

Simen Elvestrand

Vannbehandling i lukkede energianlegg

Masteroppgave i Energi og miljø

Veileder: Natasa Nord

Februar 2024

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for energi- og prosesseteknikk

Simen Elvestrand

Vannbehandling i lukkede energianlegg

Masteroppgave i Energi og miljø
Veileder: Natasa Nord
Februar 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for energi- og prosessteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

De aller fleste nye bygg i dag bygges med en form for vannbårent distribusjonssystem og som følge at manglende vedlikehold og vannbehandling, sliter mange med driften av disse anleggene.

I 2023 kom veiledningen «Vannbehandling i lukkede energianlegg» for å sette fokus kostnadseffektiv drift og minimere risikoen for korrosjon.

"Lukkede energianlegg" refererer til systemer der væske sirkulerer for å transportere energi fra en kilde til en eller flere varme- eller kjøleavgivere. Væsken fungerer som et varmeoverføringsmedium og er avgjørende for anleggenes driftseffektivitet og pålitelighet. Dessverre blir ofte vannbehandling neglisjert både under prosjekteringsfasen, byggeprosessen og i den etterfølgende driftsfasen.

Vannbehandling er en sentral faktor som påvirker anleggenes ytelse, driftsstabilitet og levetid. Oppgaven har undersøkt viktigheten av vannbehandling i lukkede energianlegg gjennom litteraturstudie og analyse av fire vannbehandlingsanlegg montert av Haaland Nord i løpet av 2022.

Denne forsømmelsen av vannkvalitet og vannbehandling fører til alvorlige utfordringer i lukkede energianlegg som korrosjon, avleiringer og biofilm. Disse problemene reduserer systemeffektiviteten, resulterer i dyre reparasjoner og reduserer anleggets levetid.

Resultatene av analysen gjort av de fire vannbehandlingsanleggene viser at selv om det ikke ble observert signifikante besparelser i energiforbruket, har kvaliteten på vannet i anleggene forbedret seg betraktelig. Dette forventes å bidra til en økning i systemets levetid.

Gjennom studien er det konkludert med at nøkkelen til optimal drift i et energianlegg ligger i effektiv håndtering av luft og korrosjonspartikler i væsken. Implementering av vakuumutskiller, samt bruk av magnetitt- og partikkelfiltre, har vist seg å være effektivt for å redusere korrosjon og avleiringer i systemet. Dette fører til mindre slitasje på komponenter som pumper, ventiler og varmeavgivere, og dermed reduserte vedlikeholdsbehov.

Samlet sett understreker masteroppgaven viktigheten av vannbehandling for å forlenge levetiden og forbedre effektiviteten i lukkede energianlegg. Dette har konsekvenser for både driftssikkerhet og økonomisk bærekraft i varmesystemet, og peker på behovet for nye vedlikeholdsrutiner for å sikre optimale driftsforhold.

Abstract

The majority of new buildings today are built with some sort of water-borne distribution system and as a result of the lack of maintenance and water treatment, many struggle with the operation of these facilities.

In 2023, the guide "Water treatment in closed energy plants" came to focus on cost-effective operation and minimize the risk of corrosion.

"Closed energy systems" refer to systems in which fluid circulates to transport energy from a source to one or more heat or cooling emitters. The liquid acts as a heat transfer medium and is crucial for the plant's operational efficiency and reliability. Unfortunately, water treatment is often neglected both during the design phase, the construction process and in the subsequent operational phase.

Water treatment is a key factor that affects the plant's performance, operational stability and lifetime. The assignment has examined the importance of water treatment in closed energy plants through a literature study and analysis of four water treatment plants installed by Haaland Nord during 2022.

This neglect of water quality and water treatment leads to serious challenges in closed energy plants such as corrosion, deposits and biofilm. These problems reduce system efficiency, result in expensive repairs and shorten the life of the plant.

The results of the analysis carried out by the four water treatment plants show that, although no significant savings in energy consumption were observed, the quality of the water in the plants has improved considerably. This is expected to contribute to an increase in the lifetime of the system.

Through the study, it has been concluded that the key to optimal operation in an energy plant lies in effective handling of air and corrosion particles in the liquid. The implementation of vacuum separators, as well as the use of magnetite and particle filters, has been shown to be effective in reducing corrosion and deposits in the system. This leads to less wear and tear on components such as pumps, valves and heat emitters, and thus reduced maintenance requirements.

Overall, the master's thesis emphasizes the importance of water treatment to extend the lifetime and improve the efficiency of closed energy plants. This has consequences for both operational reliability and financial sustainability in the heating system, and points to the need for careful maintenance routines to ensure optimal operating conditions.

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet høstsemesteret 2023 ved Institutt for Energi- og prosessteknikk ved Norges Teknisk-naturvitenskaplige Universitet (NTNU).

Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng og formålet med oppgaven er å se på betydningen av vannbehandling i lukkede energianlegg og hvordan vannkvaliteten påvirker anlegget.

Jeg ønsker å takke min hovedveileder Natasa Nord ved NTNU og min eksterne veileder Mads Størkersen i Haaland Nord for god støtte. I tillegg ønsker jeg å takke Mads Fjærem i Haaland Nord for sending av nyttige analyserapporter, god input og befaringer på anleggene.

Hele masterstudien er gjennomført som et deltidsstudie ved siden av et hektisk småbarnsliv og 100% jobb som ingeniør i Erichsen & Horgen og Haaland Nord. Det har vært krevende, og jeg vil derfor også rette en stor takk til mine nærmeste, samt NTNU som har lagt til rette for at dette skulle være mulig å gjennomføre.

Simen Elvestrand

Simen Elvestrand

Innhold

Sammen drag	i
Abstract.....	ii
Figurer	vi
Tabeller	vii
Forkortelser	viii
1 Innledning	11
1.1 Bakgrunn og kontekst.....	11
1.2 Problemstilling og formål.....	11
1.3 Oppgavens struktur og oversikt	11
1.4 Oppgavens begrensninger	12
2 Teoretisk rammeverk	13
2.1 Betydningen av vannbehandling i lukkede energianlegg	13
2.2 Væskens funksjon og egenskaper.....	13
2.3 Luft i lukkede anlegg	14
2.4 Korrosjon	16
2.5 Belegg og sedimentering	25
2.6 Frostvæsker	28
2.7 Vannbehandlingsprogram.....	31
2.8 Væskeanalyser.....	49
2.9 Rens.....	52
2.10 Vedlikeholdsrutiner.....	54
2.11 Graddager.....	56
3 Metode	58
3.1 Litteraturstudie	58
3.2 Installert vannbehandlingsutstyr	58
3.3 Bygningsbeskrivelse	62
3.4 Datainnsamling	70
4 Resultater	76
5 Diskusjon.....	81
5.1 Litteraturstudie	81
5.2 Væskeanalyse.....	81
5.3 Energiforbruk.....	86
6 Konklusjon	87
6.1 Konklusjon av litteraturstudie og anleggsanalyse.....	87
6.2 Videre arbeid	87

7	Referanser	88
8	Vedlegg	89

Figurer

Figur 1 -	Luftløselighet i vann med varierende trykk og temperatur [1]	15
Figur 2 -	Strømkretsløp ved groptæring av metallrør i kontakt med vann [4]	17
Figur 3 -	pH-skalaen[5].....	18
Figur 4 -	Løselighet av gasser - oksygen (O ₂) og nitrogen (N ₂) i vann ved 1 bar [4].....	19
Figur 5 -	Galvanisk potensiale for ulike materialer [1]	21
Figur 6 -	Galvanisk korrosjon [6].....	22
Figur 7 -	Punktkorrosjon på kobberør [7]	22
Figur 8 -	Errosjonskorrosjon av kobberør [7]	23
Figur 9 -	Spenningskorrosjon på kobberør [7].....	23
Figur 10 -	Effektreduksjon som følge av beleggdannelse [1]	27
Figur 11 -	Statisk ekspansjonskar [1].....	33
Figur 12 -	Mikrobobleutskiller (Syklonutskiller) [1].....	36
Figur 13 -	Arbeidsområde for mikrobobleutskiller basert på temperatur og trykk [1] ...	37
Figur 14 -	Vakuumavgasser prinsipp [1].....	38
Figur 15 -	Automatisk doseringsanlegg [1]	40
Figur 16 -	Oksygenfjerning med gass over katalysator [1]	43
Figur 17 -	Trykkfall i rene grovfiltre ved ulik volumstrøm [1].....	44
Figur 18 -	Eksempel på delstrømfiltre plassert over pumpe [1].....	46
Figur 19 -	Magnetfilter [1]	47
Figur 20 -	Vakuumavgasser HL O ₂ -X [10].....	58
Figur 21 -	Spirovent Superior S250 [11].....	59
Figur 22 -	Magnaclean DRX [12].....	59
Figur 23 -	Magnaclean CMX Nano [13]	60
Figur 24 -	Magnaclean Proffesional 2 [14].....	60
Figur 25 -	Canes rensetralle [15].....	61
Figur 26 -	Prinsens gate 83-85 [16].....	62
Figur 27 -	Forenklet systemskjema Prinsens Gate 83-85.....	63
Figur 28 -	Vannbehandlingsanlegg montert i Prinsens gate 83-85	63
Figur 29 -	Meierikvartalet [17]	64
Figur 30 -	Forenklet systemskjema Meierikvartalet	65
Figur 31 -	Vannbehandlingsanlegg montert i Meierikvartalet	65
Figur 32 -	Seilasveien borettslag [18]	66
Figur 33 -	Forenklet systemskjema Seilasveien borettslag	66
Figur 34 -	Vannbehandlingsanlegg montert i Seilasveien borettslag	67
Figur 35 -	Rønvik Menighetsbarnehage [19].....	68
Figur 36 -	Forenklet systemskjema Rønvik menighetsbarnehage	69
Figur 37 -	Vannbehandlingsanlegg montert i Rønvik menighetsbarnehage	69
Figur 38 -	Vannprøvepunkt Prinsens gate 83-85	71
Figur 39 -	Vannprøvepunkt Meierikvartalet	71
Figur 40 -	Vannprøvepunkt Seilasveien borettslag	72
Figur 41 -	Vann tappet ut av magnetittfilter	72
Figur 42 -	Vannprøvepunkt Rønvik menighetsbarnehage	73
Figur 43 -	Konsesjonsområde fjernvarmeanlegg - Bodø Energi [24].....	74

Figur 44 - Energiforbruk Prinsens gate 83-85	77
Figur 45 - Energiforbruk per energigraddag for Prinsens gate 83-85	77
Figur 46 - Energiforbruk Meierikvartalet	78
Figur 47 - Energiforbruk per energigraddag for Meierikvartalet	78
Figur 48 - Energiforbruk Seilasveien borettslag	79
Figur 49 - Energiforbruk per energigraddag for Seilasveien borettslag	79
Figur 50 - Temperatur Bodø 2022 og 2023	80

Tabeller

Tabell 1 - Frysepunkt ved ulike konsentrasjonen etylen- og propylenglykol [1].....	29
Tabell 2 - Frystpunkt ved ulike konsentrasjoner etanol [1].....	30
Tabell 3 - Forkortelser – trykk [1].....	32
Tabell 4 - Ulike inhibitorkomponenter [1]	41
Tabell 5 - Anbefalte verdier for standard parameter [1].....	51
Tabell 6 - Vedlikeholdsrutiner for vannbehandlingsprogram [1]	55
Tabell 7 - Temperaturavhengig andel i forskjellige bygningstyper [9]	57
Tabell 8 - Energiforbruk varmt tappevann.....	75
Tabell 9 - Sammenligningsperiode Energiforbruk	75
Tabell 10 - Analyseresultater Prinsens gate 83-85	76
Tabell 11 - Analyseresultater Meierikvartalet.....	76
Tabell 12 - Analyseresultater Seilasveien borettslag	76
Tabell 13 - Analyseresultater Rønvik menighetsbarnehage.....	76

Forkortelser

Akkreditert	Akkreditering er en offisiell anerkjennelse av at et laboratorium eller en organisasjon som arbeider i henhold til et dokumentert kvalitetssystem og har tilfredsstillende kompetanse til å utføre nærmere beskrevne oppgaver.
Alkalitet	Vannets evne til å nøytralisere syre
Anaerobe forhold	Uten tilgang til oksygen
Anode	Metall som oksideres i en korrosjonsreaksjon
Biocid	Kjemisk stoff som dreper levende organismer
Biofilm	Samfunn av akvatiske bakterier og andre mikroorganismer festet til en overflate
Biostatisk	Forhold der bakterievekst hemmes
Blåsetrykk	Trykket sikkerhetsventilens innløp som medfører at ventilen åpnes
Bufferkapasitet	Evnen en løsning har til å motsette seg endringer i pH
cfu/ml	Kollonidannende enheter per milliliter
Diffusjon	Bevegelse av molekyler/ioner fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lav konsentrasjon
DUT	Dimensjonerende utetemperatur.
Edelhet	Evnen et metall har til å holde seg i metallform (ikke bli påvirket av vann og oksygen)
Ekspansjon	Utvidelse
Ekspansjonskoeffisient	Forholdet mellom den relative dimensjonsøkningen til et legeme og temperaturstigningen
Elektrolytt	Stoff som inneholder frie, bevegelige ioner, med enten positive eller negative ladning
Elektron	Negativ ladde elementærpartikler som kretser rundt atomkjernen
Erosjon	Nedsliting av en overflate
FNU	Formazine Nephelometric Unit

Fortrykk	Lufttrykket på ekspansjonskarets gasside når trykket på ekspansjonskarets væske-side er like atmosfærisk trykk
Galvanisk potensiale	Mål for et metalls evne til å bli redusert
Gauss	Gauss er en enhet for magnetisk flukstetthet (magnetisk induksjon) i det gausske CGS-systemet.
Hardhet	Væskens innhold av kalsium og magnesium
Hematitt	Rødblunt korrosjonsprodukt som dannes når jern korroderer ved tilgang på oksygen
Inhibitor	Stoffer som reduserer hastigheten, eller forhindrer kjemiske reaksjoner
Katode	Metall som reduseres i en korrosjonsreaksjon
Kavitasjon	Dannelse av gassbobler i en væske
Konduktivitet	Et stoffs evne til å lede elektrisk strøm
Kontraksjon	Sammentrekning
Luftepotte	Liten trykktank (potte) med flottørventil som åpner når potten er fylt med luft
Magnetitt	Svart metallisk korrosjonsprodukt som dannes når jern korroderer ved redusert tilgang på oksygen
Matriks	Matriks er i biologien et formende element som holder andre strukturer på plass
Metallion	Elektrisk ladet metallisk atom
Oksidasjon	Kjemisk prosess der elektroner avgis
Organisk materiale	Alle former for karbonforbindelser, med unntak av mineralsk karbon
p_{st}	Statisk trykk, trykket målt ved anleggets laveste punkt når anlegget står stille
p_{ini}	Laveste forekommende driftstrykk
p_{fin}	Høyeste forekommende driftstrykk
p_{sv}	Sikkerhetsventilens blåsetrykk
pH	Mål på hvor sur væsken er

Reduksjon	Kjemisk prosess der elektroner tas opp
Sedimentering	Bunnfelling som oppstår dersom faste partikler i en suspensjon har større tetthet enn væsken
Spenningsrekke	Tabell i ordnet rekkefølge over metallers evne til å gi fra seg elektroner (reaksjoners spontanitet)
Spesifikk varmekapasitet	Energien som kreves for å heve temperatur til et visst stoff med en grad
Termisk konduktivitet	Et stoffs evne til å lede varme
Turbiditet	Mål på uklarhet i vann (måles I FNU)
Uorganisk materiale	Stoffer og materialer av mineralsk og ikke biologisk opprinnelse som ikke er nedbrytbare
Varmeavgivere	Komponent i et vannbårent system som avgir varme til omgivelsene-
Varmeveksler	Mekanisk barriere for varmeoverføring fra en væske til en annen
Viskositet	En væskes motstand mot bevegelse
μm	Mikrometer ($1 \mu m = 10 \mu s / cm$)
$\mu s / cm$	Mikrosiemens per centimeter ($1 ms / (m = 10 \mu s / (cm))$)
Kilder:	De aller fleste forkortelser er hentet fra Veiledning til NS-EN 12828:2012+A1:2014 Vannbehandling i lukkede energianlegg [1]

1 Innledning

Dette kapittelet introduserer temaet, konteksten, problemstillingen og formålet med oppgaven. Videre vises en oversikt over oppgavens struktur og organisering.

1.1 Bakgrunn og kontekst

Lukkede energianlegg, som inkluderer varmepumper, kjølesystemer og andre energidistribusjonssystemer, spiller en nøkkelrolle i moderne bygg- og energibransjer. Disse anleggene har evnen til å møte økende energibehov på en effektiv og pålitelig måte. Likevel står de overfor en ofte undervurdert trussel: vannkvalitet og vannbehandling.

"Lukkede energianlegg" refererer til systemer der væske sirkulerer for å transportere energi fra en kilde til en eller flere varme- eller kjøleavgivere. Vannet fungerer som et varmeoverføringsmedium og er avgjørende for anleggenes driftseffektivitet og pålitelighet. Dessverre blir ofte vannbehandling neglisjert både under byggeprosessen og i etterfølgende driftsfasen.

Denne forsømmelsen av vannkvalitet og vannbehandling fører til alvorlige utfordringer i lukkede energianlegg som korrosjon, avleiringer og biofilm. Disse problemene reduserer systemeffektiviteten, resulterer i dyre reparasjoner og kan forlenge anleggenes nedetid. For å adressere dette problemet og fremme kostnadseffektiv drift, ble «Veiledning til NS-EN 12828:2012+A1:2014 Vannbehandling i lukkede energianlegg» utgitt i 2023.

1.2 Problemstilling og formål

I en tid preget av økt fokus på bærekraft og energieffektivitet spiller lukkede energianlegg en nøkkelrolle i å levere pålitelig energidistribusjon. Likevel lider de ofte under forsømmelse av vannkvalitet og vannbehandling. Denne oppgaven tar sikte på å undersøke betydningen av vannbehandling i lukkede energianlegg og hvordan vannkvaliteten påvirker anleggene.

1.3 Oppgavens struktur og oversikt

Denne masteroppgaven er strukturert for å systematisk utforske vannbehandling i lukkede energianlegg. Hvert hovedkapittel fokuserer på en bestemt del av problemet:

Kapittel 2 utforsker teoretisk bakgrunn og betydningen av vannbehandling.

Kapittel 3 beskriver forskningsmetodikken og hvordan vi har kommet frem til resultatene av studien.

Kapittel 4 presenterer resultatene av analysen.

Kapittel 5 diskuterer funnene fra kapittel 4.

Kapittel 6 gir en konklusjon av diskusjonen og resultatene, samt en anbefaling til eventuelt videre arbeid.

Kapittel 7 inneholder referanser til alle kilder brukt i oppgaven.

Kapittel 8 inneholder alle nødvendig vedlegg til oppgaven.

1.4 Oppgavens begrensninger

1.4.1 Energiforbruk

For sammenligning av energiforbruk fikk jeg tilsendt forbrukt energi fra fjernvarmeanlegget til Bodø Energi. Disse verdiene inneholder energi som brukes til både tappevannsoppvarming og bygningsoppvarming. Det vil også være variasjoner på hvor varmt forskjellige personer har det i leilighetene sine, når de er bortreist, nye personer som har flyttet inn etc. Dette har jeg ingen oversikt over, så her er det antatt tilnærmet lik temperatur og varmtvannsforbruk hvert år.

Det var også noen kortere perioder det ikke var logget utetemperatur i 2022, og jeg måtte derfor anta en temperatur basert på temperatur før og etter perioden.

Strøm til annet driftsutstyr som for eksempel pumper vil være en del av besparelsen man kan få etter endt vannbehandling. Dette energiforbruket har ikke vært mulig å logge, og vurderingen av energiforbruk vil utelukkende være basert på forbrukt energi på fjernvarmen.

Rønvik menighetsbarnehage har ingen form for energilogging, så her det var det heller ikke mulig å gjøre vurdering av energiforbruket.

1.4.2 Vannbehandlingsanlegg

Samtlige vannbehandlingsanlegg som er analysert i denne oppgaven ble bygd i 2022, mens «Veiledning til NS-EN12828:2012+A1:2014 Vannbehandling i lukkede energianlegg» som mye av denne oppgaven bygger på ble utgitt i 2023. Anleggene er derfor ikke bygd med bakgrunn i veiledningen, men etter anbefalinger fra firmaer som jobber med vannbehandling.

2 Teoretisk rammeverk

Dette kapitlet vil i stor grad ha utdrag fra «Veiledning til NS-EN 12828:2012+A1:2014 Vannbehandling i lukkede energianlegg», men vil i tillegg ha utdrag fra annen litteratur der tilleggsinformasjon eller bedre forklaringer er nødvendig.

Siste delkapittel vil ta for seg graddager og hvordan man korrigerer energiforbruk ved hjelp av graddager.

2.1 Betydningen av vannbehandling i lukkede energianlegg

I alle lukkede varme- og kjøleanlegg er vannbehandling avgjørende for å unngå korrosjon og beleggdannelse. Disse problemene kan resultere i økt energiforbruk, driftsproblemer, redusert funksjonalitet og redusert levetid på rør og komponenter. I denne prosessen spiller vann en essensiell rolle som varmeoverføringsmedium. Konsekvensene av manglende vannbehandling kan i noen tilfeller gi svært alvorlige følger [1].

Den betydelige rollen som vann spiller i disse anleggene, kan ikke undervurderes. Kvaliteten på vannet som sirkulerer i anlegget, sammen med effektiv vannbehandling, påvirker i stor grad anleggenes generelle ytelse og levetid.

Behovet for vannbehandling er økt med de nye anleggene som er på markedet. Årsaken er større vannhastigheter og lavere driftstemperaturer, samtidig med at godstykkelsen i rør, radiatorer etc. er mindre og det ofte brukes en blanding av forskjellige materialer i ett og samme anlegg. I tillegg til mer mekaniske metoder som går ut på å fjerne oksygen i vannet, fins det en rekke kjemiske og elektrolytiske metoder som kan brukes [2]. Disse vil bli presentert senere i kapitlet.

Det er en rekke faktorer som må vurderes både ved prosjektering, bygging og drift av vannbårne energianlegg:

- Materialvalg
- Vannhastighet
- Mulighet for å fjerne luft ved igangsettelse og i driftsfase
- Rengjøring av anlegg før igangsettelse
- Valg av vannbehandlingsprogram
- Service og ettersyn

Å hensynta forhold som kan påvirke væskekvaliteten allerede ved prosjektering er et viktig utgangspunkt for å opprettholde god væskekvalitet gjennom hele anleggets levetid. Samtidig er det avgjørende at det allerede i tidligfase avklares hvordan valgt vannbehandlingsprogram skal driftes, og hvem i organisasjonen som har ansvar for dette. Ofte vil vedlikeholdsoppgaver tilfalle både drifter og leverandører, og det bør derfor foreligge en komplett driftsinstruks som tydeliggjør oppgaver, frekvens for utførelse og ansvarlig utførende [1].

2.2 Væskens funksjon og egenskaper

I et lukket vannbårent energianlegg er målet å frakte energi fra en energikilde til en eller flere varme eller kuldeavgivere. Energikildene kan være varmepumpe, fjernvarme, elektriske kjeler, biokjeler, solenergi eller andre energikilder. Varme- og kuldeavgivere er enhetene som skal overføre energien til omgivelsene, og kan for eksempel være radiatorer, gulvvarme, kjøleblaffer eller konvektorer [1].

For å frakte energien kreves en varmebærer. Varmebæreren er et medium som både kan ta opp, lagre og avgi energi. I et lukket vannbårent anlegg er ofte denne energibæreren vann. Vannet varmes opp av en energikilde på ett punkt i anlegget, og pumpes videre til de punktene der det er ønskelig at varmen avgis. Når vannet passerer varmeavgiveren reduseres temperaturen og vannet pumpes tilbake til energikilden for å varmes opp på nytt. Slik sirkulerer vannet rundt i anlegget og sørger for kontinuerlig eller periodisk oppvarming eller kjøling [1].

Varmebæreren kan også være andre væsker enn vann. I tilfeller der deler av anlegget utsettes for kuldegrader er det nødvendig å bruke frostvæske med lavere frysepunkt enn vann for å unngå at væsken fryser. Frostvæsken har ikke nødvendigvis den samme evnen til å frakte energi som vann, og dette må derfor hensyntas allerede i prosjekteringsfasen [1].

Som varmevæsker har væsken den viktigste rollen i et energianlegg. Hvis væsken ikke klarer å ta opp, lagre eller avgi energien tilstrekkelig vil man ikke oppnå den temperaturen anlegget er dimensjonert for å avgi. Når væskens egenskaper endrer seg vil dette samtidig påvirke alle komponenter som er i direkte kontakt med væsken. Direkte kontakt med forurensninger kan medføre til mekaniske slitasje og korrosjon som reduserer komponentens levetid og øker vedlikeholdskostnadene betraktelig. I tillegg kan forurensningene bidra til å hindre korrekt balansering av energianlegget slik at energibalansen i bygget forstyrres. Resultatet er ofte økte energibruk eller behov for ytterligere energikilder, slik som for eksempel elektriske panelovner for oppvarming eller vifter for kjøling [1].

2.3 Luft i lukkede anlegg

Luft i lukkede systemer er et tilbakevendende problem som stjeler mye tid for driftsansvarlig, samtidig som det kan skape irritasjon hos brukerne i et bygg. Brukerne kan ofte høre luft i anlegget gjennom støy i radiatorer eller de kan merke redusert varmeeffekt i varmeanlegget [3].

Ren luft inneholder 21% oksygen, og reduksjon av oksygen er den drivende faktoren i korrosjonsreaksjoner. Oksygen kan også gi grobunn for bakterier som forårsaker bakteriell korrosjon og dannelse av isolerende organiske belegg. I tillegg til å øke risikoen for korrosjon vil også luften redusere vannets evne til å frakte energi, øke motstanden for pumpen og skape sirkulasjonsproblemer. Mikrobobler som fester seg til overflaten av varme- og kjøleavgivere kan også hindre energioverføring. Å minimere andelen luft i lukkede energianlegg er derfor det viktigste tiltaket for å redusere risikoen for korrosjon og samtidig opprettholde stabil drift [1].

Konsekvenser av dette kan være:

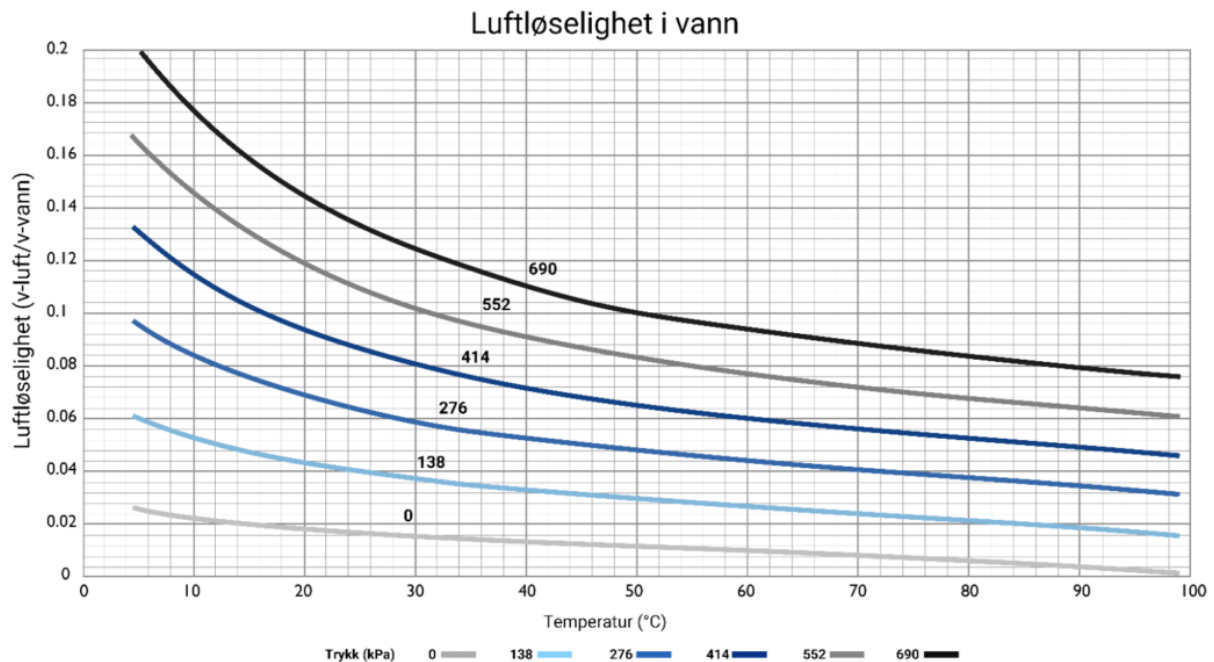
- Redusert levetid for anlegget som følge av korrosjon i vitale deler, slik som pumpe, varmevekslere, kjele og radiatorer.
- Skade på sirkulasjonspumpen som følge av slitasje i pumpelageret og kavitasjonskorrosjon (økt slitasje) på pumpebladene.
- Redusert funksjon av sirkulasjonspumpen med påfølgende trykktap [3].

Luften kan tilføres et lukket energianlegg flere måter, og på neste side beskrives de tre vanligste.

2.3.1 Etterfylling med ubehandlet nettvann

Behov for etterfylling av vann i et lukket energianlegg er en indikasjon på feil systemtrykk eller lekkasjer i anlegget. Under normale driftsforhold skal ikke etterfylling være nødvendig [1].

Nettvann ved 10 °C og 4 bar inneholder opptil 11% luft. I tillegg til oksygen består også luften av en større andel nitrogengass. Denne gassen er ikke reaktiv, men medfører økt motstand for pumpen og reduserer vannets evne til å frakte energi [1].



Figur 1 - Luftløselighet i vann med varierende trykk og temperatur [1]

Figur 1 viser hvordan luftløselighet i vann øker med økende trykk, og avtar med økende temperatur. For høyt trykk vil derfor medføre økt løselighet for gasser som oksygen og karbondioksid som igjen kan øke korrosjonsraten. For å unngå luft i anlegget ved etterfylling anbefales det at etterfylling gjøres via utluftningssystemet. Merk at i anlegg med automatisk påfylling er det svært viktig å kontrollere etterfyllingsraten for å avdekke mulige lekkasjer [1].

2.3.2 Feil systemtrykk

Alle lukkede energianlegg har et ekspansjonssystem som skal sørge for at trykket i anlegget holdes innenfor de definerte trykkområdene når væskens volum endres ved endrede temperaturer. Ulike væsker har ulike ekspansjonskoeffisienter, og ekspansjonssystemet skal derfor hensynta hvilken væske som benyttes i anlegget. Eksempelvis har frostvæsken etanol høyere ekspansjonskoeffisient enn vann [1].

For å unngå tilførsel av luft i anlegget er det viktig at trykket til enhver tid holdes innenfor de definerte trykkområdene, og at det ikke forekommer undertrykk selv når anlegget er ute av drift. Dersom anlegget utsettes for undertrykk kan luft suges inn via ventiler, pakkbokser, lekkasjepunkter eller feilaktig åpne luftepotter. Dersom trykket i anlegget blir for høyt vil sikkerhetsventilen utløses. Når temperaturen igjen reduseres, vil trykket synke og anlegget må etterfylles med nytt luftholdig vann [1].

Å holde trykket innenfor de definerte trykkområdene er imidlertid ikke alltid tilstrekkelig, blant annet vil for stor hastighet i radiatorkraner gjøre at disse virker som ejetorer og suger luft via pakkboxen selv om vannet har et betydelig overtrykk. Dette skyldes ofte feil innregulering, feil dimensjon på selve ventilen eller slitte pakkboxer [3].

Manglende service på ekspansjonskar kan også forårsake luftproblematikk. Et ekspansjonskar med feil ladetrykk vil ved store temperatursvingninger gi undertrykk i anlegget og dermed øke faren for innsug av luft i det øverste punktet, ofte gjennom luftepotter [3].

En annen kilde til innsugning er når anlegg stenges om sommeren. Dersom det ikke er riktig trykk i anlegget vil det suges inn luft, også når anlegget er ute av drift [3].

Et stabilt trykk vil også redusere risikoen for kavitasjon. Kavitasjon inntreffer når trykket i væsken synker til under damptrykket slik at små dampbobler dannes. Når trykket igjen øker vil dampboblene implodere med stor kraft, og potensielt forårsake skader på rør, ventiler og pumper. Risikoen for kavitasjon er spesielt høy for myke metaller [1].

2.3.3 Diffusjon

Dersom et lukket varme- eller kjøleanlegg består av plastmaterialer uten diffusjonssperre kan oksygen diffundere inn i anlegget uavhengig av tykkelsen på rørmaterialet. Dette skyldes at partialtrykket til oksygen er høyere i luften utenfor anlegget enn i væsken i anlegget [1].

Dersom anlegget ikke er diffusjonstett, er et vannbehandlingsprogram svært viktig for å unngå alvorlige korrosjonsskader [1].

2.4 Korrosjon

Korrosjon kan enkelt forklares som tap av metall fra en komponent grunnet elektrokjemiske reaksjoner mellom metallet og miljøet det er omringet av. Den drivende kraften bak prosessen er energien som frigjøres av oksidasjon av metallet [1].

I vann skjer korrosjonsangrep enten ved en ren oppløsning av materialet, ved en kjemisk reaksjon mellom materialet og vannet eller stoffer løst i vannet. På metaller er angrepet for det meste av elektrokjemisk art. Nesten all korrosjon i vann skjer mellom oksygen og metall [4].

For at en korrosjonsprosess skal kunne oppstå kreves en korrosjonscelle bestående av følgende:

- Anode for oksidasjon
- Katode for reduksjon
- Elektrolytt
- En elektrisk ledende krets [1]

Hoveddelen av all korrosjon kan uttrykkes slik:

- **Metall + oksygen + vann → Korrosjonsprodukter**

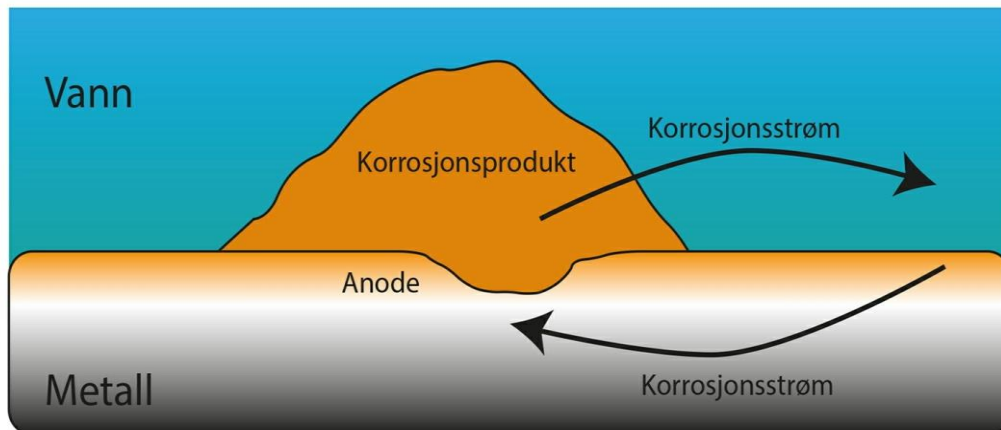
Korrosjon består av anodereaksjon og katodereaksjonen. Anodereaksjonen resulterer i metallopløsning.

- **Metall → metallioner + elektroner**

Katodereaksjonen skjer mellom oksygen og vann, og de elektroner som er frigjort ved anoderaksjon.

- **Oksygen + vann + elektroner → Hydroksylioner**

Korrosjonsforløpet etterfølges av et elektrisk kretsløp. Elektronene beveger seg gjennom metallet fra anode- til katodeareal, og metall- og hydroksylionene beveger seg gjennom vannet [4]. Se Figur 2.



Figur 2 - Strømkretsløp ved groptæring av metallrør i kontakt med vann [4]

Ettersom en korrosjonsprosess er avhengig av både en katode og en anode for å oppstå kan korrosjon begrenses enten ved å gjøre anoden utilgjengelig for oksidasjon eller ved å forhindre katodereaksjonen [1].

Eksempler på hvordan denne kan gjennomføres i praksis er beskyttelse av metallet (anoden) med en korrosjonssikring, og fjerning av oksygen (katoden) fra anlegget [1].

I praksis vil det alltid forekomme noe korrosjon i lukkede energianlegg, og det er derfor hensiktsmessig å begrense både anode- og katodereaksjonen. Med god design og et komplett vannbehandlingsprogram kan risikoen for alvorlige korrosjonsprosesser minimeres [1].

2.4.1 Forhold som fremmer korrosjon

Det er mange kjemiske og fysiske forhold som påvirker hvor raskt en korrosjonsprosess foregår. Noen av disse kan vi enkelt manipulere, mens andre må vi godta. For eksempel øker korrosjonshastigheten med økende temperaturer, med å redusere temperaturen er ikke nødvendigvis hensiktsmessig i et varmeanlegg [1].

De viktigste parameterne å ta hensyn til er:

- Løst oksygen
- pH
- Temperatur
- Forskjell på galvanisk potensiale
- Konduktivitet
- Klorid

- Sulfat
- Bakterier
- Vannhastighet
- Overflateforhold

2.4.1.1 Løst oksygen

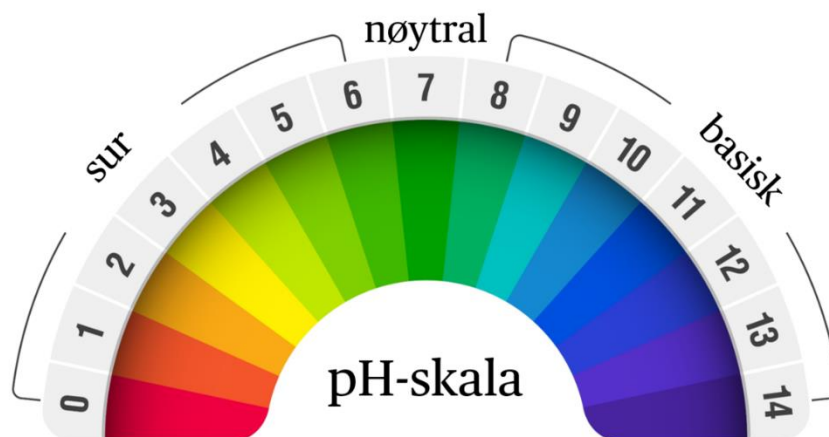
Konsentrasjonen av løst oksygen er den viktigste faktoren å kontrollere og minimere korrosjon. Under nøytrale forhold ($\text{pH} \approx 7$) er korrosjonshastigheten proporsjonal med mengden oppløst oksygen. Det betyr at dersom mengden løst oksygen reduseres, så reduseres også korrosjonshastigheten tilsvarende [1].

Stål i kontakt med vann som inneholder lave konsentrasjoner oppløst oksygen og ingen vannbehandling vil korrodere og danne svart jernoksid (magnetitt). Ved høyere konsentrasjoner av oppløst oksygen kan rødt jernoksid (hematitt) dannes [1].

2.4.1.2 pH

pH er et mål på surhetsgraden (konsentrasjonen av hydrogenioner) i vannet. pH angis på en skala mellom 0 og 14 der verdier under 7 betegner sure forhold og verdier over 7 betegner basiske forhold [1].

Skalaen er logaritmisk, som betyr at pH 8 er ti ganger surere enn pH 9 og hundre ganger surere enn pH 10 [1].



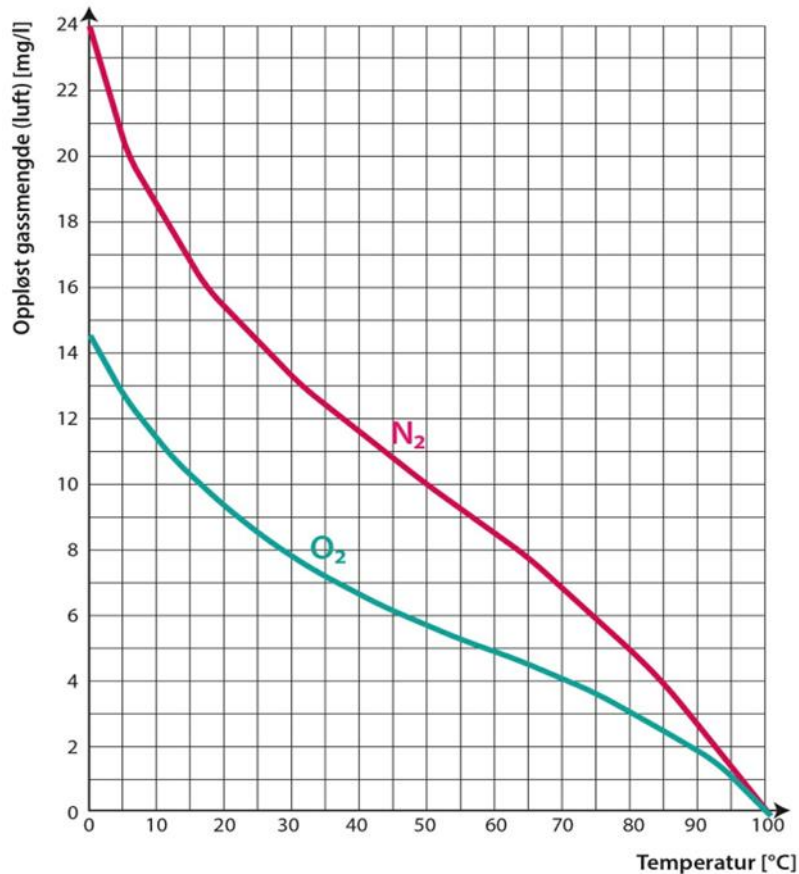
Figur 3 - pH-skalaen[5]

De fleste metaller korroderer raskere i sure miljøer, og det anbefales derfor å holde en pH mellom 9.0 og 10.5 i lukkede energianlegg for optimal korrosjonssikring. Unntaket er anlegg bestående av aluminiumkomponenter. Aluminium korroderer ved høy pH og bør ikke eksponeres for pH høyere enn 8.5 [1].

2.4.1.3 Temperatur

Korrosjonshastigheten øker med økende temperatur. For eksempel kan korrosjonshastigheten dobles for stål ved 30°C temperaturøkning. Dette medfører at korrosjonshastigheten er høyere i varmeanlegg enn kjøleanlegg. Samtidig er det enklere å fjerne luft fra et varmeanlegg enn et kjøleanlegg fordi luftløseligheten avtar med økende temperatur [1]. Figur 4 viser løseligheten av oksygen og nitrogen i vann ved 1 bar.

I tillegg kan høy temperatur gi termisk desinfeksjon av anlegget som motvirker bakterievekst og bakteriell korrosjon. Å endre på temperaturen i et lukket energianlegg for å minimere korrosjonsrisikoen er i de fleste tilfelles ikke hensiktsmessig [1].



Figur 4 - Løselighet av gasser - oksygen (O₂) og nitrogen (N₂) i vann ved 1 bar [4]

2.4.1.4 Forskjell i galvanisk potensiale

Ulike metaller har ulik evne til å avgi elektroner. Metall som enkelt gir fra seg elektroner er reaktive og kalles uedle metaller. Disse har negative reduksjonspotensialer og er plassert nederst i spenningsrekka i Figur 5. Edlere og mindre reaktive metaller er plassert øverst i på listen [1].

Det er forskjellen i galvanisk potensiale mellom to metaller som avgjør hvor raskt galvanisk korrosjon forekommer. Ved design er det derfor viktig å være nøye med valg av materialer slik at spenningsforskjellen mellom metallene er lavest mulig [1]. Galvanisk korrosjon er mer detaljert beskrevet i kapittel 2.4.2.2.

2.4.1.5 Konduktivitet

Konduktivitet eller ledningsevne er vannets evne til å lede strøm, og konduktiviteten øker med økt innhold av løste stoffer i vannet. Når konduktiviteten er høy har vannet (elektrolytten) bedre evne til å frakte elektronene i korrosjonsprosessen, og korrosjonshastigheten øker [1].

I Norge har kommunalt nettvann som tilføres lukkede energianlegg normalt lav konduktivitet. Korrosjonsprosesser kan bidra til å øke konduktiviteten noe når metallioner frigjøres til væsken [1].

Dersom man observerer unormale økninger i konduktivitet i et anlegg kan dette ofte være en indikasjon på at vannet har blitt tilsatt feil kjemikalie, eller er kontaminert med andre stoffer [1].

Konduktivitet angis i $\mu\text{S}/\text{cm}$ eller mS/m ($1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm}$).

2.4.1.6 Klorid

Et høyt nivå av klorider i lukkede energianlegg kan skade oksidlaget som beskytter metallens overflate, som kromoksidlaget som finnes på overflaten av rustfritt stål. Dette kan resultere i svært alvorlige lokale korrosjonsangrep (punktkorrosjon) og gi små lekkasjer som kan være vanskelig å detektere. Ved høyt kloridnivå kan det derfor være nødvendig å øke dosen korrosjonsinhibitor, eller skifte vannet. Kloridnivået bør ikke overstige $100\text{mg}/\text{l}$ [1].

2.4.1.7 Sulfat

Dersom væsken inneholder store mengder sulfat og forholdene ligger til rette for bakteriell aktivitet kan sulfatreduserende bakterier vokse frem. Disse bakteriene lever under anaerobiske (oksygenfrie) forhold og kan forårsake lokal punktkorrosjon under biofilm eller belegg [1]. Sulfatreduserende bakterier er beskrevet nærmere i kapittel 2.5.3.

2.4.1.8 Bakterier

Bakterievekst i et lukket energianlegg kan bidra til korrosjon enten via direkte kontakt med metallet, via produksjon av sure avfallsstoffer som reduserer pH eller ved nedbrytning av korrosjonsinhibitorer [1]. Bakterievekst i lukkede energianlegg er beskrevet nærmere i kapittel 2.5.3.

2.4.1.9 Vannhastighet

Korrosjonsraten i et rør øker gradvis med økt vannhastighet. Dersom væsken har et høyt partikkelinnhold, kan høy vannhastighet gi erosjon på rør og komponenter. Denne typen erosjon gir størst skade på myke metaller som messing og kobber [1].

For lav vannhastighet kan derimot gi større konsekvenser i et lukket energianlegg. Dersom væsken stagnerer eller vannhastigheten er lav, kan partikler i væsken sedimentere og danne belegg og avleiringer [1]. Konsekvensene av dette er beskrevet nærmere i kapittel 2.5.1.

2.4.1.10 Overflateforhold

Ved igangsettelse av lukkede energianlegg bør overflatene være rene før anlegget settes i drift. Nye rør kan være beskyttet av olje, eller være kontaminert med partikler og kalk. Dersom dette ikke fjernes før igangsettelse, kan forutsetningene gi grobunn for bakterier eller lokal korrosjon. For å fjerne forutsetningene kan det være nødvendig å skylle eller rengjøre anlegget før oppstart [1].

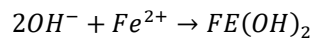
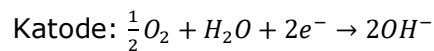
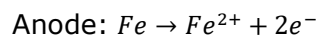
2.4.2 Ulike typer korrosjon

2.4.2.1 Uniform korrosjon

Uniform korrosjon er den vanligste korrosjonsformen og kalles ofte for våtkorrosjon eller generell korrosjon. Denne korrosjonsformen forekommer når metaller er i kontakt med vann, og resultatet er en jevn oppløsning av metall over overflaten [1].

Til tross for at uniform korrosjon gir det største metalltapet i vekt er korrosjonstypen ofte mindre alvorlig fordi metalltapet fordeles over et større område. Det er også enkelt å iverksette tiltak for å redusere korrosjonshastigheten [1].

Reaksjonen nedenfor viser hva som skjer når et metall reagerer uniformt:

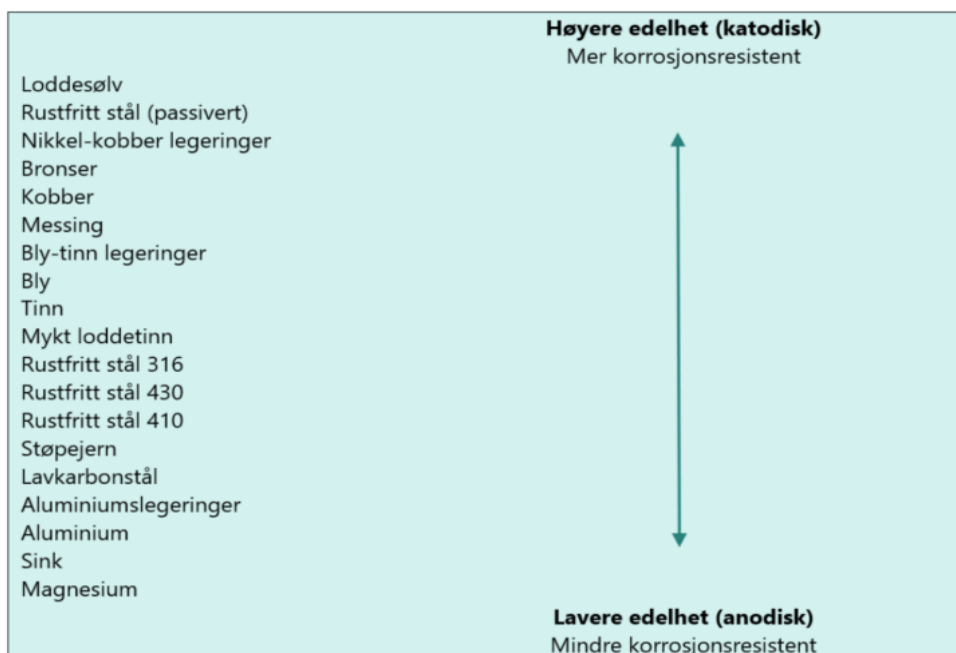


Reaksjonen danner korrosjonsproduktet $FE(OH)_2$, også kjent som vanlig rust. Reaksjonen kan også danne andre typer korrosjonsprodukter, disse er beskrevet nærmere i kapittel 2.4.3 [1].

2.4.2.2 Galvanisk korrosjon

Galvaniske korrosjon oppstår når to metaller med ulikt galvanisk potensiale (edelhet) er i kontakt med hverandre, eller er plassert i samme vannløsning. Det galvaniske potensiale forteller oss hvor enkelt metallet avgir elektroner [1].

I en galvanisk korrosjonsreaksjon vil det minst edle metallet avgi elektroner til det edlere metallet. Det minst edle metallet blir da anoden, og det edleste metallet blir katoden. Hvilket metall som blir anode og katode kan sees av spenningsrekka. En forenklet spenningsrekke for metaller som vanligvis benyttes i lukkede varme og kjøleanlegg er vist i Figur 5 [1].



Figur 5 - Galvanisk potensiale for ulike materialer [1]

En typisk galvanisk korrosjonsreaksjon oppstår når aluminium eller stål er i kontakt med kobber [1]. Figur 6 viser karbonstål i sammenkobling med kobber.



Figur 6 - Galvanisk korrosjon [6]

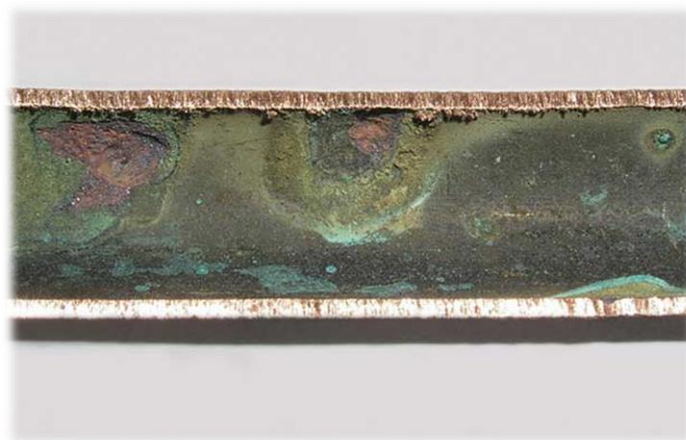
Det viktigste tiltaket for å unngå galvanisk korrosjon er å sikre at alle materialer som benyttes i anlegget er kompatible, og eventuelt lavest mulig forhold mellom størrelse på katode og anode [1].

En stor katode og en liten anode vil medføre at korrosjonen fortsetter helt til katoden er brukt opp, og vil derfor gi de mest alvorlige skadene. En stor anode og en liten katode er normalt ufarlig ettersom reaksjonen vil stoppe opp når katoden er brukt opp. Dersom katodereaksjonen er reduksjon av oksygen vil reaksjonen stoppe opp når anlegget er fritt for oksygen [1].

2.4.2.3 Punktkorrosjon (pitting)

Punktkorrosjon er en svært lokal korrosjonstype som forårsakes av oppløsning av det beskyttende oksidlaget på metallet. Når små punkter på oksidlaget ødelegges eller løses opp kan korrosjon oppstå i det underliggende metallet [1].

Væsker med høyt innhold av klorid er spesielt utsatt for punktkorrosjon ettersom klor bidrar til lokal nedbrytning av oksidlaget. Dette er et kjent problem for rustfritt stål dersom kloridkonsentrasjonen er høy [1]. Figur 7 viser punktkorrosjon på kobberrør.



Figur 7 - Punktkorrosjon på kobberrør [7]

2.4.2.4 Erosjonskorrosjon

Errosjonskorrosjon forekommer når partikler i væsken sirkulerer og sliper ned rør og komponenter fra innsiden. Friksjonen mellom partikler og metall kan gi store skader på bend, pumper, ventiler og andre komponenter. Når overflaten slipes ned reduseres også det beskyttende oksidlaget eller inhibitorlaget, og etterlater overflaten mer reaktiv for videre korrosjonsprosesser [1].

Errosjonskorrosjon kan oppstå ved høy vannstrømningshastighet i deler av anlegget, eksempelvis ved store trykkfall over ventiler, innsnevring av rørledning, krappe rørbøyer, rørekspasjon etc. Stor strømningshastighet kan også skyldes at sirkulasjonspumpen er feildimensjonert [4]. Figur 8 viser errosjonskorrosjon i et kobberør.



Figur 8 - Errosjonskorrosjon av kobberør [7]

2.4.2.5 Spenningskorrosjon

Spenningskorrosjon er sprekke dannelse i metaller som følge av statiske strekkspenninger eller korrosjon, og sees som brudd i materialer uten annen materialfeil. Strekkspenningene kan være forårsaket av pålagte spenninger, for eksempel ved montasje, eller restspenning fra produksjonen [1].



Figur 9 - Spenningskorrosjon på kobberør [7]

2.4.3 Korrosjon i ulike metaller

Korrosjonsprodukter er betegnelsen på alle kjemiske forbindelser som dannes som følge av en korrosjonsprosess. Kjente eksempler på dette er rust etter jernkorrosjon eller irr etter kobberkorrosjon [1].

Når korrosjon oppstår i vannbårne systemer dannes sjelden bare ett korrosjonsprodukt, og korrosjonsslammet er derfor ofte en blanding av ulike forbindelser. Nedenfor beskrives de mest vanlige forbindelsene [1].

2.4.3.1 Jernkorrosjon

Stål er legeringer av jern, karbon og andre legeringselementer. Hvor korrosivt stålet er bestemmes i stor grad av stålets metallsammensetning, og det er derfor mulig å redusere korrosjonsrisikoen betraktelig ved å benytte korrosjonsbestandige materialer. Rustfritt stål er for eksempel mindre korrosivt enn svartstål (lavlegert stål) grunnet et høyt innhold av krom som umiddelbart danner et beskyttende lag av kromoksid når materialet eksponeres for oksygen. Syrefast stål er en type rustfritt stål som i tillegg inneholder molybden. Dette øker resistansen mot korrosjon ytterligere [1].

I korrosjonsreaksjonen dannes først jernhydrooksidet $Fe(OH)_2$, og deretter omdannes dette til andre former, hovedsakelig hematitt og magnetitt.

Hematitt (Fe_2O_3 eller $Fe(OH)_3$) er rødbrunt og kalles ofte for rødbrust eller brunrust. Denne korrosjonsformen oppstår når det er god tilgjengelighet på oksygen i anlegget.

Magnetitt (Fe_3O_4) oppstår til forskjell fra hematitt når det er begrenset eller ingen tilgang til oksygen. Magnetitt er sterkt magnetisk og har høy tetthet [1].

2.4.3.2 Kobberkorrosjon

Kobber og ulike kobberlegeringer benyttes i stor grad i lukkede varme- og kjøleanlegg. Kobber benyttes som rørmateriale, i tanker og i spiraler i varmevekslere. I tillegg benyttes en rekke ulike legeringer i ventiler, rørdeler og pumpedeler [1].

Rent kobber korroderer uniformt når tilgang til oksygen er høy. Korrosjonsraten er derfor normalt høyest rett etter igangsettelse av et lukket anlegg. Når kobber reagerer frigjøres kobberioner som kan øke risikoen for korrosjon på andre metaller [1].

Messing er en legering bestående av kobber og 10-40% sink. Legeringen kan også inneholde små mengder av andre elementer som jern, aluminium, tinn eller mangan. Messing er utsatt for de to korrosjonsformene avsinking og spenningskorrosjon [1].

Avsinking er korrosjon av sink i en legering, og oppstår kun i materialer med sinkinnhold over 15%. Prosessen etterlater en porøs kobberstruktur med liten styrke, og danner et grå-hvitt belegg som ofte er lett gjenkjennelig. Prosessen krever tilgang på store mengder oksygen, og hastigheten øker med lav pH og høyt kloridinnhold. Konsentrasjonen av oksygen i et lukket anlegg er normalt ikke høy nok til å forårsake alvorlig avsinking [1].

Spenningskorrosjon er sprekke-dannelser som kan oppstå i messinglegeringer som både utsettes for strekkspenningen og et korrosivt miljø, spesielt ved tilstedeværelse av ammoniakk. Spenningene kan stamme fra produksjonsprosessen, eller skyldes ytre belastning, avsinking eller temperaturvariasjoner som påføres metallet under installasjon og/eller drift [1].

2.4.3.3 Aluminiumskorrosjon

Støpt eller smidd aluminium benyttes i noen tilfeller i lukkede varme- og kjøleanlegg. Eksempler på bruk av aluminium er i enkelte varmevekslere eller radiatorer. Det er viktig å kjenne til om anlegget inneholder komponenter av aluminium før man utarbeider et vannbehandlingsprogram [1].

Aluminium er i utgangspunktet lite korrosivt fordi metallet har evnen til å danne en beskyttende hinne av aluminiumsoksid. Oksidfilmen beskytter det underliggende metallet mot oksidasjon når pH er mellom 6.5 og 8.5. Ved surere eller mer basiske forhold løses oksidfilmen opp og risikoen for uniform korrosjon øker. I anlegg med aluminium er det derfor viktig at pH ikke overskrider 8.5. For anlegg uten aluminium anbefales en høyere pH [1].

Aluminium kan utsettes for pittingkorrosjon, og reaksjonshastigheten påvirkes av innholdet av klorid, sulfat og kobber. Risikoen for pittingkorrosjon øker med økende kloridinnhold, og avtar normalt med økende innhold av karbonat. Dette skyldes dannelse av beskyttende karbonat-metall forbindelser. Dersom sirkulerende kobberpartikler sedimenterer på komponenter av aluminium dannes en lokal galvanisk celle som kan medføre alvorlig pittingkorrosjon [1].

Aluminium kan også utsettes for galvanisk korrosjon. Risikoen for galvanisk korrosjon med aluminium er større for kobber og kobberlegeringer enn for jernforbindelser [1].

2.5 Belegg og sedimentering

Beleggdannelse i varme- og kjøleanlegg er en konsekvens av at vannet inneholder forurensinger som sedimenterer, som regel i soner med lav vannhastighet. Forurensningene kan være organisk materiale som bakterier og andre mikroorganismer, eller uorganisk som korrosjonsprodukter og kalk [1].

De viktigste årsakene til sedimentering og beleggdannelse er:

- Høy grad av korrosjon i anlegget
- Høy grad av biologisk aktivitet i anlegget (gjelder hovedsakelig lavtemperaturanlegg)
- Påfyllingsvannet har høyt innhold av partikler, smuss og humus (mindre vanlig for kommunalt nettvann fra overflatekilder)
- Påfyllingsvannet har høyt kalkinnhold (hardt vann)

Når forurensningene sedimenterer oppleves ofte først utfordringer med tilstopping av ventiler. En tilstoppet ventil vil ha utfordringer med korrekt regulering slik at energifordelingen forstyrres. Dersom store mengder forurensninger oppstår i, eller tilføres av anlegget over tid uten at dette filtreres ut, øker risikoen for mer omfattende beleggdannelse i varmeavgivere, vekslere, rør og tanker [1].

Når beleggtykkelsen av forurensinger øker, reduseres varmeoverføringen mellom væsken og varmeavgiveren, og vannhastigheten og trykkfallet kan øke. Hvor høy isolasjonsevne belegget har er avhengig av beleggets sammensetning, men normalt er organiske belegg mer isolerende enn uorganiske belegg. Selv tynne belegg av uorganiske korrosjonsprodukter kan likevel medføre en betydelig reduksjon av virkningsgrad, spesielt i mindre systemer som for eksempel væskebårne varmegjenvinnere [1].

2.5.1 Korrosjonsbelegg

Når korrosjonsprodukter sedimenterer dannes et sammensatt belegg med lavere termisk konduktivitet enn det underliggende metallet. Et tynt metalloksidlag som dannes på overflaten av metallet har normalt liten innvirkning på varmeoverføringen, men når belegget bygges opp med partikler som påvirker gjennomstrømning og varmeoverføring har man oppnådd en beleggtykkelse som vil påvirke driften av anlegget. Korrosjonsbelegget kan i tillegg til metallhydroksider inneholde andre forurensninger som bidrar til lavere termisk konduktivitet [1].

Dannelse av korrosjonsbelegg er i stor grad avhengig av type metall, overflateforhold, vannbehandlingsprogram og vannkvalitet. Det er mulig å redusere risikoen for korrosjon og beleggdannelse ved å benytte svært resistente materialer, med disse er ofte kostbare. Normalt er det derfor nødvendig med et vannbehandlingsprogram for å opprettholde stabil varmeoverføring og unngå kostbare tiltak som for eksempel mekanisk eller kjemisk rens [1].

Det viktigste tiltaket for å unngå korrosjonsbelegg er å minimere risikoen for korrosjon, og sørge for at filtersystemet som skal filtrere ut sirkulerende partikler vedlikeholdes. Dersom filtersystemet ikke rengjøres, vil partikkelmengden øke over tid. Dersom anlegget settes ut av drift, for eksempel ved nedstenging av varmeanlegg sommerstid, vil manglende sirkulasjon resultere i at partiklene sedimenterer. Ved stillestående vann over en lengre periode kan deler av belegget bli værende på overflaten selv etter igangsetting av anlegget [1].

2.5.2 Kalk

Vann med høyt innhold av kalsium og magnesium betegnes som hardt vann. I lukkede anlegg kan påfylling med hardt vann gi økt risiko for kalkutfellinger, spesielt i systemer med høy temperatur. Kalsium feller ut som kalsiumkarbonat og kan legge seg som et belegg i varmeavgivere og på varmevekslere og redusere energioverføringen [1].

Kalkutfellinger anses ikke som et akutt problem i lukkede energianlegg fordi tilførselen av nytt vann normalt er lav under drift. Dersom et anlegg derimot tilføres store mengder hardt vann over tid kan kalkutfellinger påvirke anleggets effekt [1].

I Norge benyttes hovedsakelig kommunalt nettvann fra overflatekilder til påfylling av energianlegg. De fleste overflatekilder har lavt innhold av kalsium- og magnesium, kalkutfellinger er derfor et lite utbredt problem i Norge. Faktisk tilføres ofte kalsiumkarbonat i norske nettvannskilder for å øke vannets buffereffekt (evne til å motstå raske pH-endringer). Likevel er det behandlende nettvannet i Norge normalt bløtt eller meget bløtt. I sørlige deler av Europa har vannet ofte høyere hardhet og tiltak mot kalkutfellinger er dermed mer utbredt [1].

Brønnvann har ofte et langt høyere innhold av salter og mineraler enn det som finnes i overflatevann. Mange opplever for eksempel økt kalkutfelling på dusjhoder og beredere, samt redusert vaskeeffekt i områder der brønnvann benyttes som vannkilde. Grunnet økt risiko for kalkutfellinger anbefales det ikke å bruke brønnvann til oppfylling av varmeanlegg med mindre det er nødvendig. Dersom brønnvann skal benyttes kan en hardhetsanalyse i forkant av oppfyllingen gjennomføres for å evaluere om det er behov for avkalking av vannet før oppfylling [1].

2.5.3 Bakterier og biofilm

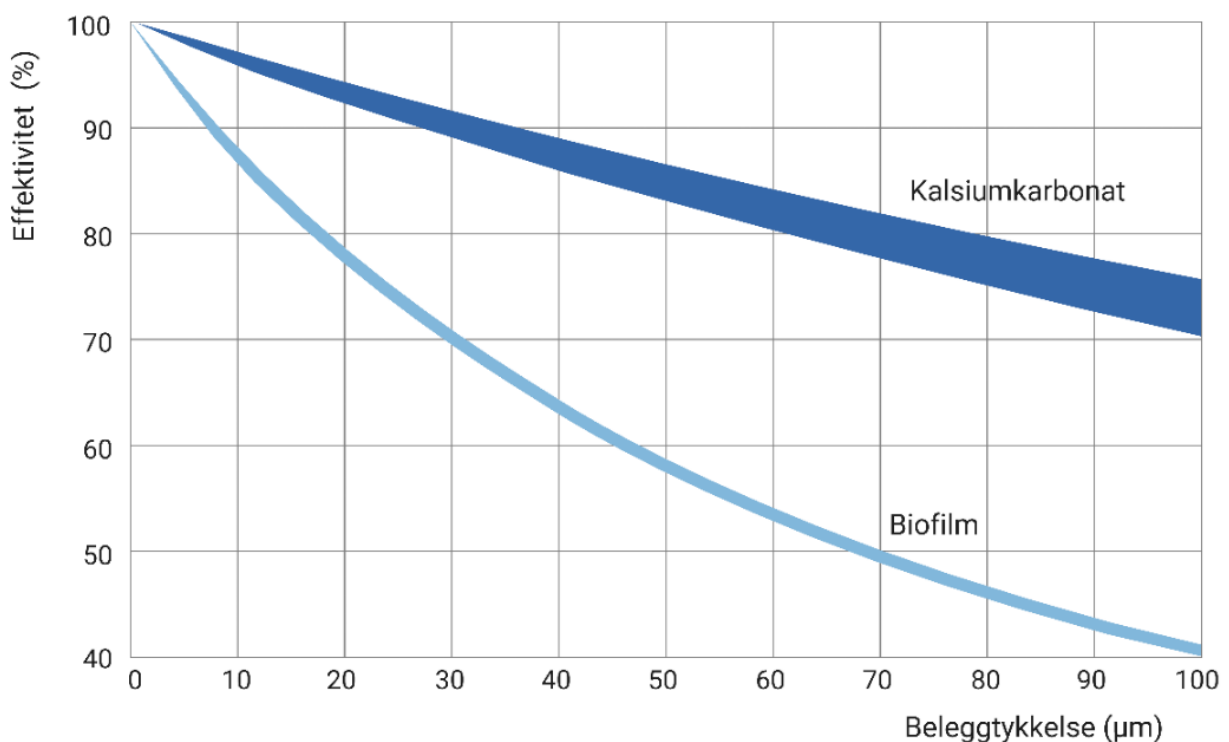
Biofilm er betegnelsen på et samfunn av akvatiske bakterier og andre mikroorganismer festet til en overflate. Bakteriene holder seg sammen ved hjelp av en slimete matriks av ekstracellulære materialer, og matriksen sørger for at bakteriene sitter godt festet til overflaten. Dannelse av biofilm er svært fordelaktig for bakterier da det gir god beskyttelse mot vannstrømmen, og mulighet for utveksling av nødvendige næringsstoffer [1].

I et anlegg med ideelle temperaturer for bakterievekst (20-50°C) og lav vannhastighet eller stillestående vann kan biofilm dannes på røroverflatene i løpet av kort tid. Dette er spesielt en utfordring i lavtemperatur varmeanlegg og gulvvarmesystemer, men også i kjøleanlegg. Når biofilmen er etablert vil den fortsette å vokse ved at bakterier deler seg, eller at nye bakterier kommer til. Etter hvert vil filmen bestå av klumper eller tårn som kan løsnes og fraktes med vannstrømmen før de etableres på et nytt sted i anlegget. På denne måten kan biofilm spres over større områder [1].

Fordi bakterier oppnår gode vekstforhold i en biofilm kan dannelse av dette føre til en rask økning av bakterienivået i anlegget. Når bakteriene tar opp næringsstoffer dannes avfallsprodukter som delvis består av syreforbindelser. Når bakterienivået er høyt, kan pH i anlegget reduseres kraftig på kort tid. Ofte er en uventet reaksjon i pH en indikator på at anlegget er infisert med bakterievekst [1].

Biofilm er en sterk struktur som krever biocider for å løses opp. Hvordan biofilm kan fjernes er beskrevet i kapittel 2.7.4.

Matriksen som holder biofilmstrukturen sammen har en høy isoleringsevne. Grafen på Figur 10 viser at en biofilmtykkelse på kun 70 µm vil redusere energioverføringen med 50%. Dette vil igjen føre til økt energiforbruk og økte energikostnader dersom varmeoverføringen skal opprettholdes [1].



Figur 10 - Effektreduksjon som følge av beleggdannelse [1]

2.6 Frostvæsker

2.6.1 Frostvæskens funksjon

Frostvæsker eller kjølevæsker er væsker med lavere frystpunkt enn vann, og har som hensikt å transportere energi i lukkede energianlegg som helt eller delvis utsettes for kuldegrader [1].

I Norge utsettes alle landsdeler for kuldegrader vinterstid, og bruken av frostvæsker er derfor mer utbredt enn i sydligere land. Dimensjonerende utetemperatur (DUT) på det aktuelle stedet ligger til grunn for bestemmelse av blandingsforholdet [1].

Frostvæsker har andre fysiske egenskaper enn rent vann, og det er derfor avgjørende at valg av væske gjøres allerede ved prosjektering. Frostvæsker har blant annet høyere viskositet slik at væsken blir mer tyktflytende/seig. Dette medfører at pumper krever mer energi for å frakte samme mengde væske, og det er derfor behov for økt pumpekapasitet, løftehøyde og pumpeeffekt. Frostvæsker er også mer korrosive, og kan bidra til økt risiko for bakterievekst dersom konsentrasjonen ikke er tilstrekkelig høy [1].

2.6.2 Oppbevaring av frostvæsker

Oksiderbare frostvæsker som glykol og etanol kan danne syreprodukter ved kontakt med oksygen. I anlegget kan disse syreproduktene redusere pH og forårsake økt korrosjonsrate. Frostvæsker skal derfor i henhold til prEN 17671 alltid oppbevares i lukkede/forseglede kar, og aldri eksponeres for direkte kontakt med luft [1].

Oppfylling av anlegg med frostvæske kan gjennomføres på to måter:

- Oppfylling med ferdig blandet væske
- Utblanding på stedet

For å sikre korrekt konsentrasjon og tilførsel av en homogen blanding anbefales det å benytte ferdig utblandede frostvæsker. Dersom frostvæsken blandes ut på stedet er det den ansvarlige for oppfylling som har ansvar for at væsken som tilføres er homogen og korrekt utblandet [1].

2.6.3 Ulike typer frostvæsker

2.6.3.1 Glykoler

Glykolene etylenglykol og propylenglykol er to av de vanligste frostvæskene på markedet. Etylenglykol er en giftig væske, mens propylenglykol er et vanlig tilsetningsstoff i mat og kosmetikk [1].

Glykoler er mer korrosive enn rent vann, og tilsettes derfor inhibitorer før de selges som frostvæsker. Når glykolene brytes ned dannes sure biprodukter som kan bidra til å redusere pH i et lukket anlegg. Systematisk oversikt over pH-verdien er derfor viktig for å kontrollere at frostvæsken er intakt [1].

Glykoler kan være en god kilde til karbon for bakterier dersom konsentrasjonen er under 20%, og væsken ikke er tilsatt biocider. Ved høyere konsentrasjoner er derimot glykoler biostatisk, som betyr at bakterievekst hemmes. Glykoler er derimot ikke biocider (stoffer som eliminerer/tar livet av levende organismer) [1].

Etylenglykol: Etylenglykol er et fargeløst, lite flyktig og giftig stoff som er utbredt brukt som frostvæske. Tidligere var etylenglykol enerådende som frostvæske i kollektorsystemer, men på grunn av væskens giftighet har det de siste årene i stor grad blitt erstattet med frostvæsker som ikke øker risikoen for forurensning av berggrunn og drikkevannskilder ved en eventuell lekkasje [1].

Propylenglykol: Propylenglykol er ikke giftig, og brukes derfor i systemer der det er risiko for kontakt med næringsmidler. Væsken har over dobbelt så høy viskositet som etylenglykol, og har derfor betydelig lavere varmeoverføringskapasitet. Propylenglykol har lavere frystpunkt enn etylenglykol og det er derfor nødvendig med høyere konsentrasjon for å oppnå ønsket frystpunkt [1].

Tabell 1 viser hvilken konsentrasjon av henholdsvis etylen- og propylenglykol som er nødvendig for å oppnå ønsket frystpunkt [1].

Etylenglykol			Propylenglykol		
Volum %	Vekt %	Frysepunkt (°C)	Volum %	Vekt %	Frysepunkt (°C)
0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
10	11.1	-4.3	10	10.4	-2.0
20	22.0	-9.5	20	20.6	-6.6
25	27.3	-12.6	25	25.5	-9.4
26	28.4	-13.3	26	26.5	-9.9
27	29.5	-13.9	27	27.4	-10.5
28	30.5	-14.6	28	28.4	-11.0
29	31.6	-15.4	29	29.4	-11.6
30	32.6	-16.1	30	30.3	-12.7
31	33.7	-16.9	31	31.3	-13.2
32	34.7	-17.7	32	32.3	-13.8
33	35.8	-18.5	33	33.3	-14.9
34	36.8	-19.3	34	34.3	-15.4
35	37.8	-20.2	35	35.3	-16.5
36	38.9	-21.1	36	36.2	-17.1
37	39.9	-22.0	37	37.2	-18.2
38	40.9	-23.0	38	38.2	-19.3
39	42.0	-24.0	39	39.2	-19.8
40	43.0	-25.0	40	40.2	-20.9
41	44.0	-26.1	41	41.2	-22.0
42	45.0	-27.2	42	42.2	-23.1
43	46.1	-28.4	43	43.2	-24.2
44	47.1	-29.6	44	44.1	-25.3
45	48.1	-30.9	45	45.1	-26.4
46	49.1	-32.2	46	46.1	-27.5
47	50.1	-33.5	47	47.1	-28.6
48	51.1	-34.9	48	48.0	-29.7
49	52.1	-36.4	49	49.0	-31.4
50	53.1	-37.9	50	50.0	-32.5

Tabell 1 - Frysepunkt ved ulike konsentrasjonen etylen- og propylenglykol [1]

Både etylen- og propylenglykol har lavere varmeoverføringskapasitet og høyere tetthet enn rent vann, og det er derfor behov for økt volumstrøm eller større varmeoverføringsareal for å oppnå samme effekt. Etylenglykol har lavere spesifikk varmekapasitet enn propylenglykol, som betyr at evnen til å ta opp varme er noe lavere, og mer væske må sirkuleres for å frakte samme mengde energi. Likevel har etylenglykol mye høyere varmeoverføringskapasitet fordi viskositeten er lavere. Dette gjør etylenglykol til en svært mye mer effektiv frostvæske enn propylenglykol i lukkede systemer. Lavere viskositet betyr også at det er behov for mindre pumpekraft for å sirkulere væsken. Hvilken type frostvæske som skal benyttes må derfor hensyntas allerede i prosjekteringen [1].

Etanol: Etanol (sprit) er en fargeløs og lett antennelig væske med lav viskositet. Som frostvæske brukes etanol i kollektorrør for jord-, berg- og grunnvarme, eller i andre systemer der utslipp til naturen er en risiko. Etanol har lav viskositet og krever derfor mindre pumpeenergi enn glykol for å transporteres [1].

Når etanol er i kontakt med luft omdannes det til eddiksyre. Ved utslipp til naturen er det en fordel at væsken brytes raskt ned, men i et lukket system kan degradering av etanol derimot bære kritisk. Når eddiksyre dannes i anlegget, kan syren forårsake rask pH-reduksjon og økt korrosjonshastighet. Dersom dette skjer, kan omfattende korrosjon forekomme allerede før det oppdages at væsken er påvirket av luft. Eddiksyren som dannes vil gi en viss frostsikringseffekt, men ikke tilsvarende effekt som etanol. Nedbrytning av etanol vil derfor redusere frostsikringseffekten [1].

For å unngå at etanol degraderes er det derfor viktig å sørge for at væsken ikke kommer i kontakt med luft. Dette innebærer å oppbevare frostvæsken i forseglede (lufttette) beholdere, og unngå tilførsel av luft i anlegget under drift. Et utluftningssystem og årlig kontroll av ekspansjonssystemet er de viktigste tiltakene for å unngå luft [1].

Etanol kan leveres med eller uten tilsatt inhibitor. Dersom man benytter etanol uten inhibitor, bør væsken kombineres med annen korrosjonsbeskyttelse [1].

Tabell 2 viser frysepunktet som oppnås ved ulike konsentrasjoner etanol.

Etanol		
Volum %	Vekt %	Frysepunkt (°C)
0	0.0	0.0
10	8.0	-4.0
20	17.0	-9.0
30	26.0	-15.0
40	34.0	-23.0
50	44.0	-32.0
60	54.0	-37.0

Tabell 2 - Frystpunkt ved ulike konsentrasjoner etanol [1]

Saltlake (brine): Saltlaker er løsninger av natrium-, kalium eller kalsiumklorid i vann som i noen tilfelles benyttes som frostvæske. Saltlaker har bedre viskositet ved lave temperaturer enn glykoler og kan benyttes til å senke frysepunktet ned mot -60°C, men har ofte en lavere grense for makstemperatur [1].

Utfordringen ved bruk av saltlaker som frostvæske er at saltinnholdet øker konduktiviteten og bidrar til å gjøre væsken betraktelig mer korrosiv enn vann eller andre frostvæsker. Det er derfor ofte en utfordring at væskekvaliteten og anleggets effekt reduseres i løpet av kort tid dersom det ikke er et komplett vannbehandlingsprogram til stede. Ved bruk av saltlake er det viktig å kontrollere væskekvaliteten hyppigere enn ved bruk av andre væsker for å avdekke eventuelle endringer raskt. Det anbefales derfor å kontrollere anlegg med saltlake minimum 2 ganger i året, med mindre hyppigere oppfølging er bestemt [1].

2.7 Vannbehandlingsprogram

Hensikten med et vannbehandlingsprogram er å minimere korrosjonsprosessene slik at partikkel- og beleggdannelse unngås. Tidligere var det derfor vanlig og primært fokusere på behandlingsmetoder som bremset korrosjonsreaksjonene. I dag vet vi at det viktigste faktoren er å håndtere mengden luft i anlegget. Utluftningssystemer og ekspansjonssystemer har derfor fått en sentral rolle i alle vannbehandlingsprogram [1].

Oksygen i anlegget medfører korrosjon, og korrosjon medfører sedimentering dersom prosessene foregår uhindret. Det er derfor naturlig at håndtering av luft har øverste prioritet i et vannbehandlingsprogram [1].

Fordelen med å fjerne all luft, og ikke oksygen, er at man samtidig fjerner større mengder nitrogengass som forårsaker redusert sirkulasjon og effekt [1].

Til tross for at utskilling vil begrense korrosjonsrisikoen vil ikke et utluftningssystem alene gi optimal korrosjonsbeskyttelse. Manglende vedlikehold av ekspansjonssystemer, driftsfeil på utluftningssystemet, eller lekkasjer og etterfylling er forhold som kan medføre at luft likevel tilføres anlegget. Dersom anlegget ikke er ytterligere beskyttet mot korrosjon vil oksygenet inngå i en korrosjonsprosess i løpet av kort tid. Dette vil resultere i partikkeldannelse og over tid beleggdannelse, for eksempel i varmeavgivere og vekslere [1].



Eksempler på komponenter i et komplett vannbehandlingsprogram:

Eksempel 1:

- Vakuumavgasser/mikrobobleutskiller (luft)
- Korrosjonsinhibitor (korrosjon)
- Partikkelfilter eller kombinert partikkel- og magnetfilter (sedimentering)

Eksempel 2:

- Vakuumavgasser/mikrobobleutskiller (luft)
- Alkalisk filter (korrosjon og sedimentering)

Eksempel 3:

- Vakuumavgasser/mikrobobleutskiller (luft)
- Offeranode/kjemisk oksygenfjerning (korrosjon)
- Partikkelfilter eller kombinert partikkel- og magnetfilter (sedimentering)

2.7.1 Beskyttelse mot luft



2.7.1.1 Ekspansjonssystemet

Når temperaturen i et vannbårent anlegg varierer, vil volumet til vannet endres. Vann ekspanderer når temperaturen stiger, og kontraherer når temperaturen synker. Siden vann ikke kan komprimeres, vil denne volumendringen føre til store trykkendringer i lukkede vannbårne anlegg. For å unngå dette er vi derfor avhengig av å ha et ekspansjonsanlegg om tar opp denne volumendringen og sørger for at trykkendringene i anlegget er innenfor akseptable nivåer. I tillegg skal ekspansjonssystemet også sikre at det ikke oppstår undertrykk, da dette kan føre til at det suges luft inn i anlegget, eller at det oppstår kavitasjon i pumper [1].

I dette kapittelet brukes følgende forkortelser:

Symbol	Beskrivelse
p_{st}	Statisk trykk, trykket målt ved anleggets laveste punkt når anlegget står stille
p_{ini}	Laveste forekommende driftstrykk
p_{fin}	Høyeste forekommende driftstrykk
p_{sv}	Sikkerhetsventilens blåsetrykk

Tabell 3 - Forkortelser – trykk [1]

I et vannbårent anlegg vil det laveste forekommende driftstrykket (p_{ini}) ta utgangspunkt i anleggets statiske trykk (p_{st}). Dette vil si trykket vi måler ved det laveste punktet i anlegget når anlegget står stille. I henhold til NS-EN12828 skal laveste forekommende driftstrykk være statisk trykk + 0,5 bar. Dette vil si at et anlegg hvor høydeforskjellen mellom tilkoblingspunktet til ekspansjonsanlegget og høyeste punkt er 10 meter, vil laveste forekommende driftstrykk være 1,5 bar (10 meter = 1 bar + 0,5 bar sikkerhetsmargin) [1].

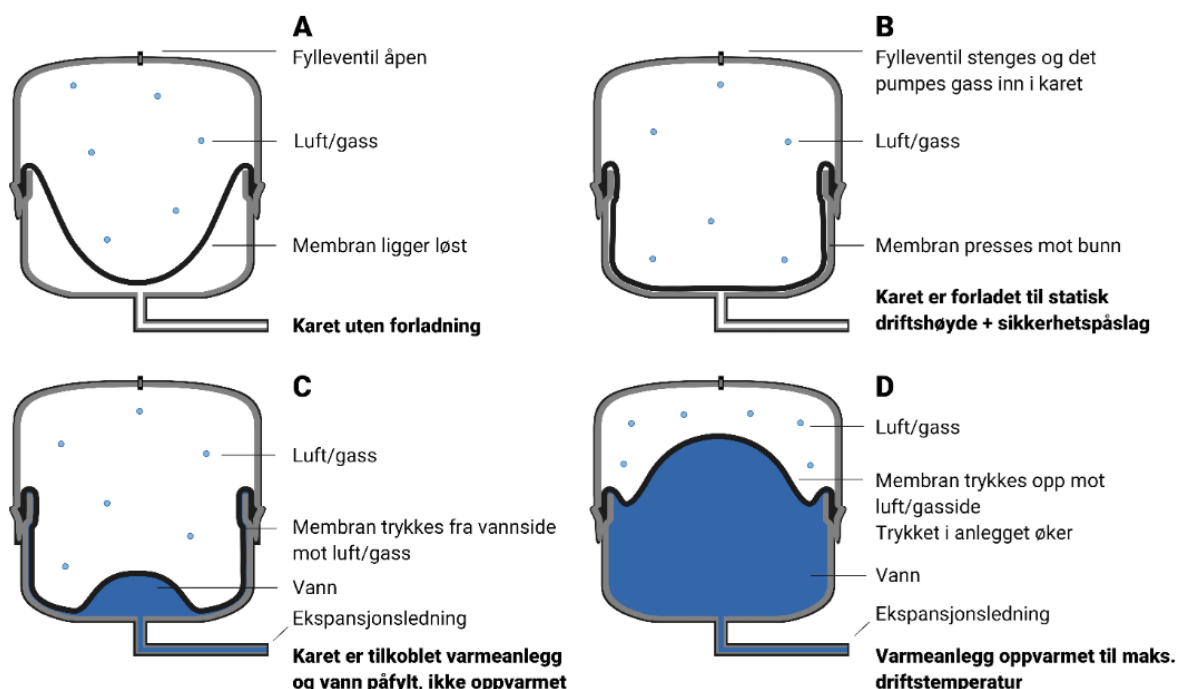
Det høyeste forekommende driftstrykket i anlegget (p_{fin}) avhenger av sikkerhetsventilens blåsetrykk (p_{sv}). Dette trykket settes normalt 10% lavere enn sikkerhetsventilens blåsetrykk, dog ikke høyere enn 0,3 bar under blåsetrykket [1].

Det må også tas hensyn til anleggets ekspansjons- og kontraksjonshastighet. Dette er hvor raskt systemvæsken ekspanderer eller kontraherer. Denne hastigheten må legges til grunn for dimensjonering av ledningen ekspansjonsanlegget kobles til anlegget med. Dersom denne er for liten kan det under oppvarming føre til at trykket i anlegget stiger fordi kapasiteten til ekspansjonsledningen ikke er høy nok. Dette kan føre til at sikkerhetsventilene i anlegget løser ut, og man kan senere få undertrykk i anlegget når systemvæsken kjøles ned og kontraherer. En underdimensjonert ekspansjonsledning kan også føre til undertrykk i anlegget ved nedkjøling, dersom ekspansjonsledningen ikke klarer å tilføre vann tilbake til anlegget raskt nok [1].

Det finnes flere typer ekspansjonssystemer. Her tar vi for oss statiske ekspansjonskar, da det er det som er mest vanlig. Ønsker du å lese om pumpebaserte ekspansjonsanlegg eller kompressorbaserte ekspansjonsanlegg, kan dette gjøres i «Veiledning til NS-EN 12828+A1:2014 Vannbehandling i lukkede energianlegg».

Statiske ekspansjonskar: Statiske ekspansjonskar er den mest brukte formen for ekspansjonskar. Disse består av et trykkar som enten inneholder membran som deler karet i to, eller en butylgummi som omslutter væsken i karet. Den ene delen inneholder systemvæsken, mens den andre delen inneholder luft eller nitrogen. Luftdelen av ekspansjonskaret trykkes til et nivå tilsvarende statisk høyde (p_{st}) + 0,2 bar [1].

Når temperaturen i anlegget stiger, presses systemvæsken inn i ekspansjonskaret som illustrert i Figur 11. Trykket på luftsiden i karet stiger også, og man vil derfor ha et varierende trykk i anlegget avhengig av temperaturen i anlegget. Når temperaturen i anlegget syker, vil trykket på membranens luftsida presse systemvæsken tilbake i anlegget [1].



Figur 11 - Statisk ekspansjonskar [1]

Ekspansjonskarets volum bestemmes av to faktorer. Den første er anleggets volum og temperaturdifferanse, som bestemmer hvor stor selve volumendringen i anlegget vil være. Den andre faktoren er hvor stor forskjellen mellom høyeste og laveste forekommende driftstrykk er. Jo lavere trykkdifferansen er, jo større ekspansjonskar vil det være behov for. Når luftvolumet i ekspansjonskaret øker, vil trykkendringene i anlegget bli lavere når systemvæsken ekspanderer og trekker seg sammen. Forholdet mellom volumendringen i anlegget og volumet i ekspansjonskaret omtaler vi som karetets utnyttelsesgrad, og ligger typisk på 25-40% for statiske ekspansjonskar [1].

Statiske ekspansjonskar er på luftsiden utstyrt med en lufterventil for å kunne etterfylle luft og kontrollere lufttrykk. På vannsiden skal de utstyres med en stenge- og serviceventil for å kunne isolere og tappe ut systemvæsken ved service og vedlikehold. Større ekspansjonskar kan også være utstyrt med utskiftbar membran eller butylgummibag, slik

at denne kan byttes ut ved behov uten å bytte ut hele karet. Dersom trykket i anlegget varierer veldig, sikkerhetsventilene løser ut, det er behov for jevnlig etterfylling av anlegget kan dette være en indikasjon på at ekspansjonskaret er defekt, fortrykket ikke er korrekt eller ekspansjonskaret er for lite. Dersom det kommer vann ut av lufteventilen kan det være et tegn på at membranen i ekspansjonskaret er ødelagt [1].

Alle statiske ekspansjonskar skal vedlikeholdes jevnlig. Minst en gang i året skal fortrykket kontrolleres og justeres ved behov, og man skal undersøke at membranen er intakt. Vedlikehold skal alltid utføres mens ekspansjonskaret er isolert fra resten av anlegget. Systemvæsken skal tappes av for å sikre at ekspansjonskarets vannside er trykkløst. Dersom systemvæsken er tilsatt kjemikalier er det viktig at denne håndteres på korrekt måte. Når karetets vannside er trykkløs kan man kontrollere ekspansjonskarets forladningstrykk ved å bruke et manometer som kobles til lufteventilen. Ved behov kan luftrykket justeres ved hjelp av en pumpe eller kompressor [1].

2.7.1.2 Utluftningsmetoder

Manuelle lufteventiler: Manuelle lufteventiler er ventiler som baserer seg på manuell åpning og lukking for å fjerne frigjort luft. Disse blir i dag som regel brukt i forbindelse med radiatorer, gulvvarmefordelere og lignende utstyr, men var tidligere en vanlig måte å fjerne luft på [1].

Når disse åpnes slippes det ut luft og vann frem til de stenges manuelt. Ettersom de slipper ut vann i tillegg til luft bør disse kun benyttes under første oppfylling for å fjerne større luftmengder. Dersom disse benyttes til senere utlufting, spesielt i større antall, vil man risikere at trykket i anlegget synker og at man kan oppnå undertrykk på toppunkter i anlegget. Dette kan føre til luftinnsug i de delene av anlegget hvor det oppstår undertrykk. For å kompensere for vannmengden som forsvinner som følge av manuell utlufting kan man bli nødt til å fylle på anlegget med friskt vann, og på denne måten tilføre anlegget ytterligere oppløst luft [1].

Manuelle lufteventiler fjerner kun større mengder frigjort luft som ikke sirkulerer i anlegget, og må kombineres med andre metoder for luftutskilling. Metoden bør så langt det er mulig ikke benyttes til annet enn under første oppfylling av anlegget [1].

Fordeler:

- Lav pris

Ulemper:

- Ingen automatisk avstengning
- Fjerner ikke oppløst luft
- Fjerner ikke sirkulerende luft

Automatiske luftepotter: Automatiske luftepotter benyttes for å fjerne større mengder frigjort luft som samler seg i toppunkter i anlegget [1].

Enheten består av et kammer med en flottørventil øverst. Når det samles luft i kammeret synker flottøren, og ventilen åpner. Vanntrykket vil da presse luften ut gjennom ventilen, og flottøren vil stige med vannivået. Ventilen stenges når flottøren stiger og luften er sluppet ut [1].

Luftepotter med liten avstand mellom høyeste vannivå og lufteventil er sårbare for lekkasjer som følge av partikler som ligger på vannoverflaten og setter seg i ventilen. Det er derfor utbredt praksis å montere stengeventil foran disse, og fjerne dem etter at oppfylling av anlegget er utført. Luftepotter fjerner kun større mengder frigjort luft som befinner seg på samme punkt som luftepotten eller som sirkulerer med lav hastighet, og må kombineres med andre metoder for luftutskilling [1].

Luftepotter monteres på alle høypunkter i anlegget hvor luft kan samle seg. For å sikre optimal funksjon bør enheten monteres på et horisontalt strekk, minst 0,5 meter fra nærmeste vertikale bend [1].

Fordeler:

- Lav pris
- Stenger automatisk
- Fjerner raskt større luftmengder

Ulemper:

- Utsatt for lekkasjer
- Fjerner ikke oppløst luft
- Fjerner ikke sirkulerende luft

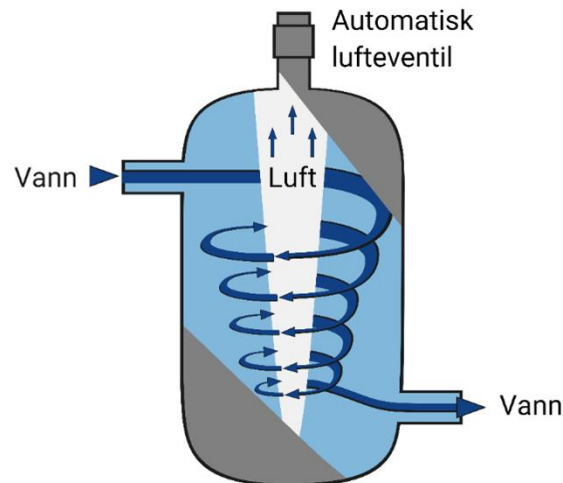
Mikrobobleutskiller: Mikrobobleutskillere monteres i vannstrømmen, og fjerner luftbobler som sirkulerer i anlegget. Denne luften opptrer ofte som mikrobobler, som er bobler med en diameter på mindre enn 1mm [1].

Det finnes tre hovedtyper mikrobobleutskillere. Disse går under navnene absorpsjonsutskillere, adhesjonsutskillere og syklonutskillere. Felles for disse er at de består av et kammer med en topputlifter i toppen av enheten. Luften samles opp i toppen av kammeret, og slippes ut gjennom topputlifteren [1].

Absorpsjonsutskillere har en innmat som skaper en turbulens i vannstrømmen. Dette gjør at hastigheten senkes, og luftboblene får mulighet til å stige til toppen av enheten. Her samles de til større luftbobler, som så slippes ut gjennom topputlifteren. I tillegg vil også trykket senkes, noe som bidrar til økt luftutskilling og til større luftbobler som lettere kan skilles ut. Absorpsjonsutskillere fungerer best ved lavere hastigheter, inntil 1,5 m/s [1].

Adhesjonsutskillere har en innmat som er laget for å ha størst mulig overflate. Denne kan for eksempel bestå av metallringer eller lignende. Ved lave vannhastigheter vil mikroboblene feste seg til overflaten av innmatten, og når flere bobler samles vil de kunne stige opp til toppen av kammeret, og slippes ut gjennom topputlifteren. I likhet med absorpsjonsutskillere fungerer adhesjonsutskillere best ved lavere hastigheter, inntil 1,5 m/s [1].

Syklonutskillere fører vannet inn i enheten på en slik måte at det skapes en sykloneffekt. Dette gjør at trykket i enheten synker, og mikrobobler samles mot midten av enheten. Her samles de til større luftbobler, og slippes ut gjennom topputlifteren. Effekten stiger med hastigheten på vannet, og fungerer best ved hastigheter fra 1,5-3 m/s. Figur 12 illustrerer en syklonutskiller [1].

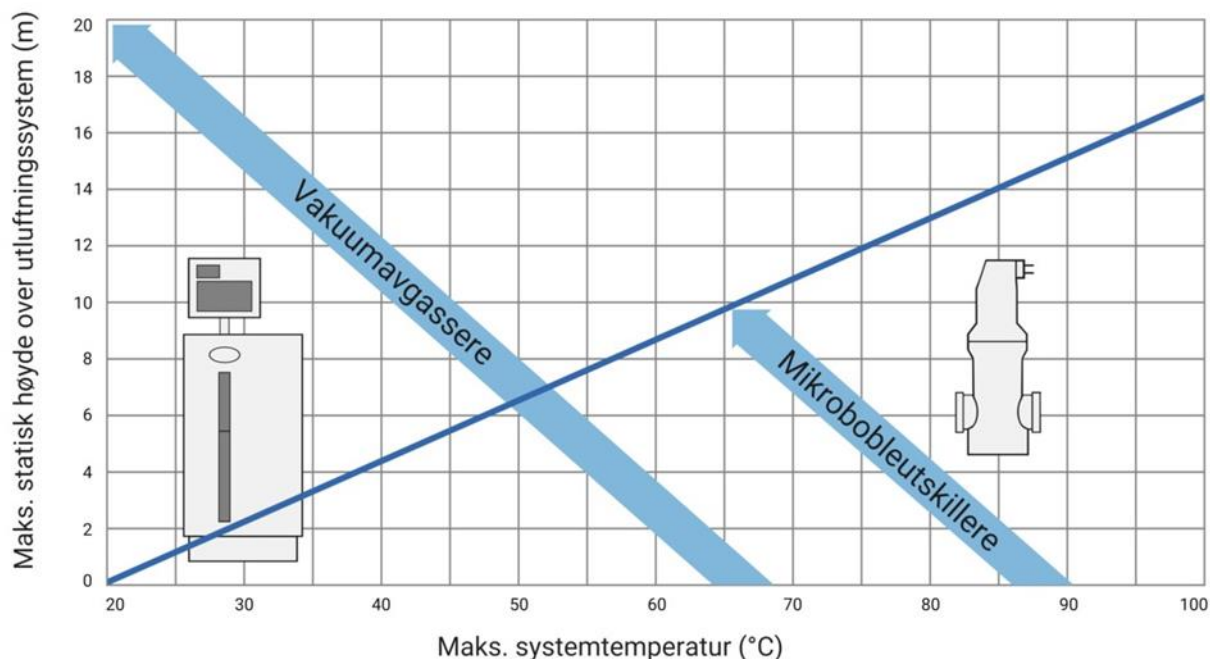


Figur 12 - Mikrobobleutskiller (Syklonutskiller) [1]

I tillegg til disse finnes det også mikrobobleutskillere som baserer seg på at en enhet med større tverrsnitt enn røret brukes for å senke hastigheten på vannet. Dette gjør at mikroboblene får tid til å stige til toppen av enheten, hvor de samles til større luftbobler og skilles ut gjennom en topputlifter. Enheten må ha tilstrekkelig lengde og tverrsnitt for å oppnå ønsket funksjon, og vil ikke fungere like godt som alternativene over [1].

Mikrobobleutskillere monteres direkte i vannstrømmen, og vil kunne fjerne mikrobobler og større luftansamlinger som passerer gjennom denne. De vil ikke kunne fjerne oppløst luft, og effekten vil derfor avhenge av trykk og temperatur i anlegget, som illustrert i Figur 13. Figuren viser at dersom anlegget holder 80 °C der mikrobobleutskiller er installert vil denne kunne fungere med en statisk høyde på inntil 13 meter over utskilleren. Går temperaturen derimot ned til 50 °C kan ikke statisk høyde være mer enn ca. 7 meter for å oppnå en tilfredsstillende drift av mikrobobleutskilleren. For å jobbe så effektivt som mulig bør enheten plasseres der det er lavest mulig trykk og høyest mulig temperatur, da det er ved disse forholdene at mest mulig luft frigjøres naturlig [1].

I anlegg hvor det er lav temperaturdifferanse eller statisk høyde vil mikrobobleutskillere ha en begrenset effekt. Desto lavere temperaturdifferansen eller den statiske høyden er i et anlegg, desto lavere effekt vil en mikrobobleutskiller ha. I isvannsanlegg vil ikke mikrobobleutskilleren fungere som forutsatt, da luften vil være fullstendig oppløst i vannet, og ikke lenger opptre som mikrobobler. I slike anlegg skal derfor ikke mikrobobleutskillere benyttes som løsning for kontinuerlig luftutskilling. Det bør vurderes i hvert enkelt tilfelle om en mikrobobleutskiller vil fungere tilstrekkelig, eller om det må benyttes andre metoder for luftutskilling [1].



Figur 13 - Arbeidsområde for mikrobobleutskillere basert på temperatur og trykk [1]

Fordeler:

- Lav pris
- Fjerner mikrobobler i tillegg til frie luftbobler
- Fjerner sirkulerende luft

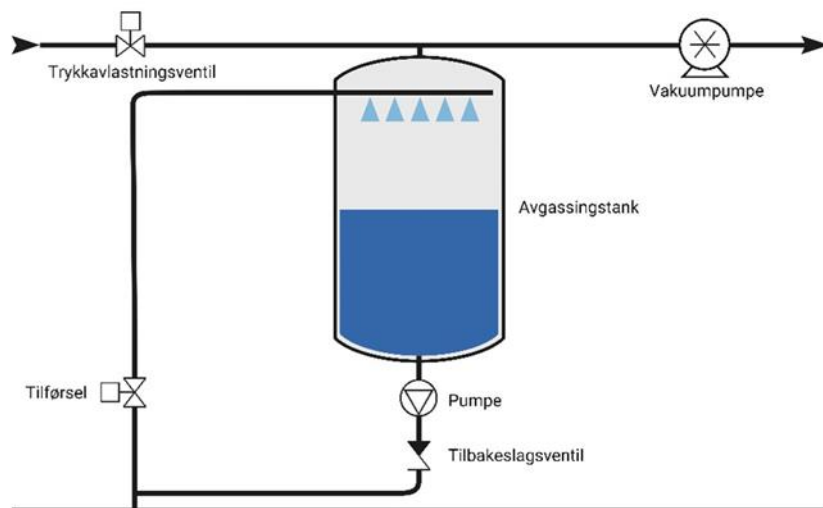
Ulemper:

- Fjerner kun luft som passerer gjennom enheten
- Fjerner ikke oppløst luft

2.7.1.3 Vakuumavgasser

Vakuumavgassere monteres i en delstrøm, og fungerer ved at systemmediet utsettes for et undertrykk. Dette gjør at oppløst luft frigjøres, og skilles ut gjennom en topputlifter. Det finnes flere forskjellige typer vakuumavgassere, men fellesnevneren er at de utsetter systemmediet for et trykk lavere enn atmosfærisk trykk. Dette trykkområdet er typisk mellom 0,1 og 0,5 bar(a). Vakuumavgassere kan også leveres med etterfyllingsfunksjon. Man vil da kunne avgasse påfyllingsvannet før det tilføres anlegget, og på denne måten unngå å tilføre luft ved etterfylling [1].

Avgassingene foregår hovedsakelig ved at en innvendig tank fylles med vann fra anlegget. Tilførselen begrenses så ved hjelp av en motorventil, magnetventil, dyse eller ved regulering av enhetens interne pumpe. Når det tilføres mindre vann enn det hentes ut synker trykket, og oppløst luft frigjøres. Etter at luften er frigjort økes tilførselen inn på enheten igjen, og luften skilles ut gjennom topputlifteren når nivået i tanken stiger. Denne syklusen vil gjentas så lenge enheten går. Enkelte vakuumavgassere går i et gitt tidsintervall daglig, mens enkelte også har sensorer som registrerer om det blir skilt ut luft. Enheten vil da kun jobbe ved behov, og man kan også bruke enhetens driftsstatistikk som en indikasjon på om det skilles ut luft [1].



Figur 14 - Vakuumavgasser prinsipp [1]

Ved bruk av vakuumavgasser må man sørge for at ekspansjonssystemet er dimensjonert for å kunne ta opp volumendringen som oppstår når vann hentes ut og føres tilbake til anlegget. Dersom ekspansjonskaret er for lite vil man kunne få undertrykk i anlegget når vakuumavgasseren fylles. Man vil også kunne oppleve at man får en trykkøkning når vannet føres tilbake til anlegget. Dette gjelder i særlig grad mindre anlegg som eneboliger. Kjøleanlegg og energibrønner er også anlegg hvor man kan oppleve at ekspansjonskaret er for lite, da disse har en lavere ekspansjon enn varmeanlegg grunnet lavere temperaturdifferanse mellom høyeste og laveste forekommende driftstemperatur [1].

Vakuumavgassere skal plasseres i delstrøm. Vannet som føres tilbake inn på anlegget inneholder et minimum av luft, og vil kunne absorbere luft som finnes andre steder i anlegget. Dette gjør at vakuumavgasseren kan fjerne luft fra andre steder i anlegget enn der den er tilkoblet [1].

Fordeler:

- Fjerner all oppløst luft
- Fungerer uavhengig av trykk og temperaturdifferanser i anlegget
- Kan tilknyttes SD-anlegg

Ulemper:

- Høyere pris
- Krever tilgang til strøm
- Krever jevnlig vedlikehold

2.7.2 Beskyttelse mot korrosjon



Hensikten med å beskytte et anlegg mot korrosjon er å redusere risikoen for forringelse av anleggets metallkomponenter og dannelse av partikler som kan forårsake skade på vitale deler og beleggdannelse [1].

Det finnes ulike metoder for korrosjonsbeskyttelse av et lukket anlegg. Uavhengig av metode er målet å stanse katodereaksjonen, anodereaksjonen eller både katode- og anodereaksjonen som forekommer når et metall korroderer [1].

Merk at korrosjonsbeskyttende systemer som baseres på oksygenfjerning ikke erstatter behovet for et utluftningssystem. Luft inneholder store mengder nitrogen som bør fjernes for å sikre optimal sirkulasjon og effekt [1].

2.7.2.1 Korrosjonsinhibitorer

En korrosjonsinhibitor er et stoff eller en blanding av stoffer som når den tilføres systemet danner en beskyttende film på metalloverflaten. Filmen er mikroskopisk tynn og ikke mulig å se med det blotte øyet. Målet med filmen er å hindre reaksjon mellom metall og oksygenet i væskestrømmen [1].

Inhibitoren som benyttes bør ha følgende egenskaper:

- God fukteffekt (god kontakt og spredning på metalloverflater):
 - Kontakten skal opprettholdes over tid
 - Kontakten skal ikke svekkes ved økende vannhastighet
- Evne til å øke pH til ønsket intervall og opprettholde god buffereffekt over tid
- Evne til å beskytte alle metalltyper i systemet
- Kompatibilitet med alle materialer i systemet, inkludert gjengetape, plast og gummi
- Effektiv ved svak fortynning eller svak overdosering
- Både katodisk og anodisk beskyttelse er en fordel
- Kompatibilitet med vanlige frostvæsker er en fordel.

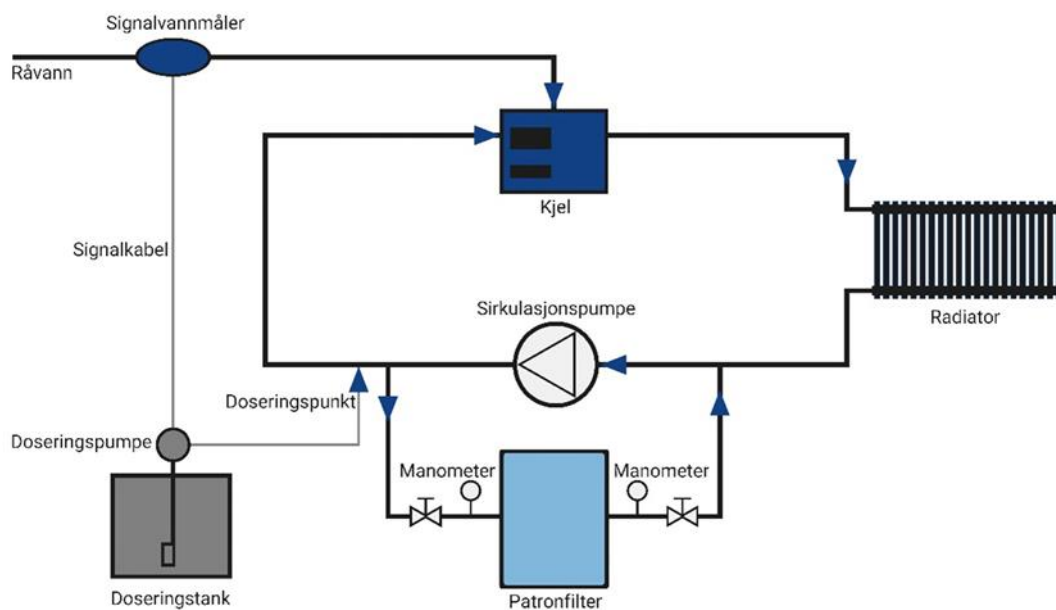
Korrosjonsinhibitoren skal ikke skape et miljø som bidrar til vekst av mikroorganismer som sopp, bakterier eller virus. Dersom det er behov for ytterligere begrensning av bakterievekst skal korrosjonsinhibitoren være kompatibel med et biocid [1].

Doseringsmengden som kreves for å oppnå tilstrekkelig høy konsentrasjon skal beregnes med utgangspunkt i totalt systemvolum. Anbefalt konsentrasjon oppgis ofte som et intervall. Intervallets høyeste anbefalte konsentrasjon kan være nødvendig dersom pH i påfyllingsvannet er lav eller væsken har høy konsentrasjon av klorider eller sulfater [1].

Doseringsmengden skal sørge for at svake fortynninger ikke påvirker vannbehandlingsprogrammets effekt. Da vil frekvensen for etterfylling av inhibitor holdes på et minimum. Dette sikrer at beskyttelse opprettholdes selv om noe inhibitor brytes ned eller absorberes på grunn av forurensninger i anlegget. Det anbefales derimot ikke å tilsette høyere doser enn det som er anbefalt av leverandøren da dette kan gi uønskede utfellinger [1].

Korrosjonsinhibitor tilsettes etter første gangs oppfylling av anlegget, og etterfylles ved behov. Konsentrasjonen og væskekvaliteten bør kontrolleres ved å foreta en væskeanalyse 3 måneder etter at anlegget er satt i drift. Ofte brukes pH som en indikator på om inhibitor bør etterfylles, men enkelte leverandører tilbyr også måling av konsentrasjonen av inhibitor-komponenten [1].

Dosering kan gjennomføres manuelt eller automatisk. I et tett anlegg gjennomføres dosering sjelden og manuell dosering er derfor ikke en tidkrevende oppgave. Fordelen med manuell dosering er bedre kontroll over mengden som tilføres. Manuell dosering gjennomføres enklest via anleggets filterhus, eventuelt ved hjelp av en ekstern doseringspumpe. Automatisk dosering kan være tidsbesparende på store anlegg som fjernkjøle- og fjernvarmeanlegg, spesielt dersom anlegget etterfylles store vannmengder. Et automatisk doseringsanlegg består av en vannmåler og en doseringspumpe som pumper kjemikalier inn proporsjonalt med tilført vannmengde [1].



Figur 15 - Automatisk doseringsanlegg [1]

Korrosjonsinhibitorer kan generelt deles inn i fire kategorier:

- **Anodiske inhibitorer**
Begrenser anodereaksjonen ved å danne en passiv film på anodeoverflaten. Filmen spres over tid utover alle metallflater. Dersom konsentrasjonen av en anodisk inhibitor faller under punktet for kritisk konsentrasjon kan pitting (punkt-korrosjon) oppstå [1].
- **Katodiske inhibitorer**
Begrenser katodereaksjonen ved utfelling av en beskyttende film på katodeoverflaten. Katodiske inhibitorer har ingen kritisk konsentrasjon, men overdosering kan medføre utfelling, og øke risikoen for korrosjon under utfelte partikler [1].
- **Kat-anodiske inhibitorer**
Har både katodiske og anodiske egenskaper. Denne type inhibitorer er lite utbredt og vanligvis oppnås samme effekt ved å blande anodiske og katodiske inhibitorer i samme produkt [1].

- **Organisk film inhibitorer**

Organiske inhibitorer som begrenser både anode- og katodereaksjonen. Organiske inhibitorer brukes primært i sure miljøer, og er derfor mindre brukt i lukkede varme- og kjøleanlegg [1].

Tabell 4 viser de vanligste inhibitorerkomponentene for lukkede varme- og kjøleanlegg.

Komponent	Funksjon	Hensyn
Nitritt	Korrosjonsinhibitor for jern	— Ved høy konsentrasjon av klorid eller sulfat i systemvannet må konsentrasjon økes for å unngå pittingkorrosjon — Må ikke blandes med aminer, amider eller organiske inhibitorer — Kan brytes ned av nitrittreducerende eller nitrittoksiderende bakterier. Bør derfor kombineres med et ikke-oksiderende biocid (oksiderende biocider vil oksidere nitritt til nitrat)
Nitrat	Korrosjonsinhibitor for aluminium	— Gir ingen beskyttelse på kobber eller kobberlegeringer — Bør kombineres med andre inhibitorerkomponenter for optimal systembeskyttelse
Molybdat	Korrosjonsinhibitor	— Dersom molybdat tilsettes til et forurenset anlegg vil komponenten absorberes på partikler/forurensninger. Bør tilsettes i rene systemer
Azoler	Korrosjonsinhibitor for kobber og kobberlegeringer	— Ved høy konsentrasjon av klorid eller sulfat i systemvannet må konsentrasjon økes for å unngå pittingkorrosjon
Fosfat	Korrosjonsinhibitor for stål	— Kan forårsake pittingkorrosjon på aluminium ved høy temperatur — Kan forårsake utfellinger i hardt vann
Polyfosfat		Kalk- og korrosjonsinhibitor — Hydrolyseres ved sterkt sure eller basiske forhold og høy temperatur
Fosfonat		Kalk- og korrosjonsinhibitor — Overdosering kan gi økt kobberløselighet — Ved nedbrytning (oksidasjon) dannes ortofosfat og organiske syrer som kan fungere som næring for bakterier
Silikater	Korrosjonsinhibitor for stål, kobberlegeringer og aluminium	— Utfellinger kan forekomme ved overdosering eller ved hardt vann og høy temperatur
Benzoater	Anodisk inhibitor	— Kombineres ofte med nitritt, se hensyn for nitritt — Kan brytes ned raskt, konsentrasjonen bør overvakes regelmessig
Trietanolamin, monoetanolamin,	Organisk film inhibitorer	— Ulike typer beskytter ulike metaller
risikoen for bakterievekst	Tilførsel av karbonholdige stoffer kan øke risikoen for bakterievekst	substituerte triaziner

Tabell 4 - Ulike inhibitorerkomponenter [1]

2.7.2.2 Offeranode

Korrosjonssikring ved bruk av offeranode går ut på å plassere et offermetall i systemet som skal korrodere til fordel for annet metall. Offermetallet er et metall med lav edelhet som enkelt korroderer. Ofte benyttes magnesium eller sink, og i noen tilfeller aluminium [1].

Oksygenet i anlegget reagerer med (oksidere) offermetallet og danner metallhydroksid på samme måte som når jern korroderer. Reaksjonsproduktet kan bidra til å øke pH i systemet, og dermed bidra til å gjøre væsken mindre korrosiv. Partiklene som dannes filtreres ut med et partikkelfilter [1].

Offeranoder til bruk i lukkede varme- eller kjøleanlegg leveres primært i kombinasjon med et utluftningssystem og/eller filtersystem. Systemet installeres derfor i delstrøm [1].

Når offeranoden er brukt opp må den skiftes ut. Dersom offeranode benyttes som korrosjonssikring bør regelmessig kontroll av anoden inkluderes i driftsprogrammet for å sikre at systemet til enhver tid er beskyttet. Regelmessig vedlikehold av filtersystemet er viktig for å unngå økt partikkelinnhold og beleggdannelse i anlegget [1].

2.7.2.3 Alkalisk filter

Et alkalisk filter behandler og filtrerer vannet ved å presse det gjennom en tank med reaksjonsmasse av magnesium- og kalsiumkarbonat, og eventuell annen reaksjonsmasse. Når vannet passerer reaksjonsmassen filtreres korrosjonsprodukter og forurensninger ut, samtidig som vannet tilføres kalsium, magnesium og bikarbonat. Passeringen gjennom det alkaliske filteret fører til at vannets pH og bufferkapasitet øker. Dette gjør væsken mindre korrosiv og reduserer risikoen for raske pH-endringer [1].

Alkaliske filtre kan fjerne forurensninger ned til 5 µm. Alkaliske filtre kan også kombineres med sandfiltre for mer effektiv filtrering (alkalisk multifilter) [1].

Alkaliske filtre plasseres alltid i delstrøm, som oftest mellom pumpens trykk og sugeside. Alkaliske filtre skal monteres med stengeventiler foran og etter enheten [1].

Når forurensninger samles i reaksjonsmassen, vil differansetrykket over filteret øke. For å rengjøre filteret gjennomføres en tilbakespyling slik at forurensningene løsner og kan dreneres ut. Noen produkter leveres med funksjon for automatisk tilbakespyling. Dersom dette ikke gjennomføres automatisk må differansetrykket kontrolleres regelmessig og tilbakespyling igangsettes manuelt når trykkfallet når en verdi angitt av leverandøren [1].

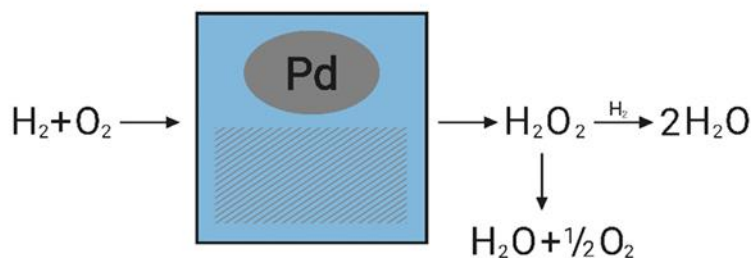
Over tid kan det være behov for å etterfylle reaksjonsmassen. En unormal reduksjon i pH er et tegn på at reaksjonsmassen ikke lenger er aktiv og bør etterfylles. Merk at i anlegg med store temperatursvingninger kan kalsium og magnesium felle ut og danne et isolerende belegg på varmeoverflater [1].

2.7.2.4 Kjemisk oksygenfjerning

Kjemisk oksygenfjerning innebærer å tilsette en gass eller en kjemikalie som reagerer med oksygen slik at oksygenkonsentrasjonen reduseres. Fjerning av oksygen hindrer katodereaksjonen i en korrosjonsprosess. Vi kan skille mellom tilsetning av gass og tilsetning av flytende kjemikalier [1].

- **Tilsetting av gass over katalysator**

Anlegget tilsettes hydrogengass. Gassen reagerer med oppløst oksygen over en katalysator og danner hydrogenperoksid som reagerer videre med hydrogengass og danner vann. Normalt benyttes katalysatorer av palladium eller platina. I tillegg til hydrogengassen som tilføres fra en ekstern kilde kan katalysatoren ta opp og lagre hydrogengass som dannes i anlegget når jern(II)hydroksid omdannes til magnetitt under oksygenfrie forhold [1].



Figur 16 - Oksygenfjerning med gass over katalysator [1]

I prosessen tilsettes hydrogengass til anlegget regelmessig. Hydrogen er en svært reaktiv gass som danner eksplosjonsfarlig knallgass i kontakt med luft. Det anbefales derfor at handtering og etterfylling av gass gjennomføres av leverandør. Dersom gassen skal oppbevares på eiendommen permanent må anleggseier kontrollere at krav beskrevet i «Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen» overholdes [1].

2.7.3 Beskyttelse mot partikler og sedimentering



2.7.3.1 Hensikten med filter

Hensikten med et filter i et varme- eller kjøleanlegg er å samle opp korrosjonsprodukter, smuss og forurensninger i rørnett. Partikler som ikke fjernes kan medføre skader på pumper og ventiler, eller tetting av rør, vekslere, reguleringsventiler og varmeavgivere. Fjerning av ikke-magnetiske kobber-, aluminium- og sinkforbindelser vil i tillegg redusere risikoen for galvanisk korrosjon i kontakt med stål [1].

Filtersystemet skal dimensjoneres slik at partikler som eksisterer eller oppstår i anlegget under drift kan fjernes. Urenhetene i et lukket anlegg har forskjellige størrelser, og det finnes ulike filtreringsmetoder for ulike partikkelstørrelser. Urenhetene kan deles i to grupper:

- Urenheter med diameter > 0,4 mm
- Urenheter med diameter < 0,4 mm.

De største urenheter fjernes med et grovfilter, og mindre partikler fjernes med finfilter [1].

2.7.3.2 Grovfilter

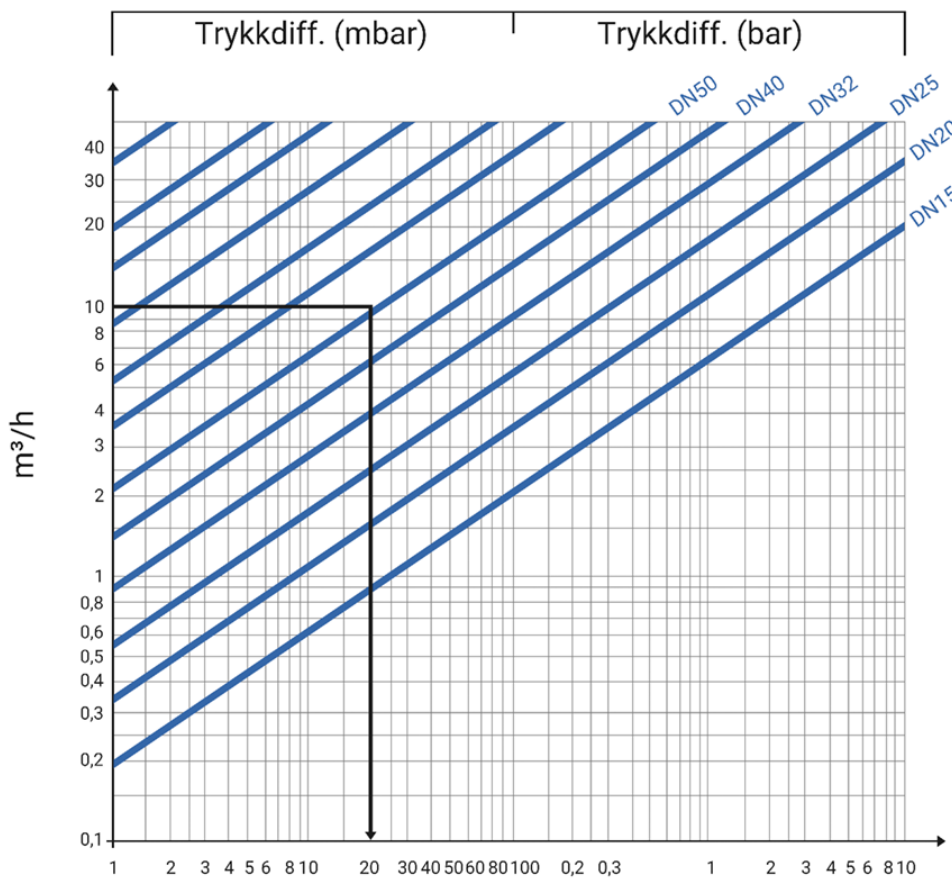
Et grovfilter består av en sil i et filterhus. Silen er grovmasket og har som mål å fjerne større partikler eller fremmedlegemer fra væskestrømmen for å beskytte varmevekslere. Grovfiltere har en viktig funksjon for å beskytte komponenter i et anlegg, men har ingen direkte innvirkning på anleggets væskekvalitet [1].

Grovfiltere har relativt lavt trykklfall og plasseres normalt på returledningen i hovedstrøm før hovedpumpen. Dersom det finnes varmevekslere i anlegget, bør det i tillegg monteres grovfiltere før hver veksler [1].

Ved valg av grovfilter er det to forhold som må hensyntas:

- Oppsamlingsvolum
- Trykklfall

Oppsamlingsvolum er en relevant parameter for større anlegg, for eksempel fjernvarme- eller fjernkjøleanlegg. For mindre anlegg velges grovfiltere hovedsakelig basert på tillatt trykklfall. Figur 17 viser trykklfall gjennom rene grovfiltere ved ulike volumstrøm. Merk at ved prosjektering må det tas hensyn til at trykklallet øker når filteret blir tilsmusset [1].



Figur 17 - Trykklfall i rene grovfiltere ved ulike volumstrøm [1]

2.7.3.3 Partikkelfilter (finfilter)

Hensikten med et finfilter er å fange opp mindre partikler som ikke fjernes med et grovfilter. Vanlige korrosjonspartikler er normalt i størrelsesorden 5 – 10 µm. Når andelen forurensninger i et anlegg er høy vil forurensningene kollideres og danne større partikler slik at filteret raskt går tett. Det er derfor viktig å tilpasse filtreringsgraden etter anleggets væskekvalitet, og redusere filtreringsgraden i takt med reduksjon i partikkelinnhold [1].

Filterets kapasitet er et mål på hvor mye væske som kan filtreres per tidsenhet og oppgis ofte i liter per minutt. Kapasiteten påvirkes av flere faktorer:

- **Filterets størrelse og antall filtre**

Patron- og posefiltre er plassert i et filterhus. Filterhuset kan romme et eller flere filtre, og filtrene kan ha ulike størrelser. Et lite filter har mindre kapasitet enn et stort filter, og flere filtre i samme filterhus gir større kapasitet. Delstrømmengden for anlegg < 1 MW er normalt 5% av totalvolumet, og 4% for anlegg mellom 1 og 10 MW [1].

- **Filtermateriale**

Ulike filtermaterialer og typer kan kreve ulike vannhastigheter for å oppnå tilstrekkelig filtrering. Dette gjelder primært filtre med filtermasser som kullfilter, kalkfilter eller sandfilter [1].

- **Filtreringsgrad**

Et filter med lav filtreringsgrad har mindre kapasitet enn et filter med høy filtreringsgrad, ettersom porestørrelsen er mindre. I lukkede anlegg benyttes filtreringsgrader mellom 5 og 20 µm. Disse filterstørrelsene fjerner korrosjonsprodukter og mindre forurensninger, men ikke bakterier og virus [1].

Dersom væsken har et lavt partikkelinnhold, er det hensiktsmessig å bruke lav filtreringsgrad for å få fjernet de minste partiklene. Dersom partikkelnivået er høyt bør det benyttes høy filtreringsgrad i en periode, og legges en plan for reduksjon basert på væskens partikkelinnhold. Partikkelinnholdet kan måles ved å gjennomføre en turbiditetsanalyse. Verdiene nedenfor kan brukes som veiledning for hvilken filtreringsgrad som skal benyttes [1].

< 20 FNU: Filtreringsgrad 5 µm

20 – 80 FNU: Filtreringsgrad 10 µm

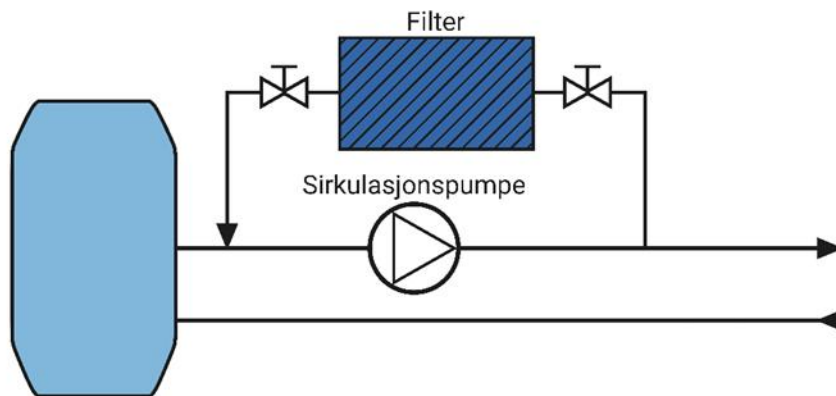
> 80 FNU: Filtreringsgrad 20 µm

*Ved svært høyt partikkelinnhold kan utskiftning av vann, økt filterkapasitet eller rens være nødvendig.

Et finfilter plasseres i delstrøm for å unngå trykkfall på hovedstrømmen dersom filteret går tett. I delstrøm vil en del av den totale vannmengden filtreres hver gang vannet passerer filteret, og over tid vil all sirkulerende væske filtreres [1].

Det finnes tre alternativer for plassering av finfiltre:

- I delstrøm mellom pumpens trykk- og sugeside
 - Denne installasjonsmetoden vil stjele løftehøyde samt vannmengde fra hovedpumpen
- I delstrøm på returledningen med egen sirkulasjonspumpe
- I delstrøm mellom tur- og returledningen
 - Denne installasjonsmetoden vil medføre økt temperatur på returledningen, og er ikke anbefalt dersom energikilden er en varmpumpe



Figur 18 - Eksempel på delstrømfilter plassert over pumpe [1]

Ved installasjon av nye filtersystemer skal følgende dokumenteres:

- Filterets plassering i henhold til kravspesifikasjon
- Gjennomført funksjonstest
- Forsvarlig festing til rørnett
- Driftsinstruks.

Frekvensen for rengjøring av et partikkelfilter avhenger av mengden forurensninger og trykkfall over filteret. Ved hvilket trykkfall filteret bør rengjøres eller skiftes ut er oppgitt i filterets driftsinstruks. Normalt er vedlikehold nødvendig når trykkfallet når verdier mellom 0,5 og 0,8 bar. Behovet for rengjøring kontrolleres enklest ved å installere et differansetrykkmanometer over filteret. Som minimum bør filteret kontrolleres to ganger i driftssesongen, eller kvartalsvis for anlegg med helårsdrift [1].

2.7.3.4 Magnetfilter

Et magnetfilter består av en eller flere magnetiske staver i et filterhus og har som hensikt å fjerne magnetiske korrosjonsprodukter (magnetitt). I magnetfilteret trekkes forurensningene til magneten og fjernes fra sirkulasjonsvannet. Magnetitt kan også fjernes med et partikkelfilter dersom filtreringsgraden er lav nok, men den mest effektive fjerningen av korrosjonsprodukter oppnås ved å benytte partikkelfilter og magnetfilter i kombinasjon [1].

Magnetfilterets kapasitet avhenger primært av tre faktorer:

- Antall magneter
- Magnetenes styrke
- Plassering (hovedstrøm/delstrøm)

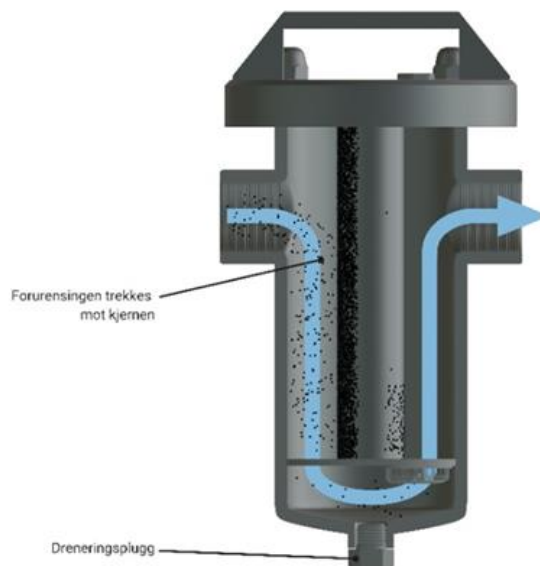
Magnetfilteret kan plasseres både i hovedstrøm og i delstrøm. Plassering i hovedstrøm kan gjennomføres dersom et anlegg er svært forurenset med magnetitt, men for nye anlegg er plassering i delstrøm normalt tilstrekkelig. Et magnetfilter i hovedstrøm kan kombineres med et partikkelfilter i delstrøm for å oppnå reduksjon av både magnetiske- og ikke-magnetiske korrosjonsprodukter [1].

Ved plassering i hovedstrøm anbefales det å benytte filtre med lavest mulig trykkfall. For større anlegg anbefales det å montere en bypass forbi filteret for å unngå stans av sirkulasjon ved vedlikehold [1].

Dersom magnetfilter og partikkelfilter skal kombineres i delstrøm kan det benyttes to frittstående seriekoblede filtersystemer, eller et kombinasjonssystem. Et eksempel på et kombinasjonssystem er posefilter med magnetstav i sentrum av filterposen. Ved seriekobling av filtersystemer bør magnetfilteret plasseres etter partikkelfilteret [1].

Når magnetitt filtreres ut bygges det opp et lag av magnetitt på magnetstaven. Hvor mye magnetitt magnetstaven kan holde på avhenger av magnetstyrken. Når staven er mettet må den tas ut av filterhuset og rengjøres. Sirkulasjon opprettholdes dersom det er montert bypass forbi filteret i hovedstrøm [1].

Hvor ofte magnetstaven må rengjøres avhenger av mengden magnetitt i systemet, men som et minimum bør filteret ettersees 2 ganger i driftssesongen. Enkelte systemer leveres med et vindu for enkel inspeksjon av forurensningsmengde [1].



Figur 19 - Magnetfilter [1]

2.7.4 Beskyttelse mot bakterievekst

Vekst av mikroorganismer i lukkede energianlegg kan gi store utfordringer under drift dersom organismene får vokse fritt. Som beskrevet i kapittel 2.5.3 kan dette medføre både omfattende beleggdannelse og bakteriell korrosjon. Dersom forholdene ligger til rette for bakterievekst kan det være hensiktsmessig å behandle systemet for å redusere vekstrisikoen. Dette gjelder spesielt anlegg med driftstemperaturer mellom 20 og 50 °C [1].

Det finnes flere måter å kontrollere bakterievekst på. De vanligste metodene er beskrevet i de neste delkapitlene.

2.7.4.1 Biocider

Biocider er en samlebetegnelse på kjemiske stoffer som dreper levende organismer. Det finnes mange ulike typer biocider på markedet, og det er viktig å avklare om biocidet som skal benyttes er egnet for lukkede energianlegg. Korrosive biocider eller biocider som danner gasser som restprodukt bør ikke benyttes da dette kan føre til økt korrosjon og/eller ustabil trykk. Biocidet som benyttes må være virksomt i det aktuelle temperaturområdet anlegget opererer i [1].

Den mest utbredte komponenten i biocider for lukkede energianlegg er bronopol. Produktet tilsettes anlegget i lave konsentrasjoner og trenger ikke skylles ut etter tilsetting. Ved behov for desinfeksjon og rengjøring av svært kontaminerte anlegg kan det benyttes en høyere dose som skylles ut av systemet etter rens. I slike tilfeller kan det også være aktuelt å benytte andre desinfeksjonsmidler. Andre biocider for lukkede energianlegg inkluderer isotiasolin, DBNPA, glutraldehyd, THPS og triaziner [1].

Enkelte frostvæsker vil være naturlig bakteriehemmende, og blir ofte feilaktig omtalt som biocider. Dette gjelder blant annet glykol som hemmer bakterievekst ved konsentrasjoner over 20%. Saltlaker gir også et mindre trivelig vekstmiljø ettersom bakterienes evne til overlevelse og formering svekkes ved økt saltinnhold [1].

2.7.4.2 Termisk desinfeksjon

Termisk desinfeksjon er betegnelsen på naturlig desinfeksjon ved høye temperaturer. Når vanntemperaturen når 60 °C vokser ikke lenger bakteriene. Ved temperaturer over dette dør også eksisterende bakterier [1].

I tappevannsanlegg er det vanlig å benytte termisk desinfeksjon til kontroll av for eksempel Legionella. I lukkede systemer som operer med temperaturer > 60 grader vil ikke bakterievekst være en utfordring. Dersom returledningen derimot har lavere temperatur, eller anlegget inneholder soner med blandet vann til for eksempel gulvvarmeanlegg, kan lokal bakterievekst oppstå i deler av anlegget. I slike tilfeller er det hensiktsmessig å redusere vekstrisikoen ved å øke pH-verdien eller benytte et egnet biocid [1].

Utover dette benyttes ikke temperaturøkning som metode for å redusere risikoen for bakterievekst i lukkede energianlegg [1].

2.7.4.3 Kontroll av bakterievekst ved PH-regulering

De aller fleste bakterier trives best i miljøer med en nøytral pH på ca. 7, selv om enkelte arter også kan leve og reproducere seg i miljøer med veldig lav eller veldig høy pH. Å øke pH verdien kan derfor være et godt verktøy for å både hemme bakterievekst og redusere korrosjonsraten. Ved å øke pH til intervallet 9.0-10.5 vil risikoen for oppblomstring av bakterier reduseres betraktelig, og korrosjonshastigheten for stål og kobber vil være på sitt laveste [1].

Å redusere pH for å hemme bakterievekst er derimot ikke anbefalt, ettersom lav pH øker korrosjonshastigheten. Rask reduksjon i pH kan derimot være et tegn på bakterievekst [1].

2.8 Væskeanalyser

2.8.1 Hensikten med en væskeanalyse

En væskeanalyse fra et lukket varme- eller kjøleanlegg benyttes til å undersøke om væsken er korrosiv, og om eksisterende vannbehandlingsprogram fungerer optimalt. Analysen vil normalt gi svar på om forholdene ligger til rette for korrosjon, og/eller om det pågår korrosjon i anlegget [1].

Det kan være utfordrende å fastslå alle prosesser som foregår i et lukket anlegg basert på kun en analyse. Ved å kjenne anleggets historikk og væskens utvikling over tid kan man derimot se hvordan parameterne utvikler seg, og hvor fort dette skjer. Dersom man ikke overvåker væskekvaliteten kan man risikere at korrosjonsproblemer oppdages sent. Dette kan medføre at nødvendige tiltak blir mer omfattende og kostbare, og at anlegget driftes med lavere virkningsgrad enn nødvendig [1].

For å ha kontroll på væskekvaliteten i et lukket anlegg anbefales det å gjennomføre en væskeanalyse ved et akkreditert laboratorium minimum en gang årlig. Ved å benytte en akkreditert laboratorietjeneste er man sikret at testmetoder og resultater holder optimal standard, og at laboratoriet arbeider i henhold til et dokumentert kvalitetssystem [1].

Den årlige analysen bør tas når anlegget er i drift, henholdsvis vinterstid for varmeanlegg og sommerstid for kjøleanlegg. Dersom anlegget har helårsdrift kan prøven tas når som helst i løpet av året, men det er ofte hensiktsmessig å gjøre dette samtidig som det utføres service. Dersom prøvetaking skal gjennomføres når anlegget ikke er i drift bør sirkulasjon igangsettes minimum 1 time før prøvetaking [1].

Dersom det er gjennomført tiltak for å bedre væskekvaliteten anbefales det vanligvis å gjennomføre oppfølgingsprøver en periode etter utførte tiltak for å dokumentere at væskekvaliteten bedres. Oppfølgingsprøver bør gjennomføres 3 – 6 måneder etter gjennomførte tiltak for å sikre at tiltakene har hatt tilstrekkelig virkningstid før endringer dokumenteres [1].

2.8.2 Parametere og væskekvalitet

Når en vannprøve skal analyseres er det viktig at det analyseres for parametere som kan fortelle noe om situasjonen i anlegget. Normalt er målet å undersøke om det er tegn til pågående korrosjon, og i hvor stor grad anlegget korroderer. Det kan også være nødvendig å undersøke nivået av bakterievekst, eller tilstanden til ulike frostvæsker [1].

Parameterne listet nedenfor bør alltid inkluderes i en væskeanalyse. I noen tilfeller er det behov for analyse av ytterligere parametere for å kunne gi en helhetlig vurdering av tilstanden i anlegget. I tilfeller der det er usikkert hva utfordringene i anlegget er, kan det være hensiktsmessig å starte med standard parametere, og deretter gjennomføre ytterligere analyser ved behov [1].

- **Løst Metall**

Innholdet av løst metall i væsken er en viktig indikator på om korrosjon foregår, ettersom metall løses opp til metallioner underveis i korrosjonsprosessen. Det er vanlig å analysere for de metallene det finnes mest av i anlegget, og normalt er dette jern og kobber. Det er ikke nødvendig å analysere for metaller som ikke finnes i anlegget [1].

Løst metall analyseres med filtrert metode, der partikler filtreres bort før analysen gjennomføres. Dette sikrer at man får undersøkt hvor mye metall som er løst i væsken, og ikke den samlede mengden løst og partikulært materiale. Ved å analysere løst metall og partikkelinnhold i to ulike analyser får man dermed informasjon om både hvor mye metall som er løst i væsken, og hvor mye som har felt ut som partikler. Løst metall oppgis i $\mu\text{g/l}$ eller mg/l [1].

- **Partikkelinnhold**

Turbiditet: For å kunne undersøke hvor mye av metallet som har felt ut som partikler gjennomføres en turbiditetsanalyse. I en turbiditetsanalyse sendes en lysstråle gjennom en kyvette med prøvemateriale, og deretter måles det hvor mye lyset spres av partiklene i væsken. Desto mer spredning, desto høyere partikkelinnhold i prøven. Turbiditet oppgis i FNU eller FTU, og i praksis er disse samme enhet ($1 \text{ FNU} = 1 \text{ FTU}$) [1].

Innholdet av partikler i væsken kan også måles med en suspendert stoffanalyse.

Suspendert stoff: Innholdet av partikler i væsken kan også måles med suspendert stoffanalyse. Innholdet av suspendert stoff er et mål på væskens innhold av faste partikler som kan fjernes ved sedimentering. En suspensjon er en heterogen miks av en væske med innhold av faste partikler som har høy nok masse til at de kan sedimentere. Partiklene er normalt så store at de er synlige med det blotte øye. I en suspendert stoffanalyse filtreres suspensjonen, og innholdet av partikler fanget opp av filteret tørkes og veies. En suspendert stoffanalyse kan ha bedre evne til å fange opp store mengder av magnetitt enn en turbiditetsanalyse. Dette skyldes at magnetitt har svært høy tetthet og enklere sedimenterer i prøvekyvetten under turbiditetsmålinger [1].

- **pH**

pH verdien er et mål på væskens surhetsgrad der $\text{pH} < 7$ er surt og $\text{pH} > 7$ er basisk. Ved $\text{pH} = 7$ er væsken nøytral. I sure miljøer øker korrosjonshastigheten betraktelig, som beskrevet i kapittel 2.4.1.2. Det er derfor viktig å overvåke at pH verdien holdes stabil over tid. Store reduksjoner i væskens pH-verdi kan skyldes for eksempel tilstedeværelse av bakterievekst eller degradering av frostvæske. For jern og kobber er korrosjonshastigheten lavest mellom $\text{pH} 9.0 - 10.5$. Dette er derfor det anbefalte pH-intervallet for lukkede varme- og kjøleanlegg. For anlegg med aluminium må derimot pH ikke overstige 8.5, da dette kan føre til alvorlig aluminiumskorrosjon [1].

Parameterne filtrert jern, filtrert kobber, pH og turbiditet eller suspendert stoff bør inngå i den årlige væskeanalysen [1].

Tolkning av standard parametere: Resultater av standard parametere forteller oss mye om hvilke prosesser som foregår, og kombinasjonen av verdiene er viktig for å gjøre en korrekt vurdering. Generelt anbefales det at verdiene minimum ligger innenfor "Godkjent intervall" som oppgitt i Tabell 5. Innenfor dette intervallet er væsken lite korrosiv. For optimal væskekvalitet bør verdiene ligge innenfor «Optimalt intervall» i Tabell 5. Ved disse verdiene er det ingen indikasjon på korrosjon, og korrosjonsrisikoen er lav. Den gode væskekvaliteten er et godt utgangspunkt for energiøkonomisk drift og opprettholdelse av anleggets levetid [1].

Dersom en eller flere av verdiene er utenfor det godkjente intervallet må det gjennomføres tiltak for å bedre væskekvaliteten. Vurderingen bør gjøres av fagkyndige med kunnskap om tolkning av væskeanalyser [1].

Parameter	Enhet	Optimalt intervall	Godkjent intervall
Jern (Fe) filtrert	mg/l	< 0,1	< 0,5
Kobber (Cu) filtrert	mg/l	< 0,1	< 0,5
pH^a	-	9.0 - 10.5	8.0 - 10,5
Turbiditet^b	FNU	< 4	< 20
Suspendert stoff^b	mg/l	<5	< 10

^a Gjelder ikke anlegg som inneholder komponenter av aluminium. I anlegg med aluminium må pH ikke overskride 8.5.

^b Kun en av parametere turbiditet eller suspendert stoff er nødvendig.

Tabell 5 - Anbefalte verdier for standard parameter [1]

Det er også en rekke andre parametere som kan være relevante for å kartlegge kvaliteten til væsken i et lukket energianlegget. Dette kan leses mer om i «Veiledning til NS-EN128285:2012+A1:2014 Vannbehandling i lukkede energianlegg».

2.9 Rens

2.9.1 Skylling og rens før igangsettelse

Rengjøring før igangsettelse av et varme- eller kjøleanlegg har som mål å sikre rene overflater slik at anlegget oppnår best mulig utgangspunkt for innregulering, igangkjøring og god væskekvalitet. Rengjøringen skal fjerne støv, sveiseslagg, korrosjonsprodukter, oljer, bakterier og andre forurensninger som av ulike årsaker finnes i anlegget etter montering [1].

Rengjøringen gjennomføres med vann eller en mild renskemikalie. Allerede ved prosjektering bør det vurderes hvilken metode for rengjøring det er hensiktsmessig å benytte, samt eventuelle designelementer som må inkluderes for å kunne gjennomføre rens ved oppstart og under drift. Dette bør prosjekteres samtidig som øvrige vannbehandlingskomponenter [1].

Som et minimum anbefales det at alle nye anlegg skylles med vann før igangsettelse. Behov for bruk av rensmidler vurderes i hvert enkelt tilfelle basert på:

- **Systemvolum**
Mengden forurensninger i anlegg øker med økende systemvolum [1].
- **Systemmaterialer og materialbeskyttelse**
Materialer som normalt er resistente mot korrosjon, for eksempel syrefast stål og plast, er som regel mindre forurenset med korrosjonsprodukter etter installasjon. Denne type materialer har sjelden behov for kjemisk rens. Noen materialer beskyttes med oljer under lagring og transport. Oljen kan gi grobunn for mikrobiologisk vekst etter oppfylling og bør derfor fjernes med en mild renskemikalie [1].
- **Fabrikkeringsmetode**
Modulbaserte eller prefabrikkerte systemer er mindre utsatt for kontaminering under installasjon og har derfor sjeldnere behov for kjemisk rens [1].
- **Systemsensitivitet**
Reguleringsventiler, blandeventiler, små varmevekslere og kjølemaskiner er eksempler på komponenter som kan forstyrres eller blokkeres av mindre mengder partikler. Hvis anlegget inneholder mange sensitive komponenter, vil en kjemisk rens redusere risikoen for driftsforstyrrelser etter igangsettelse [1].
- **Ombygging eller oppgradering av eksisterende anlegg**
Dersom et anlegg utvides eller bygges om er det viktig at eksisterende rørføringer rengjøres før det kobles til nye deler. Ved sammenkobling av et rent og et skittent anlegg vil forurensningene raskt spres og potensielt gjøre skade på den nye delen av anlegget [1].
- **Lengde på byggeperiode**
Lange byggeperioder øker risikoen for dannelse av korrosjonsprodukter og tilsmussing av røroverflater. I et fuktig miljø øker også risikoen for bakterievekst og dannelse av biofilm [1].

2.9.2 Skylling og kjemisk rens under drift

Anlegg med et godt vannbehandlingsprogram og god væskekvalitet trenger i utgangspunktet aldri å skylles eller renses underveis. Unødvendig skylling av anlegg vil medføre tilførsel av luft som kan øke korrosjonsraten. I noen tilfeller er derimot væskekvaliteten så dårlig at skylling eller rens av anlegget kan være nødvendig for å redusere forurensningsnivået før vannbehandlingsprogrammet implementeres eller oppgraderes [1].

Årsaken til at et anlegg har behov for skylling eller rens, kan være:

- Vedvarende tilførsel av luft (oksygen) til anlegget som har bidratt til korrosjon og høyt nivå av korrosjonsprodukter
- Stagnasjon eller lav vannhastighet som har medført mikrobiologisk vekst og/eller redusert passivering av overflaten
- Lekkasjer som har medført høy grad av etterfylling og fortynning av inhibitor/biocid
- Manglende oppfølging, kontroll eller forankring av gjeldende vannbehandlingsprogram
- Ukorrekt bruk av kjemikalier, for eksempel feil type eller over-/ underdosering
- Ekstern kontaminering, for eksempel tilførsel av annen gass/væske grunnet lekkasje i varmeveksler eller etterfylling med kontaminert nettvann.

Selv om man kan sjekke av for et eller flere av punktene ovenfor må det gjøres en individuell vurdering for det enkelte anlegg før skylling og rens gjennomføres. Arbeidet kan være kostbart og det er viktig at den utførende har erfaring, god oversikt over anlegget og kan agere raskt dersom avvik oppstår underveis. En rens som ikke gjennomføres korrekt kan ende med å gjøre større skade på anlegget enn de skadene som var utgangspunktet for rensen. Det anbefales å rådføre seg med et selskap som spesialiserer seg på dette [1].

Tegn på at skylling eller rens kan være nødvendig:

- Redusert varme- eller kjøleeffekt
- Avleiringer i varme- eller kjøleavgivere
- Redusert gjennomstrømming
- Tette ventiler og redusert/hindret regulering
- Store mengder forurensninger i grovsilen
- Blokkeringer/reduert gjennomstrømming eller redusert varmeoverføring i varmevekslere
- Gjentatte lekkasjer
- Tilbakevinnende reduksjon av inhibitorkonsentrasjon
- Tilbakevinnende bakterievekst tross behandling med biocid
- Svært misfarget væske [1]

2.9.3 Mekanisk rens under drift

I tilfeller der væsken inneholder et høyt partikkelinnhold, men det er lite beleggdannelse i anlegget kan det være hensiktsmessig å gjennomføre en mekanisk rens. Ved en mekanisk rens oppgraderes anleggets filterkapasitet i en periode for å øke hastigheten på filtrering av partikler. Dersom anlegget ikke har installert filtersystem fra før bør et permanent filtersystem installeres for å ivareta væskekvaliteten etter at den mekaniske rensen er utført [1].

Ved en mekanisk rens benyttes normalt en mobil rensetralle bestående av et filterhus med høy filterkapasitet, ofte i kombinasjon med magnetfilter. Mobile rensetraller plasseres primært i delstrøm, men det finnes også rensetraller dimensjonert for plassering i hovedstrøm [1].

Den mekaniske rensprosessen kan ha en varighet fra uker til måneder, avhengig av forurensningsgraden i anlegget. Under rensprosessen er det avgjørende at filtrere ettersees regelmessig og skiftes eller rengjøres etter behov for å oppnå en effektiv filtreringsprosess. Desto raskere partiklene filtreres ut av systemet, desto lavere er risikoen for at partiklene sedimenterer og danner belegg som ikke lar seg fjerne mekanisk [1].

I noen tilfeller tilsettes en mild renskemikalie for å løse forurensningene før en mekanisk rens. Ettersom renskemikalier bidrar til å løse opp forurensninger og holde disse i løsning kan dette samtidig gjøre at filtreringsprosessen tar lengre tid. Dersom innholdet av løste forurensninger er høyt, vil det være hensiktsmessig å opprettholde en pH mellom 9.5 og 10.5 for å akselerere utfellingsprosessen. Bruk av lut (natriumhydroksid) kan være hensiktsmessig dersom utfellingsprosessen går langsomt eller stopper opp. Ved bruk av lut er det viktig å påse at det ikke overdoseres, da dette kan medføre økt korrosjonshastighet [1].

Dersom anlegget inneholder noe belegg kan det alternativt benyttes elektromagnetisk vannbehandling til å løse forurensningene slik at disse kan fjernes av filtersystemet [1].

2.10 Vedlikeholdsrutiner

Når et vannbehandlingsprogram er implementert, er oppfølging og vedlikehold de viktigste oppgavene for å sikre stabil væskekvalitet over tid. Alle anlegg har ulik oppbygning og ulike driftsbetingelser, og det er derfor ikke tilstrekkelig å anta at siden ett anlegg har god væskekvalitet, vil dette også gjelde for andre med tilsvarende vannbehandlingsprogram [1].

For å sikre at alle relevante vedlikeholdsrutiner ivaretas bør det utarbeides en komplett vedlikeholdsplan for vannbehandlingsprogrammet som tydeliggjør oppgaver, frekvens for utførelse og ansvarlig utførende. Ofte vil vedlikeholdsoppgaver tilfalle både drifter og leverandører/rørleggere [1].

Tabell 6 gir en oversikt over generelle anbefalte rutiner for et vannbehandlingsprogram, samt anbefalt minimum frekvens. Merk at det kan være behov for hyppigere gjennomføring av rutiner dersom avvik er detektert. Andre rutiner kan tilkomme basert på valgt vannbehandlingsprogram. Følg alltid leverandørens anbefalinger for service og oppfølging [1].

Rutine	Frekvens (minimum) ^a
Kontroll/service av ekspansjonssystem	Årlig
Kontroll/service av utluftningssystem Gjelder vakuumutlufter, mikrobobleutskiller, kombinert ekspansjons- og utluftningssystem o.l.	Årlig
Kontroll/service av korrosjonssikring	Årlig
Væskeanalyse (standard parametere)	Årlig
Væskeanalyse (frostvæskekonsentrasjon)	Hvert 5. år
Kontroll/vedlikehold av partikkelfilter	To ganger i sesong / Kvartalsvis for anlegg med helårsdrift
Kontroll/vedlikehold av magnetfilter	To ganger i sesong / Kvartalsvis for anlegg med helårsdrift
Tilbakespyling av sandfilter	To ganger i sesong / Kvartalsvis for anlegg med helårsdrift
Kontroll av påfylling (etterfylt volum)	Månedlig
^a <i>Eller etter leverandørens anbefaling.</i>	

Tabell 6 - Vedlikeholdsrutiner for vannbehandlingsprogram [1]

2.11 Graddager

Noen steder i landet er det veldig kaldt, andre steder er det mildere. Noen år er ekstra kalde, mens andre år er varme. For å kunne sammenligne energibruk til oppvarming i bygninger på ulike steder, over flere år, trenger vi å korrigere tallene. Bruk av graddagstall er en beregningsmetode som gjør dette mulig [8].

2.11.1 Energigradtall

Energigradtall (også kalt fyringsgraddager) er et mål på oppvarmingsbehovet. Utgangspunktet for beregning av energigradtall er døgnmiddeltemperaturen. En antar at det ikke foreligger noe fyringsbehov når døgnmiddel-temperaturen overstiger 17 °C. Energigradtallet (eller fyringsbehovet) for et døgn defineres derfor som antall grader døgnmiddeltemperaturen ligger under 17 °C. Ligger døgnmiddeltemperaturen på 17 °C eller høyere, blir energigradtallet 0 (ikke noe fyringsbehov). Ligger døgnmiddeltemperaturen derimot under 17 °C, legger en til det antall grader som skal til for å komme opp i 17. Energigradtall for måneder og år får en ved å summere døgn-tallene [9].

Når en skal sammenligne energibruk over flere år, tas det hensyn til at energi-bruken til oppvarming i stor grad påvirkes av om aktuelt år var et kaldere eller varmere år enn normalt. Mer presist benyttes «temperaturkorrigering» for å korrigere for den stedlige utetemperaturen i aktuelt år slik at energibruken kan sammenlignes med tidligere år [9].

Beregningsmetoden for temperaturkorrigering bruker energigradtall og gradtallnormaler. Energigradtall er et mål på oppvarmingsbehovet og er gitt ved differansen mellom døgnmiddeltemperaturen og basistemperaturen på 17 °C. Dersom døgnmiddeltemperatur eksempelvis er 12 °C, vil gradtallet for det aktuelle døgnet bli $17 - 12 = 5$. Negative tall settes lik null [9].

Ved å summere alle gradtallene innenfor samme år får man energigradtallet. Jo høyere energigradtall, jo kaldere klima. Fyringssesongens start er definert som den dagen døgnmiddeltemperaturen kommer under 11 °C, og slutter om våren når 9 °C passerer. Gradtallene for de enkelte år følger i hovedsak de tilsvarende årsmiddeltemperaturene, men med motsatt fortegn. Jo lavere årsmiddeltemperaturen er, jo høyere er årssummen for gradtallet. Forholdet mellom de to er imidlertid ikke lineært, men avhengig av temperaturfordelingen gjennom året. Vintermånedene gir de største bidragene til årssummen for gradtall, mens alle månedsmiddeltemperaturene teller likt ved beregning av årsmiddeltemperatur [8].

Summen av energi levert til et bygg omfatter energi til både oppvarming, ventilasjon, varmtvann, belysning, maskiner og utstyr [9].

2.11.2 Temperaturkorrigering

For å kunne sammenligne energibruken fra år til år, må tallene korrigeres for faktisk middelutetemperatur i de årene. Til dette benyttes gradtallsmetoden basert på energigradtall. Ikke all energibruk er avhengig av utetemperatur. Hvor stor del av energibruken som må temperaturkorrigeres, varierer med bygningstypen. Tabell 7 viser temperaturavhengig andel for forskjellige bygningstyper oppgitt i Enovas byggstatistikk 2017 [9].

Det er to måter å temperaturkorrigere energibruk på avhengig av om du skal sammenligne bygg i samme temperatursone/by, eller om du skal sammenligne på landsbasis.

Skal du sammenligne et og samme bygg over forskjellige år kan du bruke følgende formel:

$$E_T = E * T_{uavhengig} * + E * T_{avhengig} * \left(\frac{\text{Normalgradtall}}{\text{Graddagstall}_{\text{Aktuelt år}}} \right) \quad (\text{Formel 1})$$

E_T = Tilført temperaturkorrigert energiforbruk

E = Tilført energiforbruk

$T_{uavhengig}$ = Forbruksandelen som ikke er avhengig av utetemperatur

$T_{avhengig}$ = Forbruksandelen som er avhengig av utetemperaturen

Normalgradtall = Nasjonal normalgradtall for aktuell by i perioden 1981 – 2010

Graddagstall_{Aktuelt år} = Energigradtall i aktuell by for aktuelt år

Skal du derimot sammenligne bygg fra forskjellige byer må du både temperatur- og stedskorrigere. Dette kan gjøres med følgende formel:

$$E_{TS} = E * T_{uavhengig} * + E * T_{avhengig} * \left(\frac{\text{Normalgradtall}_{\text{Oslo}}}{\text{Graddagstall}_{\text{Aktuelt år}}} \right) \quad (\text{Formel 2})$$

E_{TS} = Tilført temperatur – og stedkorrigert energiforbruk

E = Tilført energiforbruk

$T_{uavhengig}$ = Forbruksandelen som ikke er avhengig av utetemperatur

$T_{avhengig}$ = Forbruksandelen som er avhengig av utetemperaturen

Normalgradtall = Nasjonal normalgradtall for Oslo i perioden 1981 – 2010

Graddagstall_{Aktuelt år} = Energigradtall i aktuell by for aktuelt år [9].

Temperaturavhengig andel:

Bygnings-kategori	Eldre enn 1950 (Eldre)	1951-1970 (TEK49)	1971-1988 (TEK69)	1989-1998 (TEK87)	1999-2008 (TEK97)	2009-2011 (TEK07)	2012-2016 (TEK10)	Passivhus/ lavenergi
Småhus	0,75	0,70	0,60	0,50	0,50	0,35	0,30	0,25
Boligblokk	0,70	0,65	0,60	0,40	0,40	0,30	0,25	0,20
Barnehage	0,75	0,70	0,65	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Kontorbygg	0,55	0,45	0,45	0,40	0,30	0,25	0,20	0,20
Skolebygg	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Universitet- og høyskolebygg	0,50	0,45	0,40	0,40	0,30	0,25	0,20	0,15
Sykehus	0,45	0,40	0,35	0,40	0,35	0,25	0,20	0,15
Sykehjem	0,50	0,45	0,45	0,40	0,40	0,30	0,25	0,20
Hoteller	0,55	0,50	0,45	0,45	0,35	0,35	0,30	0,25
Idrettsbygg	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Forretningsbygg	0,50	0,45	0,40	0,40	0,30	0,25	0,25	0,25
Kulturbygg	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Lett industri, verksteder	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,40	0,35

Tabell 7 - Temperaturavhengig andel i forskjellige bygningstyper [9]

3 Metode

Dette kapitlet gir en detaljert beskrivelse av metodene som ble benyttet i denne masteroppgaven.

Det starter med en oversikt over det forskjellige vannbehandlingsutstyret som er benyttet, videre en beskrivelse av de spesifikke bygningene som er med i denne studien, en oversikt om hvordan datainnsamlingen ble gjennomført og til slutt metodene som ble brukt for å analysere dataene og trekke konklusjoner.

3.1 Litteraturstudie

Litteraturstudie presenterer viktig teori rundt temaet vannbehandling av lukkede energianlegg. Litteraturstudie ble sammen med analyse av installert utstyr, energiforbruk og vannprøver brukt for å skape en god diskusjon og konklusjon rundt viktigheten av riktig vannbehandlingssystem.

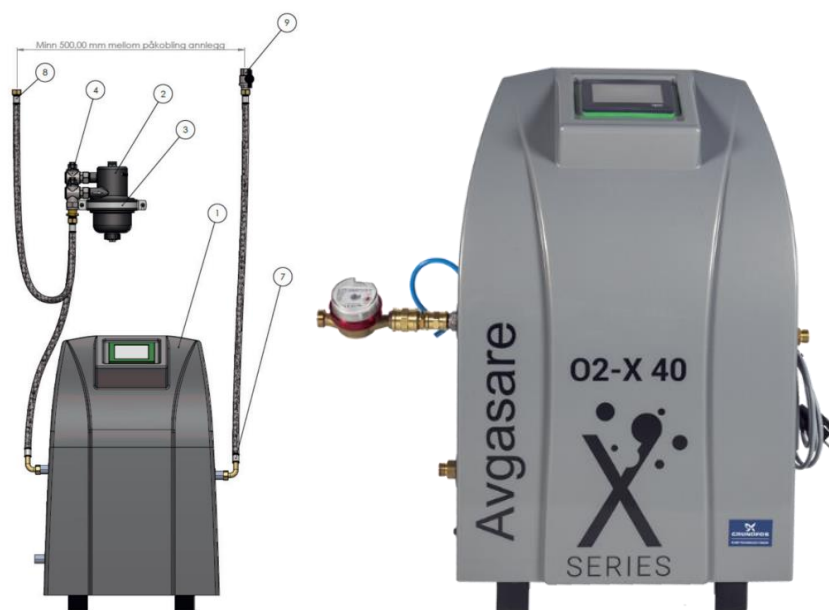
3.2 Installert vannbehandlingsutstyr

Utstyret som er installert er likt i de flere av byggene og det vil derfor bli gitt en generell beskrivelse av utstyret i dette kapitlet.

3.2.1 Vakuumavgasser HL O2-X 40, autofyll:

Dette er en vakuumavgasser som er designet for å tåle kravene som stilles i moderne varme- og kjøleanlegg. Ved installasjon av O2-X 40 startes den første avgassingens enkelt ved å trykke på en knapp. Avgassing foregår kontinuerlig i 30 dager før den automatisk går over til vedlikeholdsavgassing. Vedlikeholdsavgassing betyr at avgassing skjer 1 time hver dag, 5 dager i uken.

Vakuumavgasseren kommer med et Magnaclean Twin Tech filter som installeres på tilførselen for å forhindre at partikler fester seg i avgasseren [10].



Figur 20 - Vakuumavgasser HL O2-X [10]

3.2.2 Spirovent Superior S250

Spirovent Superior S250 er en helautomatisk vakuumavgasser for varme-, kjøle- og prosessanlegg.

Virkemåte: En pumpe henter ut en mengde systemvæske fra anlegget. En magnetventil stenger og skaper et vakuum, slik at de oppløste gassene frigjøres fra systemvæsken. Disse samles i toppen av karet, og slippes ut gjennom topputlifteren. Den avgassede og absorberende væsken sendes tilbake i anlegget, og vil absorbere gasser igjen. Straks gasser skilles ut registreres det av den integrerte SmartSwitch-enheten. Dersom denne ikke registrerer noe i løpet av et gitt tidsrom vil SpiroVent Superior tolke dette som at mengden oppløste og frie gasser har nådd et minimumsnivå. Avgassingsprosessen vil da stoppe automatisk og starte på nytt ved neste definerte tidspunkt, slik at enheten kun kjører når det er behov. Som et resultat av dette holdes energiforbruket så lavt som mulig, og levetiden til kostbare komponenter økes betraktelig [11].



Figur 21 - Spirovent Superior S250 [11]

3.2.3 Magnaclean DRX Magnetittfilter:

Filteret består av et magnetbånd rundt filterhuset som inneholder høytstående neodymmagneter, viklet rundt en beholder i rustfritt stål. Filteret fanger jernoksid, slam og ikke-magnetiske partikler med sine sterke magneter [12].



Figur 22 - Magnaclean DRX [12]

3.2.4 Magnaclean CMX:

Dette er et filter i 316L rustfritt stål med kombinasjon av magnetstav og filterpatron. Filteret kan monteres både i delstrøm og fullstrøm. Kombinasjonen av sterk magnet for fangst av jernoksid og fangst av brunrust/ ikke magnetiske partikler er CMX sin store styrke [13].

Hvert MagnaClean CMX-filter kan konfigureres og omkonfigureres i henhold til spesifikke systembehov og krav. Ved installasjonspunktet skal de konfigureres til å filtrere magnetisk avfall bare for å fange opp så mye magnetitt fra systemet som mulig, samtidig som det sørges for at ikke-magnetiske patronfiltre ikke blokkeres unødvendig med magnetisk materiale. Når magnetiske fangsthastigheter begynner å reduseres, kan patronfiltre og filterposer med størrelser på 5–50 mikron plasseres i filterhusene og begynne fangsten av umagnetiske forurensninger i systemet [13].



Figur 23 - Magnaclean CMX Nano [13]

3.2.5 Magneclean Proffesional 2

MagnaClean® Professional2 er et høy effektivitets, magnetisk og ikke-magnetisk filter utformet for å beskytte alle typer varmesystemer. Det fjerner tilnærmet 100% av svart jernoksid og det kan settes både i fullstrøm og delstrøm. Filteret har en hylse med 2 kammer for fangst av brun rust og ikke magnetiske partikler og en 12000 Gauss magnetstav som fanger opp jernoksid og organisk avfall [14].



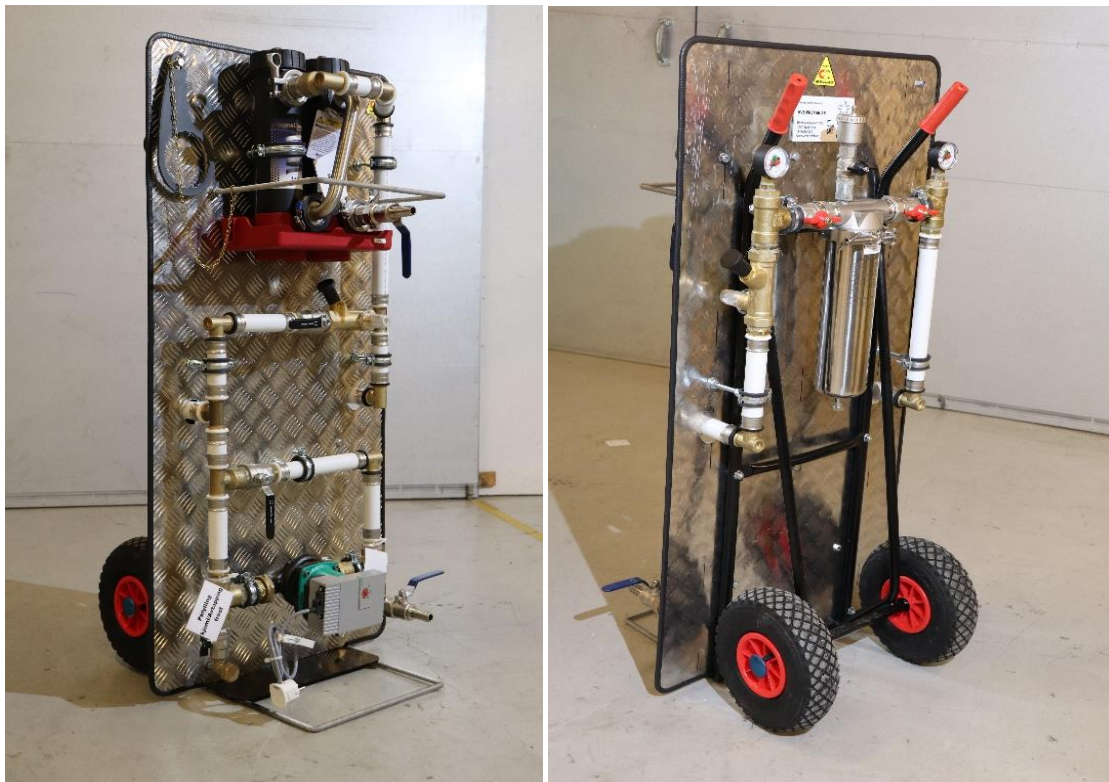
Figur 24 - Magnaclean Proffesional 2 [14]

3.2.6 Canes rensetralle

Canes rensetralle er et ferdigbygd renseanlegg festet på en tralle for enkel transport. Dette brukes under kjemisk rens av anlegg. I stedet for å sette inne et kostbart kombinertfilter i mindre varmeanlegg, kan Canes Rensetralle enkelt kobles inn i anlegget i fullstrøm. Dette sikrer full flow over rensetralle med beste mulighet for fangst av skadelige partikler både før, under og etter rens. Når kjemisk rens er ferdig frakobles rensetrallen [15].

Fullstrømsfilter: I front er det 1 stk. Magna Cleance Magnetfilter som sikrer fangst av jernoksid i fullstrøm. Dette har 2 store kraftige magnetstaver som fanger skadelige magnetiske partikler (jernoksid) som sirkulerer i vannet/væsken. Adey magnetfiltre har lavt trykkfall ved fullt filter, noe som sikrer at under en kjemisk rens vil fangst av skadelige jernoksid partikler bli fanget på hver tur [15].

Delstrømsfilter: For å unngå driftsstans ved service av MC MagnaCleance filter i fullstrøm er det laget et bypass. I denne bypass kretsen er det montert Cmx Nano filter. Cmx Nano er konstruert for sikre fangst av ikke magnetiske partikler og magnetisk jernoksid. Fordelen med magneter i senter av filterpatroner er å sikre lavere hastighet over magnet som vil bidra til fangst av mindre magnetisk jern som brunrust [15].



Figur 25 - Canes rensetralle [15]

3.3 Bygningsbeskrivelse

Dette kapittelet gir en oversikt over bygningene som har blitt utstyrt med vannbehandlingsanlegg av Haaland Nord, og som vil være byggene som analyseres i denne oppgaven. I det følgende vil hver enkelt bygning beskrives, og hva varme- og vannbehandlingsanleggene består av.

3.3.1 Prinsens gate 83-85

Prinsens gate 83-85 består av 42 leiligheter oppført i 2016 i sentrum av Bodø og er en del av Kvartal 98 som består av bolig- og næringsbygg som har vært under kontinuerlig bygging siden 2008 [16] .



Figur 26 - Prinsens gate 83-85 [16]

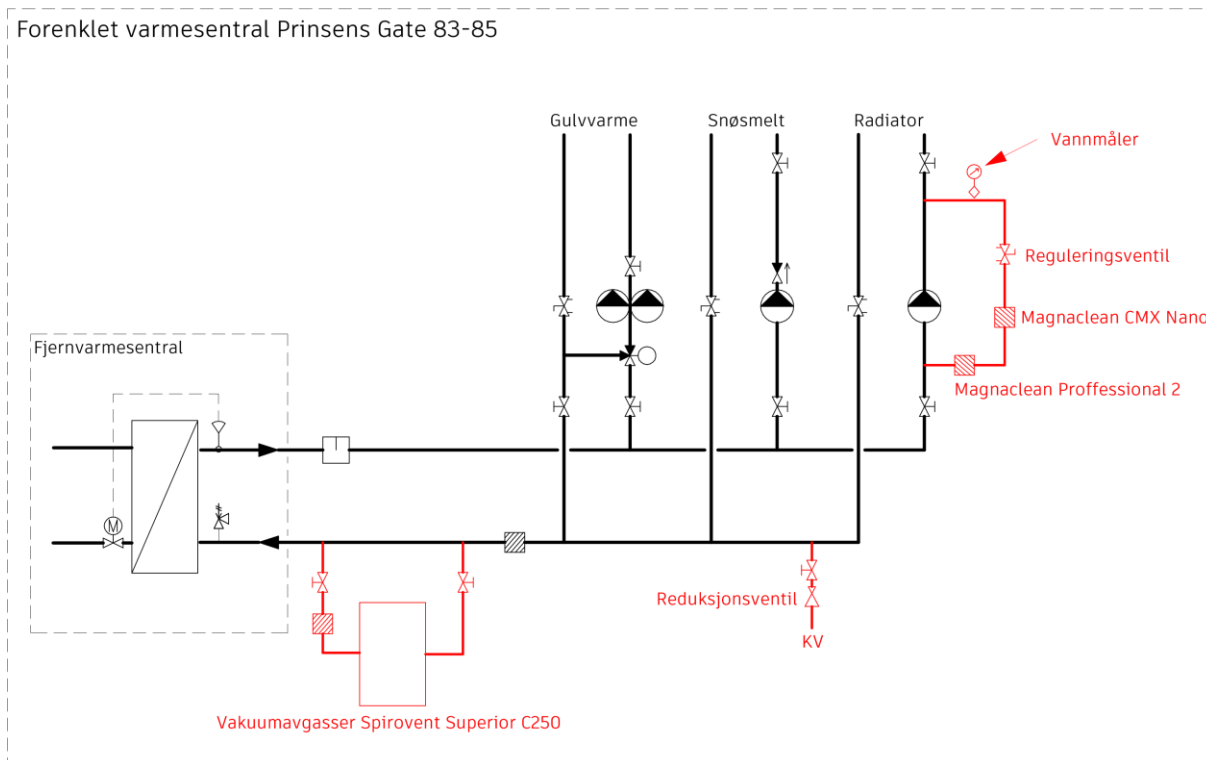
Teknisk anlegg: Anlegget består av gulvvarme som varmeavgivere og rør av sort/galvanisert stål.

Vannbehandling: Vannbehandlingsanlegg ble installert i mars 2022 og det ble tatt etterprøver september 2023.

Anlegget består av:

- Spirovent Superior S250 Vakuumskiller
- Magnaclean CMX Nano partikkelfilter
- Magnaclean Professional 2 magnetfilter

Vanligvis vil det ikke være behov for Professional og CMX i serie, men på dette prosjektet ble det brukt en tidlig versjon av CMX uten magnetstav og det er derfor montert inn en Professional i forkant for å fange opp jernoksid.



Figur 27 - Forenklet systemskjema Prinsens Gate 83-85

Komponenter markert i rødt på Figur 27 har Haaland Nord montert i forbindelse med vannbehandlingsanlegget. Spirovent Superior C250 har ikke automatisk påfylling, det ble derfor montert en ekstern automatisk påfylling ved hjelp av en reduksjonsventil innstilt på anleggets driftstrykk.



Figur 28 - Vannbehandlingsanlegg montert i Prinsens gate 83-85

3.3.2 Meierikvartalet

Meierikvartalet består av 112 leiligheter bygd i 2019 i sentrum av Bodø. Bygget er et modulbygg hvor alle leiligheter er produsert som moduler i Estland. Parkeringskjeller og plan 1 er bygget på plassen og VVS er utført av Haaland Nord.

Bygget er på totalt 20560 m² hvor 10680 m² er leiligheter og 9880 m² er parkeringskjeller og næring. Næringen består av 2 treningsentre og en Kiwibutikk [17].



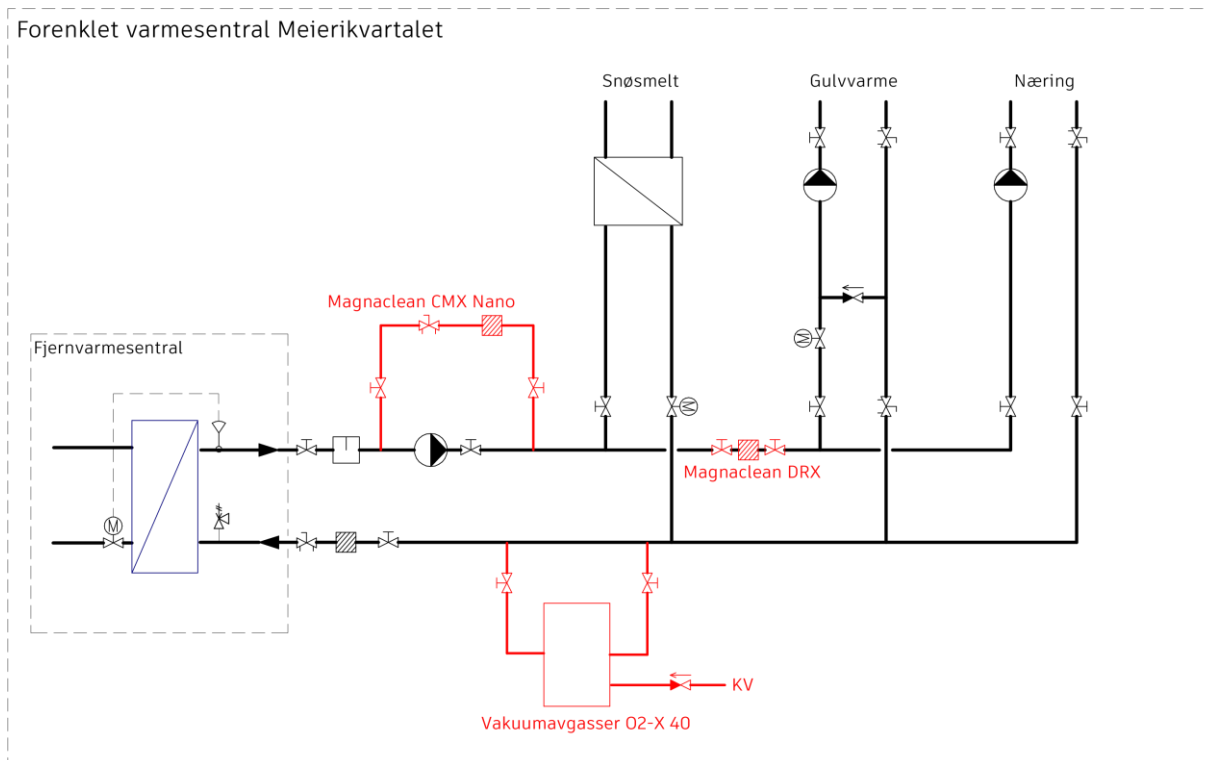
Figur 29 - Meierikvartalet [17]

Teknisk anlegg: Anlegget består av gulvvarme som varmeavgivere og rør av sort/galvanisert stål.

Vannbehandling: Vannbehandling ble installert i september 2022 og det ble tatt etterprøver september 2023.

Anlegget består av:

- Canes O2-X 40 Vakuumutskiller
- Magnaclean CMX Nano partikkelfilter
- Magnaclean DRX Magnetittfilter



Figur 30 - Forenklet systemskjema Meierikvartalet

Komponenter markert i rødt på Figur 30 har Haaland Nord montert i forbindelse med vannbehandlingsanlegget. Her er Magnaclean CMX Nano partikkelfilter montert i delstrøm over hovedpumpen. Magnaclean DRX er montert i fullstrøm på turledning og vakuumutskiller er montert i delstrøm på returledningen.



Figur 31 - Vannbehandlingsanlegg montert i Meierikvartalet

3.3.3 Seilasveien borettslag

Seilasveien borettslag består av 36 leiligheter bygd i 2015 i utkanten av Bodø sentrum.



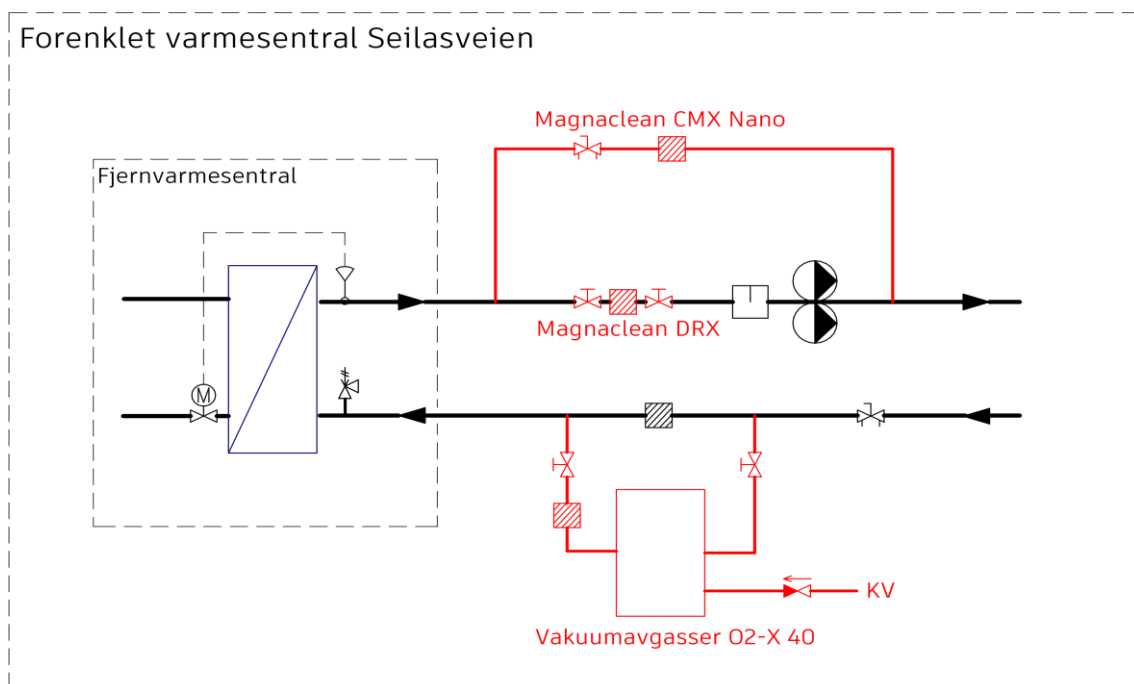
Figur 32 - Seilasveien borettslag [18]

Teknisk anlegg: Anlegget består av gulvvarme som varmeavgivere og rør av sort stål/galvanisert stål.

Vannbehandling: Vannbehandlingsanlegg ble installert i oktober 2022 og det ble tatt etterprøver november 2023.

Anlegget består av:

- Canes O2-X 40 Vakuumsutskiller
- Magnaclean CMX Nano partikkelfilter
- Magnaclean DRX Magnetittfilter



Figur 33 - Forenklet systemskjema Seilasveien borettslag

Komponenter markert i rødt på Figur 33 har Haaland Nord montert i forbindelse med vannbehandlingsanlegget. Her er Magnaclean CMX Nano partikkelfilter montert i delstrøm over hovedpumpen. Magnaclean DRX er montert i fullstrøm på turledning og vakuumutskiller er montert i delstrøm på returledningen.



Figur 34 - Vannbehandlingsanlegg montert i Seilasveien borettslag

3.3.4 Rønvik menighetsbarnehage

Rønvik menighetsbarnehage er en barnehage på ca. 155 m² bestående av to avdelinger rett i utkanten av Bodø sentrum.



Figur 35 - Rønvik Menighetsbarnehage [19]

Teknisk anlegg: Anlegget består av gulvvarme som varmeavgivere og rør i galvanisert stål. Anlegget blir varmet opp av elektrisk dobbeltmantlet bereder. Rønvik menighetsbarnehage hadde problemer med varmedistribusjonen i bygget, og det ble gjort et godt stykke arbeid for å løse dette. Termostater var ikke koblet opp mot riktig kurs, og det fantes ingen tegninger på hvor alt var koblet sammen. Varmeanlegget ble derfor skrudd av for at det skulle bli kaldt i gulvene, så kjørte Haaland varme på en og en kurs, analyserte hvor denne gikk ved hjelp av termokamera og fikk koblet alle termostater opp mot riktig kurs. Det var også mistanke om at det hadde bygd seg opp biofilm på innsiden av rørene, og det ble derfor bestemt at det skulle gjøres en kjemisk rens av anlegget.

Vannbehandling: Det ble tatt prøver av vannet i varmeanlegget i mai 2022, før vannbehandlingsanlegg ble installert i oktober 2022 og det ble tatt etterprøver september 2023. Dette er det eneste anlegget det ikke ble brukt vakuums skiller og det eneste anlegget det ble brukt kjemisk rens på.

Her ble Canes rensetralle satt inn i oktober 2022 og denne ble fjernet etter ca. 3 måneder. Hensikten med kjemisk rens er å sikre rene overflater ved å fjerne biofilm, oljer, støv og andre forurensinger som finnes i anlegget. Med rene overflater reduseres risikoen for korrosjon og effekten av vannbehandling økes [20].

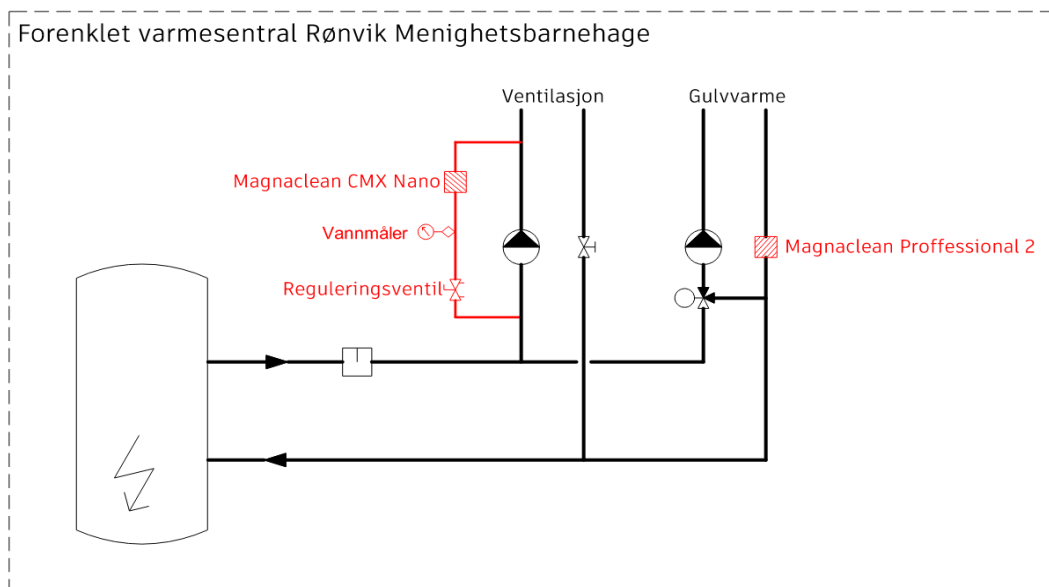
Følgende ble utført med rensetrallen:

- 27.10.2022 ble det dosert inn MC35 renseskjemikalie. Dette er en antibakteriell kjemi som bidrar til å bryte ned beleggdannelse og biofilm som består av virus og bakterier [21].
- 04.11.2022 ble det dosert inn MC10 Biocide. Dette er et biocid som hindrer bakteriell utvikling i et varme/kjøleanlegg [22].
- 10.11.2022 ble det dosert inn MC1+ Protector. Dette er en høyt ytende beskyttelseskjemi. Denne benyttes for å sikre rene overflater som vil gi best mulig vilkår for Inhibitor til å hindre galvaniske prosesser [23].

Etter rensetrallen ble fjernet består anlegget per dags dato av:

- Magnaclean CMX Nano partikkelfilter
- Magnaclean Professional 2 magnetittfilter

Disse er markert i rødt på Figur 36.



Figur 36 - Forenklet systemskjema Rønvik menighetsbarnehage



Figur 37 - Vannbehandlingsanlegg montert i Rønvik menighetsbarnehage

3.4 Datainnsamling

Dette avsnittet gir en oversikt over hvordan nødvendige data og informasjon for studien ble innhentet.

3.4.1 Prøvetaking

Som en del av studien ble vannprøver tatt før og etter installering av vannbehandlingsanlegget.

Prøvene omfattet målinger av pH-verdier, turbiditet, kobber og jerninnhold i vannet. Dette ble gjort for å evaluere vannkvaliteten før og etter innstalleringen av vannbehandlingsanlegget og for å vurdere eventuelle endringer som kan være relevante for varmeanlegget.

Prøvetaking ble gjort i henhold til instruksjoner fra leverandør, og er relativt like de som senere er beskrevet i den nye veiledningen.

«Ved uttak av vannprøve er det avgjørende at prøvetaking gjennomføres korrekt. I stussene ligger ofte større mengder sedimenterte partikler, og dersom disse inkluderes i prøveflasken vil analyseresultatene indikere at anleggets væskekvalitet er dårligere enn hva som er reelt.

Ved prøvetaking skal det alltid benyttes standardiserte prøveflasker levert av laboratoriet. Brusflasker eller lignende skal ikke benyttes. De fleste laboratorier krever at prøver sendes inn samme dag for å oppnå akkrediterte analyser.

Metode for prøvetaking:

1. Lokaliser en egnet stuss/tappeventil i teknisk rom.
2. Åpne forsiktig og slipp ut forurensningene i ventilen ved å tappe maksimalt i 10 sekunder.
3. Fyll opp hele prøveflasken og sett på korken.
4. Merk prøveflasken tydelig med påkrev informasjon. Denne informasjonen kan variere ved de ulike laboratoriene, og enkelte leverandører kan ha egne retningslinjer for merking.
5. Send eller lever prøveflasken på laboratoriet samme dag for å oppnå akkrediterte analyser.

Merk at enkelte analyseparametere kan kreve andre typer flasker. Kontroller alltid at du benytter riktig prøveflaske før prøven leveres til laboratoriet» [1].

Alle prøvene ble tatt i teknisk rom i Meierikvartalet, Seilasveien og Prinsens gate, mens det ble tatt i et gulvvarmeskap i Rønvik Menighetsbarnehage. De neste underkapitlene vil vise hvor prøvene ble tappet.

3.4.1.1 Prinsens Gate 83-85

Vannprøvene ble tatt på ventil på samlestocken før automatisk påfylling ble montert. Ved etterprøver ble ventilen demontert.

Dato første vannprøve: 09.03.2022

Dato andre vannprøve: 06.09.2023



Figur 38 - Vannprøvepunkt Prinsens gate 83-85

3.4.1.2 Meierikvartalet

Vannprøvene ble tatt på ventil på mikrobobleutskiller.

Dato første vannprøve: 22.09.2022

Dato andre vannprøve: 11.09.2023



Figur 39 - Vannprøvepunkt Meierikvartalet

3.4.1.3 Seilasveien borettslag

Vannprøvene ble tatt på ventil på mikrobobleutskiller.

Dato første vannprøve: 10.10.2022

Dato andre vannprøve: 08.11.2023



Figur 40 - Vannprøvepunkt Seilasveien borettslag



Figur 41 - Vann tappet ut av magnetittfilter

Figur 41 viser vannet som ble tappet ut av magnetittfilter i forbindelse med service på anlegget.

3.4.1.4 Rønvik Menighetsbarnehage

Vannprøvene ble tatt fra fordelerstokk til gulvvarmen.

Dato første vannprøve: 10.05.2022

Dato andre vannprøve: 06.09.2023



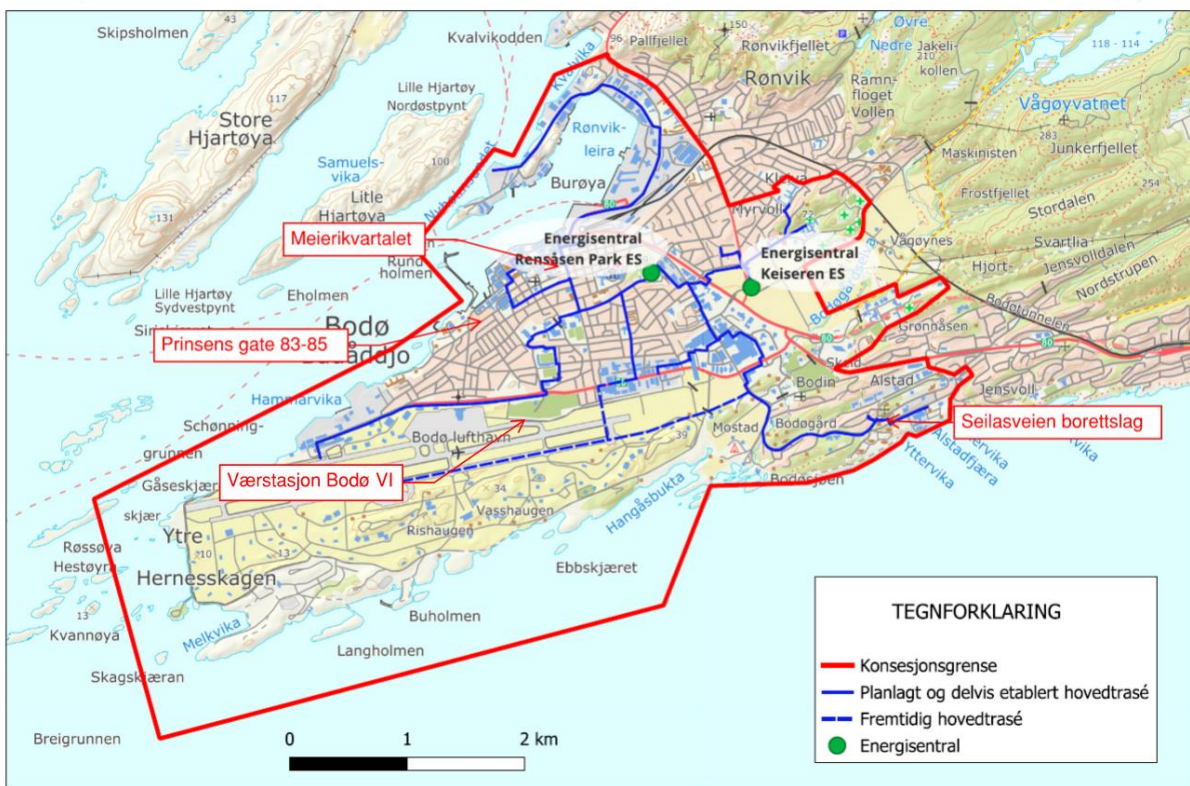
Figur 42 - Vannprøvepunkt Rønvik menighetsbarnehage

3.4.2 Energiforbruk fra Bodø Energi

Meierikvartalet, Prinsens gate 83-85 og Seilasveien borettslag ligger alle innenfor konsesjonsområdet til Bodø Energi og er derfor tilkoblet fjernvarmenettet.

Konsesjonskart BE Varme

19.10.2023



Figur 43 - Konsesjonsområde fjernvarmeanlegg - Bodø Energi [24]

Med samtykke fra de forskjellige borettslagene var det mulig å hente ut energiforbruk før og etter installering av vannbehandlingsanlegg fra Bodø Energi sin fjernvarmesentral. Bodø Energi var behjelpelige med å hente ut energiforbruk på dagsintervall for hele 2022 og 2023.

Disse excelarkene ble analysert og energiforbruket ble sammenlignet før og etter vannbehandling.

3.4.3 Korrigering av energiforbruk

For å få et mer korrekt bilde ble det hentet inn middeltemperaturer for hver dag i 2022 og 2023 fra meteorologisk institutt. Målingene er gjort ved stasjon «Bodø VI» som er markert inn på Figur 43. Disse ble gjort om til antall energigraddager i hht til kapittel 2.11.1.

Tabell 7 viser hvor stor del av energibruken til et bygg som er temperaturavhengig. Denne energien omfatter også strømforbruk, noe jeg ikke hadde tilgang til i denne oppgaven. Energiforbruket fra fjernvarmen brukes både til å varme opp bygget, ventilasjonsoppvarming og varmt forbruksvann. For disse byggene vil derfor temperaturavhengig del være byggets oppvarmingsbehov og ventilasjonsvarme, mens byggets varmtvannsforbruk vil være den temperaturuavhengige delen.

Det er umulig å kalkulere nøyaktig hvor stor del som er temperaturavhengig og hvor stor del som er temperaturavhengig, så det ble gjort en vurdering basert energiforbruket i perioder hvor temperaturen var høy og det er antatt ingen behov for bygningsoppvarming.

Tabell 8 viser en oversikt over verdiene brukt i kalkulasjonen som temperaturuavhengig andel. Som vi ser er andelen av totalt energiforbruk for Prinsens gate 83-85 og Seilasveien borettslag vesentlig høyere enn for Meierikvartalet. Dette skyldes nok at de to førstnevnte er rene boligblokker, mens Meierikvartalet inneholder store næringsdeler som krever en del mer energi til oppvarming enn til varmt tappevann.

Bygg:	Daglig energiforbruk varmtvann [kWh]	Andel av totalt energiforbruk fra fjernvarmen
Prinsens gate 83-85	300	Ca. 46 %
Meierikvartalet	600	Ca. 31 %
Seilasveien borettslag	300	Ca. 44%

Tabell 8 - Energiforbruk varmt tappevann

I utgangspunktet vil det være vanlig å temperaturkorrigere energiforbruket opp mot normalår som beskrevet i kapittel 2.11, men siden vi bare skal sammenligne to spesifikke år og det ikke var mulig å finne normalgradtall på månedsbasis for referanseperioden, ble det valgt å gjøre det på en annen måte.

For hver enkelt måned i de to årene ble det totale temperaturavhengige energiforbruket delt på det totale antallet graddager for å få energiforbruket per graddag. Denne beregningen gir en normalisert verdi av energiforbruket som tar hensyn til variasjoner i utetemperaturen. Dette vil gi en god indikator på om det var noen endringer i bygningens månedlige energiforbruk som kunne tilskrives andre faktorer enn utetemperaturen, for eksempel vannbehandling.

Det var viktig å analysere perioden før vannbehandlingsanlegg ble installert i 2022 for å sammenligne med samme periode i 2023.

Bygg:	Sammenligningsperiode:
Prinsens gate 83-85	Januar til mars
Meierikvartalet	Januar til september
Seilasveien borettslag	Januar til oktober

Tabell 9 - Sammenligningsperiode Energiforbruk

3.4.4 Labora AS – analyse

For den kjemiske analysen av vannprøvene ble samtlige prøver sendt til Labora AS, et akkreditert analyselaboratorium lokalisert i Bodø. Labora AS har omfattende erfaring med kvalitetskontroll og analyse av ulike vannparametere og har oppnådd anerkjennelse for sin kompetanse innen dette området. Prøvene ble analysert med høy nøyaktighet og i samsvar med nasjonale standarder og retningslinjer for vannkvalitetsmålinger.

4 Resultater

Utdrag fra analyseresultater gjort av Labora AS. Fullstendige rapporter kan ses i vedlegg 1-4.

Prinsens gate 83-85				
Måledato	09.03.2022		06.09.2023	
pH	10,2		9,8	
Turbiditet	2,1	FNU	0,9	FNU
Kobber	3,83	µg/L	14,1	µg/L
Jern	1,65	mg/L	0,0994	mg/l

Tabell 10 - Analyseresultater Prinsens gate 83-85

Meierikvartalet				
Måledato	22.09.2022		22.09.2023	
pH	9,3		8,6	
Turbiditet	12	FNU	3	FNU
Kobber	544	µg/L	16,9	µg/L
Jern	7,95	mg/L	0,131	mg/l

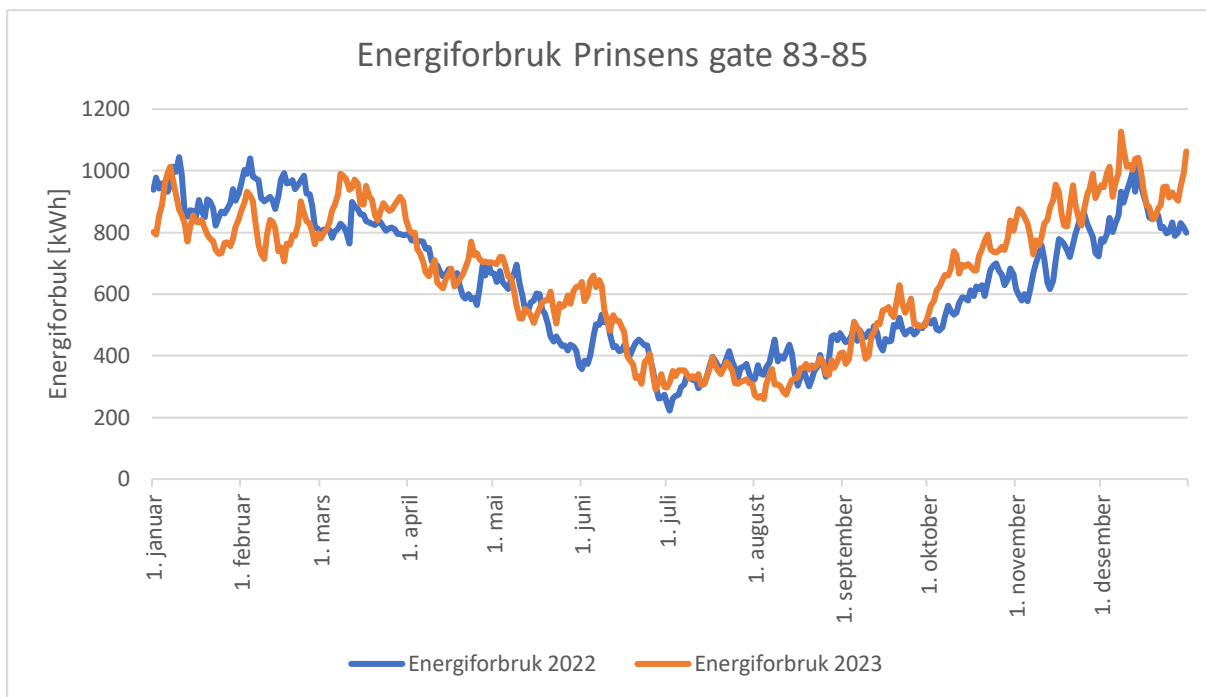
Tabell 11 - Analyseresultater Meierikvartalet

Seilasveien borettslag				
Måledato	10.10.2022		08.11.2023	
pH	9,0		9,2	
Turbiditet	3,1	FNU	0,3	FNU
Kobber	2,88	µg/L	0,59	µg/L
Jern	6,06	mg/L	0,0964	mg/l

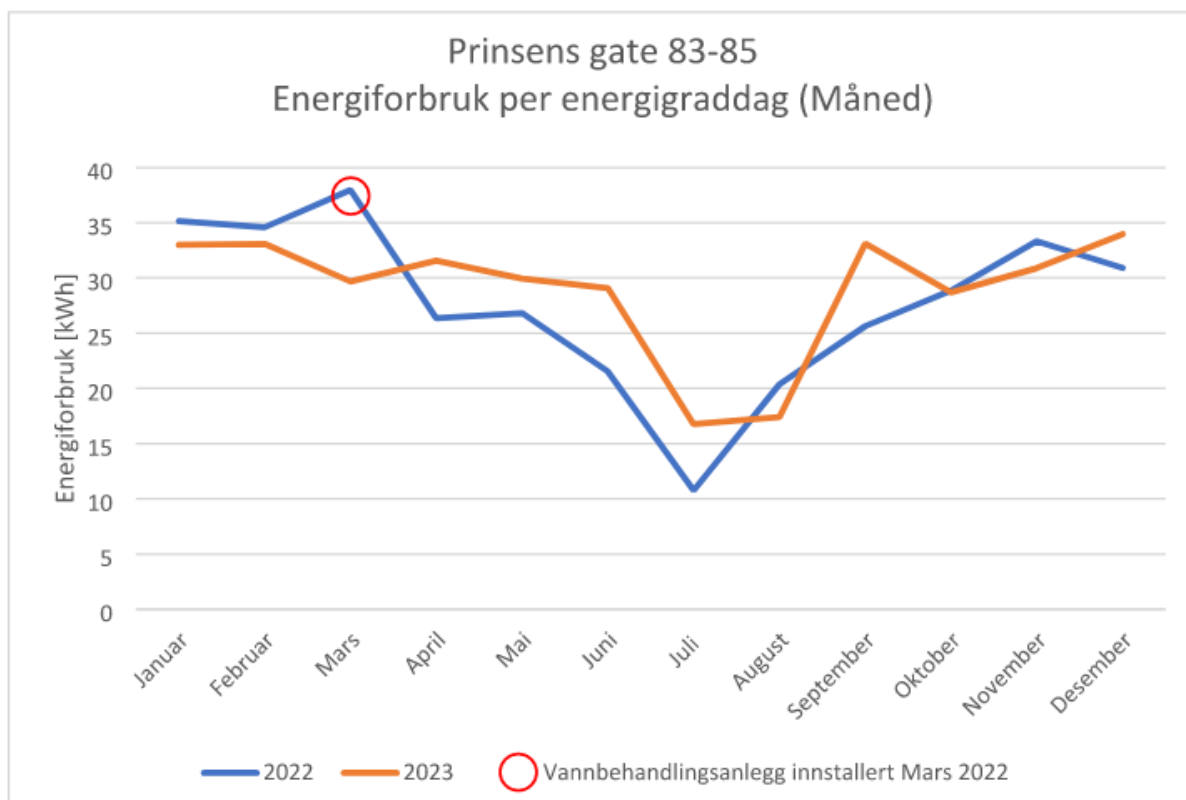
Tabell 12 - Analyseresultater Seilasveien borettslag

Rønvik menighetsbarnehage				
Måledato	10.05.2022		06.09.2023	
pH	9,1		7,6	
Turbiditet	154	FNU	1,6	FNU
Kobber	3290	µg/L	76,8	µg/L
Jern	54,3	mg/L	11,8	mg/l

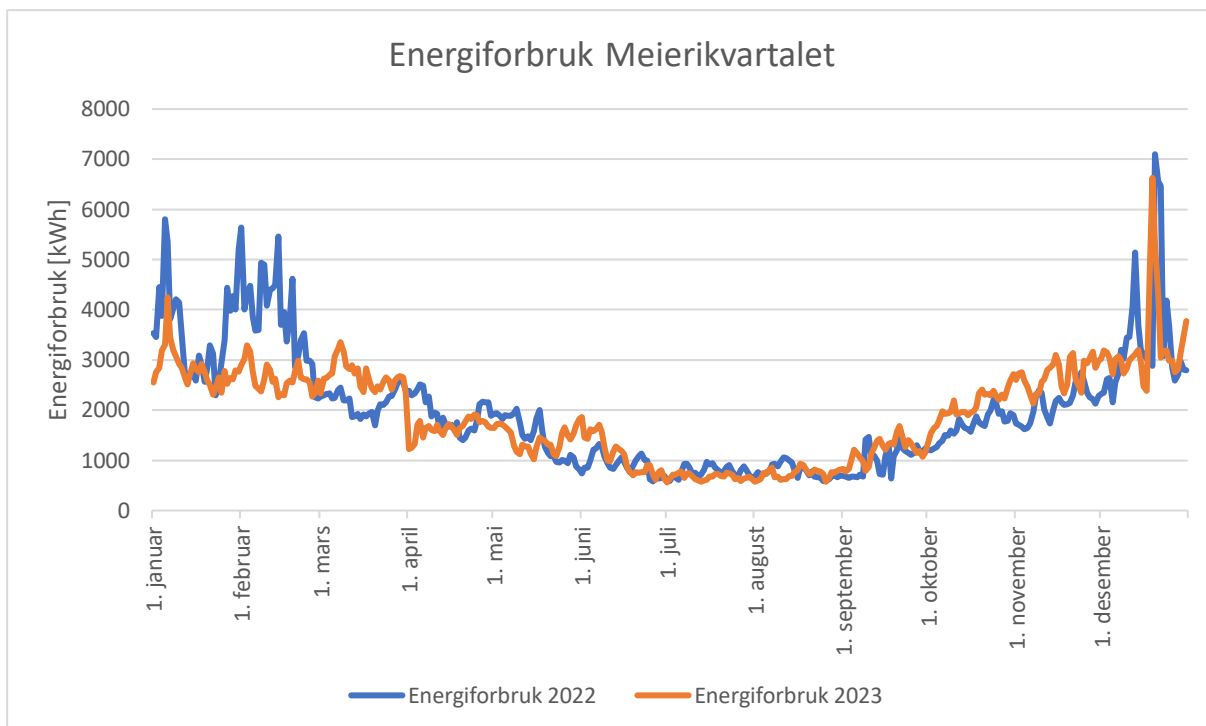
Tabell 13 - Analyseresultater Rønvik menighetsbarnehage



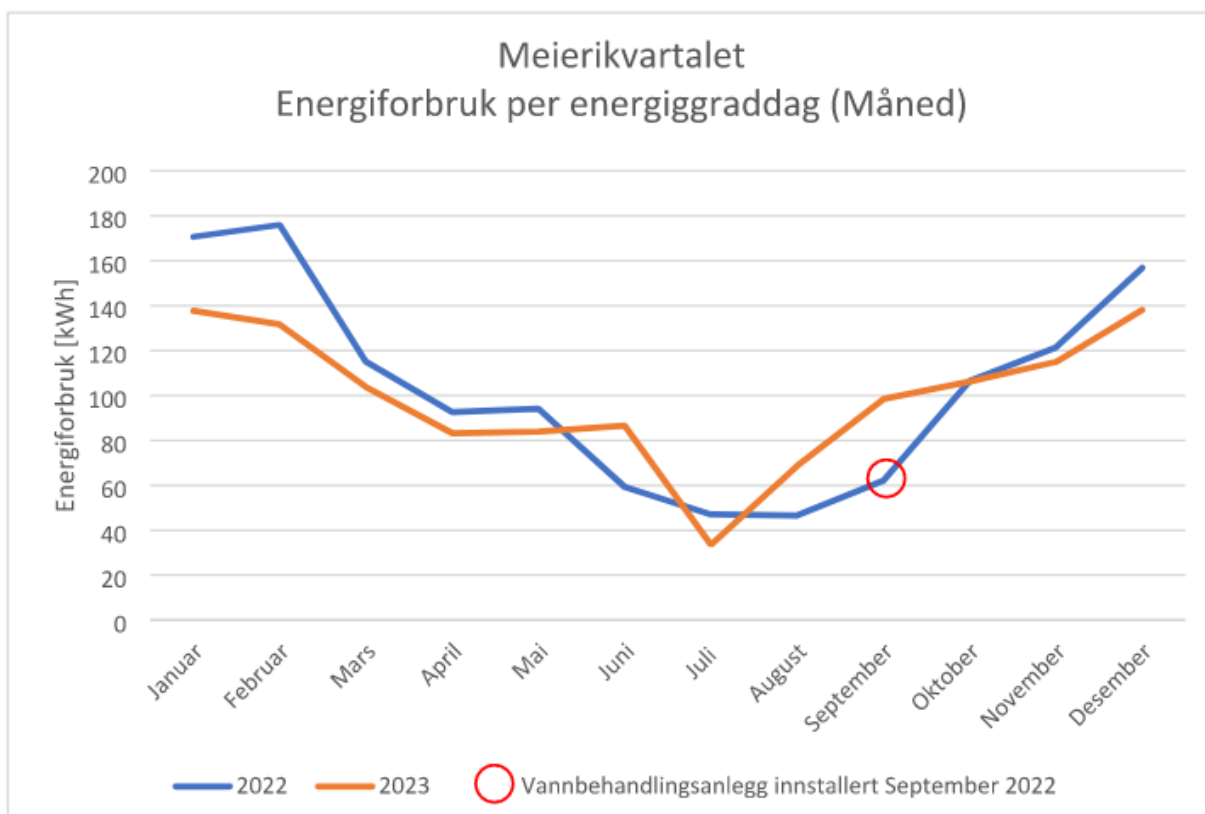
Figur 44 - Energiforbruk Prinsens gate 83-85



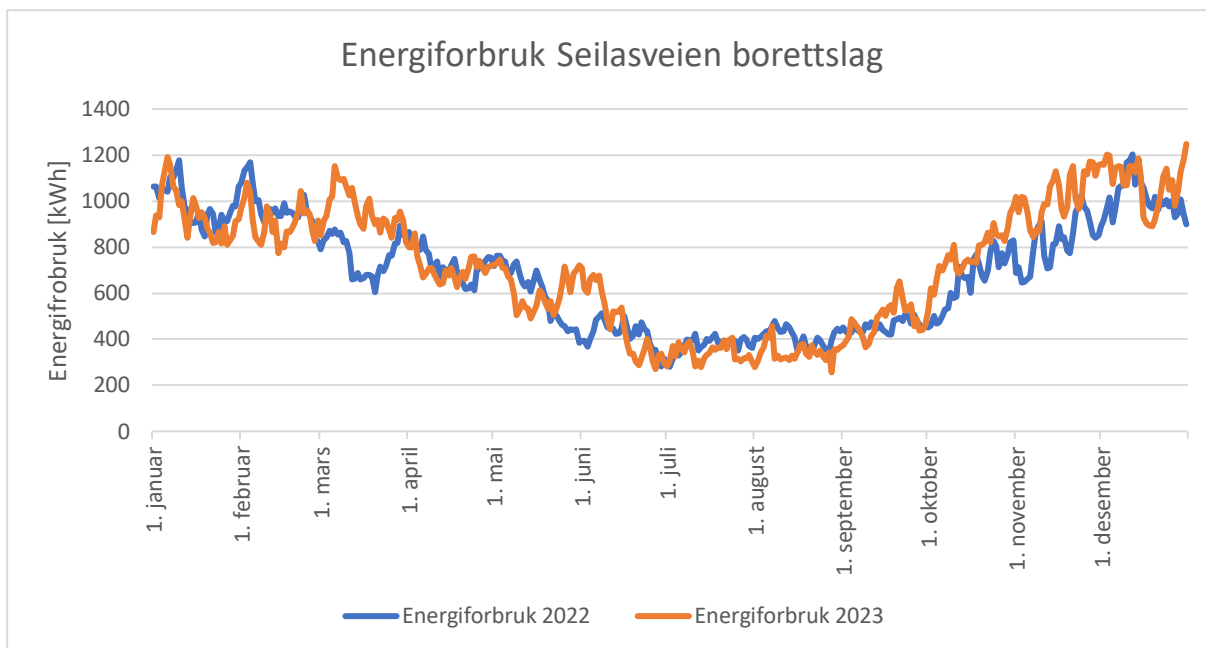
Figur 45 - Energiforbruk per energigraddag for Prinsens gate 83-85



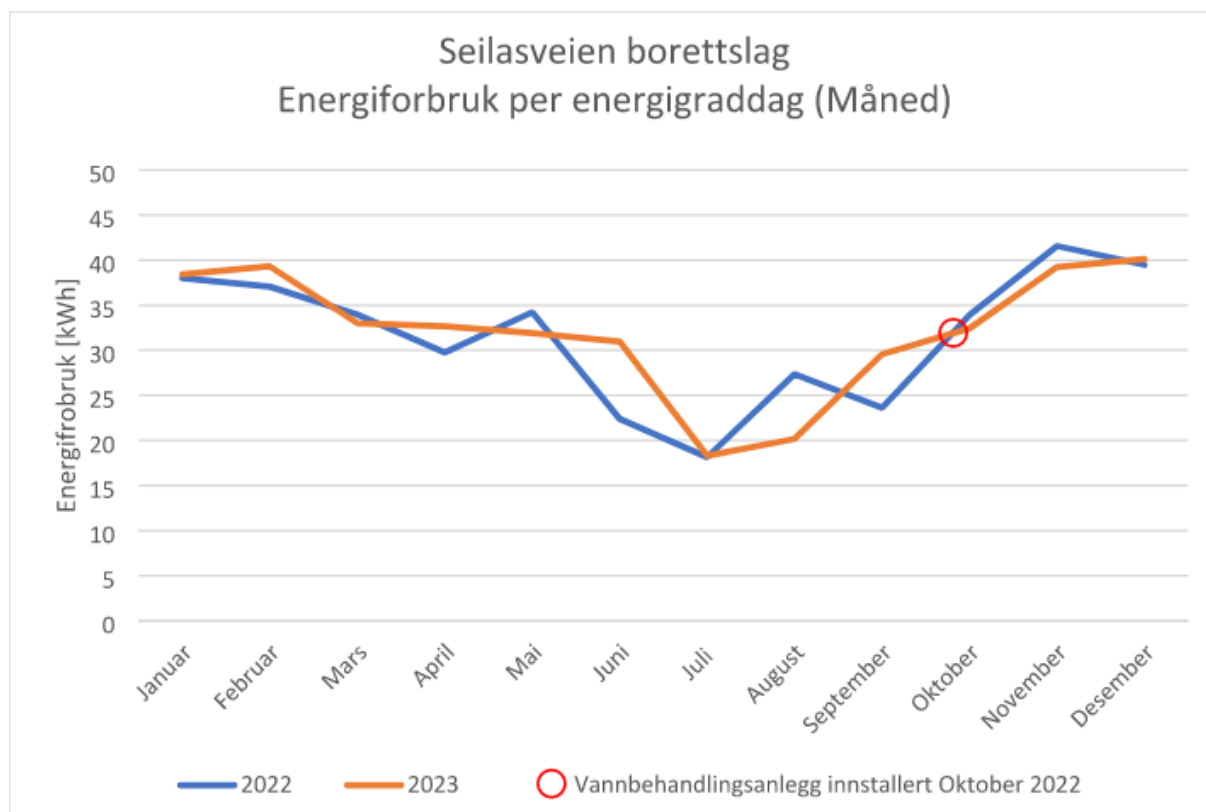
Figur 46 - Energiforbruk Meierikvartalet



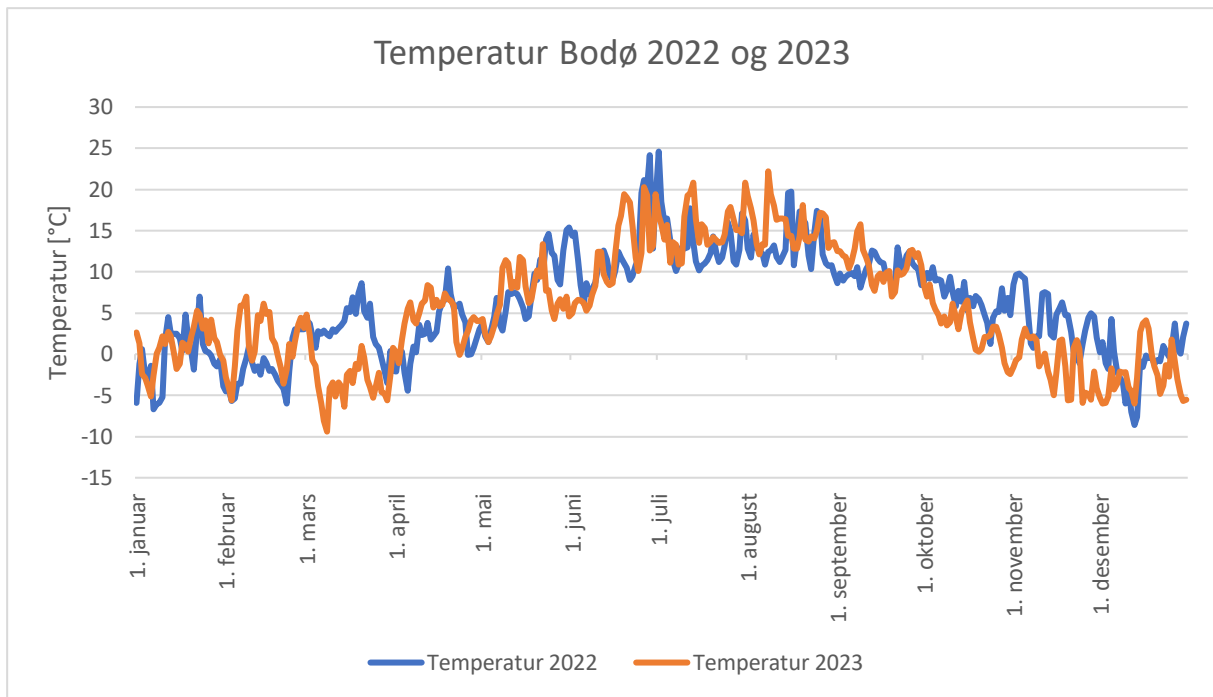
Figur 47 - Energiforbruk per energigraddag for Meierikvartalet



Figur 48 - Energiforbruk Seilasveien borettslag



Figur 49 - Energiforbruk per energigraddag for Seilasveien borettslag



Figur 50 - Temperatur Bodø 2022 og 2023

5 Diskusjon

5.1 Litteraturstudie

Et vannbehandlingsanlegg skal håndtere mange forskjellige utfordringer i et lukket energianlegg. Det er derfor svært viktig å sette seg godt inn i hvilke utfordringer man kan få på hvert spesifikke anlegg, og prøve å håndtere disse på best mulig måte.

Litteraturstudien viser at det viktigste ansvaret med å få et velfungerende varmeanlegg med lang levetid, ligger hos den som prosjekterer anlegget. Uten gode gjennomtenkte løsninger under prosjekteringsfasen, vil det ikke være mulig for entreprenøren som bygger anlegget eller byggdrifteren som tar over anlegget å sørge for at vannkvaliteten blir optimal. Luft må håndteres både ved hjelp av vakuumavgasser og strategisk plasserte luftepotter og det må prosjekteres gode nok filtreringsløsninger som fanger opp korrosjonspartikler i anlegget.

Videre må det lages gode vannbehandlingsstrategier, som byggdrifter senere får ansvaret for å følge opp.

En stor utfordrende del med vannbehandling, er at dette ikke er et absolutt krav og blir ofte droppet som følge av kostnader. I dette tilfellet har byggherre et overordnet ansvar å få komplette vannbehandlingsanlegg inn i kravspesifikasjonene som går ut på anbud, slik at alle tekniske entreprenører stiller likt når de gir tilbud.

5.2 Væskeanalyse

Her vil det diskuteres tilstanden på vannet før og etter vannbehandling i de forskjellige byggene.

Parameter	Enhet	Optimalt intervall	Godkjent intervall
Jern (Fe) filtrert	mg/l	< 0,1	< 0,5
Kobber (Cu) filtrert	mg/l	< 0,1	< 0,5
pH ^a	-	9.0 - 10.5	8.0 - 10,5
Turbiditet ^b	FNU	< 4	< 20
Suspendert stoff ^b	mg/l	<5	< 10

^a Gjelder ikke anlegg som inneholder komponenter av aluminium. I anlegg med aluminium må pH ikke overskride 8.5.

^b Kun en av parameterne turbiditet eller suspendert stoff er nødvendig.

Tabell 5 fra side 51 vil bli brukt som referanse.

5.2.1 Prinsens Gate 83-85

Her vil resultatene i Tabell 10 diskuteres.

Før vannbehandling:

pH: pH ligger innenfor optimalt intervall.

Turbiditet: Turbiditet ligger innenfor optimalt intervall.

Kobber: Kobberinnholdet er svært lavt og godt innenfor optimalt intervall.

Jern: Jerninnholdet ligger et stykke over godkjent intervall.

Ved å analysere turbiditet og jern i to ulike analyser ser man hvor mye metall som er løst i vesken og hvor mye som er felt ut som partikler. I dette anlegget ser vi at det svært lite løst kobber, men en del løst jern.

Prøvene viser at anlegget er relativt bra i utgangspunktet, men et så høyt jerninnhold tyder på at det foregår korrosjon i anlegget. Det gir et mye større utslag på jern enn kobber i dette anlegget, og basert på oppbygningen av anlegget med rørføringer i stål harmonerer dette bra.

pH-verdien i anlegget tyder på at det ikke er surhetsgraden som øker korrosjonshastigheten. Mye tyder på at det er oksygen i vannet som gjør at det korroderer så mye som det gjør.

Etter vannbehandling:

pH: pH ligger fortsatt innenfor optimalt intervall.

Turbiditet: Turbiditet ligger fortsatt innenfor optimalt intervall.

Kobber: Kobberinnholdet ligger innenfor optimalt intervall.

Jern: Jerninnholdet ligger innenfor optimalt intervall.

Som følge av montering av magnetittfilteret og partikkelfilter er turbiditeten over halvert og jern er redusert med 1,55 mg/l. Montering av vakuumavgasser har fjernet luft i anlegget som hindrer ny korrosjon, mens magnetittfilter og partikkelfilter har fanget opp det meste av eksisterende korrosjonspartikler i vannet. Dette har gjort at både pH, turbiditet og jern i anlegget ligger innenfor optimalt intervall.

Kobber derimot, har nesten firedoblet seg. Dette antar jeg skyldes monteringen av vakuumutskilleren som stort sett består av messing (se Figur 28). Messing er en legering av kobber og sink, noe som gjør at vi kan ha fått noe kobberkorrosjon tidlig i prosessen. Siden det var minimalt med kobber i anlegget i utgangspunktet, ser denne økningen dramatisk ut. Nivået kobber ligger fortsatt innenfor godkjent intervall og rett over optimalt intervall. Jeg mener det er rimelig å anta at kobbernivået vil gå ned igjen ved neste væskeanalyse.

Det er målt en reduksjon av pH på 0,4, men som angitt i vedlegg 1 er måleusikkerheten på $\text{pH} \pm 0,2$ og en variasjon på 0,4 vil derfor ikke være uvanlig. pH-verdien er fortsatt god og det vil ikke være noe behov å gjøre noe med denne.

5.2.2 Meirikvartalet

Her vil resultatene i Tabell 11 diskuteres.

Før vannbehandling:

pH: pH ligger innenfor optimalt intervall.

Turbiditet: Turbiditet ligger innenfor godkjent intervall.

Kobber: Kobberinnholdet ligger langt over godkjent intervall.

Jern: Jerninnholdet ligger langt over godkjent intervall.

Ved å analysere turbiditet og jern i to ulike analyser ser man hvor mye metall som er løst i vesken og hvor mye som er felt ut som partikler. I dette anlegget ser vi at det er mye løst kobber og jern. Dette antyder at det foregår korrosjon i anlegget.

pH-verdien i anlegget tyder på at det ikke er surhetsgraden som øker korrosjonshastigheten. Mye tyder på at det er oksygen i vannet som gjør at det korroderer så mye som det gjør.

Etter vannbehandling:

pH: pH ligger innenfor både godkjent intervall.

Turbiditet: Turbiditet ligger innenfor optimalt intervall.

Kobber: Kobberinnholdet ligger innenfor optimalt intervall.

Jern: Jerninnholdet ligger i godkjent intervall.

Som følge av montering av magnetittfilteret og partikkelfilter er turbiditeten redusert med 9 FNU, jern er redusert med 7,82 mg/l og kobber er redusert med 5,27 mg/l. Montering av vakuumavgasser har fjernet luft i anlegget som hindrer ny korrosjon, mens magnetittfilter og partikkelfilter har fanget opp det mye av eksisterende korrosjonspartikler i vannet. Dette har gjort at turbiditet ligger innenfor optimalt intervall, mens kobber, jern og pH ligger innenfor godkjent intervall. Det er rimelig å anta at både jern og kobberinnhold vil fortsette å reduseres til optimalt nivå, og at det er på grunn av de svært høye verdiene i utgangspunktet at de ikke er kommet dit enda.

pH har blitt redusert fra 9,3 til 8,6, noe som kan skyldes at det er fjernet mye luft og dermed vært fylt på med mye nytt nettvann som har en noe lavere pH enn det som var i anlegget fra før. Her vil det være lurt å følge med om det kommer ytterligere reduksjon ved neste væskeanalyse og eventuelt korrigere denne for å unngå økt korrosjonshastighet på grunn av surt vann.

5.2.3 Seilasveien borettslag

Her vil resultatene i Tabell 12 diskuteres.

Før vannbehandling:

pH: pH ligger innenfor optimalt intervall.

Turbiditet: Turbiditet ligger innenfor optimalt intervall.

Kobber: Kobberinnholdet ligger innenfor optimalt intervall.

Jern: Jerninnholdet ligger langt over godkjent intervall.

Ved å analysere turbiditet og jern i to ulike analyser ser man hvor mye metall som er løst i vesken og hvor mye som er felt ut som partikler. I dette anlegget ser vi at det svært lite løst kobber, men en del løst jern.

Prøvene viser at anlegget er relativt bra i utgangspunktet, men et så høyt jerninnhold tyder på at det foregår korrosjon i anlegget. Det gir et mye større utslag på jern enn kobber i dette anlegget, og basert på oppbygningen av anlegget med rørføringer i stål harmonerer dette bra.

pH-verdien i anlegget tyder på at det ikke er surhetsgraden som øker korrosjonshastigheten. Mye tyder på at det er oksygen i vannet som gjør at det korroderer så mye som det gjør.

Etter vannbehandling:

pH: pH ligger innenfor både optimalt intervall.

Turbiditet: Turbiditet ligger innenfor optimalt intervall.

Kobber: Kobberinnholdet ligger innenfor optimalt intervall.

Jern: Jerninnholdet ligger i optimalt intervall.

Som følge av montering av magnetittfilteret og partikkelfilter er turbiditeten redusert med 2,9 FNU, jern er redusert med 5,96 mg/l og kobber er redusert med 0,023 mg/l. Montering av vakuumavgasser har fjernet luft i anlegget som hindrer ny korrosjon, mens magnetittfilter og partikkelfilter har fanget opp det mye av eksisterende korrosjonspartikler i vannet. I dette anlegget lå allerede turbiditet, pH og kobberinnhold innenfor optimalt intervall, mens jern lå langt over. Etter vannbehandling ligger alle fire parametere innenfor optimalt intervall.

Det er målt en økning av pH på 0,2, men som angitt i vedlegg 3 er måleusikkerheten på $\text{pH} \pm 0,2$ og en variasjon på 0,2 vil derfor ikke være uvanlig. pH-verdien er fortsatt god og det vil ikke være noe behov å gjøre noe med denne.

5.2.4 Rønvik menighetsbarnehage

Her vil resultatene i Tabell 13 diskuteres.

Før vannbehandling:

pH: pH ligger innenfor optimalt intervall.

Turbiditet: Turbiditet ligger langt over godkjent intervall.

Kobber: Kobberinnholdet ligger langt over godkjent intervall.

Jern: Jerninnholdet ligger langt over godkjent intervall.

Ved å analysere turbiditet og jern i to ulike analyser ser man hvor mye metall som er løst i vesken og hvor mye som er felt ut som partikler. I dette anlegget ser vi at det er mye løst kobber, jern og partikler. Disse høye verdiene indikerer at det foregår korrosjon i anlegget.

pH-verdien i anlegget tyder på at det ikke er surhetsgraden som øker korrosjonshastigheten. Mye tyder på at det er oksygen i vannet som gjør at det korroderer så mye som det gjør.

Etter vannbehandling:

pH: pH ligger utenfor godkjent intervall.

Turbiditet: Turbiditet ligger innenfor optimalt intervall.

Kobber: Kobberinnholdet ligger litt over godkjent intervall.

Jern: Jerninnholdet ligger langt over godkjent intervall.

Som følge av montering av magnetittfilteret og partikkelfilter er turbiditeten redusert med 152,4 FNU, jern er redusert med 42,5 mg/l og kobber er redusert med 32,1 mg/l. I dette anlegget er det gjort en kjemisk rens, samt at det er satt inn partikkelfilter med magnet i delstrøm. Dette er en markant forbedring mot resultatene før vannbehandling, men siden jerninnhold og kobberinnhold fortsatt er et stykke over godkjent intervall er det viktig at det blir tatt en ny væskeanalyse i september 2024 for å se om redueringen av jern og kobber har fortsatt, eller om det er luft i anlegget som fører til ny korrosjon. Under denne behandlingen ble det aldri brukt vakuumsutskiller, og jeg har derfor en sterk mistanke om at det fortsatt foregår mye korrosjon i anlegget som gjør at vi ikke vil få verdiene ned på godkjent intervall.

pH-verdien er redusert fra 9,1 til 7,6. I dette anlegget er det brukt flere kjemikalier med lavere pH-verdi som vil føre til en fortykning av anleggets pH. MC35 Cleaner har en pH på 6,5 [21], MC10 Biocide har en pH på 6,5 [22] og MC1+ protector har en pH på 8 [23].

De aller fleste bakterier trives best i miljøer med en nøytral pH på ca.7 og øke pH-verdien kan være et godt verktøy for å både hemme bakterievekst og redusere korrosjonsraten. De fleste metaller korroderer raskere i sure miljøer og vannet i anlegget bør ligge mellom 9 og 10,5 for optimal korrosjonssikring [1].

Om det ved neste væskeanalyse ikke er vesentlig bedring av verdiene, anbefales det å sette inn vakuumsutskiller og korrigere pH-verdien til anbefalt intervall.

5.3 Energiforbruk

Her vil det diskuteres endringen av energiforbruk før og etter vannbehandling i de forskjellige byggene. Tabell 9 viser hvilke perioder som er aktuelle å analysere.

5.3.1 Prinsens Gate 83-85

Vannbehandlingsanlegget ble installert mars 2022, noe som gjorde at vi kun har 3 måneder å analysere. Figur 45 viser tydelig at det er et redusert energiforbruk i 2023 sammenlignet med 2022 for aktuell periode.

Beregningene viser at det totalt ble brukt ca. 108 kWh per energigraddag i 2022 og at det ble brukt ca. 96 kWh per energigraddag i 2023, noe som er en reduksjon i energiforbruk per graddag på 11,1% for hele perioden sett under ett.

5.3.2 Meierikvartalet

Vannbehandlingsanlegget ble installert september 2022, noe som gjør at vi har 9 måneder å sammenligne. Figur 47 viser ingen tydelig trend om det er økt eller redusert energiforbruk, da grafen varierer veldig fra måned til måned.

Beregningene viser at det totalt ble brukt ca. 863 kWh per energigraddag i 2022 og at det ble brukt ca. 827 kWh per energigraddag i 2023, noe som er en reduksjon på 4,2% i energiforbruk per graddag for hele perioden sett under ett.

5.3.3 Seilasveien borettslag

Vannbehandlingsanlegget ble installert oktober 2022, noe som gjør at vi har 10 måneder å sammenligne. Figur 49 viser heller ingen tydelig trend om det er økt eller redusert energiforbruk, da grafen varierer veldig fra måned til måned.

Beregningene viser at det totalt ble brukt ca. 298 kWh per energigraddag i 2022 og at det ble brukt ca. 306 kWh per energigraddag i 2023, noe som tilsvarer et økt energiforbruk per graddag på 2,7% for hele perioden sett under ett.

Samlet sett er det vanskelig å si om vannbehandling er årsaken til reduksjonen i energiforbruket for de to første byggene, da det tredje bygget hadde en økning i energiforbruk. Det er også mange faktorer i tillegg til temperatur som kan spille inn på byggets energiforbruk. Noen av disse faktorene kan være:

- Vær og klimaendringer
 - Endring i solskinn, nedbør og vind. Den sistnevnte er spesielt aktuelt i Bodø.
- Endringer i bruksmønster
 - Det kan være økning eller reduksjon i antall beboende i bygget
 - Det kan være endring i personers ønskede innetemperatur
 - For Meierikvartalet hvor det er næringsdel kan det ha vært utskiftninger av næring som krever forskjellig energibruk
- Energipriser
 - Noe som har vært i fokus de siste årene har vært skyhøye energipriser, og bruksmønsteret kan derfor ha blitt endret som følge av dette

6 Konklusjon

6.1 Konklusjon av litteraturstudie og anleggsanalyse

Et vannbehandlingsanlegg skal håndtere mange forskjellige utfordringer i et lukket energianlegg. Det er derfor svært viktig å sette seg godt inn i hvilke utfordringer man kan få på hvert spesifikke anlegg, og prøve å håndtere disse på best mulig måte. «Veiledning til NS-EN 12828:2012+A1:2014 Vannbehandling i lukkede energianlegg» var en etterlengtet veiledning når det kommer til dette, og vil være et meget godt verktøy for både prosjekterende, entreprenører og byggeiere/driftere i årene fremover.

Alle fire byggene som har fått installert vannbehandlingsanlegg har oppnådd betydelig høyere vannkvalitet i anleggene sine. Energiforbruket ble redusert på to av byggene og økt på det tredje. Uten mer informasjon om eksterne faktorer er det derfor ikke mulig å konkludere med energibesparelse pga installasjon av vannbehandlingsanlegg.

Analysen har vist at installasjonen av vannbehandlingsanlegg i har ført til en rekke positive resultater. En betydelig forbedring ble observert i reduksjonen av korrosjon og avleiringer i systemene, som direkte bidrar til forlenget levetid for kritiske komponenter som varmevekslere, ventiler, pumper og rørledninger. Dette vil sannsynligvis resultere i lavere vedlikeholds- og reparasjonskostnader over tid.

Selv om det forbedrede vannkvaliteten ikke direkte oversettes til betydelige energibesparelser i denne studien, antyder det en mer stabil og pålitelig drift. Dette kan være spesielt relevant i anlegg hvor temperaturstabilitet og driftssikkerhet er kritisk.

Det viktigste man gjør i et lukket energianlegg er å begrense luft i anlegget. Den beste måten å bli kvitt denne i anlegget er ved hjelp av en vakuumsutskiller. Man vil aldri kunne forhindre all korrosjon, og det er dermed viktig å installere magnetittfilter og partikkelfilter for å fange opp de korrosjonspartiklene som forekommer.

Det er også svært viktig å følge serviceintervaller, samt ta en væskeanalyse årlig for å se tilstanden til anlegget og gjøre eventuelle korrigeringer.

Avslutningsvis fremhever denne studien viktigheten av vannbehandling i lukkede energianlegg, ikke bare for å forbedre vannkvaliteten, men også for å sikre anleggets langsiktige holdbarhet og effektivitet. Selv om direkte energibesparelser kan være begrenset, er de sekundære fordelene som redusert korrosjon, forlenget utstyrslevetid og forbedret driftsstabilitet uvurderlige for langsiktig drift og bærekraft i varmesystemet. Disse funnene understreker behovet for nøye overvåkning og vedlikehold av lukkede energianlegg for å sikre optimal ytelse og levetid for energisystemer.

6.2 Videre arbeid

Videre arbeid i denne studien vil være å fortsette å analysere væskeanalysene i årene som kommer for å se om resultatene blir ytterligere forbedret, eller om det vil stabilisere seg. Tre av fire bygg er oppe på et godkjent nivå, mens i Rønvik menighetsbarnehage bør tiltakene med vakuumsutskiller og korrigering av pH vurderes.

Energimessing kan man gå enda dypere inn i materien med strømforbruk og se om strømforbruk i fellesanlegget har endret seg. Dette kan være en indikasjon på at pumpene jobber lettere.

7 Referanser

- [1] *Veiledning til NS-EN 12828+A1:2013 Vannbehandling i lukkede energianlegg*, S. Norge, Standard Norge, 2023.
- [2] P. Gundersen. "Drift og vedlikehold av varmevannssentraler, distribusjonsnett og varmeanlegg." Sintef Byggforsk. (accessed Oktober, 2023).
- [3] A. Bakkelund. "Prenøk, 5.8 Vannbehandling i sentralvarmeanlegg." Kompetansebiblioteket. (accessed Oktober, 2023).
- [4] E. Soneryd. "Prenøk, 5.7 Korrosjon på vannsiden i sentralvarmeanlegg." Kompetansebiblioteket. (accessed Oktober, 2023).
- [5] B. Pedersen. "pH." Store norske leksikon. (accessed Oktober, 2023).
- [6] Kiwa. "Korrosjon og slitasje i varme- og kjøleanlegg." (accessed Oktober, 2023).
- [7] S. Byggforsk. "Korrosjon på sanitærinstallasjoner av kobber og messing." (accessed Oktober, 2023).
- [8] Enova. "Graddagstall gjør det mulig å sammenligne energibruk i bygg." Enova. (accessed Desember, 2023).
- [9] Enova, "Enovas byggstatistikk 2017," <https://www.enova.no/kunnskap/graddagstall/>, 2017.
- [10] Canes. "Vakuumavgasser HL O2-X." (accessed November, 2023).
- [11] Armaturjonsson. "Spirovent Superior S250." (accessed November, 2023).
- [12] Canes. "Magnaclean DRX." (accessed November, 2023).
- [13] Canes. "Magnaclean CMX Nano." (accessed November, 2023).
- [14] Canes. "Magnaclean Professional 2." (accessed November, 2023).
- [15] Canes. "Canes rensetralle m/CMX Nano." (accessed November, 2023).
- [16] Norconsult. "Kvartal 98." (accessed Desember, 2023).
- [17] HENT. "Meierikvartalet Bodø." (accessed November, 2023).
- [18] G. Johansen. "Bodøsjøtoppen Øst." (accessed November, 2023).
- [19] R. Menighetsbarnehage. "Rønvik Menighetsbarnehage." (accessed November, 2023).
- [20] Canes. "Monteringsbeskrivelse Canes vannbehandling." (accessed November, 2023).
- [21] Canes. "MC35 Non-drain Cleaner." Canes. (accessed Desember, 2023).
- [22] Canes. "MC10 Rapide Biocide." Canes. (accessed Desember, 2023).
- [23] Canes. "MC1+ Protector " Canes. (accessed Desember, 2023).
- [24] B. Energi. "Tilknytning fjernvarme." Bodø Energi. (accessed November, 2023).

8 Vedlegg

Vedlegg 1: Vannprøveanalyse Prinsens gate 83-85

Vedlegg 2: Vannprøveanalyse Meierikvartalet

Vedlegg 3: Vannprøveanalyse Seilasveien borettslag

Vedlegg 4: Vannprøveanalyse Rønvik menighetsbarnehage

Haaland Nord AS
Påls vei 4
8008 BODØ

Bodø, 21.03.2022

PRØVINGSRAPPORT

LAB22-123254 ver. 1

Analyseperiode: 09.03.2022 - 21.03.2022

Prøveinfo: Analysen pH rapporteres ikke akkreditert da analysert verdi ligger utenfor måle området til pH analysen.
Analysert pH verdi er ca.10,2.

For analysesvar, se vedlagte prøvingsrapport fra underleverandør ALS Laboratory Group Norway AS.
ALS Laboratory Group Norway AS benytter seg av akkreditert underleverandør.
Gjelder analyserapport fra ALS merket NO2204757 med dokumentdato 2022-03-18.

LAB22-123254-01

Prosessvann

Uttak: 09.03.2022

Mottak: 09.03.2022

Merking: Varmeanlegg, Prinsensgt 83-85

Parameter	Metode	Resultat	Måleusikkerhet	Enhet	Krav
Analyse utført av underleverandør	*) Intern	1		stk	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027-1	2,1	± 0,4	FNU	
Målt temperatur pH	*) Intern	22,3		°C	
pH, surhetsgrad	NS-EN ISO 10523	>10,0		pH	

> betyr: Større enn

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen.

Med vennlig hilsen

Svein-H. Hammer

Svein-Harald Hammer
Avd. ingeniør, kjemi

Kopi til:
Mads Fjerem (mads.fjerem@haaland.no)

Analyseresultatene gjelder for analyser av de angitte prøver i den stand de ble mottatt av Labora AS.
Prøvetaking er ikke omfattet av akkrediteringen.
Rapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra Labora AS.



ANALYSERAPPORT

Ordrenummer	: NO2204757	Side	: 1 av 2
Kunde	: LABORA AS	Prosjekt	: LAB22-123254
Kontakt	: Svein Harald Hammer	Prosjektnummer	: K22/77/123254
Adresse	: Klinkerveien 8	Prøvetaker	: ---
	8006 Bodø	Sted	: ---
	Norge	Dato prøvemottak	: 2022-03-15 08:50
Epost	: svein@labora.no	Analysedato	: 2022-03-17
Telefon	: 75566310	Dokumentdato	: 2022-03-18 15:09
COC nummer	: ---	Antall prøver mottatt	: 1
Tilbuds- nummer	: OF210156	Antall prøver til analyse	: 1

Om rapporten

Forklaring til resultatene er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264	Epost	: info.on@alsglobal.com
	0283 Oslo	Telefon	: ---
	Norge		



Analyseresultater

Submatriks: AVLØPSVANN	Kundes prøvenavn			LAB22-123254-01				
	Prøvenummer lab			NO2204757001				
	Kundes prøvetakingsdato			2022-03-08 00:00				
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
Prøvepreparering								
Oppslutning	Ja	----	-	-	2022-03-17	W-PV-AC	LE	a ulev
Totale elementer/metaller								
Cu (Kopper)	3.83	± 0.42	µg/L	1.00	2022-03-17	W-SFMS-06	LE	a ulev
Fe (Jern)	1.65	± 0.18	mg/L	0.0009	2022-03-17	W-SFMS-06	LE	a ulev

Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet

Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
W-SFMS-06	Bestemmelse av metaller i avløpsvann ved ICP-SFMS iht SS-EN ISO 17294-2:2016 og US EPA Method 200.8:1994. Prøven er oppsluttet i forkant iht W-PV-AC.

Prepareringsmetoder	Metodebeskrivelser
W-PV-AC	Oppslutning med salpetersyre i autoklav iht oppslutningsprosedyre beskrevet i SS 28150:1993 (SE-SOP-0400).

Noter: LOR = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parameterne for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

MU = Måleusikkerhet

a = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

a ulev = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – Ikke påvist

Måleusikkerhet:

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Utførende lab

	Utførende lab
LE	Analysene er utført av: ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75

Haaland Nord AS
Påls vei 4
8008 BODØ

Bodø, 15.09.2023

PRØVINGSRAPPORT

LAB23-143050 ver. 1

Analyseperiode: 06.09.2023 - 15.09.2023

For analysesvar, se vedlagte prøvingsrapport fra underleverandør ALS Laboratory Group Norway AS.
ALS Laboratory Group Norway AS benytter seg av akkreditert underleverandør.
Gjelder analyserapport med vedlegg fra ALS merket med ordrenummer NO2318582 og dokumentdato 2023-09-12.

LAB23-143050-01

Prosessvann

Prøvested: Varmeanlegg

Merking: Prinsensgate 83-85

Uttak: 06.09.2023 13.40

Mottak: 06.09.2023 14.08

Parameter	Metode	Resultat	Måleusikkerhet	Enhet	Krav
Analyse utført av underleverandør	*) Intern	1		stk	
Målt temperatur pH	*) Intern	24,3		°C	
pH, surhetsgrad	NS-EN ISO 10523	9,8	± 0,2	pH	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027-1	0,9	± 0,2	FNU	

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen.

Med vennlig hilsen



Kari Eidem

Avdelingsleder, kjemi

Kopi til:

Mads Fjerem (mads.fjerem@haaland.no)

Roy Berntzen (roy.berntzen@haaland.no)

Analyseresultatene gjelder for analyser av de angitte prøver i den stand de ble mottatt av Labora AS.

Prøvetaking er ikke omfattet av akkrediteringen.

Rapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra Labora AS.



ANALYSERAPPORT

Ordrenummer	: NO2318582	Side	: 1 av 3
Kunde	: LABORA AS	Prosjekt	: LAB23-143050
Kontakt	: Kari Eidem	Prosjektnummer	: K23/371/143050
Adresse	: Klinkerveien 8 8006 Bodø Norge	Prøvetaker	: ---
Epost	: kari@labora.no	Sted	: ---
Telefon	: 75566300	Dato prøvemottak	: 2023-09-07 08:26
COC nummer	: ---	Analysedato	: 2023-09-11
Tilbuds- nummer	: OF210156	Dokumentdato	: 2023-09-12 14:40
		Antall prøver mottatt	: 1
		Antall prøver til analyse	: 1

Om rapporten

Forklaring til resultatene er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264 0283 Oslo Norge	Epost	: info.on@alsglobal.com
		Telefon	: ---



Analyseresultater

Submatriks: **AVLØPSVANN**

Kundes prøvenavn

LAB23-143050-01
Varmeanlegg-
Prinsensgate
83-85

Prøvenummer lab

NO2318582001

Kundes prøvetakingsdato

2023-09-06 13:40

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
Prøvepreparering								
Oppslutning	Ja	----	-	-	2023-09-11	W-PV-AC	LE	a ulev
Totale elementer/metaller								
Cu (Kopper)	14.1	± 1.90	µg/L	1.00	2023-09-11	W-SFMS-06	LE	a ulev
Fe (Jern)	0.0994	± 0.02	mg/L	0.0100	2023-09-11	W-SFMS-06	LE	a ulev

Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet

Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
W-SFMS-06	Bestemmelse av metaller i avløpsvann ved ICP-SFMS iht SS-EN ISO 17294-2:2016 og US EPA Method 200.8:1994. Prøven er oppsluttet i forkant iht W-PV-AC.

Prepareringsmetoder	Metodebeskrivelser
W-PV-AC	Oppslutning med salpetersyre i autoklav iht oppslutningsprosedyre beskrevet i SS 28150:1993 (SE-SOP-0400).

Noter: **LOR** = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parameterne for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

MU = Målesikkerhet

a = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

a ulev = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – ikke påvist

Målesikkerhet:

Målesikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Målesikkerheten angis som en utvidet målesikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Målesikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Dokumentdato : 2023-09-12 14:40
Side : 3 av 3
Ordrenummer : NO2318582
Kunde : LABORA AS



Utførende lab

	Utførende lab
LE	Analysene er utført av: ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75

Haaland Nord AS
Påls vei 4
8008 BODØ

Bodø, 30.09.2022

PRØVINGSRAPPORT

LAB22-129795 ver. 1

Analyseperiode: 22.09.2022 - 30.09.2022

Prøveinfo: Varmeanlegg Meierikvartalet
Mads Fjærem, Ordre: 17293

For analysesvar, se vedlagte prøvingsrapport fra underleverandør ALS Laboratory Group Norway AS.
ALS Laboratory Group Norway AS benytter seg av akkreditert underleverandør.
Gjelder analyserapport fra ALS med ordrenr.NO2219063 og dokumentdato 2022-09-28.

LAB22-129795-01

Prosessvann

Uttak: 22.09.2022

Mottak: 22.09.2022

Merking: Meierikvartalet, varmeanlegg

Parameter	Metode	Resultat	Måleusikkerhet	Enhet	Krav
Analyse utført av underleverandør	*) Intern	1		stk	
Målt temperatur pH	*) Intern	22,5		°C	
pH, surhetsgrad	NS-EN ISO 10523	9,3	± 0,2	pH	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027-1	12	± 2,5	FNU	

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen.

Med vennlig hilsen



Kari Eidem

Avdelingsleder, kjemi

Kopi til:
Mads Fjerem (mads.fjerem@haaland.no)

Analyseresultatene gjelder for analyser av de angitte prøver i den stand de ble mottatt av Labora AS.
Prøvetaking er ikke omfattet av akkrediteringen.
Rapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra Labora AS.



ANALYSERAPPORT

Ordrenummer	: NO2219063	Side	: 1 av 3
Kunde	: LABORA AS	Prosjekt	: LAB22-129795
Kontakt	: Kari Eidem	Prosjektnummer	: K22/355/129795
Adresse	: Klinkerveien 8 8006 Bodø Norge	Prøvetaker	: ----
Epost	: kari@labora.no	Sted	: ----
Telefon	: 75566310	Dato prøvemottak	: 2022-09-23 09:16
COC nummer	: ----	Analysedato	: 2022-09-27
Tilbuds- nummer	: OF210156	Dokumentdato	: 2022-09-28 11:43
		Antall prøver mottatt	: 1
		Antall prøver til analyse	: 1

Om rapporten

Forklaring til resultatene er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264 0283 Oslo Norge	Epost	: info.on@alsglobal.com
		Telefon	: ----



Analyseresultater

Submatriks: **AVLØPSVANN**

Kundes prøvenavn

LAB22-129795-01
Meierikvartalet
varmeanl.

Prøvenummer lab

NO2219063001

Kundes prøvetakingsdato

2022-09-22 11:45

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
Prøvepreparering								
Oppslutning	Ja	----	-	-	2022-09-27	W-PV-AC	LE	a ulev
Totale elementer/metaller								
Cu (Kopper)	544	± 54.00	µg/L	1.00	2022-09-27	W-SFMS-06	LE	a ulev
Fe (Jern)	7.95	± 0.87	mg/L	0.0009	2022-09-27	W-SFMS-06	LE	a ulev

Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet

Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
W-SFMS-06	Bestemmelse av metaller i avløpsvann ved ICP-SFMS iht SS-EN ISO 17294-2:2016 og US EPA Method 200.8:1994. Prøven er oppsluttet i forkant iht W-PV-AC.

Prepareringsmetoder	Metodebeskrivelser
W-PV-AC	Oppslutning med salpetersyre i autoklav iht oppslutningsprosedyre beskrevet i SS 28150:1993 (SE-SOP-0400).

Noter: LOR = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parameterne for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

MU = Måleusikkerhet

a = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

a ulev = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – Ikke påvist

Måleusikkerhet:

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Dokumentdato : 2022-09-28 11:43
Side : 3 av 3
Ordrenummer : NO2219063
Kunde : LABORA AS



Utførende lab

	Utførende lab
LE	Analysene er utført av: ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75

Haaland Nord AS
Påls vei 4
8008 BODØ

Bodø, 22.09.2023

PRØVINGSRAPPORT

LAB23-143201 ver. 1

Analyseperiode: 11.09.2023 - 22.09.2023

For analysesvar, se vedlagte prøvingsrapport fra underleverandør ALS Laboratory Group Norway AS.
ALS Laboratory Group Norway AS benytter seg av akkreditert underleverandør.
Gjelder analyserapport fra ALS merket med ordrenummer NO2318903 og dokumentdato 2023-09-18.

LAB23-143201-01

Prosessvann

Uttak: 11.09.2023 11.08

Mottak: 11.09.2023

Merking: Varmeanlegg - Meierikvartalet

Parameter	Metode	Resultat	Måleusikkerhet	Enhet	Krav
Analyse utført av underleverandør	*) Intern	1		stk	
Målt temperatur pH	*) Intern	23,2		°C	
pH, surhetsgrad	NS-EN ISO 10523	8,6	± 0,2	pH	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027-1	3,0	± 0,6	FNU	

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen.

Med vennlig hilsen

Svein-H. Hammer

Svein-Harald Hammer
Avd. ingeniør, kjemi

Kopi til:
Mads Fjerem (mads.fjerem@haaland.no)
Roy Berntzen (roy.berntzen@haaland.no)

Analyseresultatene gjelder for analyser av de angitte prøver i den stand de ble mottatt av Labora AS.
Prøvetaking er ikke omfattet av akkrediteringen.
Rapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra Labora AS.



ANALYSERAPPORT

Ordrenummer	: NO2318903	Side	: 1 av 2
Kunde	: LABORA AS	Prosjekt	: LAB23-143201
Kontakt	: Kari Eidem	Prosjektnummer	: K23/384/143201
Adresse	: Klinkerveien 8 8006 Bodø Norge	Prøvetaker	: ---
Epost	: kari@labora.no	Sted	: ---
Telefon	: 75566300	Dato prøvemottak	: 2023-09-12 08:52
COC nummer	: ---	Analysedato	: 2023-09-13
Tilbuds- nummer	: OF210156	Dokumentdato	: 2023-09-18 11:11
		Antall prøver mottatt	: 1
		Antall prøver til analyse	: 1

Om rapporten

Forklaring til resultatene er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264 0283 Oslo Norge	Epost	: info.on@alsglobal.com
		Telefon	: ---



Analyseresultater

Submatriks: **AVLØPSVANN**

Kundes prøvenavn

LAB23-143201-01

Varmeanlegg

Prøvenummer lab

NO2318903001

Kundes prøvetakingsdato

2023-09-11 11:08

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
Prøvepreparering								
Oppslutning	Ja	----	-	-	2023-09-13	W-PV-AC	LE	a ulev
Totale elementer/metaller								
Cu (Kopper)	16.9	± 2.30	µg/L	1.00	2023-09-13	W-SFMS-06	LE	a ulev
Fe (Jern)	0.131	± 0.02	mg/L	0.0100	2023-09-13	W-SFMS-06	LE	a ulev

Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet

Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
W-SFMS-06	Bestemmelse av metaller i avløpsvann ved ICP-SFMS iht SS-EN ISO 17294-2:2016 og US EPA Method 200.8:1994. Prøven er oppsluttet i forkant iht W-PV-AC.

Prepareringsmetoder	Metodebeskrivelser
W-PV-AC	Oppslutning med salpetersyre i autoklav iht oppslutningsprosedyre beskrevet i SS 28150:1993 (SE-SOP-0400).

Noter: LOR = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parameterne for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

MU = Måleusikkerhet

a = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

a ulev = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – Ikke påvist

Måleusikkerhet:

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Utførende lab

	Utførende lab
LE	Analysene er utført av: ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75

Haaland Nord AS
Påls vei 4
8008 BODØ

Bodø, 21.10.2022

PRØVINGSRAPPORT

LAB22-130479 ver. 1

Analyseperiode: 10.10.2022 - 21.10.2022

Prøveinfo: Varmeanlegg Seilasveien Borettslag. Ordre: 17841

For analysesvar, se vedlagte prøvingsrapport fra underleverandør ALS Laboratory Group Norway AS.
ALS Laboratory Group Norway AS benytter seg av akkreditert underleverandør.
Gjelder analyserapport fra ALS med ordrenr.NO220670 og dokumentdato 2022-010-19.

LAB22-130479-01

Prosessvann

Prøvested: Varmeanlegg
Merking: Seilasveien borettslag

Uttak: 10.10.2022

Mottak: 10.10.2022

Parameter	Metode	Resultat	Måleusikkerhet	Enhet	Krav
Analyse utført av underleverandør	*) Intern	1		stk	
Målt temperatur pH	*) Intern	20,6		°C	
pH, surhetsgrad	NS-EN ISO 10523	9,0	± 0,2	pH	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027-1	3,1	± 0,6	FNU	

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen.

Med vennlig hilsen



Kari Eidem
Avdelingsleder, kjemi

Kopi til:
Mads Fjerem (mads.fjerem@haaland.no)

Analyseresultatene gjelder for analyser av de angitte prøver i den stand de ble mottatt av Labora AS.
Prøvetaking er ikke omfattet av akkrediteringen.
Rapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra Labora AS.



ANALYSERAPPORT

Ordrenummer	: NO2220670	Side	: 1 av 2
Kunde	: LABORA AS	Prosjekt	: LAB22-130479
Kontakt	: Kari Eidem	Prosjektnummer	: K22/386/130479
Adresse	: Klinkerveien 8 8006 Bodø Norge	Prøvetaker	: ----
Epost	: kari@labora.no	Sted	: ----
Telefon	: 75566310	Dato prøvemottak	: 2022-10-12 09:04
COC nummer	: ----	Analysedato	: 2022-10-14
Tilbuds- nummer	: OF210156	Dokumentdato	: 2022-10-19 10:55
		Antall prøver mottatt	: 1
		Antall prøver til analyse	: 1

Om rapporten

Forklaring til resultatene er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264 0283 Oslo Norge	Epost	: info.on@alsglobal.com
		Telefon	: ----



Analyseresultater

Submatriks: **AVLØPSVANN**

Kundes prøvenavn

LAB22-130479-01

Varmeanlegg

Prøvenummer lab

NO2220670001

Kundes prøvetakingsdato

2022-10-10 14:30

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
Prøvepreparering								
Oppslutning	Ja	----	-	-	2022-10-14	W-PV-AC	LE	a ulev
Totale elementer/metaller								
Cu (Kopper)	2.88	± 0.33	µg/L	1.00	2022-10-14	W-SFMS-06	LE	a ulev
Fe (Jern)	6.06	± 0.67	mg/L	0.0100	2022-10-14	W-SFMS-06	LE	a ulev

Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet

Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
W-SFMS-06	Bestemmelse av metaller i avløpsvann ved ICP-SFMS iht SS-EN ISO 17294-2:2016 og US EPA Method 200.8:1994. Prøven er oppsluttet i forkant iht W-PV-AC.

Prepareringsmetoder	Metodebeskrivelser
W-PV-AC	Oppslutning med salpetersyre i autoklav iht oppslutningsprosedyre beskrevet i SS 28150:1993 (SE-SOP-0400).

Noter: **LOR** = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parameterne for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

MU = Målesikkerhet

a = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

a ulev = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – Ikke påvist

Målesikkerhet:

Målesikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Målesikkerheten angis som en utvidet målesikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Målesikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Utførende lab

	Utførende lab
LE	Analysene er utført av: ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75

Haaland Nord AS
Påls vei 4
8008 BODØ

Bodø, 20.11.2023

PRØVINGSRAPPORT

LAB23-145893 ver. 1

Analyseperiode: 08.11.2023 - 20.11.2023

For analysesvar, se vedlagte prøvingsrapport fra underleverandør ALS Laboratory Group Norway AS.
ALS Laboratory Group Norway AS benytter seg av akkreditert underleverandør.
Gjelder analyserapport merket med ordrenummer NO2324570 med dokumentdato 2023-11-15.

LAB23-145893-01

Prosessvann

Uttak: 08.11.2023 13.20

Mottak: 08.11.2023 13.43

Merking: Varmeanlegg Seilasveien 1

Parameter	Metode	Resultat	Måleusikkerhet	Enhet	Krav
Analyse utført av underleverandør	*) Intern	1		stk	
Målt temperatur pH	*) Intern	21,2		°C	
pH, surhetsgrad	NS-EN ISO 10523	9,2	± 0,2	pH	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027-1	0,3	± 0,07	FNU	

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen.

Med vennlig hilsen

Svein-H. Hammer

Svein-Harald Hammer
Avd. ingeniør, kjemi

Kopi til:
Mads Fjerem (mads.fjerem@haaland.no)
Roy Berntzen (roy.berntzen@haaland.no)

Analyseresultatene gjelder for analyser av de angitte prøver i den stand de ble mottatt av Labora AS.
Prøvetaking er ikke omfattet av akkrediteringen.
Rapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra Labora AS.



ANALYSERAPPORT

Ordrenummer	: NO2324570	Side	: 1 av 2
Kunde	: LABORA AS	Prosjekt	: LAB23-145893
Kontakt	: Kari Eidem	Prosjektnummer	: K23/499/145893
Adresse	: Klinkerveien 8 8006 Bodø Norge	Prøvetaker	: ---
Epost	: kari@labora.no	Sted	: ---
Telefon	: 75566300	Dato prøvemottak	: 2023-11-09 12:28
COC nummer	: ---	Analysedato	: 2023-11-10
Tilbuds- nummer	: OF210156	Dokumentdato	: 2023-11-15 10:34
		Antall prøver mottatt	: 1
		Antall prøver til analyse	: 1

Om rapporten

Detaljer og anmerkninger om analysemetoder er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264 0283 Oslo Norge	Epost	: info.on@alsglobal.com
		Telefon	: ---



Analyseresultater

Submatriks: **AVLØPSVANN**

Kundes prøvenavn

LAB23-145893

Varmeanlegg

Prøvenummer lab

NO2324570001

Kundes prøvetakingsdato

2023-11-08 13:20

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
Prøvepreparering								
Oppslutning	Ja	----	-	-	2023-11-10	W-PV-AC	LE	a ulev
Totale elementer/metaller								
Cu (Kopper)	1.59	± 0.27	µg/L	1.00	2023-11-10	W-SFMS-06	LE	a ulev
Fe (Jern)	0.0964	± 0.02	mg/L	0.0100	2023-11-10	W-SFMS-06	LE	a ulev

Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet

Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
W-SFMS-06	Bestemmelse av metaller i avløpsvann ved ICP-SFMS iht SS-EN ISO 17294-2:2016 og US EPA Method 200.8:1994. Prøven er oppsluttet i forkant iht W-PV-AC.

Prepareringsmetoder	Metodebeskrivelser
W-PV-AC	Oppslutning med salpetersyre i autoklav iht oppslutningsprosedyre beskrevet i SS 28150:1993 (SE-SOP-0400).

Noter: **LOR** = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parametrene for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

MU = Målesikkerhet

a = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

a ulev = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – Ikke påvist

Målesikkerhet:

Målesikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Målesikkerheten angis som en utvidet målesikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensinterval på om lag 95%.

Målesikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Utførende lab

	Utførende lab
LE	Analysene er utført av: ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75

Haaland Nord AS
Påls vei 4
8008 BODØ

Bodø, 20.05.2022

PRØVINGSRAPPORT

LAB22-125143 ver. 1

Analyseperiode: 10.05.2022 - 20.05.2022

For analysesvar, se vedlagte prøvingsrapport fra underleverandør ALS Laboratory Group Norway AS.
ALS Laboratory Group Norway AS benytter seg av akkreditert underleverandør.
Gjelder analyserapport fra ALS merket med ordrenummer NO2209072 og dokumentdato 2022-05-19.

LAB22-125143-01

Prosessvann

Uttak: 10.05.2022

Mottak: 10.05.2022

Merking: Varmeanlegg Rønvik Menighets BHG

Parameter	Metode	Resultat	Måleusikkerhet	Enhet	Krav
Analyse utført av underleverandør	*) Intern	1		stk	
Målt temperatur pH	*) Intern	22,5		°C	
pH, surhetsgrad	NS-EN ISO 10523	9,1	± 0,2	pH	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027-1	154	± 31	FNU	

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen.

Med vennlig hilsen

Svein-H. Hammer

Svein-Harald Hammer
Avd. ingeniør, kjemi

Kopi til:
Mads Fjerem (mads.fjerem@haaland.no)

Analyseresultatene gjelder for analyser av de angitte prøver i den stand de ble mottatt av Labora AS.
Prøvetaking er ikke omfattet av akkrediteringen.
Rapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra Labora AS.



ANALYSERAPPORT

Ordrenummer	: NO2209072	Side	: 1 av 2
Kunde	: LABORA AS	Prosjekt	: LAB22-125143
Kontakt	: Svein Harald Hammer	Prosjektnummer	: K22/152/125143
Adresse	: Klinkerveien 8 8006 Bodø Norge	Prøvetaker	: ----
Epost	: svein@labora.no	Sted	: ----
Telefon	: 75566310	Dato prøvemottak	: 2022-05-13 10:53
COC nummer	: ----	Analysedato	: 2022-05-17
Tilbuds- nummer	: OF210156	Dokumentdato	: 2022-05-19 11:19
		Antall prøver mottatt	: 1
		Antall prøver til analyse	: 1

Om rapporten

Forklaring til resultatene er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264 0283 Oslo Norge	Epost	: info.on@alsglobal.com
		Telefon	: ----



Analyseresultater

Submatriks: **AVLØPSVANN**

Kundes prøvenavn

LAB22-125143-01

Prøvenummer lab

NO2209072001

Kundes prøvetakingsdato

2022-05-10 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
Prøvepreparering								
Oppslutning	Ja	----	-	-	2022-05-17	W-PV-AC	LE	a ulev
Totale elementer/metaller								
Cu (Kopper)	3290	± 329.00	µg/L	1.00	2022-05-17	W-SFMS-06	LE	a ulev
Fe (Jern)	54.3	± 6.00	mg/L	0.0009	2022-05-17	W-SFMS-06	LE	a ulev

Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet

Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
W-SFMS-06	Bestemmelse av metaller i avløpsvann ved ICP-SFMS iht SS-EN ISO 17294-2:2016 og US EPA Method 200.8:1994. Prøven er oppsluttet i forkant iht W-PV-AC.

Prepareringsmetoder	Metodebeskrivelser
W-PV-AC	Oppslutning med salpetersyre i autoklav iht oppslutningsprosedyre beskrevet i SS 28150:1993 (SE-SOP-0400).

Noter: LOR = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parametrene for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

MU = Målesikkerhet

a = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

a ulev = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – Ikke påvist

Målesikkerhet:

Målesikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Målesikkerheten angis som en utvidet målesikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensinterval på om lag 95%.

Målesikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Utførende lab

	Utførende lab
LE	Analysene er utført av: ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75

Haaland Nord AS
Påls vei 4
8008 BODØ

Bodø, 15.09.2023

PRØVINGSRAPPORT

LAB23-143038 ver. 1

Analyseperiode: 06.09.2023 - 15.09.2023

For analysesvar, se vedlagte prøvingsrapport fra underleverandør ALS Laboratory Group Norway AS.
ALS Laboratory Group Norway AS benytter seg av akkreditert underleverandør.
Gjelder analyserapport fra ALS merket med ordrenummer NO2318581 og dokumentdato 2023-09-13.

LAB23-143038-01

Prosessvann

Prøvested: Varmeanlegg

Merking: Rønvik menighets bhg

Uttak: 06.09.2023 12.30

Mottak: 06.09.2023 12.47

Parameter	Metode	Resultat	Måleusikkerhet	Enhet	Krav
Analyse utført av underleverandør	*) Intern	1		stk	
Målt temperatur pH	*) Intern	23,0		°C	
pH, surhetsgrad	NS-EN ISO 10523	7,6	± 0,2	pH	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027-1	1,6	± 0,3	FNU	

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen.

Med vennlig hilsen



Kari Eidem

Avdelingsleder, kjemi

Kopi til:

Mads Fjerem (mads.fjerem@haaland.no)

Roy Berntzen (roy.berntzen@haaland.no)

Analyseresultatene gjelder for analyser av de angitte prøver i den stand de ble mottatt av Labora AS.

Prøvetaking er ikke omfattet av akkrediteringen.

Rapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra Labora AS.



ANALYSERAPPORT

Ordrenummer	: NO2318581	Side	: 1 av 2
Kunde	: LABORA AS	Prosjekt	: LAB23-143038
Kontakt	: Kari Eidem	Prosjektnummer	: K23/370/143038
Adresse	: Klinkerveien 8 8006 Bodø Norge	Prøvetaker	: ----
Epost	: kari@labora.no	Sted	: ----
Telefon	: 75566300	Dato prøvemottak	: 2023-09-07 08:26
COC nummer	: ----	Analysedato	: 2023-09-11
Tilbuds- nummer	: OF210156	Dokumentdato	: 2023-09-13 08:55
		Antall prøver mottatt	: 1
		Antall prøver til analyse	: 1

Om rapporten

Forklaring til resultatene er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264 0283 Oslo Norge	Epost	: info.on@alsglobal.com
		Telefon	: ----



Analyseresultater

Submatriks: **AVLØPSVANN**

Kundes prøvenavn

LAB23-143038-01

Varmeanlegg

Prøvenummer lab

NO2318581001

Kundes prøvetakingsdato

2023-09-06 12:30

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
Prøvepreparering								
Oppslutning	Ja	----	-	-	2023-09-11	W-PV-AC	LE	a ulev
Totale elementer/metaller								
Cu (Kopper)	76.8	± 10.50	µg/L	1.00	2023-09-11	W-SFMS-06	LE	a ulev
Fe (Jern)	11.8	± 1.90	mg/L	0.0100	2023-09-11	W-SFMS-06	LE	a ulev

Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet

Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
W-SFMS-06	Bestemmelse av metaller i avløpsvann ved ICP-SFMS iht SS-EN ISO 17294-2:2016 og US EPA Method 200.8:1994. Prøven er oppsluttet i forkant iht W-PV-AC.

Prepareringsmetoder	Metodebeskrivelser
W-PV-AC	Oppslutning med salpetersyre i autoklav iht oppslutningsprosedyre beskrevet i SS 28150:1993 (SE-SOP-0400).

Noter: **LOR** = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parameterne for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

MU = Måleusikkerhet

a = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

a ulev = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – Ikke påvist

Måleusikkerhet:

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Utførende lab

	Utførende lab
LE	Analysene er utført av: ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75

