



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Lattergasemissioner fra Fredericia Centralrenseanlæg

Revideret udgave

MUDP Rapport

Januar 2022

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Peter Daugbjerg Jensen,
Aja Brodal og Line Tovgaard,
Fredericia Spildevand og Energi A/S

Fotos:

Fredericia Spildevand og Energi A/S

ISBN: 978-87-7038-382-0

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

Indhold

1.	Indledning	4
1.1	Baggrund for projektet	4
2.	Introduktion	5
2.1	Fredericia Centralrenseanlæg	5
2.2	Montering og placering af sensorer	5
2.3	Idriftsættelse af onlinemåling, måleperiode og dataflow	7
2.4	Vedligehold, kalibrering og datavalidering og –processering	7
2.5	Overordnet Lattergas Emission	7
2.6	Økonomi	12
3.	Afrunding	13
3.1	Konklusion	13
3.2	Perspektivering	13

1. Indledning

1.1 Baggrund for projektet

Fredericia Spildevand og Energi A/S (FRSE) har en målsætning om at være CO₂-neutrale i 2030 (Strategikort for Fredericia Spildevand og Energi A/S, Bilag A). Kortlægningen af kilder til emissioner og mængder af klimagasser udføres bl.a. i regi af Danva's Benchlearningsforløb "CO₂ opgørelser for spildevandsselskaber".

FRSE valgte at indgå i MUDP's program: "Tilskud til måling og forsøg med reduktion af lattergas MUDP 2018", med projektet "Lattergasemissioner på Fredericia Centralrenseanlæg" for at blive i stand til at kvantificere udledning af lattergas fra rensningsanlæggets 4 biologiske tanke.

Denne rapport redegør for forløbet og resultaterne fra lattergasmålinger på Fredericia Centralrenseanlæg.

Projektet omfatter:

- a. Indkøb og installation af 2 Unisense lattergasmålere
- b. Vedligehold af målerinstallation
- c. Etablering og afprøvning af styring til emissionsbegrænsning
- d. Databehandling og indrapportering af emissionstal

Projektet blev tildelt 14. august 2018. Oprindeligt var projektet planlagt til at blive gennemført i perioden september 2018 til marts 2020, hvor selve målingerne skulle udføres i perioden medio 2019 – december 2019.

I juli 2019 blev projektet med MST' accept ændret som følger:

- Der installeres én N₂O-logger i stedet for de planlagte 2. Ændringen er begrundes i at FRSE er gået fra at have 2 tanke i hver proceslinje, til kun at have én tank i hver linje. Vi vil dermed kunne opnå det samme datasæt med brug af én sensor, og samtidigt lette arbejdet for vores procesafdeling med vedligehold, løbende kalibrering og overvågning af sensorerne.
- Projektet forlænges til september 2020. Dataopsamlingen påbegyndes til august 2019, og fortsætter til august 2020. Der indberettes dog stadig data per marts 2020, og igen ved projektets afslutning.

2. Introduktion

2.1 Fredericia Centralrenseanlæg

Fredericia centralrenseanlæg modtager spildevand fra hele Fredericia Kommune. Anlægget er dimensioneret til 420.000 PE, hvoraf ca. 50.000 PE svarer til borgerne i kommunen, mens det resterende er industrispildevand fra bl.a. bryggerier og mejerier. 60 – 80 % af spildevandet er koncentreret industrispildevand.

I 2019 modtog renseanlægget ca. 11.200 tons organisk stof, ca. 540 tons kvælstof og ca. 140 tons fosfor til behandling.

Centralrenseanlægget i Fredericia er et anlæg med fire procestanke i parallelle linjer, der fordeles ligeligt fra indløbet efter mekanisk rensning og biologisk fosforfjernelse og hvor kvælstofsfjernelsesprincippet er ved simultan denitrifikation. De fire procestanke har individuelle onlineanalysatorer for NH_4 , NO_3 og O_2 samt 2 fosforanalysatorer på de to parallelle linjer. Dette gør, at tankene kan styres/reguleres individuelt. Procestankene har bundbeluftning i ca. 2/3 af tankene. Se figuren herunder.



FIGUR 1 Oversigtsbillede over renseanlægget i Fredericia. Nord er op. Lattergassensoren er placeret ved rødt punkt.

Styringen af beluftningen sker ud fra måling af ilt, ammonium og nitrat vha. online analysatorer. Målingerne afgør længderne af hhv. den aerobe og anaerobe fase ud fra angivet setpunkt i en PLC. Hen over foråret 2020 er der implementeret EnviStyr for at opnå en yderligere optimering af denne setpunktsstyring.

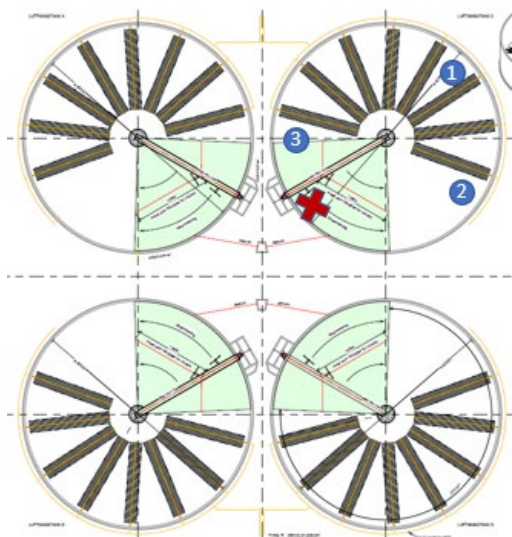
2.2 Montering og placering af sensorer

Der er på Fredericia Centralrenseanlæg målt i tank C som er en af i alt 4 tanke. En online N_2O Wastewater Sensor blev installeret midt i den beluftede zone. Tankene er 7 meter dybe og fuldt opblandet både under beluftningen og under denitrifikationen, hvor omrører effektivt cirkulerer procesvandet.

I udgangspunktet stod valget mellem 3 placeringer (Figur 2) hhv.:

- Position #1 er optimal ift. at lave en gennemsnitlig emissionsberegning
- Position #2 er optimal ift. at følge den anoxiske bidrag til lattergasemissionen
- Position #3 giver mulighed for at følge om lattergas skubbe over i den anoxiske del hvor den hvis der er kulstof nok vil kunne omsættes.

Sensorens placering er en afvejning af tilgængelighed ifm. med periodisk kalibrering og rengøring, samt valg af måleparametre. Position 1 og 2 er utilgængelige grundet beluftningstanke-nes konstruktion, og valget faldt derfor på position 3. I praksis blev sensoren ophængt fra servicebroen (markeret med rødt kryds, Figur 2). Selv området ligger uden for den direkte beluftningszone (mørke radiale markeringer, Figur 2), men omrøringen i tanken sikrer at beluftningszonen er forlænget nedstrøms servicebroen (Figur 3). Position #3 giver også en rimelig mid- delværdi for tankens N₂O koncentrationen som indgår i stripningsberegningen.



FIGUR 2 Oversigt over tanke og placering af sensor (rødt kryds)



FIGUR 3 Beluftning nedstrøms servicebro.

Sensoren er monteret i et beslag som er ophængt i en kæde monteret direkte på servicebroen. De fire procestanke modtager samme mængde og type af mekanisk behandlet spildevand til behandling. Dog kan tankene til samme tidspunkt være i forskudte faser mht. aerobe og anaerobe forhold. Setpunktsstyringen af de fire tanke er identiske. Derfor antages, at én tank er repræsentativ for alle fire tanke. På sigt skal det vurderes, om det vil give mening evt. at montere en lattergasmåler i de resterende tre tanke.

2.3 Idriftsættelse af onlinemåling, måleperiode og dataflow

Sensoren blev monteret medio august 2019 og dataopsamlingen blev påbegyndt 28. august 2019 og er fortsat frem til 15. august 2020. Dataopsamlingen fra lattergasmåleren blev fra start koblet direkte til SRO-systemet (IGSS) gennem Profibus. Lattergasemissionen er beregnet i SRO systemet i realtid og både den daglige N₂O og CO₂-ekvivalent emission (N₂O-N g/dag & CO₂-ekv./dag) er automatisk rapporteret i Excel format. I emissionsberegning, der følger beregningskompendiet fra Unisense Environment, indgår det målte luftflow (m³/time), beregnet KLa værdi, samt faste tal for tank dimensioner og volumen.

Den forlængede måleperiode betyder at der er opsamlet data efter etablering af et forfældnings basin som er idriftsat i juli 2020. En samlet oversigt over måleperiode og udvalgte hændelser fremgår af Tabel 1

2.4 Vedligehold, kalibrering og datavalidering og – processering

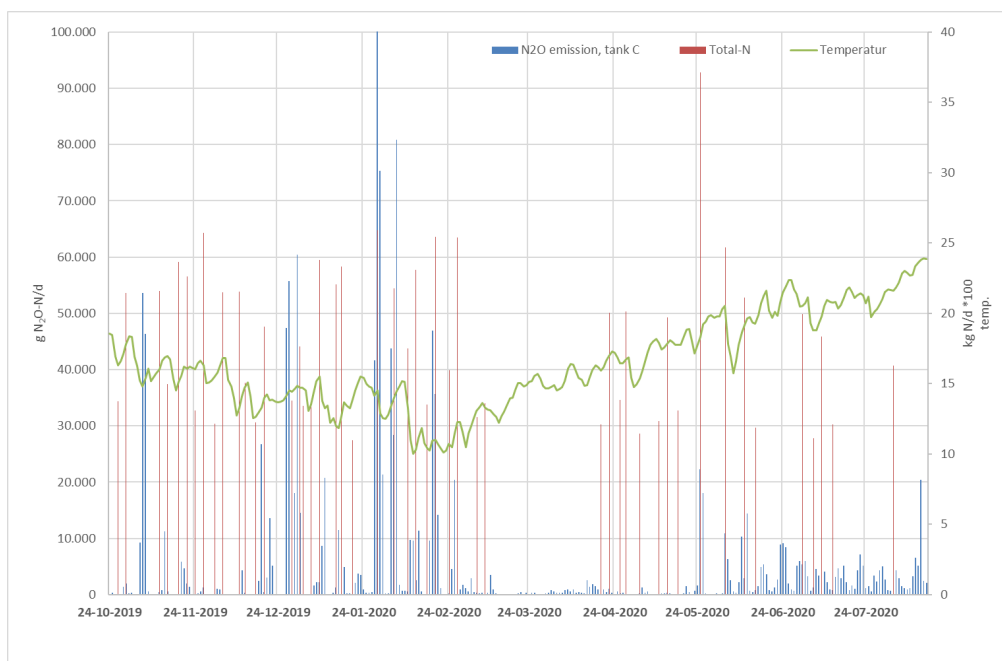
Sensoren har været vedligeholdt under en standard service kontrakt, hvor der ½-årligt er skiftet sensorhoved og i mellemtiden har personalet på Fredericia Centralrenseanlæg efter instruktion kalibreret sensoren rutinemæssigt mindst hver 2. måned jf. anvisningerne fra Unisense. Yderligere blev der foretaget kalibreringer når vandtemperaturen var ændret med mere end 3°C og dette faldt udenfor de planlagte kalibreringer. I forbindelse med kalibreringen blev sensoren også rensset for evt. urenheder. Selve kalibreringen af sensorerne har taget ca. 30 min. pr. gang.

2.5 Overordnet Lattergas Emission

Den rapporterede lattergas- og emissionsmåleperiode er 296 dage med fuld drift af online N₂O målinger. Emissionerne er beregnet fra historiske 5 minutters data.

TABEL 1 Oversigt over belastning af renseanlæg, koncentrationer i udløb og temperatur samt iltkoncentrationer i tank C i måleperiode

	Indløb total					Udløb				Tank C		
	Flow	COD	COD	Total-N	Total-N	Flow	COD	Total-N	Total-N	Luftflow	Iltkonc.	Temperatur
Minimum	14.684	252	17.451	15	1.100	11.243	21,0	2,0	46	20.385	0,37	10,0
Maksimum	92.188	1.652	44.196	166	3.713	129.345	58,0	29,2	534	170.358	3,03	23,9
Middelværdi	31.280	971	27.385	64	1.802	30.587	41,0	4,7	132	61.733	0,92	16,4
Median Værdi	25.998	938	27.848	59	1.758	23.761	41,0	4,2	101	57.794	0,82	15,9



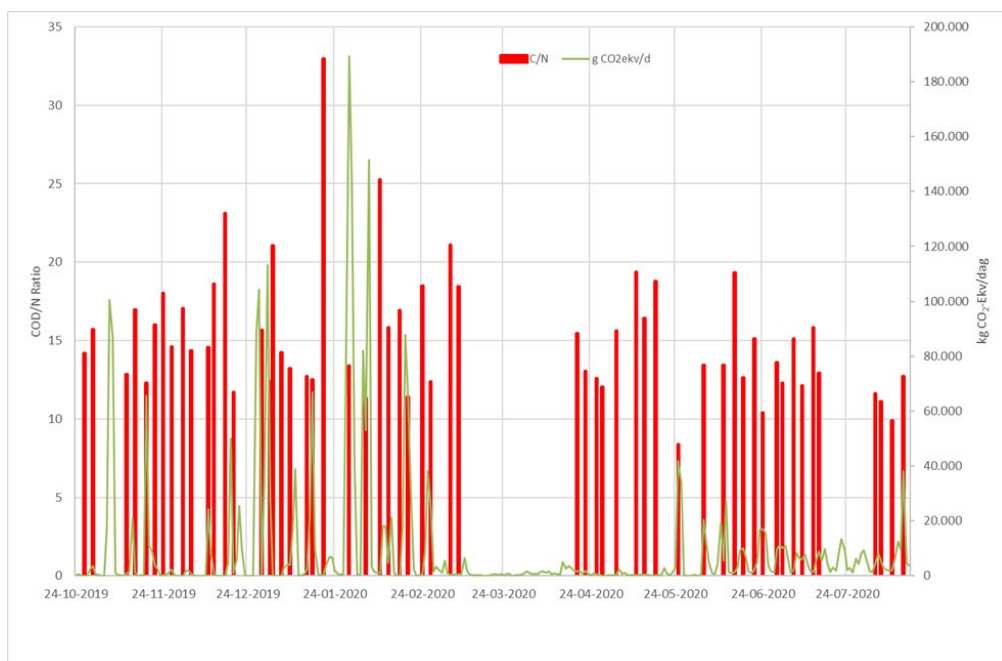
FIGUR 4 N2O emission, total N og temperatur

I tabel 2 er nedre og øvre målte N2O-N koncentrationer (mg-N/L) angivet sammen med middel og median-værdierne for samme. Generelt er N2O-N koncentrationer lave med en middel-værdi på 0,08 mg-N/L, og samtidig viser median på 0,01 mg-N/L at langt det meste af tiden er N2O-N koncentrationerne meget tæt på nul. Dermed er der også en meget lave emission fra procestank C. De andre 3 procestanke er belastet til samme grad som tank C. Under denne antagelse er der herunder udregnet emissionsfaktorer for hele anlægget.

TABEL 2 Nedre og øvre målte N2O-N koncentrationer (mg-N/L) samt middel og median-værdierne for samme.

	N2O emission, tank C N2O-N (g-n/d)	N2O konc., tank C N2O-N (mg-n/L)	N2O udledning pr. fjernet N % N2O-N/T-Nfjernet	% N2O af Ntot (indløb total) % N2O-N/T-Nindløb	CO2ekv Emission kg CO2ekv/d	COD/N ratio
Minimum	0	0,00	0,0%	0,0%	0	8
Maksimum	101.078	1,38	17,7%	15,6%	189.334	33
Middelværdi	4.973	0,08	1,4%	1,2%	9.315	15
Median Værdi	744	0,01	0,3%	0,2%	1.393	14

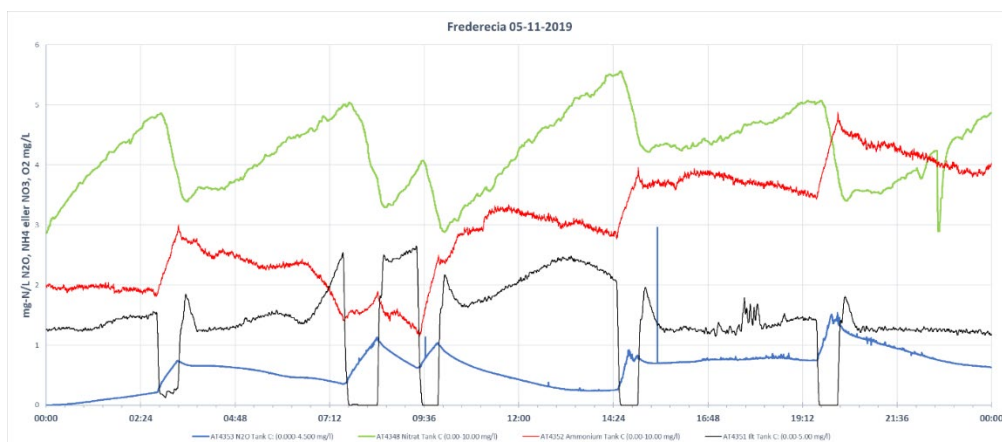
Den samlede CO2-ækvivalent emission er for alle 4 tanke i måleperioden beregnet til 2.767 Ton CO2ekv svarende til en emission på 1,24% af N-total i indløbet og 1,39% af N-total renset. Denne emissionsfaktor er noget højere end den nuværende nationale emissionsfaktor på 0,84% af N-total i indløbet. Ekstrapoleret til et helt år er den samlede CO2-ækvivalent emission beregnet til 3.400 Ton CO2ekv/år.



FIGUR 5 C/N forhold og CO2 ekv/dag i måleperioden.

Fokusperiode 1:

På figur 6 er vist et fokusområde tidligt i måleperioden, hvor der ved en fejl blev udtaget for meget slam fra processen. Dermed faldt MLSS i tanken resulterende i en stigende ammoniumbelastning. Både ammonium, nitrat og lattergas stiger kraftig fordi processen ikke kunne følge med belastningen. Grundet den høje belastning var der beluftning på tanken i størstedelen af tiden.



FIGUR 1 Periode med højt slamudtag

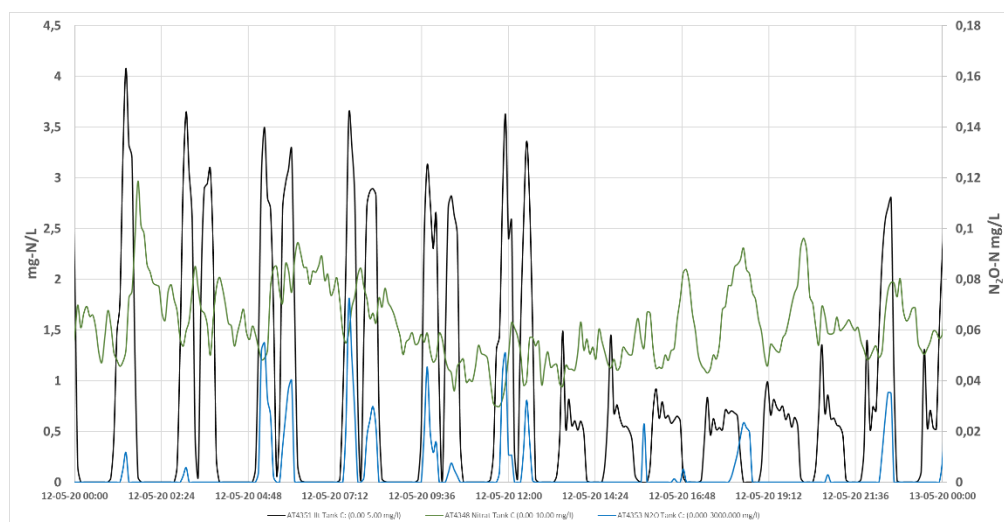
Det er tydeligt at processen ikke kan følge med og ammoniumomsætningen er næsten lig med ammonium der kommer ind (der er ilt på hele tiden og ammonium stiger). Nitraten bliver ikke omsat da der ikke er iltfrit ret længe. Dermed er der høj NO3 det meste af tiden.

Når NO3 denitrificeres så ender det som lattergas, da bakterierne prioriterer at omsætte NO3 til NO2 og NO2 til N2O frem for hele vejen til N2, da dette giver bakterierne mere energi. Lattergassen fastholdes eller stiger derfor både under nitrifikationen, hvor den samtidig strippest til atmosfæren, samt under denitrifikationen, hvorefter den strippest i den efterfølgende luftningsfase.

Lattergassen vil først falde når NO_3 bliver mindre omsat. Den manglende slam (MLSS) vil sandsynligvis være årsagen, da der er rigeligt med ilt, men ikke bakterier nok per volumen til at omsætte ammoniummen. Det får betydning for klimaregnskabet, samt for økonomien pga. den øgede udledte kvælstofmængde. Der er sandsynligvis ikke COD mangel for nitratoptagsraten er ganske hurtigt.

Fokusperiode 2:

En typisk periode til at eksemplificere lattergasudviklingen på Fredericia Centralrenseanlæg er vist i figur 7. Lattergasudviklingen (blå kurve) er drevet af beluftning og dannes under omsætningen af ammonium (ikke vist da sensoren er ude af drift) og er generelt højere, om end stadig meget lav. Modsat fokusperiode 1, er der i denne periode normalt MLSS-indhold og da der er denitrifikationskapacitet nok, forsvinder N_2O med det samme når ilt niveauet falder (sort kurve)

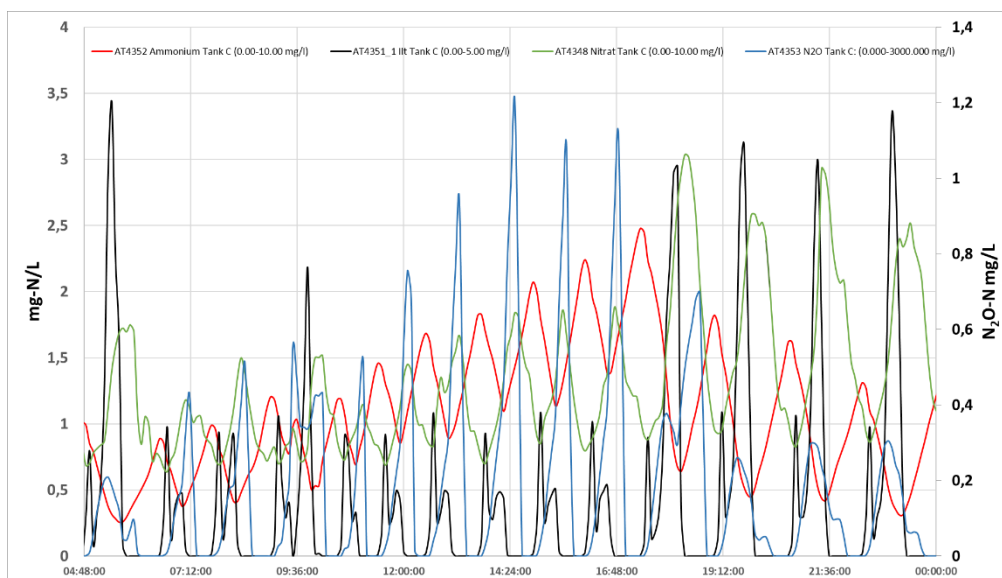


FIGUR 7 Eksempel på lattergasudvikling

Fokusperiode 3:

Data for Fokusperiode 3 er valgt efter at det primære trin til COD-høst er igangsat. I den målte periode er der en meget fin sammenhæng mellem lattergas (blå kurve) og nitrat (grøn kurve). Data viser en tendens til stigende lattergasproduktion ved øget nitratkoncentration, men primært at de to følges ad.

En vigtig note i dette eksempel er at lattergasdannelsen er afhængig af omsætningen af ammonium, hvor der samtidig er forhøjede ammonium og nitrat koncentrationer. Sammenlign for eksempel den stigende NH_4 , NO_3 og N_2O frem til kl. 17:30, hvorefter ammoniummen igen falder og lattergassen følger med ned. Dette tyder på at nitrit dannes under nitrifikationen og denitrificeres direkte af AOB'erne til N_2O . Dette kan finde sted under lave iltkoncentrationer.

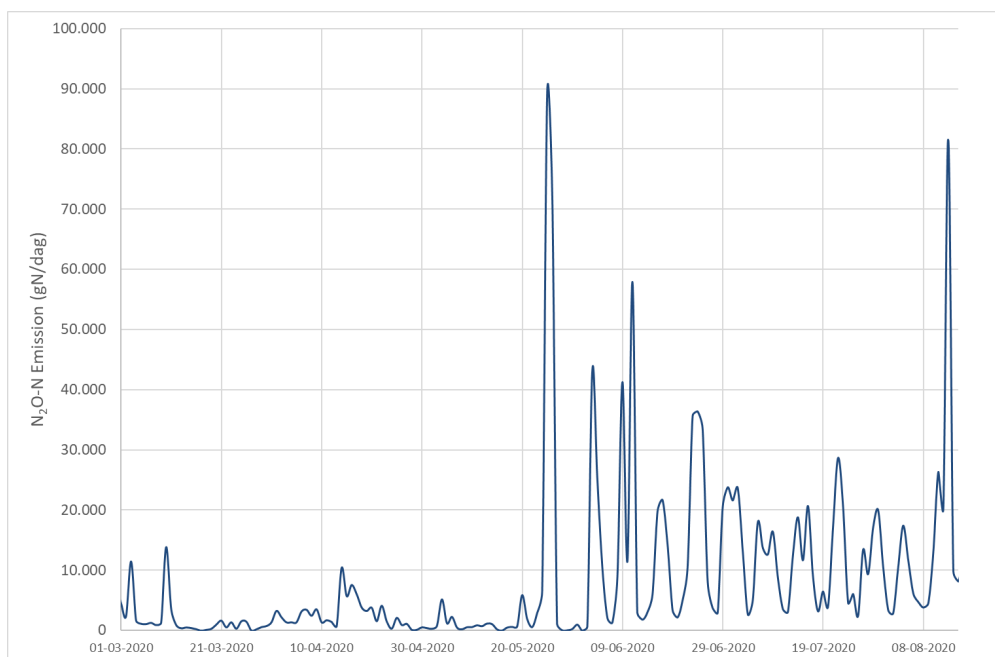


FIGUR 8 Lattergasudvikling efter opstart af primært fældningstrin.

Fokuspunkt 4:

Den 16. juni 2020 påbegyndtes idriftsættelsen af det primære trin til øget kulstofhøst på Fredericia Centralrenseanlæg efter 2 uger med drift i dagtimerne. Der er i projektet fokuseret på at følge lattergasproduktionen før og efter implementeringen af det primære trin og på figur 9 er vist en 3-måneders periode inden (01.03.2020 – 24.05.2020) og 2 måneder efter idriftsættelsen (16.06.2020 – 15.08.2020). De store peaks i lattergasemissionen i slutningen af maj og start juni skyldes en kraftig kvælstofforurening i oplandet.

I perioden før den øgede kulstofhøst (01.03.2020 – 24.05.2020) er der en gennemsnitlig daglig N₂O emission på 2.052 g N₂O-N/dag. I perioden efter start på øget kulstofhøst (16.06.2020 – 15.08.2020) er den gennemsnitlige daglige N₂O emission på 13.871 g N₂O-N/dag, svarende til en CO₂ekv. forøgelse på godt 2.020 ton/år. For at udligne emissionen foranlediget af den øgede kulstofhøst skal der produceres mindst 13.467 MWh/år. I beregningen er brugt en værdi for CO₂-udledningen på 150 g. pr. kWh (Energinets miljødeklaration, 2019).



FIGUR 9 Lattergasproduktionen før og efter implementeringen af primært fældningstrin.

2.6 Økonomi

Omkostningerne ved at etablere og drive målesystemet kan opdeles i indkøb, timer til drift og vedligehold samt timer til databehandling. I nedenstående er udgifter til udstyr opgjort på baggrund af fakturaer, og timer er estimeret på baggrund af timesedler.

TABEL 3 Omkostninger (kr.) til etablering og drift af ét målesystem i projektperioden.

Emne	Udgift, DKR ex. moms
Wasterwater Controller mv., Unisense	74.900
Tilbehør til Wasterwater Controller, Unisense	10.900
Div. Rådgivning, Unisense	11.440
Kabling, SRO mv.	42.232
Diverse småudstyr	273

3. Afrunding

3.1 Konklusion

- Den samlede beregnede CO₂ekv emission for alle 4 tanke er i måleperiode beregnet til 2.767 ton CO₂ekv svarende til en emission på 1,24% af N-total i indløbet og 1,39% af N-total i det rensede spildevand. Denne emissionsfaktor er noget højere end den nuværende nationale emissionsfaktor på 0.84% af N-total i indløbet.
- Ekstrapoleres data fra måleperioden til et helt år kan den samlede CO₂-ækvivalent mission beregnes til 3.400 Ton CO₂ekv
- I perioden efter forøgede kulstofhøst er der en gennemsnitlig daglig N₂O emission på 13.871 g N₂O-N/dag, svarende til en CO₂ekv. forøgelse på godt 2.020 ton/år. For at udligne emissionen foranlediget af den øgede kulstofhøst skal der produceres mindst 13.467 MWh/år.
- Under lave iltkoncentrationer tyder det på at nitrit dannes under nitrifikationen og denitrificeres direkte af AOB'erne til N₂O.

3.2 Perspektivering

FRSE er i gang med at implementere EnviStyr på renseanlægget og projektet har vist at måling af lattergas med det anvendte system giver et godt udgangspunkt for at få optimeret styringerne af procestankene i forhold til at reducere emissionen af lattergas

Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at afgøre hvor stor en andel af det samlede klimaaftryk hos FRSE der udgøres af lattergas, men data fra denne undersøgelse vil indgå i det igangværende arbejde med at kortlægge klimaaftrykket hos FRSE.

Lattergasemissioner fra Fredericia Centralrenseanlæg

Fredericia Spildevand og Energi A/S (FRSE) har en målsætning om at være CO₂-neutrale i 2030, og det er bl.a. på den baggrund, at FRSE valgte at indgå i MUDP's program: "Tilskud til måling og forsøg med reduktion af lattergas MUDP 2018". Formålet var at blive i stand til at kvantificere udledning af lattergas fra rensningsanlæggets 4 biologiske tanke.

Denne rapport redegør for forløbet og resultaterne fra lattergasmålinger på Fredericia Centralrenseanlæg.

Fredericia centralrenseanlæg modtager spildevand fra hele Fredericia Kommune. Der er tale om et stort anlæg, som er dimensioneret til 420.000 PE (personækvivalenter), og 60 – 80 % af spildevandet er koncentreret industrispildevand.

Forsøgene på Fredericia Centralrenseanlæg indikerer, at anlægget har en højere lattergasemission i forhold til belastningen med N-total, når man sammenligner med den nuværende nationale emissionsfaktor. Forsøg med øget kulstofhøst viser derudover en betragtelig stigning i lattergasemissionen, og derfor må man i lattergasstyringen sammenholde den øgede lattergasemission med den øgede produktion af energi som følge af kulstofhøsten.

I projektet er andre parametres betydning for lattergasemissionen blevet undersøgt, og forsøgene indikerer bl.a., at lave iltkoncentrationer kan forårsage øget lattergasemission.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk