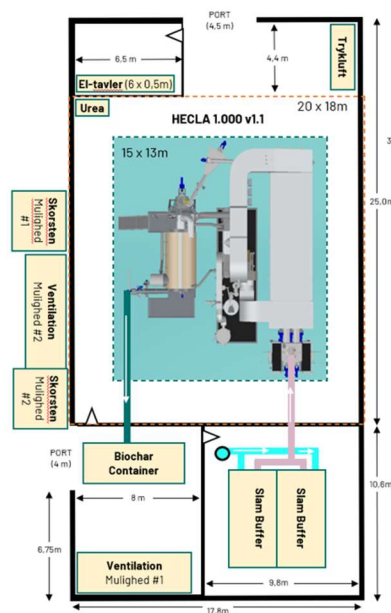


Den 27. oktober 2023



LEMVIG PYROLYSEANLÆG PROJEKTBEKRIVELSE

Dokumentet er udarbejdet af Lemvig Vand A/S

Dato: 18.10.2023

Kvalitetssikring Aquagreen: Michael Dehn Christensen m.fl.

Indhold

1	Om Lemvig Vand A/S	4
2	Formål og kort projektbeskrivelse.....	4
2.1	Målsætninger	5
3	Nuværende håndtering af spildevandsslam.....	5
3.1	Status	5
3.2	Harboøre renseanlæg.....	6
3.3	Lemvig – tungmetaller	10
3.4	Lemvig – miljøskadelige stoffer.....	10
4	Plan – Nyt slambehandlingsanlæg på Harboøre renseanlæg.....	11
4.1	Fremtidig slamhåndtering	11
4.2	Fremtidig belastning på Harboøre renseanlæg.....	11
4.3	Beskrivelser af ændringer der foretages i bygninger og arealer på Harboøre renseanlæg.....	11
4.4	Skorsten.....	14
4.5	Beskrivelse af trafikale ændringer.....	15
4.6	Forsyninger	15
4.7	Råstoffer og mellemprodukter	16
4.8	Produkter og deres anvendelse	16
4.9	Affald	16
4.10	Støv, støj og vibrationer	16
4.11	Lugt.....	17
4.12	Ventilation	17
4.13	Nødstop og alarmering.....	17
4.14	Brand	17
4.15	Brandteknisk rådgivning og byggetilladelse	17
4.16	Konklusion	18
5	Tidsplan for anlægsfasen og drift	18
6	Leverandørens tekniske redegørelse	19
6.1	Afvandet slam.....	19
6.2	DTP-anlægget	20
6.3	Tørring ved overhedet damp.....	20
6.4	Pyrolyseovn	21
6.5	Pyrolysegasbrænder	21

6.6	Vandstrømme	22
6.7	Røggassen	22
6.8	Pyrolysegas produktion ved nødstop	23
6.9	Massestrømme og deres sammensætning	23
6.10	Massebalance og stofbevægelser i tørrings- og pyrolyseprocessen	24
6.11	Miljøskadelige stoffer og metaller	27
6.12	Næringsstoffet, fosfor, og dets plantetilgængelighed	28
6.13	Tungmetaller	28
6.14	Flourstoffer (PFAS-forbindelser).....	29
6.15	Organiske miljøskadelige stoffer, herunder medicinrester og mikroplast.....	30
7	Bilag A – Slamanalyser fra Højvang	31
8	Bilag B – Slamanalyser fra AquaGreen	37
9	Bilag C – Bygningstegninger af eksisterende slamlagerhal	39
10	Bilag D – Ventilatorer og lydtryksniveauer	41
11	Bilag E – Procesdiagram for DTP-anlæg (fortrolig) – særskilt vedhæftet!	44
12	Bilag F – White paper: PFAS elimination by Pyrolysis	45

1 Om Lemvig Vand A/S

Lemvig Vand A/S (LV) ønsker fokus på at maksimere udnyttelsen af den biomasse, som de modtager og har ansvaret for at forvalte på en økonomisk og miljømæssig bæredygtig måde til gavn for både deres interessenter og miljøet. Samtidig er det visionen, at LV skal inspirere danske og udenlandske forsyninger, og således bidrage til grøn vækst og sætte sig selv på "verdenskortet" ved at gå forrest inden for innovative løsninger til reduktionen af CO₂.

Forsyningsens kerneopgave er at sikre rent drikkevand, opsamle og rense spildevand samt aflede regnvand på den mest økonomiske, miljørigtige og klimavenlige måde. Forsyningen driver i dag to renseanlæg i Lemvig Kommune (Lemvig Renseanlæg samt Harboøre Renseanlæg). Lemvig Renseanlæg vil med tiden blive nedlagt, og det er hensigten, at slammet fra Lemvig skal transporteres til Harboøre Renseanlæg for at blive behandlet på Harboøre Renseanlæg med en samlet mængde på ca. 800 tons tørstof årligt. Alt slam i Lemvig kommune bliver i dag kørt på landbrugsjord, men vil fra idriftsættelse af det nye anlæg i 2024 blive behandlet på Harboøre Renseanlæg.

2 Formål og kort projektbeskrivelse

I Forsyningsens 2025 selskabsstrategi er visionen at være en nationalt anerkendt vandforsyningsvirksomhed, der "sikrer højkvalitets drikkevand og renser spildevand effektivt, til konkurrencedygtige priser" (Strategi (lvs-as.dk)). Forsyningen har en ambition om at skabe robuste løsninger, som er innovative og på forkant med udviklingen. Forsyningen ønsker at skabe synlig værdi for kommunen og gennem prioriterede indsatsere reducere miljøbelastning, være klima-positive senest i 2030 og bidrage til den grønne omstilling.

Ligeledes forventes det, at dette projekt vil bidrage til blandt andet følgende på FN's 17 verdensmål:



Recirkulere essentielle gødningsstoffer som fosfor



Beskytte grundvandet mod miljøfremmede stoffer som mikroplast, medicinrester og tjærerester



Anvende slammets eget energiindhold til at drive processen samt producere bæredygtig energi til lokal opvarmning eller fjernvarme



Reducere drivhusgasemissioner ved at lagre kulstof i biochar samt undgå udledning af potente drivhusgasser fra slam udbragt på landbrugsjord

LV ønsker at behandle deres slamprodukter på en miljørigtig, bæredygtig måde og med en løsning, der også er økonomisk bæredygtig. LV har derfor besluttet at implementere et kombineret damptørre- og pyrolyseanlæg (DTP-anlæg), som oparbejder spildevandsslam til biochar og termisk energi. Biochar kan anvendes som et fosforholdigt gødningsprodukt med jordforbedrende egenskaber, eller ved en efterbehandlingsproces videreføres til aktivt kul, som kan anvendes som et filtermateriale til f.eks. fjernelse af medicinrester fra udløbsvand eller til eliminering af lugtgener. Damptørre-teknologien med tilhørende pyrolyse er nyudviklet og pt. findes der kun få anlæg af sin art i kommerciel drift.

Slammet kan indeholde miljøskadelige stoffer i form af mikroplast, medicinrester og tungmetaller. Det nye slambehandlingsanlæg bevarer de værdifulde ressourcer som f.eks. fosfor og kalium i slutproduktet som kaldes biochar. Overskudsenergien fra slambehandlingen bliver genanvendt i tørringsprocessen. Biochar vil bl.a. kunne anvendes som en værdifuld og lugtfri gødning på landbrugsjorden. Det nye slambehandlingsanlæg er planlagt idriftsat til september 2024.

Ved etableringen af slambehandlingsanlægget undgår LV at sprede slam på landbrugsjord, hvor den mindre koncentration af eventuelt naturligt forekommende miljøskadelige stoffer som cadmium, nikkel og lignende bliver spredt ukontrolleret på landbrugsjord. Herudover tilbyder teknologien store klimagevinster, mulighed for at genanvende ressourcer som f.eks. fosfor, samt mulighed for at producere bæredygtig energi.

Slammet, der skal behandles på DTP-anlægget, stammer fra LV's eget renseanlæg i Harboøre samt fra Lemvig Renseanlæg.

Kapacitets- og energibalanceberegninger viser, at LV's nuværende behov for tørring og pyrolysning kan dækkes af et HECLA Setores 1.000 anlæg, der skal håndtere 800 ton slam (tørstof). Anlægget placeres i en eksisterende slamhal, der tilpasses formålet, hvilket inkluderer etableringen af en ny skorsten til afkast af røggasser.

2.1 Målsætninger

Målsætningerne med dette projekt er at præsentere en løsning, der medvirker til at understøtte:

- Begrænsning af miljøbelastning fra håndteringen af LV's spildevandsslam ved fjernelse eller styring af miljøskadelige stoffer så som mikroplast, sæberester, medicinrester og naturligt forekommende tungmetaller.
- At fosfor, kulstof og andre næringsstoffer recirkuleres på en bæredygtig måde.
- At nedbrydningen af jordens beskyttende ozonlag reduceres
- At leve op til FN's verdensmål.
- Lugtgenerne ved at omdanne lugtende vådt slam til et lugtfrit tørprodukt reduceres.
- At benyttelse af termisk tørring ved brug af overhedet damp i et lukket kredsløb, hvor den anvendte energi genvindes ved kondensering af det afdampede vand fra det tørrede slam, og hvor lugtgener elimineres.
- At spildevandsslam nyttiggøres og overskudsvarme fra processen genvindes.
- At der sikres et godt arbejdsmiljø ifm. slamhåndtering.

3 Nuværende håndtering af spildevandsslam

3.1 Status

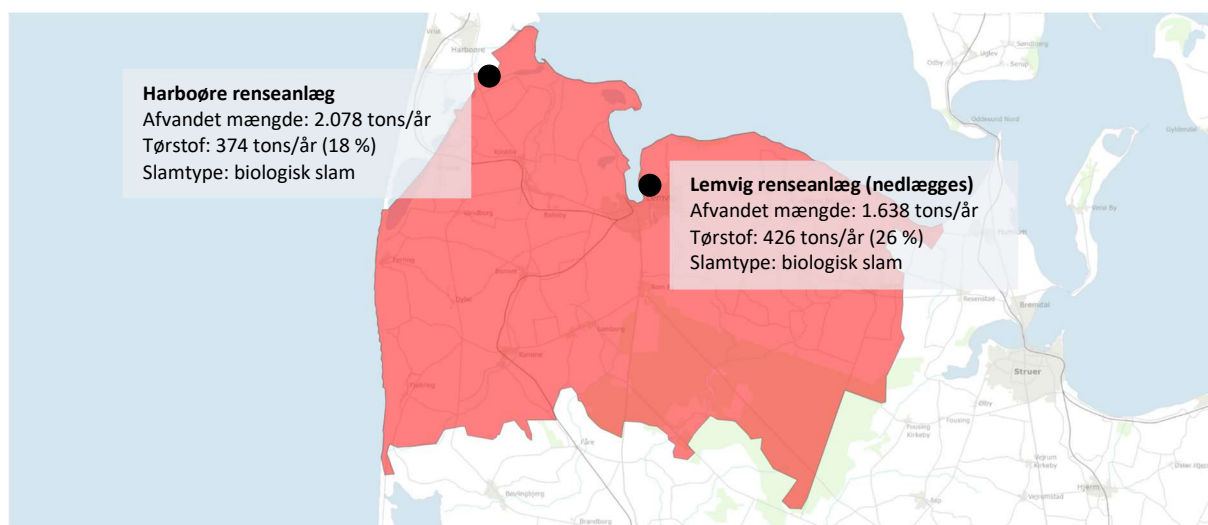
Lemvig Vand driver to renseanlæg i Lemvig Kommune, som opsummeret i tabel 1.

Tabel 1: Basis tørstofmængder, Lemvig Vand.

Anlæg	Type ¹	PE-kapacitet	Årlig tons tørstof	Tørstof %	Afvandet slam (tons)	Slam klasse	Disponering (DKK/ton)	Kommentar
Harbøre Renseanlæg	MBNDK	80.000	374	18,0%	2.078	A	400	
Lemvig Renseanlæg	MBNDK	70.000	426	26,0%	1.638	A	400	Basis 2024

1) M= Mekanisk, B= Biologisk, N= Nitrificering, D=Denitrificering, K = Kemisk, F = Filter, L = Lagune
Forsyningens nuværende renselanlæg er placeret i den del af kommunen, som kan ses på oversigtskortet nedenfor (markeret med sort prik).

Figur 1: Oversigtskort.



3.2 Harbøre renselanlæg

Harbøre Renseanlæg har en årlig kapacitet på 80.000 PE og udbygges til at håndtere alt spildevand fra Lemvig kommune, som også beskrevet i lokalplan 211, side 7. Anlægget har MBNDK rensning (Mekanisk, Biologisk, Nitrificering, Denitrifikation, Kemisk) og vil fra 2024 producere årligt 800 tons tørstof, der køres til landbrugsjord.

Lokalplan 211 fra august 2020 inddeler planområdet i fire delområder. Som det ses på billedet nedenfor, ligger renselanlægget omgrænset af landbrugsarealer og er placeret nær Harbøre Genbrugsplads (Delområde II). Lokalplanområdet grænser mod øst op til det fredede, Plet Enge.

Figur 2: Lokalplan 211.



 Lokalplanafgrænsning

LOKALPLAN 211

I Delområde I må etableres anlæg i tilknytning til Harboøre Renseanlæg og udvidelse af anlægget, administrationsbygninger, lagerhaller m.m. Delområde III er udlagt til udvidelse af renseanlæg, genbrugsstation eller til etablering af øvrige samfundsnyttige tekniske anlæg. Delområde IV er udlagt som P-areal ved renseanlægget.

I Delområde I kan være kontor- og mandskabsbygninger, materielgård, maskinhus, værksted, pumpestationer, redskabsskure, lagerhaller for oplag af slam, olie- og kemikalieaffald, garager, tekniske rense- og behandlingsanlæg, siloer og lign. Der må bygges i en højde på maksimalt 8,5 meter. Skorstene kan efter godkendelse fra Lemvig Kommune have en højde på over 8,5 meter.

3.2.1.1 Slam afvanding og transport

Forsyningen slutaftvander slammet via en dekanter. Dette foregår i slamafvandingsbygningen (billede 1). Slammet pumpes til en opkoncentreringstank, inden dette ledes til dekanteren (billede 2). Efter afvanding kan det afvandede slam føres enten til container eller excentersnekkepumpe (billede 3). Normal procedure er, at slammet ledes til excentersnekkepumpen, som pumper slammet ud i en af de to slamtransportledninger, der går ud i slamlagerhallen (billede 4). Slammet leveres til slamlagerhallen via et såkaldt muldvarpeskud i gulvet, hvor slammet trykkes ud til siderne og oplagres i den store slamhal, indtil det afhentes af eksterne disponeringspartnere (billede 5 og 6). Tidspunkt for afhentning af slammet er fastlagt af de givne regler for udbringning på landbrugsjord.

Slammet er i øjeblikket klassificeret som A-slam og køres i dag på landbrugsjord. Det biologiske slam er analyseret til at have en tørstofprocent på mellem 16-26%, som ses i de tre seneste rapporter fra Højvang Laboratorier (Bilag A). Resultaterne tørstofmålingerne er verificeret af AquaGreens analyserapporter (Bilag B).

Figur 3: Slamaftvanding og transport.



Inden slammet udspreddes på landbrugsjord er det håndteret og analyseret efter bestemmelserne i Bekendtgørelse nr. 1001 af 27. juni 2018 om anvendelse af affald til jordbrugsformål - i daglig tale omtalt som "Slambekendtgørelsen".

Slambekendtgørelsen foreskriver analysekrav for 7 stk. tungmetaller og 4 forskellige grupper af miljøskadelige stoffer, samt indhold af kvælstof, forfor og tørstof. Analyseværdierne skal overholde de tørstofrelaterede eller fosforrelaterede grænseværdier for tungmetallerne Cadmium, Kviksølv, Bly og Nikkel. Alle øvrige stoffer skal overholde de tørstofrelaterede grænseværdier.

3.3 Lemvig – tungmetaller

Forsyning får løbende foretaget analyser af slammets indhold af tungmetaller og andre bestanddele. Herunder er angivet 3 analyseresultater fra Harbøre Renseanlæg samt 3 analyseresultater fra Lemvig Renseanlæg sammenholdt med slambekendtgørelsens grænseværdier i forhold til udbringning på landbrugsjord.

Tabel 2: Gennemsnitsværdier af tørstofrelaterede tungmetaller i måleperioderne.

	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg tørstof
	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Kviksølv	Nikkel	Zink
Harbøre 13/7 2022	7,8	0,58	12,0	110	0,15	11,0	380
Harbøre 6/5 2022	9,6	0,84	14,0	110	0,44	15,0	380
Harbøre 18/3 2022	11,0	1,00	13,0	110	0,42	15,0	360
Lemvig 15/3 2022	12,0	2,20	14,0	82	0,57	23,0	330
Lemvig 16/11 2021	12,0	0,75	10,0	65	0,60	20,0	280
Lemvig 28/9 2021	14,0	0,97	11,0	64	0,43	22,0	280
Gennemsnit	11,07	1,06	12,33	90,17	0,44	17,67	335
Grænseværdi	120	0,8	100	1.000	0,8	30	4.000

Som det fremgår af ovenstående Tabel 2, overskrides grænseværdien for cadmium på den absolutte værdi, hvorimod værdien set i relation til fosforværdien er under grænseværdien i Tabel 3.

Tabel 3: Gennemsnitsværdier af fosforrelaterede tungmetaller i måleperioderne.

	mg pr. kg TP	mg pr. kg TP	mg pr. kg TP	mg pr. kg TP
	Bly	Cadmium	Kviksølv	Nikkel
Harbøre 13/7 2022	350	26,4	6,8	500
Harbøre 6/5 2022	460	40,0	21,0	710
Harbøre 18/3 2022	500	45,5	19,1	680
Lemvig 15/3 2022	180	32,8	8,5	340
Lemvig 16/11 2021	180	11,2	9,0	300
Lemvig 28/9 2021	210	14,3	6,3	320
Gennemsnit	200	23,48	9,67	400
Grænseværdi	10.000	100	200	2.500

3.4 Lemvig – miljøskadelige stoffer

I lighed med tungmetallerne, er der heller ikke indenfor de miljøskadelige stoffer målinger, der ligger over grænseværdierne i "Slambekendtgørelsen".

Tabel 4: Gennemsnitsværdier af miljøskadelige stoffer i måleperioden.

	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg tørstof
Anlæg	LAS	PAH	DEHP
Harboøre 13/7 2022	< 50	0,06	0,79
Harboøre 6/5 2022	< 50	0,13	0,58
Harboøre 18/3 2022	71	0,10	< 0,50
Lemvig 15/3 2022	51	0,82	3,30
Lemvig 16/11 2021	100	3,00	1,30
Lemvig 28/9 2021	120	0,27	3,20
Grænseværdi	1.300	3	50

4 Plan – Nyt slambehandlingsanlæg på Harboøre renseanlæg

4.1 Fremtidig slamhåndtering

Anlægget vil blive dimensioneret til en årsproduktion svarende ca. 800 tons slamtørstof, hvilket svarer til ca. 3,716 tons afvandet slam (TS=21,8%), der forventes at resultere i ca. 350 tons biochar.

4.2 Fremtidig belastning på Harboøre renseanlæg

Det nye DTP-anlæg vil tilføre kondensvand og scrubbevand til renseanlægget. Dette er nærmere beskrevet i leverandørens tekniske redegørelse i afsnit 7.9 og 7.10.

Ved etableringen af slambehandlingsanlægget er der ikke øget risiko for udledning af tungmetaller og miljøskadelige stoffer til naturen (recipient). Størstedelen af de miljøskadelige stoffer destrueres i pyrolyse og forbrændingsprocessen. De metaller der går på gasform i pyrolyseprocessen vil ende i røggassen og reduceres i en scrubber, så de gældende emissionsgrænser overholdes. Scrubbevandet ledes efterfølgende tilbage til renseanlægget sammen med kondens og kølevand. Hvis der er behov for det, kan installeres et filter til at fjerne eventuelle tungmetaller

LV vil derfor i en periode foretage kontrolmålinger efter slambehandlingsanlæggets etablering, og skabe et datastyret grundlag for, om det er hensigtsmæssigt at opsamle stofferne fra scrubbevandet gennem rensning.

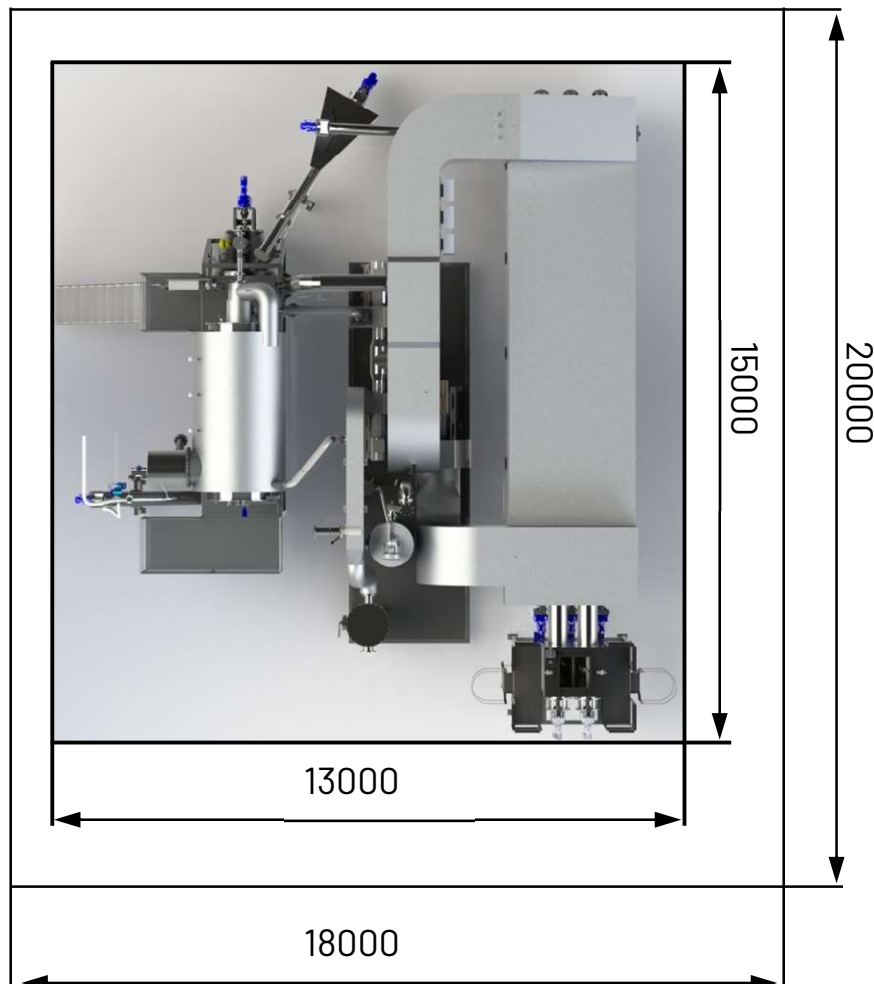
4.3 Beskrivelser af ændringer der foretages i bygninger og arealer på Harboøre renseanlæg

Lemvig Vand A/S ønsker at etablere et slambehandlingsanlæg i en eksisterende slamlagerhal på Harboøre Renseanlæg, som er oplyst til at være 17,8 x 35,6 meter (Bilag C). Projektet omfatter:

- Ombygning af slamlagerhal, inkl. eltavlerum, biochar-modtageanlæg og ventilationssystem.
- Etablering af et damptørre- og pyrolyseanlæg (DTP-anlæg) i hallen.
- Anlægget kræver forsyning af vand, gas til støttefyring, el og afløb til kloak.
- Etablering af rumventilation ved slambehandlingsanlægget samt et punktudsug.
- Etablering af et scrubbersystem til røggasrensning (integreret del af DTP-anlægget).
- Etablering af ny skorsten.
- Etablering af en rørforbindelse til den nye skorsten.
- Et system til transport af biochar fra DTP-anlægget til emballering og oplag udenfor hallen.
- Hallen vil desuden rumme et Urea-doseringsanlæg om nødvendigt.

DTP-anlægget er af typen HECLA Setores 1.000 med dimensioner, som fremgår af Figur 4.

Figur 4: DTP anlæggets dimensioner.



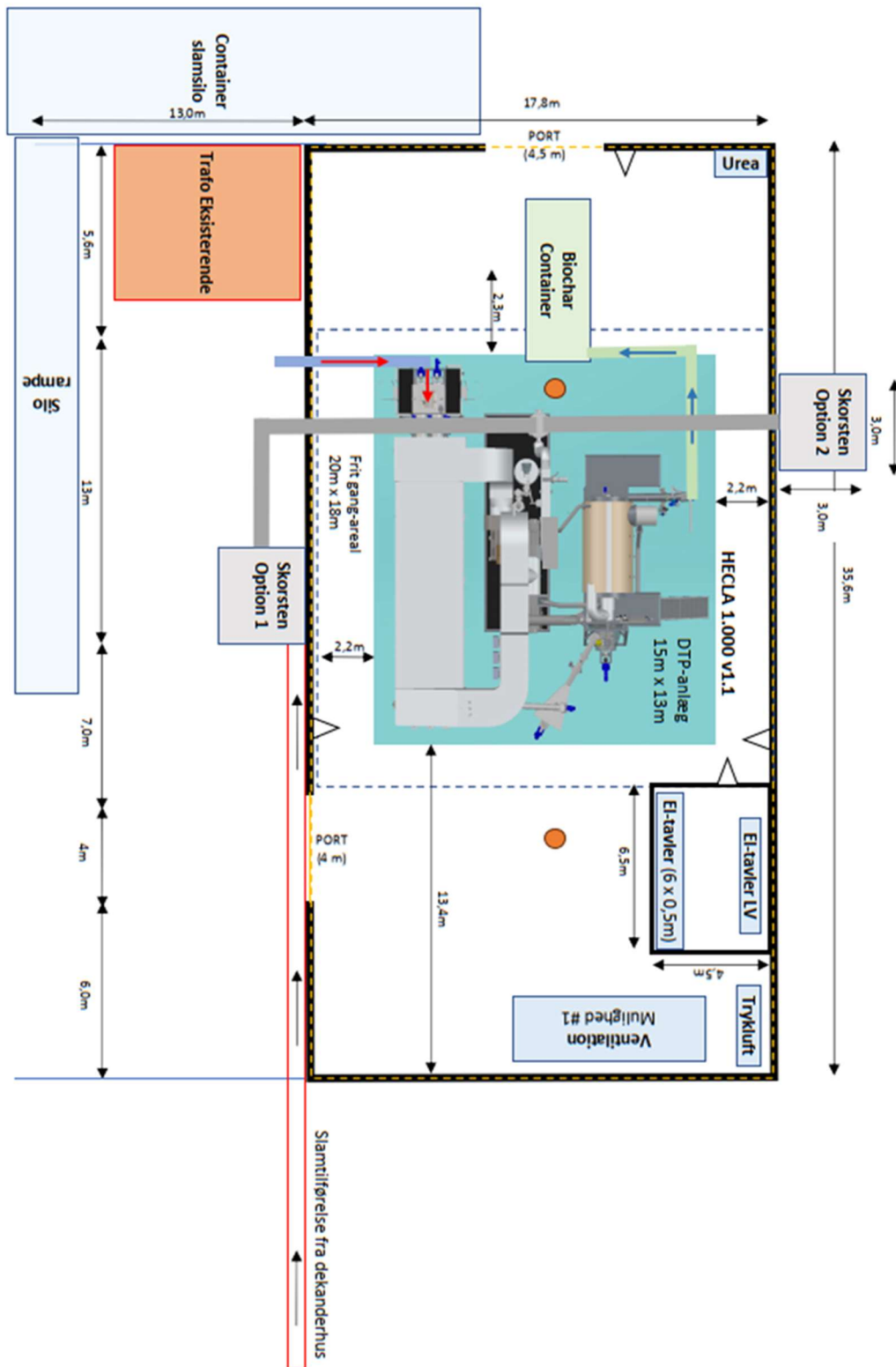
Det anbefales, at bygningen til et HECLA-anlæg indrettes med et frit gangareal på cirka 2,5 meter rundt om anlægget. Derudover skal indregnes én meter i fri højde hen over anlægget for at give plads til vedligeholdelsesarbejde.

Bygningen konstrueres til at være tør og frostfri.

En ny skorsten anvendes til aftræk og nødudblæsning af pyrolysegas.

Hallen tænkes indrettet som illustreret i Figur 5.

Figur 5: DTP-anlæggets placering i eksisterende hal.



Hallen markeret ved et "A" er placeret på grunden som illustreret i Figur 6 herunder.

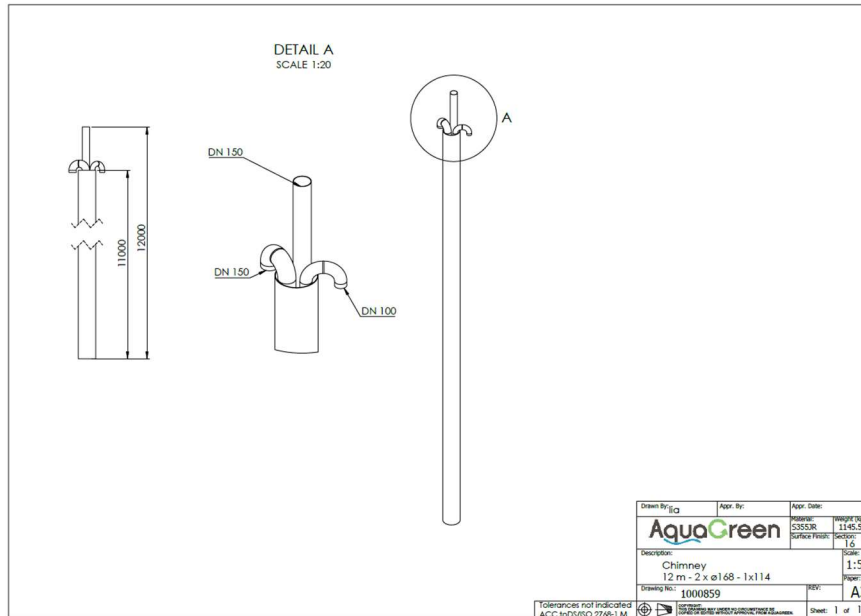
Figur 6: Hallens placering på grunden.



4.4 Skorsten

En del af leverancen vil være en skorsten, som leder røggassen bort. Skorstenen udformes med tre indre rør, til henholdsvis røggas, pyrolysegas-nødbortledning og friskluftindtag til pyrolysegasforbrændingen, som anvist i Figur 7.

Figur 7: Principtegning af skorsten med 3 indre rør.



Højden på skorstenen beregnes ved en OML-beregning (Operationelle Meteorologiske Luftkvalitetsmodeller), som Forsyningen er ansvarlig for at få foretaget. Under forudsætning af, at de udleverede analyser af slammets indhold af tungmetaller, er retvisende, garanterer AquaGreen, at røggassen kan renses, så den overholder grænseværdierne for røggas, som anført i Affaldsforbrændingsbekendtgørelsen. Ved OML-beregningen skal der derfor benyttes koncentrationer svarende til disse emissionsgrænseværdier.

4.5 Beskrivelse af trafikale ændringer

Ved etableringen af DTP-anlægget vil der blive transporteret slam fra Lemvig Renseanlæg til Harboøre Renseanlæg i størrelsesordenen 2-3 containere om ugen med ca. 15 tons per container. Der vil ikke længere køres slam fra Harboøre Renseanlæg til agerbrug som det er tilfældet i dag. Bortkørsel af biochar forventes at være ca. 1 lastbil om ugen. Sidstnævnte forventes at udgøre netto forskellen sammenlignet med i dag. Til- og frakørsel vil ske i dagtimerne. Støj i forbindelse med transport af biochar vurderes derfor ikke at være væsentlig.

4.6 Forsyninger

Renset spildevand: Der etableres en forsyningsstreng til rensed spildevand fra renseanlægget. Vandet anvendes til køling og røggasrensning. Vandtrykket vil svare til almindeligt vandværkstryk, dvs. 4-5 bar.

Gas: Anlægget forsynes via en LPG-installation (gasflaskebatteri).

El: De elektriske installationer dimensioneres efter et samlet maksimalt effektforbrug.

Trykluft: Forsyning etableres fra ny kompressor ved DTP-anlægget.

Ventilation: Hallen tilsluttes nyt ventilationsanlæg.

Biochar modtageanlæg: Anlæg tilsluttes nyt container biochar anlæg.

4.7 Råstoffer og mellemprodukter

Råstoffer og mellemprodukter vil, udover det stabiliserede slam, bestå af gas til støtrefyring og rensset spildevand fra renseanlægget til køling, samt evt. Urea i nødvendigt omfang til røggasrensning.

4.8 Produkter og deres anvendelse

Der forventes en årlig produktion på ca. 350 tons biochar og 2,000 MWh varme. Biochar indeholder fosfor, kulstof og andre gavnlige næringsstoffer. Biochar kan anvendes til en række formål:

- Spredning af den fosforholdige biochar på landbrugsjord som værdifuld lugtfri gødning og jordforbedring.
- Upcycles til aktivt kul.

Overskudsvarmen er det termiske bidrag fra kølevandet i form af genvunden varme fra kondensering af damp i damptørreren. Overskudsvarmen kan bruges til fjernvarme eller til at øge temperaturen i renseanlæggets processtanke, hvorved renseanlæggets biologiske processer forbedres.

4.9 Affald

Når anlægget er i drift, forventes følgende affaldstyper:

- Filtermateriale brugt til rensning af kondens- og scrubbevand, hvis det bliver nødvendigt at rense dette.
- Slagge fra manuel rensning af Brænder/kammer, <100 kg/år.
- Emballage.

Køle- og scrubbevand hentes som rensset spildevand fra renseanlægget og vil efter endt anvendelse føres tilbage til renseanlægget sammen med Kondensvandet. LV vurderer, at de begrænsede miljøpåvirkninger er håndteret, som en del af Lemvigs Vand's interne spildevandsproces, hvor der som i dag, vil blive udført kontrol med renseanlæggets udledte rensede spildevand inden det sendes ud i recipient.

4.10 Støv, støj og vibrationer

Det begrænsede omfang af støv som anlægget producerer fjernes i al væsentlighed i procesforløbet.

Anlægget vil ikke kunne høres, hvis man befinder sig uden for hallen og portene er lukket. Støjtal (dB) for hvor meget det kan forventes at anlægget vil udsende af lyd, defineres af blæsemotorerne. Den væsentligste støj i nærheden af anlægget vil være lastbilerne som bortkører biochar. Det skal sammenlignes med det ca. 10 gange større antal lastbiler der pt. kører slam på landbrugsjord.

Støjgener vurderes ikke at blive et problem for hverken arbejdsmiljø eller omgivelserne, da der ikke skal bruges høreværn, når man er i nærheden af anlægget, og der vil ikke være vibrationer. Blæsemotorerne kan vibrere en smule, men er alle vibrationsdæmpet. Lydtryksdata fra de 3 ventilatorer kan ses i Bilag D. Alle snegle-motorer kører langsomt rundt. F.eks. kører den store tørresnegl rundt med ca. 1 omdrejning i minuttet. Anlægget er herudover isoleret med 2-300 mm isoleringsmateriale, hvilket bidrager med en overordnet lyddæmpende effekt for hele anlægget.

4.11 Lugt

Termisk tørring af spildevandsslam giver anledning til emissioner af bl.a. ammoniak dampe, som lugter ubehageligt. Alle dampe fra tørring ledes derfor direkte ind i gasbrænderen, hvorved gasserne omsættes og lugtgener elimineres.

Rørføring, transportsystemer og mellemoplæg til slam vil, så vidt det er muligt, blive i lukkede systemer.

4.12 Ventilation

Bygningsventilationen dimensioneres i overensstemmelse med almindelige krav til ventilation (jf. bygningsreglement og arbejdsmiljøreglement) og med hensyntagen til DTP-anlæggets varmeafgivelse.

Der er ikke udlagt ATEX-zoner indendørs ved anlægget. Luftindtag og skorstensafkast er klassificeret som ATEX-zoner. Derfor placeres DTP-anlæggets luftindtag øverst i selve skorstenen og ATEX-zonen er således defineret i et område udenfor bygningen, højt over terræn for at fjerne risikoen for personer, materiel eller omgivelser.

4.13 Nødstop og alarmering

Alarmering vil ske direkte til driftsvagten via udbygning af det eksisterende SRO-system, tilsvarende LV's øvrige anlæg.

Ved anlægsstop, både tilsigtede og utilsigtede, vil tilførslen af tørret slam til pyrolysen stoppe. Den mængde pyrolysegas, der udvikles derefter, skal brændes af i brænderen, hvor der samtidig vil blive støttefyret med naturgas i den tid det tager, før pyrolysegasproduktionen stopper. Dermed vil der kun i tilfælde af strømsvigt eller nødstop opstå "blow out" af pyrolysegas igennem skorstenen højt over terræn, så det ikke sker i nærheden af personer.

Strømsvigt og nødstop ved fuld drift på anlægget vil blive afprøvet/testet som en naturlig del af anlæggets indkøring for at sikre, at beredskab og nødprocedurerne virker efter hensigten.

4.14 Brand

Risikoen for brand anses som meget lav, da anlægget er iltfrit, bortset fra selve brænderen. Anlæggets iltfri indretning og design, hvor der benyttes overheadet damp, muliggør tørring af slammet ved en relativ høj temperatur uden, at slammet oxiderer eller antænder med brand eller støvekspllosion til følge. Som tidligere nævnt er ATEX-zonen defineret i skorstenen uden for bygningen.

Biocharen transporteres ud gennem en vandkølet snegl, hvilket reducerer biocharens temperatur til 30-40°C. Herefter sprayer vand direkte på biocharen for at undgå støvformation og eventuel antændelse.

4.15 Brandteknisk rådgivning og byggetilladelse

Brandteknisk rapport skal vurdere om der er tale om en risikovirksomhed. På baggrund af indledende dialog med brandmyndighederne og erfaring fra lignende installationer i på Søndersø- og Fårevejle Renseanlæg vurderer LV, at der ikke er tale om en risikovirksomhed.

4.16 Konklusion

Hidtil har LV kørt spildevandsslam på landbrugsjord, hvilket har givet anledning til belastning af miljøet med bl.a. mikroplast, medicinrester, PFAS, tungmetaller og lugtgener.

LV høster med det nye anlæg miljøgevinsten ved at fjerne de miljøskadelige stoffer fra slammet, samtidigt med, at fosfor, kulstof og andre næringsstoffer bibeholdes i biochar.

Anlægget producerer overskudsvarme, som vil blive anvendt til effektivisering af renseanlæggets processer samt rumopvarmning.

Det kondenserede vand fra slamtørringen vil ligeledes blive recirkuleret og genanvendt sammen med det øvrige vand fra renseanlægget.

Anlæggets opbygning vil ligeledes medføre, at evt. lugtgener fra slammet reduceres i lokalmiljøet og helt fjernes i biochar.

Arbejdsmiljøet omkring den fuldautomatiske slamhåndtering bliver forbedret for både renseanlæggets personale samt for de chauffører og maskinførere, der skal viderebringe biochar.

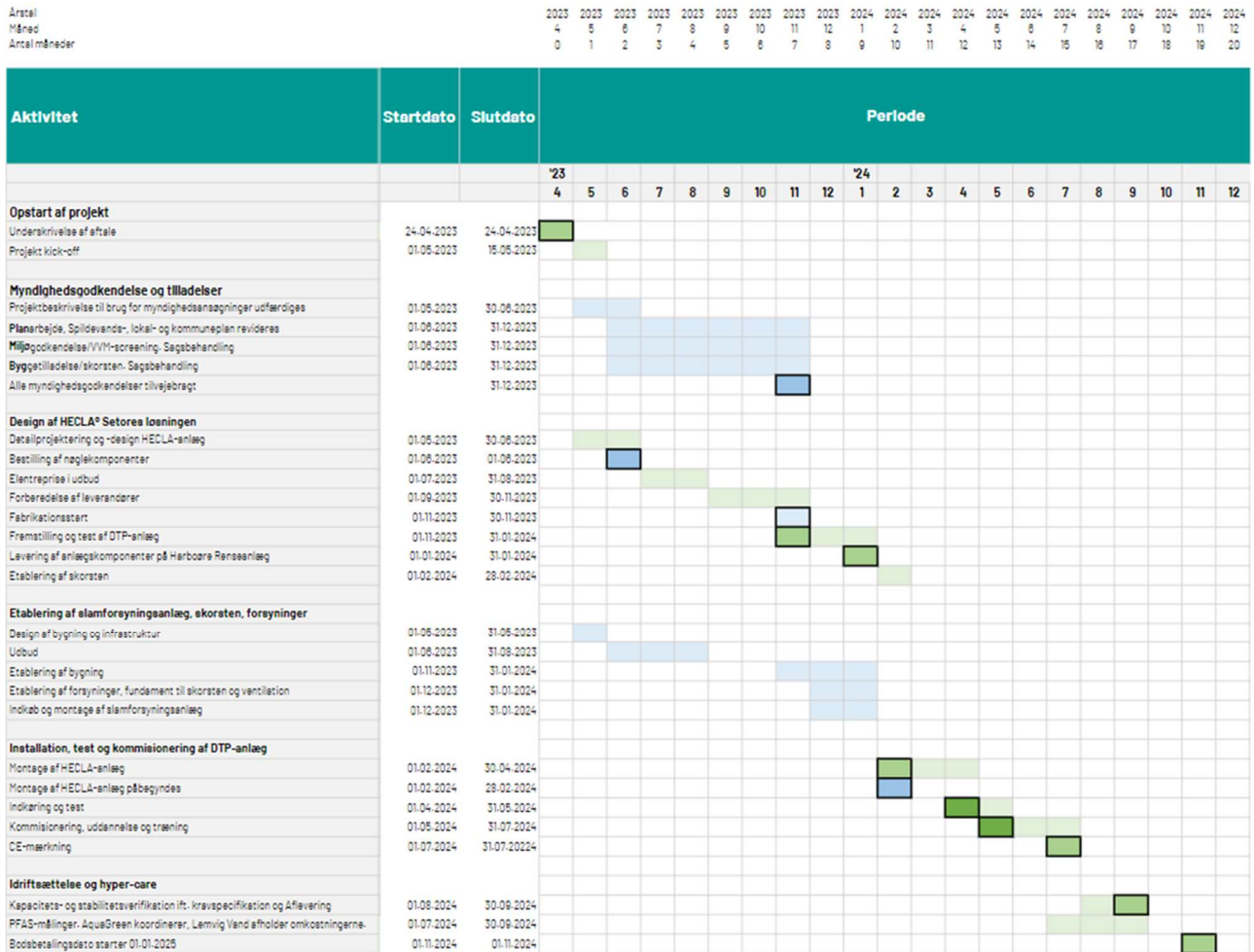
LV bidrager med det nye anlæg til flere af FN's verdensmål:

- **11.6** Inden 2030 skal den negative miljøbelastning pr. indbygger reduceres, herunder ved at lægge særlig vægt på luftkvalitet og på kommunal og anden affaldsforvaltning.
- **12.4** Inden 2020 skal der opnås en miljømæssig forsvarlig håndtering af kemikalier og affald i hele deres livscyklus, i overensstemmelse med de aftalte internationale rammebetingelser, og deres udledning i luft, vand og jord skal væsentligt reduceres for at mindske deres negative indvirkninger på menneskers sundhed og miljøet.
- **12.5** Inden 2030 skal affaldsmængden væsentligt reduceres gennem forebyggelse, reduktion, genvinding og genbrug.
- **13** Handle hurtigt for at bekæmpe klimaforandringer og deres konsekvenser.

5 Tidsplan for anlægsfasen og drift

Tidsplanen for anlægsfasen fremgår af Figur 8 og strækker sig i perioden fra november 2023 til august 2024. Anlægget forventes af overgå til overdragelse og almindelig drift efter veloverstået testfase i september 2024.

Figur 8: Tidsplan for anlægsfasen.



6 Leverandørens tekniske redegørelse

Denne tekniske redegørelse omhandler etableringen af et damp tørre- og pyrolyseringsanlæg (DTP-anlæg) på Harbøre Renseanlæg for produktion af biochar baseret på spildevandsslam fra Lemvig kommune. Årligt vil afvandet spildevandsslam med 800 tons tørstof blive omdannet til ca. 350 tons biochar.

Udbringning af vådt spildevandsslam på markerne med indhold af medicinrester, mikroplast, PFAS og en efterfølgende nedbrydningsproces med emission af ildelugtende nedbrydningsprodukter og drivhusgasser kan erstattes af udbringning af lugtfri biochar bestående af ca. 45 % rent kulstof og 55 % aske, hvor asken primært stammer fra sand og mineraler indeholdt i slammet.

6.1 Afvandet slam

Den kemisk bundne energi i spildevandsslammet skaber ved forbrænding af pyrolysegasserne energi til at drive tørre- og pyrolyseprocessen uden tilførsel af ekstern energi. En forudsætning er dog at tørstofindholdet i slammet er ca. 22-23%. Derfor afvandes slammet mekanisk før det føres til DTP-anlægget.

6.2 DTP-anlægget

DTP-anlægget består af 3 hovedsektioner; en damptørresektion, en pyrolyseovn og en pyrolysegasbrænder jvf. Figur 9 (der pga. fortrolighed kan ses i bilag E) og som beskrevet nedenfor.

Figur 9: Procesdiagram for DTP-anlæg.

Fortrolig
– kan ses i særskilt
vedhæftet bilag E

6.3 Tørring ved overhedet damp

Mekanisk afvandet slam tørres ved et temperaturinterval mellem 140-220°C i en ilt fri atmosfære af overhedet vanddamp ved atmosfærisk tryk. Overhedet vanddamp er vand varmet op til en temperatur på mere end 100°C ved atmosfærisk tryk (1 Bar).

Overhedet vanddamp har den egenskab, at termisk energi kan overføres fra vanddampen til et andet medie der derved opvarmes, uden at temperaturen reduceres så meget at den overhedet vanddamp kondenserer ud som vand på væskeform. Overhedet vanddamp kan således anvendes til tørring af vandholdige medier.

Varmefylden for vanddamp er dobbelt så høj som for luft og er derfor mere effektivt som det energibærende medie i et tørringsanlæg frem for traditionel anvendelse af varm luft.

Slammet ledes ind i damptørreren via en indfødning, som fungerer som en lufttæt sluse således, at luft ikke ledes med ind og vanddamp ikke trænger ud igennem indfødningen.

I damptørreren er den overhedet vanddamp i direkte kontakt med slammet der tørres. Ved opvarmning af slammet afkoges vandindholdet hvorved vanddamp dannes. Vanddampen opvarmes via en varmeveksler, og indgår herefter som energitransportør i dampkredsløbet.

Overskydende vanddamp trækkes ud og kondenseres til vand i en kondensator som køles med koldt teknisk vand. Kondens- og kølevandet kan returneres via en varmeveksler og potentielt benyttes til lokal opvarmning eller afsættes som fjernvarme. Fjernvarmeproduktionen er ikke en del af leverancen til Lemvig Vand.

Den iltfrie atmosfære af vanddamp muliggør tørring af slammet ved en relativ høj temperatur, uden at slammet oxiderer, eller antænder med oplødnings, brand eller støvekspllosion til følge.

Tørringsprocessen sker i et lukket kredsløb, hvor et svagt undertryk på nogle få millibar eliminerer utilsigtet udslip af damp fra kredsløbet via de sluser slam ledes ind og ud af i DTP-anlægget.

6.4 Pyrolyseovn

Efter tørringsprocessen transporteres det tørret slam til pyrolyseovnen hvor slammet opvarmes til omkring 650°C. Her nedbrydes de organiske bestanddele der frigives som pyrolysegasser. Restproduktet udgør en biochar som består af uomsat uorganisk kulstof og mineralsk aske.

Biochar forlader pyrolyseovnen gennem en vandkølet snegl, hvorved temperaturen reduceres til 30-40°C inden den, via en cellesluse, forlader pyrolysesektionen og opsamles i en biochar container.

Afkølingen til 30-40°C i pyrolysesystemets iltfrie atmosfære sikrer, at biochar ikke kan antænde, når den møder omgivelsesluftens ilt.

6.5 Pyrolysegasbrænder

Pyrolysegasserne, der primært består af H, CO, CO₂, CH₄ samt mere komplekse kulbrintekæder (tjærestoffer), afbrændes i et brændkammer, hvorefter røggasserne ledes igennem et system af varmevekslere, hvor den varme røggas anvendes som energikilden for både pyrolyse- og tørringsprocessen.

Pyrolysegasbrænderen er designet til at overholde affaldsforbrændingsbekendtgørelsens bestemmelser om minimum forbrændingstemperatur og opholdstid i brændkammeret.

Pyrolysegasbrænderen er udstyret med en pilotflamme forsynet med Naturgas og flammeovervågningsudstyr, som sikrer at anlægget ikke drives med manglende eller utilstrækkelig gasforsyning.

Ved hurtig nedlukning (i tilfælde af nødstop eller strømsvigt), føres pyrolysegassen direkte ud via skorstensaftrækket, hvor den fortyndes før udledning.

Der er tale om en gasforbrændingsproces, hvilket kun giver anledning til begrænset støvdannelse. Det støv der findes i røggassen, vil hovedsageligt være forårsaget af medrivning af mineraler fra det tørrede slam i pyrolyseovnen. Mineralerne oxideres i brændkammeret og føres videre med via røggassen.

Omfanget af støv afhænger af, hvor hårdt DTP-anlægget er belastet, men det forventes ikke at svare til mere end 100 g mineralsk støv per tons afvandet slam. Dermed forventes ca. 370 kg støv årligt. Støvet fanges i røggasrensningen vha. vådskrubning, og ledes derfra tilbage til renseanlægget.

Normalt vil der ikke være behov for røggasrensning ved forbrænding af pyrolysegas, da der er tale om en ren gasforbrænding som kun giver anledning til minimal støvdannelse. Men da dette anlæg skal forbrænde pyrolysegasser produceret på spildevandsslam, forudses det, at der kan være behov for reduktion af

specielt svovlmissioner og potentielt også andre emissioner. Da vådskrubning er både simpelt og effektivt er denne løsning valgt.

Ved opstart af anlægget anvendes naturgas i stedet for pyrolysegas, indtil anlæggets driftstemperatur er opnået og pyrolysegasproduktionen kan igangsættes.

Hvis energiindholdet i det afvandet spildevandsslam er utilstrækkeligt til at bortdampe vandindholdet, kan der tillige anvendes naturgas som støtte således, at energibalancen kommer i ligevægt.

6.6 Vandstrømme

Renset spildevand er behandlet vand fra spildevandsanlægget. Renset spildevand med en temperatur omkring 15° C anvendes til:

- Indsprøjtning i røggasscrubber til udvaskning af støvpartikler og afkøling af røggassen til 30-40° C, hvorefter det bruges i kondensoren til nedkøling af damp.
- Køling af den varme biochar i udgangssneglens kølekappe fra pyrolyseovnen, derefter ledes det videre til indsprøjtning i scrubber hvorefter det ledes over i kondensoren.
- Indsprøjtning i kondensoren for kondensering af overskudsvanddamp fra damptørreren. Udløbet fra kondensoren vil bestå af den kondenserede vanddamp samt det tilførte rensede spildevand, og vil være 60-70°C varmt. Herfra ledes vandet retur til spildevandsanlægget.
- Renset spildevand kan, om nødvendigt, sprayes på røggashedefladen i damp/røggasvarmeveksleren for rensning af belægninger på hedefladen. Vandet omsættes til damp og indgår efterfølgende i dampkredsløbet.

For at nedkøle biochar samt for at reducere eventuelle støvgener sprayes der vand på biochar ved udslusningen.

6.7 Røggassen

I pyrolyseprocessen omdannes slammets organiske bestanddele inklusiv de miljøskadelige stoffer, til en pyrolysegas, bestående af:

- Brint (H).
- Kulmonooxid (CO).
- Kuldioxid (CO₂).
- Metan (CH₄).
- Tjærestoffer (PAH).

Ved forbrænding omsættes disse stoffer til kuldioxid (CO₂) og vand (H₂O).

I pyrolyseprocessen dannes også beskedne mængder af gasser med indhold af Svovl (S) og Nitrogen (N). Omfanget af disse afhænger af inputslammets kemiske sammensætning og omsættes i processen til SO_x og NO_x forbindelser, hvor:

- SO_x fjernes ved røggasrensning.
- NO_x elimineres ved tilsætning af Urea (NH₂)₂CO, som reagerer med NO_x og danner fri nitrogen (N₂) og vand (H₂O).

Slammets indhold af Arsen (Ar) og Kviksølv (Hg) fordamper ved pyrolyseprocessen omkring 650°C og indgår i pyrolysegassen, hvor de vil blive fjernet fra røggassen ved røggasrensning (scrubbersystem). Cadmium (Cd) kan om nødvendigt fjernes på samme måde, men vil kræve sandsynligvis kræve lidt højere pyrolyseringstemperatur, hvis det findes nødvendigt.

Til forskel fra traditionelle affaldsforbrændingsanlæg, hvor der finder en faststofforbrænding sted, brændes kun pyrolysegasser i et pyrolyseanlæg. En ren gasforbrænding er nemmere at styre i forbrændingskammeret og giver et renere røggasprodukt.

6.8 Pyrolysegas produktion ved nødstop

I forbindelse med nødstop eller elektrisk strømudfald stoppes indfødnings af tørret slam i pyrolyseovnen umiddelbart, hvorefter pyrolyseproduktionen aftager for efter ca. 20 minutter at være tilnærmelsesvis helt afsluttet.

Fremføring af pyrolysegas til pyrolysegasbrænderen afbrydes og gassen ledes i stedet direkte ud via nødudgangsrøret, som afslutter i toppen af skorstenen.

Ved fuld belastning af DTP-anlægget indføres der op til ca. 110 kg tørret slam (tør vægt) per time, hvilket giver en forventet pyrolysegasproduktion (tør gas) på op til ca. 58 kg per time, svarende til ca. 0,8 Nm³/min. Efter 20 minutter vil den akkumulerede pyrolysegasproduktion svare til ca. 3,6 Nm³, idet produktionen af gas aftager, da der ikke længere tilføres slam.

Pyrolysegaskompositionen afhænger dels af sammensætningen af det materiale, der pyrolyseres og den temperatur, der pyrolyseres ved. Ved pyrolyse af spildevandsslam ved en temperatur omkring 650°C finder vi en sammensætning som angivet i Tabel 5.

Tabel 5: Sammensætning af pyrolysegassen.

Komponent		Vol.
Kulmonoxid	CO	8%
Brint	H ₂	13%
Kuldioxid	CO ₂	13%
Metan	CH ₄	32%
Olier/tjære	C _x H _y O _z	14%

Den akkumulerede udledning af Kulmonoxid ved nødstop forventes således at være 0,30 Nm³.

6.9 Massestrømme og deres sammensætning

Forudsætninger:

- Kapaciteter er anført ved 7.000 timers drift/år.
- Tørstof i afvandet slam minimum 21,5%.

De store massestrømme til/fra DTP-anlægget er angivet i Tabel 6.

Tabel 6: Gennemsnitlige massestrømme i DTP-anlægget.

	Kg/h
Afvandet slam (kg/h)	531
Tørret slam, (kg/h)	114
Kondensvand (kg/h)	417
Biochar (kg/h)	52
Pyrolysegas (kg/h)	62
Røggas (kg/h)	565

Udover de anførte strømme er der vandstrømmene. Der forventes en udledning svarende til:

- Processpildevand (scrubber, -køle og kondensvand) ~ 7.450 l/time (i spidslast op til 8570 l/time)
- Estimeret maksimale årlige spildevandsmængde ~ 52.150 m³/år (i spidslast op til 60.250 m³/år).
- Estimeret maksimal månedlige spildevandsmængde ~ 4.350 m³/md (i spidslast op til 5.300 m³/md).
- Estimeret maksimal daglig spildevandsmængde ~ 140 m³/døgn (i spidslast op til 180 m³/døgn).

Temperaturen på afløbsvandet til spildevandsanlægget forventes at være omkring 60-70° C.

Afhængig af temperaturen i kølevandet vil det estimerede maksimale årlige forbrug af rensed spildevand blive op til ca. 60.250 m³.

De kemiske bestanddele i det våde slam er bestemmende for bestanddelene i de forskellige massestrømme. Der tilføres ikke andet end slam til DTP-anlægget. Indholdet i biochar, røggassen og afløbsvandet fra dampkondenser samt vandscrubber er derfor en afspejling af indholdet i spildevandsslammet.

6.10 Massebalance og stofbevægelser i tørrings- og pyrolyseprocessen

I Figur 10 herunder er værdierne for massestrømmene i DTP-anlægget illustreret. Værdierne er angivet i gennemsnitsmængder som forventet under normale driftsforhold.

Figur 10: Massestrømme i DTP-anlægget.

Fortrolig

- er fremsendt særskilt
som Bilag 7 til ansøgningen

Værdierne er listet i tabelform herunder:

Tabel 7: Massestrømme i DTP-anlægget.

Emne	Mængde	Enhed
Slam ind	531	kg/time
Fordampning	410	l/time
Kølevand ind	4.433	l/time
Kondensat ud	7450	l/time
Tørret slam	120	kg/time
Pyrolysegas	62	kg/time
Røggas ud	565	kg/time
Luft ind	465	kg/time
Scrubber ind	2.500	l/time
Scrubber ud	2.600	l/time
Biochar	52	kg/time
Biochar	349	ton/år
Kulstoflagring	434	ton/år

I Tabel 8 er der opstillet analyseresultaterne fra en produktionsdag på produktionsanlægget i Odsherred forsyning, hvor der er taget prøver af henholdsvis det våde slam, det tørrede slam, kondensvand og biochar. På baggrund af målingerne er der foretaget en beregning af koncentrationerne, der siger noget om, hvor de forskellige stoffer bevæger sig hen i hver af de to procestrin.

Tabel 8: Analyseresultaterne fra Odsherred forsyning er anvendt til beregning af koncentrationer på askebasis. Disse koncentrationer siger noget om, hvor de forskellige stoffer bevæger sig hen i hvert hhv. tørring og pyrolyse.

Fårevejle analyser december 2022		Afvandet Slam		tek. vand	DTP vand afløb	Biokoks		Grænseværdi slambekendtg. mg/kg ts
Stoffer	enhed	tør basis	aske basis			tør basis	aske basis	
Tørstof		100%	100%			100%	100%	
Glødetab på tørstof		69%	0%			34%	100%	
Total Nitrogen	mg/kg _{ts}	58.000,00	187.097	3	21,000	31.000	46.970	
Fosfor, total	mg/kg _{ts}	25.000,00	80.645	0	0,650	48.000	72.727	
Calcium (Ca)	mg/kg _{ts}	#I/T	#I/T	110	110	NA	NA	
Magnesium (Mg)	mg/kg _{ts}	#I/T	#I/T	21	20	NA	NA	
Olie + fedt (total)	mg/kg _{ts}	< 5	NA	NA	NA	< 5	NA	
Arsen (As)	mg/kg _{ts}	NA	NA	1	5,80	NA	NA	
Bly (Pb)	mg/kg _{ts}	18,00	58	NA	NA	27	41	
Bly (Pb) pr. phosphorenhed	mg/kg _{TP}	720,00	2.323	NA	NA	560	848	10.000
Cadmium (Cd)	mg/kg _{ts}	0,93	3	< 0,05	0,19	1,5	2	
Cadmium (Cd) pr. phosphorenhed	mg/kg _{TP}	37,00	119	NA	NA	31,0	47	100
Chrom (Cr)	mg/kg _{ts}	61,00	197	NA	NA	89	135	100
Kobber (Cu)	mg/kg _{ts}	260,00	839	NA	NA	370	561	1.000
Kviksølv (Hg)	mg/kg _{ts}	0,50	2	0	3,30	< 0,01	NA	
Kviksølv (Hg) pr. phosphorenhed	mg/kg _{TP}	20,00	65	NA	NA	< 0,2	NA	200
Nikkel (Ni)	mg/kg _{ts}	19,00	61	NA	NA	33	50	
Nikkel (Ni) pr. phosphorenhed	mg/kg _{TP}	760,00	2.452	NA	NA	690	1.045	2.500
Zink (Zn)	mg/kg _{ts}	610,00	1.968	NA	NA	1.000	1.515	4.000
LAS	mg/kg _{ts}	< 50	NA	< 5	< 5	< 50	NA	1.300
Acenaphthen	mg/kg _{ts}	< 0,02	NA	< 0,01	< 0,1	< 0,02	NA	
Fluoren	mg/kg _{ts}	0,02	0,07	< 0,01	< 0,08	< 0,02	NA	
Phenanthren	mg/kg _{ts}	0,09	0,30	< 0,01	< 0,09	< 0,02	NA	
Fluoranthren	mg/kg _{ts}	0,21	0,68	< 0,01	0,110	< 0,02	NA	
Pyren	mg/kg _{ts}	0,23	0,74	< 0,01	0,092	< 0,02	NA	
Benzo(b+j+k)fluoranthren	mg/kg _{ts}	0,20	0,65	< 0,01	0,021	< 0,04	NA	
Benzo(a)pyren	mg/kg _{ts}	0,13	0,42	< 0,01	< 0,01	< 0,04	NA	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg _{ts}	0,07	0,21	< 0,01	< 0,01	< 0,1	NA	
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg _{ts}	0,10	0,32	< 0,01	< 0,01	< 0,1	NA	
Sum af 9 PAH'er	mg/kg _{ts}	1,00	3,23	NA	0,22	<DL	NA	3
Diethylhexylphthalat (DEHP)	mg/kg _{ts}	8,20	26,45	< 0,1	1,00	< 2	NA	50
Nonylphenoler	mg/kg _{ts}	0,44	1,42	NA	NA	< 0,1	NA	
Nonylphenol Monoethoxylat	mg/kg _{ts}	< 0,15	NA	NA	NA	< 0,1	NA	
Nonylphenol Diethoxylat	mg/kg _{ts}	< 0,4	NA	NA	NA	< 0,1	NA	
Sum af Nonylphenol+ethoxylater	mg/kg _{ts}	0,440	1,419	NA	NA	<DL	NA	10
Sum af PFOA,PFOS,PFNA og PFHxS	µg/kg _{ts}	0,004	0,014	0,005	0,004	<DL	NA	
Sum af 22 PFAS	µg/kg _{ts}	0,007	0,023	0,015	0,016	<DL	NA	

Baseret på analyser udført på prøver udtaget igennem 2022 på det kommercielle DTP-produktionsanlæg opstillet på Fårevejle RA, kan vi se nogle tendenser for hvordan de kemiske stoffer fordampes, kondenseres eller destrueres under den termiske behandling i anlæggets dele.

Værdierne i skemaet er fra prøver udtaget i december 2022 på Fårevejle RA. Under dampptørringen af slammet ved ca. 200°C fordampes en stor del af kvælstoffet som er ammoniak + ammonium N og kondenseres sammen med vanddampen i kondensoren, hvorfra den ledes tilbage med det øvrige kølevand til rensningsanlæggets indløb.

Andre stoffer som fordampes delvist i damptørreren, er de organiske stoffer med lavt kogepunkt deriblandt PAH (9) med op til 40% fordampning. Der er også nogle resultater der antyder at en mindre del af PFASer, under 10%, afdampes i tørreren og således ledes tilbage.

Når det tørrede slam opvarmes i pyrolysesneglen til omkring 650 C i en ilt fri, reducerende atmosfære, vil cirka 70%-85% af den organiske fraktion uddrives som pyrolysegasser som efterfølgende forbrændes i brændkammeret ved cirka 950 C og 2 sekunders opholdstid.

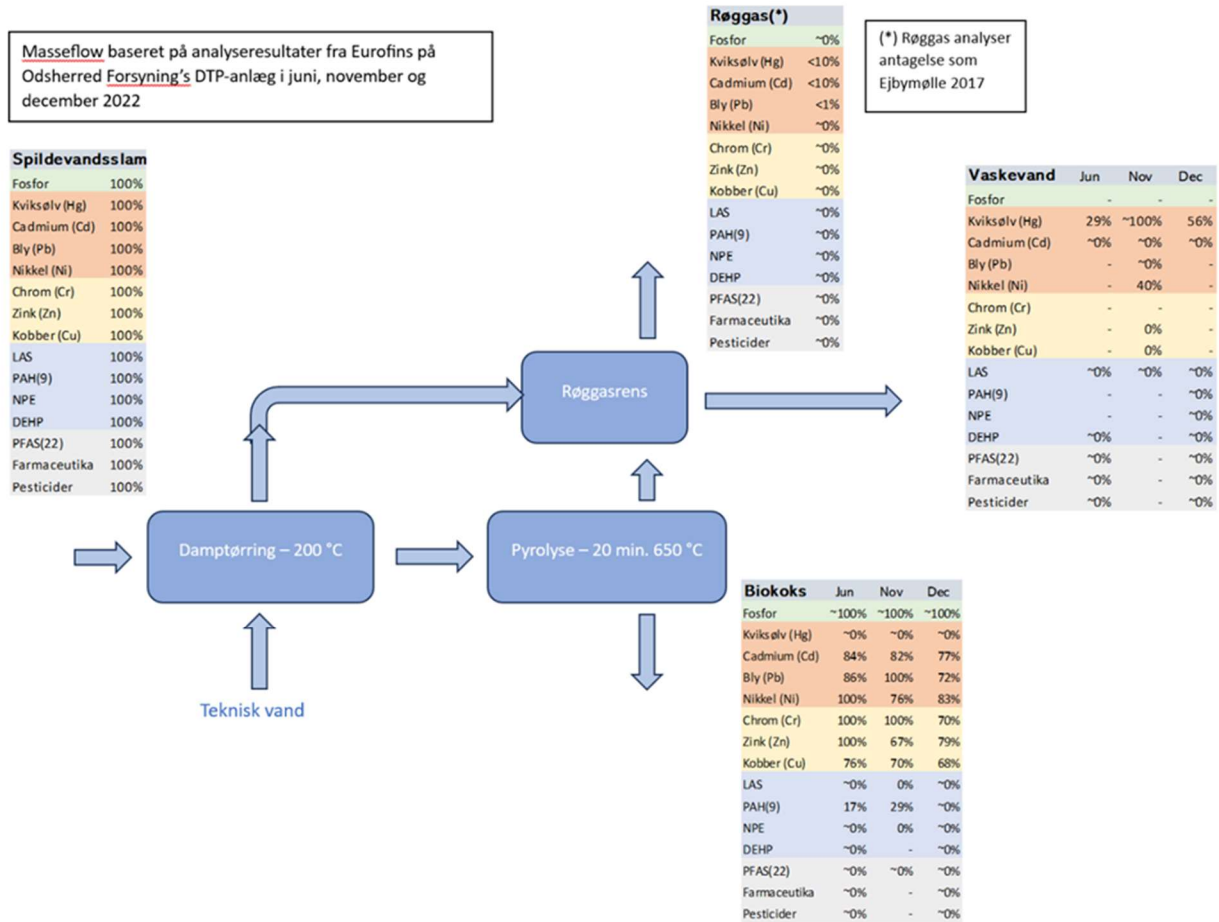
Hvad angår de organiske MFSer som er til stede i slammet, vil disse kraftigt formindskes eller helt destrueres under pyrolysen. I biokoksen ses PAH indholdet at være reduceret til 11% af det oprindelige indhold og indholdet af LAS, DEHP, sum af nonylphenol & ethoxylater samt Sum af PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS og PFAS (22) er alle under detektionsgrænserne. Analyseresultater fra Eurofins på prøver taget på andre tidspunkter påviser ligeledes en væsentlig eller fuldstændig reduktion af pesticider samt farmaceutika.

Nogle metaller vil delvist fordampe i pyrolysen, og fordampningsgraden afhænger af metallets kogepunkt, den kemiske forbindelse hvori metallet indgår samt tilstedeværelsen af andre stoffer som kan påvirke fordampningen. I tabellen ses at Hg er fuldstændigt fordampet og ikke målbart i biokoksen, mens 27% af Pb er fordampet samt 38% af Cd. Disse metaller bliver fanget i røggasscrubberen og returneres med scrubber-vandet til rensningsanlægget.

6.11 Miljøskadelige stoffer og metaller

Anlæggets behandlingsproces er nøje udviklet med henblik på at recirkulere plantetilgængelig fosfor samt at hygiejniserer slammet for at beskytte grundvandet mod forurening af miljøskadelige stoffer. I Figur 11 ses et antaget masseflow diagram, som viser, hvordan primære indholdsstoffer forventes at løbe gennem systemet.

Figur 11: Masseflow diagram for DTP-anlægget.



* I pyrolyseprocessen dekomponeres de organiske miljøskadelige stoffer i alt væsentlighed til deres grundbestanddele, hvoraf hovedbestanddelene bestående af kulstof (C), ilt (O) og brint (H) efterfølgende indgår i henholdsvis biochar som kul og i pyrolysegassen som brint (H₂), kulmonoxid (CO), kuldioxid (CO₂), vand (H₂O) og metan (CH₄).

6.12 Næringsstoffet, fosfor, og dets plantetilgængelighed

Under behandlingsprocessen fastholdes 100% af det afvandede slams fosfor og genfindes i kulstof-fraktionen. Spildevandsslam pyrolyseret ved 650°C har som regel mellem 50-70% citratopløselig fosfor. Fosforens citratopløselighed bruges i Tyskland som et mål for dens plante tilgængelighed. Dr. Ing. Steffen Heinrich fra Niederfrohna rensningsanlæg i Tyskland citeres [oversat fra tysk]: "Den relevante videnskabelige litteratur beskriver en citronsyre opløselighed på 40 procent af det samlede fosfat indeholdt i gødningen som et kriterium for tilstrækkelig plante tilgængelighed" (Eichental, 2020). Hvis højere plantetilgængelighed ønskes, kan pyrolysetemperaturen sænkes. Dette vil dog påvirke energibalancen i anlægget negativt.

6.13 Tungmetaller

Tungmetaller går på gasform ved forskellige temperaturer. Under pyrolyseprocessen opvarmes slammet til omkring 650°C, og biochars indhold af tungmetaller er derfor mindre end slammets indhold. Kviksølv (Hg)

fordamper til under et målbart niveau, cadmium (Cd) fordamper 25-40% samt Pb fordamper 10-30%. Alle tal bygger på erfaringer fra Odsherreds rensningsanlæg

Hvis slammet overholder grænseværdierne fra Affald- til jordbrugsformålsbekendtgørelsen, så vil biochar, som hovedregel, også overholde kravene. Krom, zink og kobber har ikke en fosforafhængig grænseværdi jf. denne bekendtgørelse, men en tommelfingerregel vil være, at indholdet bliver forøget med en faktor 1,8 i forhold til tørstofindholdet pga. reduktionen af organisk stof.

Det rensede spildevand (tekniske vand), der er brugt til køling og i scrubberen, returneres til spildevandsanlægget, og vil være en del af LV's interne spildevandsproces, og forventes at ville ligge inde for spildevandsanlæggets tilladte udledninger.

Arsen og kviksølv fra slammet forventes som udgangspunkt være fordampet op imod 100% ved 650°C. Det er vanskeligt at sige, hvor meget cadmium, der fordamper. Det afhænger i høj grad af, hvorledes cadmium er bundet i slammet, da de forskellige salte har varierende temperaturkarakteristika for faseskift til dampform. Metallisk cadmium koger først ved 765 °C, hvilket er 100 °C over den temperatur, der arbejdes med i pyrolyseovnen under normal drift, men det kan ikke afvises, at noget cadmium vil gå på gasform og udvaskes i scrubbersystemet.

Arsen og kviksølv vil primært blive fanget i vådscrubberen, men hvis effektiviteten skulle vise sig at være utilstrækkelig i forhold til overholdelse af grænseværdiniveauet for røggasserne, kan røggasrensningen efterfølgende suppleres med traditionel kulfiltrering og/eller posefiltrering af røggassen.

Hvis DTP-anlægget, mod forventning, ikke overholder grænseværdierne fra Affaldsforbrændingsbekendtgørelsen, så vil der, efterfølgende, blive installeret de nødvendige røggasrensningsfaciliteter.

6.14 Flourstoffer (PFAS-forbindelser)

Forskningsresultater viser, at pyrolyse eliminerer PFAS-forbindelser. Kundu et al. (2021) viser, at pyrolyse ved 500 - 600°C eliminerede mere end 90% af PFOS og PFOA i spildevandsslam. Lignende resultater har det amerikanske EPA Office of Research and Development (Gullet, 2021) fået med Bioforcetech's kommercielle pyrolyseanlæg, hvor spildevandsslam blev pyrolyseret ved 600°C i 10 minutter. Bioforcetech (2021) har rapporteret, at deres pyrolyseproces eliminerede og reducerede 38 PFAS-forbindelser til under detektionsgrænsen.

I maj måned 2022 har AquaGreen i samarbejde med Envafors og Odsherred Forsyning foretaget tests for fjernelse af PFAS-forbindelser på DTP-anlægget i Fårevejle. Analyseresultaterne fra Eurofins dokumenterer, at PFAS nedbrydes under pyrolyse- og forbrændingsprocessen og er ikke detekterbar biochar. Ligeledes viser Eurofins analyser af afløbsvandet fra DTP-anlægget, der består af rensede spildevand og bruges i scrubberen samt som kølevand i kondensoren, at mængden af PFAS i afløbsvandet er den samme som den tilførte mængde i det tekniske vand. Det kan derfor konkluderes, at PFAS er fjernet fra alle de tre udgangsstrømme. I ovennævnte studier fra Kundu et al. (2021) samt Gullet (2021) formodes det, at PFAS nedbrydes til flussyre (HF). Målinger af røggassen foretaget af Force Technologies viser, at mængden af HF i røggassen ligger under grænseværdierne. Det skal bemærkes, at HF ikke nødvendigvis stammer fra PFAS, og der i dag ikke findes akkrediterede målemetoder til at fastslå dette.

I oktober 2022 blev både biochar og røggas fra Odsherred Forsyning analyseret af Eurofins både før og efter scrubberen. Der blev analyseret for 32 PFAS-forbindelser og både biochar og røggas var fri for PFAS-forbindelser.



Der findes forskellige teorier for, hvorfor pyrolyse kan håndtere PFAS. AquaGreen har opsummeret disse i et notat, der er vedlagt som bilag F.

6.15 Organiske miljøskadelige stoffer, herunder medicinrester og mikroplast

Organiske miljøskadelige stoffer elimineres under pyrolysering. Moško et al. (2021) har i deres studie demonstreret, at langsom pyrolyse ved temperaturer over 400 °C fjerner medicinresterne til under detektionsgrænsen. Derudover sås, at ved temperaturer over 600°C elimineres mere end 99.8 % af PCB, PAH og andre organiske forbindelser (Moško et al., 2021). Deres studie konkluderede "high temperature (>600 °C) slow pyrolysis can satisfactory remove organic pollutants from the resulting sludge-char, which could be safely applied as soil improver."

AquaGreen har skabt lignende resultater ved forsøg på demonstrationsanlægget i Ejby Mølle (Agrolab, 2017), hvor Agrolab har foretaget analyser af biochar lavet på spildevandsslam. Sidenhen er der blevet foretaget forsøg med slam og biochar på det kommercielle anlæg i Fårevejle (Odsherred Forsyning), hvor 26 lægemidler blev identificeret i slammet og efterfølgende ingen i biochar.

7 Bilag A – Slamanalyser fra Højvang

		ANALYSERAPPORT				
Lemvig Vand & Spildevand A/S Havnen 8 7620 Lemvig			Sagsnavn: Harbøre Renseanlæg Antal prøver: 1 Prøver modtaget: 30-06-2022 Rapport dato: 13-07-2022 Rapport nr.: 40527			
Prøvetagning, start: 05-05-2022 Prøvetagning, slut: 29-06-2022 Prøvetager: Højvang/CRF Analyseperiode: 30-06-2022 til 13-07-2022 Prøvetagningssted: Harbøre slam, Harbøre Renseanlæg Prøvetype: Slam Udtagningsmetode: Blandingsprøve Prøvetagningsmetode: ISO 5667-13: 2011-08			Laboratorienr.: SL22280315-001 Emballage: Ok Formål: Egenkontrol			
Parameter	Resultat	Enhed	Min / Max.	DL	Referencer	+/-
Tørstof, TS	18	WW%		0,02	DS 204:1980+Tørring ved 105 °C*	d 10
Total Nitrogen	75000	mg/kg TS		1000	DS/EN 16168:2012+M023*	d 15
Phosphor, total	22000	mg/kg TS		0,6	DS/EN ISO 11885:2009 + DS259:2003+M021*	d 10
Bly	7,8	mg/kg TS	/ 120	2	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Cadmium	0,58	mg/kg TS	/ 0,8	0,03	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Chrom, Total	12	mg/kg TS	/ 100	0,4	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Kobber	110	mg/kg TS	/ 1000	5	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Nikkel	11	mg/kg TS	/ 30	1	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Zink	380	mg/kg TS	/ 4000	10	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Bly phosphorrelateret	350	mg/kg total P	/ 10000		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Cadmium phosphorrelateret	27	mg/kg total P	/ 100		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Nikkel phosphorrelateret	490	mg/kg total P	/ 2500		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Kviksølv	0,15	mg/kg TS	/ 0,8	0,03	DS 259:2003, DS/EN ISO 17852:2008+M021*	d 30
DEHP	0,79	mg/kg TS	/ 50	0,5	DS/CEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
NPE	0,14	mg/kg TS	/ 10	0,1	DS/CEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
Nonylphenol-diethoxylat	<0,1	mg/kg TS		0,1	DS/CEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
Nonylphenol-monoethoxylat	<0,1	mg/kg TS		0,1	DS/CEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
Nonylphenol (NP)	0,14	mg/kg TS		0,1	DS/CEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
LAS	<50	mg/kg TS	/ 1300	50	DS/CEN/TS 16189:2012 + M055*	d 50
Acenaphthen	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Fluoren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Phenanthren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Fluoranthen	0,012	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Pyren	0,012	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Benz(b+h+k)fluoranthen	0,012	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Benzo(a)pyren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,023	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Benz(g,h,i)perylene	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Sum af PAH (11 stk.)	0,059	mg/kg TS	/ 3,0		DS/ISO 13859:2014	d

Betegnelser:
 +/- Ekspanderet relativ usikkerhed i % med dækningsfaktor 2. Resultater på detektionsgrænseriveau er behøvet med en relativ større måleusikkerhed end generelt gældende.
 * Ikke akkrediteret.
 # Symboliserer at alle komponenter der indgår i den pågældende sum, har en konc. mindre end den enkelte komponents detektionsgrænse.
 * Analyseret efter kvalitetskrav til miljømålinger

Højvang Laboratorier A/S - Industri Vest 8 - 4293 Dianalund Tlf 58242458 - hmlab@hmlab.dk - www.hmlab.dk Page 1 of 2



ANALYSERAPPORT



Lemvig Vand & Spildevand A/S
Havnen 8
7620 Lemvig

Sagsnavn: Harboøre Renseanlæg
Antal prøver: 1
Prøver modtaget: 30-06-2022
Rapport dato: 13-07-2022
Rapport nr.: 40527

Overskridelser: Ingen overskridelser jf. de i rapporten angivne min.-/max.-værdier

Afviselser/kommentarer til denne prøve:

Detektionsgrænsen for miljøfremmede stoffer samt olie/fedt kan være forhøjet, da denne varierer afhængig af prøvens indhold af tørstof.

Blandingsprøve af 4 delprøver, udtaget d. 5/5-22 + 23/5-22 + 8/6-22 + 29/6-22. Blandet d. 30/6-22.

Lokationsreference:

*) Højvang Laboratorier A/S, Dianalund. DANAK nr.: 428

Prøvningsresultaterne gælder kun for de prøvede emner/delmængder. Uden laboratoriets skriftlige tilladelse må rapporten kun gengives i sin helhed.

Højvang Laboratorier A/S fraskriver sig ethvert ansvar i forbindelse med data oplyst af rekvirenten.

Højvang Laboratorier A/S undsiger at udtale sig om holdninger og fortolkninger.

Analyseresultater anføres i rapporten med 2 betydende cifre medmindre andet er aftalt. Ved sammenligning med eventuelle grænse- og/eller kravværdi, anvendes analyseresultatet i rapporten.

Højvang Laboratorier A/S fraskriver sig ethvert ansvar i forbindelse med anvendelsen af de opgivne minimum og maksimum værdier eller anvendelse af de foretagne klassificeringer.

Udført iht:

BEK nr 2362 af 26/11/2021 Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger

BEK nr. 56 af 24/01/2000 om tilsyn med spildevandsslam m.m.

Prøven er udtaget i henhold til gældende prøvetagningsplan/aftale.

Godkendt af:



Gitte Pedersen
Laborant

Sendt til:

jan@lvs-as.dk - 1. Lemvig Vand og Spildevand

teknik@lemvig.dk - Lemvig Kommune

post@lvs-as.dk - 4.

jordbrugskontrol@lvs.dk - 7.

jewa@lvs-as.dk

Rapport status: Final

Bilag til denne rapport:

Ingen

Betegnelse:

+/- Ekspanderet relativ usikkerhed i % med dækningsfaktor 2. Resultater på detektionsgrænseniveau er behøvet med en relativ større måleusikkerhed end generelt gældende.

* Ikke akkrediteret.

Symboliserer at alle komponenter der indgår i den pågældende sum, har en konc. mindre end den enkelte komponents detektionsgrænse.

* Analyseret efter kvalitetskrav til miljømålinger



ANALYSERAPPORT



Lemvig Vand A/S
Havnen 8
7620 Lemvig

Sagsnavn: Harboøre Slam
Antal prøver: 1
Prøver modtaget: 22-04-2022
Rapport dato: 06-05-2022
Rapport nr.: 38576

Prøvetagning, start:	07-03-2022	Laboratorienr.:	SL22180289-001
Prøvetagning, slut:	19-04-2022	Emballage:	Ok
Prøvetager:	Højvang/CRF	Formål:	Egenkontrol
Analyseperiode:	22-04-2022 til 06-05-2022		
Prøvetagningssted:	Harboøre slam		
Prøvetype:	Slam		
Udtagningsmetode:	Blandingsprøve		
Prøvetagningsmetode:	ISO 5667-13: 2011-08		

Parameter	Resultat	Enhed	Min / Max.	DL	Referencer	+/-
Tørstof, TS	18	WW%		0,02	DS 204:1980+Tørring ved 105 °C*	d 10
Total Nitrogen	75000	mg/kg TS		1000	DS/EN 16168:2012+M023*	d 15
Phosphor, total	21000	mg/kg TS		0,6	DS/EN ISO 11885:2009 + DS259:2003+M021*	d 10
Bly	9,6	mg/kg TS	/ 120	2	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Cadmium	0,84	mg/kg TS	/ 0,8	0,03	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Chrom, Total	14	mg/kg TS	/ 100	0,4	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Kobber	110	mg/kg TS	/ 1000	5	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Nikkel	15	mg/kg TS	/ 30	1	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Zink	380	mg/kg TS	/ 4000	10	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021*	d 30
Bly phosphorrelateret	470	mg/kg total P	/ 10000		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Cadmium phosphorrelateret	41	mg/kg total P	/ 100		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Nikkel phosphorrelateret	710	mg/kg total P	/ 2500		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Kviksølv	0,44	mg/kg TS	/ 0,8	0,03	DS 259:2003, DS/EN ISO 17852:2008+M021*	d 30
Kviksølv phosphorrelateret	21	mg/kg total P	/ 200		DS 259:2003, DS/EN ISO 17852:2008	d
DEHP	0,58	mg/kg TS	/ 50	0,5	DS/ICEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
NPE	<0,1	mg/kg TS	/ 10	0,1	DS/ICEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
Nonylphenol-diethoxylat	<0,1	mg/kg TS		0,1	DS/ICEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
Nonylphenol-monoethoxylat	<0,1	mg/kg TS		0,1	DS/ICEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
Nonylphenol (NP)	<0,1	mg/kg TS		0,1	DS/ICEN/TS 16182:2012+M054*	d 50
LAS	<50	mg/kg TS	/ 1300	50	DS/ICEN/TS 16189:2012 + M055*	d 50
Acenaphthen	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Fluoren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Phenanthren	0,043	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Fluoranthren	0,022	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Pyren	0,022	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Benz(b+j+k)fluoranthren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Benzo(a)pyren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,047	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Benz(g,h,i)perylene	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067*	d 30
Sum af PAH (11 stk.)	0,13	mg/kg TS	/ 3,0		DS/ISO 13859:2014	d

Betegnelse:

+/- Ekspanderet relativ usikkerhed 1 % med dækningfaktor 2. Resultater på detektionsgrænseriveau er behøvet med en relativ større måleusikkerhed end generelt gældende.
* Ikke akkrediteret.
Symboliserer at alle komponenter der indgår i den pågældende sum, har en konc. mindre end den enkelte komponents detektionsgrænse.
^ Analyseret efter kvalitetskrav til miljømålinger



ANALYSERAPPORT



Lemvig Vand A/S
Havnen 8
7620 Lemvig

Sagsnavn: Harbøre Slam
Antal prøver: 1
Prøver modtaget: 22-04-2022
Rapport dato: 06-05-2022
Rapport nr.: 36576

Overskriftelser: Se understregede/røde resultater

Afviselser/kommentarer til denne prøve:

Detektionsgrænsen for miljøfremmede stoffer samt olie/fedt kan være forhøjet, da denne varierer afhængig af prøvens indhold af tørstof.

Blandeprobe af 4 delprøver, udtaget d. 7/3-22 + 22/3-22 + 4/4-22 + 19/4-22. Blandet d. 22/4-22.

Lokationsreference:

a) Højvang Laboratorier A/S, Dianalund. DANAK nr.: 428

Prøvningsresultaterne gælder kun for de prøvede emner/delmængder. Uden laboratoriets skriftlige tiladelse må rapporten kun gengives i sin helhed.

Højvang Laboratorier A/S fraskriver sig ethvert ansvar i forbindelse med data oplyst af rekvirenten.

Højvang Laboratorier A/S undsiger at udtale sig om holdninger og fortolkninger.

Analyseresultater anføres i rapporten med 2 betydende cifre medmindre andet er aftalt. Ved sammenligning med eventuelle grænse- og/eller kravværdi, anvendes analyseresultatet i rapporten.

Højvang Laboratorier A/S fraskriver sig ethvert ansvar i forbindelse med anvendelsen af de opgivne minimum og maksimum værdier eller anvendelse af de foretagne klassifiseringer.

Udført iht:

BEK nr 2362 af 26/11/2021 Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger

BEK nr. 56 af 24/01/2000 om tilsyn med spildevandssiam m.m.

Prøven er udtaget i henhold til gældende prøvetagningsplan/aftale.

Godkendt af:



Gitte Pedersen
Laborant

Sendt til:

janl@lvs-as.dk - 1. Lemvig Vand og Spildevand

teknik@lemvig.dk - Lemvig Kommune

flan@lvs-as.dk - 2. Lemvig Vand og Spildevand

hans.brix@biology.au.dk - Aarhus Universitet

Rapport status: Final

Bilag til denne rapport:

Ingen

Betegnelse:

+/- Ekspanderet relativ usikkerhed i % med dækningsfaktor 2. Resultater på detektionsgrænseiveau er behøvet med en relativ større måleusikkerhed end generelt gældende.

* Ikke akkrediteret.

Symboliserer at alle komponenter der indgår i den pågældende sum, har en konc. mindre end den enkelte komponents detektionsgrænse.

* Analyseret efter kvalitetskrav til miljømålinger



ANALYSERAPPORT



Lemvig Vand og Spildevand A/S
Rønbjerggade 31
7620 Lemvig

Sagsnavn: Harboøre Slam
Antal prøver: 1
Prøver modtaget: 24-02-2022
Rapport dato: 18-03-2022
Rapport nr.: 33922

Prøvetagning, start:	12-01-2022	Laboratorienr.:	SL22080226-001
Prøvetagning, slut:	23-02-2022	Emballage:	Ok
Prøvetager:	Ekstern	Formål:	Egenkontrol
Analyseperiode:	24-02-2022 til 18-03-2022		
Prøvetagningssted:	Harboøre slam		
Prøvetype:	Slam		
Udtagningsmetode:	Blandingsprøve		
Prøvetagningsmetode:	ISO 5667-13: 2011-08		

Parameter	Resultat	Enhed	Min / Max.	DL	Referencer	+/-
Tørstof, TS	19	WW%		0,02	DS 204:1980+Tørring ved 105 °C [^]	d 10
Total Nitrogen	74000	mg/kg TS		1000	DS/EN 16168:2012+M023 [^]	d 15
Phosphor, total	22000	mg/kg TS		0,6	DS/EN ISO 11885:2009 + DS259:2003+M021 [^]	d 10
Bly	11	mg/kg TS	/ 120	2	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021 [^]	d 30
Cadmium	1,0	mg/kg TS	/ 0,8	0,03	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021 [^]	d 30
Chrom, Total	13	mg/kg TS	/ 100	0,4	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021 [^]	d 30
Kobber	110	mg/kg TS	/ 1000	5	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021 [^]	d 30
Nikkel	15	mg/kg TS	/ 30	1	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021 [^]	d 30
Zink	360	mg/kg TS	/ 4000	10	DS11885:2009+DS259:2003, ICP+M021 [^]	d 30
Bly phosphorrelateret	480	mg/kg total P	/ 10000		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Cadmium phosphorrelateret	47	mg/kg total P	/ 100		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Nikkel phosphorrelateret	670	mg/kg total P	/ 2500		DS11885:2009+DS259:2003, ICP	d
Kviksølv	0,42	mg/kg TS	/ 0,8	0,03	DS 259:2003, DS/EN ISO 17852:2008+M021 [^]	d 30
Kviksølv phosphorrelateret	19	mg/kg total P	/ 200		DS 259:2003, DS/EN ISO 17852:2008	d
DEHP	<0,5	mg/kg TS	/ 50	0,5	DS/CEN/TS 16182:2012+M054 [^]	d 50
NPE	<0,1	mg/kg TS	/ 10	0,1	DS/CEN/TS 16182:2012+M054 [^]	d 50
Nonylphenol-diethoxylat	<0,1	mg/kg TS		0,1	DS/CEN/TS 16182:2012+M054 [^]	d 50
Nonylphenol-monoethoxylat	<0,1	mg/kg TS		0,1	DS/CEN/TS 16182:2012+M054 [^]	d 50
Nonylphenol (NP)	<0,1	mg/kg TS		0,1	DS/CEN/TS 16182:2012+M054 [^]	d 50
LAS	71	mg/kg TS	/ 1300	50	DS/CEN/TS 16189:2012 + M055 [^]	d 50
Acenaphthen	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Fluoren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Phenanthren	0,027	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Fluoranthren	0,027	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Pyren	0,020	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Benz(b+j+k)fluoranthren	0,027	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Benzo(a)pyren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Benz(g,h,i)perylene	<0,01	mg/kg TS		0,01	DS/ISO 13859:2014+M067 [^]	d 30
Sum af PAH (11 stk.)	0,10	mg/kg TS	/ 3,0		DS/ISO 13859:2014	d

Betegnelser:

+/- Ekspanderet relativ usikkerhed 1 % med dækningfaktor 2. Resultater på detektionsgrænse er behøvet med en relativ større målesikkerhed end generelt gældende.
* Ikke akkrediteret.
Symboliserer at alle komponenter der indgår i den pågældende sum, har en konc. mindre end den enkelte komponents detektionsgrænse.
[^] Analyseret efter kvalitetskrav til miljømålinger



ANALYSERAPPORT



Lemvig Vand og Spildevand A/S
Rønbjerggade 31
7620 Lemvig

Sagsnavn: Harbøre Slam
Antal prøver: 1
Prøver modtaget: 24-02-2022
Rapport dato: 18-03-2022
Rapport nr.: 33922

Overskridelser: Ingen overskridelser jf. de i rapporten angivne min./max.-værdier

Afvigelse/kommentarer til denne prøve:

Detektionsgrænsen for miljøfremmede stoffer samt olie/fedt kan være forhøjet, da denne varierer afhængig af prøvens indhold af tørstof.

Blandeprøve af 4 delprøver, udtaget d. 12/1-22 + 10/2-22 + 23/2-22. Blandet d. 25/2-22.

Lokationsreference:

a) Højvang Laboratorier A/S, Dianalund. DANAK nr.: 428

Prøvningsresultaterne gælder kun for de prøvede emner/delmængder. Uden laboratoriets skriftlige tilladelse må rapporten kun gengives i sin helhed.

Højvang Laboratorier A/S fraskriver sig ethvert ansvar i forbindelse med data oplyst af rekvirenten.

Højvang Laboratorier A/S undsiger at udtale sig om holdninger og fortolkninger.

Analyseresultater anføres i rapporten med 2 betydende cifre medmindre andet er aftalt. Ved sammenligning med eventuelle grænse- og/eller kravværdi, anvendes analyseresultatet i rapporten.

Højvang Laboratorier A/S fraskriver sig ethvert ansvar i forbindelse med anvendelsen af de opgivne minimum og maksimum værdier eller anvendelse af de foretagne klassifiseringer.

Udført iht:

BEK nr 2362 af 26/11/2021 Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger

BEK nr. 56 af 24/01/2000 om tilsyn med spildevandsslam m.m.

Resultaterne gælder for prøven som den er modtaget.

Godkendt af:

Carina Hansen
Teamleder Vand & Speciale

Sendt til:

janl@ivs-as.dk - 1. Lemvig Vand og Spildevand

fian@ivs-as.dk - 2. Lemvig Vand og Spildevand

jordbrugskontrol@lbst.dk - 7.

Rapport status: Final

Bilag til denne rapport:

Ingen

Betegnelse:


+/- Ekspanderet relativ usikkerhed i % med dækningsfaktor 2. Resultater på detektionsgrænse niveau er behøvet med en relativ større måleusikkerhed end generelt gældende.

* Ikke akkrediteret.

Symboliserer at alle komponenter der indgår i den pågældende sum, har en konc. mindre end den enkelte komponents detektionsgrænse.

* Analyseret efter kvalitetskrav til miljømålinger

8 Bilag B – Slamanalyser fra AquaGreen



Analyserapport: 22-136

Harbøre Renseanlæg
Renseanlæg bioslam

Roskilde 30.08.2022

Prøve nr.: 136
Prøvetype: Bioslam
Prøvemærkning: AG057

Prøveudtogsdato:
Udført af: Gilla Pommer
Analysedato: 25-08-2022

ANALYSE	ENHED	RESULTATER	NR. DP	MU	METODE
TØRSTOF	%	16,70	2	0,33	Tørreovn (105°)
BIOKOKS	%	35,69	1	0,71	Pyrolyse med N ₂ flow (600°)
AFDAMPET PYROLYSEGAS	%	64,31	1	1,29	Beregnet
ASKEINDHOLD	%	15,65	1	0,31	Udglødning (550°)
ASKE (I BIOKOKS)	%	43,86	1	0,88	Udglødning (550°)
FIKSERET CARBON (I BIOKOKS)	%	56,14	1	1,12	Beregnet
ØVRE BRÆNDVÆRDI (TS)	Mj/kg	19,20	3	0,2%	Bombekalorimeter*
ØVRE BRÆNDVÆRDI (FOR BIOKOKS)	Mj/kg	17,17	3	1,2%	Bombekalorimeter

Forklaring/fremgangsmåde:

MU: Måleusikkerhed (Standardafvigelsen i forhold til gennemsnittet eller Standardafvigelser for vejning er 2%)
NR. DP: Antal delprøver

Tørreovn: Ovn er 105° med udsugning, hvilket lader prøverne tørre helt ud. Opholdstiden er på +14 timer.
Pyrolyse: Pyrolysen foregår i en tæt beholder med en indgang og en udgang, så der kan føres N₂ ind i systemet. Prøverne afgasser i en time ved 600° og bliver derefter vejet.
Udglødning: Efter pyrolysen bliver prøverne indsat i ovnen, hvor de kan udgløde med fri tilgang til luft ved 550°. Herefter bliver prøverne igen vejet.
Bombekalorimeteret: Den tørre og pyrolyserede prøve, bliver da målt i et bombekalorimeter, som måler temperaturudsvinget ved afbrænding af en afmålt prøve i 100% O₂.

Analyseresultaterne er målt på tørstofsbasis.

Ovenstående parametre er ikke akkrediteret iht. ISO/IEC 17025:2005 og ovenstående måleresultater må derfor kun betragtes som værende vejledende.

Testresultaterne gælder udelukkende for testens genstande. Mangfoldiggørelse af uddrag af rapporten er ikke tilladt uden vores skriftlige tilladelse.

*Model type: Parr 6300 CALORIMETER
AquaGreen ApS • Risø Huse 50 • Building 3 • DK-4000 Roskilde • Denmark ☎ (+45) 3366 0888 • CVR nr. 3743 8678



Analyserapport: 22-135

Lemvig Renseanlæg
Renseanlæg bioslam

Roskilde 30.08.2022

Prøve nr.: 135
Prøvetype: Bioslam
Prøvemærkning: AG056

Prøveudtagsdato:
Udført af: Gilla Pommer
Analysedato: 25-08-2022

ANALYSE	ENHED	RESULTATER	NR. DP	MU	METODE
TØRSTOF	%	26,63	2	0,53	Tørreovn (105°)
BIOKOKS	%	50,77	1	1,02	Pyrolyse med N ₂ flow (600°)
AFDAMPET PYROLYSEGAS	%	49,23	1	0,98	Beregnet
ASKEINDHOLD	%	40,55	1	0,81	Udglødning (550°)
ASKE (I BIOKOKS)	%	79,88	1	1,60	Udglødning (550°)
FIKSERET CARBON (I BIOKOKS)	%	20,12	1	0,40	Beregnet
ØVRE BRÆNDVÆRDI (TS)	Mj/kg	13,38	3	0,2%	Bombekalorimeter*
ØVRE BRÆNDVÆRDI (FOR BIOKOKS)	Mj/kg	7,96	3	0,1%	Bombekalorimeter

Forklaring/fremgangsmåde:

MU: Måleusikkerhed (Standardafvigelsen i forhold til gennemsnittet eller Standardafvigelser for vejning er 2%)

NR. DP: Antal delprøver

Tørreovn: Ovn er 105° med udsugning, hvilket lader prøverne tørre helt ud. Opholdstiden er på +14 timer.

Pyrolyse: Pyrolysen foregår i en tæt beholder med en indgang og en udgang, så der kan føres N₂ ind i systemet. Prøverne afgasser i en time ved 600° og bliver derefter vejet.

Udglødning: Efter pyrolysen bliver prøverne indsat i ovnen, hvor de kan udgløde med fri tilgang til luft ved 550°. Herefter bliver prøverne igen vejet.

Bombekalorimeteret: Den tørre og pyrolyserede prøve, bliver da målt i et bombekalorimeter, som måler temperaturudsvinget ved afbrænding af en afmålt prøve i 100% O₂.

Analyseresultaterne er målt på tørstofsbasis.

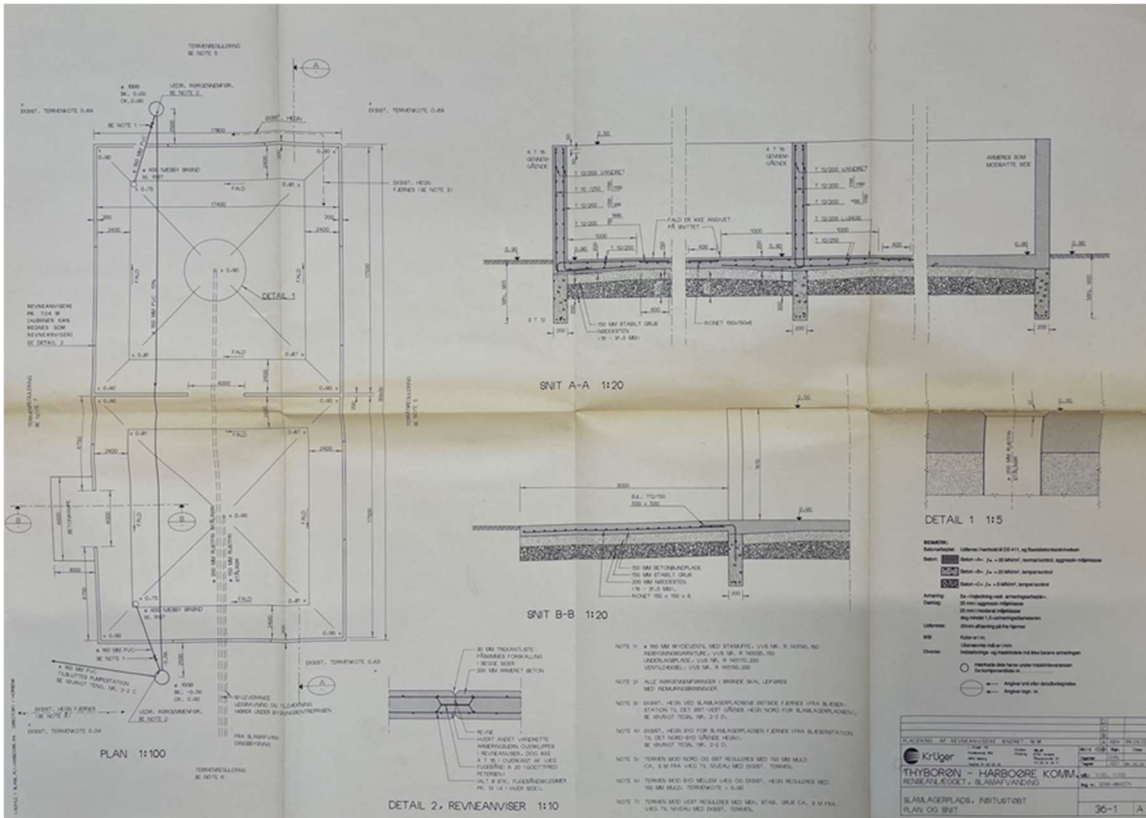
Ovenstående parametre er ikke akkrediteret iht. ISO/IEC 17025:2005 og ovenstående måleresultater må derfor kun betragtes som værende vejledende.

Testresultaterne gælder udelukkende for testens genstande. Mangfoldiggørelse af uddrag af rapporten er ikke tilladt uden vores skriftlige tilladelse.

*Model type: Parr 6300 CALORIMETER

AquaGreen ApS • Risø Huse 50 • Building 3 • DK-4000 Roskilde • Danmark ☎ (+45) 3366 0888 • CVR nr. 3745 8678

9 Bilag C – Bygningstegninger af eksisterende slamlagerhal



10 Bilag D – Ventilatorer og lydtryksniveauer

HNPC 0800-0500

Tekniske Data - Kunde enheder



Reference: Steam fan
Betegnelse:

26-03-2021/dso
415992-0-01

Indtastede Data

Luftmængde	[m ³ /h]	18500
Statisk tryk	[mbar]	40
Sugeside tryk	[mbar]	-39
Densitet (processluft)	[kg/m ³]	0,548
Temperatur	[°C]	150
Tryk (omgivelser)	[kPa]	66,551
Opstillingshøjde	[m]	0

Driftspunkt (DP) 1

Lufttekniske Data		Drift	Opstart
Temperatur	[°C]	150	150
Luftmængde (Aktuel)	[m ³ /h]	18500	18500
Luftmængde (Normal)	[Nm ³ /h]	7384	7384
Luftmængde	[m ³ /h]	18500	18500
Luftmængde	[kg/h]	9544	9544
Total tryk	[mbar]	40	40
Statisk tryk	[mbar]	40	40
Total tryk	[Pa]	4000	4000
Statisk tryk	[Pa]	4000	4000
Densitet (ved indløb)	[kg/m ³]	0,516	0,516
Effektforbrug (løbehjul)	[kW]	23,94	23,94
Omdrejninger	[1/min]	2849	2849
Max omdrejninger	[1/min]	3276	3276
Frekvens	[Hz]	48,2	48,2
Lydtryksniveau	[dB(A)]	79* (1m)	79* (1m)
Lydeffektniveau	[dB(A)]	95,2*	95,2*
Effektforbrug (aksel)	[kW]	24,18	24,18
Virkningsgrad, løbehjul	[%]	84	84
Periferihastighed	[m/s]	119,3	119,3
Indløbshastighed	[m/s]	26,2	26,2
Udløbshastighed	[m/s]	25,2	25,2
Opstartstid ca.	[s]	45	45
Temperaturstigning	[°C]	9	9
Max. tilladt temperatur	[°C]	250	250

*Værdi inkl. motor ved nom. RPM + øvrige kilder (± 5dB)

Motor Data

Fabrikat	HOYER
Type	HMC3 200 L1 2
Byggestørrelse	[-] 200 L1 2
Ydelse	[kW] 30
Omdrejninger	[1/min] 2960
Spænding	[V] 3x400
Frekvens	[Hz] 50(48,2)
Byggeform	[-] B3
Klemkasse	[-] For oven
Effektivitetsklasse	[-] IE3
Ex beskyttelse	[-] -
Isolationskl./beskyttelse	[-] F/IP55
Drifts metode	[-] Frekvensomformer
Motorværn	[-] Termistor 1x3 - 150°C
Isoleret leje ND-side	[-] -
Rulleleje i D-side	[-] -
Aksel diameter	[mm] 55
Vægt, Motor	[Kg] 246
Varenummer	90427-0012

Ventilator Data

Ventilator type	HNPC 0800-0500
Varenummer	10103-150-110
Afkastposition	LG 0
Løbehjul diameter	[%,mm] 100% , 800
Løbehjul bredde	[%,mm] 70% , 78 (112)
Tilslutning sugeside	[mm] ø500
Tilslutning trykside	[mm] 560x350
Vægt excl. motor	[Kg] 668
Tilslutning	Rørforbindelse på begge sider
Medium	Ren luft
Tegnings nummer	415992-01 A

Materiale og overflade

Løbehjul	1.4404 - AISI 316L	Afbedjet Passivering
Aksel	1.4404 - AISI 316L	
Hus	1.4404 - AISI 316L	Glasblæst
Konsol	1.4307 - AISI 304L	Glasblæst

Ventilator Tilbehør

- Klasse Sanitary PTA 03 020 (Fully welded ins.) - 1.4404
- Akseltætning Tedima Rotaseal GD2, 4404 - 3 ring, T49
- Indløb Bulp Standard ø500 - 1.4404
- Afgang flange standard 1.4404 - 568x358-50x8
- Dræn Pipe 2" ø51x1,5 1.4404
- Inspektions type Standard Hatch - 1.4404
- 1 set of foot plates 1.4307
- Prepared for insulation 100mm
- Insulation Plate FJ2120, 10mm
- Vibrationsdæmpere Standard 1. set

Fastmonteret Tilbehør

- Køleskive ø150, B10, max. 300°C

Løsele Tilbehør

- Flex med spændebånd Indløb LTF260-I ø508-150mm - Thin Flex
- Flex for flangesamling LTF260-II 560x350-140/120mm - Thin Flex
- 2 x Modflange for flex Outlet 568x358 - 50x8 - Thin Flex - 1.4404
- Kanalflange 568x358 - 50x8 - 1.4404
- Slidskørt 560x350 - 1.4404

Øvrigt

- Instruktionsvejledning DA (Danish)

D40PC 0630-0250

Tekniske Data - Kunde enheder



Reference: ID fan
Betegnelse:

26-03-2021/dso
415992-0-02

Indtastede Data

Luftmængde	[m³/h]	5000
Statisk tryk	[mbar]	40
Sugeside tryk	[mbar]	-39
Densitet (processluft)	[kg/m³]	0,788
Temperatur	[°C]	175
Tryk (omgivelser)	[kPa]	101,325
Opstillingshøjde	[m]	0

Lufttekniske Data

		Driftspunkt (DP) 1	
		Drift	Opstart
Temperatur	[°C]	175	175
Luftmængde (Aktuel)	[m³/h]	5000	5000
Luftmængde (Normal)	[Nm³/h]	2930	2930
Luftmængde	[m³/h]	5000	5000
Luftmængde	[kg/h]	3787	3787
Total tryk	[mbar]	38,39	38,39
Statisk tryk	[mbar]	40	40
Total tryk	[Pa]	3839	3839
Statisk tryk	[Pa]	4000	4000
Densitet (ved indløb)	[kg/m³]	0,757	0,757
Effektforbrug (løbehjul)	[kW]	6,79	6,79
Omdrejninger	[1/min]	2852	2852
Max omdrejninger	[1/min]	3280	3280
Frekvens	[Hz]	48,3	48,3
Lydtryksniveau	[dB(A)]	74,2* (1m)	74,2* (1m)
Lydeffektniveau	[dB(A)]	89*	89*
Effektforbrug (aksel)	[kW]	6,86	6,86
Virkningsgrad, løbehjul	[%]	77,4	77,4
Periferihastighed	[m/s]	94,1	94,1
Indløbshastighed	[m/s]	28,3	28,3
Udløbshastighed	[m/s]	19,1	19,1
Opstartstid ca.	[s]	15	15
Temperaturstigning	[°C]	6,4	6,4
Max. tilladt temperatur	[°C]	250	250

*Værdi inkl. motor ved nom. RPM + øvrige kilder (± 5dB)

Motor Data

Fabrikat	HOYER
Type	HMC3 160 M1 2
Byggestørrelse	[-] 160 M1 2
Ydelse	[kW] 11
Omdrejninger	[1/min] 2950
Spænding	[V] 3x400
Frekvens	[Hz] 50(48,3)
Byggeform	[-] B3
Klemkasse	[-] For oven
Effektivitetsklasse	[-] IE3
Ex beskyttelse	[-] -
Isolationskl./beskyttelse	[-] F/IP55
Drifts metode	[-] Frekvensomformer
Motorværn	[-] Termistor 1x3 - 150°C
Isoleret leje ND-side	[-] -
Rulleleje i D-side	[-] -
Aksel diameter	[mm] 42
Vægt, Motor	[Kg] 128
Varenummer	90427-0008

Ventilator Data

Ventilator type	D40PC 0630-0250
Varenummer	11011-050-15
Afkastposition	LG 0
Løbehjul diameter	[%mm] 100% , 630
Løbehjul bredde	[%mm] 80% , 41 (51)
Tilslutning sugeside	[mm] ø250
Tilslutning trykside	[mm] 315x225
Vægt excl. motor	[Kg] 338
Tilslutning	Rørforbindelse på begge sider
Medium	Røggas
Tegnings nummer	415992-02 A

Materiale og overflade

Løbehjul	1.4404 - AISI 316L	Albejdsset Passivering
Aksel	1.4404 - AISI 316L	
Hus	1.4404 - AISI 316L	Glasblæst
Konsol	1.4307 - AISI 304L	Glasblæst

Ventilator Tilbehør

- Klasse Sanitary PTA 03 020 (Fully welded ins.) - 1.4404
- Akseltætning Tedima Rotaseal GD2, 4404 - 3 ring, T49
- Indløb Bulp Standard ø250 - 1.4404
- Afgang flange standard 1.4404 - 321x231-50x8
- Dræn Female Socket 1" 1.4404
- Inspektions type Standard Hatch - 1.4404
- 1 set of foot plates 1.4307
- Prepared for insulation 100mm
- Insulation Plate FJ2120, 10mm
- Vibrationsdæmpere Standard 1. set

Fastmonteret Tilbehør

- Køleskive ø150, B10, max. 300°C

Løsdele Tilbehør

- Flex med spændebånd Indløb LTF260-I ø258-150mm - Thin Flex
- Flex for flangesamling LTF260-II 315x225-140/120mm - Thin Flex
- 2 x Modflange for flex Outlet 321x231 - 50x8 - Thin Flex - 1.4404
- Kanalflange 321x231 - 50x8 - 1.4404
- Slidskørt 315x225 - Thin Flex - 1.4404

Øvrigt

- Instruktionsvejledning DA (Danish)

D40PC 0630-0250

Tekniske Data - Kunde enheder



Reference: ID fan
Betegnelse:

26-03-2021/dso
415992-0-03

Indtastede Data

Luftmængde	[m³/h]	5000
Statisk tryk	[mbar]	40
Sugeside tryk	[mbar]	-39
Densitet (processluft)	[kg/m³]	0,788
Temperatur	[°C]	175
Tryk (omgivelser)	[kPa]	101,325
Opstillingshøjde	[m]	0

Lufttekniske Data

		Driftspunkt (DP) 1	
		Drift	Opstart
Temperatur	[°C]	175	175
Luftmængde (Aktuel)	[m³/h]	5000	5000
Luftmængde (Normal)	[Nm³/h]	2930	2930
Luftmængde	[m³/h]	5000	5000
Luftmængde	[kg/h]	3787	3787
Total tryk	[mbar]	38,39	38,39
Statisk tryk	[mbar]	40	40
Total tryk	[Pa]	3839	3839
Statisk tryk	[Pa]	4000	4000
Densitet (ved indløb)	[kg/m³]	0,757	0,757
Effektforbrug (løbehjul)	[kW]	6,79	6,79
Omdrejninger	[1/min]	2852	2852
Max omdrejninger	[1/min]	3280	3280
Frekvens	[Hz]	48,3	48,3
Lydtryksniveau	[dB(A)]	74,2* (1m)	74,2* (1m)
Lydeffektniveau	[dB(A)]	89*	89*
Effektforbrug (aksel)	[kW]	6,86	6,86
Virkningsgrad, løbehjul	[%]	77,4	77,4
Periferihastighed	[m/s]	94,1	94,1
Indløbshastighed	[m/s]	28,3	28,3
Udløbshastighed	[m/s]	19,1	19,1
Opstartstid ca.	[s]	15	15
Temperaturstigning	[°C]	6,4	6,4
Max. tilladt temperatur	[°C]	250	250

*Værdi inkl. motor ved nom. RPM + øvrige kilder (± 5dB)

Motor Data

Fabrikat	HOYER
Type	HMC3 160 M1 2
Byggestørrelse	[-] 160 M1 2
Ydelse	[kW] 11
Omdrejninger	[1/min] 2950
Spænding	[V] 3x400
Frekvens	[Hz] 50(48,3)
Byggeform	[-] B3
Klemkasse	[-] For oven
Effektivitetsklasse	[-] IE3
Ex beskyttelse	[-] -
Isolationskl./beskyttelse	[-] F/IP55
Drifts metode	[-] Frekvensomformer
Motorværn	[-] Termistor 1x3 - 150°C
Isoleret leje ND-side	[-] -
Rulleleje i D-side	[-] -
Aksel diameter	[mm] 42
Vægt, Motor	[Kg] 128
Varenummer	90427-0008

Ventilator Data

Ventilator type	D40PC 0630-0250
Varenummer	11011-050-15
Afkastposition	RD 0
Løbehjul diameter	[%mm] 100% , 630
Løbehjul bredde	[%mm] 80% , 41 (51)
Tilslutning sugeside	[mm] ø250
Tilslutning trykside	[mm] 315x225
Vægt excl. motor	[Kg] 338
Tilslutning	Rørforbindelse på begge sider
Medium	Røggas
Tegnings nummer	415992-03 A

Materiale og overflade

Løbehjul	1.4404 - AISI 316L	Afbedst Passivering
Aksel	1.4404 - AISI 316L	
Hus	1.4404 - AISI 316L	Glasblæst
Konsol	1.4307 - AISI 304L	Glasblæst

Ventilator Tilbehør

- Klasse Sanitary PTA 03 020 (Fully welded ins.) - 1.4404
- Akseltætning Tedima Rotaseal GD2, 4404 - 3 ring, T49
- Indløb Bulp Standard ø250 - 1.4404
- Afgang flange standard 1.4404 - 321x231-50x8
- Dræn Female Socket 1" 1.4404
- Inspektions type Standard Hatch - 1.4404
- 1 set of foot plates 1.4307
- Prepared for insulation 100mm
- Insulation Plate FJ2120, 10mm
- Vibrationsdæmpere Standard 1. set

Fastmonteret Tilbehør

- Keleskive ø150, B10, max. 300°C

Løsdele Tilbehør

- Flex med spændebånd Indløb LTF260-I ø258-150mm - Thin Flex
- Flex for flangesamling LTF260-II 315x225-140/120mm - Thin Flex
- 2 x Modflange for flex Outlet 321x231 - 50x8 - Thin Flex - 1.4404
- Kanalflange 321x231 - 50x8 - 1.4404
- Slidskørt 315x225 - Thin Flex - 1.4404

Øvrigt

- Instruktionsvejledning DA (Danish)

Ver 2.2.1.1


Side 17/24

BarkerBille A/S Borupvang 1A · DK-2750 Ballerup VAT: DK27249698 www.barkerbille.com Tel +45 44 97 41 92

11 Bilag E – Procesdiagram for DTP-anlæg (fortrolig) – særskilt vedhæftet!

Er vedhæftet særskilt pga. fortrolighed.

12 Bilag F – White paper: PFAS elimination by Pyrolysis


ChWi, Roskilde, 2023-01-02

White paper: PFAS elimination by Pyrolysis

Background
Per- and poly fluorinated substances (PFAS) are known as forever chemicals as they are very difficult to break down in nature. They are of high concern, with some being carcinogenic, hormone disruptive, and with negative reproductive and developmental effects. There are more than 8000 PFAS compounds and only a few of the oldest and most common (perfluoro octane sulfonic acid (PFOS), perfluorooctanoic (PFOA)) are now prohibited to produce and use.

This paper is showing how pyrolysis can eliminate the PFAS content in the biochar and flue gas produced from sewage sludge including listing evidence of PFAS degradation at conditions present under AquaGreen's process conditions with pyrolysis at 650 °C for 20 min and subsequent thermal oxidation at 900-1000 °C.

Literature review and resulting hypothesis

A 2021 state of science review article reports *"The basic pathway for thermal PFAS destruction in a reductive environment is hydrodefluorination (HDF). HDF is the conversion of a carbon-fluorine (C-F) bond into a carbon-hydrogen (C-H) bond"*¹. This is the case for AquaGreen's biosolids pyrolysis, where hydrogen is present in the pyrolysis gas. This may be a key reason for PFAS degradation occurring at lower temperatures during pyrolysis compared with combustion as the degradation pathway is different.

A study has shown that 99.6 % of PFOS is degraded at 600 °C and 99.95 % at 900 °C in lab trials². Hence while it is often reported that temperatures above 1200 °C is required for PFAS degradation this is not the case for PFOS, which is the main PFAS contaminant in Danish sewage sludge samples³.

AquaGreens plant has a thermal oxidizer burning all the pyrolysis gases at 900-1000 °C. The state of art review by Winchell et. al. also underlines its role in the PFAS degradation. *Thermal oxidizers are often permitted for 99.99% emission reduction, and a recent test report of a thermal oxidizer used to control PFAS process stream emissions from an industrial facility demonstrated compliance with this requirement (Focus Environmental Inc., 2020). Consequently, the critical step for achieving PFAS control in pyrolysis and gasification systems may be the operation of the downstream thermal oxidizer*⁴.

This hypothesis is further supported by the results of Bioforcetech and the Environmental Protection Agency in USA. They have shown PFAS degradation to non-detectable level in both biochar^{4,5} and flue gas and scrubber water emissions^{6,7} with pyrolysis at 600 °C for 20 minutes and subsequent thermal oxidation at 850 °C at a full-scale pyrolysis plant in California, USA. For the Flue gas FTIR analysis was performed to detect 18 C1-C8 PFAS components. They were all below detection limit.

AquaGreen ApS • Risø Huse 50 • DK4000 Roskilde • Denmark ☎ (+45) 53 660 888 • CVR-nr. 3745 8678



ChWi, Roskilde, 2023-01-02

The thermal process of AquaGreen is similar to Bioforcetech's, with the notable difference that AquaGreen pyrolyse at 50 °C higher temperature, and control the thermal oxidation at 900-1000 °C.

Sandblom (2014) hypothesized that any PFAS compound escaping the furnace (of a Sewage sludge incinerator) would be captured in the wet scrubber due to their low pKa values¹. Based on this - if we do not recover any PFAS in the scrubber water in the AquaGreen plant at Fårevejle, this will also indirectly point to PFAS destruction in the pyrolysis and thermal oxidation in the burner.

PFAS removal by pyrolysis - trials at Fårevejle wastewater treatment plant in Denmark

Based on the above AquaGreen, Odsherred Utility Company and Envafors Utility company conducted PFAS measurements on the drying and pyrolysis of sludge from the 2 utility companies. In two trials in April-May 2022 Eurofins analyzed the biochar and the water streams for the 22 PFAS compounds listed by the Danish EPA. PFAS analysis of flue gas was not available in Denmark at the time of the trials (April-May 2022). A third trial drying and pyrolysing sludge from Odsherred Utility Company, with PFAS measurements also on the flue gas, was carried out October 2022.

Results drying and pyrolysing sewage sludge from Odsherred Utility Company, Denmark

The sludge from Odsherred Utility company had a PFAS level below the guiding limits of the Danish EPA of 10 µg/kg dry matter. It contained 3,9 µg/kg dry matter PFOS, 4,3 µg/kg dry matter PFAS4 and 6,8 µg/kg dry matter PFAS22, and in total 6 of 22 of the PFAS compounds listed by the Danish EPA were detected⁸.

In the October 2022 trials biochar and flue gas was analysed by Eurofins both before and after the scrubber. 32 PFAS compounds were included in the flue gas analysis with individual detection limits from 0,003 – 0,005 µg/Nm³.

The biochar produced from the biosolids is PFAS free⁹. The flue gas is PFAS free both before¹⁰ and after¹¹ the scrubber.

Results drying and pyrolysing sewage sludge from Envafors Utility Company, Denmark

The sludge from Envafors Utility company is considered contaminated in Denmark containing 49 µg/kg dry matter PFOS, 52 µg/kg dry matter "PFAS4" and 57 µg/kg dry matter "PFAS22", and in total 8 of 22 of the PFAS compounds listed by the Danish EPA are detected¹².

The biochar produced from the biosolids is PFAS free¹³.

AquaGreen

ChWi, Roskilde, 2023-01-02

The scrubber water and condensate were found to have the same level of PFAS22 as the technical water used in the process, with a concentration of approximately 30 ng/l¹⁴.

There was no additional PFAS from the biosolids in the scrubber water pointing to complete destruction of any remaining PFAS22 compounds in the thermal oxidation in the AquaGreen burner.

This matches the hypothesis listed in the literature mentioned above. The results of October 2022, where no PFAS is detected in the flue gas before the scrubber further support this conclusion.

Further, the data demonstrate that PFAS compounds are not volatilized and condensed in the condensate leaving the AquaGreen steam dryer.



ChWi, Roskilde, 2023-01-02

Reference list:

1. Winchell et al, Per- and polyfluoroalkyl substances thermal destruction at water resource recovery facilities: A state of the science review, *Water Environment Research*, 93: 826–843, 2021
2. Taylor and Yamada, 2003, Laboratory-Scale Thermal Degradation of Perfluoro-Octanyl Sulfonate and Related Precursors
3. Data shown by Casper Schwartz Glottrup, Miljøstyrelsen at Genanvend Biomasse webinar, 2022
4. US EPA Research brief January 2021, Potential PFAS destruction technology: Pyrolysis and gasification
5. EPA PFAS innovative treatment team (PITT) findings on PFAS destruction technologies, EPA Tools & Resources Webinar February 17, 2021, Gullett B.
6. Thoma E. D. et. al., Pyrolysis processing of PFAS-impacted biosolids, a pilot study, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2022, Vol 72, No. 4, 309-318
7. Thoma E. D. et. al., Pyrolysis processing of PFAS-impacted biosolids, a pilot study, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2022, Vol 72, No. 4, 309-318, Supplementary material, "SI Table 7. Summary of fluorinated compound canister analysis, acquired at LA"
8. Analytical report no. AR-22-CA-22046613-01, Eurofins Miljø A/S
9. Analytical report no. AR-22-CA-22046651-01, Eurofins Miljø A/S
10. Report no. 228996B-151-122, Eurofins Miljø Luft A/S
11. Report no. 228996A-151-122, Eurofins Miljø Luft A/S
12. Analytical report no. AR-22-CA-22052987-01, Eurofins Miljø A/S
13. Analytical report no. AR-22-CA-22052986-01, Eurofins Miljø A/S
14. Analytical report no. AR-22-CA-22052949-01, Eurofins Miljø A/S