



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Miljø SOS

Miljø – Skybrud – Overløb – Spildevand

MUDP Rapport

December 2023



Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Eva Kühne, EWA Sensors

Thomas Hammerholt Madsen, Picca Automation

John Pies Christiansen, Tønder Forsyning

ISBN: 978-87-7038-570-1

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøministeriet, der støtter udvikling, test og demonstration af miljøteknologi.

MUDP investerer i udvikling af fremtidens miljøteknologi til gavn for klima og miljø i Danmark og globalt, samtidig med at dansk vækst og beskæftigelse styrkes. Programmet understøtter dels den bredere miljødagsorden, herunder rent vand, ren luft og sikker kemi, men understøtter også regeringens målsætninger inden for klima, biodiversitet og cirkulær økonomi.

Det er MUDP's bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen.

MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5, 5000 Odense | Tlf. +45 72 54 40 00

Mail: ecoinnovation@mst.dk

Web: www.ecoinnovation.dk

Denne slutrapport er godkendt af MUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	Forord	6
2.	Projekt baggrund	7
2.1	De miljøskadelige stoffer	7
2.2	Overløb og bypass	7
2.3	Overløb, Danmark	8
2.4	Overløb, Tønder	9
2.4.1	Renseanlæg	9
2.4.2	Nedbør, Tønder	11
2.4.3	Overløbsbygværker	11
3.	Projekt baggrund	13
3.1	Projekt tese og Miljø SOS	13
4.	Projekt løsning	14
5.	Sensor	15
5.1	Sensor montering	15
5.2	Sensor interface	15
5.3	Sensor parametre	15
6.	Hardware	17
6.1	Mini-PLC	18
6.2	Input/output moduler	19
6.3	Begrænsning	19
7.	Front end	21
7.1	Option 1: Scada integration	21
7.2	Option 2: PC access (web visualisering)	23
7.3	Option 3: IIoT	24
8.	Fieldtest resultater	27
8.1	Etablerede fieldtest systemer i Tønder Forsyning	27
8.2	Effektivitetsforøgelse	27
8.3	Anbefalet service	27
8.4	Forventet miljøeffekt i Tønder	28
8.5	Forventet miljøeffekt i Danmark	28
9.	Projekt evaluering	30
10.	Next step	31
Bilag 1. Fieldtest resultater, effektivitet		32
Bilag 1.1	Pumpestation #1	32
Bilag 1.2	Pumpestation #2	32
Bilag 1.3	Pumpestation #3	33
Bilag 1.4	Pumpestation #4	33
Bilag 1.5	Pumpestation #5	34
Bilag 1.6	Overview	34

Bilag 2.Lejefejls detektion	35
Bilag 3.Pumpe effektivitet	36

1. Forord

Overløb af spildevand fra de kommunale renseanlæg og afløbssystemet er et stort miljøproblem. Faktisk er der tale om store mængder forurening, som sendes ud i miljøet, når de såkaldte overløb aflaster systemet under kraftig regn og lader store mængder regnvand iblandet spildevand løbe ud i vandløb, søer og hav, til skade for fisk og fauna.

Myndighedernes "punktkilderrapport"¹ viser, at udledninger fra overløb medfører ca. 40% af den samlede belastning af vandmiljøet fra punktkilder med organisk materiale, ca. 20% af kvælstofudledningen og godt 30% af fosforemissionerne. Hertil kommer en ukendt mængde af miljøfremmede stoffer, som myndighederne ikke kender omfanget af.

Overløb

Et enkelt kloakoverløb udledte 1,5 milliarder liter til Øresund i 2021.
Ingeniøren / Watertech, 9. juni 2022.

Alene i Københavns Kommune er der blevet udledt over 35 milliarder liter fortyndet spildevand i Øresund i perioden 2014-2018.
TV2 Kosmopol, 25. maj 2020².

Formålet med dette MUDP (Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram) projekt er at reducere overløb fra fælleskloakerede systemer med 20%, ved at have fokus på optimal drift og funktion af pumpestationer i det danske opland. Miljø SOS holder kontinuerligt øje med pumpestationerne drift og status tilstand og rådgiver om udbedrende tiltag.

Dette MUDP-projekt har kørt fra 1. november 2020 til 31. december 2022. Projektets deltagere er:

- ❖ EWA Sensors
- ❖ Picca Automation
- ❖ Tønder Forsyning

Nærværende slutrapport redegør for MUDP-projektets samlede indhold. Herunder formål og baggrund for projektet, udførte projekttaktiviteter, udfordringer undervejs i projektet, opnåede resultater samt forslag til opfølgende aktiviteter.

¹ Punktkilder omfatter udledninger fra renseanlæg, industri, regnbetingede udløb, spredt bebyggelse samt akvakultur (men ikke landbrug).

² Cc <https://www.tv2kosmopol.dk/koebenhavn/koebenhavn-udleder-svimlende-maengder-kloakvand-i-oesund>

2. Projekt baggrund

Rensning og udledning af spildevand fra private, industri og regnvand sker gennem vores kloaksystem og renseanlæg. Når det regner kraftigt, kan afløbssystemet blive overbelastet. For håndtering af disse situationer er der nogle steder etableret overløbsbygværker i spildevandsnettet.

Ved udledninger fra bygværkerne, kaldet overløb, bliver overskydende vand udledt til nærliggende vandløb, søer og kystområder. Formålet med overløb er at forhindre, at spildevandet stuver baglæns op i de tilkoblede ejendomme og veje, samt for at skåne rensningsanlægget for en hydraulisk overbelastning.

Projektet er i samarbejde med Tønder Forsyning, der foruden viden også stiller deres ledningsnet til rådighed for udvikling og test af Miljø SOS-løsningen.

2.1 De miljøskadelige stoffer

Renseanlæggene renser for det meste spildevandet som planlagt. I alt 96% af udledningerne i 2018 på landsplan bestod af færdigrenset spildevand og regnvand fra tage og veje, og 4% var overløb med en blanding af regnvand og spildevand³.

Overløb er et stort miljøproblem, idet store mængder forurening sendes ud i miljøet og er ødelæggende for fisk og fauna i åer, søer og vandløb-

Miljøstyrelsen (NOVANA⁴) holder særligt øje med næringsstofferne kvælstof og fosfor samt indholdet af organisk stof. Ifølge Miljø- og Fødevareministeriet var den udledte mængde fra renseanlæg udledninger i 2021:

TABEL 1. Udledte mængder fra renseanlæg og overløb, i 2021⁵.

Renseanlæg	3.327 tons N (kvælstof)	306 tons P (fosfor)	2.299 tons BI5 (organisk stof)
Overløb	971 tons N (kvælstof)	148 tons P (fosfor)	3.041 tons BI5 (organisk stof)

De seneste 20 år har der kun været mindre udsving i de årlige udledninger, som hovedsagelig tilskrives lille variation i de årlige nedbørsmængder og dermed den mængde spildevand, der tilføres renseanlæggene.

2.2 Overløb og bypass

Når det regner kraftigt, kan der opstå situationer, hvor rensningsanlæggene og kloakkerne får tilført så meget vand på én gang, at de ikke kan følge med.

Til sådanne situationer er der lavet en slags nødventiler, kaldet overløbsbygværker, hvorfra der aflastes og udledes opspædet spildevand (regnvand og urensset spildevand) ud i vandområder. Overløbsbygværker kan bl.a. være etableret i tilknytning til pumpestationer.

Formålet med overløbet er at forhindre, at spildevandet stuver baglæns op i de tilkoblede ejendomme og veje og at skåne rensningsanlægget for en hydraulisk overbelastning.

³ <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2020/jun/forstaa-overloeb-hvorfor-er-der-spildevand-vandmiljoet/>

⁴ Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur.

⁵ Regnvandsbetingede udledninger til miljøet, "Punktkilder 2021" fra Miljø og Fødevareministeriet. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/03/978-87-7038-492-6.pdf>

Antallet af overløb, og hvor meget spildevand der udledes, afhænger af, hvor meget det regner det pågældende år, og særligt antallet af store regnskyl og skybrud. Der er selvfølgelig regionale forskelle i mængde og koncentration afhængig af kloaklandets befolkningstæthed.

Dette projekt fokuserer på følgende to typer af overløb.

Type 1: Bypass på renseanlæg

Type 2: Regnbetinget overløb på pumpeledning

Bypass på renseanlæg:

Den mest oplagte årsag til bypass er, når der er skybrud, hvilket er situationer med meget regn i kort tid eller ved længere varende regn. Når der kommer mere vand til renseanlægget end der er plads til i det biologiske rensetrin, kan det resultere i bypass.

Regnbetingede udløb:

Fra overløbsbygværker udledes der opspædet spildevand, når kloaksystemet i fælleskloakerede områder overbelastes. Det er estimeret, at overløb indeholder ca. 20% spildevand og 80% regnvand⁶.

Der findes omtrent 20.000 regnbetingede udløbspunkter i Danmark, hvoraf ca. 5.000 er overløbsbygværker, og de resterende er separate regnvandsudledninger.

Af de i alt 98 danske kommuner er der otte, som er 100% separatkloakeret, og derfor ikke har overløbsbygværker, hvor der udledes opspædt spildevand.



FIGUR 1. Regnbetinget overløb.

2.3 Overløb, Danmark

Det vigtigste middel til at undgå overløb er, at kloakker og renseanlæg er dimensioneret til at kunne klare de kraftige regnskyl, eller at der haves separat afledning af regnvandet.

Men det er ikke let at øge kapaciteten af eksisterende fælles kloaksystemer, klimaforandringer betyder mere og kraftigere regn, og den voksende befolkning i byerne øger belastningen og også risikoen for overløb.

Derfor er tiltag, der kan reducere mængden af overløb, interessant. En løsning kan netop være den tekniske løsning, vi fokuserer på i dette projekt.

⁶ <https://baeredygtigtlandbrug.dk/2020/05/hvad-er-op-og-ned-paa-spildevandsbelastningen-i-danmark/>

Antallet af overløb og hvor meget spildevand, der udledes, afhænger af, hvor meget det regner det pågældende år, og særligt antallet af store regnskyl og skybrud. Kommunerne er forpligtede til hvert år at indberette data for overløb til den fællesoffentlige punktkilde database "PULS".

2.4 Overløb, Tønder

Tønder Forsyning havde i 2021 i alt 35 overløbsbygværker, hvoraf de 31 var aktiveret i løbet af året.

2.4.1 Renseanlæg

Spildevandet indeholder blandt andet organiske stoffer og næringsstoffer, som kan belaste vandmiljøet. På langt de fleste renseanlæg i Danmark renses spildevandet både mekanisk, biologisk og kemisk. Herved fjernes størstedelen af de stoffer, der er skadelige for vandmiljøet.

For at holde øje med kvaliteten af det udledte spildevand og renseanlæggenes effektivitet udtages der prøver i ind- og udløbet på renseanlæggene. På baggrund af de indsamlede målinger og analyser kontrolleres det hvert år, om de enkelte renseanlæg overholder de krav, kommunen har stillet i udledningstilladelserne.

Tønder Forsyning A/S ejer og driver 17 renseanlæg i kommunen (Mellerup nedsivningsanlæg er ikke medregnet). De renses dagligt spildevand svarende til en spildevandsbelastning fra ca. 55.000 personer (PE)⁷.

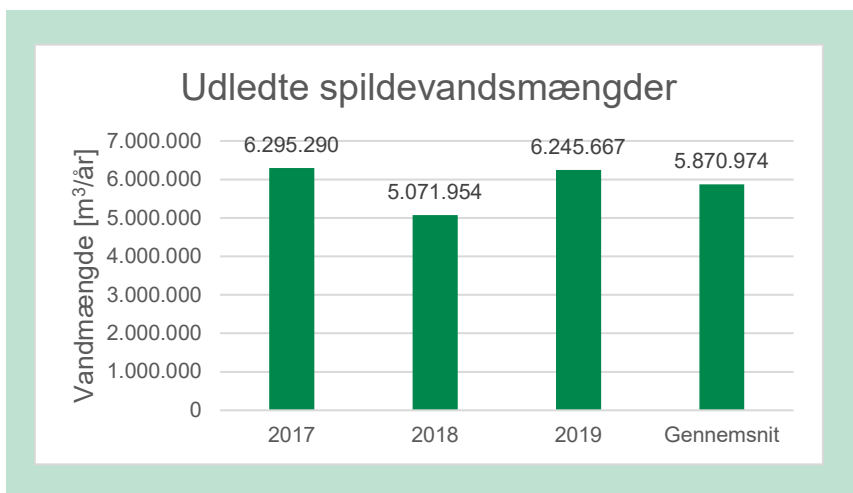


FIGUR 2. Placering af de 18 renseanlæg, i Tønder kommune (med en belastning på mere end 30 PE.

Renseanlæggene udleder årligt omkring 6.000.000 m³ rensset spildevand⁸, se FIGUR 3.

⁷ PE = PersonEnheder. 1 PE er mængden stof/forurening og vand, som 1 person bidrager med i spildevand på et døgn.

⁸ EnviDan rapport, "Tønder Kommune, Udledning af recipienter", aug. 2020.



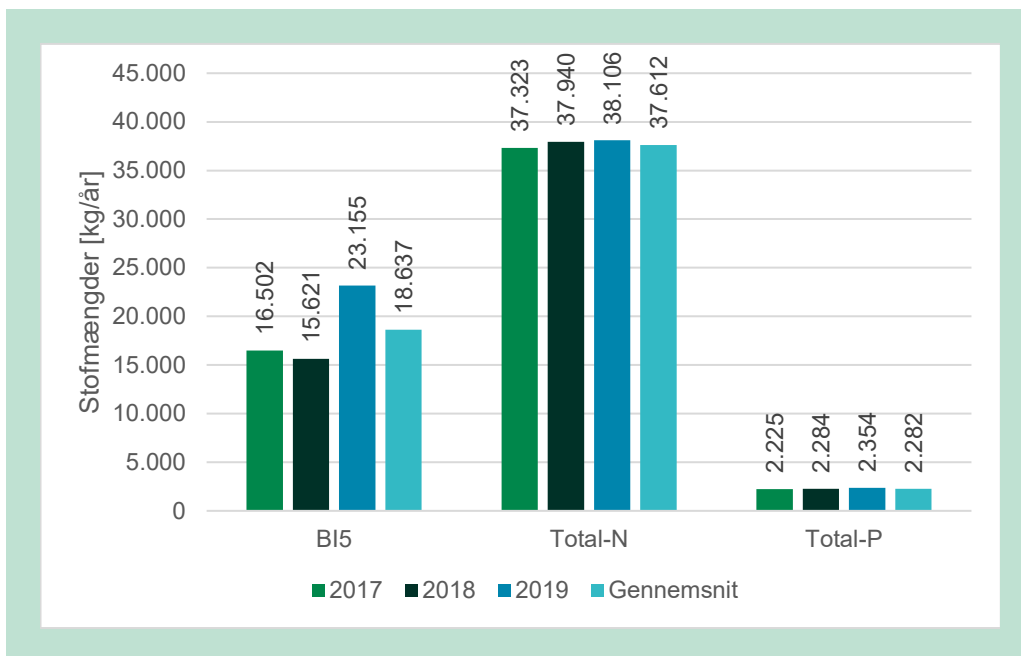
FIGUR 3. Udledte vandmængder fra 18 renselanlæg i Tønder Kommune, 2017 – 2019.

Der anvendes følgende enhedstal for BI_5 , N og P, når mængden af miljøskadelige stoffer i de rensede spildevand beregnes:

TABEL 2. Stofkoncentration i rensed spildevand⁸.

Parameter	BI_5	Total-N	Total-P
Stofkoncentration i vand fra overløb	30 mg/l	12 mg/l	2 mg/l

Udledte mængder af kvælstof (N) og fosfor (P) årligt, fra Tønders 18 renselanlæg er derfor som vist i FIGUR 4⁸.



FIGUR 4. Udledte vand- og stofmængder fra de forsyningsjede større renselanlæg (> 30 PE).

⁸ BI_5 er en betegnelse for det biologiske iltforbrug gennem 5 døgn (deraf 5-tallet).

Tønder kommune har derudover 13 private renseanlæg over 30 PE. 9 af disse har ikke direkte udledning. 4 af anlæggene er med direkte udledning til vandområder. De private renseanlæg er ikke inkluderet i projektets fokus.

2.4.2 Nedbør, Tønder

Overløbsmængden hænger sammen med nedbørsmængden. Større regnmængde giver øget sandsynlighed for øget overløbsmængde. Nedbørsmængder på årsbasis i Tønder by, 2017 – 2019 er angivet i TABEL 3.

TABEL 3. Årsnedbør for Tønder by, 2017 – 2019.

Årstal	Årsnedbør
2017	1.113 mm/år ¹⁰
2018	720 mm/år ¹¹
2019	1.108 mm/år ¹²

Nyere data er ikke tilgængelige. Dog er regnvandsmængden over Tønder By rimelig konstant fra år til år, med en gennemsnitlig årlig regnmængde på 933 mm¹³.

2.4.3 Overløbsbygværker

Tønder Forsyning har

- 830 km kloakledninger,
- 450 pumpestationer¹⁴ og
- 35 overløbsbygværker.

Organisk stof måles som henholdsvis COD og BI₅. Det nationale krav til COD er 75 ml/l¹⁵.

FIGUR 5 viser udledte stofmængder (BI₅, N og P) fra overløbsbygværker⁸.

¹⁰ Drift af regnmålersystem, Årsnotat 2017, DMI

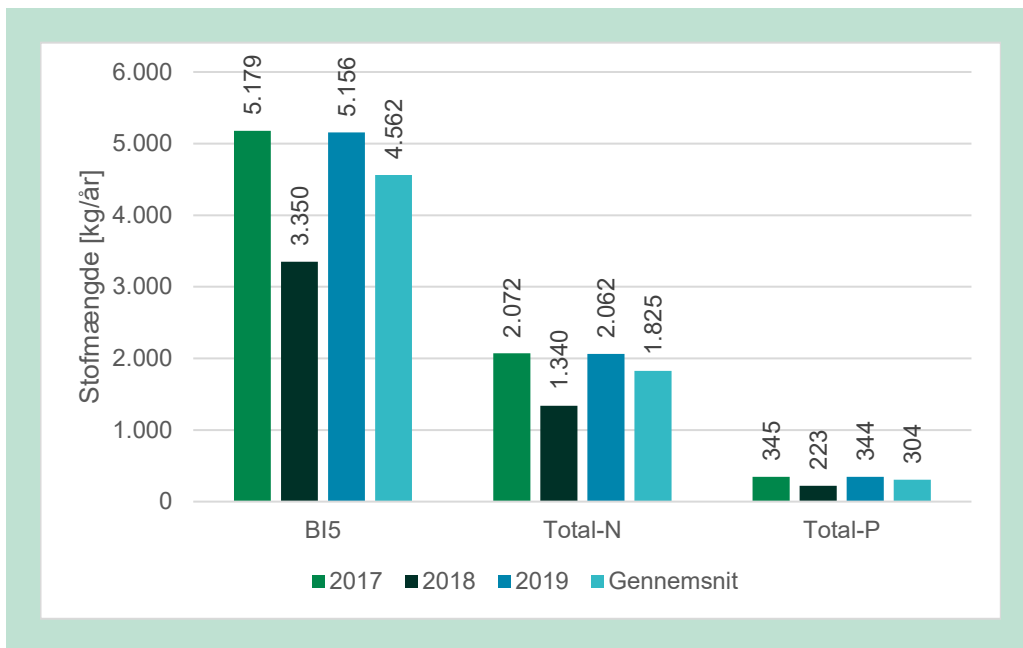
¹¹ Drift af regnmålersystem, Årsnotat 2018, DMI

¹² Tønder Forsyning.

¹³ Regnvandsmængde, Tønder: Cc <https://da.climate-data.org/europa/danmark/region-of-southern-denmark/t%C3%B8nder-60147/>

¹⁴ <https://www.tonfor.dk/spildevand/spildevandsanlaeg>

¹⁵ Miljøstyrelsen, <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/1998/87-7909-162-8/html/kap04.htm#kap4.4>



FIGUR 5. Udedte stofmængder fra overløbsbygværker i Tønder Kommune, 2017-2019.

COD og BOD er indikatorer for organiske stoffer i spildevand. BOD (Biochemical Oxygen Demand) står for biokemisk oxygenbehov og er et mål for, hvor meget ilt bakterier og andre mikroorganismer bruger, når de nedbryder det organiske stof¹⁶. COD er mængden af reducerende stoffer, der skal oxideres i vandprøven målt ved kemisk metode.

Det er svært at måle BOD præcist. For at forkorte tiden bruges 5-dages iltforbrug (BOD5 eller BI5) generelt som den grundlæggende estimeringsstandard for organiske forurenende stoffer i vand.

BI5 målemetoden bruges til vurdering af spildevands indhold af biologisk nedbrydeligt organisk stof, både før og efter rensning af spildevandet. Urenset by-spildevand indeholder 150-300 g BOD/m³, mens biologisk rensat spildevand indeholder 5-15 g BOD/m³.

¹⁶ <http://dk.electric-test.com/info/what-is-the-difference-between-cod-and-bod-76578186.html>

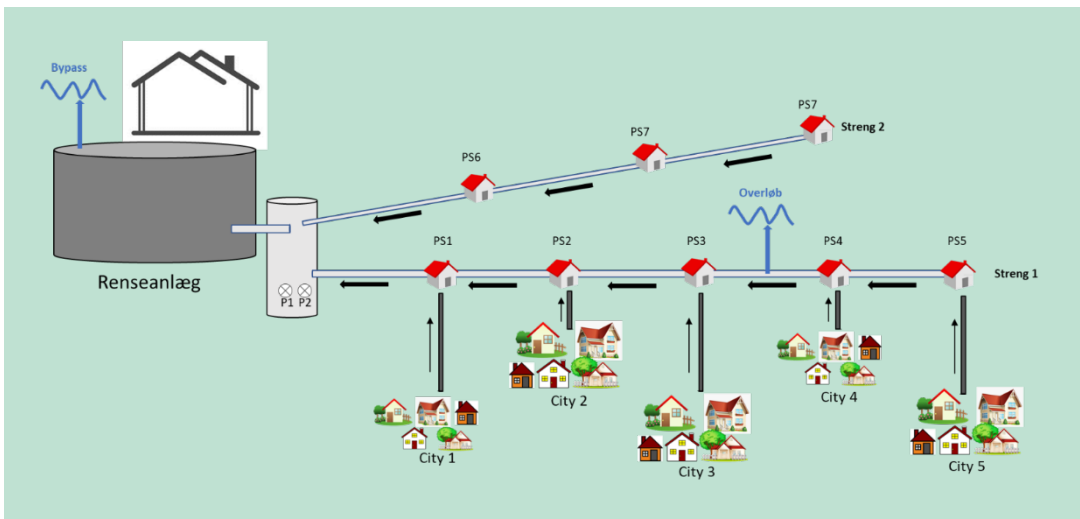
3. Projekt baggrund

Overløb fra overløbsbygværkerne skyldes kraftige regnskyll, hvor kloaknettet ikke kan følge med til den øgede spildevandsmængde. Der kan ske utilsigtet overløb ved nedsat kapacitet i kloaksystemets pumpeanlæg.

FIGUR 6 illustrerer to kloakstrenge (streng 1 og streng 2), som leder spildevandet til det centrale renselanlæg. Der er lokale pumpestationer (PS) undervejs på de to kloakstrenge, hver med typisk to redundante spildevandspumper. Pumpestationerne er løftestationer, idet spildevandet løber i kloakledningen ved hjælp af gravitation (også kaldet gravitationsledning).

På streng 1 er der etableret et overløbsbygværk efter pumpestation 4. Hvis PS3 lukker ned eller ikke kan følge med, vil spildevandet stuve op i gravitationsledningen mod PS4 og rende i overløb. Hvis en af de efterfølgende to pumpestationer PS1 og PS2 lukker ned, og når ledningsnettet ned mod PS3 er fyldt op, vil overløbet før PS3 ligeledes blive aktiveret.

Hvis man ikke aktiverede overløbet i disse situationer, kan spildevandet ikke gøre andet end at stuve op i kældrene eller rende ud ved dækslet på den pågældende pumpestation.



FIGUR 6. Illustration af overløb og bypass.

Derfor: Reducering af overløb i FIGUR 6 kræver fokus på primærkilden PS3, men også sekundærkilderne PS2 og PS1.

3.1 Projekt tese og Miljø SOS

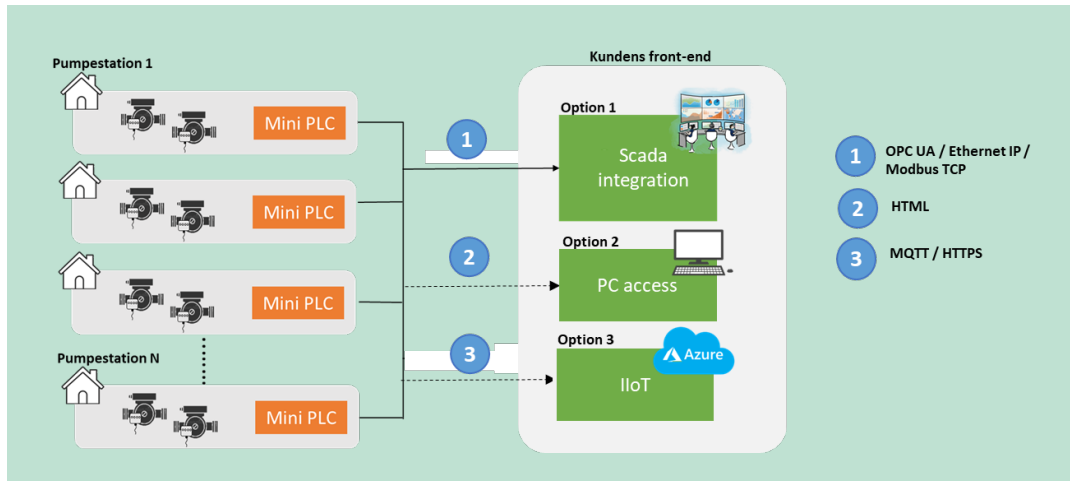
TABEL 4. Projekt tese, for måling af effekten.

Tese	Hvis pumpestationen relateret til et overløb øger sin effektivitet med x %, så vil overløbsmængden ligeledes reduceres med % ifm. et overløb.
Effektivitetsforøgelse	Projektet ønsker at bestemme den mulige effektivitetsforøgelse, der opnås ved at anvende Miljø SOS-løsningen. Dette kunne være ved at installere løsningen på alle pumpestationer relateret til et overløb – herved ville vi få det korrekte tal for reduktion i udledning for Tønder Forsyning.
Metode	Vi måler driftstiden for 5 tilfældige pumpestationer (10 pumper) og udregner mulig effektivitetsforøgelse for hver af disse 5 pumpestationer. Gennemsnittet af de fem angives som den estimerede effektivitetsforøgelse i Tønder, som vi kan opnå.
Resultat Tønder	De 5 pumpestationer giver følgende effektivitetsforøgelse: 37%, 9%, 0%, 3% og 4%. Dette giver en gennemsnitlig effektivitetsforøgelse på 10,6%.

4. Projekt løsning

Miljø SOS er en end-to-end løsning, til let installation og integration på eksisterende spildevandssystemer, uanset hvilken PLC løsning der er implementeret.

Løsningen er illustreret i FIGUR 7 nedenfor.



FIGUR 7. Skematisk overblik over Miljø SOS-løsningen.

Pumperne i en pumpestation udstyres hver med en EWA sensor. EWA sensorerne forbindes til en "mini PLC".

"Mini PLC'erne" kobles sammen i et netværk, som tilsluttes kundens "front-end". Der er som vist på FIGUR 7 tre mulige optioner at vælge imellem. "Front-end" er det eksisterende Scada system, så alle visninger og alarmer bliver en del af det dagligdags betjeningssystem. Det kan være tilsluttet en lokal PC, der viser data og præsenterer advarsler og alarmer. Eller det kan være en IIoT løsning, hvor data sendes til og gemmes i skyen, og der kan laves en brugerdefineret user-interface.

5. Sensor

Den anvendte sensor er en EWA sensor. Dette er en realtids sensor, hvor alt processering og alle analyser udføres internt i sensoren (on-the-edge). Sensoren monitorerer helbredstilstanden af den pumpe, som sensoren er monteret på.

Pumpen kan være tørt-opstillet eller dykket. Sensoren er vandtæt og kan installeres på begge pumpetyper.



FIGUR 8. EWA sensoren.

5.1 Sensor montering

Sensoren monteres på maskinen ved brug af 2-komponent epoxy. Dette betyder, at der ikke er et indgreb på selve maskinen, ligesom installation kan foretages på maskiner i drift.

Sensoren har som standard 12m sensorkabel.

5.2 Sensor interface

Sensoren kommunikerer via en fieldbus, specifikt Modbus RS485 RTU, som er en normal anvendt kommunikationsstandard i spildevand. Der anvendes en 4-leder, hvor de to ledere er til den serielle kommunikation og de sidste to ledere giver sensoren 24V forsyningsspænding.

Alle parametre samt advarsler (warnings) og alarmer (alarms) stilles til rådighed på Modbus-en. Systemets MASTER (Mini-PLC'en) spørger efter de parametre, der ønsker integreret i kundens eksisterende styresystem.

5.3 Sensor parametre

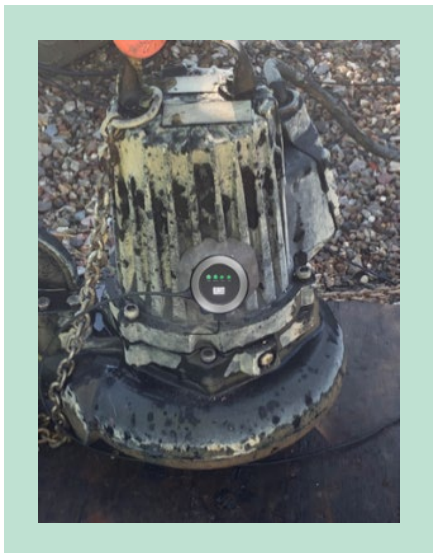
Gennem afholdt workshop blev det besluttet, hvilke parametre der ville give værdi at implementere i sensoren. Valget faldt på disse:

- 1) Rotation speed (RPM)
- 2) Rotation direction
- 3) Motor slip (RPM)
- 4) Duty cycle
- 5) No. of start/stops
- 6) Operation hours
- 7) Vibration energy, RMS
- 8) Unbalance

- 9) Cavitation
- 10) Magnetic field
- 11) Temperature

For hver enkelt af ovenstående parametre måles og sendes den aktuelle parameterværdi på modbussen, hvert sekund (samplingsfrekvens 1 Hz). Det er så masteren i systemet der bestemmer, hvor tit den ønsker at hente dataene på bussen.

For parametrene ubalance og kavitation gives endvidere information på modbussen, om disses advarselstilstand og alarmtilstand.



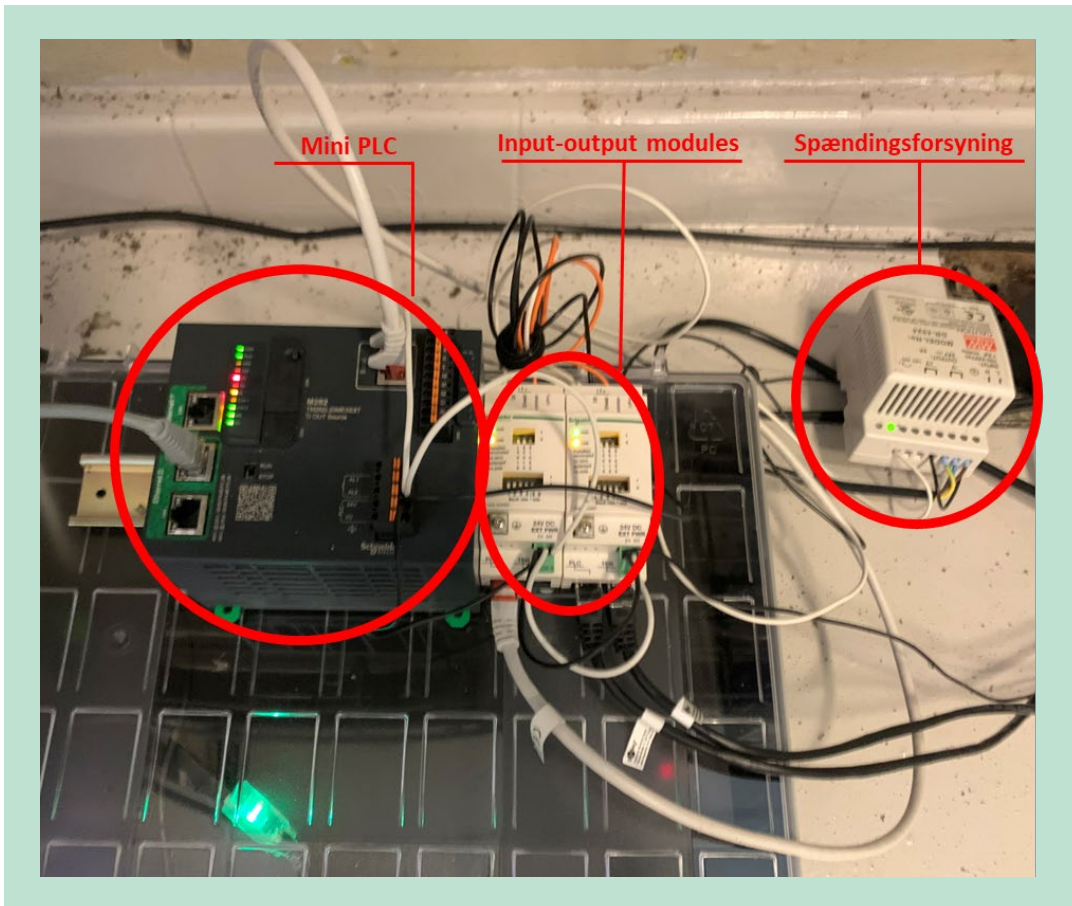
FIGUR 9. EWA sensor installeret på en dykket pumpe.



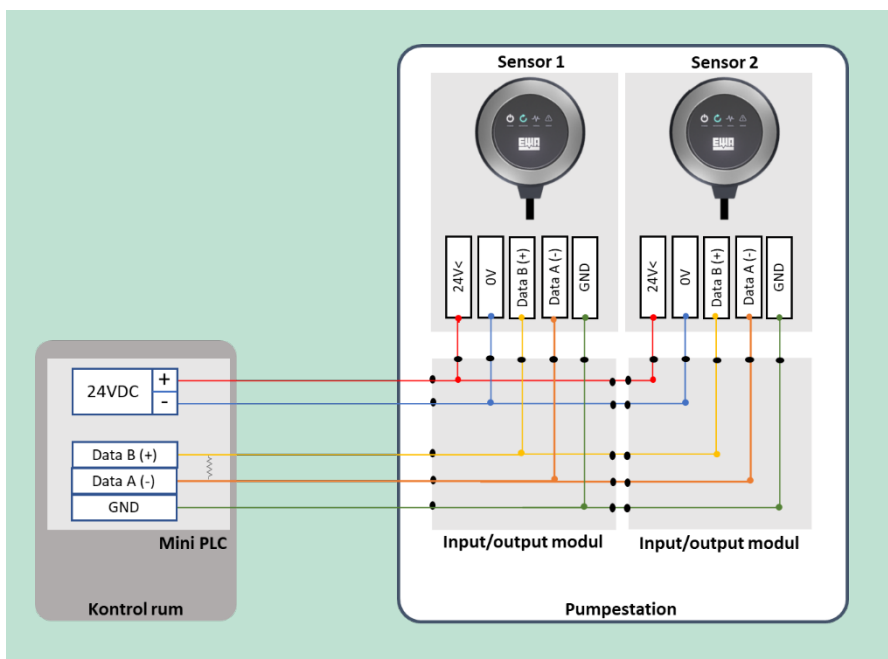
FIGUR 10. EWA sensor monteret på vertikal pumpe.

6. Hardware

Hardware wise anvendes der i hver pumpestation en Mini-PLC, to input/output moduler samt en spændingsforsyning, se FIGUR 11.



FIGUR 11. De anvendte HW-moduler.



FIGUR 12. Skematisk opkobling af system, med sensorer, input/output moduler og mini-PLC (samme system som angivet i FIGUR 11).

6.1 Mini-PLC

Funktionen af mini-PLC'en er at være bindeled mellem sensor og kundens front-end.



FIGUR 13. Schneider M262 logic controller.

Projektet anvender en mini-PLC i form af en hyldevare, Schneider M262 (se FIGUR 13). Den er nem at integrere og skalere. Fordelene ved Schneider M262 er følgende:

- Har en indlejret seriel kommunikations-port der kan benyttes til Modbus RS-485 RTU-interface.
- Understøtter flere åbne standarder: Modbus TCP, Ethernet/IP, OPC UA server m.fl.
- Har 8 indlejlrede I/O's (4 digitale outputs og 4 digitale inputs).

- Har CODESYS Web Visu, som gør det muligt at designe et brugerdefineret user-interface der kan tilgås via en browser.
- Kan logge data på SD-kort med op til 32 GB hukommelse.
- Er kompatibel med IIoT protokoller såsom secure OPCUA, MQTT og HTTPS.

Derudover er PLC'en relativ billig i forhold til dens konkurrenter med lignende funktionalitet. Mini-PLC'en fungerer som Modbus systemets MASTER, og styrer dermed kommunikationen af data. Der kan kun være én master i et system, men flere sideløbende master enheder kan anvendes.

6.2 Input/output moduler

Krav til Miljø SOS-løsningen er, at det skal være nemt at skalere antallet af sensorer i systemet, uden at der skal laves om i PLC-koden. Derfor anvendes input/output moduler, se FIGUR 12 og FIGUR 14.



FIGUR 14. Schneider TWD XCAISO anvendes som input/output modul.

Input/output modulet er bindeled for ledningsmontagen mellem maskine/sensor og PLC master. Projektet anvender her Schneider TWD XCAISO isolator, se FIGUR 14.

Der er ingen intelligens i connector box'en. Der kan kobles max. to sensorer til et input/output modul. Sensorerne har alle samme præ-definerede Modbus adresser, hvorfor en sensor blot installeres og angives i f.eks. webvisualizeren (se afsnit 7).

Antallet af pumper i en pumpestation varierer, men der er typisk 2 og normalt højest 6. Der installeres én sensor på hver pumpe, ligesom der installeres det nødvendige antal input/output moduler.

6.3 Begrænsning

Sensorerne opdaterer værdierne på Modbussen én gang i sekundet (samplingshastighed 1 Hz). Der ligger dog en begrænsning i mini PLC'en, der ikke har nogen stor processor kraft:

- Der kan kun opnås en samplingshastighed på 1Hz, såfremt der ikke anvendes SD-lagring og Web Visu.

- Der kan opnåes en samplingshastighed på 3-5 Hz, hvis der anvendes SD-lagring og Web Visu.

Samplingshastigheden fortæller, hvor tit data opdateres. Dvs. at sensoren opdaterer alle Modbus data 1 gg/s, men de opdateres kun hvert 3-5 sekund på kundens front-end.

7. Front end

PLC'en er et åbenlyst valg til dataopsamling fra sensorerne. Dog er PLC'er begrænset af størrelsen på den interne hukommelse i PLC'en. Hukommelsen er øget ved indsættelse af et SD-kort i PLC'en.

Ved brug af de funktioner der er tilgængelige i PLC'en har det været muligt at implementere en datalagringsløsning, der benytter sig af CSV-filer. CSV-formatet er en filtype, der kan benyttes af samtlige tredieparts databehandlingsværktøjer.

Løsningen skaber dagligt en ny logfil med dato og sensor stempel. Det er derfor nemt for brugeren at tilgå data for en specifik dato og sensor, hvis man vil lave sin egen databehandling.

På nuværende tidspunkt er data-retentionen (datalagring) på SD-kortet 1 år, for to tilkoblede sensorer. Dette kan øges, afhængigt af SD kortets hukommelse. I den valgte mini PLC kan der maksimum anvendes 32 GB SD-kort.

Lagringshastigheden er ~3-5s per sensor. For at holde PLC'en stabil logger den kun til SD-kortet én gang i minuttet.

7.1 Option 1: Scada integration

Alle danske spildevandsforsyninger overvåger og styrer hele eller størstedelen af deres anlæg fra et Scada-system.

For at integrere EWA sensoren i kundens SCADA-system kræver det, at PLC'en imellem sensor og SCADA benytter en åben kommunikationsprotokol.

Projektets løsning, der er implementeret hos Tønder Forsyning, er:

- Tønder Forsyning anvender SCADA-systemet iFix, som i øvrigt er vidt benyttet i forsyningssektoren
- Anvendelse af den åbne kommunikationsprotokol OPC UA, der bruges af adskillige PLC/SCADA-leverandører.

I projektets anvendte Schneider M262 PLC er det muligt hurtigt at opsætte en OPC UA-server. Dette gør det nemt at vælge de variable i PLC'en, der ønskes sendt til SCADA systemet.

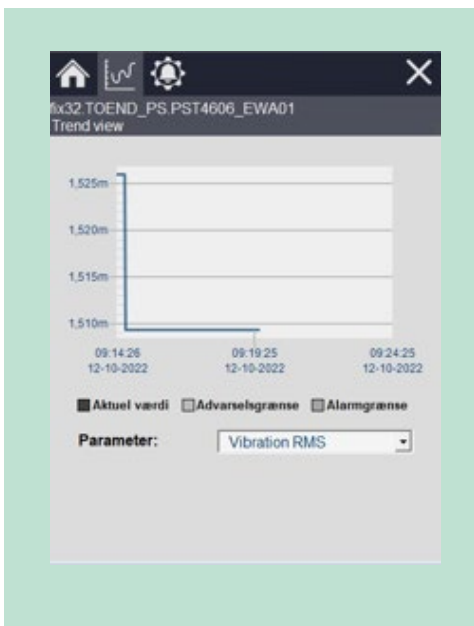
I iFix benyttes OPC UA client softwaren "Configuration hub" til at hente data fra PLC'en, så data kan benyttes i SCADA og parameter historik kan vises. Herfra er det muligt at hente og visualisere alle relevante data fra sensorerne.

Hvis kunden ikke har OPC UA er det også muligt at kommunikere via Modbus TCP/IP, ved brug af M262 PLC'en.

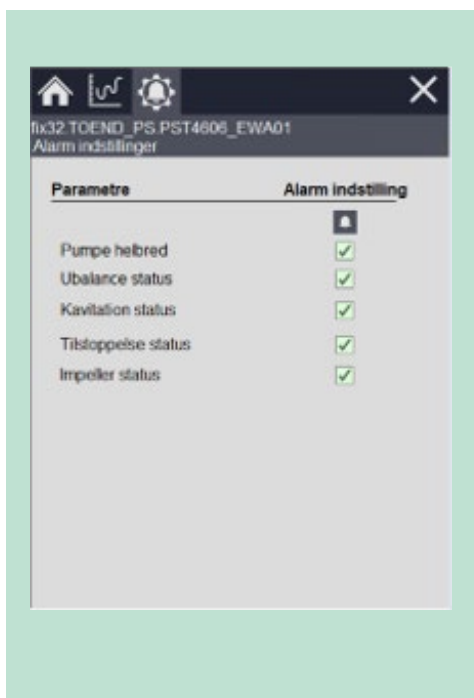
I **FIGUR 15-FIGUR 17** er det nuværende ISA101 baseret design illustreret. Herfra bliver det muligt for operatøren at aflæse pumpens nuværende helbred samt andre operative parametre fra **'Pumpe oversigt'** (FIGUR 15). Fra **'Trend view'** (FIGUR 16) er det muligt for en tekniker at analysere pumpens helbred ved brug af historisk data fra sensoren. **'Alarm indstillinger'**-siden (FIGUR 17) kan bruges til at deaktivere alarmer, der ikke er interessante for driften. Billederne i FIGUR 15-FIGUR 17 er taget fra Tønder forsynings aktive iFix-system.



FIGUR 15. SCADA front-end visning, over en given pumpe helbredsstatus.



FIGUR 16. SCADA front-end visning, over en pumpe vibrationshistorik.



FIGUR 17. Alarm indstillinger.

7.2 Option 2: PC access (web visualisering)

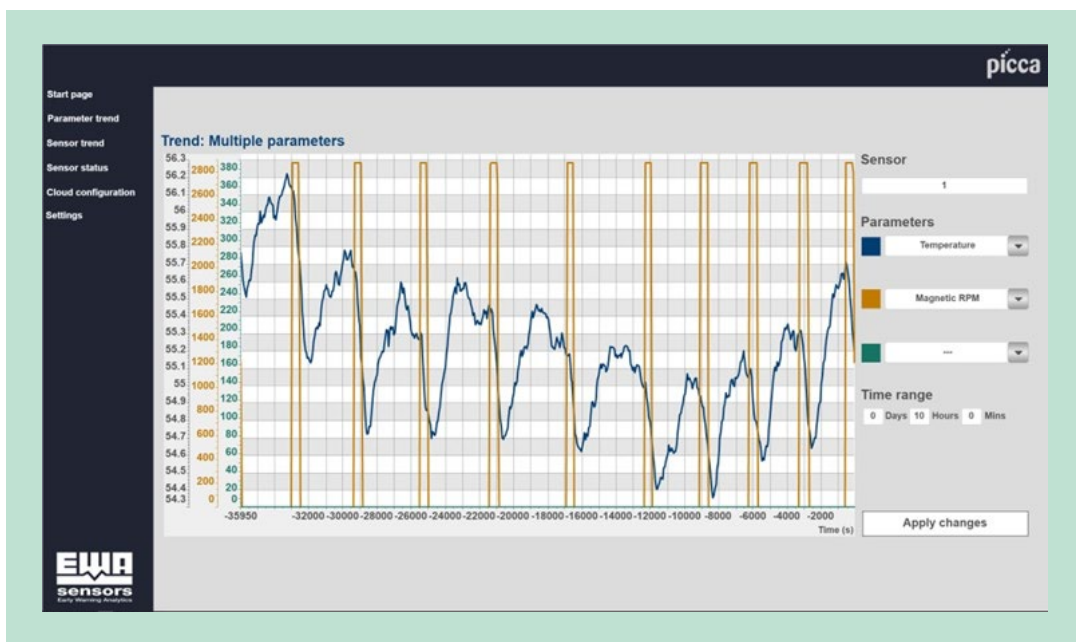
Til at visualisere sensor data i kundens front-end system ønskes en lettilgængelig løsning, der kan bruges på tværs af forskellige HMI/SCADA-systemer. Til dette er en webvisualisering oplagt, da de fleste SCADA systemer har mulighed for at integrere en indlejret webbrowser. Her ved haves et web interface, der:

- Er integreret i PLC systemet
- Lever op til ISA101 standarden
- Kan visualisere trends ved brug af intern hukommelse / SD kort
- Baseret på HTML5

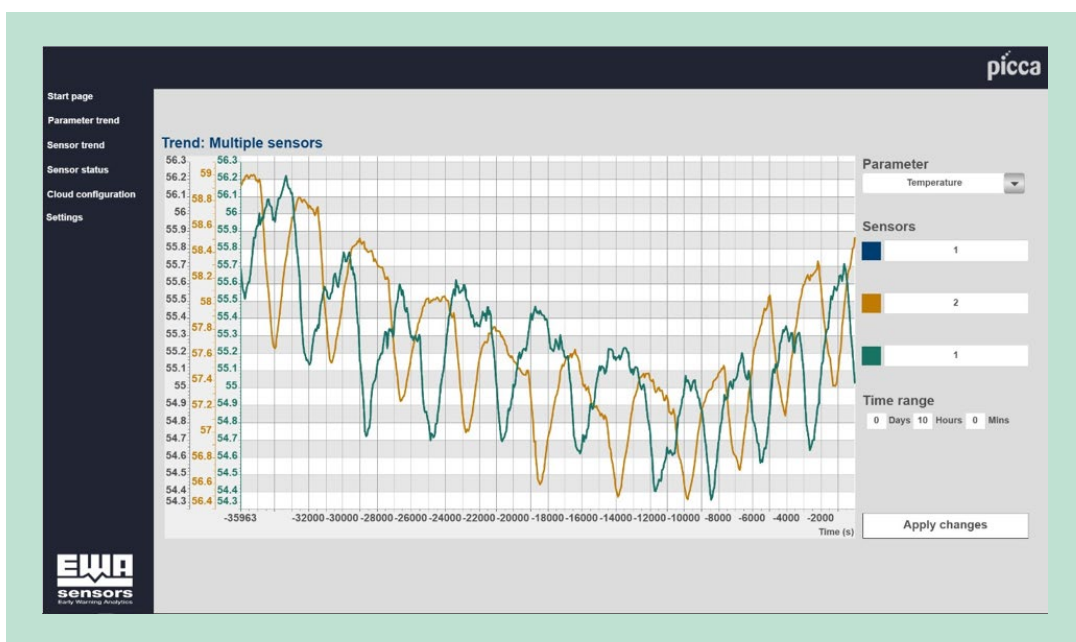
Til webvisualisering benyttes PLC'ens **CODESYS Webvisu**. Da visualizeren er indlejret i PLC'en, kan den tilgås via browser og visualisere data fra SD-kortet, baseret på HTML5.

I projektet her er det gjort muligt at visualisere én parameter fra 3 sensorer samtidigt, eller visualisering af tre parametre fra samme sensor. Nedenstående to figur-screenshots fra en installation i en pumpestation med to pumper, hver med en monteret EWA sensor:

- FIGUR 18 viser temperaturudviklingen i sensor 1, sammen med pumpens on/off drift mønster (Magnetic RPM)
- FIGUR 19 viser den samtidige visning af temperaturen i såvel sensor 1 og sensor 2.



FIGUR 18. Trend visualisering af flere parametre for én sensor.



FIGUR 19. Visualisering af temperaturen i sensor 1 og sensor 2, over tid.

Behandling og søgning i CSV-filerne er dog forholdsvis langsomt og funktionerne er begrænset. Præcis her er det tydeligt, at PLC'en umiddelbart ikke er bygget til at håndtere større datamængder. Det er kun muligt at visualiseres data fra dags dato og op til 7 dage tilbage i tiden. Design af webinterfacet har også sine begrænsninger, da det viste sig at være umuligt at lave dato'er langs x-aksen. Dette forringer læsbarheden, især hvis man visualiserer data fra flere dage (se FIGUR 18 og FIGUR 19).

7.3 Option 3: IIoT

Valget af PLC er bl.a. baseret på sikker databehandling via de mest gængse IIoT protokoller. Dette betyder også, at systemet er platform agnostisk og kan benyttes med forsynings eksisterende IIoT platform, hvis en sådan allerede eksisterer.

M262 understøtter HTTPS¹⁷, som er en certifikat baseret sikker data kommunikationsprotokol, men også MQTT, som er en gængs protokol til IIoT udstyr.

Ønsker forsyningen ikke at benytte egen IIoT platform, anbefales EcoStruxure Machine Advisor af Schneider Electric. Den har vist sig at være billigere og mere skalerbar end de nærmeste konkurrenter, da betaling foregår ved pay per datatransmission. Forventningen til IIoT-løsningen er at få data op til platformen, hvorfra kunden selv kan opstille et brugerdefineret user-interface, der har værdi for dem.

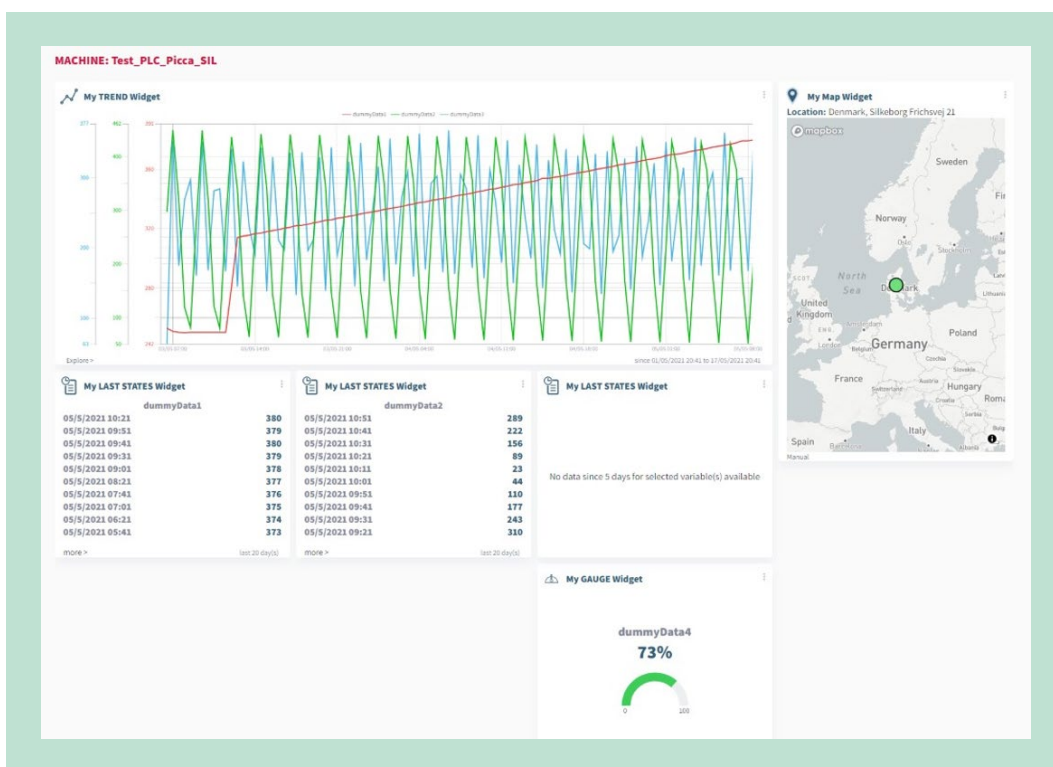
Igennem udviklingsprocessen testede vi ikke blot EcoStruxure Machine Advisor, men også en tredje-parts applikation Humio.

EcoStruxure Machine Advisor

EcoStruxure Machine Advisor er klart den mest brugervenlige applikation, i sammenligning med Humio.

Med dens funktioner er det muligt at følge alle sensorens data punkter, og kunden kan nemt danne overblik over deres data ved brug af applikationens widgets. Widgets er små vinduer, der kan illustrere valgt data på forskellige måder, afhængig af den valgte widget (trendgraf, gennemsnit, bar-graf osv.).

Derudover er det også muligt at vælge andre enheder på kortet, hvis man f.eks. har enheder stationeret på tværs af landet. Derved kan man nemt danne sig et overblik over alle pumpestationer vi forsyningsenheden, ved hjælp IoT-løsningen.



FIGUR 20. EcoStruxure Machine Advisor, test setup.

Humio

Udover EcoStruxure Machine Advisor har vi også fået data op i en tredjepartsapplikation, for at illustrere denne mulighed.

¹⁷ Hypertext Transfer Protocol Secure

Humio skiller sig ud ved at være gratis, så længe man ikke benytter mere end 16 GB om dagen. Derudover er retentionen kun 7 dage.

Humio tilbyder kunden et brugerdefineret interface, som de selv kan ændre på. Det er dog tydeligt, at den ikke henvender sig til kunder/operatører, men mere til ren dataanalyse. Humio tilbyder ikke en oversigt over samtlige enheder, såsom EcoStruxure Machine Advisor.

8. Fieldtest resultater

8.1 Etablerede fieldtest systemer i Tønder Forsyning

Der er etableret to fieldtest systemer under Tønder Forsyning:

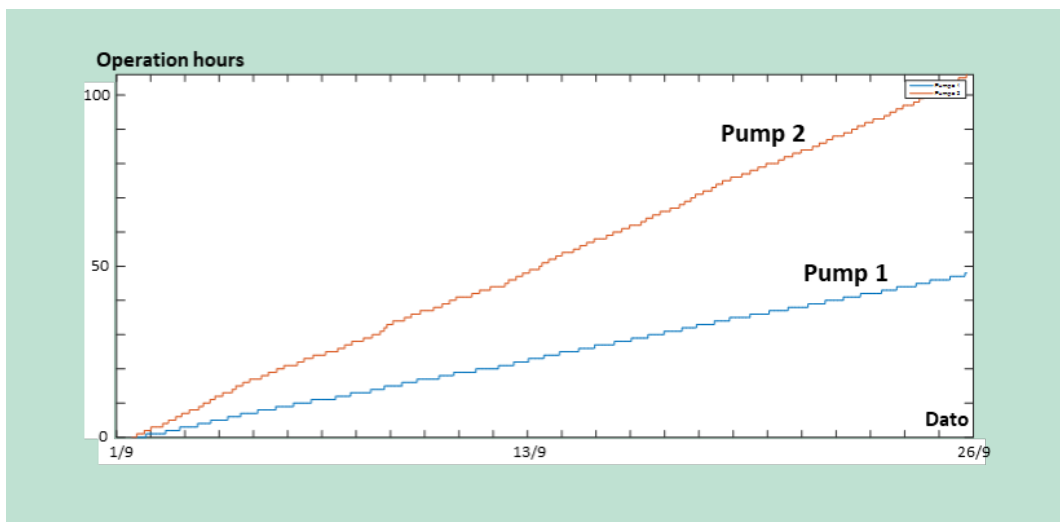
- 1) Plantagevej 37B, 6270 Tønder (tørt-opstillet pumper)
- 2) Havneby, 6792 Rømø (dykkede pumper)

Derudover er der anvendt fieldtest resultater fra et antal installationer hos Silkeborg Forsyning.

8.2 Effektivitetsforøgelse

Projektet har foretaget målinger fra 5 tilfældig valgt pumpestationer, hvor de alle har to parallelle pumper, der typisk pumper på skift. En af pumpestationerne er med dykkede pumper, de fire andre har tør-opstillede pumper.

De 5 pumpestationer giver følgende muligheder for effektivitetsforøgelse: 37%, 9%, 0%, 3% og 4%. Se FIGUR 21 og bilag 1 for dokumentation.



FIGUR 21. Effektivitet af pumpestation #1 (dykkede pumper). Effektiviteten kan øges med 37%.

Opnået effektivitetsforøgelse

Dataene fra de 5 tilfældige pumpestationer giver en mulig gennemsnitlig effektivitetsforøgelse på 10,6%.

8.3 Anbefalet service

Målinger og dataanalyser fra de enkelte pumpestationer anbefaler relevante servicetiltag, for at få øget effektiviteten på "den dårligste pumpe".

TABEL 5. Anbefalede servicetiltag for pumperne i de 5 pumpestationer.

Pumpe-station	Effektivitets-forøgelse	Fokus på	Foreslået tiltag
#1	37%	Pumpe 2	Rens pumpens tilgangs- og/eller afgangsrør for tilstopninger. Pumpen skal evt. skiftes
#2	9%	Pumpe 2	Rens pumpens tilgangs- og/eller afgangsrør for tilstopninger.
#3	0%	-----	Ingen tiltag.
#4	3%	-----	Ingen tiltag.
#5	4%	Pumpe 2	Rens pumpens tilgangs- og/eller afgangsrør for tilstopninger.

I ovenstående tabel er effektiviteten dårligst for pumpestation #1 og #2. Derfor er der mest at vinde ved at foretage service på disse to pumpestationer.

Sensoren laver anbefalinger til aktuelle service tiltag. Det vil altid være op til den enkelte serviceafdeling af beslutte og planlægge eventuel servicering. Ovenstående anbefalinger er inkluderet i serviceplanlægningen, og der er ikke i projektet fulgt op med målinger efterfølgende.

Det kan også vælges at lave en alarmgrænse, så der automatisk genereres en alarm, når effektiviteten imellem de pumperne i en pumpestation afviger mere end f.eks. 5%.

8.4 Forventet miljøeffekt i Tønder

I henhold til projektets hypotese: Hvis Miljø SOS-systemet etableres på alle pumpestationer i Tønder Kommune, og der følges op med de anbefalede servicetiltag, vil mængden af spildevand fra overløbsbygværker blive reduceret med 10%.

Udregnet reduktion i udledte mængder skadelige stoffer til åer, vandløb og søer (se FIGUR 4 og FIGUR 5)

- ❖ Kvælstof: 206 kg/år (10% af 2.062 kg/år)
- ❖ Fosfor: 35 kg/år (10% af 344 kg/år)
- ❖ Bl₅: 515 kg/år (10% af 5.156 kg/år)

Bemærk, at ovenstående estimer af reduktion i udledning af miljøskadelige stoffer er baseret på projekthypotesen om en opnået effektiviseringseffekt på 10%, baseret på en gennemsnitseffektivisering af målinger fra 5 pumpestationer.

8.5 Forventet miljøeffekt i Danmark

I henhold til projektets hypotese: Hvis Miljø SOS-systemet etableres på alle pumpestationer i Danmark, og der følges op med de anbefalede servicetiltag, vil mængden af overløb i Danmark reduceres med 10%. Hvis vi fokuserer på de regnvandsbetingede overløb, vil dette på et dansk plan give en reduktion i mængden af udledte miljøskadelige stoffer til åer, søer og vandløb, som vist nedenfor (sammenlign med TABEL 1).

Udregnet reduktion, for hele Danmark

- ❖ Kvælstof: 97,1 tons/år (10% of 971 tons/år)
- ❖ Fosfor: 14,8 tons/år (10% af 148 tons/år)
- ❖ Bl₅: 304 tons/år (10% af 3.041 tons/år)

Bemærk, at ovenstående estimer af reduktion i udledning af miljøskadelige stoffer er baseret på projekthypotesen om en opnået effektiviseringseffekt på 10%, baseret på en gennemsnitseffektivisering af målinger fra 5 pumpestationer.

9. Projekt evaluering

Projektet estimerer, at projektløsningen Miljø SOS kan reducere udledning af miljøskadelige stoffer ifm. utilsigtede overløb, med 10% Dette er:

- ❖ reduktion, ved at kigge på pumpeeffektiviteten på "overløbspumpestationen" (PS3 i vores eksempel i FIGUR 6)
- ❖ reduktion, ved at kigge på pumpeeffektiviteten på pumpestationerne, der ligger umiddelbart foran "overløbspumpestationen" (PS1 og PS2 i vores eksempel i FIGUR 6)

Derudover har projektet identificeret følgende andre resultater:

- ❖ Potentiale for energibesparelser, grundet øget viden om interne pumpe- og anlægsforhold
- ❖ Stort potentiale for energibesparelse og øget effektivitet på især på dykkede applikationer, hvor tilstand og vibrationsniveauer ikke er direkte tilgængelig, synlig og hørbar

Projektet har ikke kunnet opnå de forventede 20% reduktion af miljøskadelige stoffer til øer, søer og vandløb. Der er pt. ikke evidens nok til på nuværende tidspunkt at konkludere, at den mulige opnåelige reduktion ved at implementere løsningen er >10%.

Derimod har projektet identificeret, at meget kan optimeres og effektiviseres, og opetiden kan øges, grundet det øgede indblik i proces og pumper, som Miljø SOS-løsningen giver. Derfor foreslår og anbefaler projektet, at der igangsættes et "next step", med fokus på såvel utilsigtede overløb samt energibesparelse. Se mere i næste afsnit.

10. Next step

Hypotesen er ikke blevet tilstrækkelig underbygget i projektet. Det er derfor ikke relevant på nuværende tidspunkt at snakke om en global udrulning af løsningen. Derfor anbefales næste step at være en fuld udrulning af løsningen i Tønder Forsyning med fokus på overløb:

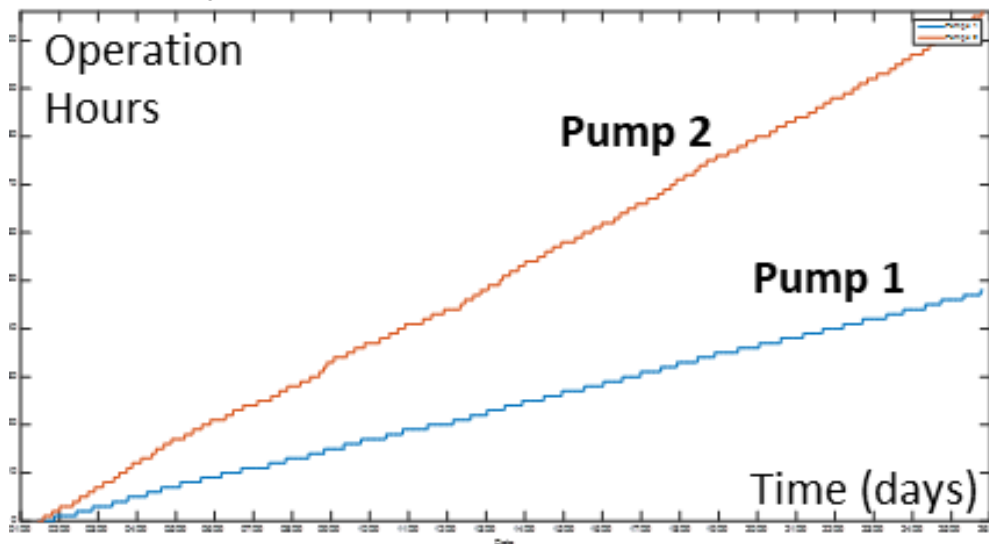
- 1) Alle pumpestreng og pumpestationer tilknyttet et overløbsbygværk identificeres, og pumperne har en EWA sensor monteret og Miljø SOS-løsningen installeret. Hos Tønder Forsyning er dette 35 overløbsbygværker, med i alt 70 pumper.
- 2) Der foretages en "før-måling" af alle pumperne, og det identificeres, hvilke pumper der skal serviceres og hvad der skal serviceres. Servicen udføres.
- 3) Det vurderes, hvilke pumper der kan køre oversynkront i forbindelse med overløb, dvs. med en hastighed større end 100%. Denne driftsform koster på et øget energiforbrug og en øget slitage. Dette implementeres.
- 4) Herefter køres en driftsfase på 1 kalenderår. Der udføres normal service i løbet af året. Pumpeeffektiviteten overvåges kontinuerligt, ligesom målet er at holde de redundante pumper lige effektive i hele driftsperioden.
- 5) Resultaterne evalueres, dvs. varigheden af udløb i projektfasen (1 års drift) sammenholdes med varighed af udløb i de foregående kalenderår. Der reguleres for nedbørsmængden.
- 6) Projektet slut-evalueres med fokus på Tønder Forsynings aktuelle udledning af kvælstof, fosfor og BI₅, herunder projektets opnåede reduktion af de nævnte udledninger.

Det anbefales, at der inddrages endnu en spildevandsforsyning i dette "next step", så der fås mere evidens bag data og konklusioner. Installationen skal følge fremgangsmåden som ovenfor beskrevet. Tønder Forsyning og den supplerende nye forsyning foreslås at køre to helt ens og parallelle forløb.

Bilag 1. Fieldtest resultater, effektivitet

Bilag 1.1 Pumpestation #1

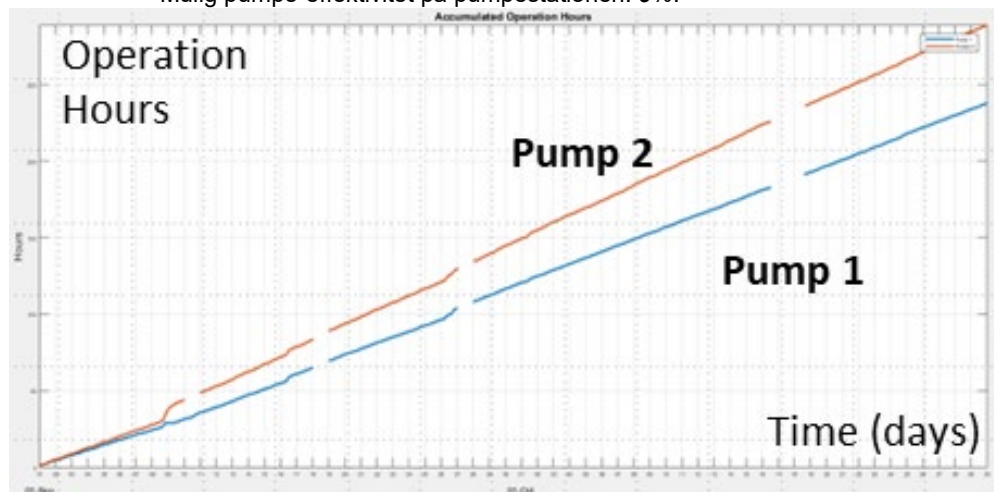
Mulig pumpe-effektivitet på pumpestationen: 37%.



Figur 22
Målinger med EWA sensor.

Bilag 1.2 Pumpestation #2

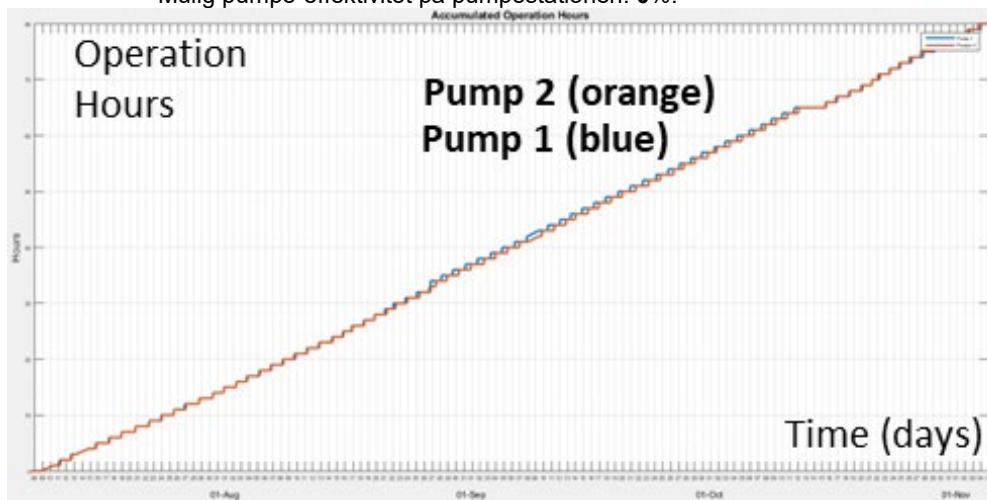
Mulig pumpe-effektivitet på pumpestationen: 9%.



Figur 23
Målinger med EWA sensor.

Bilag 1.3 Pumpestation #3

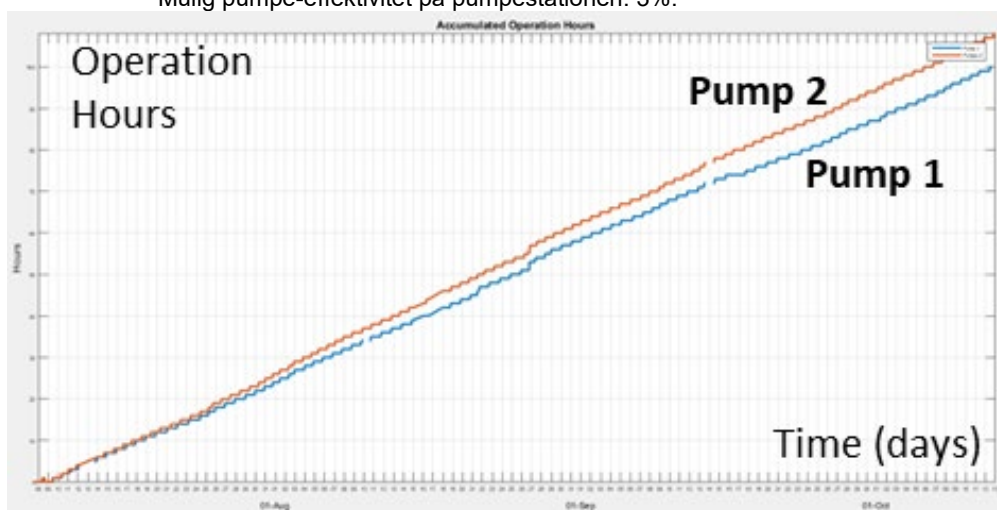
Mulig pumpe-effektivitet på pumpestationen: 0%.



Figur 24
Målinger med EWA sensor.

Bilag 1.4 Pumpestation #4

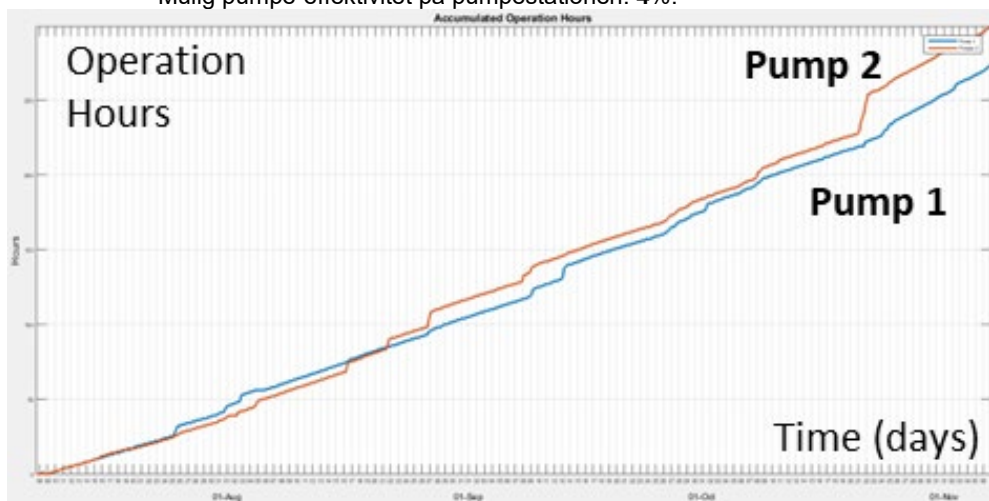
Mulig pumpe-effektivitet på pumpestationen: 3%.



Figur 25
Målinger med EWA sensor.

Bilag 1.5 Pumpestation #5

Mulig pumpe-effektivitet på pumpestationen: 4%.



Figur 26
Målinger med EWA sensor.

Bilag 1.6 Overview

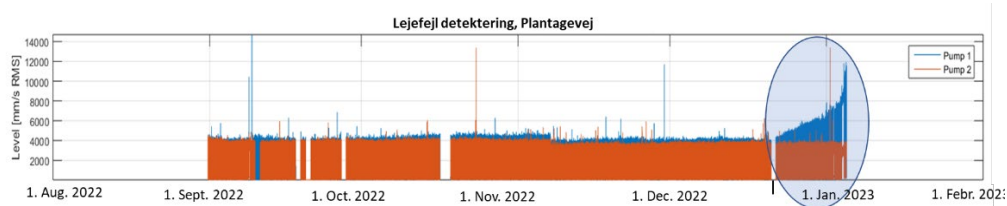
TABEL 6. Tabel med resultater fra de 5 pumpestationer

Operation hours	Puming station #1	Pumping station #2	Pumping station #3	Pumping station #4	Pumping station #5
Pump 1	48	236	80	100	275
Pump 2	105	282	80	107	300
Total, "today"	153	518	160	207	575
Øget effektivitet	(105-48) / 153	(282-236) / 518	(80-80) / 160	(107-100) / 207	(300-275) / 575
Reduceret Overflow	37%	9%	0%	3%	4%

Bilag 2. Lejefejls detektion



Figur 27.
Pumpestation, Plantagevej Tønder.

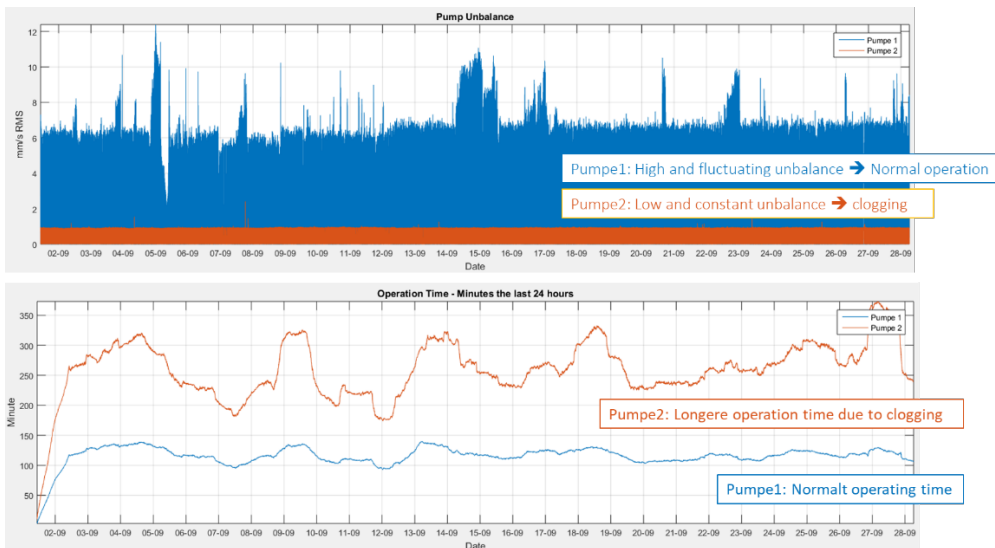


Figur 28.
Lejefejls detektion, pumpe 2.

Bilag 3. Pumpe effektivitet



Figur 29.
Pumpestation, Havneby Rømø (submerged).



Figur 30.
Måling af effektivitet, pumpe 1 og pumpe 2.

Miljø SOS

Miljø SOS løsningen reducerer udledninger af urensset spildevand til åer, søer og vandløb.

Der udledes årligt store mængder miljøskadelige stoffer til naturen, både fra renseanlæg og fra regnvandsbetingede overløb. Udledningen fra regnvandsbetingede overløb var i 2021 971 tons N (kvælstof), 148 tons P (fosfor) og 3.041 tons B15 (organiske stoffer).

Det er projektets målsætning at reducere denne utilsigtede udledning med 20% årligt, ved brug af Miljø SOS løsningen.

Miljø SOS sikrer, at pumper med forbindelse til overløb er i god stand og kører optimalt. Under kraftige regnvejr vil pumperne dermed kunne klare at bortlede mere spildevand, inden at et eventuelt overløb finder sted.

Miljø SOS løsningen er en end-to-end løsning, fra sensor til kundens Scada system. Løsningen er nem at installere og kan eftermonteres.

Udvikling og test af løsningen er sket hos og i samarbejde med Tønder Forsyning.

Tønder Forsyning har 35 overløbsbygværker.

Der findes omtrent 20.000 regnbetingede udløbspunkter i Danmark, hvoraf ca. 5.000 er overløbsbygværker, hvor der årligt udledes 150 mio. m³ opspædet spildevand



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk