ökat noterbart jämfört med föregående års uppmätta period, där den största ökningen är på 7,78. Samma tabell visar att resultaten för medelvärdet på kyleffekten inte har några större förändringar mellan de två uppmätta perioderna, den största förändring är på 0,04 MW. I likhet med resultaten för övriga absar uppvisar QV8 samma trend, där medelvärdet för fjärrvärmeflödet ökar samtidigt som medelvärdet för temperaturdifferensen minskar under majoriteten av de uppmätta intervallen under perioden för 2025 jämfört med perioden för 2024. Resultaten från tabell 12 påvisar även att QV8 har under perioden för 2025 1571 driftstimmar medan under perioden för 2024 har den 1234 driftstimmar, vilket är en ökning på 328 driftstimmar. Noterbart är under perioden för 2025 går QV8 på de högre lasterna (≥50%) betydligt oftare än under perioden för 2024, ~80% kontra 64%.

Tabell 13:Lastbaserade medelvärden QV8

QV8	2024					2025				
Last	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]	Medel COSP [kvot]	Medel Kyleffekt [MW]	Medel FJV Flöde [m³/h]	Medel ΔT FJV [°C]	Drifts-timmar [h]
80-83%	16,89	2,62	194,00	18,15	2	24,67	2,62	223,05	16,15	3
70-80%	17,85	2,35	169,02	19,43	39	21,23	2,35	190,00	17,25	140
60-70%	18,38	2,02	129,29	22,19	208	22,11	2,05	148,62	19,71	455
50-60%	17,17	1,74	101,20	24,65	545	22,27	1,75	112,77	22,62	658
40-50%	16,14	1,49	84,87	25,88	319	19,31	1,48	91,36	24,35	229
30-40%	12,38	1,12	65,83	27,98	42	15,76	1,13	68,03	28,43	25
20-30%	8,80	0,80	46,00	31,94	29	10,62	0,79	48,86	30,29	22
1-20%	3,40	0,32	17,83	34,97	50	4,64	0,36	20,23	33,56	39

5.8 Fjärrvärme ΔT över Absorptionskylmaskinerna

Temperaturdifferansen (ΔT) mellan fjärrvärmevattnet in och ut genom absarna mätt över alla absar gemensamt är enligt Figur 26 betydligt lägre under perioden 2025 med en medel ΔT på 17,97°C jämfört med perioden 2024 där medel ΔT ligger på 24,45°C. Absarna är designade för att ha en ΔT på 10°C enligt Tabell 2 och det kan därför anses ha skett en förbättring av ΔT under 2025.



Figur 27: Fjärrvärme ΔT över Absorptionskylmaskinerna

5.9 Göteborg Energis Uppfattning: Intervjuer av Personalen

Det första temat i intervjusvaren är en bred samsyn på att återkylaren har uppnått det mål den designades för, vilket var att sänka temperaturen på returledningen till fjärrvärmenätet. Samtliga respondenter upplever att returtemperaturen blivit lägre och mer kontrollerad. Effekten av återkylaren sägs vara särskilt viktig för spillvärmeleverantörerna då de får ett mindre behov av deras reservkyla i form av kyltorn och färre störningar på fjärrvärmenätet. Det går alltså att säga att återkylaren är en lyckad åtgärd i ett fjärrvärmenäts perspektiv.

Absarnas tekniska prestanda har enligt respondenterna inte förändrats utan de menar att förutsättningarna för att nyttja absarna i högre grad har förbättrats. Flera respondenter beskriver att absarna kan nu köras på högre last, ökade drifttimmar och gå som förstahandsval i stället för kompressorkylmaskiner. Några upplever att absarna ”körs hårdare” medan andra menar på att det är snarare ett driftval och inte en prestandaförbättring i sig. Återkylaren har alltså inte förbättrat absarna i sig utan minskat systembegränsningar vilket möjliggör ett högre nyttjande.

Flera respondenter menar på att driftsstrategin för Rosenlundskylaproduktion har förändrats eller åtminstone är på väg att förändras, men att detta tar tid. Några gemensamma drag från svaren är att det sker en rörelse bort från tidiga starter av kompressorkylmaskiner och

dellastdrift av absar, och en rörelse mot färre absar på högre last. Målet är att komma upp i 80–90% last innan nästa abs startas. Det framkommer också från respondenterna att den nya driftsstrategin inte ”landat” hos alla än och att det tar tid att bli av med gamla vanor. För att sammanfatta kan det konstateras att det finns en uttalad ambition om att köra absarna mer och på högre last men det har inte implementerats än på grund av tidigare arbetssätt och försiktighet.

Det mest komplexa temat i svaren är varför absarna inte utnyttjar sin fulla kapacitet. Återkommande förklaringar till detta är att för höga returtemperaturer påverkar industrierna kopplade till fjärrvärmenätet och kan leda till förlorad fjärrvärmelast och i vissa fall start av reservproduktion i form av gaspannor vilket är mycket kostsamt. Belastningar på fjärrvärmenätet i form av stora flöden till absarna och risk för lågt differenstryck när många absar går samtidigt på hög last. En osäkerhet kring vad absarna faktiskt klarar då det alltid körts på dellast och oklart om det ens går att nå 100% på alla absar. Slutligen visar svaren att det tar tid att etablera nya arbetssätt, särskilt i en organisation i denna storlek. Det verkar vara främst en rädsla för konsekvenser på fjärrvärmenätet, vilket har en avgörande påverkan på besluten om absarnas drift.

Det sista temat vilket går att hitta bland intervjusvaren är skillnaden mellan organisatoriska roller i relation till begränsningsfunktioner på fjärrvärmeflödet. Det går att se en trend där driftspersonal ofta är osäkra på eller saknar minne om dessa begränsningsfunktioner medan personer högre upp i organisationen som arbetar med optimering och planering har större medvetenhet kring funktionernas existens och syfte.

Vilket endast nämndes av en respondent men ändå är värt att ta med är den finansiella påverkan av att inte köra absarna fullt ut. Respondenten har en annan typ av roll än övriga respondenter och kan utifrån sin position ge en indikation på storleken av det potentiella kostnaderna. Respondenten lyfte utifrån ett systemperspektiv den finansiella påverkan på fjärrkylanätet genom att använda dess COP som en ekonomisk indikation. En höjning av en enhet på systemets COP motsvarar ungefär 3,5 miljoner kronor i reducerade kostnader per år, enligt respondenten. Då en absorptionskylmaskin har betydligt högre COP (cirka 25) jämfört med en kompressorkylmaskin (cirka 5), kan ett ökat nyttjande av absarna ge stora ekonomiska besparingar. Då frågan kring finansiell påverkan endast berördes av en respondent bör svaret tolkas som indikativt snarare än representativt men kan ändå ge en form av uppfattning på storleken på den ekonomiska potentialen hos absarna.

6. DISKUSSION

6.1 Resultatdiskussion

Syftet med arbetet var att undersöka hur installationen av en återkylare på Rosenlundsfjärrkylaanläggning har påverkat absorptionskylmaskinernas drift och prestanda med fokus på verkningsgraden. Från resultaten framgår det att återkylaren har haft en noterbar påverkan på fjärrkylasystemets driftförutsättningar, vilket i sin tur har möjliggjort en förändrad drift av absorptionskylmaskinerna.

En av frågeställningarna var om återkylaren har bidragit till förbättrad prestanda för absorptionskylmaskinerna. De presenterade resultaten indikerar att sådant är fallet till en viss del, eftersom alla undersökta kylmaskiner (QV3-QV8) uppvisar generellt ett högre flöde, COSP, högre kyleffekt och flertal fall där lastpådragen är högre under den uppmätta perioden 2025 jämfört med samma period för 2024. Detta är i enlighet med återkylarens funktion, vilken är att sänka returtemperaturen och möjliggöra en högre belastningsgrad utan att överskrida systemets designade temperaturkrav (GE, 2025a). Eftersom kylmaskinerna körs oftare på ett högre lastpådrag 2025 kontra 2024 stärks därmed antagandet att återkylaren bidrar till en mer effektiv drift.

På samma gång visar resultaten att det är en relativt begränsad ökning av producerad kyleffekt trots att kylmaskinerna kör på högre lastpådrag oftare så når de fortfarande inte den maximala kapaciteten av den installerade effekten. Detta tyder på att det finns fler begränsande faktorer i systemet, vilket som konstaterats tidigare att det är just flödet och temperaturen på fjärrvärmeframledningen men även temperaturen på den interna kylvattenkretsen (Processingenjör, personlig kommunikation, 3 mars 2026). Vilket betyder att så länge de andra påverkande faktorerna kvarstår så kommer kylmaskinerna inte kunna leverera en högre kyleffekt oavsett återkylare eller inte.

Vid analys av de olika sambanden framgår ett konsekvent mönster för båda de uppmätta perioderna. Det framträder ett samband mellan fjärrvärmeflödet, temperaturen på fjärrvärmen och den resulterande kyleffekten. Där ett högt flöde och en hög temperatur genererar en hög kyleffekt medan lågt flöde och temperatur genererar en låg effekt, det framgår även en kompensation mellan flödet och temperaturen. När det är ett lågt flöde kompenserar temperaturen genom att vara högre för att den resulterande effekten ska vara önskvärd, likaså om temperaturen skulle vara låg då kompenserar flödet genom att vara större för att inte äventyra effekten. Det framgår även ett samband mellan COSP och kyleffekt, där ett högt värde av COSP generellt medför en bättre kyleffekt och likadant omvänt. Den här likheten mellan de två uppmätta perioderna indikerar att återkylarens installation inte har förändrat beteendet för systemet och det är fortsatt stabilt. Dock framgår en liten förbättring för COSP-värden vid motsvarande effektnivåer under perioden för 2025, vilket kan vara en indikation för en förbättrad verkningsgrad. Däremot så kan förbättringen bero på bättre driftförhållanden, vilka kan ha påverkats av installationen av återkylaren men inte endast av återkylaren.

Resultatet indikerar att någon medveten förändring av driftstrategin efter återkylaren togs i drift inte har skett. Detta enligt intervjuerna beror på försiktighet och ovishet i hur systemet kommer besvara större förändringar. Samtidigt indikerar processdata vilka analyserats att absarna i större utsträckning körts under högre lastnivåer under 2025 jämfört med 2024. Detta kan förstås i relation till de förbättrade driftförutsättningarna som återkylaren medför, där en sänkt returtemperatur ger en mer gynnsam temperaturdifferens i systemet. Enligt värmeväxlarteorin innebär detta en ökad potential för värmeöverföring, vilket möjliggör högre effektuttag vid

givna driftförhållanden. Vidare kan sambandet mellan last och verkningsgrad (COSP), som beskrivs i teorin, bidra till att drift vid högre last blir mer fördelaktig. Därmed tyder resultaten på att driftbeteendet har förändrats som en konsekvens av ändrade systemförutsättningar, snarare än genom en medveten och systematiskt införd strategiändring. Dock visar resultatet av intervjuerna på att en förändrad driftstrategi där absarna prioriteras och belastas i högre grad är målsättningen för framtiden. Men hur lång tid det kommer ta att nå det målet är osäkert.

6.2 Metoddiskussion

Den primära datatypen som samlades in var kvantitativdata, i form av processdata från styrsystemet NM. Detta ansågs mest lämpligt för studiens syfte då studien är en jämförelse och för att stärka validiteten bör de data vilka jämförs vara insamlade på samma tillvägagångssätt. I detta fall kommer processdatan från samma mätpunkter, mätt på samma sätt och hanterats på samma sätt i NM vilket gör att den insamlade processdatan är direkt jämförbar under de olika perioderna. De valda perioderna anses också jämförbara då de har liknande utomhustemperaturer och driftförhållanden, vilket stärker studiens validitet ytterligare. Samtidigt är analysen begränsad till två tidsperioder, vilket innebär att resultatens generaliserbarhet är begränsad. Driftstörningar, såsom läckaget i QV4 under 2025, påverkar även datamängden och därmed jämförbarheten för vissa delar av analysen. En fördel med den valda metoden var att stora mängder data under långa perioder kunde samlas in relativt enkelt och på kort tid jämfört med till exempel en metod som experiment. Detta ökar validiteten för medelvärden vilka beräknats och framförs i resultatet.

Den sekundära datainsamlingen kom från intervjuer och valdes för att samla in kvalitativa data och på så sätt stärka studiens trovärdighet genom att analysera både kvantitativa och kvalitativa data. Syftet med intervjuerna var att få Göteborg Energi ABs syn på återkylaren och dess påverkan på absarna. Det ansågs lämpligast med intervjuer jämfört med andra metoder som till exempel en litteraturöversikt eftersom detta är en fallstudie på en specifik anläggning hos Göteborg Energi AB. Det diskuterades i arbetets planeringsfas om att skicka ut en enkät istället för intervjuer för att få svar från fler personer och på så sätt öka studiens trovärdighet. Men metoden valdes bort till fördel av intervjuer då det lättare går att få längre och mer fördjupade svar i en intervju jämfört med en enkät då det till exempel går att ställa följdfrågor. En nackdel med intervjuer är dock att de är tidskrävande eftersom varje respondent ska intervjuas vid ett separat tillfälle och sedan ska alla intervjuer transkriberas, vilket också tar stor tidsåtgång.

7. SLUTSATSER

Syftet med arbetet var att jämföra verkningsgraden för absorptionskylmaskinerna på Rosenlundsfjärrkylaanläggning före och efter installationen av en återkylare, samt ta reda på hur återkylaren har påverkat systemet i sin helhet. Resultaten visar att återkylaren har haft en positiv inverkan på driftförutsättningarna genom att ha möjliggjort drift med högre belastning, då återkylaren helt har tagit bort problematiken med för hög temperatur på returvattnet. Analyserna av processdata visar att absorptionskylmaskinerna har under perioden för 2025 körts i större utsträckning på högre lastnivåer än under samma period för 2024. Vilket indikerar att återkylaren bidragit till att skapa bättre förutsättningar för att nyttja systemet på ett effektivare sätt. Även observeras tendenser till högre flöden och något förbättrad verkningsgrad (COSP) vid motsvarande effektnivåer, vilket tyder på en viss prestandaförbättring.

Studien indikerar att driftstrategin inte har förändrats efter installation av återkylaren pågrund av försiktighet men att det enligt intervjuer med personal på GE finns en ambition att tillämpa en driftstrategi där absarna körs i första hand istället för kompressorkylmaskiner och på betydligt högre laster. Däremot visar analysen av processdata att i praktiken körs absorptionskylmaskinerna vid högre belastning under 2025 jämfört med 2024. Slutsatsten är därför att driftstrategin i teorin inte har förändrats men att återkylaren indirekt har förändrat driftförutsättningarna vilka påverkar hur systemet utnyttjas.

Resultaten för den producerade kyleffekten visar att det inte har skett någon märkbar förbättring och att kylmaskinerna fortfarande inte uppnår sin installerade maxkapacitet, vilket indikerar att endast återkylaren ej kan eliminera de begränsningar vilka existerar. De andra faktorerna, framledningstemperatur, kylvattentemperatur och driftsstrategier har fortfarande en avgörande påverkan på systemets prestanda.

Slutsatsen är därför att återkylaren uppfyller de syfte den installerats för genom förbättring av driftsflexibiliteten och möjliggöra högre drift på belastning, men dess effekt på den totala kyleffekten är begränsad. För att uppnå bättre effektivitet och ökad kylaproduktion krävs förändrad driftstrategi och åtgärder vilka adresserar flera av de kvarstående faktorer som begränsar systemet.

8. REKOMMENDATIONER TILL FORTSATT ARBETE

Rekommendationer till fortsatt framtida arbete är att analysera fler perioder och framtida perioder efter att återkylaren har varit i drift en längre tid, detta för att stärka resultatens generaliserbarhet. Vidare även undersöka de andra systemfaktorer vilka begränsar absorptionskylmaskinerna, det vill säga fjärrvärme flödet till absorptionskylmaskinerna och även temperaturen på absorptionskylmaskinernas framledning.

KÄLLFÖRTECKNING

Alvarez, H. (2006). *Energiteknik* (3rd ed.). Studentlitteratur AB.

Burstein, N. (2025). *Fjärrkylestatistik - Energiföretagen Sverige*. Energiföretagen Sverige. https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrkylestatistik/

Çengel, Y. A., Boles, M. A., & Kanoğlu, M. (2019). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (NINTH). McGraw-Hill Education.

Denscombe, M. (2018). *Forsknings-handboken* (4. uppl.). Studentlitteratur AB.

Göteborg Energi AB. (2021). *Sju bra saker med fjärrkyla*. https://www.goteborgenergi.se/i-var-stad/artikelbank/sju-bra-saker-med-fjarrkyla

Göteborg Energi AB. (2025a). Anläggnings- och funktionsbeskrivning Återkylare R1.HG0.H1-QX2. In *[Internt dokument]*.

Göteborg Energi AB. (2025b). *Återvunnen och fossilfri fjärrkyla*. https://www.goteborgenergi.se/foretag/fjarrkyla/miljo-och-klimat

Göteborg Energi AB. (2025c). FK.R1 Driftmanual Rosenlund. In *[Internt dokument]*.

Østergaard, P. A., Werner, S., Dyrelund, A., Lund, H., Arabkoohsar, A., Sorknæs, P., Gudmundsson, O., Thorsen, J. E., & Mathiesen, B. V. (2022). The four generations of district cooling - A categorization of the development in district cooling from origin to future prospect. *Energy*, *253*, 124098. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124098

Renström, J. (2022). *”Allt viktigare att värmebolag kan erbjuda fjärrkyla”*. Tidningen Energi. https://www.energi.se/artiklar/2022/februari-2022/allt-viktigare-att-varmebolag-kan-erbjuda-fjarrkyla/

Rydegran, E. (2023). *Fjärrkyla - Energiföretagen Sverige*. https://www.energiforetagen.se/energifakta/fjarrkyla/

SSG Sahala. (2024). Technical Specification_Rev01. In *[Internt dokument]*.

BILAGOR

BILAGA 1 - Intervjufrågor

Har återkylaren uppnått det mål den designades och togs i drift för?

Har ni upplevt någon förändring i absorptionskylmaskinernas prestanda efter återkylaren togs i drift? Bättre/sämre?

Har ni förändrat er driftstrategi för absorptionskylmaskinerna på Rosenlund efter återkylaren togs i drift? Om ja, hur? Om inte, varför?

Varför utnyttjas inte mer av absorptionskylmaskinernas fulla kapacitet (installerade kyleffekt) nu när returtemperaturen regleras med hjälp av återkylaren?

Vet du om att det finns en flödesbegränsning på fjärrvärmeflödet för att kunna lasta på absorptionskylmaskinerna utan att flödet kan skena iväg?

CHALMERS SJÖFARTSHÖGSKOLA
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige
www.chalmers.se



CHALMERS