

Anatolii Legkikh
Vetle Pedersen
Markus Selnes

Undersøkelser og kartlegging av utfordringer ved Galtneset VBA

Bacheloroppgave i Elektroingeniør, med studieretning automasjon og robotikk

Veileder: Sigurd Gossè

Medveileder: Anders Budde

Mai 2023

Anatolii Legkikh
Vetle Pedersen
Markus Selnes

Undersøkelser og kartlegging av utfordringer ved Galtneset VBA

Bacheloroppgave i Elektroingeniør, med studieretning automasjon og robotikk

Veileder: Sigurd Gossè

Medveileder: Anders Budde

Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for teknisk kybernetikk



Kunnskap for en bedre verden

Undersøkelser og kartlegging av utfordringer ved Galtneset VBA

Anatolii Legkikh

Vetle Pedersen

Markus H. Selnes

22.05.2023

Tittelside Bacheloroppgave BIELEKTRO

Oppgavetittel (norsk og engelsk): Undersøkelser og kartlegging av Galtneset VBA Investigations and mapping of Galtneset water treatment plant	
Forfattere: Anatolii Legkikh Vetle Pedersen Markus Selnes	Prosjektnummer: E2305
	Innleveringsdato: 22.05.2023
	Gradering: <input checked="" type="checkbox"/> åpen <input type="checkbox"/> lukket
Studium: Elektroingeniør - BIELEKTRO	
Studieretning: Automasjon og robotikk	
Veileder internt: Sigurd Gossè	
Institutt: Institutt for teknisk kybernetikk	
Oppdragsgiver: Træna Kommune	
Kontaktperson: Anders Budde	
Sammendrag (norsk og engelsk): Denne oppgaven har vi kartlagt og undersøkt problemene ved Galtneset VBA. Anlegget er eid og driftes av Træna kommune. Problemene som vi har undersøkt omhandler driftsstopp på grunn av alarmen som utløses av ulike årsaker. Med dette utgangspunktet har vi arbeidet med å skaffe en god oversikt over anleggets komponenter ved bruk av gamle dokumenter som tilhører anlegget og dialog med teknisk ansatte i kommunen. Arbeidet har vært metodisk og analytisk for å samle all relevant informasjon. Anlegget styres og overvåkes ved bruk av PLS. En viktig del av arbeid å skaffe oversikt over dette. Styresystemet er gammelt og utdatert, og det finnes ingen vedlikeholdsavtale for å støtte kommunen om det skulle slutte å fungere. Det vil i ytterste konsekvens bety at anlegget ikke kan produsere drikkevann hvis PLS skulle slutte å fungere. We have mapped and investigated the issues at Galtneset water treatment plant. The facility is owned and operated by Træna Municipality. The problems we have investigated revolve around operational shutdowns caused by alarms triggered for various reasons. With this as a starting point, we have worked to gain a thorough understanding of the plant's components by utilizing old documents associated with the facility and engaging in dialogue with technical staff in the municipality. The work has been methodical and analytical in order to gather all relevant information. The plant is controlled and monitored using a Programmable Logic Controller (PLC), which has been an important focus of our efforts to gain an overview. However, the control system is old and outdated, and there is no maintenance agreement in place to support the municipality if it were to stop functioning. This could ultimately result in the plant being unable to produce drinking water if the PLC were to cease functioning.	
Stikkord norsk: energi, elektrisitet, programmering, klima, miljø, vann,	Stikkord engelsk: energy, electricity, programming, climate, environment, water

Forord

Denne oppgaven markerer slutten for oss som studenter ved NTNU, samt gjennomført bachelorstudium i elektroingeniør, med studieretning automasjon og robotikk. Det har vært tre innholdsrike år med mye utfordring og læring.

Dette har vært en oppgave som har utfordret oss på mange måter og vi har fått brukt mye av kunnskapen vi har tilegnet oss gjennom disse tre årene som studenter ved NTNU. Vi håper at denne oppgaven vil bidra positivt for Træna kommune og videre utvikling av Galtneset VBA.

Vi ønsker å rette en stor takk til alle som har bidratt til oppgaven. En spesiell takk til vår veileder ved NTNU, Sigurd Gossé for gode diskusjoner og råd underveis i oppgaven. Vi ønsker også å rette en ekstra stor takk til vår eksterne veileder og kontaktperson for Træna kommune, Anders Budde som har lagt til rette for at oppgaven har vært mulig å gjennomføre slik som vi så det nødvendig.

Trondheim, mai 2023

Gruppedeltakeres signaturer:


Anatolii Legkikh


Vetle S. Pedersen


Markus H. Selnes

Sammendrag

Denne oppgaven har vi kartlagt og undersøkt problemene ved Galtneset, et vannbehandlingsanlegg som bruker teknologien omvendt osmose for å produsere drikkvann fra sjøvann. Anlegget er eid og driftes av Træna kommune. Problemene som vi har undersøkt omhandler driftsstopp på grunn av alarmer som utløses av ulike årsaker. Kommunens ansatte mener at problemene er fremtredende ved gitte situasjoner. Eksempelvis mener de at sjøvannspumpen stopper når tidevannet er lavt eller når Pelagia, en fabrikk som bearbeider matfisk, bruker sine sjøvannspumper til å produsere eget rentvann. Hovedproblemet er altså at inntakskummen for sjøvannspumpene er plassert for høyt i forhold til havnivået og at Pelagia og kommunen deler inntakskum og inntaksledning. I tillegg er anleggets dokumentasjon er mangelfull og det finnes ingen god totaloversikt noe som gjør arbeidet ved anlegget vanskelig.

Med dette utgangspunktet har vi arbeidet med å skaffe en god oversikt over anleggets komponenter ved bruk av gamle dokumenter som tilhører anlegget og dialog med teknisk ansatte i kommunen. Arbeidet har vært metodisk og analytisk for å samle all relevant informasjon. Anlegget styres og overvåkes ved bruk av PLS. Det har heller ikke vært noen god dokumentasjon og oversikt over programkoden. Derfor har det vært en viktig del av arbeid å skaffe oversikt over denne. Styresystemet er gammelt og utdatert, og det finnes ingen vedlikeholdsavtale for å støtte kommunen om det skulle slutte å fungere. Det vil i ytterste konsekvens bety at anlegget ikke kan produsere drikkevann hvis PLS skulle slutte å fungere.

Det er benyttet dataanalyse for å undersøke problemene som kommunen beskriver som årsak til alarmutløsning. Ved å bruke historiske data fra anlegget og sammenligne dette med alarmutløsningstidspunkt så kan vi se om problemene kan årsaksforklares med påstandene fra kommunen. Vi har også undersøkt mulige endringer på dagens produksjonsmåte. For det viser seg at anleggets dimensjonering er idag for stor i forhold til etterspørsel av vann. Derfor har vi kommet med et forslag til løsning som kan videreutvikles. Forslaget går ut på å montere ventiler i sammenheng med hver av de seks membranene som brukes for å skille saltet fra vannet. På denne måten kan produksjonsmengden reguleres ut i fra etterspørsel.

Vi har nå lagt grunnlaget for videre arbeid og utvikling av Galtneset VBA, med flere spennende problemstillinger å ta fatt på.

Abstract

We have surveyed and investigated the issues at Galtneset, a water treatment plant that utilizes reverse osmosis technology to produce drinking water from seawater. The facility is owned and operated by Træna municipality. The problems we have examined revolve around operational shutdowns triggered by various alarms. The municipality employees believe that these issues arise under specific circumstances. For example, they believe that the seawater pump stops when the tide is low or when Pelagia AS, a fish food factory, uses its seawater pumps to produce water for their own fish food production. The main problem is that the intake well for the seawater pumps is positioned too high relative to sea level, and Pelagia and the municipality share the same intake well and intake pipeline. Additionally, the documentation of the facility is inadequate, and there is no comprehensive overview, making the work at the facility challenging.

Based on this background, we have worked towards gaining a comprehensive understanding of the components of the facility by using old documents associated with the plant and engaging in discussions with the technical staff at the municipality. The work has been systematic and analytical, aiming to gather all relevant information. The facility is controlled and monitored using a PLC. However, there is also a lack of proper documentation and overview of the program code. Therefore, an important part of the work has been to gain an understanding of it. The control system is old and outdated, and there is no maintenance agreement in place to support the municipality if it were to stop functioning. In the worst-case scenario, this would mean that the plant cannot produce drinking water if the PLC ceases to operate.

Data analysis has been utilized to investigate the issues that the municipality describes as the cause of alarm triggers. By using historical data from the facility and comparing it with the times when alarms were triggered, we can determine if the problems can be explained by the municipality's claims. We have also explored possible changes to the current production methods. It turns out that the facility's capacity is currently too large compared to the water demand. Therefore, we have proposed a solution that can be further developed, which involves installing valves in connection with each of the six membranes used to separate salt from water. This way, the production quantity can be regulated based on demand.

We have now laid the foundation for further work and development of the Galtneset water treatment plant, with several intriguing issues to address.

Ordforklaringer

ADC: Analog til digital konverterer

AI: Analog input eller analog inngang

AO: Analog output eller analog utgang

Boolsk variabel: Variabel som kan være enten 0 eller 1.

CX-programmer: Programvare for programmering av Omron PLS

DAC: Digital til analog konverterer

DC: Direct current

DI: Digital input eller digital Inngang

DO: Digital output eller digital Utgang

Ethernet: Teknologi for lokalnett kommunikasjon

HMI: Human-Machine Interface

IO interface: Input/output grensesnitt

mA: Milliampere

Modningstid: Tid for *modning* av flermediafiltere

NTC: Negative temperature coefficient eller negativ temperatur koeffisient

PLS: Programmerbar logisk styring

Pop-up: Sprettopp vindu

Pseudokode: Utkast av kode som kan ikke brukes, men som viser den logiske oppbygningen av kodens hensikt

RO: Reverse osmosis eller omvendt osmose

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition. Brukes i større overvåkningsystemer

Semipermeabel membran: Membran med fine porer som slipper kun små molekyler igjennom.

Spyling og flushing: Spyling er tilbakespyling av flermediafilterene og spaltesilen. Flushing er rengjøring av anlegget ved hjelp av ferskvann.

VBA: Vannbehandlingsanlegg

UV: Ultraviolet stråling

Innhold

Forord	iii
Sammendrag	v
Abstract	vii
Ordforklaringer	ix
Innhold	xi
Figurer	xv
Tabeller	xix
1 Innledning	1
1.1 Rapportens oppbygning	1
1.2 Tidligere arbeid	1
1.3 Problemstilling	2
1.4 Avgrensning	2
1.5 Træna Kommune	3
1.5.1 Befolkningsutvikling	3
1.5.2 Næringsliv i kommunen	4
1.6 Vannforsyningssystemet i Træna kommune	5
1.6.1 Sanna	5
1.6.2 Galtneset	5
1.6.3 Råvannsmagasin Husøy	5
1.6.4 Selvær	5
2 Teori	7
2.1 Avsaltingsanlegg	7
2.2 Programmerbare logiske styresystemer (PLS)	9
2.2.1 Programmering i CX-programmer for Omron	9
2.2.2 Modbus	10
2.2.3 Profibus	10
2.2.4 Kommunikasjon mellom PLS, sensorer og aktuatorer	10
2.3 Human Machine Interface (HMI)	11
2.4 Dokumentasjon	11
2.5 Pumper	11
2.6 Ventiler	11
2.7 Frekvensomformer	12
2.8 Sensorer	12
2.9 Dataanalyse	13

2.10 Lagring av historiske data	14
3 Metode	15
3.1 Besøk og befaring ved Galtneset VBA	15
3.1.1 Intervju av personer med kjennskap til anlegget	15
3.2 Anleggsoversikt	16
3.2.1 Analysere av PLS-kode	16
3.3 Ekspertter vann og avløp	16
3.4 Dataanalyse	17
3.4.1 Uthenting av data	18
3.4.2 Programmer for analyse	20
3.4.3 Metode for analyse	21
4 Systemoversikt	27
4.1 Anlegget på Galtneset - systemgjennomgang	27
4.2 Operasjonsprinsipp	28
4.3 Oversikt over komponentene i anlegget	29
4.4 PLS og HMI	35
4.4.1 Topografi av PLS	36
4.4.2 Analoge innganger (AI)	37
4.4.3 Digitale innganger (DI)	38
4.4.4 Analoge utganger (AO)	40
4.4.5 Digitale utganger (DO)	41
4.4.6 Programkodens oppbygning	43
4.4.7 Alarmer	44
4.4.8 Andre alarmer	46
4.4.9 Oversikt over HMI-systemet	47
4.4.10 HMI-panelet og grensesnittet	47
4.5 Normatic driftskontrollsystem	49
5 Resultat	51
5.1 Anleggets utfordringer	51
5.1.1 Undersøkelse av problemene	53
5.2 Anleggets dimensjonering	65
5.2.1 Etterinnstallere ventiler på membranene	67
5.3 Dokumentering av programkode for PLS	68
6 Diskusjon	69
6.1 Oversikten over anlegget	69
6.2 Dialog med ansatte ved kommunen og annet nøkkelpersonell	70
6.3 PLS og HMI	70
6.4 Etterinnstallere ventiler på membranene	71
6.4.1 Prosjektering	71
6.4.2 Pseudokode	72
6.5 Analyse av datagrunnlaget	73
6.5.1 Alarm sjøvannspumpe	75
6.5.2 Alarm rentvannspumpe	76
6.5.3 Utløsende årsak for alarmene	77

7 Konklusjon	79
7.1 Videre arbeid	79
7.2 Faglig utbytte	79
Bibliografi	81
A Poster	83
B Pseudokode	85
C PLS	93
C.1 Alarm sjøvannspumpe	93
C.2 Alternering av sjøvannspumper	94
C.3 Høytrykkspumpe omformer regulering	95
C.4 Kommunikasjonstest til høydebasseng	96
C.5 Reset knapp	97
C.6 Time-out rentvannspumpe	98
C.7 Time-out sjøvannspumpe	99
C.8 Trykkøkniningspumpe sekvens	100
D Grafer	101

Figurer

1.1	Kart over øyene i Træna kommune	3
1.2	Flyfoto over Husøy og Sanna	4
2.1	Prinsippet bak omvendt osmose [9]	8
2.2	Eksempel på kode skrevet i ladder	9
2.3	Eksempel på MOV blokk i kode skrevet i ladder	10
3.1	Utklipp fra Normatic sin nettside	18
3.2	Utklipp fra Normatic sin nettside	19
3.3	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykk etter sjøvannspumpe fra 13.01.23 til 27.04.23	22
3.4	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykk etter sjøvannspumpe fra 02.02.23 til 09.02.23	23
4.1	Oversikt over anlegget	28
4.2	Bilde av PLS	35
4.3	Systemets arkitektur	36
4.4	Oversikt over de forskjellige blokkene	43
5.1	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 13.01.23 til 28.04.23	53
5.2	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 02.02.23 til 09.02.23	54
5.3	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 03.03.23 til 10.03.23	55
5.4	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 13.04.23 til 20.04.23	56
5.5	Trykksensensor INN.PT01 fra 01.01.08 til 01.01.23	57
5.6	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 13.01.23 til 28.04.23	58
5.7	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23 til 16.01.2023	59
5.8	Sammenligning mellom rentvannspumpens driftstid, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23 til 16.01.2023	60

5.9	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 23.01.23 til 24.01.2023	61
5.10	Sammenligning mellom rentvannspumpens driftstid, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 23.01.23 til 24.01.2023	61
5.11	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 01.02.23 til 02.02.2023	62
5.12	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.03.23 til 18.03.23	63
5.13	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 21.04.23 til 22.04.2023	64
5.14	Anleggets drift så langt i 2023	65
5.15	Anleggets drift for februar 2023	66
5.16	Dagsproduksjon 17. februar 2023	67
C.1	Programkode for alarm sjøvannspumpe	93
C.2	Programkode for alternering av sjøvannspumper	94
C.3	Programkode for hastighetsregulering av høytrykkspumpe	95
C.4	Programkode for kommunikasjontest mellom Galtneset VBA og høydebassenget	96
C.5	Programkode for reset-knapp	97
C.6	Programkode for time-out av rentannspumpe	98
C.7	Programkode for time-out av sjøvannspumpe	99
C.8	Programkode for sekvens av trykkøkningspumpe	100
D.1	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 01.01.23 til 28.04.23	102
D.2	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 02.02.23 til 09.02.23	103
D.3	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 03.03.23 til og med 09.03.23	104
D.4	Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 13.04.23 til og med 19.04.23	105
D.5	Trykksensensor INN.PT01	106
D.6	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 13.01.23 til og med 27.04.23	107
D.7	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23	108
D.8	Sammenligning mellom rentvannspumpens driftstid, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23	109
D.9	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23	110
D.10	Sammenligning mellom rentvannspumpens driftstid, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 23.01.23	111
D.11	Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 01.02.23	112

D.12 Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.03.23 til 18.03.23	113
D.13 Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 24.04.23	114
D.14 Anleggets drift så langt i 2023	115
D.15 Anleggets drift for februar 2023	116
D.16 Dagsproduksjon 17. februar 2023	117

Tabeller

3.1	Utløsningstidspunkt for sjøvannspumpealarm mot tidevann	23
3.2	Utløsningstidspunkt for rentvannspumpealarm	25
3.3	Ytterligere potensielle sammenhenger mellom Pelagias rentvannsforbruk og - produksjon	26
4.1	Forklaing av oppbygningen av tag. nr.	29
4.2	Oversikt over sensorer i anlegget	30
4.3	Oversikt over pumper i anlegget	31
4.4	Oversikt over filter i anlegget	32
4.5	Oversikt over ventiler i anlegget	33
4.6	Oversikt over frekvensomformere i anlegget	34
4.7	Analog input unit 01 Ch.2011-2018	37
4.8	Analog input unit 02 Ch.2021-2028	37
4.9	Analog input unit 03 Ch.2031-2038	37
4.10	Digital input adresse 0.0-0.15	38
4.11	Digital input adresse 1.0-1.15	39
4.12	Digital input adresse 2.0-2.15	39
4.13	Digital input adresse 3.0-3.15	40
4.14	Analog output unit 04 Ch.2041-2048	40
4.15	Digital output adresse 4.0-4.15	41
4.16	Digital output adresse 5.0-5.15	42
4.17	Digital output adresse 6.0-6.15	42
4.18	Oversikt over alarmer for råvannspumpe 1 og råvannspumpe 2	44
4.19	Oversikt over alarmer for Trykkforsterkerpumpe	44
4.20	Oversikt over alarmer for turbinpumpe	45
4.21	Oversikt over alarmer for rentvannspumpe 1 og rentvannspumpe 2	45
4.22	Oversikt over andre alarmer	46
4.23	Oversikt over alarmer for trykksil	46
4.24	Oversikt over alarmer for UV-anlegg 1 og UV-anlegg 2	46
6.1	Signaler og deres tilhørende minimums- og maksimumsverdier	73
6.2	Signaler og deres tilhørende minimums- og maksimumsverdier	74
6.3	Kategorisering av tidevannsverdier ved utløst sjøvannsalarm	76
6.4	Kategorisering av rentvannsalarm	77

Kapittel 1

Innledning

Kapittelet tar for seg bakgrunnen til oppgaven og hvorfor dette er en oppgave som vil være til gunst for Træna kommune.

1.1 Rapportens oppbygning

I rapportens første del presenteres teori og metode, som danner grunnlaget for å forstå arbeidets resultater. Rapportens siste del presenteres resultatene, samt diskusjon og konklusjon. Til slutt er vedlegg som kan være med på å gi med mer fylldig forståelse av resultatene.

1.2 Tidligere arbeid

Norconsult laget en hovedplan for vann- og avløp for Træna kommune [1] i 2021 som konkluderer med at anlegget ved Galtneset er utdatert med gammelt styresystem. Det er for mye driftsstopp på grunn av alarmer, anlegget er overdimensjonert i forhold til etterspørsel og derfor står en av de to linjene permanent avstengt. Dette er funnene i Norconsults rapport vår oppgave bygger videre på.

I tillegg er en tidligere bacheloroppgave også utgangspunkt for vår oppgave. *Analyse og vurdering av ytelse til dagens vannforsyningsystem i Træna kommune*, skrevet av Van Sui Cer [2]. Oppgaven konkluderte med anbefalinger om å undersøke muligheter for mer optimal styring av anlegget på Galtneset, samt mer energieffektive måter å både dimensjonere og styre det på.

1.3 Problemstilling

Bacheloroppgaven tar utgangspunkt i vannforsyningen til innbyggere og industri i Træna kommune. Vi har formulert oppgaven slik:

Det er store utfordringer til driften ved Galtneset. De største problemene er knyttet til hyppige, unødige alarmer grunnet trykkfall på sjøvannssiden av inntaket til anlegget. Det vil da være nødvendig å se på hva som gjør at trykkfallet blir så stort at det utløser alarmer som igjen stopper anlegget. Anleggets PLS og styresystem har mangelfull dokumentasjon og er uoversiktlig. Dette skal dokumenteres på en hensiktsmessig måte. Gjennom prosjektet skal det feilsøkes for å finne ut hvorfor alarmene utøses og om det er mulig å løse problemene.

Til slutt ønsker vi å svare ut følgende spørsmål som en del av problemstillingen.

- Hva er de spesifikke grunnene til at anleggets alarmer utløses?
- Hvilke spesifikke løsninger kan implementeres for å løse disse problemene?
- Hvordan er anlegget dokumentert?
- Hvordan er anlegget konstruert?

1.4 Avgrensning

I samråd med både intern og ekstern veileder er det bestemt at oppgaven skulle begrenses til å omhandle hvordan Galtneset skal kunne optimaliseres for kommunen. I arbeid med denne problemstillingen ble det fastslått at informasjonsgrunnlaget ikke var tilfredsstillende nok til å utarbeide ønskede forslag. Oppgavens fokus ble derfor skiftet til å hovedsakelig samle informasjonen som er å oppdrive om anlegget og sette det sammen til et dokumentgrunnlag som kan brukes for videre arbeid mot optimal drift av anlegget. I tillegg skal det undersøkes forslag til hvordan driften på anlegget kan bedres ved å gjøre endringer på dagens driftssituasjon.

1.5 Træna Kommune

Træna kommune er å betrakte som en av Norges eldste fiskevær [3], med funn som er datert hele 9000 år tilbake i tid. Kommunen er lokalisert på Helgelandskysten i Nordland fylke, og innbyggertallet er 444 mennesker fordelt på øyene Husøy, Selvær, Sanna og Sandøy for 4. kvartal 2022 [4]. Til sammen er kommunen satt sammen av omtrent 418 øyer, holmer og skjær.



Figur 1.1: Kart over øyene i Træna kommune

1.5.1 Befolkningsutvikling

Træna kommune har et uttalt mål om å øke befolkningsantallet i kommunen. Det kommer frem i kommuneplanens samfunnsdel fra 2017 [5]. Målet er satt til 555 innbyggere innen 2030. Ifølge SSB [6] er det en forventet utvikling satt til 517 innbyggere i 2030 og 561 i 2050. Laveste framskrivning for 2050 er estimert til 488 innbyggere og høyeste framskrivning er estimert til 645 innbyggere. For å kunne nå sine uttalte mål har kommunen et utviklingsprosjekt. TenkTræna har som formål å utvikle kommunen i positiv retning ved å legge til rette for et styrket næringsliv og kulturliv. Dette vil igjen kunne stimulere til økt bolyst i kommunen.

1.5.2 Næringsliv i kommunen

Træna kommune er en kystkommune hvor havbruk og fiske er hovednæringen. I tillegg er fiskeriindustrien og fiskeoppdrettsnæringen viktige bidragsytere i kommunen. Pelagia er etablert i kommunen og driver med mottak og bearbeiding av pelagisk fisk. I tillegg er Gaia Salmon under utbygging, dette er et landbasert postsmolt anlegg. Begge disse anleggene er lokalisert på Galtneset på Husøy.

I tillegg til fiskerinæringen er turisme og reiseliv en stor del av hva kommunen byr på. Træna-festivalen arrangeres hver sommer og trekker til seg rundt 3000 besøkende under festivaldagene. Træna 365 er en satsning på hotell, kulturlokaler, boliger, museum og næring. [7]. Her er målet å skape næringslokaler og overnatting 365 dager i året, og er en viktig satsning for kommunen. Prosjektet er planlagt i tre trinn og byggestart for trinn 1 var allerede i 2021.



Figur 1.2: Flyfoto over Husøy og Sanna

1.6 Vannforsyningssystemet i Træna kommune

Siden kommunen ligger langt fra Norges fastland, blir alt drikkevann produsert lokalt uten tilførsel fra fastlandsnorge. Husøy vannverk blir tilført vann fra tre råvannskilder. I tillegg er det et eget anlegg på Selvær.

1.6.1 Sanna

Ved Sanna blir ferskvann samlet opp fra nedslagfeltet som er omtrent $0,2 \text{ km}^2$ stort område. Det er stor variasjon på mengde vann som samles opp på Sanna, noe som i hovedsak avgjøres av hvor mye nedbør det er. Mesteparten av vannet som kommer fra Sanna er produsert i vintermånedene. Råvannet blir samlet opp i en overføringskum, som igjen pumpes over til en råvannstank i Husøy via en vannledning. Pumpene er frekvensstyrt.

1.6.2 Galtneset

Vannkilden er sjøvann. Inntaket ligger på ca. 12 meters dyp. Inntaket er nord for Galtneset og deles med Pelagia. Anlegget er av en eldre type avsaltinganlegg og ble satt i drift i 2003. Kapasiteten ble doblet i 2010 for anlegget. Da ble det installert en ny linje med membraner. Idag er det kun den siste linjen som er i drift.

1.6.3 Råvannsmagasin Husøy

En kunstig innsjø som er demmet opp, ca. 7 meter høy. Totalt volum er ca. 30000 m^3 . Magsinet brukes som vannkilde i perioder med lite nedbør, eksempelvis om sommeren når det er lite tilførsel av vann fra Sanna. Om sommeren opplever man tidvis problemer med oppblomstring av blå-grønne alger som gjør magasinet ubrukelig i perioden dette er tilstede. I følge Folkehelseinstituttet vil det medføre stor risiko å drikke dette vannet [8]. Kommunen holder kontroll på dette ved å gjennomføre prøvetakinger i vannmagasinet.

1.6.4 Selvær

Vannkilden er sjøvann. Inntaket ligger på mellom 6-7 meters dyp og er plassert like ved fergekai på Selvær. Våren 2023 er anlegget under oppgradering til et mer moderne avsaltinganlegg.

Kapittel 2

Teori

I dette kapittelet vil relevant teori bli gjennomgått og dette vil legge grunnlaget for videre lesing av rapporten.

2.1 Avsaltingsanlegg

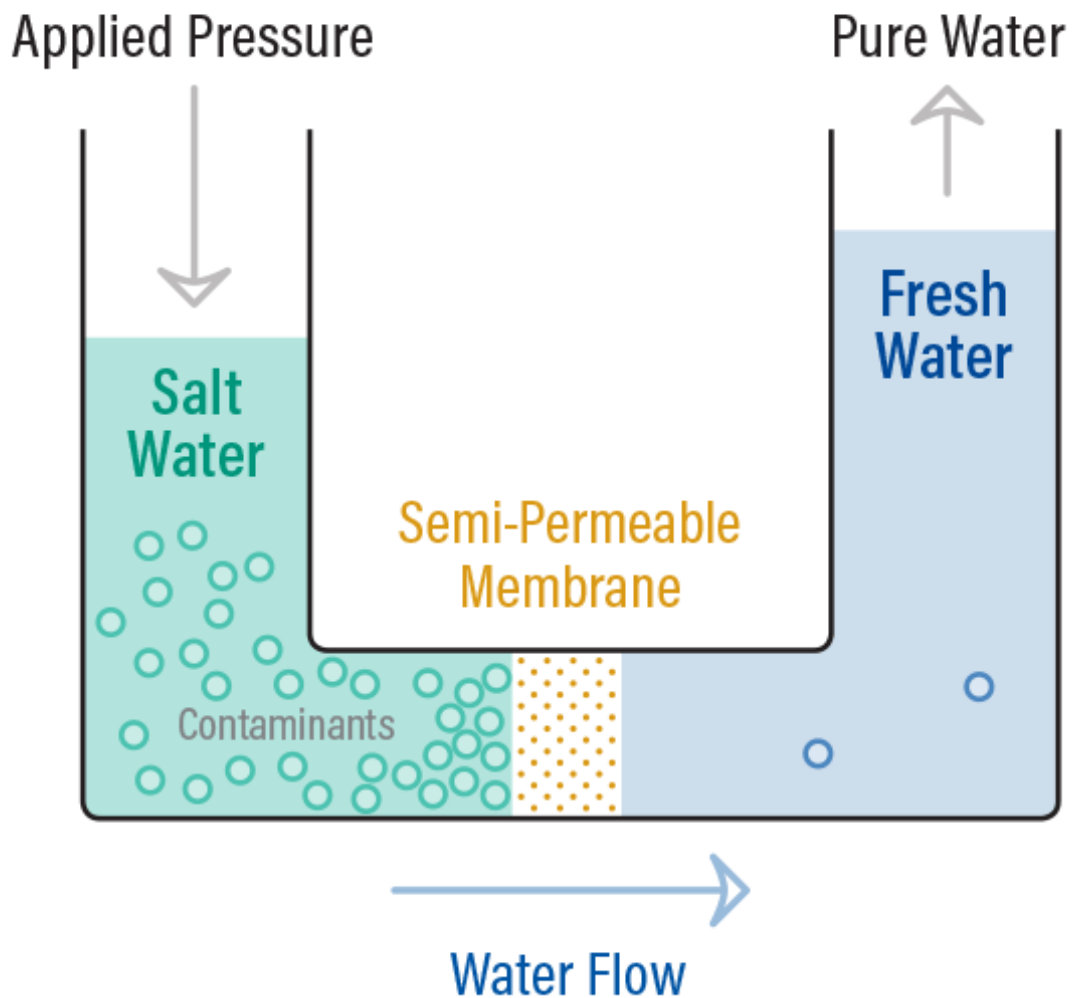
Et avsaltingsanlegg er en installasjon som brukes til å fjerne salt og andre mineraler fra sjøvann eller brakkevann for å produsere ferskvann som kan brukes til drikkevann eller til industrielle formål. Avsalting er en nødvendig prosess i områder med begrenset tilgang til ferskvann, som eksempelvis kystområder og øysamfunn. Avsaltingsanlegg bruker vanligvis en av to hovedtyper teknologier for å fjerne salt fra sjøvann. Den første er omvendt osmose, som bruker membraner for å filtrere ut salt og andre mineraler fra sjøvann under høyt trykk. Den andre teknologien er fordampning og kondensasjon, som bruker varme til å fordampe sjøvann og deretter kondensere vanndampen for å produsere ferskvann. Begge teknologiene har sine fordele og ulemper avhengig av området og andre faktorer. På Galtneset er det omvendt osmose som benyttes for å produsere ferskvann.

For at et anlegg skal driftes effektivt kreves det et godt styresystem som holder oversikt over prosessene. PLS er svært ofte brukt til dette formålet. Avsaltingsanlegg er heller ikke uten utfordringer og en av de største er energikostnader, da både omvendt osmose og fordampning og kondensasjon krever mye energi for å omgjøre sjøvann til ferskvann.

Omvendt osmose

Prosesen går ut på å tvinge sjøvannet gjennom en semipermeabel membran, som betyr at kun vannmolekyler passerer gjennom membranen, mens saltioner og andre mineraler ikke slipper igjennom. [9] Membranen som benyttes i omvendt osmose består vanligvis av flere lag av polyamid, som er en type polymer og er veldig tynn, vanligvis bare noen få mikrometer tykk. For å få vannet til å passere gjennom membranen, blir det påført et høyt trykk på sjøvannssiden. Trykket tvinger vannet gjennom membranen, mens salt og andre mineraler blir igjen.

Resultatet av denne prosessen er at *permeat*, her ferskvann, produseres på den ene siden av membranen, mens en strøm av *retentat*, her saltvann, samles på den andre siden.



Figur 2.1: Prinsippet bak omvendt osmose [9]

Som nevnt tidligere er omvendt osmose er en energikrevende prosess. Det krever mye energi for å oppnå det høye trykket som er nødvendig for å tvinge vannet gjennom membranen. Det er imidlertid utviklet flere teknologier som reduserer energiforbruket, hvorav også Galtneset har ettermontert noen av disse.

2.2 Programmerbare logiske styresystemer (PLS)

En PLS er en programmerbar maskin brukt for å styre elektriske systemer både automatisk og manuelt. Med PLS lages en predefinert programkode som lastes opp på PLS, og brukes for å styre anlegget eller andre annet utstyr som er tilkoblet systemet. Styringen blir programmert til å utføre arbeid, holde nivåer stabile, eller andre oppgaver som kan være nødvendig for å styre en prosess.

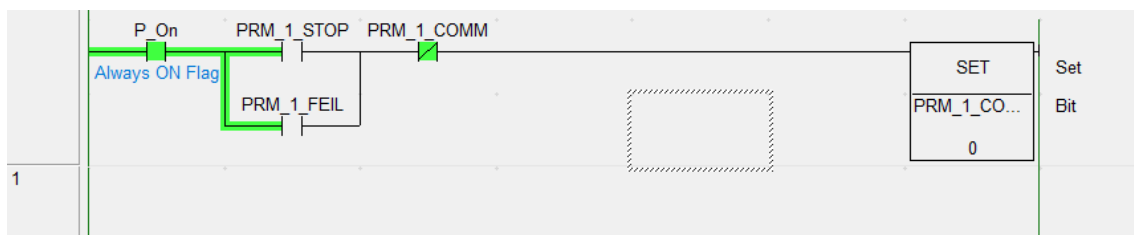
I et system kan PLS være én enkel sentral enhet som styrer alle deler av et system eller bestå av flere sammenkoblede enheter som samarbeider og deler informasjon mellom hverandre. Ofte er PLS også brukt for overvåkning av systemer, og informasjonen kan bli sendt til operatørpaneler som er fysisk montert ved systemet, men også til fjernstyrte overvåkningssystemer. Her kan også kommunikasjonen gå begge veier, og det er vanlig å kunne styre prosessen fra både lokale paneler og med fjernstyring.

2.2.1 Programmering i CX-programmer for Omron

Programmeringsspråket *ladder* er et av mest populære og anvendte programmeringsspråk for PLS og er en intuitiv og enkel form for programmering. Den er også oversiktlig hvis man skal foreta feilsøking og kontroll av programkoden. Ved programmering i ladder brukes forskjellige blokker, porter og elementer istedenfor tekst. Disse kobles sammen sekvensielt ved å trekke streker mellom dem. Når PLS utfører operasjonene programmert i ladder, blir koden lest og utført først fra venstre mot høyre og deretter et steg ned. Dette gjør at programmet er svært enkelt å forstå med tanke på rekkefølge, men også sporbarhet i årsak og virkning.

I programmering med ladder er *gates*, eller porter, en svært sentral del i oppbygningen av programmet. En port er knyttet mot en boolsk variabel og fungerer slik at hvis variabelen er *høy* eller har verdien 1 blir porten aktivert og signalet passerer. Hvis variabelen er *lav* eller har verdien 0 blir signalet stoppet i porten. Det kan også benyttes porter som har omvendt logikk.

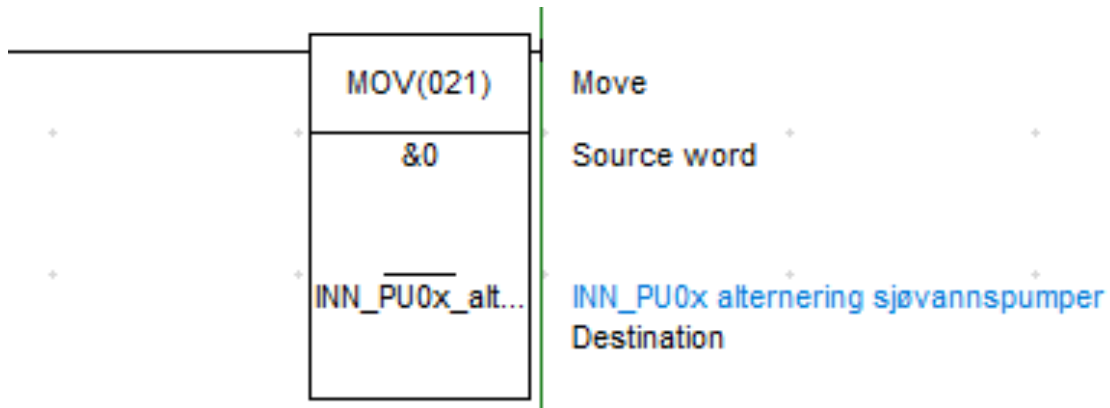
Blokker har forskjellig funksjonalitet og brukes på forskjellige måter. Eksempel på blokker er *SET* og *RESET* som ofte brukes i sammenheng med hverandre. Blokken *SET* vil da sette en boolsk variabel høy, mens *RESET* setter den lav.



Figur 2.2: Eksempel på kode skrevet i ladder

Blokken *MOV* setter verdien til variabelen i *Destination* fra *Source Word*. Her kan *Source Word* være en annen variabel eller hardkodet verdi. En blokk kan også ha forskjellige varianter,

hvor typen av gitt blokk står som tall i parentes etter navnet.



Figur 2.3: Eksempel på MOV blokk i kode skrevet i ladder

2.2.2 Modbus

Modbus er en industriell kommunikasjonsprotokoll som ble utviklet av *Modicon* på 1970-tallet for bruk med PLS. [10] Modbusprotokollen er laget for kommunikasjon mellom flere PLS-er, samt opp mot overvåkningsystemer eller lignende. Modbusprotokollen har en begrensning på maks én masterenhet per nettverk, som kan være problematisk i større systemer. Da den kom var protokollen proprietær og brukt kun av *Modicon*, men i dag er den åpen for bruk av alle. Modbus fungerer over flere fysiske koblinger som RS232, RS422, RS485 og Ethernet.

2.2.3 Profibus

Profibus er en industriell kommunikasjonsprotokoll som ble utviklet på 1990-tallet og promotert av det tyske utdannings- og forskningsdepartementet *BMBF* og deretter brukt av *Siemens* [10]. Profibus har støtte for flere masterenheter per nettverk, større kapasitet og fungerer med nyere teknologier. En ulempe med Profibus er dens begrensede mulighet for fysisk tilkobling, da Profibus kun fungerer med RS485 kobling.

2.2.4 Kommunikasjon mellom PLS, sensorer og aktuatorer

For at en PLS skal kunne kommunisere med sensorer og aktuatorer må det brukes en *IO interface*. Dette er tilleggsmoduler som monteres på PLS-en. Kommunikasjon mellom sensorer, aktuatorer og PLS skjer gjennom analoge signaler, hvor 4–20 mA er en populær standard. For å omgjøre signalene brukes én av to typer omformere, **analog til digital** (ADC) eller **digital til analog** (DAC), anhengig av om signalet skal inn eller ut av PLS.

Kommunikasjon fra sensorene til PLS foregår enten gjennom en ADC der sensoren sender signalet analogt ved å sende en strøm på signalledningen eller gjennom DAC hvis PLS skal

sende et styresignal til aktuator. Hvis sensoren bruker analogt signal for kommunikasjon brukes en ADC-omformer til å lese verdien (amplituden) på strømmen og konverterer signalet til et digitalt signal som sendes videre til PLS. ADC-omformeren har en oppløsning som sier om hvor presis målingen av det analoge signalet kan være.

Kommunikasjon fra PLS til aktuatorer kan foregå enten analogt eller digitalt. For analog kommunikasjon brukes en DAC-omformer for å gjøre verdien fra PLS som er i binær form til strøm.

2.3 Human Machine Interface (HMI)

Brukergrensesnitt, eller HMI er et verktøy som tillater operatøren å interagere med systemet på en effektiv og produktiv måte. I dette systemet er brukergrensesnittet brukt for å kontrollere prosessen, endre ulike parametere, samt håndtere feilsituasjoner. Brukergrensesnitt kan deles i to hoved kategorier. Første av dem er HMI som er installert på en operatørpanelet nært prosessen og har alt nødvendig funksjonalitet for å styre prosessen. Andre typen er SCADA som brukes når prosessen eller systemet skal kontrolleres fra større avstand. Det er også ofte at SCADA brukergrensesnitt har flere systemer som kontrolleres samtidig. Slike brukergrensesnitt blir utviklet og brukt på PCer.

2.4 Dokumentasjon

Dokumentasjon innenfor ingeniørfagfeltet betyr omfattende beskrivelser av prosesser, oppbygning, virkemåte osv. Det finnes mange forskjellige typer dokumentasjon, som har til hensikt å beskrive forskjellige aspekter om et system i forskjellig grad av detalj. Blant de mest brukte er brukermanualer, som tar for seg dokumentasjon av fremgangsmåten for å operere og ofte feilsøke systemet. En brukermanual er rettet mot brukeren og ofte inneholder simplifiserte beskrivelser, og går sjelden i dybden på systemene de beskriver.

En annen type dokumentasjon er datablad. Denne typen dokumentasjon presenterer flere detaljer av systemet som oppbygningen, materialbruk, opptreden osv. Datablad er laget primært for spesialister som skal ha fullstendig forståelse for virkemåten og oppbygningen til komponenter eller systemet for blant annet reparasjon.

Dokumentasjon er svært viktig for feilsøking og reparasjoner.

2.5 Pumper

En pumpes oppgave er hovedsakelig å forflytte væsker, men de kan også brukes til andre formål, som å øke trykk i væsker [11].

2.6 Ventiler

En ventil er en mekanisk innretning som hindrer strøm i et væskefylt rørsystem [12]. En ventil kan også brukes til å begrense mengden væske som kan passere gjennom røret. I et anlegg

vil disse som regel være styrt med analoge signaler. Av tabell 4.5, som er en oversikt over ventiler på Galtneset, ser man at det er brukt ventiler av typen spjeldventil eller kuleventil. En spjeldventil er en ventil som er hengslet i én eller begge ender med et spjeld som endrer størrelse ved å rotere. En kuleventil er en ventil som består av en kule med et gjennomløpende hull, som ligger i et kuleformet ventilhus [13].

2.7 Frekvensomformer

En frekvensomformer er en type motorregulator som driver en elektrisk motor ved å variere strømforsyningens frekvens og spenning [14]. Sentralt for frekvensstyring av pumper er at de kan styre opp- og nedtrappingen av motoren i pumpene under start og stopp.

2.8 Sensorer

Sensorer har en avgjørende rolle i et prosessanlegg. De brukes til å overvåke og kontrollere ulike variabler og funksjoner i prosessen, som temperatur, trykk, strømningshastighet og nivå. Ved å samle inn data fra sensorer, kan anlegget overvåkes og styres i sanntid. En oversiktlig representasjon av sensorverdier gjør det også mulig å identifisere problemer og potensielle feil tidlig, før de utvikler seg til større og mer alvorlige problemer.

Trykktransmitter (PT): Trykk kan defineres som *kraft per flateenhet* [15]. Svært mange trykkmålere baserer seg på formelen $F = \rho A$. Trykkmålere fungerer da ved å måle den kraften som trykket påvirker et gitt, kjent areal. I dette anlegget brukes trykkmålere både til å måle trykket prosessmediet (vannet) har igjennom rørene, samt til å måle nivået av rentvann i tankene etter filtreringen. SI-enheten for trykk er pascal, Nm^{-2} . Benevnelsen som brukes for anlegget, listet opp i tabell 4.2 er bar. Forholdet mellom bar og pascal er: $1 \text{ bar} = 1,0 \cdot 10^5 Nm^{-2}$. For å måle trykk i rørkoblinger er det vanlig å benytte seg av differensielle trykkmålere, dP-celler.

Mengdemåler (FT): Mengdemålere, eller strømningsmålere, er instrumenter som brukes til å måle væskestrømmen i rør eller kanaler. Mengdemåleren gir en indikasjon på hvor mye væske som strømmer per tidsenhet, som er et viktig parameter i en rekke industrielle prosesser. Et viktig moment for disse mengdemålerne er strømningsprofilen. *Reynolds tall* er et dimensjonsløst tall som uttrykker forholdet mellom treghets- og friksjonskreftene i en væske [15]. For rette rør defineres tallet som $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$ Hvor ρ er mediets tetthet, v er middelhastighet, D er rørdiameteren og μ er dynamisk viskositet. Reynolds tall beskriver hvordan strømningsbildet i mediet er.

Temperaturtransmitter (TT): Temperaturfølere har som oppgave å måle temperaturen i medier/objekter som er relevant for prosessen. Derfor er det svært viktig at temperaturføleren og objektets temperatur er mest mulig lik, slik at temperaturføleren har best mulig utgangspunkt for korrekte målinger, og man unngår målefeil. Her spiller installeringen av måleren en avgjørende rolle, og er gjerne et kompromiss mellom praktiske hensyn og ønsket om minst mulig målefeil.

- Termistor: Føler som bruker en halvleder med en temperaturavhengig motstand som brukes til å måle temperaturen.
- Termoelement: Føler som bruker to forskjellige metaller på hver sin side av spenningskalaen, koblet sammen for å danne en termoelektrisk krets. Temperaturendringen mellom de to koblingspunktene skaper en spenningsforskjell som igjen kan måles for å bestemme temperaturen.
- PT100-sensor: Føler som bruker en platinaresistans til å måle temperaturen. PT100-sensorer gir nøyaktige og stabile målinger, men er generelt mer kostbare enn andre typer følere.
- NTC-sensor: Føler som bruker en negativ temperaturkoeffisient (NTC) for å måle temperaturen. NTC-sensorer gir nøyaktige målinger, men kan være mindre stabile enn andre typer følere og kan kreve regelmessig kalibrering over tid.

pH-transmitter (QT): Et måleinstrument som brukes til å overvåke pH-verdien. pH-verdien gir informasjon om vannets surhetsgrad og alkalitet, og er en viktig parameter for å opprettholde riktig vannkvalitet. En slik transmitter består av en pH-elektrode og en tilhørende transmitter, pH-elektroden er en sensor som plasseres i vannet og som produserer en elektrisk spenning som er proporsjonal med pH-verdien. Transmitteren konverterer denne spenningen til en pH-verdi som kan vises på en skjerm.

2.9 Dataanalyse

Dataanalyse er en prosess for å samle informasjon fra alle fasetter av et sammensatt system, og finne sammenhenger. Typiske kandidater for dataanalyse er en bedrifts økonomi, et lands helse, en datamaskins strømforbruk og mye mer. Ved hjelp av dataanalyse kan man finne trender og utløsende faktorer for hendelser innad i systemet. Det finnes mange forskjellige fremgangsmåter for dataanalyse. Ved hjelp av grafiske verktøy kan avleste verdier stilles mot hverandre, eller mot utløste alarmer slik at man kan observere en tydelig sammenheng mellom årsak og virkning. Det er også mulig å bruke dataanalyse til å analysere endringer i et system over tid, og hvis dataene er god nok, også forutse systemets tilstand fremover i tid.

Et sentralt moment innenfor dataanalyse er kvaliteten på dataene som behandles. For at analysen skal resultere i brukbare resultater må den stemme overens med systemets reelle tilstand, med tilfredsstillende oppløsning.

Systemets tilstand tilsier en komplett oversikt over sentrale verdier i det dynamiske systemet, og at disse verdiene er korrekte. Spesielt viktig er verdier som har en direkte innvirkning på systemets ytelse og funksjon. Allikevel kan avlesninger av mer perifere deler av systemet bidra til økt kvalitet på analysen.

Dataoppløsning er konseptet om dataens granularitet. Som oftest omhandler dette tidsperspektivet, og derfor hvor ofte de avleste verdiene lagres. Dette tidsintervallet kan variere fra millisekunder til år. Behovet for dataoppløsning varierer kraftig, avhengig av systemet som overvåkes, og hva en forventer at dataene skal kunne svare på.

2.10 Lagring av historiske data

For å kunne se tilbake på dataene, må de lagres. Det finnes mange måter å lagre data på, som tekstfiler, regneark og databaser. Mest brukt for større, sammensatte systemer er databaser.

En database er en sammensetning av tabeller med ulik informasjon som kobles sammen med unike identitetsverdier. På denne måten sparer databaser mye lagringsplass i forhold til andre måter å lagre på. I tillegg kommer databaser med et kodespråk for å hente ut ønsket data ved hjelp av små kodesnutter, kalt spørringer.

Selv om databaser er plassbesparende i forhold til andre løsninger, er tilgjengelig lagringsplass en viktig vurdering som må gjøres. Uansett hva som lagres burde en alltid etterstrebe å effektivisere lagringen mest mulig. På en annen side, så er lagringsteknologi kommet så langt i dag at omfattende databaser kan kun trenge å ta opp lagringsplass til noen titalls kroner, og tilsvare mellom 15 og 30 minutter med video tatt opp på moderne mobiltelefoner.

Kapittel 3

Metode

Gjennom arbeidets gang er det brukt flere forskjellige innfallsvinkler for å kunne skaffe en oversikt over anlegget i sin helhet og de problemene som er ved driften på Galtneset VBA. I dette kapittelet blir metodene for arbeidet gjennomgått.

3.1 Besøk og befaring ved Galtneset VBA

Det ble tidlig bestemt at en befaring på anlegget ville være formålstjenlig. Dette er fordi Galtneset er et anlegg som ble etablert i 2003, og informasjonsgrunnlaget antydte tidlig at mye dokumentasjon var gammel og muligens utdatert, så det var kritisk for oppgavens sluttresultat at det ble lagt til rette for et besøk på anlegget. Galtneset er et anlegg med relativt stor kompleksitet, og for å oppnå en total systemoversikt viste det seg å være svært utslagsgivende. Gjennom befaringen var fokuset på å lære seg å kjenne hele anlegget og prosessen som skjer ved anlegget godt, for også å kunne komme med gode forslag til løsninger på driftsproblemene vi skulle undersøke. Under besøket ble hele anlegget dokumentert både med bilder og video for videre arbeid og undersøkelser fra Trondheim. Dette har blitt brukt flittig i arbeidet med å skape oversikt og forståelse over systemet.

På anleggets datamaskin ble PLS-koden funnet. Den ble kopiert og tatt med tilbake for videre undersøkelse og analyse. Dette viste seg å være et ekstremt sentralt ledd i dannelsen av systemoversikt. Sikkerhetskopien av PLS-koden er datert til 07.01.2015, men antas å være koden som er i bruk på anlegget i dag. For å lese og analysere koden krevdes korrekt programvare, et proprietært program laget av Omron, produsenten av PLS-en som er i bruk på Galtneset.

3.1.1 Intervju av personer med kjennskap til anlegget

Et viktig moment ved besøket er også å snakke med menneskene som jobber ved anlegget og er ansatt i kommunen ved teknisk etat. Dette er viktig for å få et overblikk over hvordan den daglige driften ved anlegget er. Samtidig er det viktig å samle deres inntrykk av historiske hendelser for å etablere om det forekommer et mønster. Dette, i kombinasjon med dataanalyse av historiske data gir det en god oversikt over problemområdene.

3.2 Anleggsoversikt

Gjennom innsamling av informasjon vil det være mulig å skape en oversikt over anlegget i sin helhet. Dette har ikke blitt gjort tidligere og informasjon og oversikten er spredt og kun delvis god. Det er derfor viktig å gjøre et grundig arbeid for å legge til rette for at i fremtiden vil all kritisk informasjon som omfatter anlegget være lett tilgjengelig.

Arbeidet omhandler å gjennomgå all dokumentasjon som er tilgjengelig for anlegget. Arbeidet har basert seg på å få dokumentasjon som kommunen har av anlegget, samt leverandører som har konstruert og utført arbeid på anlegget.

Samtaler med ansatte ved teknisk etat i kommunen, samt analyse av PLS-koden som tilhører anlegget er også en viktig del av grunnlaget for å skaffe en helhetsforståelse av anlegget.

Denne oversikten strekker seg også av den fysiske prosessen og til systemer for overvåkning og fjernstyring. Normatic leverer et driftskontrollsystem som de ansatte i kommunen kan bruke til å overvåke anlegget i sanntid, få informasjon om alarmer og fjernstyre prosesser i anlegget. Gjennom å hatt dialog med dem har vi også fått en oversikt over hva Normatic leverer i dag, hva de kan bistå med på kommunens ønske og hva kommunen selv må utbedre for at dette systemet skal være en god ressurs fremover.

3.2.1 Analysere av PLS-kode

Arbeidet med å studere og undersøke koden, samt produsere en oversikt av den, har gått ut på å lese seg og sette seg godt inn koden som helhet. Den er bygd opp av underprogrammer for å få oversikt og forståelse for logikken koden fungerer på. Gruppen har god erfaring med programmeringsspråket ladder gjennom studiet, og dette har hatt en direkte innvirkning på analysen og arbeidet med koden. Programkoden er godt dokumentert og kommentert slik at det er lett å forstå hva de ulike delene av programmet gjør. Gruppen har gjennomgått koden flere ganger og har fulgt logikken i koden for å få en forståelse om hvordan alt henger sammen. I enkelte deler av koden var det nødvendig å spore spesifikke variabler ved hjelp av en funksjonalitet til CX-programmer som viste alle steder en gitt variabel var brukt. Det var også nødvendig å sette seg inn i funksjonaliteten til alle programblokkene som brukes i koden. Vi har også gjennom arbeidsøkter hos VisionTech, et selskap som leverer automasjonsløsninger, hatt diskusjoner og rådført oss med de ansatte for å skape en bredere forståelse av programkoden.

Gjennom grundig analyse og metodisk arbeid med PLS-koden har gruppen dannet grundig forståelse av koden og dens virkemåte.

3.3 Eksperter vann og avløp

Under arbeidet har det også vært samtaler med eksterne eksperter som har vann- og avløps-teknikk som fagområde på NTNU. Selv om dette er utenfor forventet teknisk kunnskap for elektroingeniører, ble det regnet som hensiktsmessig å tilegne seg en begrenset forståelse av

dette. Det var til stor hjelp ved å skape en større forståelse for muligheter og begrensinger og for å få tilbakemelding på om ideene og løsningene presentert i rapporten vil kunne fungere i praksis. Dette har vært en lærerik og spennende del av oppgaven som har stilt krav til å bruke tverrfaglig kunnskap på en god måte. Etter møtene med førsteamanuensis ved institutt for bygg- og miljøteknikk Marius Møller Rokstad og Thomas Meyn, kom det frem at løsningene er gjennomførbare.

3.4 Dataanalyse

I driftsovervåkningssystemet levert av Normatic eksisterer det mulighet for å hente ut sensordata fra anleggene. For Galtneset finnes det loggdata helt tilbake til 2008. Å analysere disse dataene kan være med på å besvare mange spørsmål om anleggets drift, på områder som pålitelighet, produksjonsmengde og strømforbruk, m.m. Nyttan kommer av å se etter endringer i mønstre og sammenhenger mellom hvordan ulike verdier påvirker hverandre. I systemet har man også anledning til å hente ut data om alarmer. Med både avlesninger av verdier og alarmer kan man sette disse sammen og sammenfatte alarmer til spesifikke sensoravlesninger. Dette er en veldig nyttig i mange sammenhenger. Med riktige data er målet blant annet å kunne se effektene av feil på ett sted i kontekst av prosessen i helhet. Det var derfor det ble sett på som en god mulighet til å identifisere svakheter i systemet gjennom å gjennomføre en analyse på data fra Galtneset. Når en alarm utløses så er det fordi en sensor leser en verdi utenfor grenseverdiene som er satt, og feilen dukker opp på HMI. Avhengig av alvorlighetsgrad kan deler av, eller hele anlegget stoppe. Med dataanalyse er ønsket å kunne se sammenhenger med en utløst alarm ett sted, med avvikende verdier et annet sted. Eksempelvis kunne fallende trykk på en side av anlegget ikke være stort nok til å utløse en tilhørende trykkalarm, men kunne utløse et mengdemåler et annet sted. Ved å identifisere slike sammenhenger kan operatører vite hvor feilen i realiteten stammer fra, og fokusere vedlikehold og feilsøking på riktig plass.

3.4.1 Uthenting av data

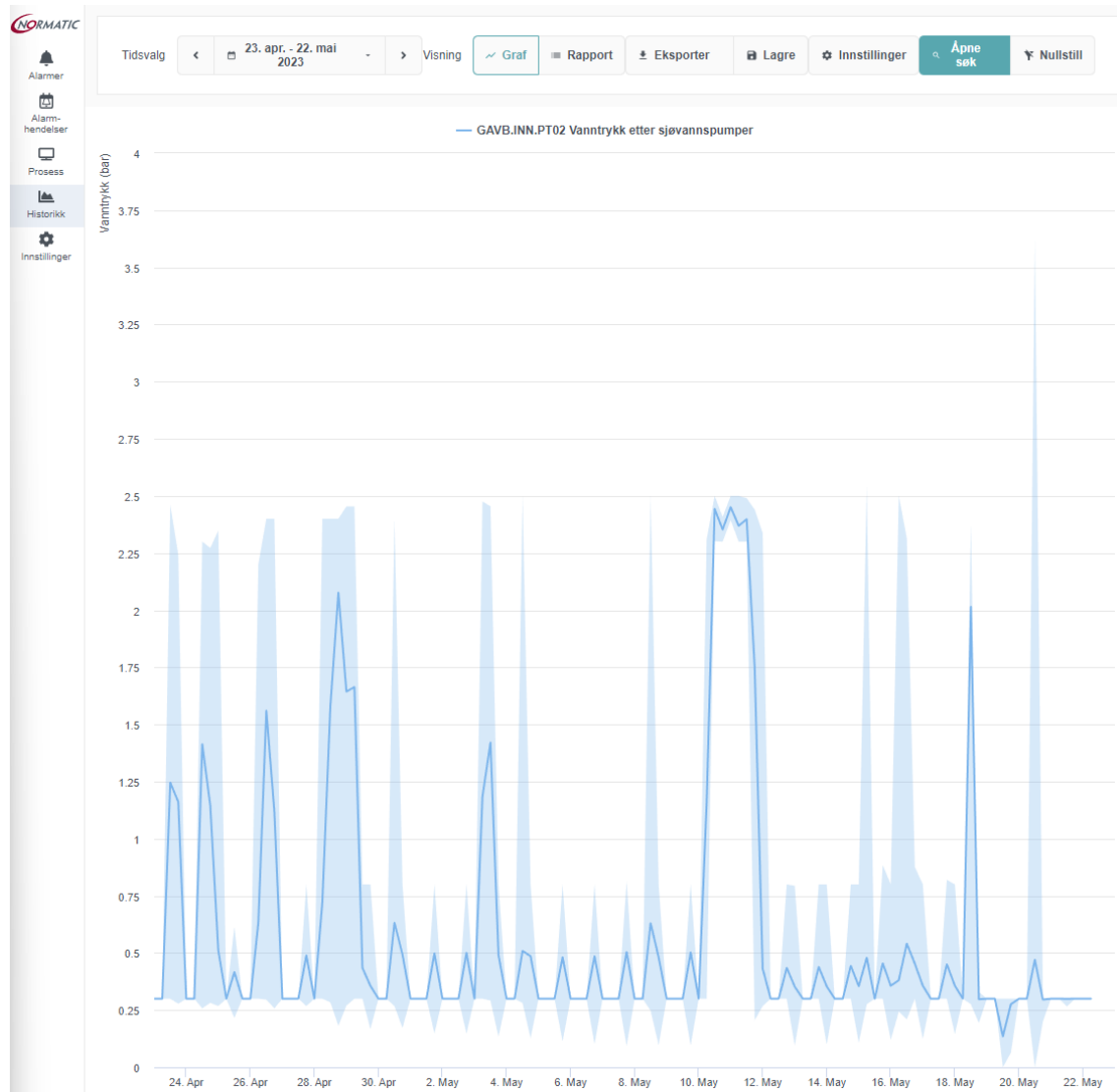
Grensesnittet for å hente ut data er intuitivt og det er ikke vanskelig å finne hverken spesifikke datapunkter eller å spesifisere tidsintervallet du ønsker å hente dataene fra. For å finne dataene man er ute etter navigerer man til *Historikk*, som er til venstre i figur 3.1, velger hvilket anlegg man ønsker å hente data fra ved å huke av slik som det er gjort for GAVB Galtneset VB, velger deretter signalene man ønsker data om og trykker til sist på *Vis*, som er plassert oppe til høyre markert med turkis.

The screenshot displays the Normatic web application interface. On the left is a sidebar with navigation icons for 'Alarmer', 'Alarmhendelser', 'Prosess', 'Historikk', and 'Innstillinger'. The top navigation bar shows a date range of '23. apr. - 22. mai 2023' and buttons for 'Eksporter', 'Lagre', 'Innstillinger', 'Vis', and 'Nullstill'. The main content area is titled 'SIGNALTYPER' and 'OMRÅDER'. Under 'OMRÅDER', 'GAVB Galtneset VB' is selected. Below this, a list of signals is shown with columns for 'Signalnavn', 'Område', 'Type', and 'Enhet'. The signal 'GAVB.INN.PT02 Vanntrykk etter sjøvannspumper' is highlighted with a green dot.

Signalnavn	Område	Type	Enhet
GAVB.DUV.UV01 Intensitet	GAVB	Intensitet	%
GAVB.DUV.UV02 Intensitet	GAVB	Intensitet	%
GAVB.DUV.UV03 Intensitet	GAVB	Intensitet	%
GAVB.TS.PU01 Strømförbruk	GAVB	Strøm	A
GAVB.INN.PT01 Vanntrykk foran sjøvannspumper	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.INN.PT02 Vanntrykk etter sjøvannspumper	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.TS.PT01 Vanntrykk linje 1	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.TS.PT02 Vanntrykk linje 2	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.FME.PT01 Vanntrykk foran membran	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.FME.PT02 Vanntrykk etter membran	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.FIL.PT01 Vanntrykk foran flermediafilter	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.FIL.PT02 Vanntrykk etter flermediafilter	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.RVS.PT01 Vanntrykk foran rentvannspumper	GAVB	Vanntrykk	bar
GAVB.RVS.PT02 Vanntrykk etter rentvannspumper	GAVB	Vanntrykk	bar

Figur 3.1: Utklipp fra Normatic sin nettside

Man har da muligheten til å se både graf som figur 3.2 viser et eksempel på, og en rapport på tabellform. Begge formatene kan eksporteres rett fra grensesnittet, hhv. som ulike bildeformater eller som kommaseparert fil (.csv).



Figur 3.2: Utklipp fra Normatic sin nettside

Systemet klarer fint å sette sammen rapporter og grafer med mindre datamengder, men om man ønsker å hente ut større mengder data samtidig pleier systemet enten å henge eller å krasje, og man blir kastet tilbake til hovedskjermen. Dette betyr at for å hente ut data ved høyest mulig oppløsning er det nødvendig å stykke opp hvilken data man etterspør. Når en både trenger å begrense det til et signal, og ett tidsintervall av gangen blir prosessen svært tidskrevende i øyeblikket, og det krever mye etterarbeid for å strukturere dataene i ettertid. Uten å

ha innsikt i hvordan systemet er programmert hos Normatic kan vi bare observere hvordan systemet responderer på ulike forespørsler og spekulere utifra dette. Vi mistenker da at det er en blanding av dårlig optimaliserte spørringer mot databasen, i tillegg til at grensesnittet sliter med å visualisere alt som blir etterspurt. Det viste seg å bli så problematisk at for å få hentet ut alle dataene måtte Normatic kontaktes, slik at de kunne gjøre en spørring mot databasen utenom grensesnittet og sende dataene direkte til oss.

Å hente ut alarmene viste seg å være mye enklere, da man i grensesnittet kan navigere til *Alarmhendelser* og med knappen øverst til høyre eksportere kun valgte, eller alle alarmer i en samlet kommaseparert fil. På denne måten fikk vi raskt hentet alle alarmene fra anlegget på Galtneset som var lagret i databasen til Normatic. Alarndataene vi hadde tilgjengelig gikk dessverre kun tilbake til 09. januar, 2023. Dette betyr at vi en veldig snever periode å analysere dersom vi vil se sammenhenger mellom de historiske sensoravlesningene og hvilke alarmer som er gått. Vi mister også kontekst på hvor ofte visse alarmer er gått, om det var et tidspunkt en spesiell alarm begynte å gå ofte og andre sammenhenger mellom indre- og ytre faktorer og deres påvirkning på anleggets pålitelighet.

Det er også verdt å nevne at siden alarmer og historiske data finnes i forskjellige vinduer i grensesnittet, så finnes det ingen intuitiv måte å sammenligne alarmtidspunkt med systemets tilstand slik det står i dag.

3.4.2 Programmer for analyse

Power BI

På bakgrunn av tidligere erfaring med programmet og et ønske om at de presenterte dataene skal være lett å utforske for alle som ønsker ble det bestemt å sette sammen dataene i programmet Power BI. Dette er et program laget av Microsoft som dataanalytikere kan bruke for å lage interaktive, visuelle rapporter av forskjellige typer data. Det finnes mange verktøy for å visualisere dataene på, men her er det kun brukt grafer og tabeller, ettersom de var mest compatible med datasettet fra Galtneset VBA.

I rapporten har man fire vinduer. Tre av vinduene er for å se grafer for sensoravlesninger fra anlegget hhv. alene, mot Pelagias forbruk av rentvann produsert av kommunen og mot nivået på tidevannet. Det siste vinduet er for å se en oversikt over hvilke alarmhendelser som er blitt utløst for en gitt dag.

I vinduene med grafer velges et signal fra anlegget i listen til høyre og hvilken dato man ønsker å se på i datovelgeren øverst. Vinduet viser da valgt signal fra Galtneset VBA i lyseblått, og det eventuelle andre signalet i mørkeblått. Under grafen ser man oversikt over hvilke alarmer som har endret status denne dagen.

Det er tre alarmstater en alarm kan ha:

Event switch-on: Signalverdien er avlest under alarmgrensen og alarmen aktiveres

Event switch-off: Signalverdien har returnert til over alarmgrensen

Event acknowledgement: En operatør har kvittert alarmen

Disse vinduene samlet i én sammensatt rapport har vist seg å være et stort hjelpemiddel i å finne sammenhenger mellom alarmer og avleste verdier.

Python

Python er brukt til å visualisere data på en presentabel måte for inklusjon i rapporten.

3.4.3 Metode for analyse

Grunnen til å utføre denne typen analyse er for å finne sammenhenger mellom utløste alarmer og avleste verdier. I tillegg har vi fått flere hypoteser om hvordan noen alarmer kan påvirkes av faktorer utenfor kommunens kontroll, som tidevannet og Pelagia. Med denne analysen er målet å finne svaret på følgende spørsmål:

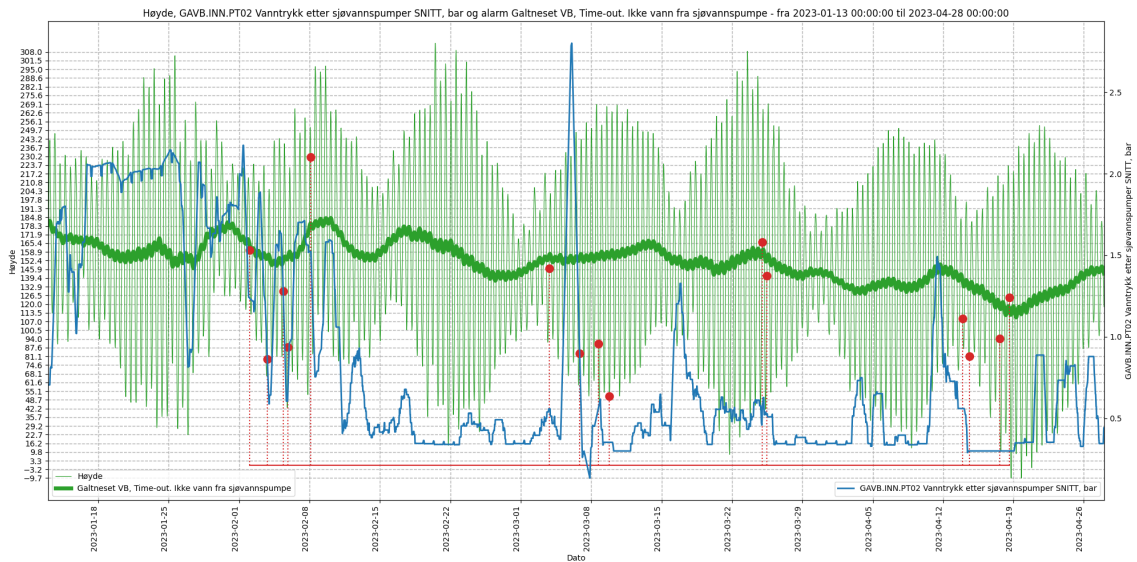
1. Utløses Galtnesets alarm **Time-out. Ikke vann fra sjøvannspumpe** når Pelagia starter sine sjøvannspumper? - Dette er den ledende teorien vi har hørt fra ansatte på Galtneset for hvorfor denne alarmen går.
2. Utløses Galtnesets alarm **Time-out. Ikke vann fra sjøvannspumpe** når tidevannet er lavt? - Dette er en alternativ faktor til hvorfor denne alarmen utløses. Hvis mulig vil vi gjerne se på denne i samsvar med punktet over.
3. Kan Pelagias forbruk av vann produsert av kommunen ha en innvirkning på kommunens anlegg? - Vi har tilgang på data over Pelagias strøm av ferskvann både inn og ut av det kommunale vannettet, og vil se om dette påvirker kommunens drift.
4. Finnes det andre sammenhenger mellom øvrige alarmer og signaler fra både interne- og ytre kilder. - Selv om vi har spesifikke alarmer vi vil undersøke nærmere er det hensiktsmessig å undersøke hvorvidt det finnes sammenhenger utover de vi har nevnt over.

1.

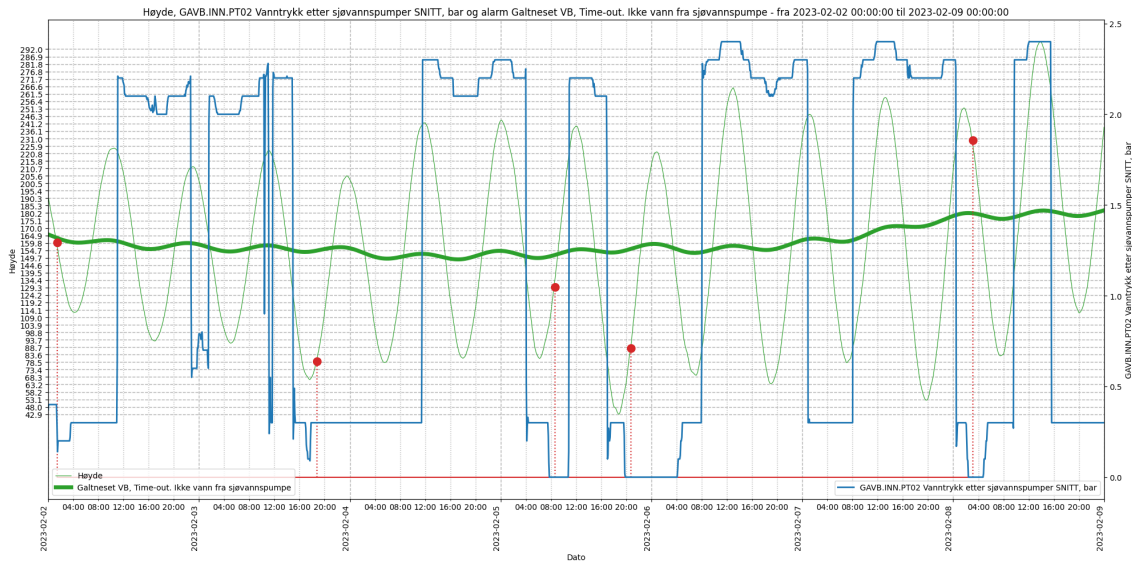
Det mangler dessverre nødvendig data for å kunne fastsette hvorvidt det er en sammenheng mellom alarmen **Time-out. Ikke vann fra sjøvannspumpe** og Pelagia sine sjøvannspumper. For å kunne svare på dette trenger vi dataene om Pelagias drift av sjøvannspumpene sine i tidsrommet vi undersøker, og det har vi ikke fått tak i.

2.

I tabell 3.1 er det samlet ni alarmer av typen **Time-out. Ikke vann fra sjøvannspumpe**, og sett på de loggede verdiene av trykket etter sjøvannspumpene og sjøvannsmengden. I tillegg til at vi har hentet tidevannsdata fra Kartverket [16] og lagt de over hverandre som man kan se i graf 3.3.



Figur 3.3: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykk etter sjøvannspumpe fra 13.01.23 til 27.04.23



Figur 3.4: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykk etter sjøvannspumpe fra 02.02.23 til 09.02.23

Nr	Alarmtidspunkt	Trykk etter sjøvannspumpe (Bar)	Sjøvannsmengde innløp (l/s)	Høyde på tidevannet (cm)	Tidevannets retning
1	02.02.23 01:28:02	0.40 -> 0.14	11.30 -> 0.06	156	Fallende
2	03.02.23 18:47:10	0.30 -> 0.30	0.56 -> 0.06	82	Stigende
3	05.02.23 08:36:43	0.00 -> 0.00	1.19 -> 1.19	135	Stigende
4	05.02.23 20:41:44	0.00 -> 0.00	1.33 -> 1.33	88	Stigende
5	08.02.23 03:09:57	0.00 -> 0.00	0.57 -> 0.56	225	Fallende
6	03.03.23 19:45:11	0.30 -> 0.30	0.06 -> 0.06	151	Stigende
7	06.03.23 19:45:09	0.30 -> 0.30	0.06 -> 0.06	89	Stigende
8	24.03.23 23:47:37	0.19 -> 0.15	0.06 -> 0.06	176	Stigende
9	25.03.23 11:25:41	0.00 -> 0.00	1.24 -> 1.24	150	Stigende

Tabell 3.1: Utløsnings-tidspunkt for sjøvannspumpealarm mot tidevann

3.

I tabell 3.2 er det samlet ytterligere ni alarmer. Her er det fokusert på alarmen **Time-out. Ikke vann fra rentvannspumpe**, og inkluderer de avleste verdiene for Pelagias forbruk av rentvann produsert av kommunen og vanntrykket etter rentvannspumpene.

Nr	Signal	Alarmtids- punkt	-20 min	-15 min	-10 min	-5 min	Alarm	+5 min	+10 min
1	Pelagia forbruk	15.01.23 22:21:44	5.59	4.41	4.32	1.76	0.00	0.00	0.00
	Vanntrykk rentvann	15.01.23 22:21:44	3.41	3.56	3.68	4.10	4.17	4.12	4.12
2	Pelagia forbruk	20.01.23 08:55:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vanntrykk rentvann	20.01.23 08:55:20	4.19	4.19	4.12	3.70	1.12	4.20	4.18
3	Pelagia forbruk	20.01.23 11:00:56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vanntrykk rentvann	20.01.23 11:00:56	3.44	2.27	1.98	3.02	4.03	4.01	3.82
4	Pelagia forbruk	23.01.23 17:30:28	9.59	8.07	8.79	9.84	8.82	7.97	11.12
	Vanntrykk rentvann	23.01.23 17:30:28	3.41	3.56	3.68	4.10	4.17	4.12	2.75
5	Pelagia forbruk	25.01.23 14:47:02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vanntrykk rentvann	25.01.23 14:47:02	4.17	4.16	4.15	4.14	3.98	3.93	3.89
6	Pelagia forbruk	26.01.23 14:17:31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vanntrykk rentvann	26.01.23 14:17:31	3.86	3.87	3.87	3.86	3.95	4.20	4.16
7	Pelagia forbruk	30.01.23 11:35:47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vanntrykk rentvann	30.01.23 11:35:47	3.91	3.86	4.11	4.07	4.08	4.09	4.18
8	Pelagia forbruk	30.01.23 14:10:08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vanntrykk rentvann	30.01.23 14:10:08	2.22	3.85	3.82	3.85	3.84	4.00	4.21
9	Pelagia forbruk	01.02.23 09:15:21	11.39	11.10	10.35	10.74	0.04	0.00	0.00
	Vanntrykk rentvann	01.02.23 09:15:21	3.70	3.35	2.65	2.93	4.11	4.10	4.10

Tabell 3.2: Utløsningstidspunkt for rentvannspumpealarm

4.

I tabell 3.3 presenteres seks alarmer som sammenfaller med ulike hendelser. Her er det forsøkt å se etter sammenhenger med utløste alarmer som ikke er like tydelig korrelert.

Nr	Alarmtidspunkt	Alarmnavn	Kommentar
1	11.01.23 13:13:01	BAS.QT01.L pH Rentvann	Sammenfaller med Pelagia pumper vann inn på nett
2	01.02.23 01:28:02	Ikke vann fra sjøvanns- pumpe	Sammenfaller med Pelagia pumper vann inn på nett
3	17.04.23 14:43:36	Ikke vann fra sjøvanns- pumpe	Sammenfaller med minimalt forbruk av Pelagia (0.46 l/s). Evt sammenfaller med stopp i dette forbruket
4	18.04.23 14:43:35	Ikke vann fra sjøvanns- pumpe	Sammenfaller med minimalt forbruk av Pelagia (1.79 l/s). Evt sammenfaller med stopp i dette forbruket
5	23.04.23 17:28:20	Ikke vann fra rentvanns- pumpe	Sammenfaller med Pelagia stopp i forbruk
6	26.04.23 23:11:20	Ikke vann fra rentvanns- pumpe	Sammenfaller med Pelagia stopp i minimalt forbruk

Tabell 3.3: Ytterligere potensielle sammenhenger mellom Pelagias rentvannsforbruk og -produksjon

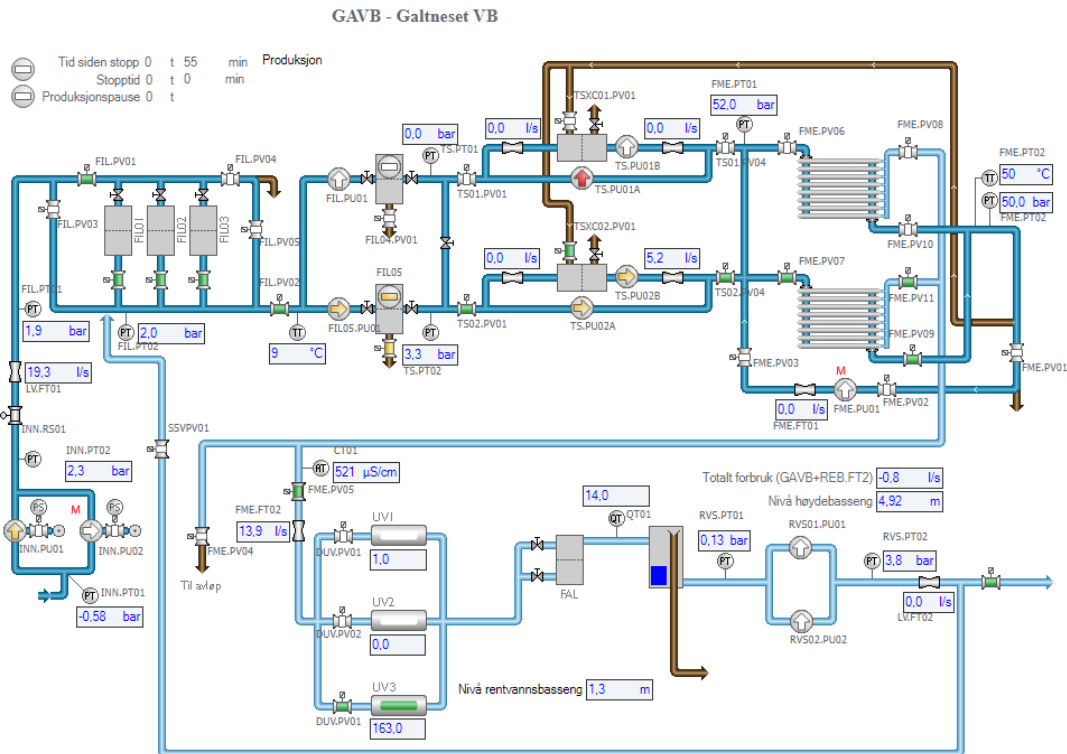
Kapittel 4

Systemoversikt

I dette kapitlet er det laget en oversikt over anleggets komponenter og styresystem. Det har vært svært viktig å få samlet all relevant informasjon om anlegget. Siden dette er et gammelt anlegg med mye spredt informasjon så har det vært en avgjørende del av oppgaven å samle informasjon i et samlet dokument.

4.1 Anlegget på Galtneset - systemgjennomgang

Galtneset VBA er et avsaltningsanlegg. Kilden er sjøvann ca. 600 meter fra land [17]. Vannbehandlingsprosessen skjer ved at det pumpes sjøvann fra inntaksledningen til et sandfilter. Sandfilterene sin hovedoppgave er å fange opp, og filtrere bort større, uønskede partikler fra sjøvannet. Videre ledes vannet til en trykkøkningpumpe. Denne pumpen øker trykket på vannet før det kommer inn på en trykksil som er et filtreringsledd for finere partikler i råvannet. Etter trykksil blir vannet ledet inn gjennom en høytrykkpumpe som øker trykket til 50 *bar*, slik at vannet skal kunne bli presset igjennom membranene, så saltet fra sjøvannet blir igjen på ene siden, og det rene vannet går videre. Etter membranene blir vannet renset ved bruk av UV og pH verdien blir regulert. Deretter kommer vannet i oppsamlingstanker før det blir pumpet ut på vannettet ved hjelp av rentvannspumper.



Figur 4.1: Oversikt over anlegget

4.2 Operasjonsprinsipp

Avsaltingsanlegget kan operere i automatisk modus der PLS selv styrer og regulerer ventiler og pumper ut ifra programkoden og avleste verdier fra sensorene. Det er også mulig å sette systemet i manuell modus, slik at operatør selv kan regulere deler av systemet separat fra hverandre. Dette kan være nødvendig under vedlikehold eller andre spesielle hendelser.

Automatisk styring har flere innstillinger som kan endre virkemåten og styringen til anlegget. Det er mulig å velge hvilken linje som skal være i produksjon, eventuelt sette begge i produksjon om etterspørselen tilsier dette. Det er også mulig å stille på parametere for spyling og flushing, samt justere produksjonsvariablene.

I automatisk drift vil anlegget regulere produksjonen basert på nivået i høydebassenget. Den bruker data fra overvåkningen til å lese høyden på vannet, og aktiverer produksjon hvis nivået synker under gitt verdi. Da vil anlegget initiere start på produksjon, hvis logikk finnes i programkoden. Da vil gitte ventiler åpne og lukke i riktig rekkefølge, og pumpene vil settes til riktig hastighet. Anlegget ser aktivt etter feil og vel stoppe produksjon dersom det blir observert feil eller kritiske tilstander.

4.3 Oversikt over komponentene i anlegget

Avsaltingsanlegget er et komplekst system som inneholder mange forskjellige komponenter. Det er lagt ned mye arbeid i å skaffe et oversiktlig bilde over komponentene og deres plassering. Vi har valgt å skille de forskjellige utstyrskategoriene og separert de elektriske og mekaniske hver for seg. Som tabell 4.1 viser, er sensorene merket på en oversiktig måte, avhengig av hvordan hver del av tag. nr. er ment til bruk. De forskjellige sensorene har fått navn etter hvilken funksjon de har i anlegget.

Eksempel for sensor TS02.FT01			
TS (Hva)	02 (Tilhører)	FT (Funksjon)	01 (Plassering)
Trykkstasjon	Høytrykkspumpe 2	Mengdemåler	Foran høytrykks- pumpe 2
Eksempel for sensor FME.PT02			
FME (Hva)	N/A	PT (Funksjon)	02 (Plassering)
Membranfilter	N/A	Trykktransmitter	Etter membran

Tabell 4.1: Forklaing av oppbygningen av tag. nr.

Bokstavene og tallene før punktumet (.) forteller om hvor i systemet komponenten er plassert. Det er enten en to- eller trebokstavsforkortelse.

- INN - Råvannsinntak
- FIL - Forfiltrering
- TS - Trykkstasjon
- FME - Membranfilter
- BAS - Rentvannsbasseng
- RVS - Rentvannsside
- DUV - Desinfeksjon
- LV - Utløp rent vann

Bokstavene og tallene etter punktumet (.) sier derimot noe om komponenten er en sensor, pumpe, ventil eller frekvensomformer. De forteller også om komponentens plassering, om det er tall bak tobokstavsforkortelsen.

- PT - Trykktransmitter
- FT - Mengdemåler
- TT - Temperaturtransmitter
- QT - pH-transmitter
- PV - Ventil
- PU - Pumpe
- SC - Frekvensomformer
- FIL - Filter

I tabellene 4.2 til 4.6 er komponentene sortert etter hvor i prosessen de er plassert for at tabellene skal være intuitive, og lette å forstå.

Sensorer

Som tabell 4.2 viser, er det mange forskjellige sensorer som leverer informasjon til PLS. Sensorene er blitt tildelt et *tag. nr.* basert på funksjon og plassering i anlegget slik at det skal være oversiktlig hvilken sensor som hører til hvilken del av anlegget og hvor den er plassert.

Tag. nr.	Måleenhet	Funksjonsbeskrivelse
Råvannsinntak		
INN.PT01	Bar	Trykktransmitter foran sjøvannspumpe
INN.PT02	Bar	Trykktransmitter etter sjøvannspumpe
LVFT01	l/s	Mengdemåler sirkulasjon
Forfiltrering		
FIL.PT01	Bar	Trykktransmitter foran flermediafilter
FIL.PT02	Bar	Trykktransmitter foran flermediafilter
Trykkstasjon		
TS.TT01	°C	Temperaturtransmitter saltvann
TS.PT01	Bar	Trykktransmitter før turbinpumpe
TS.PT02	Bar	Trykktransmitter mellomtrinn turbinpumpe
TS01.FT01	l/s	Mengdemåler foran høytrykkpumpe 1
TS01.FT02	l/s	Mengdemåler etter høytrykkpumpe 1
TS02.FT01	l/s	Mengdemåler foran høytrykkpumpe 2
TS02.FT02	l/s	Mengdemåler etter høytrykkpumpe 2
Membranfilter		
FME.PT01	Bar	Trykktransmitter foran membraner
FME.PT02	Bar	Trykktransmitter etter membraner
FME.TT01	°C	Temperaturtransmitter sirkulasjon
FME.FT01	l/s	Mengdemåler sirkulasjon
FME.CT01	μS/cm	Ledningsevne måler rentvann
FME.FT02	l/s	Mengdemåler rent vann fra membran
Rentvannsbasseng		
BAS.PT01	m	Trykktransmitter for nivå rent vann
BAS.QT01	pH	pH transmitter for rent vann
Rentvannsside		
RVS.PT01	Bar	Trykktransmitter foran pumpe rent vann
RVS.PT02	Bar	Trykktransmitter etter pumpe rent vann
Utløp rent vann		
LVFT02	l/s	Mengdemåler for rent vann ut på nett

Tabell 4.2: Oversikt over sensorer i anlegget

Pumper

Som tabell 4.3 viser, har anlegget både sentrifugal- og turbinpumper. Turbinpumpens oppgave er å øke trykket på vannet opp til 50 *bar*, før det kommer inn på membranene. Vi ser også at pumpene er tildelt et tag. nr. i forhold til funksjon og plassering i anlegget. I tillegg er alle pumper matet med 3x400 V på 50 Hz.

Tag. nr.	Type	Funksjonsbeskrivelse
Råvannsinntak		
INN.PU01	Sentrifugalpumpe	Råvannspumpe: 15 kW, 27.03 A
INN.PU02	Sentrifugalpumpe	Råvannspumpe: 15 kW, 27.03 A
Forfiltrering		
FIL04.PU01	Sentrifugalpumpe	Trykkforsterkerpumpe: 5.5 kW, 11 A
FIL04.PU02	Sentrifugalpumpe	Trykkforsterkerpumpe: 5.5 kW, 11 A
Trykkstasjon		
TS.PU01	Turbinpumpe	Høytrykkspumpe: 110 kW, 183 A
Membranfilter		
FME.PU01	Sentrifugalpumpe	Sirkulasjonspumpe: 15 kW, 27 A
Rentvannsside		
RVS.PU01	Sentrifugalpumpe	Rentvannspumpe: 11 kW, 21.5 A
RVS.PU02	Sentrifugalpumpe	Rentvannspumpe: 11 kW, 21.5 A

Tabell 4.3: Oversikt over pumper i anlegget

Funksjon til pumpene i anlegget

Råvannspumpe 1 og 2: Pumpene alternerer med hverandre, det vil si at en av pumpene alltid står inaktiv. For å unngå at pumpene kjøres tørr, er det en trykktransmitter plassert før pumpene, og anlegget stoppes om trykket er under minimumsverdi.

Trykkforsterkerpumpe: Pumpen har som hensikt å øke trykket etter første filtrering av råvannet, før turbinpumpen. Starter dersom trykket før turbinpumpen er > 0.5 bar i ti sekunder.

Høytrykkspumpe: Hensikten er å øke trykket på vannet til 50 *bar*. Dette gjøres for å kunne skille saltet fra råvannet i RO-membranene.

Sirkulasjonspumpe: Skal sørge for sirkulasjon av råvannet gjennom membranene en ekstra gang, hvis dette er nødvendig.

Rentvannspumpe 1 og 2: Pumpene alternerer med hverandre, det vil si at en av pumpene alltid står inaktiv. For å unngå at pumpene kjøres tørr, er det en trykktransmitter plassert før pumpene. Ved normal drift styrer pumpene mengde rent vann mot nivå i høydebasenget.

Filter

Som tabell 4.4 viser, består anlegget av forskjellige filtre som til sammen utgjør vannbehandlingen. Anlegget har både passive filtre som baserer seg på å mate vann igjennom en barriere ved hjelp av trykk, og aktive filtre som UV-anlegg. Hvert filtertrinn er til for å filtrere ut forskjellige typer og størrelser av partikler.

Tag. nr.	Type	Funksjonsbeskrivelse
Råvannsinntak		
INN.RIS01	Sil	Grovfilter, konisk, spennes mellom flenser
Forfiltrering		
FIL01	Filter	Flermediafilter 1
FIL02	Filter	Flermediafilter 2
FIL03	Filter	Flermediafilter 3
FIL04	Filter	Boll 6.18 50 mikron, sveist utgave
FIL05	Filter	Boll 6.18 50 mikron, sveist utgave
Membranfilter		
FME.FIL01	Filter	Membranskid
Marmorfilter		
FAL	Tank	Marmorfilter, 10 m ³
Desinfeksjon		
DUV01	Filter	UV-anlegg, > 40 mWs/cm ²
DUV02	Filter	UV-anlegg, > 40 mWs/cm ²
DUV03	Filter	UV-anlegg, > 40 mWs/cm ²

Tabell 4.4: Oversikt over filter i anlegget

Ventiler

Tag. nr.	Type	Funksjonsbeskrivelse
Forfiltrering		
FIL.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil foran filter tanker øverst
FIL.PV02	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil etter alle filter tanker
FIL.PV03	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil foran filter tanker nederst
FIL.PV04	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil etter alle filter tanker øverst
FIL.PV05	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil etter alle filter tanker nederst
FIL01.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil etter filter tank 1
FIL02.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil etter filter tank 2
FIL03.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil etter filter tank 3
FIL04.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil etter filter tank 4
FIL05.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil etter filter tank 5
Trykkstasjon		
TS01.PV01	Kuleventil - Aktuator	Ventil foran trykkveksler 1
TS02.PV01	Kuleventil - Aktuator	Ventil foran trykkveksler 2
TSXC01.PV01	<i>Ikke angitt</i>	Ventil etter trykkveksler 1 for avløp
TSXC02.PV01	<i>Ikke angitt</i>	Ventil etter trykkveksler 2 for avløp
TS01.PV04	Kuleventil - Aktuator	Ventil etter trykkveksler 1 for saltvann
TS02.PV04	Kuleventil - Aktuator	Ventil etter trykkveksler 2 for saltvann
Membranfilter		
FME.PV01	Kuleventil - Aktuator	Ventil etter alle membraner
FME.PV02	Spjeldventil - Aktuator	Ventil foran pumpe FME.PU01
FME.PV03	Kuleventil - Aktuator	Ventil etter pumpe FME.PU01
FME.PV04	Spjeldventil - Aktuator	Ventil mot avløp av rentvann
FME.PV05	Spjeldventil - Aktuator	Ventil mot UV av rentvann
FME.PV06	<i>Ikke angitt</i>	Ventil foran membranen 1
FME.PV07	<i>Ikke angitt</i>	Ventil foran membranen 2
FME.PV08	<i>Ikke angitt</i>	Ventil etter membranen 1 rentvann
FME.PV09	<i>Ikke angitt</i>	Ventil etter membranen 2 konsentrat
FME.PV10	<i>Ikke angitt</i>	Ventil etter membranen 1 konsentrat
FME.PV11	<i>Ikke angitt</i>	Ventil etter membranen 2 rentvann
Desinfeksjon		
DUV.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil foran UV-anlegg 1
DUV.PV02	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil foran UV-anlegg 2
DUV.PV03	Spjeldventil - Pneumatikk	Ventil foran UV-anlegg 3
Utløp rentvann		
SSV.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	<i>Ikke angitt</i>
LV.PV01	Spjeldventil - Pneumatikk	<i>Ikke angitt</i>

Tabell 4.5: Oversikt over ventiler i anlegget

Frekvensomformere

I tabell 4.6 er oversikten over frekvensomformerne som er i anlegget. De styres etter signal fra PLS, enten automatisk eller manuelt.

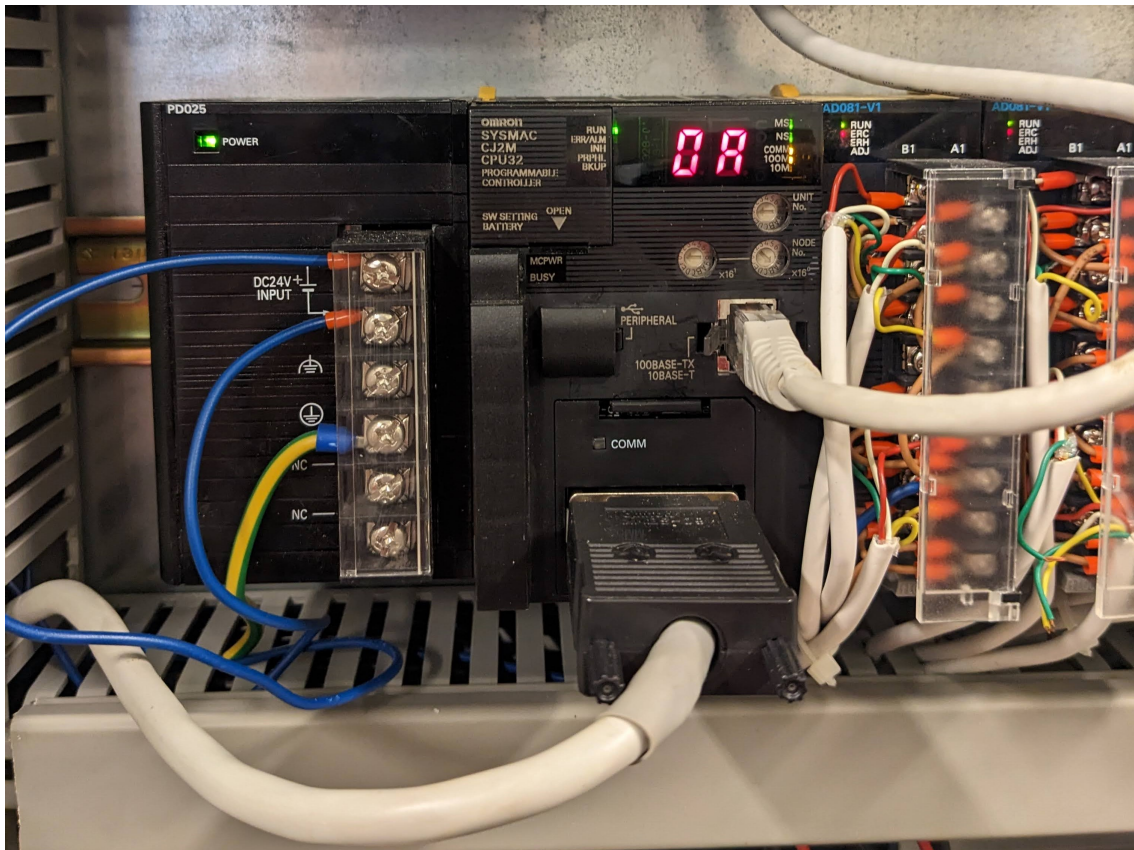
Tag. nr.	Type	Funksjonsbeskrivelse
Råvannsinntak		
INN.PU01.SC01	Frekvensomformer	For sjøvannspumpe 1
INN.PU02.SC01	Frekvensomformer	For sjøvannspumpe 2
Trykkstasjon		
TS.PU01.SC01	Frekvensomformer	For høytrykkspumpe 1
Membranfilter		
FME.PU01.SC01	Frekvensomformer	For sirkulasjonspumpe
Rentvannsside		
RVS.PU01.SC01	Frekvensomformer	For rentvannspumpe 1
RVS.PU02.SC01	Frekvensomformer	For rentvannspumpe 2

Tabell 4.6: Oversikt over frekvensomformere i anlegget

4.4 PLS og HMI

Hele anlegget styres ved bruk av PLS. Alle signaler, digitale og analoge, er koblet opp mot anleggets PLS. Styresystemet er basert på følgende signalverdier/nivåer.

- Digitale innganger: 24 V DC
- Digitale utganger: 24 V DC eller kontaktfrie utganger via skillerelé
- Analoge signaler: 4-20 mA

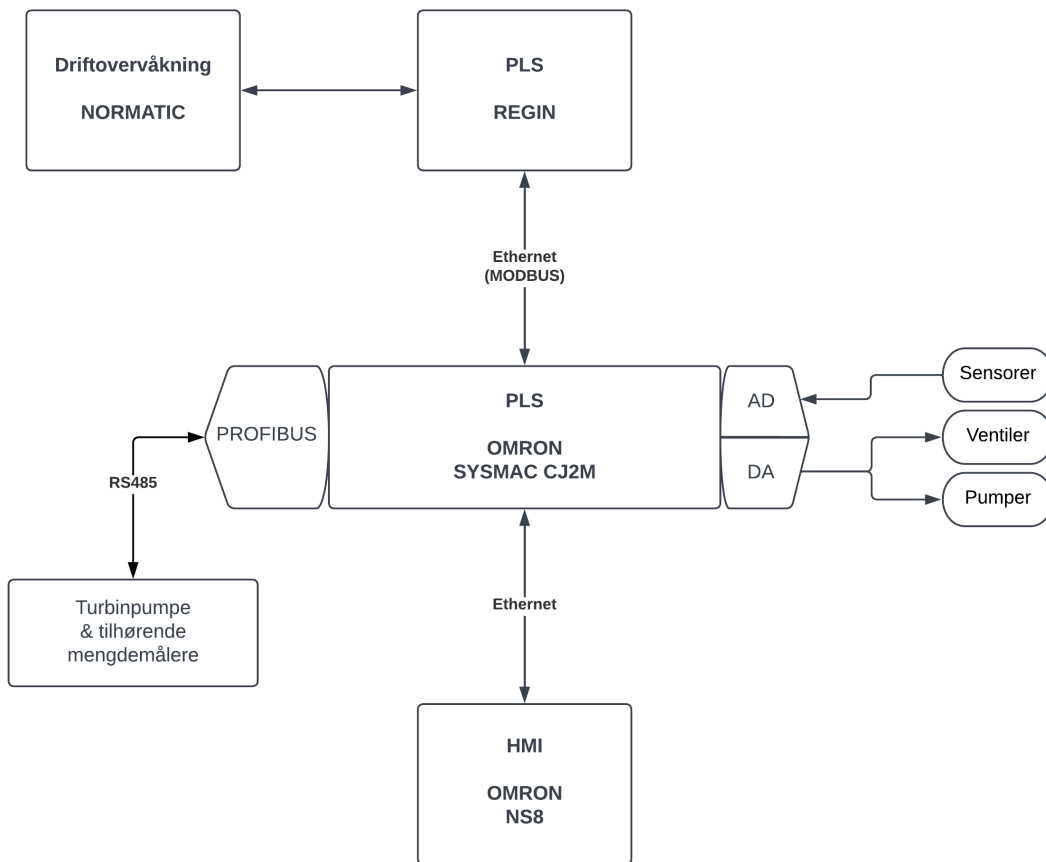


Figur 4.2: Bilde av PLS

PLS er plassert i styreskapet hvor anlegget da overvåkes og styres fra. Skapet er plassert i prosessrommet. På utsiden av styreskapet er det plassert et HMI-panel med trykkfølsom skjerm som kan brukes til å styre prosessen og overvåke prosessen.

4.4.1 Topografi av PLS

For å skape en grunnleggende forståelse av hvordan anlegget er bygget opp rundt PLS, så er en oversiktstegning til stor hjelp. PLS kommuniserer med alle de viktige funksjonene i anlegget. PLS er bygget opp med både analoge og digitale innganger og utganger. Inngangene og utgangene har forskjellige kanaler som tilhører de respektive inn- og utgangene. PLS har også kommunikasjon med HMI gjennom Ethernetkobling, samt Normatic sitt overvåkningsystem gjennom Modbus protokollen. De fleste koblingene fra sensorene og pumpene kommuniserer via ADC- og DAC-omformerne beskrevet i kapittel 2 - Teori. Høytrykkspumper og sensorer kommuniserer via Profibus protokollen og RS485 kobling, som går gjennom et separat styreskap.



Figur 4.3: Systemets arkitektur

4.4.2 Analoge innganger (AI)

Det finnes totalt tre analoge innganger i PLS-en. Disse er igjen delt inn i 8 kanaler for hver inngang. I tabell 4.7 til 4.9 er en oversikt over hvilke kanaler som er koblet til hvilken sensor.

Kanal nr.	Input	Beskrivelse
2011	Ledig	N/A
2012	INN_PT01	Trykk før råvannspumper
2013	Ledig	N/A
2014	INN_PT02	Trykk etter råvannspumper
2015	TS_PT01	Trykk før turbinpumpe
2016	TS_PT02	Trykk mellomtrinn turbinpumpe
2017	FME_PT01	Trykk før membraner
2018	FME_PT02	Trykk etter membraner

Tabell 4.7: Analog input unit 01 Ch.2011-2018

Kanal nr.	Input	Beskrivelse
2021	TS_TT01	Råvannstemperatur
2022	FME_TT01	Temperatur vann sirkulasjon
2023	FME_FT01	Vannmengde sirkulasjon
2024	FME_CT01	Ledningsevne rentvann
2025	FIL_PT01	Trykk før flermedianfiltere
2026	FIL_PT02	Trykk etter flermedianfiltere
2027	BAS_PT01	Nivå rentvannbeholder
2028	LV_FT01	Råvannsmengde

Tabell 4.8: Analog input unit 02 Ch.2021-2028

Kanal nr.	Input	Beskrivelse
2031	FME_FT02	Mengde rentvann fra membran
2032	TS_PU01	Ref. signal fra frekvensomformer
2033	BAS_QT01	pH rentvann
2034	LV_FT02	Mengde rentvann til nett
2035	DUV_UV01	Intensitet UV nr. 1
2036	DUV_UV02	Intensitet UV nr. 2
2037	RVS_PT01	Trykk før rentvannspumper
2038	RSV_PT02	Trykk etter rentvannspumper

Tabell 4.9: Analog input unit 03 Ch.2031-2038

4.4.3 Digitale innganger (DI)

Det er totalt fire digitale innganger, med 16 forskjellige adresser tilkoblet hver inngang. I tabell 4.10 til 4.13 er en oversikt over kanalene og deres signal.

Adresse nr.	Input	Beskrivelse
0.0	Utløst nødstop	N/A
0.1	INN_RV01	Råvannspumpe 1 (Auto)
0.2	INN_RV02	Råvannspumpe 2 (Auto)
0.3	TS_PU01	Turbinpumpe (Auto)
0.4	FME_PU01	Sirkulasjonspumpe (Auto)
0.5	RVS_PU01	Rentvannspumpe 1 (Auto)
0.6	RVS_PU02	Rentvannspumpe 2 (Auto)
0.7	Ledig	N/A
0.8	Drift FIL_04	Motor spaltesil
0.9	Overlast FIL_04	Motpor spaltesil
0.10	Operasjon backup	N/A
0.11	Batteri status	Batteri = OK
0.12	Utløst overspenningsvern	N/A
0.13	Ledig	N/A
0.14	Ledig	N/A
0.15	Ledig	N/A

Tabell 4.10: Digital input adresse 0.0-0.15

Adresse nr.	Input	Beskrivelse
1.0	Sikkerhetsbryter	Råvannspumpe 1
1.1	INN_RV_PS01	Pressostat vakumejektor
1.2	INN_RV_PU01	Feilmelding frekvensomformer
1.3	INN_RV_PU01	Driftsignal frekvensomformer
1.4	Sikkerhetsbryter	Råvannspumpe 2
1.5	INN_RV_PS02	Pressostat vakumejektor
1.6	INN_RV_PU02	Feilmelding frekvensomformer
1.7	INN_PV_PU02	Driftsignal frekvensomformer
1.8	Sikkerhetsbryter	Turbinpumpe 1
1.9	TS_PU01	Feilmelding frekvensomformer
1.10	TS_PU01	Driftsignal frekvensomformer
1.11	Sikkerhetsbryter	Turbinpumpe 2
1.12	TS_PU02	Feilmelding frekvensomformer
1.13	TS_PU02	Driftsignal frekvensomformer
1.14	Ledig	N/A
1.15	INN_LS01	Spjeld åpen

Tabell 4.11: Digital input adresse 1.0-1.15

Adresse nr.	Input	Beskrivelse
2.0	Sikkerhetsbryter	Sirkulasjonspumpe
2.1	FME_PU01	Feilmelding frekvensomformer
2.2	FME_PU01	Driftsignal frekvensomformer
2.3	Sikkerhetsbryter	Rentvannspumpe 1
2.4	RVS_PU01	Feilmelding frekvensomformer
2.5	RVS_PU01	Driftsignal frekvensomformer
2.6	Ledig	N/A
2.7	Ledig	N/A
2.8	Sikkerhetsbryter	Rentvannspumpe 2
2.9	RVS_PU02	Feilmelding frekvensomformer
2.10	RVS_PU02	Driftsignal frekvensomformer
2.11	FME_FT02	Puls mengde rentvann membran
2.12	DUV01	UV-interlock
2.13	DUV01	UV-systemfeil
2.14	DUV01	UV-lampe på +3 min delay
2.15	LV_FT02	Puls mengde rentvann nett

Tabell 4.12: Digital input adresse 2.0-2.15

Adresse nr.	Input	Beskrivelse
3.0	DUV02	UV-interlock
3.1	DUV02	UV-systemfeil
3.2	DUV02	UV-lampe på +3 min delay
3.3	HTL_PS1	Luftskap 1 lufttrykk
3.4	TS_B01_LS01	Oljenivå turbinpumpe
3.5	Diff. trykk	Bollfilter
3.6	Alarm trykk	Bollfilter
3.7	Ledig	N/A
3.8	HTL_PS2	Luftskap 2 lufttrykk
3.9	LV_FT01	Puls mengde råvann
3.10	Operasjon	N/A
3.11	Batteri status	N/A
3.12	FIL_PU01	Overspenningsvern
3.13	FIL_PU01	Utført m.v.
3.14	Drift aggregat	N/A
3.15	Alarm aggregat	N/A

Tabell 4.13: Digital input adresse 3.0-3.15

4.4.4 Analoge utganger (AO)

Det er en analog utgang, med åtte kanaler tilknyttet utgangen. Den analoge utgangen brukes for å styre hastighetene til pumpene i anlegget via de tilhørende frekvensomformerne.

Kanal nr.	Input	Beskrivelse
2041	INN01_PU01_SC01	Hastighetsregulering råvannpumpe nr. 1
2042	INN02_PU01_SC01	Hastighetsregulering råvannpumpe nr. 2
2043	TS_PU01_SC01	Hastighetsregulering turbinpumpe
2044	Ledig	N/A
2045	FME_PU01_SC01	Hastighetsregulering sirkulasjonspumpe
2046	RVS_PU01_SC01	Hastighetsregulering rentvannpumpe nr. 1
2047	RVS_PU02_SC01	Hastighetsregulering rentvannpumpe nr. 2
2048	Ledig	N/A

Tabell 4.14: Analog output unit 04 Ch.2041-2048

4.4.5 Digitale utganger (DO)

Det er totalt tre digitale utganger, listet i tabell 4.15 til 4.17 med 16 adresser tilknyttet hver utgang.

Adresse nr.	Input	Beskrivelse
4.0	H4.0	Lampe råvannspumpe 1
4.1	H4.1	Lampe råvannspumpe 1
4.2	H4.3	Lampe turbinpumpe
4.3	H4.4	Lampe sirkulasjonspumpe
4.4	H4.5	Lampe rentvannspumpe 1
4.5	H4.6	Lampe rentvannspumpe 2
4.6	Ledig	N/A
4.7	-	Alarmlampe
4.8	-	Alarmlampe
4.9	Ledig	N/A
4.10	Ledig	N/A
4.11	Ledig	N/A
4.12	Ledig	N/A
4.13	Ledig	N/A
4.14	FIL_PU01	Pumpe trykkøkning
4.15	Ledig	N/A

Tabell 4.15: Digital output adresse 4.0-4.15

Adresse nr.	Input	Beskrivelse
5.0	INN_PU01	Råvannspumpe 1
5.1	INN_PU02	Råvannspumpe 1
5.2	TS_PU01	Turbinpumpe
5.3	Ledig	N/A
5.4	FME_PU01	Sirkulasjonspumpe
5.5	RVS_PU01	Rentvannspumpe 1
5.6	RVS_PU02	Rentvannspumpe 2
5.7	FIL04	Spaltesil
5.8	FME_PV01	Ventil lukke
5.9	FME_PV02	Ventil åpne
5.10	FME_PV03	Ventil åpne
5.11	FME_PV04	Ventil åpne
5.12	FME_PV05	Ventil åpne
5.13	TS_PV02	Ventil lukke
5.14	TS_PV03	Ventil lukke
5.15	DUV01_PV01	Ventil lukke

Tabell 4.16: Digital output adresse 5.0-5.15

Adresse nr.	Input	Beskrivelse
6.0	DUV02_PV01	Ventil lukke
6.1	Ledig	N/A
6.2	FIL_PV01	Ventil åpne
6.3	FIL_PV02	Ventil åpne
6.4	FIL_PV03	Ventil åpne
6.5	FIL_PV04	Ventil åpne
6.6	FIL_PV05	Ventil åpne
6.7	FIL01_PV01	Ventil lukke
6.8	FIL02_PV02	Ventil lukke
6.9	SSV_PV01	Ventil åpne
6.10	LV_PV01	Ventil lukke
6.11	FIL03_PV01	Ventil lukke
6.12	DUV01	Aktiver UV 1
6.13	DUV02	Aktiver UV 2
6.14		Ejektorentil råvannpumpe 1
6.15		Ejektorentil råvannpumpe 2

Tabell 4.17: Digital output adresse 6.0-6.15

4.4.6 Programkodens oppbygning

Programkoden er skrevet i CX-programmet for Omron PLS og i programmeringsspråket *ladder*. Koden er videre delt opp i flere blokker som utfører sin dedikerte oppgave. Sekvensiell programmering er brukt i koden som gjør det mulig å håndtere mange variabler samtidig. Koden inneholder flere blokker som er ansvarlig for initialisering av enheter, som Profibus og

SectionName	Start Step	End Step	Comment
PROFIBUS_START	0	5	
Felles_funktioner	7	50	
PRODUKSJONSPAUSE	52	132	
INITIER_SIOU_KORT	134	154	Initierer analog I/O kort
Skaler_AI_Unit1	156	205	
Skaler_AI_Unit2	207	263	
Skaler_AI_Unit3	265	320	
Skaler_AI_Unit4	322	377	
SKALER_ANALOG_PR...	379	415	
SKALER_ANALOG_UT...	417	458	
HISTORISKE_DATA	460	614	
SKALERING_TIMERE	616	635	
ALARMBIT	637	775	
FORVALG_FRA_PANEL	777	806	
PRODUKSJONSVAG	808	919	
AUTO_PRODUKSJON	921	1116	
TIDSFORSINKERE_SEK...	1118	1161	
SEKVEN51_RIGG_1	1163	1438	
SEKVEN52_RIGG_2	1440	1713	
AUTOPRODUKSJON_HJ	1715	1747	
START_TILBAKESPYLI...	1749	1856	
SEKVEN53_TILBAKESPYL	1858	2023	
AUTO_FLUSH	2025	2187	
SEKVEN54_FLUSHING...	2189	2338	
SEKVEN55_FLUSHING...	2340	2483	
SJØVANNSPUMPER	2485	2678	
FIL0x_VENTILUTGANG...	2680	2751	
FIL_04_SPALTESIL	2753	2776	
FIL_05_SPALTESIL	2778	2801	
TRYKKØKNINGSPUMP...	2803	2830	
BOOSTERPUMPER	2832	2875	
TS_PU01_A_B_RAMPER	2877	2986	
TS_PU02_A_B_RAMPER	2988	3102	
HØYTRYKKSPUMPER	3104	3228	
VENTILER_HØYTRYKK...	3230	3297	
VENTILER_MEMBRAN...	3299	3396	
UV_AGREGATER	3398	3581	
ANALOG_0_TIL_REAL	3583	3630	
RENTVANNSPUMPER	3632	3780	
HJELP_ANIMASJON	3782	3979	
Sirkulasjonspumpe	3981	3984	
FEILPROGRAM_PUMP...	3986	4146	
FEILPROGRAM_VENTI...	4148	4607	
RES1	4609	4612	
END	4614	4614	

Figur 4.4: Oversikt over de forskjellige blokkene

Modbus, samt skalering av verdier for ADC- og DAC-omformerne. Hoveddelen av programmet baserer seg på sekvensiell programmering og er bygget opp av blokker som går gjennom sekvensen og blokker som utfører handlinger og operasjoner innenfor gitte de sekvensene. Koden har også blokker for utløsning og behandling av alarmer og feilmeldinger. For oppgaver som automatisk produksjon, tilbakespyling, flushing og lignende er det satt opp egne blokker som blir kontrollert, enten gjennom sekvensene automatisk, eller manuelt via HMI-panelet. For kommunikasjon til og fra overvåkningssystemet har koden egne blokker med forflytning av data mellom interne og eksterne variabler.

4.4.7 Alarmer

PLS utløser alarmer hvis de avleste verdiene er utenfor sine gitte parameterverdier og/eller informasjon fra den tilknyttede inngangen mangler. Alarmene blir loggført og lagret i datasystemene. Alarmer kan ha forskjellige årsaker og følger for resten av systemet. Kritiske alarmer som *Time-out sjøvannspumpe* stopper driften på anlegget og krever kvittering fra operatøren før anlegget kan forstsette med produksjon. Mindre kritiske alarmer vil lagres i loggene uten videre innvirkning på anlegget.

Kvittering av alarmer kan skje kun gjennom HMI-panelet som er montert på styreskapet, og krever at operatøren kvitterer den i et pop-up vindu.

Alarm for pumper

For anlegget på Galtneset er alarmene som kommer fra pumpene de viktigste for kontinuerlig drift av prosessen. Uten at pumpene i anlegget fungerer, så vil ikke det kunne være mulig å produsere drikkevann til innbyggerene og næringslivet i kommunen.

Råvannspumpe 1 (INN01.PU01) og råvannspumpe 2 (INN02.PU02)

Alarmbeskrivelse	Grenseverdier
Feil fra frekvensomformer	N/A
Lokal sikkerhetsbryter avslått	N/A
Termistor feil	N/A
Lavt trykk før råvannspumpe	Trykk fra INN.PT01 < -0.5 [Bar]
Høyt trykk etter råvannspumpepumpe	Trykk fra INN.PT02 > 6 [Bar]
Høyt trykk før flermeidefilter	Trykk fra FIL.PT01 > 6 [Bar]
Høyt trykk før turbinpumpe	Trykk fra TS.PT01 > 6 [Bar]

Tabell 4.18: Oversikt over alarmer for råvannspumpe 1 og råvannspumpe 2

Trykkforsterkningspumpe (FIL04.PU01)

Alarmbeskrivelse	Grenseverdier
Utløst motorvern	N/A

Tabell 4.19: Oversikt over alarmer for Trykkforsterkerpumpe

Turbinpumpe (TS.PU01)

Alarmbeskrivelse	Grenseverdier
Utløst motorvern	N/A
Feil fra frekvensomformer	N/A
Lokal sikkerhetsbryter avslått	N/A
Nivåbryster olje smøresystem	N/A
Lavt matetrykk til høytrykkspumpe	Trykk fra TS.PT01 < 1.9 [Bar]
Lavt matetrykk etter flermediefilter	Trykk fra FIL.PT02 ≤ 0 [Bar]
Høyt trykk før membraner	Trykk fra FME.PT01 < 100 [Bar]
Oljebytte og/eller overhaling	Ved 2000 timers drift

Tabell 4.20: Oversikt over alarmer for turbinpumpe**Rentvannspumpe 1 (RVS01.PU01) og Rentvannspumpe 2 (RVS02.PU01)**

Alarmbeskrivelse	Grenseverdier
Feil fra frekvensomformer	N/A
Lokal sikkerhetsbryter avslått	N/A
Termistor feil	N/A
Lavt trykk før rentvannspumpe	Trykk fra RVS01.PT01 ≤ 0 [Bar] Trykk fra RVS02.PT01 ≤ 0 [Bar]
Høyt trykk etter rentvannspumpe	Trykk fra RVS01.PT02 > 6 [Bar] Trykk fra RVS02.PT02 > 6 [Bar]

Tabell 4.21: Oversikt over alarmer for rentvannspumpe 1 og rentvannspumpe 2

4.4.8 Andre alarmer

Alarmbeskrivelse	Grenseverdier
Nødstoppefeil	N/A
I backupmodus	N/A
Backup batteri lavt	N/A
Feil på nødstrøm aggregat	N/A
Overløp rentvannstank	N/A
Lavt rentvannsnivå for flush	N/A
Time-out. Ikke vann fra sjøvannspumpe!	Trykk fra INN.PT02 for lav i 30 sekunder
Time-out. Ikke vann fra rentvannspumpe!	Vannmengde fra LVFT02 for lav i 2 sekunder

Tabell 4.22: Oversikt over andre alarmer

Trykksil (FIL04)

Alarmbeskrivelse	Grenseverdier
Utløst motorvern	N/A
'høy høy' alarm differensetrykk FIL04.PD.HH	N/A

Tabell 4.23: Oversikt over alarmer for trykksil

UV-anlegg 1 (DUV01) og UV-anlegg 2 (DUV02)

Alarmbeskrivelse	Grenseverdier
Lav UV-intensitet	N/A
System feil	N/A

Tabell 4.24: Oversikt over alarmer for UV-anlegg 1 og UV-anlegg 2

4.4.9 Oversikt over HMI-systemet

Anlegget har et grensesnitt som gir ansatte mulighet til å kontrollere, samt overvåke prosessen. Skjermen er plassert på døren til skapet der PLS-en er montert, og er et HMI-panel med berøringskjerm. Det er også plassert fysiske brytere og potensiometre for manuell kontroll av anlegget. For overvåkningen finnes det et eksternt system som er levert av Normatic. Det viser nåverdier og alarmer på anlegget, samt historiske data.

4.4.10 HMI-panelet og grensesnittet

HMI-panelet som er installert på anlegget er Omron NS8 og er 8.4 tommer stor touchskjerm med farger. Panelet bruker ethernet-tilkobling for kommunikasjon med PLS.

Det er totalt ti forskjellige menyer for brukeren av grensesnittet til HMI.

- Hovedmeny
- Data trykkgivere
- Data diverse
- Data Historiske
- Parametere
- Konfigurer
- Alarmer aktive
- Betjening
- Flytskjema
- Alarmer historiske

Hovedmeny: Her er oversikten over alle de andre undermenyene som kan betjenes, og som er viktige for driften av anlegget.

Data trykkgivere: Inneholder oversikt over verdier fra alle trykksensorer som er på anlegget. Viser i nåtid.

Data diverse: Inneholder oversikt over verdier fra alle andre sensorer unntatt trykksensorer på anlegget. Viser i nåtid.

Data Historiske: Inneholder oversikt over arbeidsmengden til forskjellige komponenter på anlegget samt totalt mengde med vann gjennom forskjellige mengdemålere og antall spylinger og flush på anlegget.

Parametere: Inneholder tre undermenyer:

- **Produksjon** Inneholder parametere for hastighet til pumpene og grenseparameterne til tankene og høydebasseng.
- **Tilbakespyling flermediefiltere** Inneholder parametere for tilbakespyling, tiden for tilbakespyling og modningstid, samt hastighetene til pumpene.
- **Flushing med rent vann** Inneholder parameterne for flushing og hastighetene til pumpene.

Konfigurer: Inneholder parameterne for minimum og maksimum trykk for pumpene på anlegget.

Alarmer aktive: Inneholder liste over aktive alarmer og brukeren kan kvittere alarmene her.

Betjening: Drift av anlegget, manuelt. Inneholder start- og stoppknapper, valg av rigg, kontroll av tilbakespyling og flushing.

Flytskjema: Inneholder flytskjema med verdier på sensorer og pumper i hele anlegget.

Alarmer historiske: Inneholder en oversikt over de historiske alarmer på anlegget.

Gjennom brukergrensesnittet kan anlegget kontrolleres og styres manuelt. De ansatte har tilgang til innstillinger, parametere, kontroll, kvittering av alarmer og historiske data.

4.5 Normatic driftskontrollsystem

Systemet levert av Normatic er et oversiktssystem for anleggene på Galtneset, Sanna og Husøy, samt inntakspumpene til Pelagia. Det kan aksesseres via nettleser, og brukes til å følge med på produksjon, alarmhendelser og å se på historiske data.

Grensesnittet har fem hovedskjermer.

- Alarmer
- Alarmhendelser
- Prosess
- Historikk
- Innstillinger

Alarmer: Her ligger oversikten over antall ganger de forskjellige alarmhendelser har inntruffet.

Alarmhendelser: Viser de enkelte alarmhendelser, i kronologisk rekkefølge fra når alarmene ble aktiv, med den siste gjeldene alarmen på toppen av listen.

Prosess: Oversikt over flytskjema for alle anleggene i kommunen, i tillegg til å gi brukeren mulighet til å kontrollere ulike prosesser fjernstyrt.

Historikk: Gir brukeren tilgang til å lese alle sensorverdier, i alle de forskjellige anleggene. Gjelder også tilbake i tid.

Innstillinger: Er et vindu hvor brukeren kan se begrenset informasjon over systemet og symbolforklaring til komponentene i prosessoversikten.

Driftsovervåkingssystemet dekker det meste av behov for både overvåking, kvittering og kontroll.

Kapittel 5

Resultat

I dette kapitlet vil resultatene av oppgaven bli gjennomgått og presentert. Det henvises også til kapittel 4 for dyptgående lesning om det som omhandler systemoversikten av anlegget, og som er en viktig del av resultatet for oppgaven. For bedre oppløsning og lesbarhet av grafene som er presentert i dette kapitlet, er alle vedlagt i vedlegg D.

5.1 Anleggets utfordringer

Driftsutfordringer ved anlegget som kommunen har beskrevet baserer seg på at plasseringen av inntakskummen hvor kommunens og Pelagias pumper er plassert, er for høyt i forhold til havnivået. Her beskrives problemet som at ved springfjære vil trykket bli negativt, og sjøvannspumpen i kummen vil ikke være i stand til å motvirke dette, og derfor ikke kunne levere sjøvann til anlegget. Et annet problem som kommunen opplever er at når både kommunen og Pelagia ønsker vann samtidig, så legger Pelagia beslag på alt vannet. Mistanken om dette kommer av at kommunen sine to pumper er plassert sist i inntakskummen, samt at Pelagia har fire ganger flere pumper enn kommunen. Konsekvensen er da at anlegget automatisk stopper produksjon, og teknisk personell må komme til anlegget og manuelt starte anlegget igjen.

Det har heller ikke vært en god totaloversikt over anlegget. Som et resultat av at aktørene som en gang prosjekterte og leverte anlegget ikke har et ansvar for dette lengre, så har kunnskapen og oversikten blitt utvannet over tid. Derfor har en stor del av arbeidet i denne oppgaven omhandlet å skape en god totaloversikt. Dette er presentert i kapittel 4, Systemoversikt. Det har vært fokus på å innhente informasjon angående styresystemet til anlegget, altså PLS og HMI. Kommunen har tilsynelatende svært lav, eller ingen kunnskap om hvordan virkemåten til programkoden fungerer, og hvordan den er bygd opp. Dette er også presentert i kapittel 4, samt topografien til PLS og HMI.

Det er store driftsutfordringer ved anlegget, og etterslepet på vedlikehold blir større og større. Redundansen til anlegget er dårlig og det er per idag kun én fungerende trykkøkningspumpe. Det er også svært lang bestillingstid på membraner til anlegget, anslått til mellom 3-4 måneder. I følge ansatte ved teknisk etat er det et etterslep på vedlikehold som omhandler ventlier, sensorer og filter som ikke fungerer optimalt eller er ødelagt. Dette gjør at sårbarheten til anlegget

er stor.

5.1.1 Undersøkelse av problemene

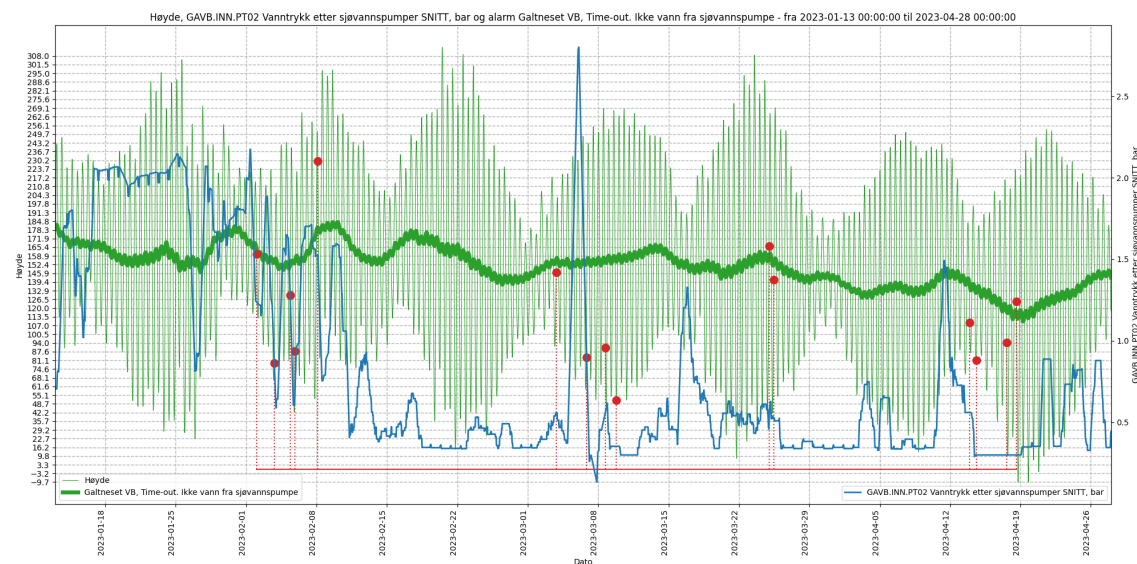
I underkapittel 3.4.3, Metode for analyse, er det samlet informasjon om relevante deler av anlegget ved utløste alarmer. Ved å ta utgangspunkt i problemene ansatte i teknisk etat beskriver er det blitt gjort en analyse for å konkludere hvorvidt det er en reell korrelasjon mellom den uttrykte problematikken og avlest data.

Alarm sjøvannspumpe

Som nevnt i 3.4.3, Metode for analyse, er ikke data om Pelagias sjøvannspumper tilgjengelig, og det var derfor ikke mulig å undersøke om det er en direkte kobling mellom deres pumpe-drift og Galtneset sine alarmer.

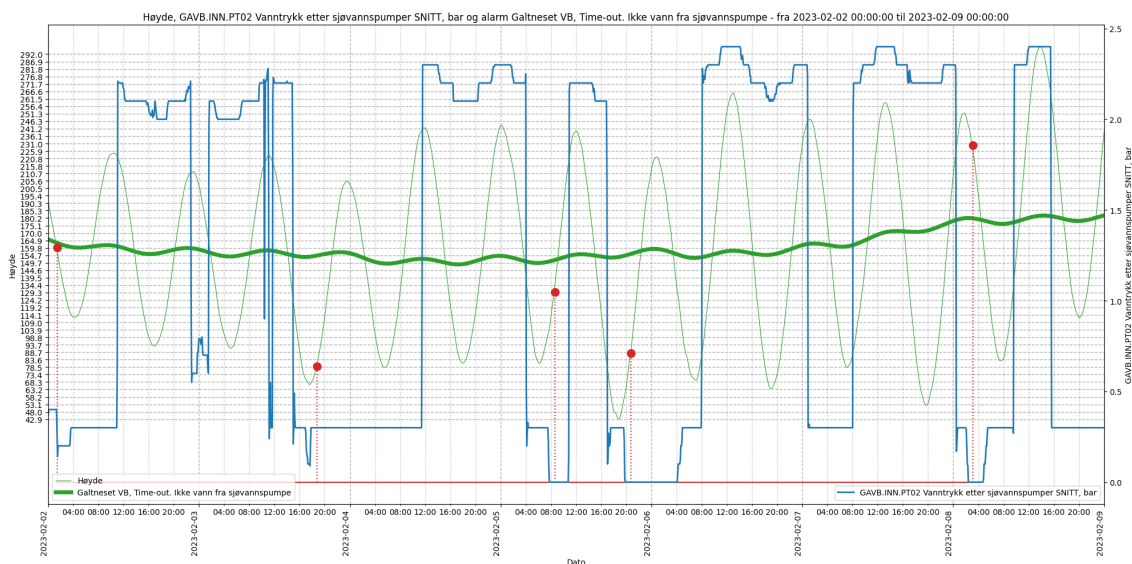
Vi kunne derimot hente inn lokal tidevannsdata gjennom Kartverkets nettbaserte løsning for havnivå, tidevann og vannstand, som hadde målte verdier for høyden på tidevannet hvert tiende minutt [16]. På figur 5.1 er tidevannet tegnet i grønt, og vi kan se hvordan tidevannet stiger og faller omtrent to ganger per dag. Tidevannet veksler også periodevis mellom å ha små og store svingninger, omtrent hver 14. dag. Den tykke, grønne streken mot midten er gjennomsnittet av tidevannet.

I samme figur, markert med røde kuler, er utløsningstidspunktet for alarmer **Time-out. Ikke vann fra sjøvannspumpe**. Høyden på kulen er høyden på tidevannet idet alarmer ble utløst. Av de 15 alarmene som er utløst, er ti av dem utløst på et tidspunkt hvor tidevannet er under gjennomsnittet. Av de resterende fem er tre av dem utløst rundt gjennomsnittet, og to av dem et stykke over.



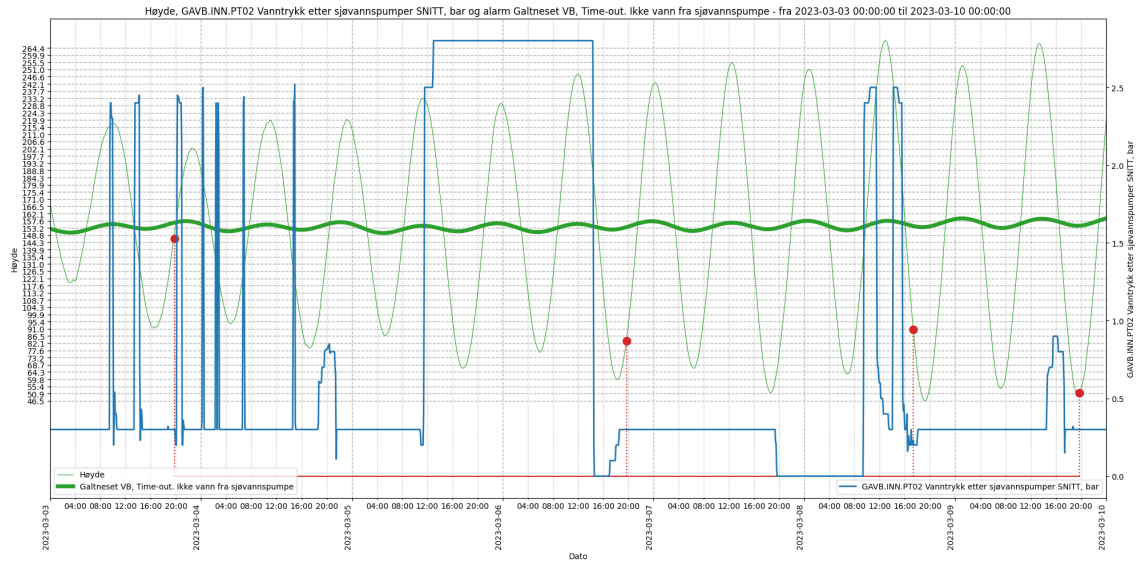
Figur 5.1: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 13.01.23 til 28.04.23

Figur 5.2 er et nærbilde fra onsdag 01.02.23 til og med onsdag 08.02.23. Dette er den første samlingen med alarmer man kan se i figur 5.1. Av de fem alarmene som gikk i dette tidsrommet, gikk tre av dem mellom en og to timer *etter* tidevannet var på sitt laveste. De andre to gikk mellom to og fire timer *før* tidevannet var på sitt laveste.



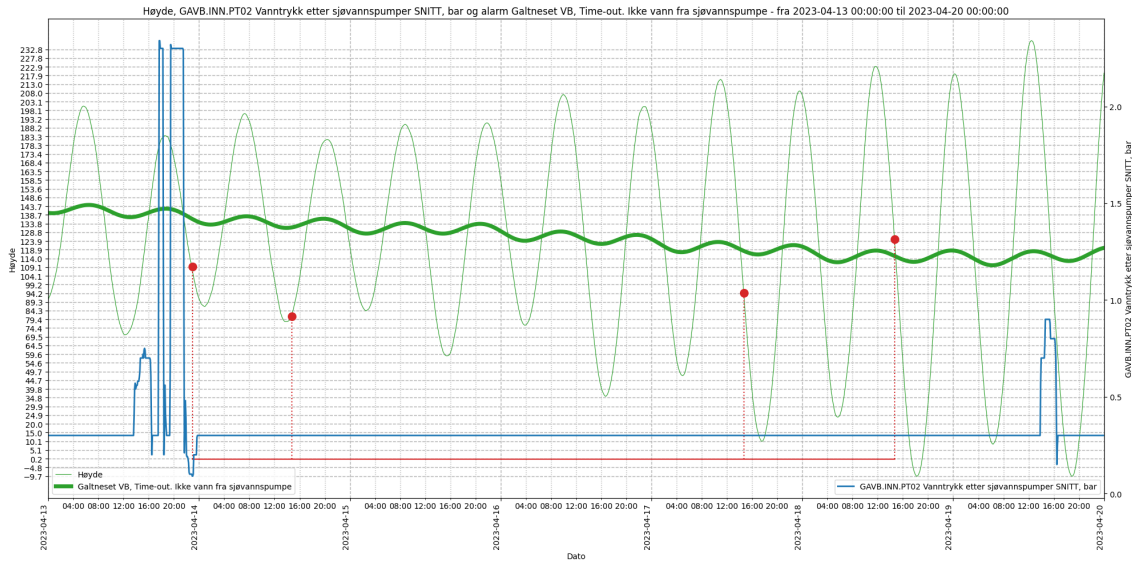
Figur 5.2: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 02.02.23 til 09.02.23

Figur 5.3 er et nærbilde fra fredag 03.03.23 til og med torsdag 09.03.23. Dette er den neste samlingen med alarmer. Av de fire alarmene som gikk i dette tidsrommet, gikk den første midt imellom høy- og lavvann, akkurat på gjennomsnittet, med stigende tidevann. Den andre gikk mellom en og to timer *etter* tidevannet var på sitt laveste. Den tredje gikk mellom en og to timer *før* tidevannet var på sitt laveste. Den siste alarmen gikk akkurat idet tidevannet var på sitt laveste.



Figur 5.3: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 03.03.23 til 10.03.23

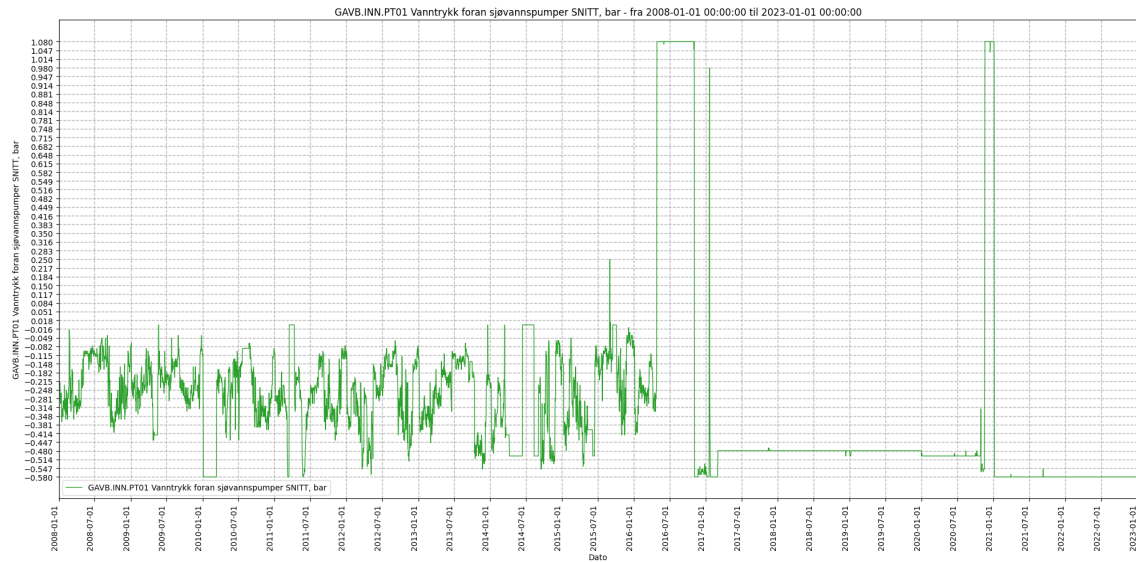
Figur 5.4 er et nærbilde fra torsdag 13.04.23 til og med onsdag 19.04.23. Dette er den siste samlingen med alarmer fra figur 5.1. Av de fire alarmene som gikk i dette tidsrommet, gikk den første mellom en og to timer før tidevannet var på sitt laveste. Den andre gikk akkurat idet tidevannet var på sitt laveste. Den tredje gikk mellom en og to timer før tidevannet var på sitt laveste. Den siste gikk midt imellom høy- og lavvann, akkurat på gjennomsnittet, med fallende tidevann.



Figur 5.4: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 13.04.23 til 20.04.23

Trykksensor INN.PT01

Vi har undersøkt trykksensoren foran sjøvannspumpene, og det viser seg at den har unormale avlesninger fra ca. mai 2016. Dette kan bety at den enten er ødelagt, eller at koblingen mellom PLS og sensoren er ødelagt.



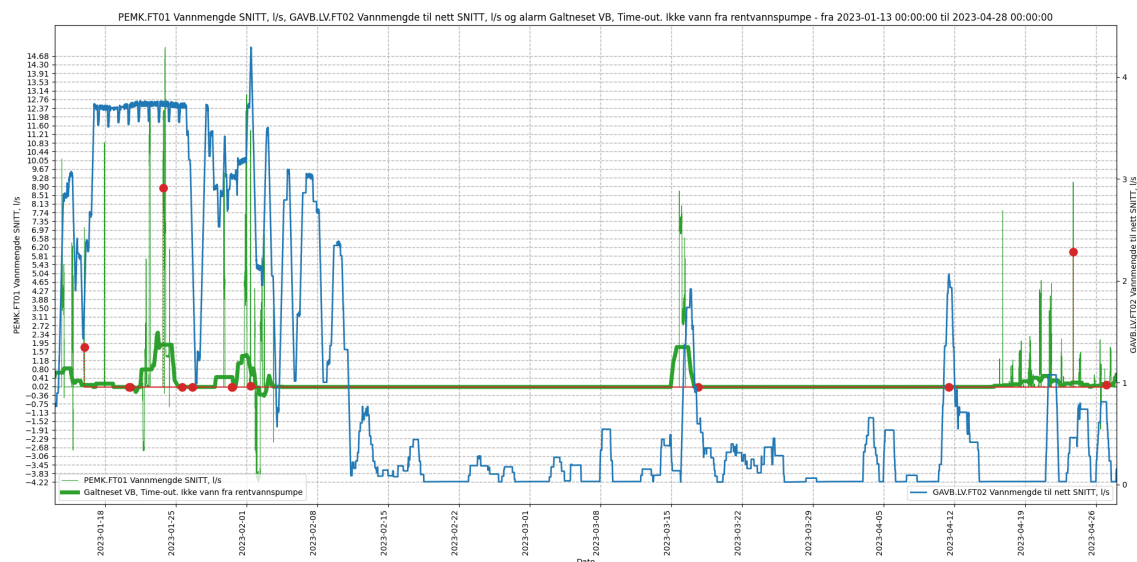
Figur 5.5: Trykksensor INN.PT01 fra 01.01.08 til 01.01.23

Alarm rentvannspumper

I 3.4.3, Metode for analyse, er tabell 3.2 presentert. Denne inneholder informasjon om Pelagias vannforbruk fra kommunens vannnett og målt vanntrykk etter rentvannspumpene i kommunens anlegg ved utløsningen av alarmen **Time-out. Ikke vann fra rentvannspumpe**.

På figur 5.6 er Pelagias rentvannsforbruk markert i grønt, hvor den tykke grønne linjen er gjennomsnittet av den tynne grønne linjen. Der hvor grønn strek faller under null, så kjøper kommunen vann av Pelagia til vannnettet.

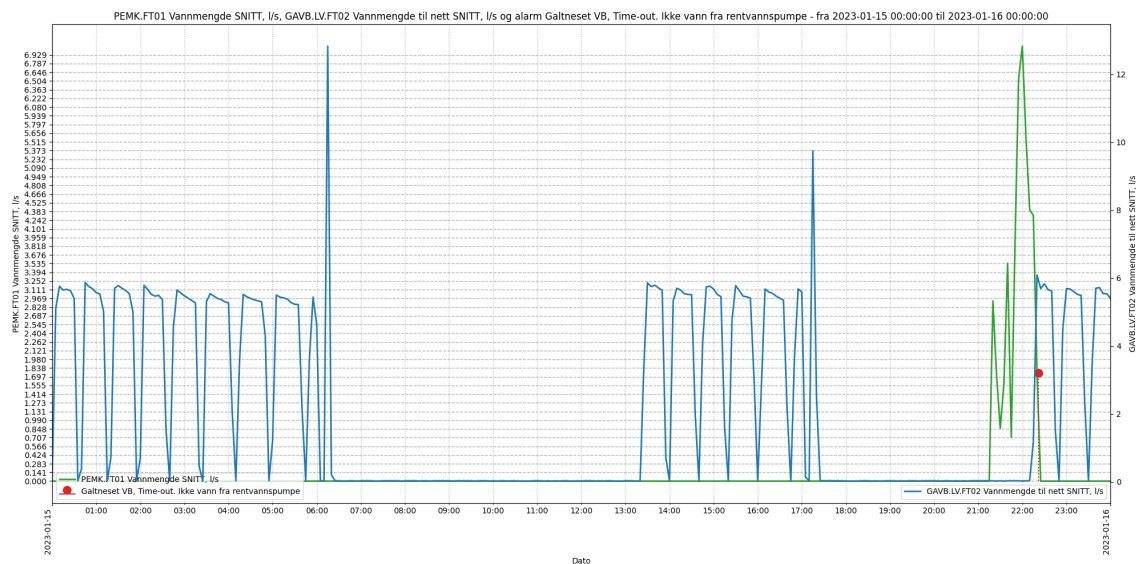
I samme figur, markert med røde kuler, er utløsningstidspunktet for alarmen **Time-out. Ikke vann fra rentvannspumpe**. Høyden på kulen er verdien på Pelagias forbruk når alarmen ble utløst. Av de 13 alarmene som er utløst, er det kun tre av dem som ligger merkbart over null. Det er allikevel ytterligere to alarmer som ligger like over null, som gir åtte alarmer innenfor fem minutter av et målt forbruk av Pelagia.



Figur 5.6: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 13.01.23 til 28.04.23

Figur 5.7 er et nærbilde fra søndag 15.01.23. Dette er den første alarmer man ser i figur 5.6. Grafen forteller at pumpene opererer periodisk med å pumpe ut rentvann på nettet, og vi ser markante hopp i målt vannmengde på slutten av hver sammenhengende periode med pumping.

Når rentvannspumpene er aktive, får grafen den tydelige sykliske formen slik som de første fem timene viser. Dette er fordi disse pumpene arbeider periodisk med å holde trykket oppe. På denne måten er de mest effektive. I tillegg til hoppene i målt vannmengde til nett, er det også en noe lengre periode med lav måling, før hoppet kommer. Disse kan tolkes som utvidede perioder med lav til ingen flyt, før pumpen til slutt slår seg av etter hoppet vi ser. Mer sannsynlig er pumpene av før grafen faller rett før hoppet, og den store økningen i målt vannmengde kan være treghet i væsken i rørene som gjør at vann enda beveger seg forbi mengdemåleren.

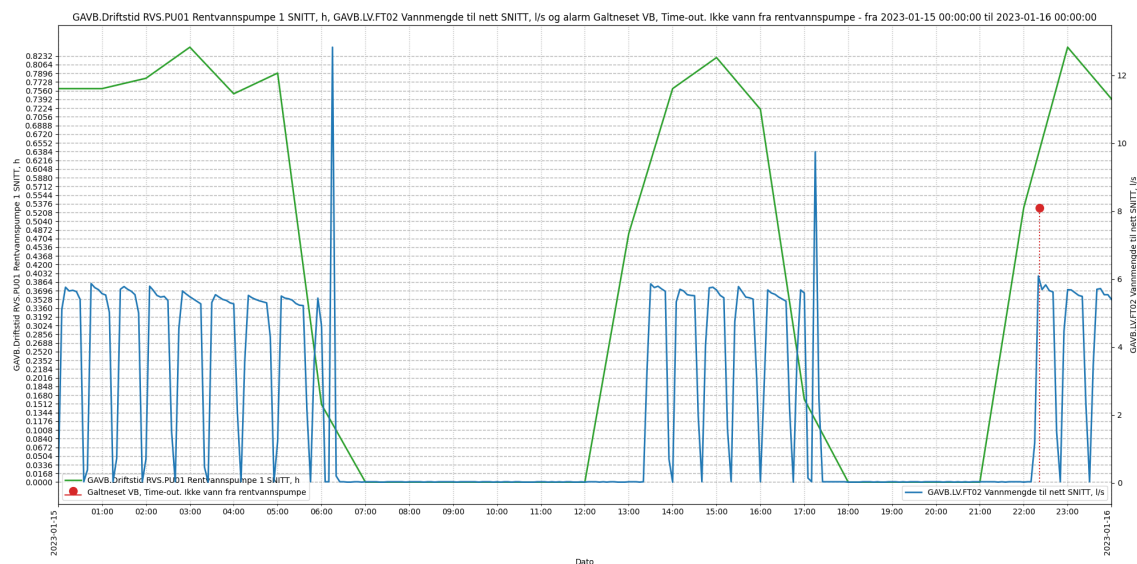


Figur 5.7: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23 til 16.01.2023

Legges driftstiden for rentvannspumpene til dataene for mengdemåling, som figur 5.8 viser, ser man at pumpen skrur av i takt med hoppene. Dessverre er ikke oppløsningen på driftstid høyere enn en time, slik at det ikke er mulig å se nøyaktig når pumpen ble skrudd av, men det er tydelig at når grafen for driftstid er flat så er går det ikke noe vann ut på nett.

På bakgrunn av dette kan vi også si med relativ sikkerhet at pumpen er operativ idet alarmer går, ettersom den startet en gang mellom kl 21 og kl 22, og alarmer ble utløst mellom kl 22 og kl 23. Pelagia kjøper rentvann i en begrenset periode mellom klokken 21:00 og 23:00. Innenfor fem minutter av når Pelagias forbruk går til null går alarmer på grunn av for lavt målt mengde vann etter rentvannspumpene.

Vannmengdens fall som utløste alarmen er ikke langvarig nok til å gi et tydelig utslag på grafen for vannmengde, som igjen er en svakhet med oppløsningen på dataene. For å underbygge dette kan man se i figur 5.7 at alarmen ikke utløses ved den laveste målte mengden vann, men heller akkurat idet Pelagia avslutter sitt forbruk. Dette antyder at dersom rentvannspumpene er i drift når Pelagia stopper å kjøpe vann fra Galtneset VBA, så vil alarmen gå.

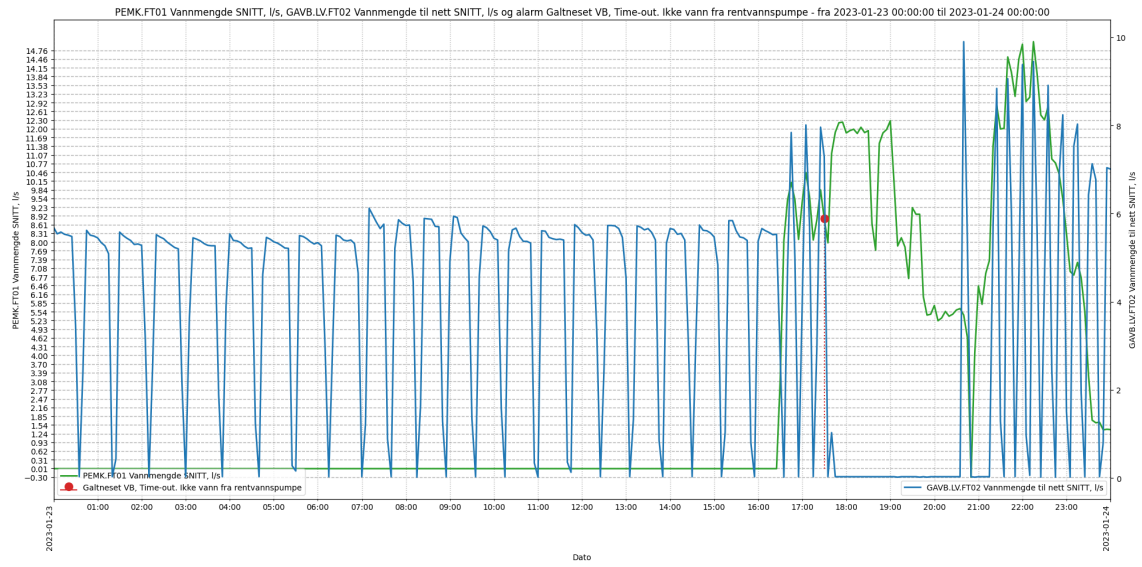


Figur 5.8: Sammenligning mellom rentvannspumpens driftstid, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23 til 16.01.2023

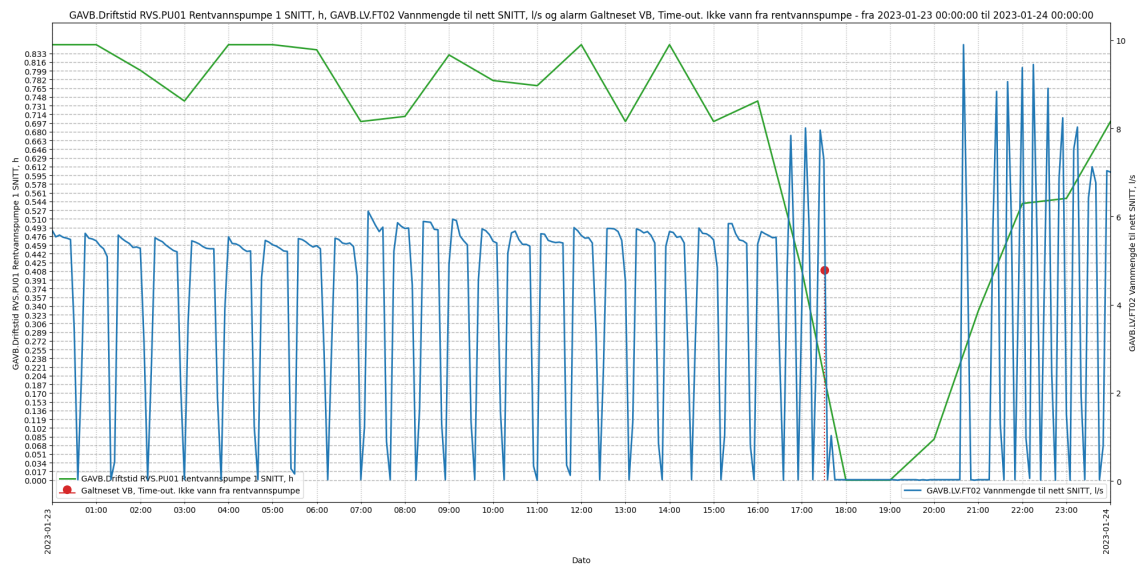
Figur 5.9 er et nærbilde fra mandag 23.01.23. Dette er den høyeste plasserte alarmen som vises i figur 5.6. Den fjerde alarmen dette året. Alarm nummer to og tre ligger veldig tett, som er grunnen til at det er ut som kun én alarm gikk 20.01.23.

Sammenligner man figur 5.9 og 5.10 som inneholder driftstiden til rentvannspumpene, så er pumpen aktiv fra starten av dagen og minst frem til Pelagia kjøper vann fra Galtneset VBA rundt klokken 16:30.

Alarmen blir utløst klokken 17:30, og pumpen står stille frem til et sted mellom klokken 19:00 og 20:00. I motsetning til alarmen 15.01, ser det ut som den utløses midt i Pelagias forbruk av vann og ikke når forbruket avsluttes. Med tanke på avleste verdier i figur 5.10 ser det derimot ut til at rentvannspumpen stoppes når alarmen utløses. I vedlegg Galtneset PLS kode med oversikt, som følger med rapporten i egen mappe, på side 94, er det lagt opp til at rentvannspumpen skal skrus av når denne alarmen utløses i programkoden til PLS. I programkoden som kjører på PLS, er logikken deaktivert av port CF113, så alarmen stopper ikke pumpen. Det er også en forutsetning at rentvannspumpen må være aktiv for at alarmen skal utløses, noe den ikke er, da vi ser av mengdemålingen at rentvann ut på nett er i null på dette tidspunktet.

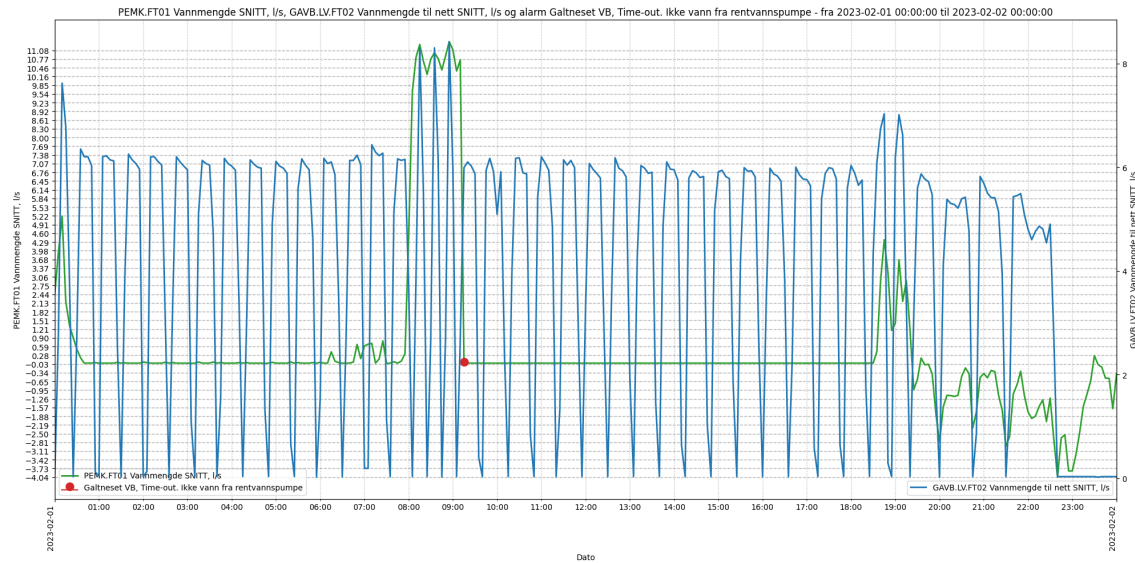


Figur 5.9: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 23.01.23 til 24.01.2023



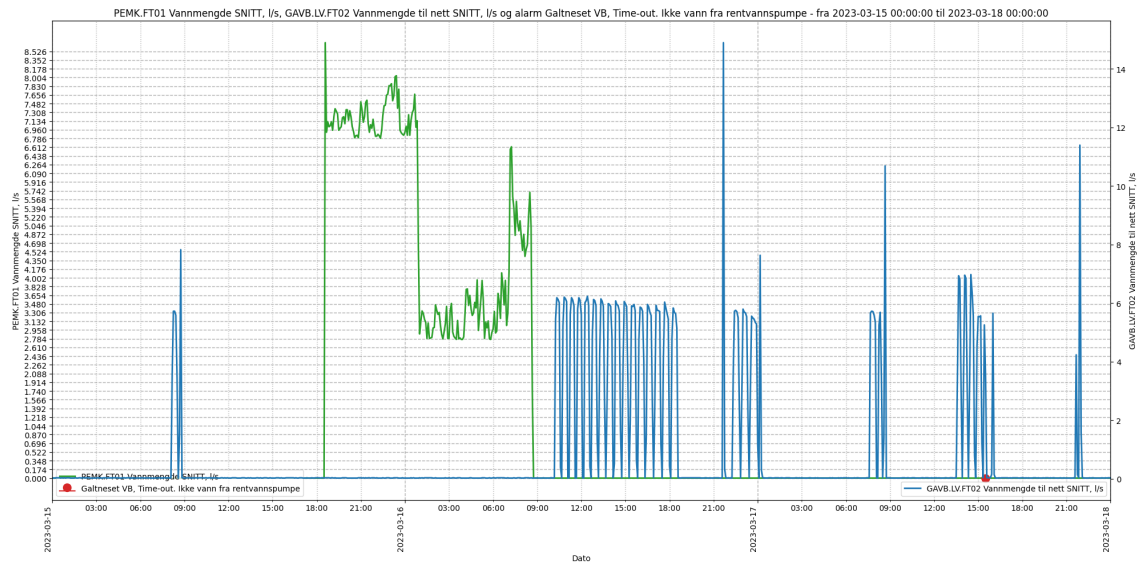
Figur 5.10: Sammenligning mellom rentvannspumpens driftstid, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 23.01.23 til 24.01.2023

Figur 5.11 er nærbilde fra onsdag 1. februar. Her ser vi tilnærmet samme reaksjon fra anlegget som søndag 15. januar, i figur 5.7. Pelagia avslutter et forbruk samtidig som anleggets rentvannspumper går, og alarmen utløses. Her ser vi derimot senere på dagen at selv om Pelagia har et forbruk og dette går til null, så er ikke det nødvendigvis utslagsgivende for at alarmen utløses. I dette tilfellet kan det hende at det er på grunn av at Pelagia går rett fra å forbruke vann til å pumpe vann tilbake på nettet, ikke at de går fra et forbruk og direkte til null.



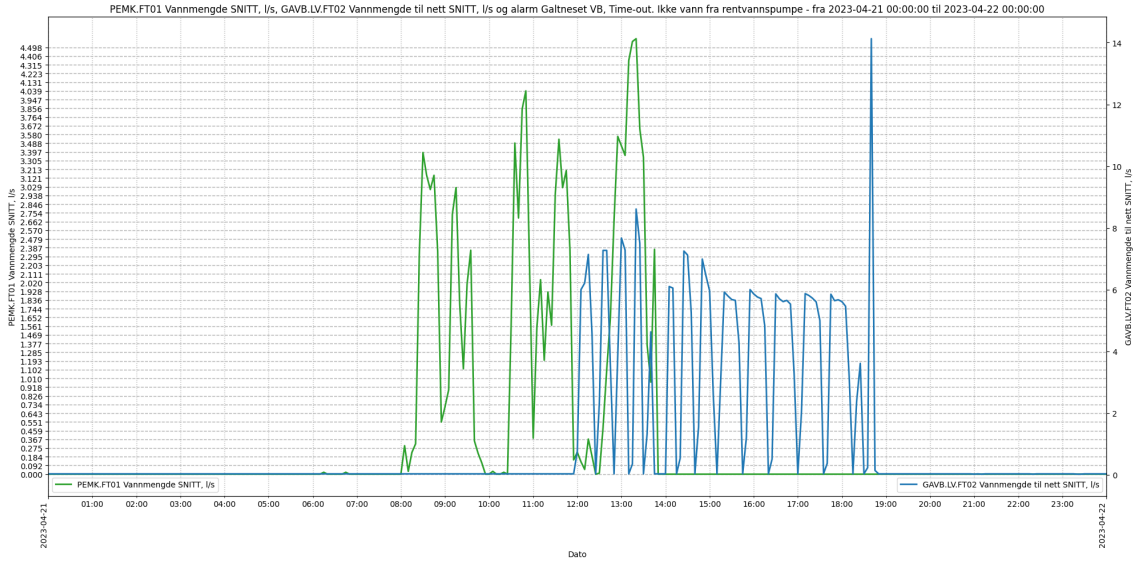
Figur 5.11: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 01.02.23 til 02.02.2023

Figur 5.12 er nærbilde fra onsdag 15. mars til lørdag 18. mars. I denne perioden har Pelagia et vannforbruk som ikke kolliderer med anleggets rentvannspumper, og det er derfor heller ingen alarm som utløses når forbruket går til null igjen. Vi ser derimot at det også utløses alarmer for rentvannspumpene uten at Pelagia kjøper rentvann fra Galtneset VBA.



Figur 5.12: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.03.23 til 18.03.23

Figur 5.13 er nærbilde fra fredag 21. april. I denne perioden har Pelagia et vannforbruk som faktisk kolliderer med anleggets rentvannspumper, men som ikke utløser alarmen **Time-out**. **Ikke vann fra rentvannspumpe.**

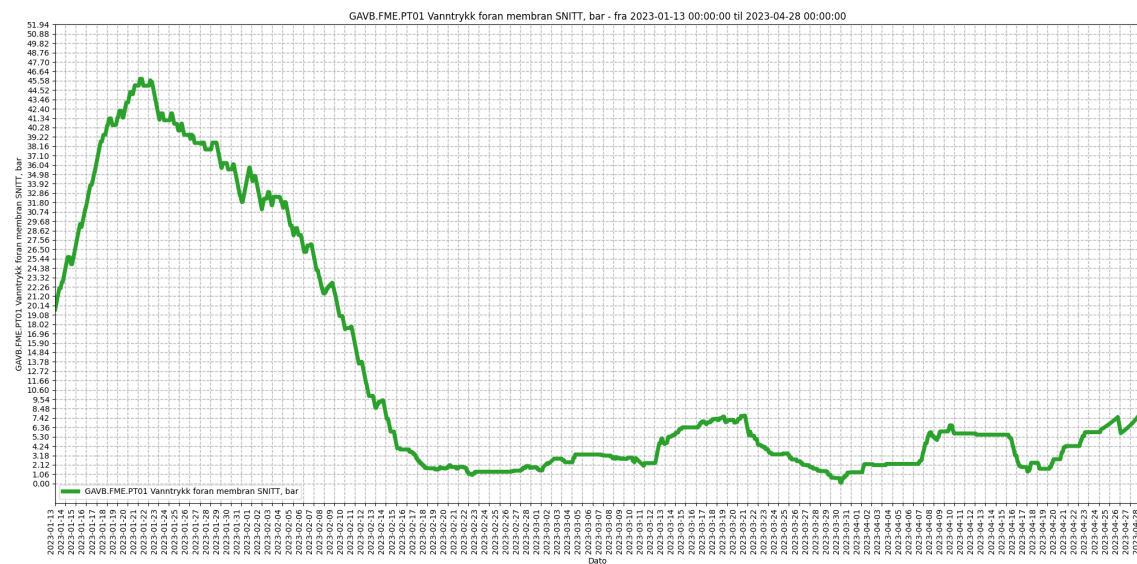


Figur 5.13: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 21.04.23 til 22.04.2023

5.2 Anleggets dimensjonering

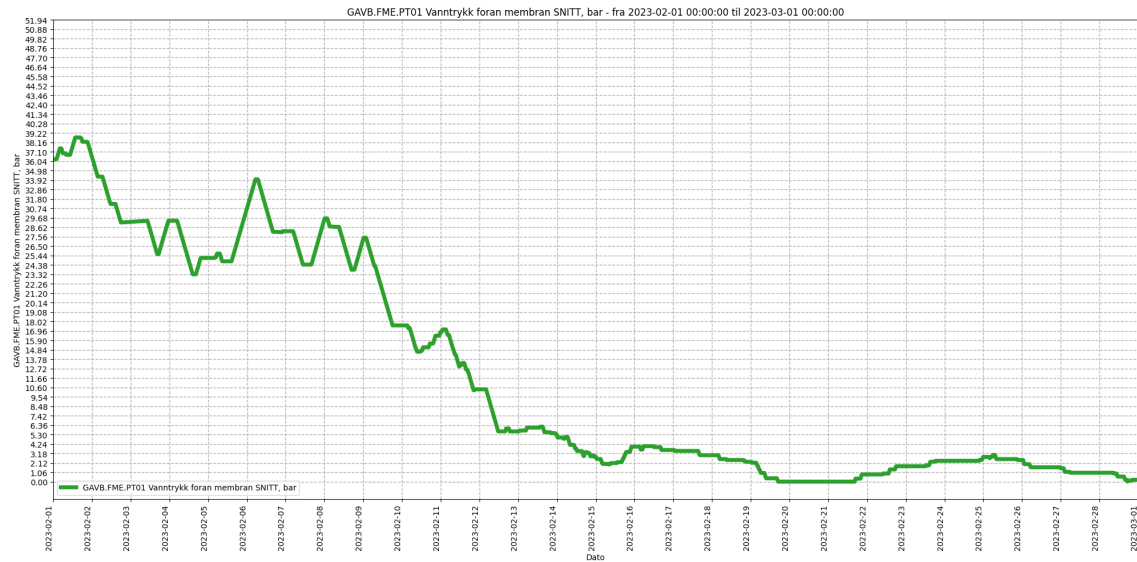
Anlegget var dimensjonert til å produsere $21 \text{ m}^3/h$, altså 460 m^3 pr døgn ved 22 timers drift. I 2010 ble kapasiteten doblet, slik at maksproduksjon ble 920 m^3 per døgn ved 22 timers drift. Hensikten med utvidelsen var at Pelagia skulle kjøpe vann av kommunen, men grunnet pris så var det mer hensiktsmessig for Pelagia å bygge seg sitt eget vannbehandlingsanlegg. Slik det er i dag, så er Galtnesets eldste linje permanent ute av drift, grunnet Pelagia sitt eget vannbehandlingsanlegg. Kommunens anlegg er altså for stort i forhold til etterspørselen.

Ved undersøke driften av anlegget så langt i 2023 ser vi at produksjon ved anlegget er oppstykket og varierende. Vi har undersøkt anleggets drift ved å se når det er trykk foran membranene, da dette er den beste analogen for at anlegget er i produksjon. Så langt i 2023 ser relativt jevn produksjon ved anlegget, hvor midten av januar og til dels tidlig i februar er det mest produksjon. Videre utover i 2023 ser man at det er veldig oppstykket og ujevn produksjon.



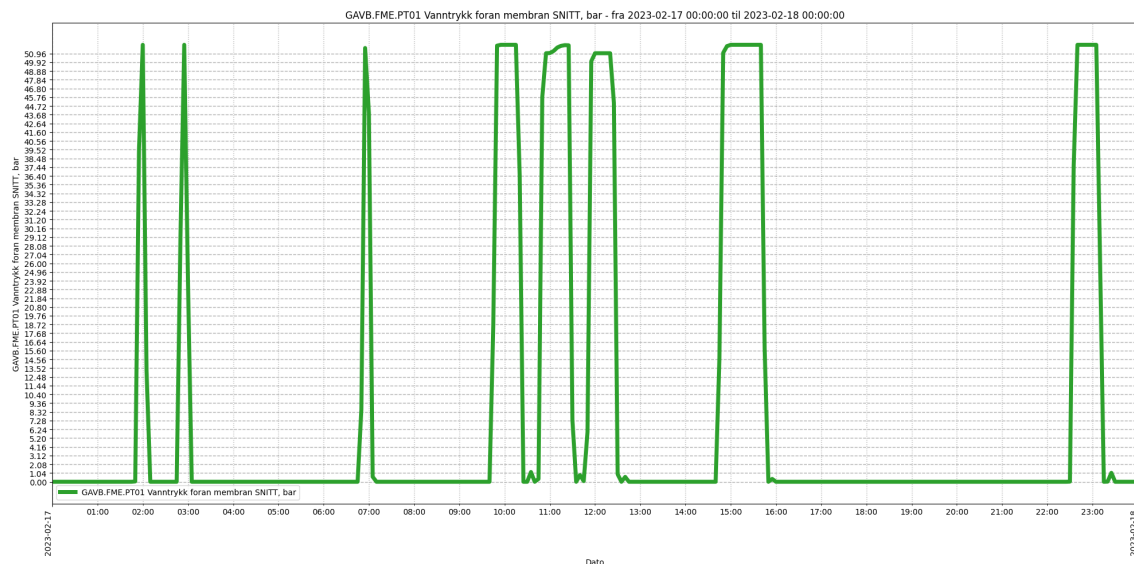
Figur 5.14: Anleggets drift så langt i 2023

Ser vi nærmere på februar måned, som er en typisk måned for anleggets drift, er det mer tydelig at produksjonen er oppstykket og ujevn. Med varierende produksjon gjennom måneden.



Figur 5.15: Anleggets drift for februar 2023

Ved å studere nærmere dagsproduksjon for anlegget, ser man tydelig fra figur 5.16 at produksjon er svært ujevn. Det er totalt 8 perioder i løpet av 17. februar 2023 hvor anlegget er i drift. Langs x-aksen ser vi hvor lenge hver produksjonsperiode varer. Lengste sammenhengende periode er mellom klokken 14:00 og 16:00, og varer ca. 90 minutter. Ved at produksjonen er så ujevn så er driftsutgiftene per kubikk vann produsert høyere enn ved en jevn og tilpasset produksjon.



Figur 5.16: Dagsproduksjon 17. februar 2023

5.2.1 Etterinstallere ventiler på membranene

Ettersom at anlegget i laveste drift produserer mer vann enn hva etterspørselen er, ser vi det som mest hensiktsmessig å finne en løsning som begrenser produksjonsmengden slik at anlegget kan være mer kontinuerlig operativt.

En løsning på problemet med overdimensjonert anlegg er å installere egne ventiler for hver membran, slik at det er mulig å produsere drikkevann etter etterspørsel. Det vil være nødvendig å gjøre en del endringer i programkoden som brukes i PLS. Det er blitt laget et utkast til en pseudokode som ligger vedlagt og kan leses i vedlegg B. Pseudokoden er et eksempel på hvordan en slik alternering av membraner kan løses ved å kontinuerlig justere produksjon på bakgrunn av etterspørselen av vann. Utkastet er skrevet i programmeringsspråket ladder og kan i teorien implementeres i eksisterende PLS-koden.

Pseudokode

- 01:** Blokken går over flere variabler for å sjekke om systemet er klart for alternering av membraner, samt om det er signal for start av alternering.
- 02:** Hvis automatisk alternering av membraner er iverksatt vil prosessen sammeligne produksjonsmengde mot forbruksmengde. Hvis mengdene ikke samsvarer med hverandre, vil en timer starte å telle i 30 sekunder. Det er viktig for å unngå unødvendig åpning og lukking av ventiler på grunn av kortvarig variasjon i forbruks- og produksjonsmengde, samt feilmargen i sensorer. Hvis timeren teller ferdig vil den gitte pulsen bli høy.
- 03:** Her blir det valgt hvilken av membranene som skal brukes til produksjon av vann. Valgt membran blir merket med en variabel.
- 04:** Blokken åpner eller lukker ventiler til membranen som ble valgt i forrige blokk.
- 05:** Når anlegget stopper eller spyles, vil alle ventilene åpnes.
- 06:** For å holde kontroll på arbeidstid per membran vil arbeidstiden loggføres på gitt membran når den er produksjon.

5.3 Dokumentering av programkode for PLS

Programkoden og tilhørende dokumentasjon er over 300 sider, det har vi vurdert den som for stor til å inkludere i denne rapporten. Det betyr ikke at det ikke er en viktig del av resultatet. Øverst i dokumentet finnes en oversikt og kort forklaring på virkemåten og betydningen for hver av blokkene i programmet. Det samme gjelder kildefilen til programkoden til PLS. Denne informasjonen er vedlagt i en egen mappe som følger med rapporten.

Det er også gjennomgått noen deler av programkoden som vi mener er spesielt relevant for de problemene som er beskrevet av kommunen. Dette er lagt til i vedlegg C.

Kapittel 6

Diskusjon

Under starten av arbeidet med oppgaven så viste det seg at oversikten og dokumentasjon på anlegget var uoversiktlig, dårlig og lite utfyllende. Det har vært utfordrende og problematisk å finne frem nødvendig informasjon og få dette godt dokumentert. Derfor ble oppgavens utgangspunkt endret noe. Dette fordi vi så det som problematisk å finne løsninger på de problemer som ble presentert uten at det var tilstrekkelig god dokumentasjon som lå til grunn for anlegget. Derfor har mye av arbeidet omhandlet nettopp det å få på plass en oversikt slik at fremtidig arbeid og utvikling ved anlegget vil være mer tilrettelagt.

På bakgrunn av at gruppen ikke har mye erfaring med denne type anlegg og prosess, så er det blitt brukt tid på å sette seg inn i prosessene for vannbehandling og hvordan anlegget på Galtneset fungerer i helhet. Det har vært viktig for oss å kartlegge komponentene i anlegget, for å på den måten klare å danne et helhetlig bilde over situasjonen og anlegget. Dette har vært et interessant og givende arbeid som har utfordret oss hele veien gjennom oppgaven, hvor vi har fått brukt kunnskap som vi har lært gjennom studieløpet, samt lært mye nytt gjennom oppgaven.

6.1 Oversikten over anlegget

Det har vært et tidkrevende og til dels vanskelig arbeid med å samle all tilgjengelig informasjon som var nødvendig for å danne et helhetlig bilde av anlegget. Vi mener det er nå en tilstrekkelig oversikt over anlegget samlet i et og samme dokument, og at det vil være til stor hjelp for videre utvikling og problemløsning av anlegget.

Dagens produksjon av vann ved anlegget er beskrevet som ujevn og ikke optimal for et slikt type anlegg. Membranene må ha en jevn og kontinuerlig produksjon av drikkevann for å få best mulig utnyttelse av de før de må skiftes ut. Jo mer driftstans det er, jo kortere er levetiden på membranene. En av de to linjene står permanent ute av drift. Ved å se på historiske data for driften av anlegget ser vi at det er ofte driftstans, noe som er svært ugunstig for anlegget.

Anlegget ble bygget i 2003. Det ble prosjektert og levert av et selskap som den gang het Fluidtech, som tilhørte Goodtech. Fluidtech er idag et selskap som heter Biovac. Vi har vært i

dialog med Goodtech som kan bekrefte dette, de har dessverre ikke kompetanse angående anlegget på Galtneset. Dette gjør at kunnskap og informasjon baseres kun på gamle dokumenter og kunnskap fra de personene som arbeider ved anlegget i kommunen. Disse dokumentene er også svært uoversiktlige. Det har vært et tidkrevende og til dels vanskelig arbeid med å samle all tilgjengelig informasjon, men gruppen mener det som er presentert og gjennomgått i kapittel 4 er et oversiktlig produkt som vil kunne bli brukt som grunnlag for videre utvikling.

6.2 Dialog med ansatte ved kommunen og annet nøkkelpersonell

Det har vært avgjørende for oppgavens resultat at de personene med kunnskap og kjennskap til anlegget på Galtneset har vært imøtekommende og villig til å dele den informasjonen som de besitter, og dette har vært tilfellet. Det som har vært utfordrende er at det til tider har tatt lang tid mellom svarene. Spesielt gjelder dette dialogen vi har hatt med Goodtech, noe som har gjort at den informasjon de hadde om anlegget kom veldig sent i oppgaven, og det har ikke vært mulig å gå grundig igjennom materialet, annet enn overfladisk. Det viser seg at det er ikke mye vi får ut av dette materialet uten de rette programmene for å kjøre filene. Det vil være interessant hvis man tar oppgaven videre, å undersøke disse filene godt. Alt i alt så kunne nok dialogen til tider vært bedre, men vi føler vi har fått den informasjon vi har trengt ut i fra de forutsetningene som lå til grunn.

Dialogen med de kommunalt ansatte ved teknisk etat har vært god. De har svart på de spørsmålene vi har hatt ut i fra de forutsetningene de har. Det som kunne ha vært gjort er å snakke med kommuneledelsen om problematikken. Vi er ikke sikre på at dette ville ført noen plass, men kunne vært en ide å belyse utfordringene som er ved anlegget lengst mulig opp i systemet. Sjef teknisk etat for kommunen har ikke vært villig til å være med på dette prosjektet, noe som vi mener er veldig synd med tanke på videre arbeid.

6.3 PLS og HMI

Arbeidet har hatt fokus på å undersøke programkoden som kjører på PLS, samt feilsøke og eventuelt rette opp feil. Det viste seg problematisk å få koden tilsendt, noe som begrunnes med kunnskapen til de som er ansatt i kommunen. Når gruppen besøkte Træna kommune og gjennomførte befaring på Galtneset ble programkoden til anlegget funnet på en datamaskinen som brukes for ekstern overvåkning. Vi har vært usikker på om programkoden som vi tok med tilbake fra Træna var siste versjon. Etter dialog med Goodtech som hadde en mappe med gamle filer og dokumenter som tilhørte Galtneset med samme dato som vi hadde, er det nærliggende å tro at programkoden som vi tok med oss er den som faktisk kjører på anlegget.

Det ble brukt unødvendig lang på å faktisk startet prosessen med å forstå og undersøke programkoden. Dette kan forklares med at programvaren som er nødvendig ikke er tilgjengelig uten lisens som koster mye penger. Samtidig ble det avvirket påskeferie. Heldigvis for oss så har vår veileder gode kontakter i næringslivet. Gjennom han så fikk vi muligheten til å bruke lisensen VisonTech har til dette programmet. Det var avgjørende for denne delen av oppga-

ven. For vår del så var koden godt nok kommentert og dokumentert slik at det ikke har vært den største utfordringen ved på forstå prinsippene ved koden. Det som har vært utfordrene har vært å se det i lys av prosessen koden skal brukes på, siden vi ikke har mye erfaring med vannbehandlingsanlegg. Men det har vært en givende og spennende utfordring som vi føler vi har mestert. Vi sitter igjen med god oversikt over programkoden, samt funksjonaliteten. Dette er blitt lagt som vedlegg for videre arbeid med oppgaven.

Kretstegningene som tilhører PLS og anlegget er gamle og utdaterte. Det er til og med håndtegnede tilleggsopplysninger og etterinstalleringer på disse. Det er ikke sånn det skal være, så det bør absolutt bli produsert nye oppdaterte tegninger hvis anlegget skal brukes etter dagens arkitektur.

Vi har ikke lyktes med å få tak i kildefil for HMI som er tilknyttet PLS på anlegget. Dette er noe som må fokuseres videre på ved eventuell videreføring av oppgaven.

6.4 Etterinnstallere ventiler på membranene

En slik løsning som vi har skissert som tar for seg å begrense produksjon på anlegget ved å installere ventiler på membranene er en uprøvd, men absolutt mulig løsning i følge de eksperter vi har snakket med på NTNU. Det er fortsatt en del ubesvarte spørsmål rundt forslaget, men vi mener det er noe som er veldig interessant å undersøke videre. Hadde vi som gruppe hatt mer tid til gode så ville dette absolutt vært noe som vi hadde undersøkt grundigere.

6.4.1 Prosjektering

Det vil være interessant å invitere med bedrifter for å skissere en slik løsning i et helhetlig perspektiv hvis dette er noe kommunen ønsker å se nærmere på. Forslaget vi har presentert mener vi og de som vi har snakket med på NTNU vil være en billigere løsning enn å bygge et helt nytt anlegg. Det er allikevel kun er antakelser da det ikke er satt igang et prosjekteringsarbeid.

Det er viktig å undersøkes om turbinpumpen kan levere mindre mengde vann, men med samme trykk (50 bar). Membranene må renses hvis de skal stå over en lengre periode (mer enn to til tre timer), det er da viktig at det er gode rutiner, slik at holdbarheten til membranene opprettholdes. Det vil være hensiktsmessig å undersøke med leverandøren av membranene for å forsikre seg om at dette er noe som faktisk lar seg gjøre og at det ikke forringer kvaliteten på membranene. Det vil også være aktuelt å se på hvilke ventiler som vil kunne være aktuelle for bruk i den skisserte løsningen. Men dette anser grupper som en relativt enkel og grei ting å gjennomføre.

Det må også utvikles en styringslogikk for dette. Vi har laget et utkast til en pseudokode som kan videreutvikles til dette formålet. Men det bør også undersøkes om det bør leveres en ny PLS, med tilhørende komponenter. Dette mener vi er relevant siden programkoden som brukes idag, er gammel og til dels utdatert. Det er heller ingen som har erkjent sitt ansvar ovenfor den. Så det bør absolutt sees på muligheter for å levere en ny, oppdatert PLS med program-

kode hvis dette er noe som skal videreutvikles, samt en serviceavtale for videre utvikling og vedlikehold.

Økonomi er også en viktig del av totalpakken. Det må undersøkes om løsningen med å etterinstallere ventiler på membranene for bedre kontroll og styring vil være en løsning som vil kunne spare for kommunen for penger, kontra å bygge et helt nytt anlegg som er riktig dimensjonert i forhold til etterspørselen gitt dagens situasjon.

6.4.2 Pseudokode

Som presentert i resultatene, har det blitt utviklet et utkast for programkode til PLS for alternering av membraner. Det er kun et utkast og er skrevet som pseudokode. Det vil si at det er forenklet utkast som er ment som oversikt over hva man ønsker å oppnå med koden. Denne koden er derfor ikke testet med simulering eller i virkeligheten. Utifra gruppens synspunkt vil den koden utføre oppgitt arbeid og vil kunne alternere på membranene samt kunne regulere produksjonsmengde ut i fra forbruksmengde av vann. Men det er viktig å understreke at det er sannsynlig at koden må endres/optimaliseres før den skal kunne fungere som ønsket. Det som det også må tas hensyn til er at dette er utviklet uten bruk av programmeringsverktøy så videre utvikling avhenger av at pseudokoden er godt kommentert og forklart, noe vi mener den er.

6.5 Analyse av datagrunnlaget

Datagrunnlaget legger ikke til rette for sporbarhet av alarmkilder slik det er i dag. Av de 39 signalene vi har tilgang til fra Normatic, ser vi i tabell 6.1 og 6.2 at 14 av dem ikke logger noen verdier i hele 2023. Dette gjør at sporingen av feilkilder er mer problematisk. De stasjonære verdiene kan ikke utelukkes som bidragsytende til problemene. Samtidig kan det nevnes at delen av anlegget står passivt og er ute av drift. Det kan forklares med at noen av sensorene med uendrende verdier tilhører den linja som ikke er i drift.

Signal	Resultat
GAVB.BAS.PT01 Nivå i rentvannsbasseng	Minimum: 0.13, Maksimum: 2.19
GAVB.BAS.QT01 pH rentvann	Minimum: 5.63, Maksimum: 11.42
GAVB.DUV.UV01 Intensitet	Minimum: 0.0, Maksimum: 136.08
GAVB.DUV.UV02 Intensitet	Minimum: 0.0, Maksimum: 186.76
GAVB.DUV.UV03 Intensitet	Minimum: 0.0, Maksimum: 183.6
GAVB.Driftstid Aggregat	Minimum: 0.0, Maksimum: 0.29
GAVB.Driftstid Backup	Ingen endring i verdi
GAVB.Driftstid DUV01	Minimum: 0.0, Maksimum: 1.77
GAVB.Driftstid DUV02	Minimum: 0.0, Maksimum: 1.02
GAVB.Driftstid FIL04.PU01 Trykkøkningpumpe	Ingen endring i verdi
GAVB.Driftstid FIL04.Start spyling	Ingen endring i verdi
GAVB.Driftstid FME.PU01 Sirkulasjonpumpe	Ingen endring i verdi
GAVB.Driftstid INN.PU01 Sjøvannpumpe 1	Minimum: 0.0, Maksimum: 1.77
GAVB.Driftstid INN.PU02 Sjøvannpumpe 2	Ingen endring i verdi
GAVB.Driftstid RVS.PU01 Rentvannpumpe 1	Minimum: 0.0, Maksimum: 1.4
GAVB.Driftstid RVS.PU02 Rentvannpumpe 2	Minimum: 0.0, Maksimum: 0.81
GAVB.Driftstid TS.PU01 Turbinpumpe 1	Ingen endring i verdi

Tabell 6.1: Signaler og deres tilhørende minimums- og maksimumsverdier

Signal	Resultat
GAVB.FIL.PT01 Vanntrykk foran flermediafilter	Minimum: 0.0, Maksimum: 2.4
GAVB.FIL.PT02 Vanntrykk etter flermediafilter	Minimum: 0.0, Maksimum: 2.5
GAVB.FME.CT01 Ledningsevne rentvann	Minimum: 20.6, Maksimum: 4999.54
GAVB.FME.FT01 Vannmengde sirkulasjon	Ingen endring i verdi
GAVB.FME.FT02 Rentvann fra membran	Minimum: 0.0, Maksimum: 13.89
GAVB.FME.PT01 Vanntrykk foran membran	Minimum: 0.0, Maksimum: 53.0
GAVB.FME.PT02 Vanntrykk etter membran	Minimum: 0.0, Maksimum: 51.0
GAVB.FME.TT01 Temperatur sirkulasjon	Ingen endring i verdi
GAVB.INN.PT01 Vanntrykk foran sjøvannspumper	Ingen endring i verdi
GAVB.INN.PT02 Vanntrykk etter sjøvannspumper	Minimum: 0.0, Maksimum: 2.8
GAVB.IVFT01 Sjøvannsmengde innløp	Minimum: 0.02, Maksimum: 36.79
GAVB.IVFT02 Vannmengde til nett	Minimum: 0.01, Maksimum: 14.91
GAVB.RVS.PT01 Vanntrykk foran rentvannspumper	Minimum: 0.01, Maksimum: 0.22
GAVB.RVS.PT02 Vanntrykk etter rentvannspumper	Minimum: 0.0, Maksimum: 4.64
GAVB.TS.PT01 Vanntrykk linje 1	Ingen endring i verdi
GAVB.TS.PT02 Vanntrykk linje 2	Minimum: 0.0, Maksimum: 4.2
GAVB.TS.PU01 Strømforbruk	Ingen endring i verdi
GAVB.TS.TT01 Temperatur saltvann	Minimum: 5.0, Maksimum: 20.0
GAVB.TSXC01.FT Vannmengde etter TSXC01	Ingen endring i verdi
GAVB.TSXC01.FT Vannmengde foran TSXC01	Ingen endring i verdi
GAVB.TSXC02.FT Vannmengde etter TSXC02	Minimum: 0.0, Maksimum: 6.36
GAVB.TSXC02.FT Vannmengde foran TSXC02	Ingen endring i verdi

Tabell 6.2: Signaler og deres tilhørende minimums- og maksimumsverdier

I tillegg er dataoppløsningen for lav. Å spore alarmer som utløses på bare to sekunder med oppløsning på fem minutter nærmest er umulig, som igjen gir et unøyaktig datagrunnlag. Med bakgrunn i analysen gjort i 3.4.3, Programmer for analyse, hvor målet er å finne utløsende

årsak for **Galtneset VB, Time-out. Ikke vann fra rentvannspumpe**. Det er tydelig utifra grafene at Pelagias forbruk av rentvann påvirker både vanntrykk og vannmengde som pumpes ut på nettet fra Galtneset VBA og at ved endt forbruk fra Pelagia sin side, så kan det utløse alarmen. Med verdiene som er logget i dag er disse utløsende verdiene helt tapt når systemet tar gjennomsnittet over de siste fem minuttene. Eeneste mulighet er da å spekulere i hva som faktisk skjer.

Utover verdiene som logges i dag, så er det mye informasjon som vil kunne ha hjulpet med videre feilsøking. Det logges blant annet ikke om anlegget er i produksjon, og dette må utledes av å studere andre verdier som trykk på membranene og trykk etter sjøvannspumpen. Er all denne informasjonen frittstående og nøyaktig unngår man antakelser og kan med større sikkerhet stole på analysene man utfører.

Gjennom samtaler med Normatic er det kommet frem at det er mulig å øke oppløsningen på historiske loggdata til hvert minutt, fremfor hvert femte, noe som ville vært en stor forbedring. Det er allikevel langt unna å være høyoppløst nok til å plukke opp avvik på noen få sekunder, men all økning i kvaliteten på data er en verdig investering. Slik det ble forklart ville dette heller ikke være en alt for omfattende oppgave å endre på og bør undersøkes videre.

Et argument for å begrense mengden data som logges er lagringsplass, men på denne skalaen er det så godt som irrelevant. I prosessen med å få hentet ut så mye data om anlegget som mulig ble Normatic kontaktet for å levere ut alle historiske data i én fil. Filen har en størrelse på 3.3 GB.

I dag er prisen for 1000 GB med lagring mellom 400 kr og 750 kr. Å øke lagringsbyrden, selv med 100 ganger vil ikke være en særlig merkbar kostnad for Træna kommune.

6.5.1 Alarm sjøvannspumpe

Ved å samle alle alarmer som er utløst i tilknytning sjøvannspumpene i tabell 6.3, viser resultatene at alarmen har større sannsynlighet for å gå rundt når tidevannet er på sitt laveste. Det er derimot ikke nok til å konkludere med at tidevannet har en reell påvirkning. I figur 5.1 begynner alle de større gruppene med alarmer å gå fra starten av-, og mot midten av 14-dagerssyklusen til tidevannet, men høyden de utløses på varierer kraftig. I tillegg er det ingenting som tydelig skiller disse periodene fra de andre 14-dagerssyklusene.

Ettersom kommunen har uttrykt at dette har vært et problem i lang tid, og det kun finnes alarmdata for 2023 er det ikke nok data til å kunne konkludere dette med sikkerhet. Altså, når det gjelder tidevannets påvirkning på sjøvannspumpenes drift, så finnes det bevis for en mulig sammenheng, men på grunn av begrenset mengde data, og andre faktorer som støy, så er ikke disse gode nok til å konkludere med sikkerhet om at dette er en reell utløsende faktor for problemene. Men det anbefales å undersøke videre.

Av problemer med anlegget, var sjøvannspumpene det mest nevnte. Det var derfor naturlig å starte her, men som nevnt i både kapittel 3 - Metode og kapittel 5 - Resultat, så var det store

Forklaring	Antall
Tidevann stigende	7
Tidevann fallende	6
Tidevann på sitt laveste	2
Under gjennomsnittet	10
På gjennomsnittet	3
Over gjennomsnittet	2
Innenfor to timer av laveste vannstand	10

Tabell 6.3: Kategorisering av tidevannsverdier ved utløst sjøvannsalarm

mangler med datagrunnlaget.

At ikke kommunen har data på når Pelagia har drift på sine inntakspumper er problematisk, med tanke på at de deler inntaksledning og at det i lang tid har vært mistenkt at dette kan være stor kilde til feil på anlegget burde dette være til stede i driftsovervåkingen. Med denne informasjonen kunne man enkelt sett på sammenhenger mellom pumpedrift og alarmutløsning. Men med dedataene man har tilgang på i dag er det heller ikke her åpent for stort mer enn spekulasjon.

Når den antatte største feilen på anlegget er manglende trykk på sjøvannssiden av sjøvannspumpene, så er det iøynefallende at trykksensoren INN.PT01 som måler akkurat denne verdien vært ute av drift siden 2016. Dette, sammen med de andre 13 sensorene som ikke logger brukbar informasjon, tyder på mangelfull oppfølging og vedlikehold. Ettersom det ikke er vanskelig å finne disse signalene som ikke logger brukbare data gjennom Normatics driftsovervåkingssystem så er dette problemer som burde vært tatt hånd om fortløpende.

6.5.2 Alarm rentvannspumpe

Ved å samle alle alarmer som er utløst i tilknytning sjøvannspumpene i tabell 6.4, tyder resultatene på at Pelagias rentvannsforbruk ikke er hovedbidragsyter til hvorfor alarmen for rentvann går så ofte som den gjør. Allikevel, i figur 5.6 er det tydelige samlinger av alarmer rundt periodene Pelagia forbruker rentvann. Dette kan tyde på at det er en sammenheng mellom Pelagias rentvannsforbruk og alarmen for rentvann, men denne sammenhengen er vanskeligere å fastsette på bakgrunn av at den ikke er direkte knyttet opp mot bestemte sporbare hendelser.

Alarmen **Galtneset VB, Time-out. Ikke vann fra rentvannspumpe** er den eneste alarmen vi kan koble direkte til eksterne faktorer og som det eksisterer datagrunnlag på. I grafene i **resultat REFERANSE** er det tydelige sammenhenger mellom årsak og effekt, men med datagrunnlaget er det ikke mulig å vite nøyaktig hva disse årsakene er på det detaljnivå, men det er rimelig å anta at det kan ha en sammenheng.

Forklaring	Antall
Utløst	13
Utløst samme dag som forbruk	5
Utløst innenfor 5 min av forbruk	5
Ved endt forbruk	4
Underveis i forbruk	1

Tabell 6.4: Kategorisering av rentvannsalarmmer

6.5.3 Utløsende årsak for alarmene

Et problem som både omhandler alarmene for sjø- og rentvannspumpene er utydighet i hva **Galtneset VB, Time-out. Ikke vann fra sjø-/rentvannspumpe** egentlig betyr. Det viser seg at i programkoden for PLS som behandler alarmene, så utløses alarmene av ulike grunner. Alarmen **Galtneset VB, Time-out. Ikke vann fra rentvannspumpe** utløses hvis mengdemåleren LVFT02 måler en for lav strøm av vann ut av anlegget i minimum to sekunder.

Alarmen **Galtneset VB, Time-out. Ikke vann fra sjøvannspumpe** utløses dersom trykksensoren INN.PT02 måler for lavt trykk på anleggssiden av pumpen i 30 sekunder sammenhengende.

Slike uklarheter øker forvirring i feilsøking hvis man ikke er klar over det og kan med rette anta at de utløses av samme verdier.

Kapittel 7

Konklusjon

Vi mener dette har vært en lærerik prosess som har gitt oss god innsikt i hvordan man skal sette sammen små deler av informasjon slik at man får et godt og oversiktlig bilde av et komplekst, sammensatt system. På bakgrunn av det som er presentert tidligere i rapporten er det flere steg som er hensiktsmessig for kommunen å ta videre.

Træna kommune bør fortsette kartleggingen av rentvannsbehov på øya, og vurdere løsninger for mer granulær styring av produksjon. Forslag til dette er enten utbygging av ny produksjonslinje eller å utforske muligheten for etterinstallering av ventiler i tilknytning membranene.

Træna kommune bør ta større eierskap til systemet. Dette inkluderer å følge opp kjente feil på anlegget, slik som reparasjon av ødelagte sensorer, bedre logging av alle deler av anlegget og helst også ansette kvalifisert personell som kan ha innsikt flere deler av anlegget enn hva man har i dag.

7.1 Videre arbeid

Denne rapporten vil være et solid utgangspunkt både for utforsking av nye tekniske løsninger, i tillegg til opplæring av ansatte som mangler et oversiktsbilde av systemet.

7.2 Faglig utbytte

Det å skrive en så omfattende rapport har vært engasjerende for alle i gruppen, og med en oppgave som har vært så relevant for studiet så har det vært lærerikt og givende å jobbe med. Oppgaven har utviklet seg underveis, ettersom det var nødvendig med godt et dokumentert anlegg og PLS-system for å utføre oppgaven vi startet med i utgangspunktet.

Det har vært utfordringer knyttet til dette, som forventningsjusteringer og store endringer i hva som har måttet blitt prioritert. Sluttresultatet er en god besvarelse på den sammensatte problemstillingen som til slutt materialiserte seg, og gruppen er godt fornøyd med resultatet.

Bibliografi

- [1] «Hovedpla vann- og avløp.» (2021), adresse: <https://www.trana.kommune.no/hovedplan-vann-og-avloep-20202021-hoering.6418576-421047.html>.
- [2] V. S. Cer, «Analyse og vurdering av ytelse til dagens vannforsyningssystem i Træna kommune,» 2022.
- [3] A. Hallenstvedt. «Fiskevær.» (2018), adresse: <https://snl.no/fiskev%C3%A6r>.
- [4] SSB. «Kommunefakta, Træna kommune.» (2023), adresse: <https://www.ssb.no/kommunefakta/traena>.
- [5] «Træna 2030 - Kommuneplan (samfunnsdel),» 2017.
- [6] SSB. «Befolkningsutvikling, Træna kommune.» (2022), adresse: <https://www.ssb.no/befolkning/befolkningsframskrivinger/statistikk/regionale-befolkningsframskrivinger>.
- [7] Træna365. «Om Træna 365.» (2020), adresse: <https://www.traena365.no/about>.
- [8] FHI. «Algeoppblomstring i vann.» (2015), adresse: <https://www.fhi.no/ml/badevann/algeoppblomstring-i-vann/>.
- [9] «What is reverse osmosis?» (), adresse: <https://puretecwater.com/reverse-osmosis/what-is-reverse-osmosis>.
- [10] J. P. Siemens. «Profibus and Modbus: a comparison.» (2013), adresse: <https://www.automation.com/en-us/articles/2013-2/profibus-and-modbus-a-comparison>.
- [11] D. G. Johnson. «Pumpe.» (2019), adresse: <https://snl.no/pumpe>.
- [12] E. Kåss. «Ventil.» (2022), adresse: <https://snl.no/ventil>.
- [13] N. Nesse. «Kuleventil.» (2018), adresse: <https://snl.no/kuleventil>.
- [14] Danfoss. «Hva er en frekvensomformer?» (), adresse: <https://www.danfoss.com/nb-no/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>.
- [15] O. A. Olsen, *Industrielle målemetoder*. 2020, bd. 3. utgave.
- [16] Kartverket. «Se havnivå, tidevann og vannstand - Resultat for Træna.» (2023), adresse: <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=925281&location=Tr%C3%A6na>.
- [17] M. Tøgersen. «Vannverk.» (2019), adresse: <https://www.trana.kommune.no/vann-og-avloep.448571.no.html>.

Vedlegg A

Poster

Sammendrag

Træna kommune har slitt med påliteligheten til avsaltingsanlegget Galtneset VBA. Oppgaven har tatt for seg utfordringene knyttet til dette. I arbeidet med feilsøking ble det avdekket et større problem med systemoversikt og informasjonsmangel. Mesteparten av arbeidet har derfor falt på å oppdatere og aggregere all informasjon i en samlet oversikt. På tross av et dårlig datagrunnlag er det også blitt gjort noe analyse for å finne feilkilder.

Problemstilling

- Hva er de spesifikke grunnene til at anleggets alarmer utløses?
- Hvilke spesifikke løsninger kan implementeres for å løse disse problemene?
- Hvordan er anlegget dokumentert?
- Hvordan er anlegget konstruert?

Metode

Besøk og befaring: Var på befaring for å undersøke og dokumentere anlegget. Kritisk del for å få et best mulig resultat av oppgaven.

Kartlegging: Anlegget er kartlagt og dokumentert gjennom bruk av tilgjengelige dokumenter og med bruk av programkode for verifisering.

Intervju av personer: Vi har hatt dialog og samtaler med personer med kjennskap til anlegget, samt eksterne eksperter for å vurdere løsninger.

Programkoden for PLS: Programkoden er analysert og det er laget en bedre oversikt over kodes oppbygning.

Dataanalyse: Ved bruk av tilgjengelige historiske data og analysering av dem, er det mulig å undersøke beskrevne feilkilder.

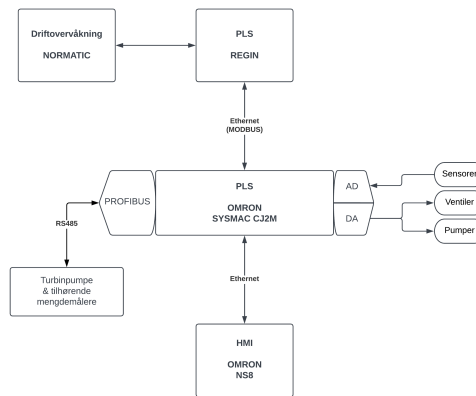


Figure 1: Arkitektur av PLS

Systemoversikt

Anleggets dokumentasjon var mangelfull, og som en essensiell del av oppgaven vår, måtte det skapes en bedre oversikt over anlegget som helhet og spesielt hvordan arkitekturen rundt PLS er oppbygd.

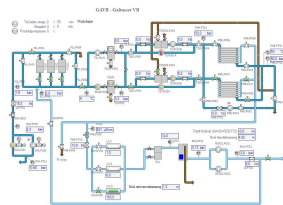


Figure 2: Normatic driftovervåking

PLS og HMI

PLS er av typen Omron SYSMAC CJ2M og er programmerer ved bruk av CX-programmer. Programmeringsspekket er ladder. HMI er av typen Omron NSB og bruker ethernetfor kommunikasjon med PLS.



Figure 3: Omron PLS

Dataanalyse

Som et viktig ledd i undersøkelsen av problemene beskrevet av de ansatte ved teknisk etat, er de historiske dataene analysert for å finne utløsende årsaker for de største problemområdene. Arbeidet med analysen avdekket ikke bare sammenhenger, men også et behov for bedre databehandling.

Resultat

- Et oversiktlig dokumentgrunnlag for anlegget.
- Programkoden for PLS er bedre dokumentert og gjort tilgjengelig for videre arbeid. Vedlagt i rapporten.
- Problemene som er beskrevet av ansatte er analysert med bakgrunn i historiske data for å undersøke årsakssammenheng.
- Forslag til utbedring, ved å installere ventiler per membran, og på denne måten oppnå enda mer granulær kontroll av produksjon.

Konklusjon

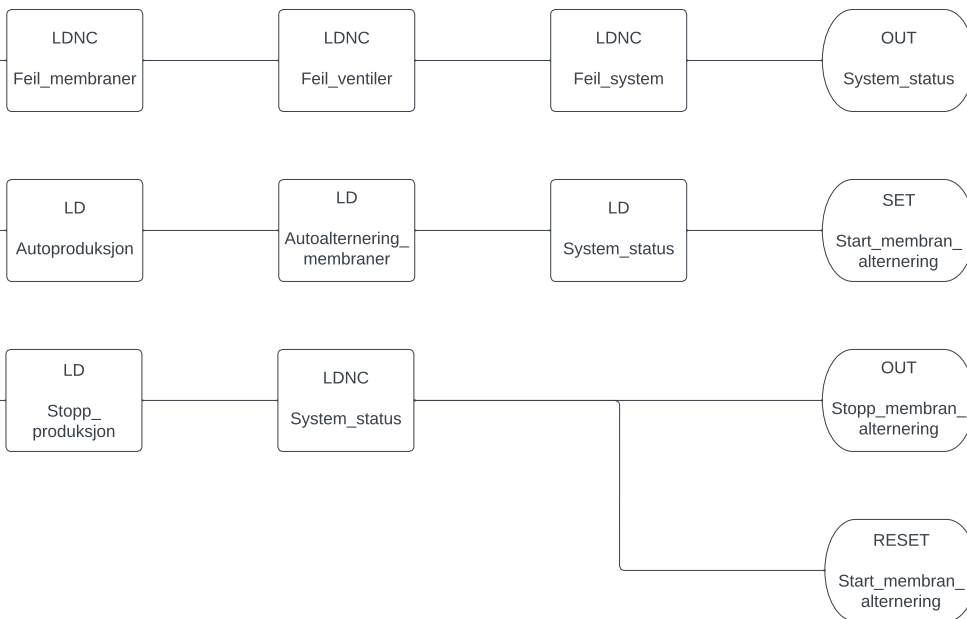
Arbeidet med å danne et godt dokumentgrunnlag for anlegget har vært vellykket, spesielt med tanke på styresystemet. Det er også blitt gjennomført en omfattende analyse om problemene beskrevet av de ansatte ved teknisk etat i kommunen. På grunn av mangler på dataene var det ikke mulig å konkludere med sikkerhet om noen utløsende årsaker.

Grunnlaget er lagt for videre utvikling og arbeid med de funnene som vi har gjort. Spesielt er det hensiktsmessig å undersøke videre hvordan anlegget skal driftes og dimensjoneres i fremtiden med tanke på produksjon og etterspørsel, på bakgrunn av resultatene i rapporten.

Vedlegg B

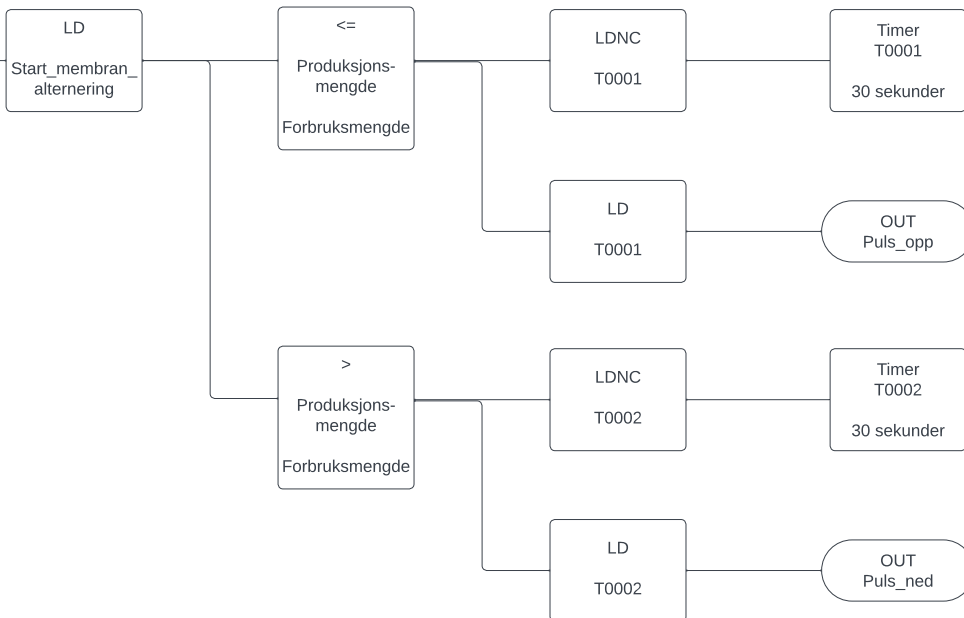
Pseudokode

01
Initialisering av prosessen samt sjekk av anlegget



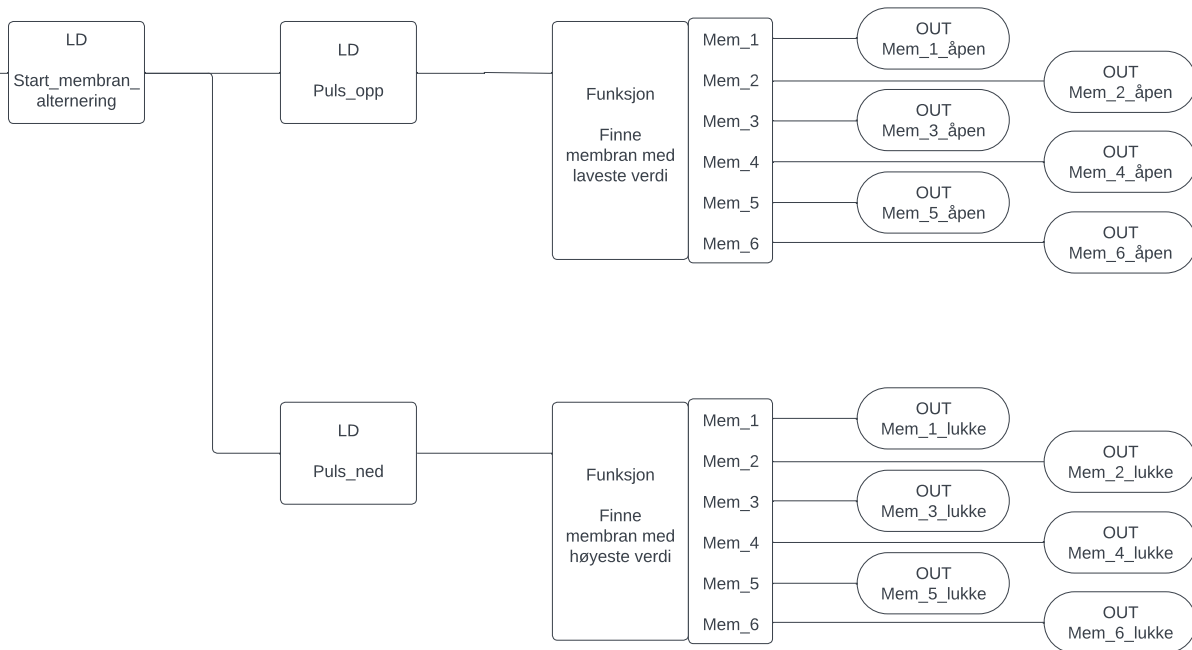
02

Puls_opp sendes hvis produksjonsmengde er mindre eller lik forbruksmengde i 30 sekunder og Puls_ned hvis produksjonsmengde er større enn forbruksmengde i 30 sekunder



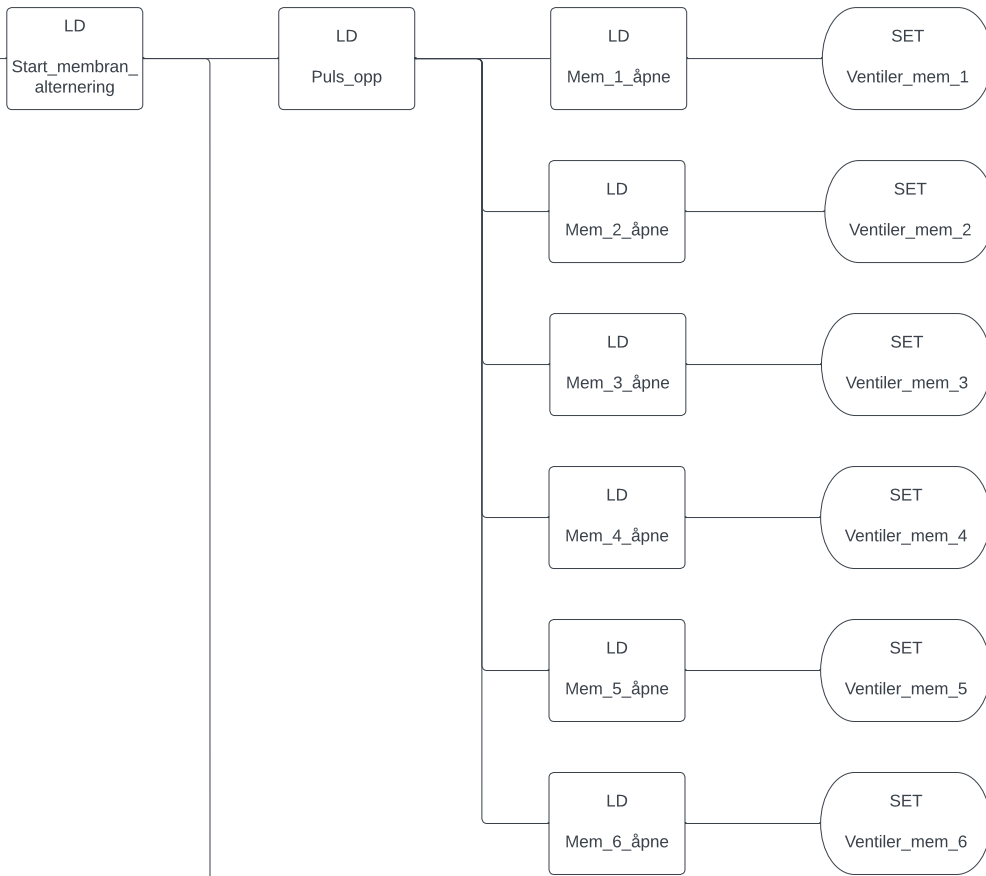
03

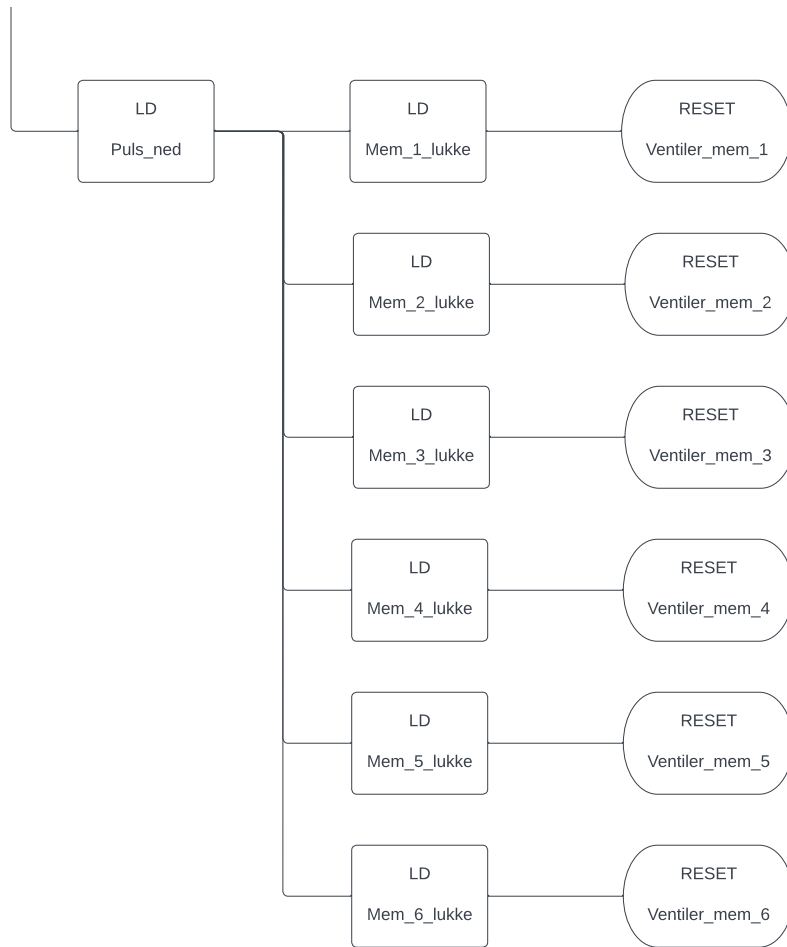
Hvis Puls_opp er på velger programmet membranen med lavest verdi (arbeidstid) og setter variabelen høy
Hvis Puls_ned er på velger programmet membranen med høyest verdi (arbeidstid) og setter variabelen høy



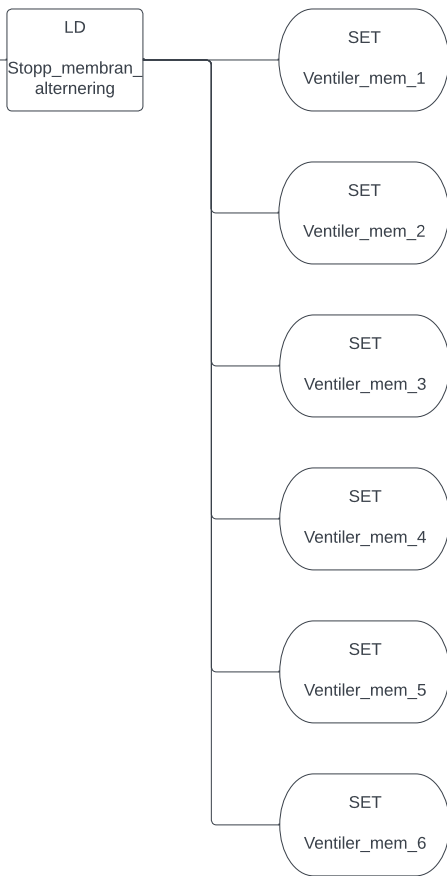
04

Ventilene til tilhørende membran lukkes eller åpnes i samsvar med programmet over



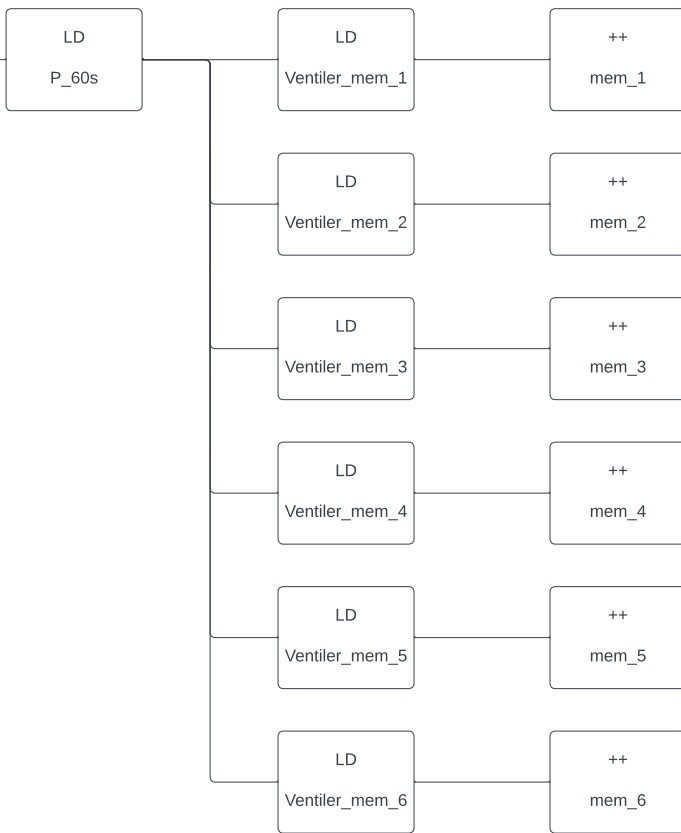


05
Funksjon for å åpne ventiler ved stopp eller spyling



06

Hvert 60 sekund itereres telleren for arbeidstid per membran, så lenge tilhørende ventiler er åpne



Vedlegg C

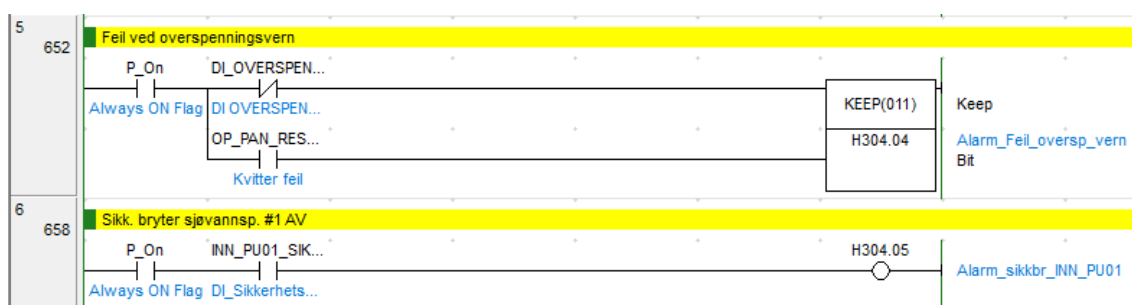
PLS

I dette vedlegget er utvalgte deler av koden gjennomgått på en systematisk og grundig måte med forklaring av funksjon og oppbygning.

C.1 Alarm sjøvannspumpe

På figur C.1 er koden som aktiverer to alarmer for sjøvannspumpen. Første alarmen er en varsel om feil ved overspenning. Denne alarmen blir aktiv når symbolet for overspenningsvern blir 0 og forblir aktiv frem til at en operatør kvitterer alarmen på operasjonspanelet. Denne kodesnutten bruker blant annet *KEEP(011)* funksjonen som er S-R latch. Funksjonen fungerer slik at når den øverste inngangen får **PÅ** signalet blir utgangen satt høy og holdt fram til inngangen under blir aktivert.

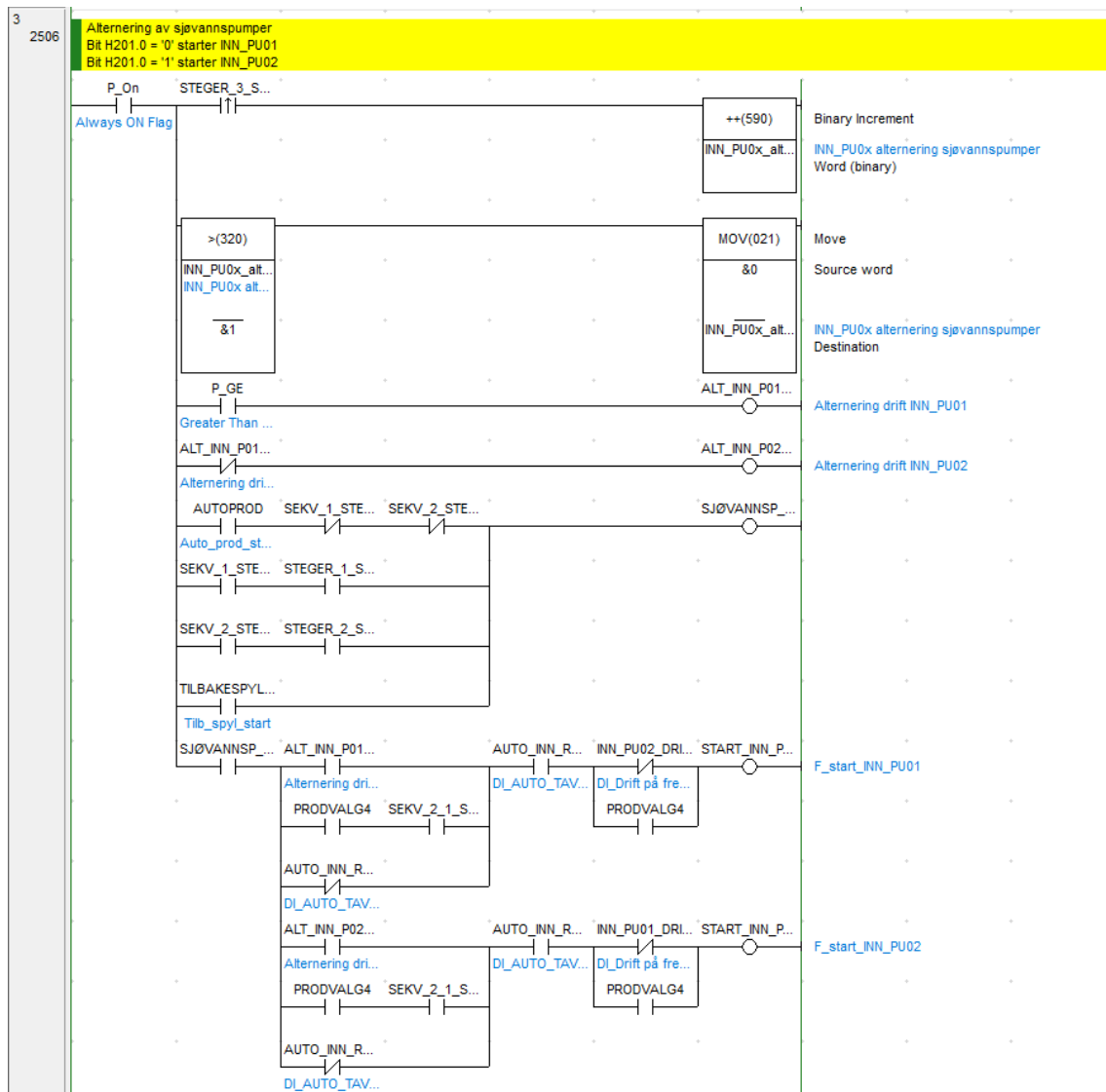
Andre linje med koden tar for seg aktivering av alarmen for sikkerhetsbryter for sjøvannspumpe AV. Her blir alarmen satt høy når sikkerhetsbryteren blir av og holder den aktivert frem til at bryteren blir satt i posisjonen **PÅ**.



Figur C.1: Programkode for alarm sjøvannspumpe

C.2 Alternering av sjøvannspumper

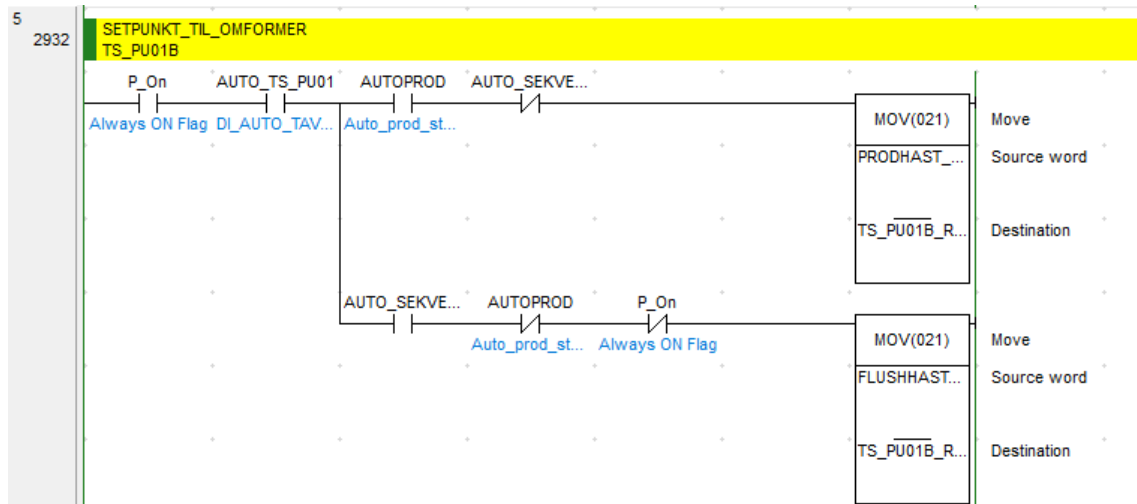
På figur C.2 vises koden for alternering av sjøvannspumper. I første steg blir det valgt hvilken pumpe som brukes. Det gjøres gjennom inkrement av en variabel. Denne variabelen blir deretter sammenlignet og om verdien er 0 eller 1 bestemmer hvilken av pumpene skal kjøres. I det andre steget sjekkes det om sjøvannspumpe skal starte. Det gjøres ved å ha flere variablene som er knyttet mot sekvensene som pumpen har for å kjøre i parallel. Det vil si hvis en av sekvensene trenger sjøvannspumpe til å kjøre, blir den aktivert. Det siste steget er direkte avhengig av steg to for å kjøre: Her sjekkes det om valgt pumpe kan startes eller ikke.



Figur C.2: Programkode for alternering av sjøvannspumper

C.3 Høytrykkspumpe omformer regulering

På figur C.3 vises koden for overføring av hastigheten til høytrykkspumpe fra PLS til frekvensomformer for pumpen. Koden sjekker om bryter på tavlen står i posisjon AUTO (AUTO_TS_PU01) og deretter sjekker om pumpen skal brukes til rentvannsproduksjon eller flushing. Avhengig av oppgaven blir det sendt gitt verdi for hastigheten som er definert innenfor gitt variabel (PRODHAST og FLUSHHAST).

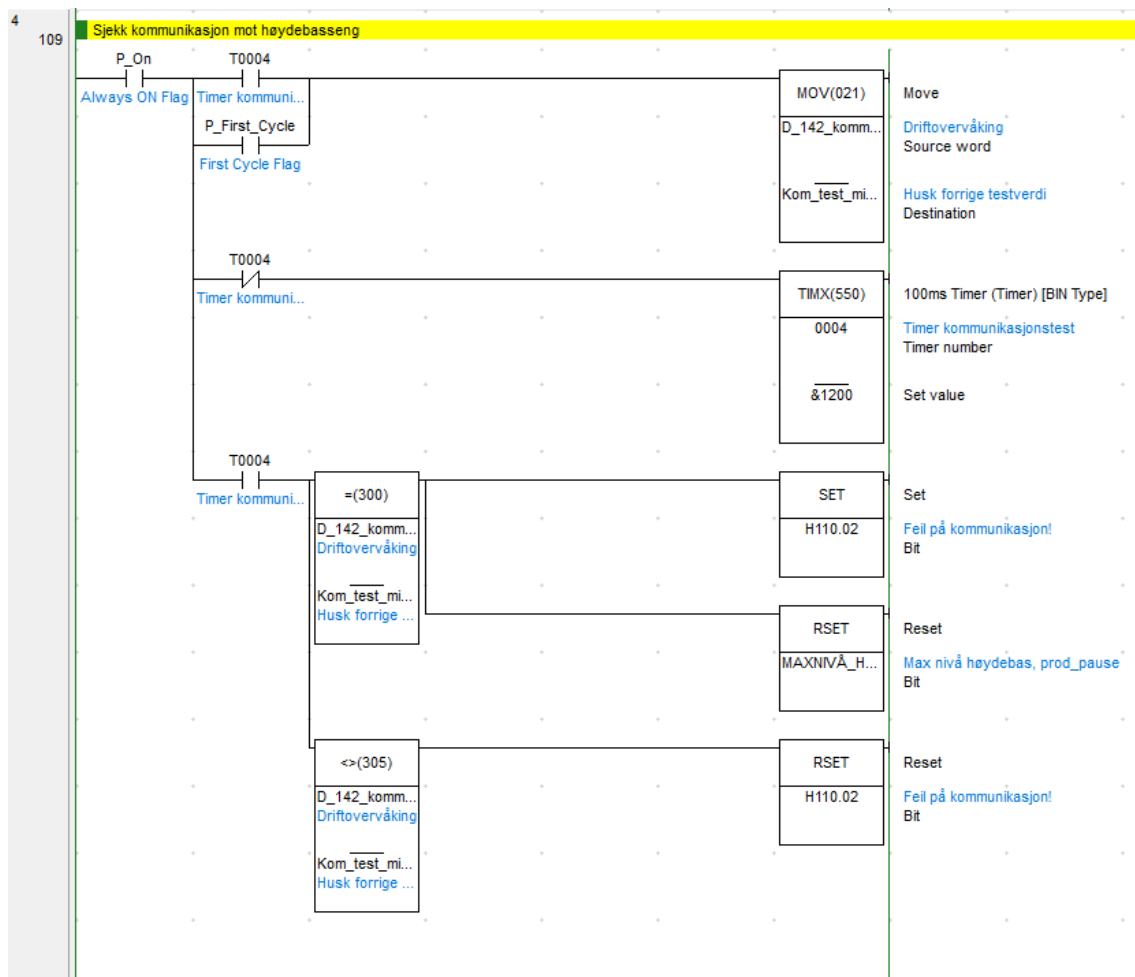


Figur C.3: Programkode for hastighetsregulering av høytrykkspumpe

C.4 Kommunikasjonstest til høydebasseng

På figur C.4 er koden som omhandler kommunikasjon sjekk mot høydebasseng. Koden inneholder en timer som gjennomfører sjekken hvert 2. minutt, for så å automatisk nullstille før den gjennomføres på nytt. Ved timer sin puls eller ved første start blir verdien fra høydebassenget lagret i minnet til PLS. Ved pulsen fra timeren blir det gjennomført sammenligningen av verdien fra overvåkningsystemet til høydebassenget mot lagret verdi. Hvis verdien er lik og endres ikke blir alarmen for feil kommunikasjon aktivert og variabelene for produksjonspause blir nullstilt.

Virkemåten til denne funksjonen er at verdien fra høydebassenget blir lagret i PLS sitt minnet på første gjennomgang av programmet eller på neste gjennomgang etter timeren er ferdig med å telle. Sammenligningsprogrammet sjekker forrige lagret verdi mot lagret verdi og sjekker mot fryst kommunikasjon mellom avsaltingsanlegget og høydebassenget.

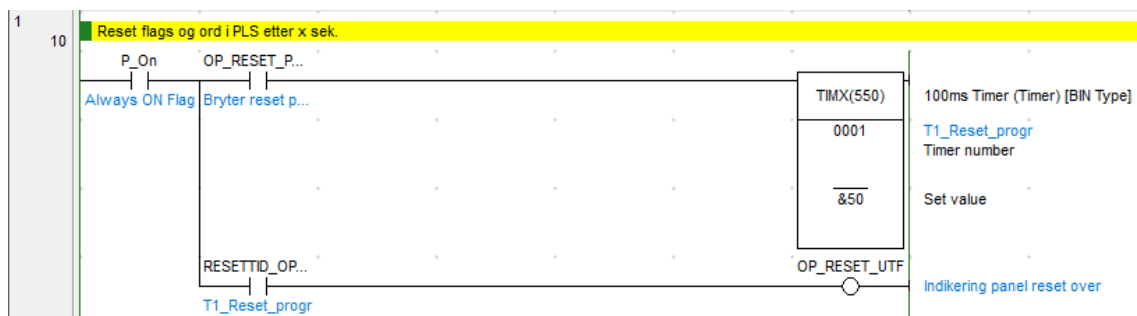


Figur C.4: Programkode for kommunikasjonstest mellom Galtneset VBA og høydebassenget

C.5 Reset knapp

På figur C.5 er koden som er ansvarlig for logikken til reset-knappen. Koden inneholder et timer som gjør at knappen må holdes inne minst 5 sekunder (TIMX550 0001) før den blir aktivert i programmet. Denne timeren setter høy variabelen T1_Reset_progr som aktiverer indikatoren på HMI-panelet og nullstiler følgende verdier videre i koden:

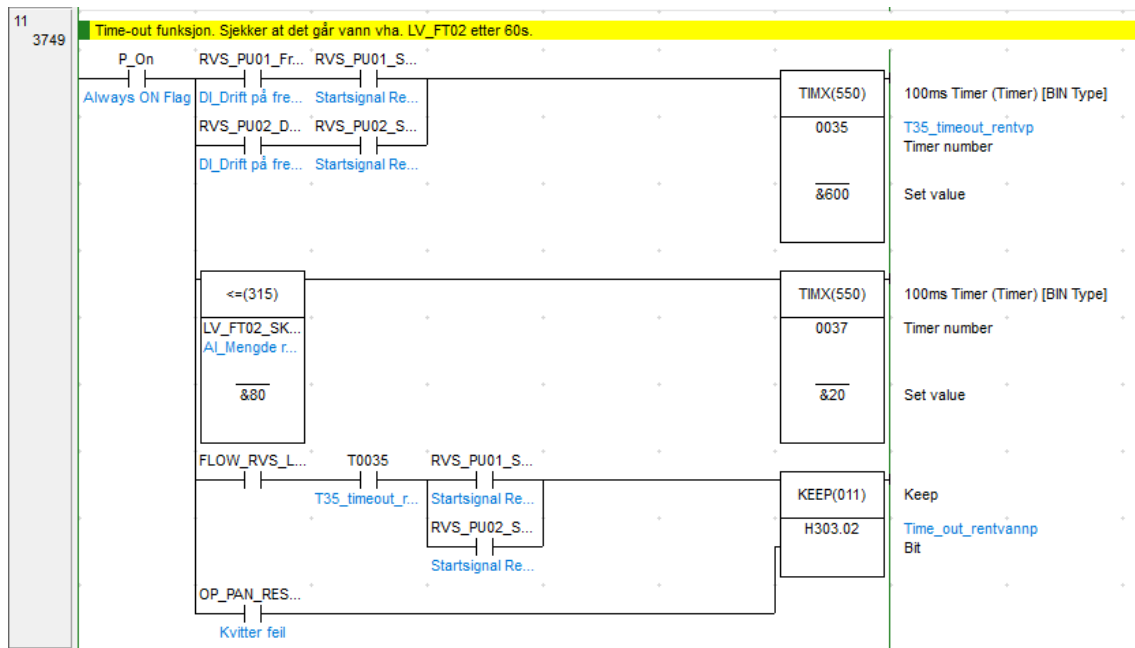
- Produksjonspause for maxNivå høydebasseng
- Klokke for minimumsnivå for høydebasseng
- Minne for autodrift.
- Minne nettutfall restart
- Alle flag for auto produksjon
- Minne etter strømbrydd
- Timer for tilbakespyling (automatisk)
- Minnet for tilbakespyling
- Flag ved nødstop
- Forvalg til flushing
- Flag for flushing auto
- Stopper ejektor på sjøvannspumpe
- STEGER-3 blir satt til 0



Figur C.5: Programkode for reset-knapp

C.6 Time-out rentvannspumpe

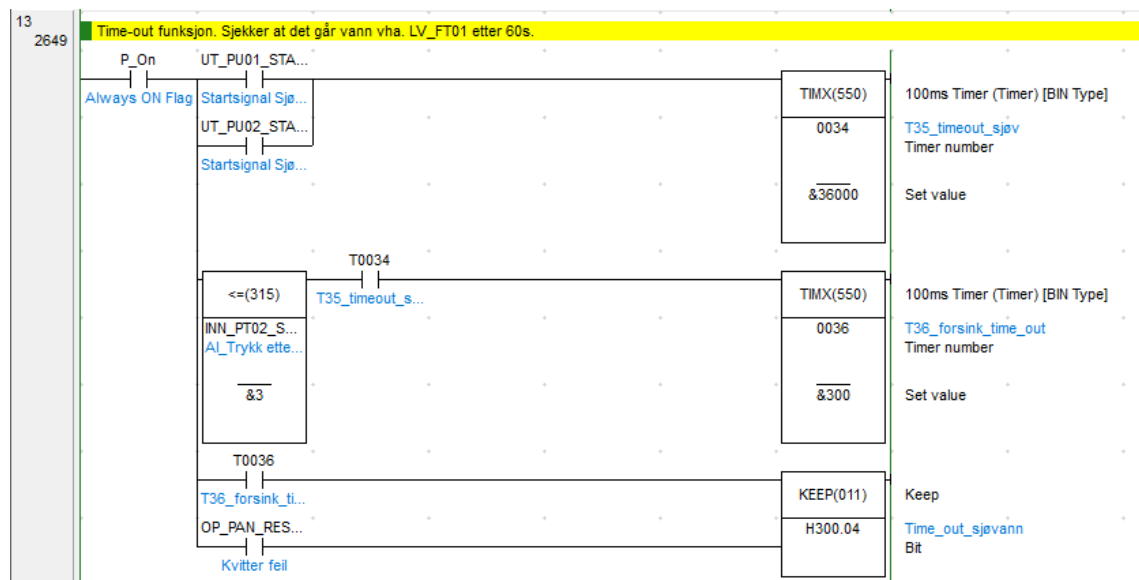
På figur C.6 er koden for signalisering om ingen vann fra rentvannspumpe. Første timer blir aktivert hvis minst en av rentvannspumpene er i drift, den teller i 1 minutt (TIMX(550) 0035). Timer nummer to blir aktivert av sammenligningsfunksjonen som sjekker om verdien fra LV_FT02 mengdemåler er mindre enn 80. Timeren går i 2 sekunder. Videre blir flere variabler sjekket både parallelt og i serie, blant annet timerpulsen fra første timer og om minst en av rentvannspumpene er aktiv. Hvis kriterier for et alarm er oppnådd blir H303.02 aktiv og står til at den blir kvittert fra panelet av en operatør.



Figur C.6: Programkode for time-out av rentannspumpe

C.7 Time-out sjøvannspumpe

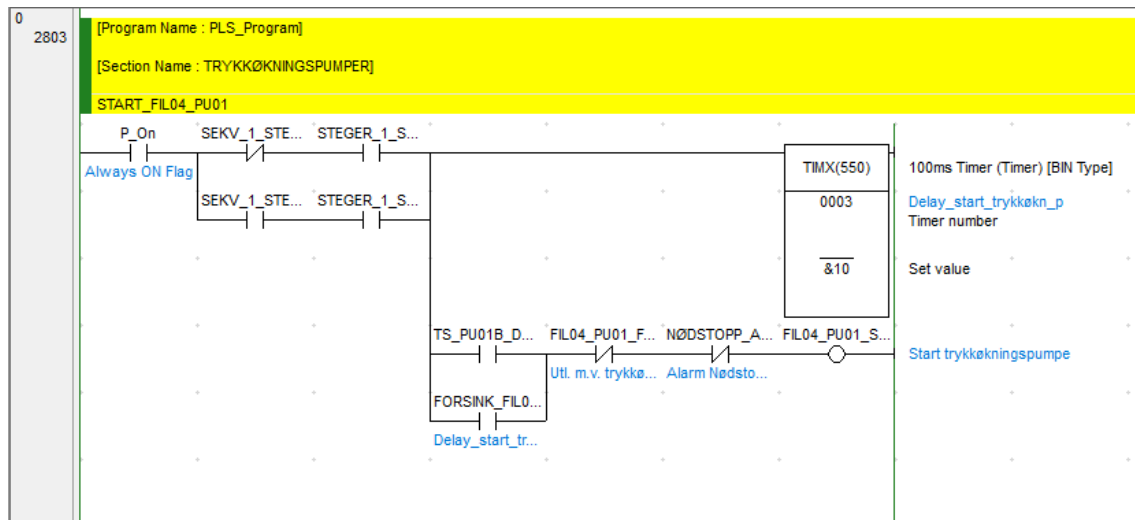
På figur C.7 er koden for signalisering om ingen vann fra sjøvannspumpe. Første timer blir aktivert hvis minst en av sjøvannspumpene er i drift, den teller i 60 minutter (TIMX(550) 0034). Timer nummer to blir aktivert av sammenligningsfunksjonen som sjekker om verdien fra NN_PT02 trykkmåler er mindre enn 3 og første timeren er ferdig. Timeren går i 30 sekunder. Når andre timer gir høy puls blir H300.04 aktiv og står slikt fra til at dem blir kvittert fra panelet av en operatør.



Figur C.7: Programkode for time-out av sjøvannspumpe

C.8 Trykkøkningpumpe sekvens

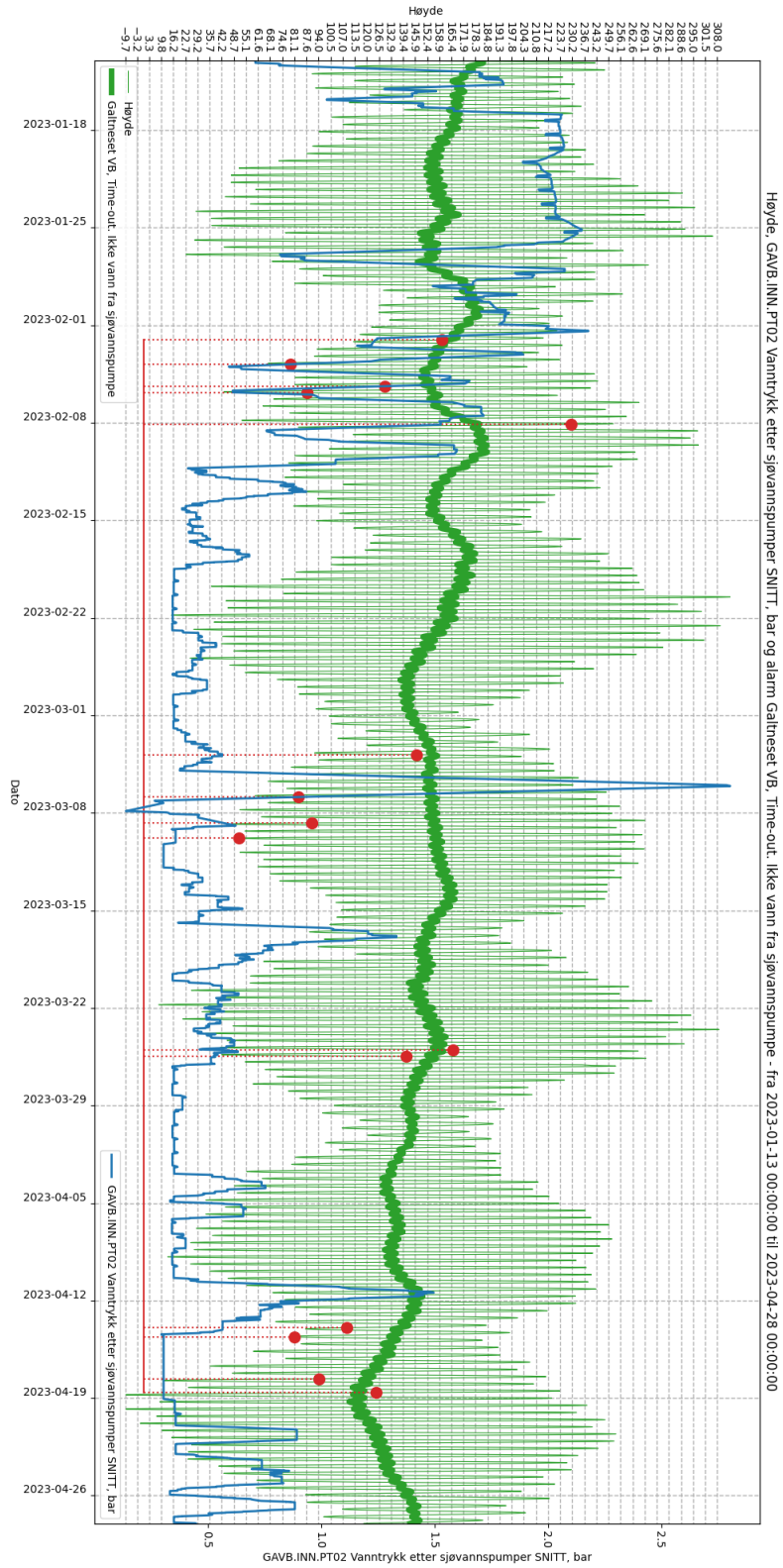
På figur C.8 er koden for reguleringen av trykkøkningpumpe FIL04_PU01. Koden er avhengig av at flere kriterier er oppnådd før pumpen kan starte. Når det er gjort blir det iverksatt en timer som går i 1 sekund. Hvis timeren eller pumpen TS_PU01B er i drift og to variabler er ikke aktive blir trykkøkningpumpe satt i gang.



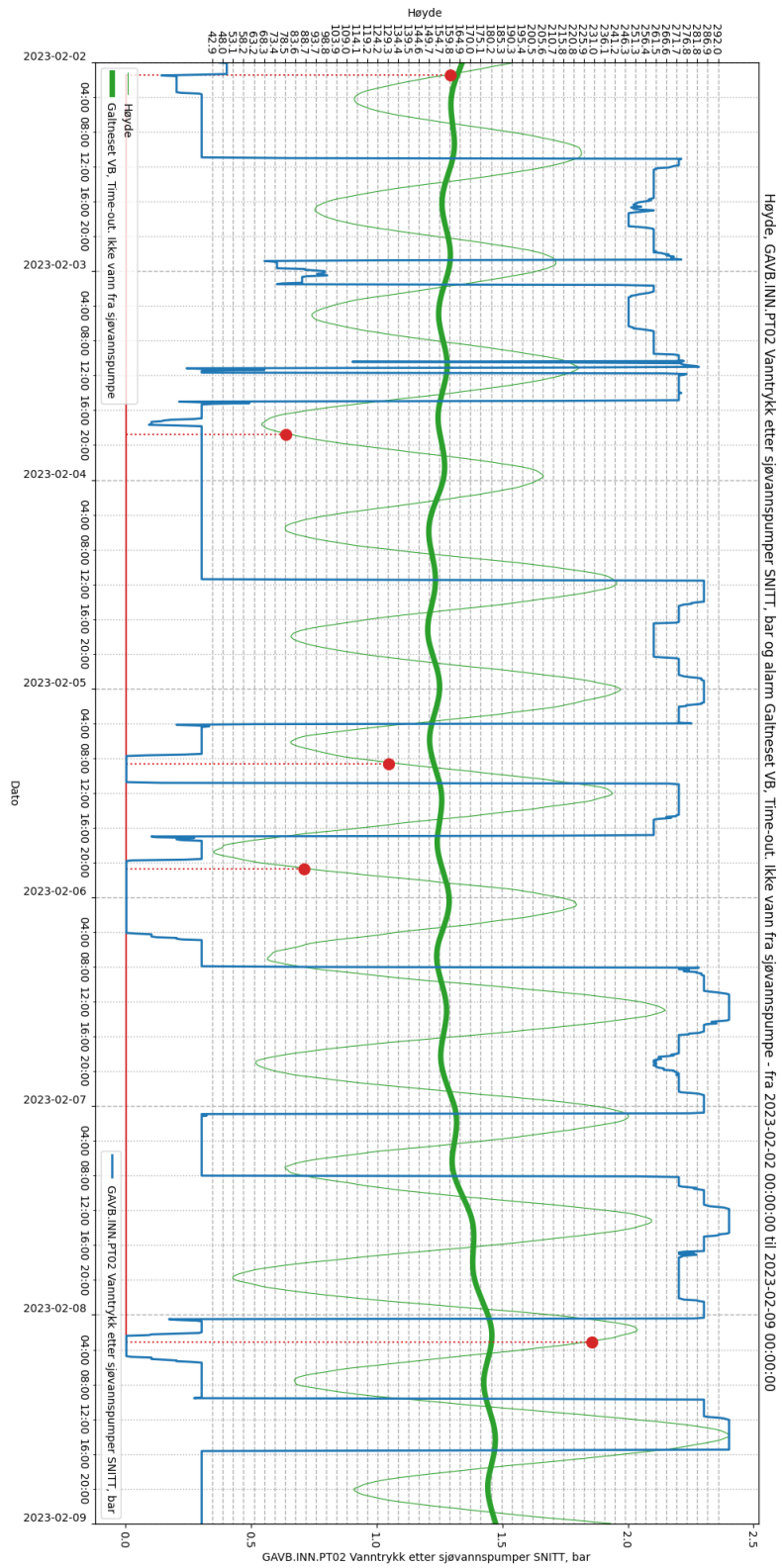
Figur C.8: Programkode for sekvens av trykkøkningpumpe

Vedlegg D

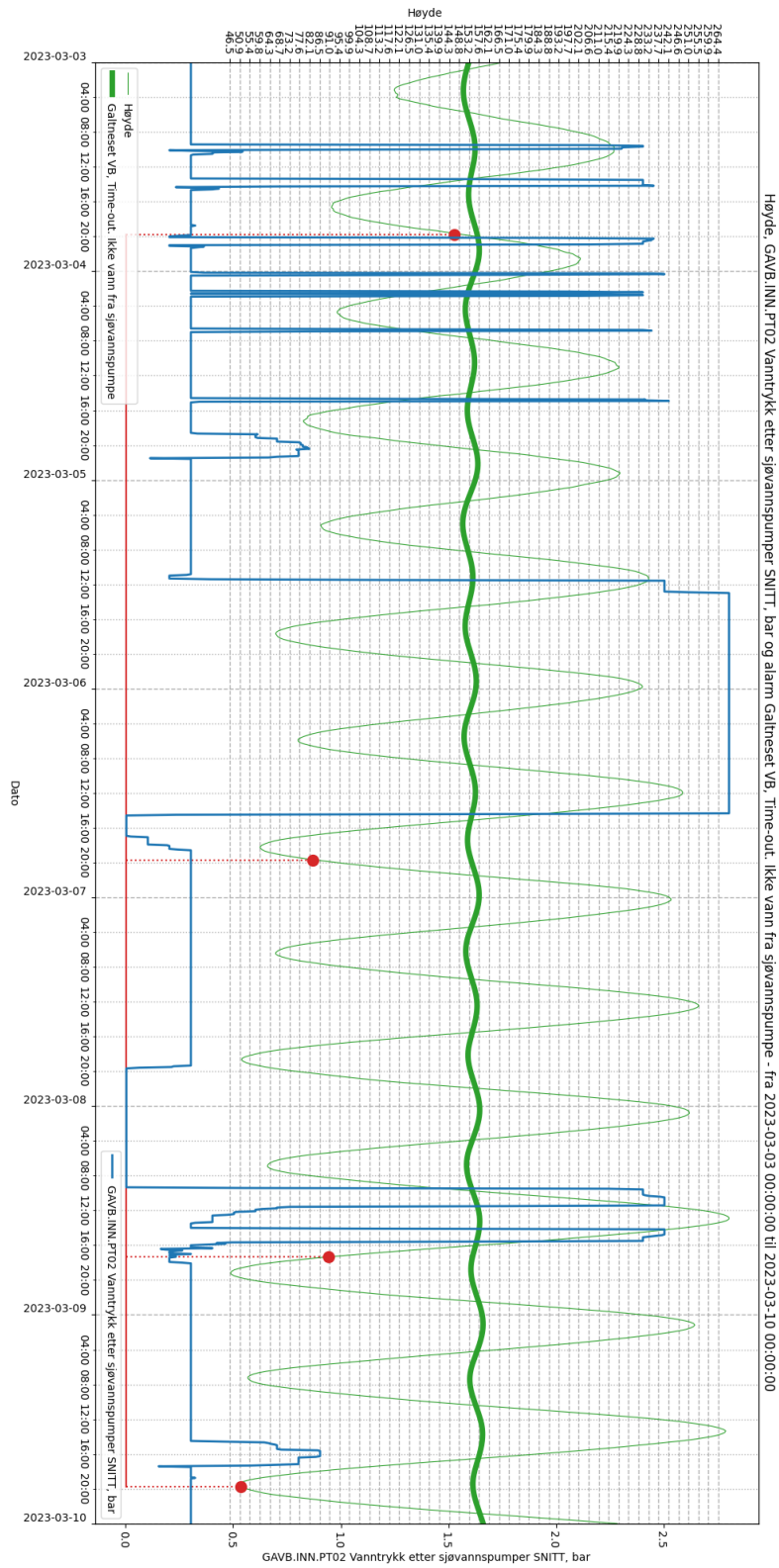
Grafer



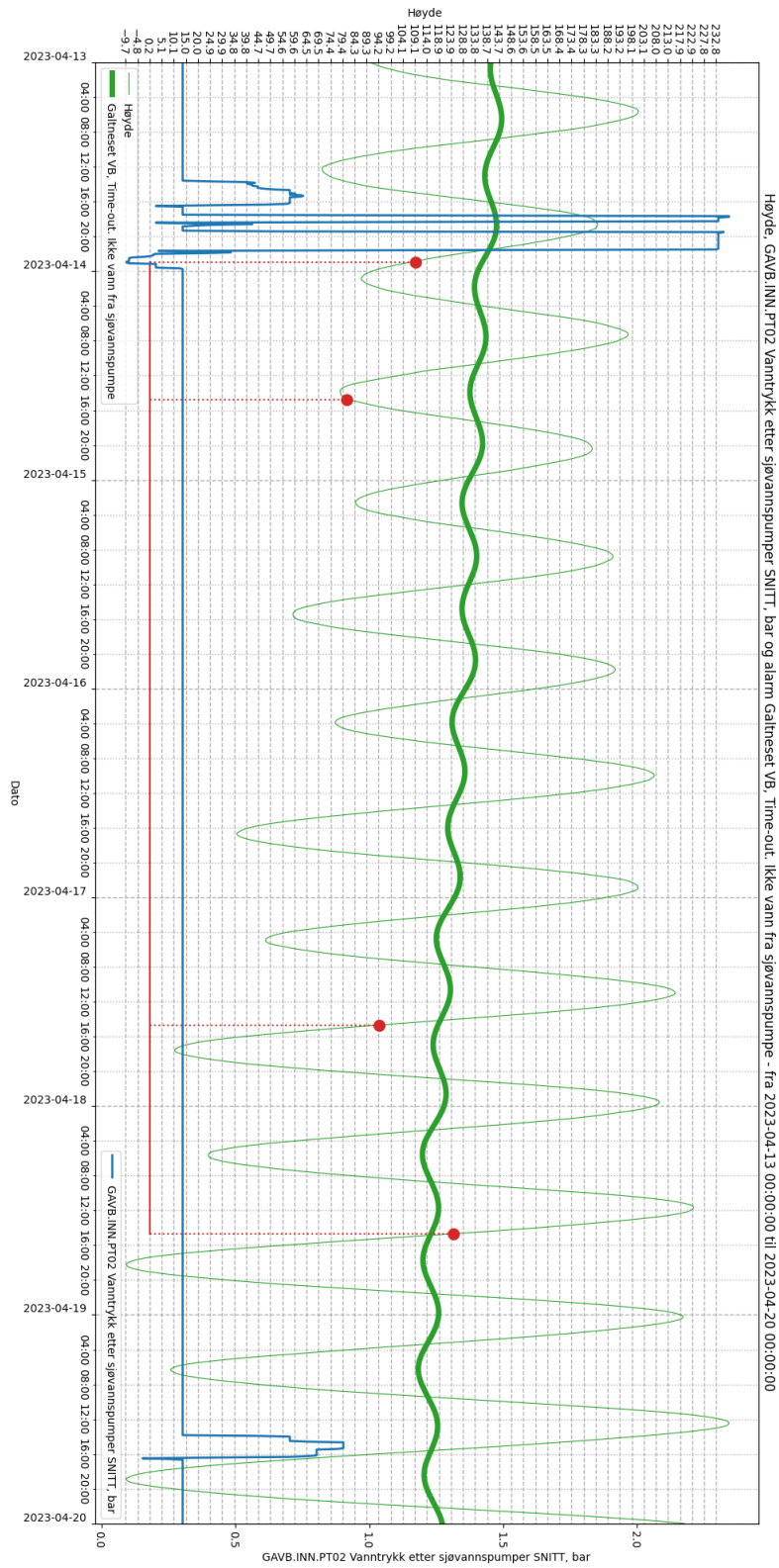
Figur D.1: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 01.01.23 til 28.04.23



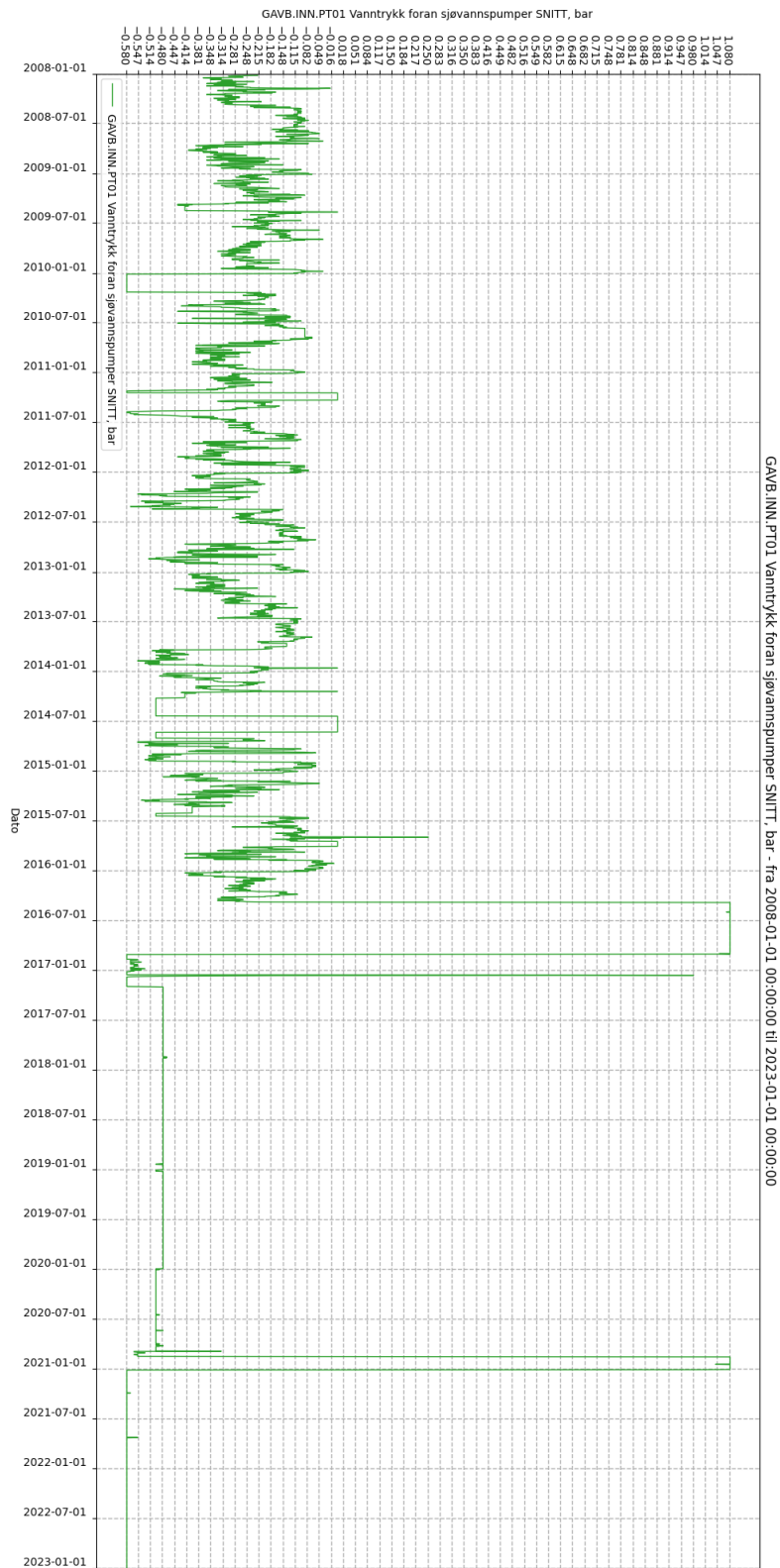
Figur D.2: Samenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 02.02.23 til 09.02.23



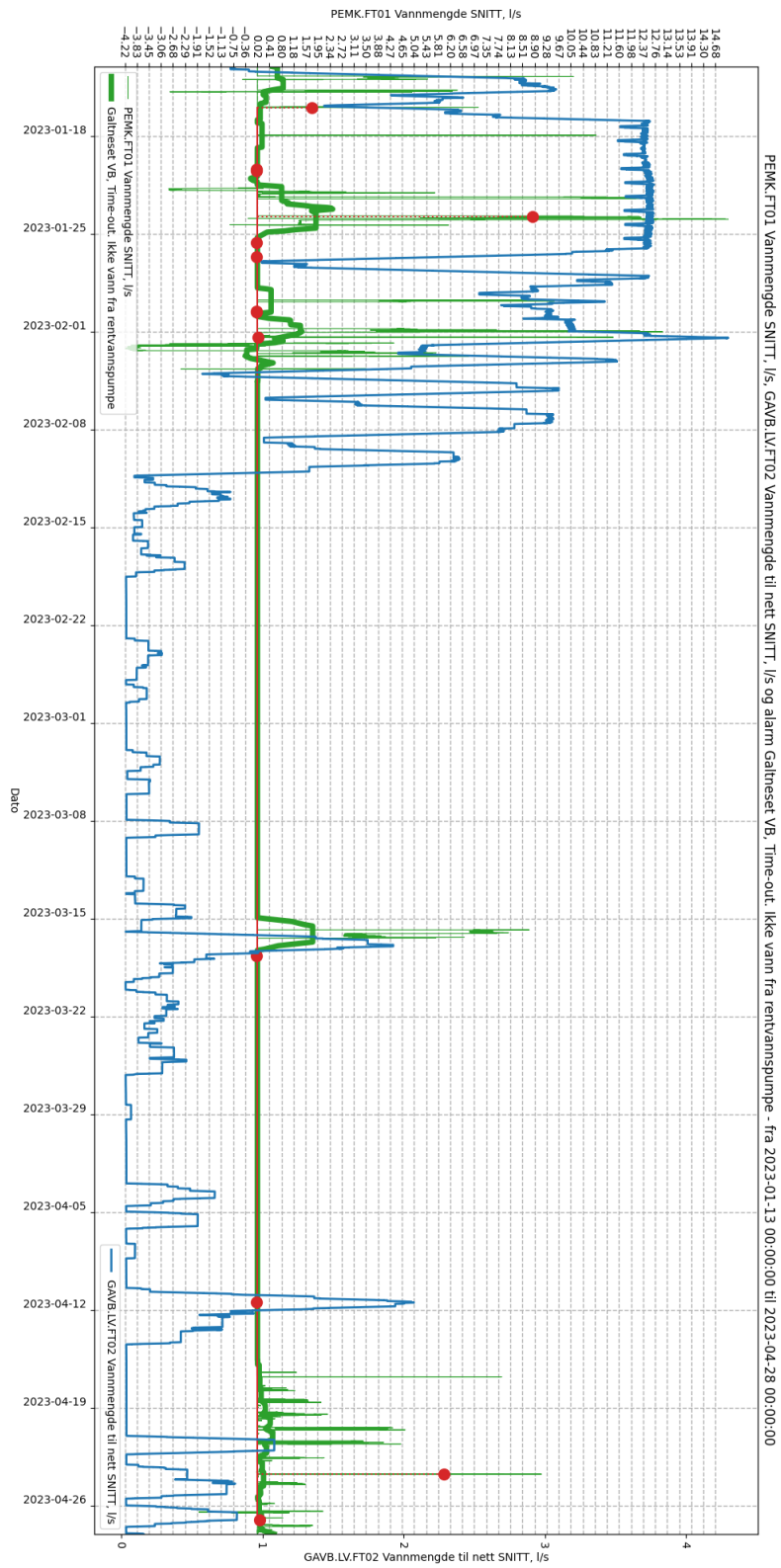
Figur D.3: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 03.03.23 til og med 09.03.23



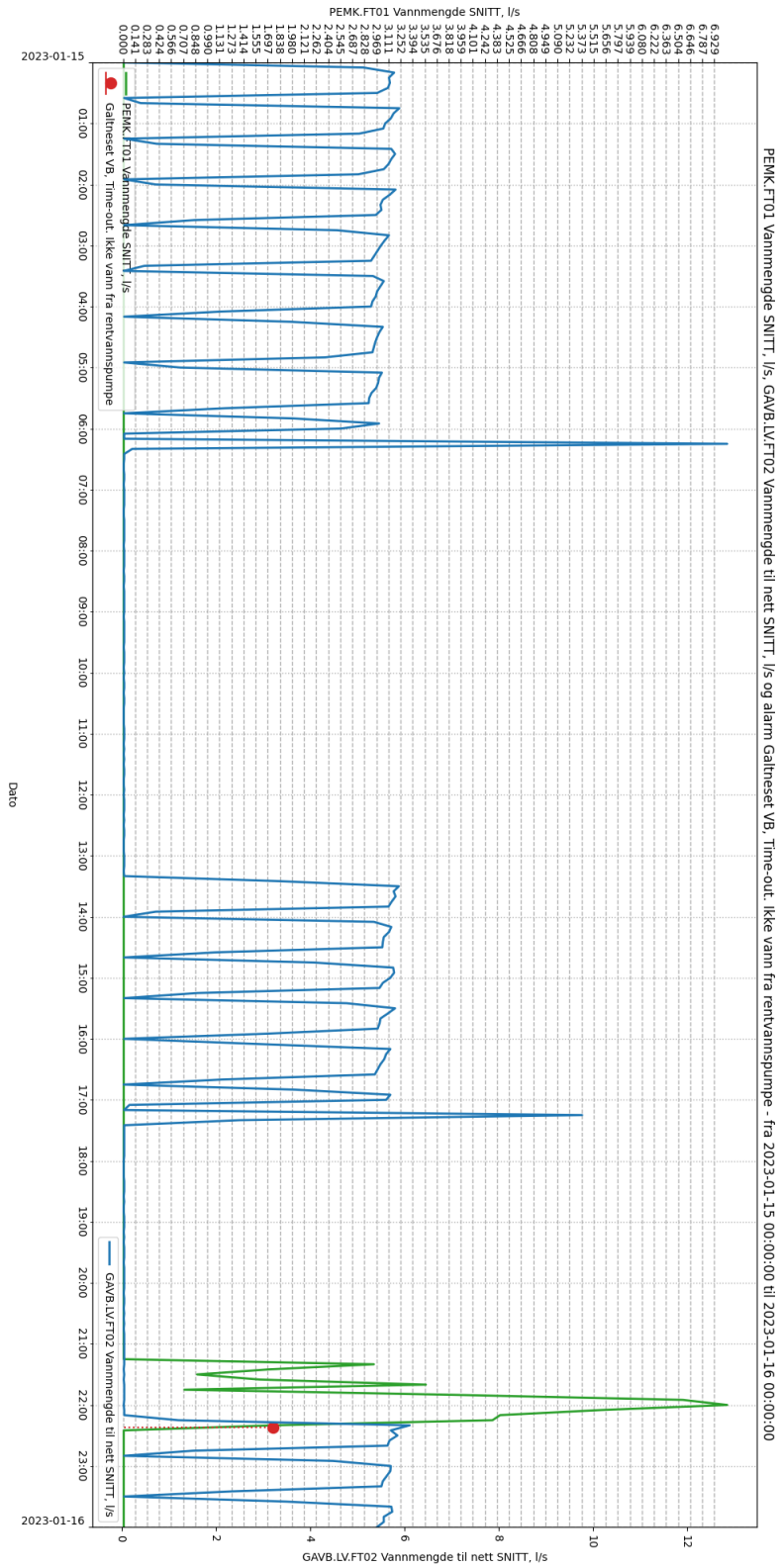
Figur D.4: Sammenligning mellom tidevannet, alarm for sjøvannspumpe og trykket etter sjøvannspumpe fra 13.04.23 til og med 19.04.23



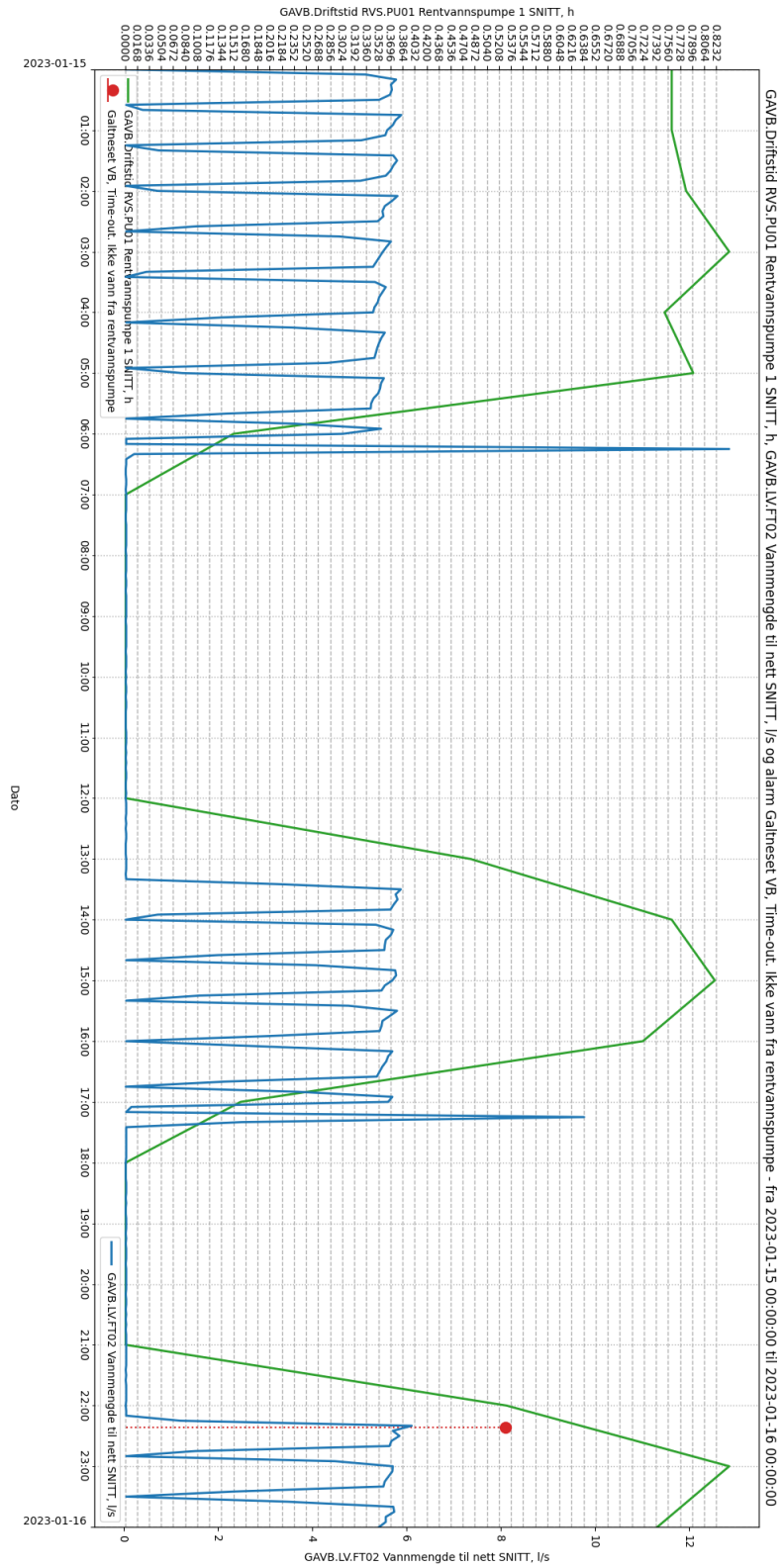
Figur D.5: Trykksensor INN.PT01



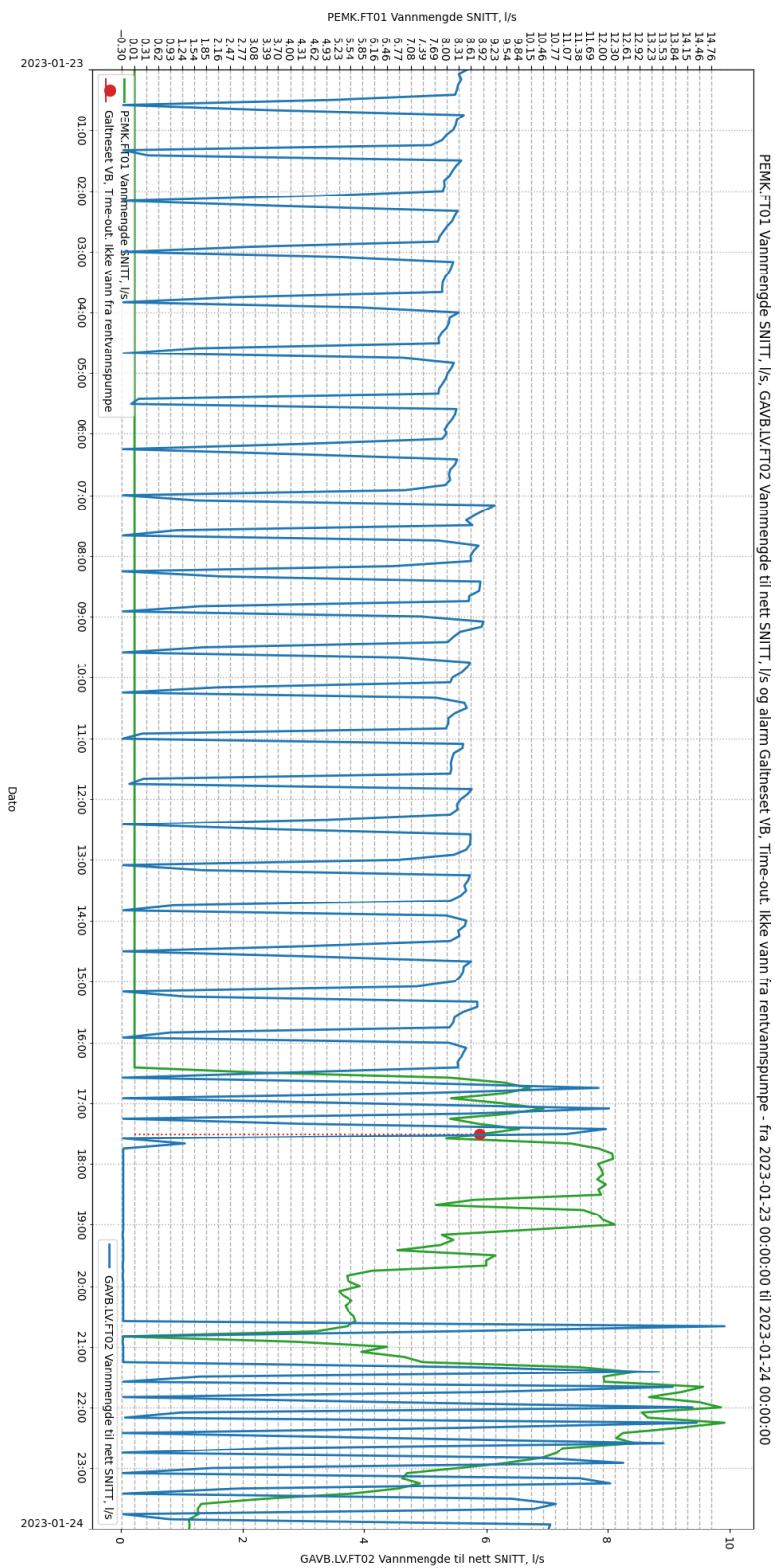
Figur D.6: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 13.01.23 til og med 27.04.23



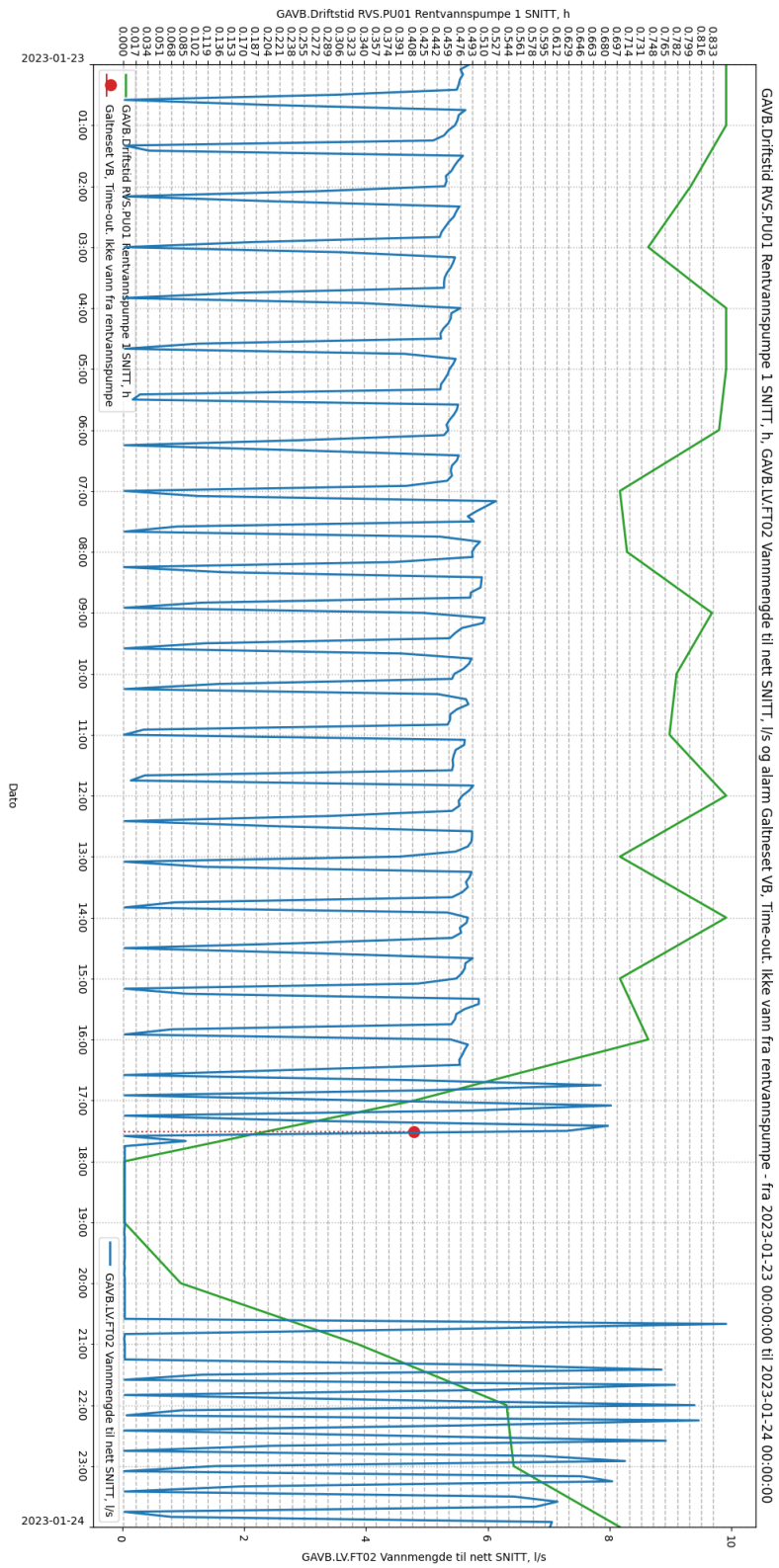
Figur D.7: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23



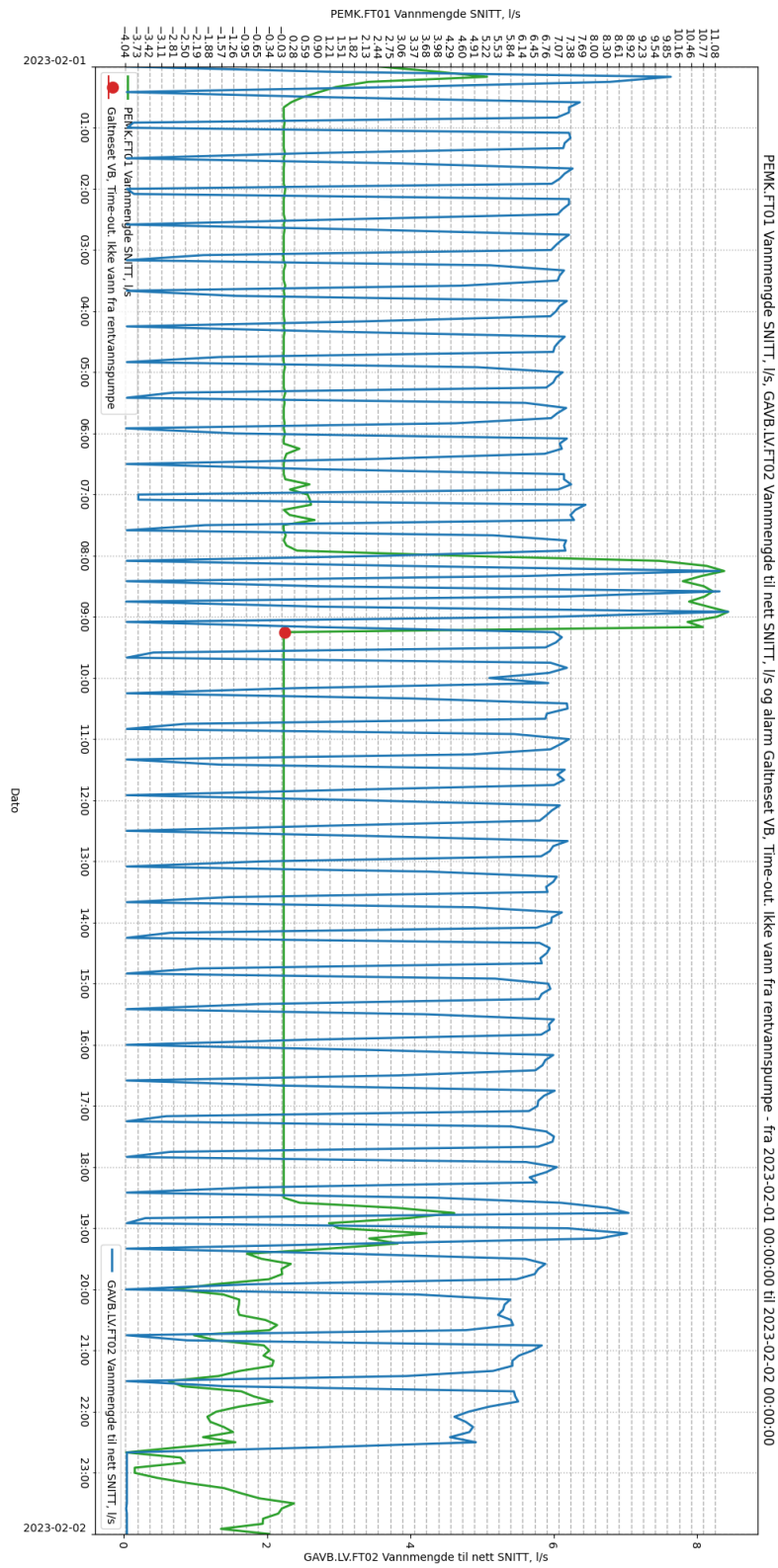
Figur D.8: Sammenligning mellom rentvannspumpens driftstid, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23



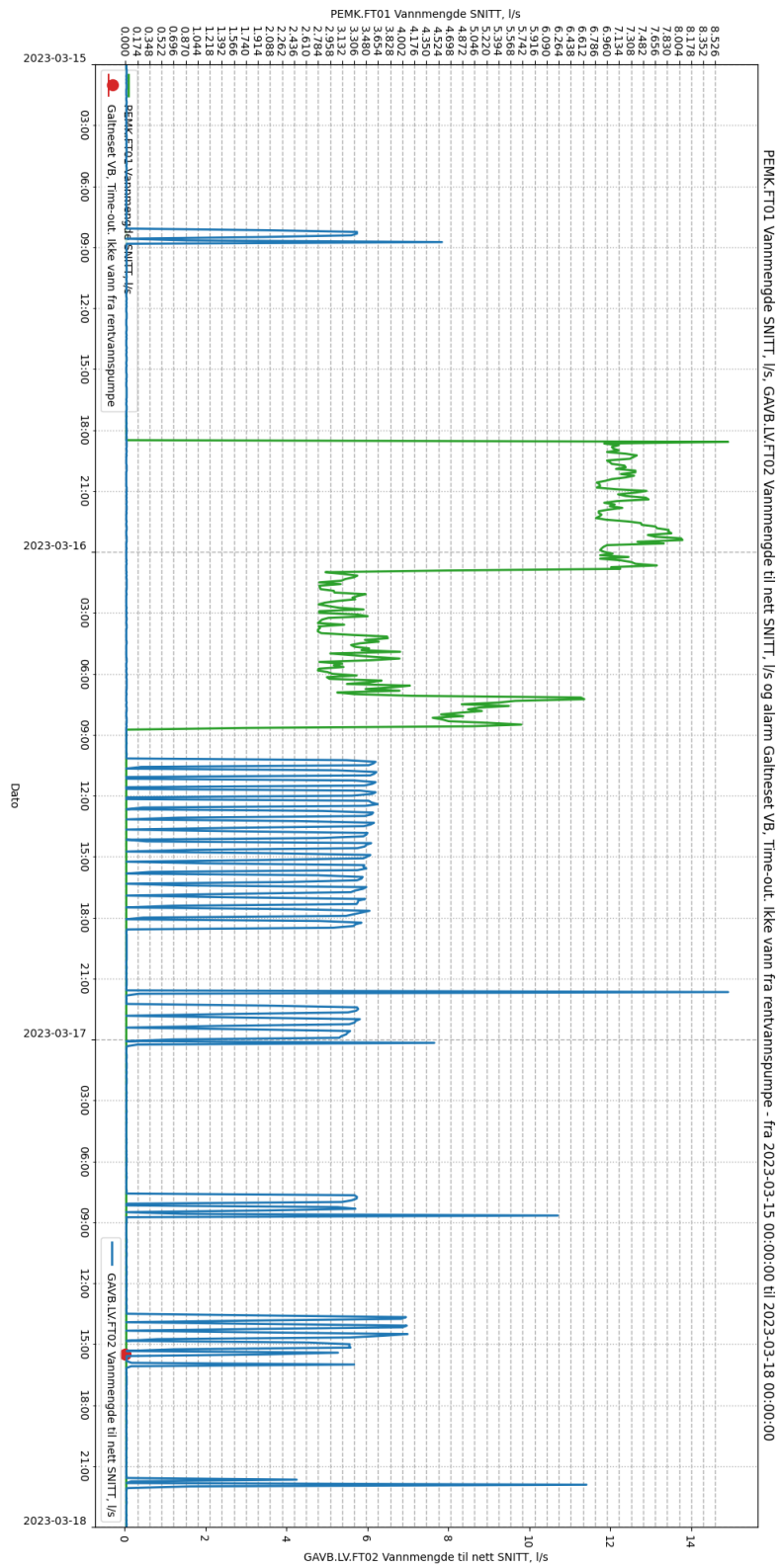
Figur D.9: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.01.23



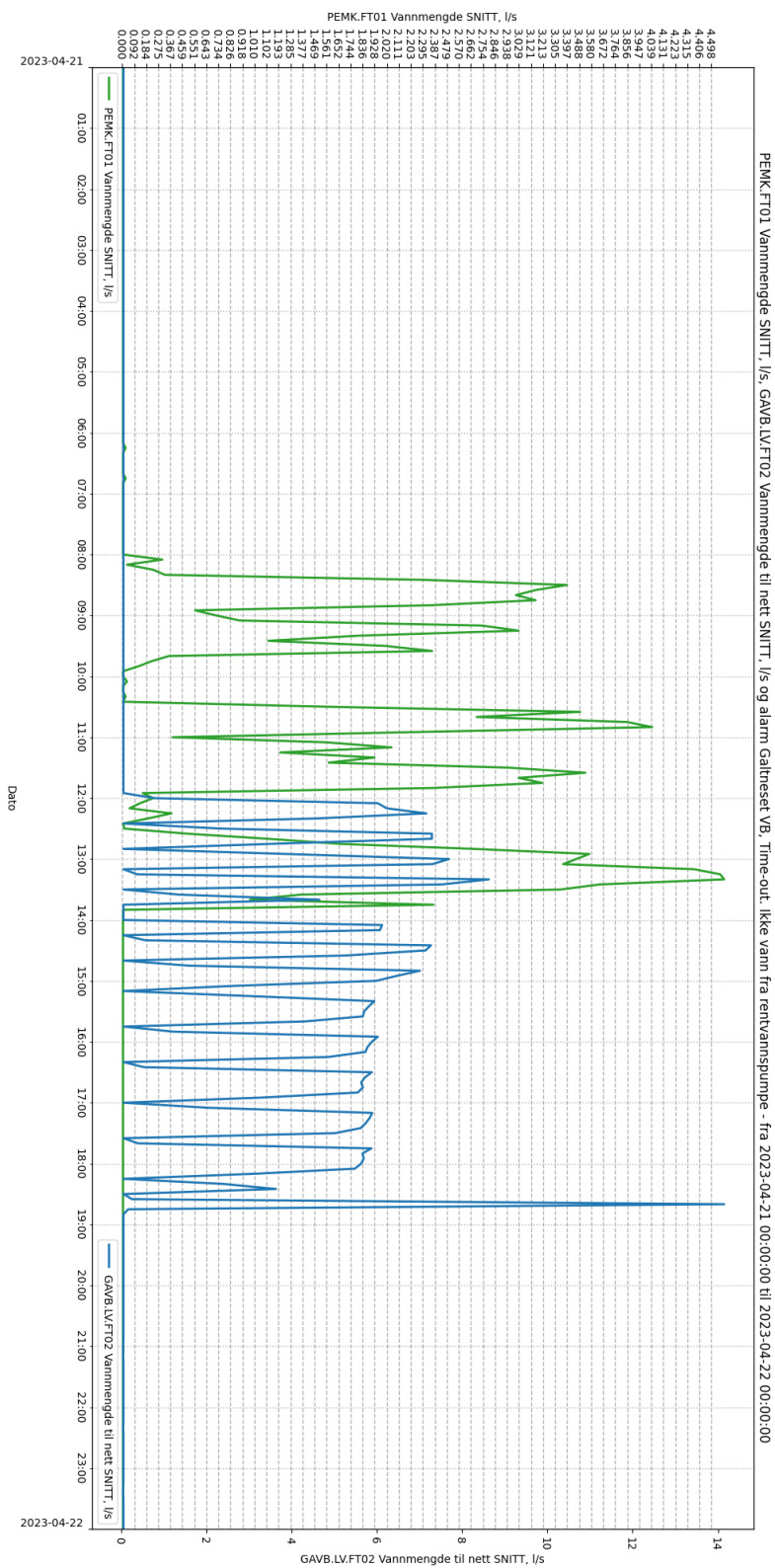
Figur D.10: Sammenligning mellom rentvannspumpens driftstid, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 23.01.23



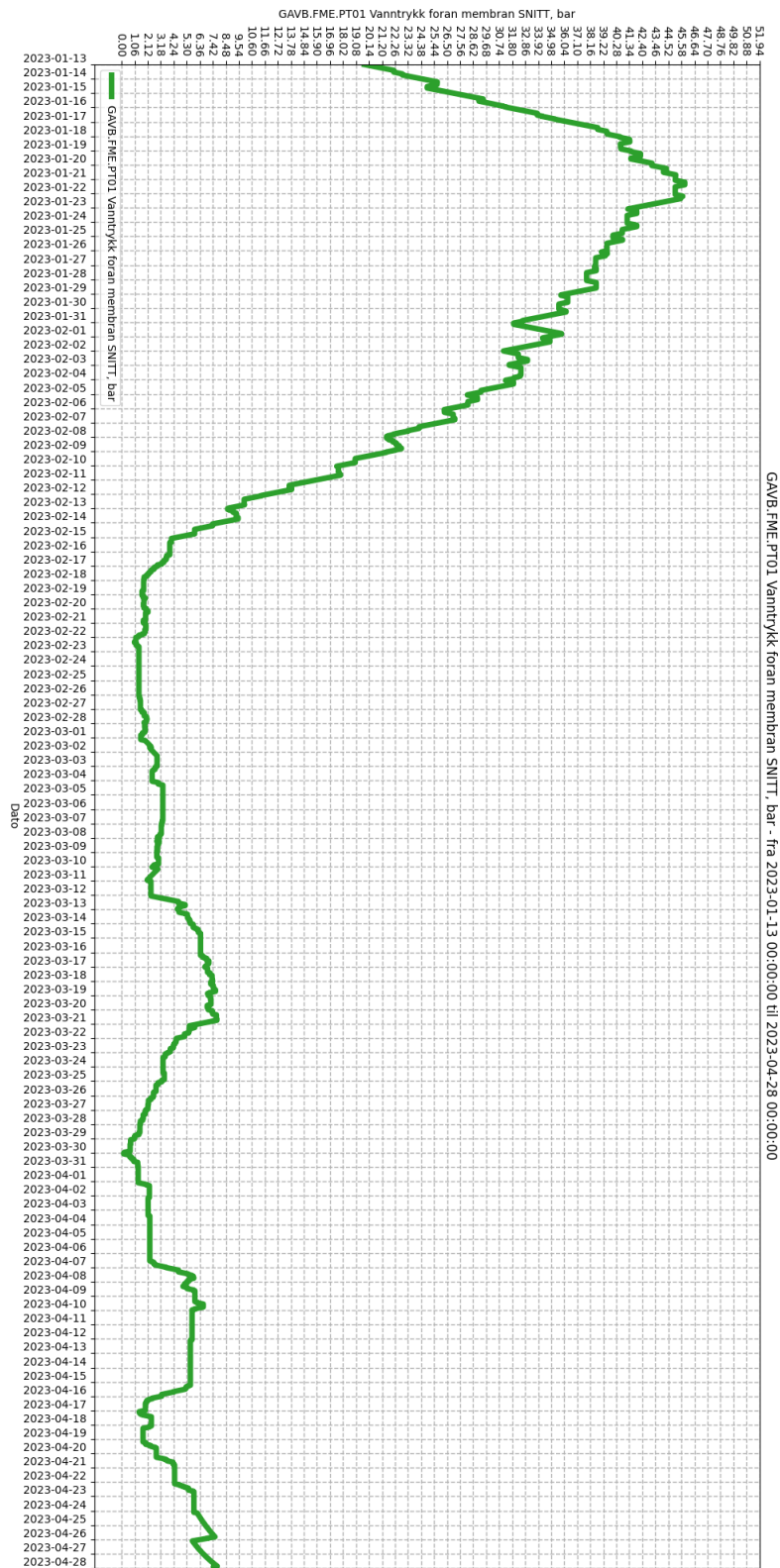
Figur D.11: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 01.02.23



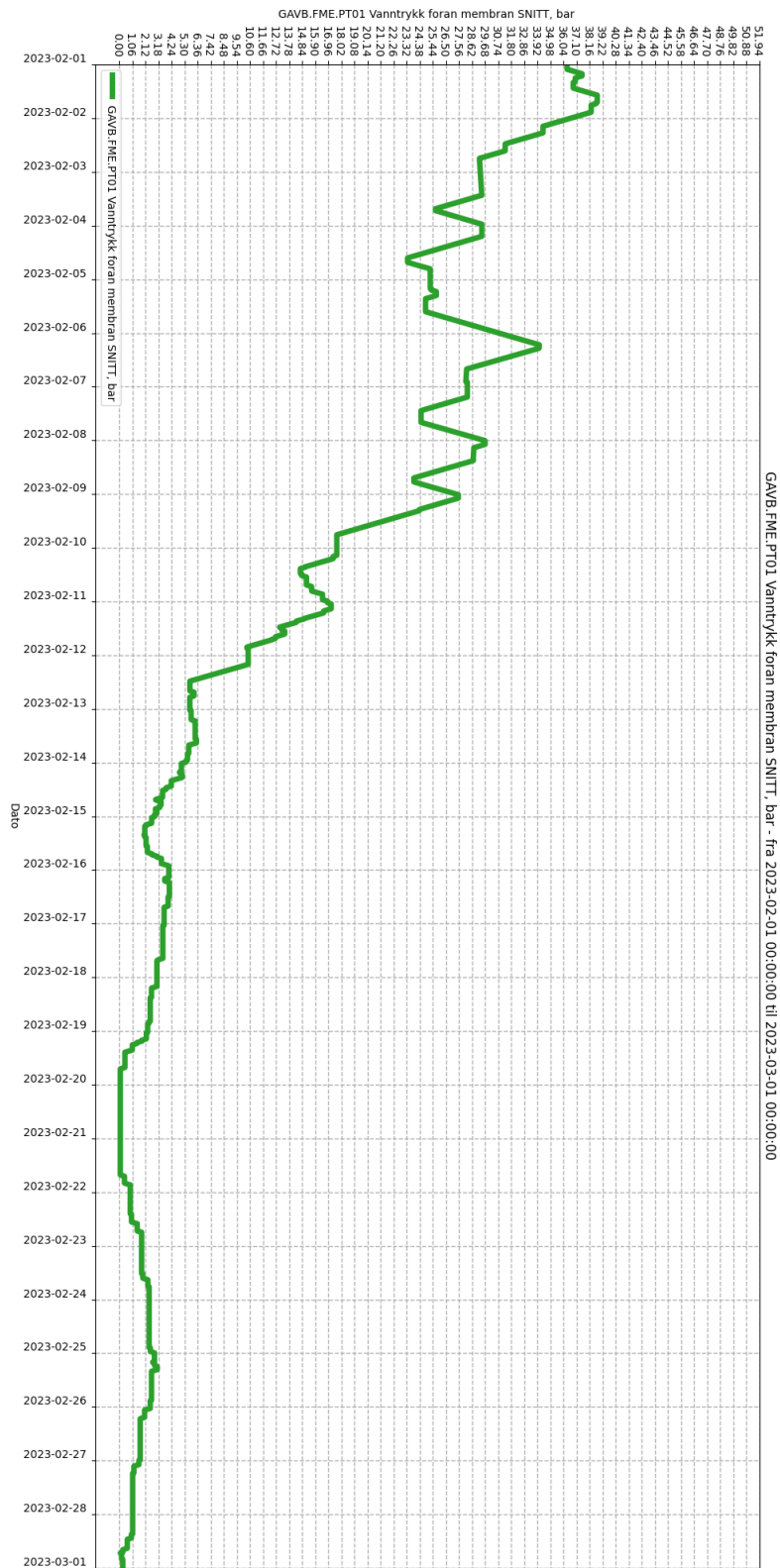
Figur D.12: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 15.03.23 til 18.03.23



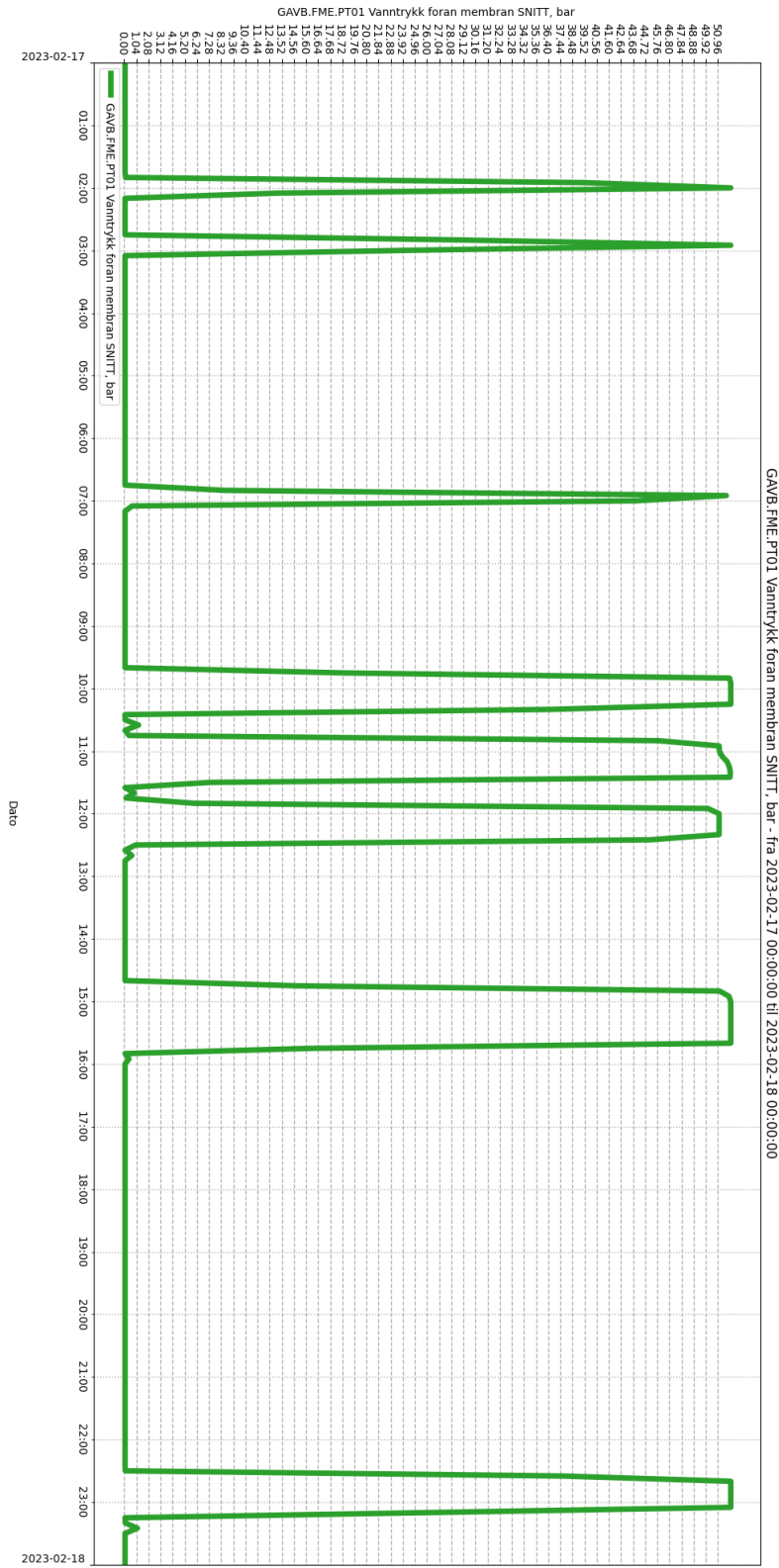
Figur D.13: Sammenligning mellom Pelagias rentvannsforbruk, alarm for rentvannspumpe og vannmengde etter rentvannspumpe fra 24.04.23



Figur D.14: Anleggets drift så langt i 2023



Figur D.15: Anleggets drift for februar 2023



Figur D.16: Dagsproduksjon 17. februar 2023

