

Unntatt offentligheten

Vireo AS

Luktreduksjon biogass

Mineralsk biofilter, referanseverdier og erfaringer



Siv Malmanger
24.01-2024

Contents

1.	Luktforbindelser biogass	2
2.	Teknologi.....	3
3.	Referansedata og forventet renseeffekt	6
4.	Maksimal belastning	8

Vireo AS

Myklebustvegen 209

5464 Dimmelsvik

Attn.: Reinhard Lund- Mikkelson

Vår ref.:
SM/0000008829.DOCVår dato:
24. januar 2024**1. Luktforbindelser biogass**

For å kunne få en god forståelse av kilder som kan bidra til lukt ved et anlegg, er det viktig å ha god kunnskap om anlegget.

Det er nødvendig å ha informasjon om hvilke substrater (råvare) anlegget skal behandle, volum og miks mellom de ulike substratene, oppholdstider på anlegget og hvordan prosessen/anlegget skal driftes.

Våre erfaringer er at det i stor grad, er type substrater som sier noen om hvilke kjemiske forbindelser vi kan forventet i avtrekket.

Kvalitet på substrater, oppholdstider i tanker, temperaturer og selve prosessen er ofte det som er avgjørende for hvilke konsentrasjoner vi får av de ulike kjemiske forbindelsene.

Avtrekksluften fra biogassanlegg av denne typen består av svært mange ulike kjemiske forbindelser. Vi har i vårt arbeid fokus på de kjemiske forbindelsene som kan skape lukt til plage for omgivelsene.

Vi har med bakgrunn i erfaringer fra andre biogassanlegg, god kunnskap om hvilke luktforbindelser vi kan forvente vil bidra til lukt fra anlegget.

I tabellen under presenterer vi de stoffene vi mener gir størst risiko for luktbidrag ved dette anlegget. (hovedsak fisk og husdyrgjødsel, - ikke utfyllende liste)

Kjemisk gruppering	Type
Svovelforbindelser	H ₂ S, DMS, DMDS, Dimetyltrisulfid, Merkaptaner/tioler
Nitrogenforbindelser	Trietylamin, trimetylamin, 1-amino-2-propanol, sec-butylamin, isobutylamin, dietylamin, 2-metyl butylamin, , isopropylamin, Ammoniakk (NH ₃)
Ketoner	Propanon, 2-butanon, 3-pentanon, cycloheptanon, 2-oktanon, 2,3-butandion
Aldehyder	Formaldehyd, etanal, propanal, pentanal, hexanal, oktanal, 2-metylpropanal
Diverse sykliske forbindelser	Thiazole, indol, fenol, skatol, 4-etylfenol, 4-metylfenol, toluen, xylen, indan,
Organiske syrer	Eddiksyre, propionsyre, valeriansyre, isovaleriansyre, hexansyre, heptansyre, 2-Metylpropionsyre, 3-metylbutansyre, 4-metylpentansyre, smørsyre, isosmørsyre,
Estere	Etylacetat
Andre	2-metylfuran

Når det gjelder konsentrasjon på de ulike gassene opplever vi at det er kan være variasjoner. Det er gjort mange kjemiske målinger og luktmålinger på biogassanlegg med tilsvarende substrat. Mange av disse referansene finner vi Danmark da de har vesentlig flere anlegg basert på husdyrgjødsel enn det vi ser i Norge.

Erfaringstall viser at konsentrasjon av de kjemiske gasser varierer mellom ulike anlegg, men også mellom ulike prøvedatoer på ett og samme anlegg. Vi ser at det kan være variasjoner i luktbildet til tross for at miksen av substratet er det samme. Variasjoner kan skyldes temperaturer, lagringstid, kvalitet på mottatt substrat osv. Det gjør det svært vanskelig å si noe eksakt om forventet luktbilde. Vi legger derfor alltid til grunn et «worst case senario» i våre vurderinger.

I situasjoner hvor anlegg ikke er etablert, benytter vi referanseverdier fra anlegg med tilsvarende substrat. For å kunne sikre at vi har tilstrekkelig kunnskap er det nødvendig å ha tilgang til en database med referanseanlegg. Gjennom egne erfaringer og sammen med våre samarbeidspartnere har vi tilgang til mange referansemålinger fra biogassanlegg med tilsvarende substrat slik det er planlagt hos Vireo. Vi har måledata fra tilsvarende anlegg helt tilbake fra 2014.

Vi har i vårt arbeid lagt til grunn referansemålinger som gir det høyeste luktbidraget.

Vi vil i punkt 3 presenterer noen av referanseverdiene vi har lagt til grunn.

Det er ikke mulig å ha kontinuerlige målinger på alle kjemiske forbindelser som kan bidra til lukt. Det kan derfor være hensiktsmessig å velge ut noen indikatorgasser som det er lette å måle på. Ofte kan vi for eksempel se at det er en sammenheng mellom konsentrasjonene innenfor de ulike kjemiske gruppene. For eksempel ser vi at når konsentrasjonen av H₂S øker så øker også konsentrasjon av andre organiske svovelforbindelser. Det er viktig å være klar over at det finnes unntak, men erfaringsmessig kan H₂S være en god indikator for luktbilde knyttet til organiske svovelforbindelser.

Når det gjelder nitrogenforbindelser kan NH₃ være en god indikatorgass.

2. Teknologi

Det er flere forhold som må vurderes for å sikre man velger egnet luktreduksjonsløsning for anlegget.

Det er alltid nyttig å starte med å forstå sårbarheten til anlegget med tanke på lukt. En slik vurdering gjøres blant annet gjennom en spredningsberegning. En spredningsberegning sier noe om hvilke krav som må stilles til luktreduksjonsløsningen for å minimum sikrer at kravet i TA3019 eller tillatelsen tilfredsstilles. Sårbarheten er blant annet påvirket av avstand til naboer, værforhold, plassering av avkast, topografi, luktflyks etc. Det er utarbeidet en spredningsberegning for anlegget.

For å kunne gjøre en vurdering av egnet teknologi er det en forutsetning at vi har kunnskap om hvilke luktforbindinger vi kan forvente i luftstrømmen og i hvilke konsentrasjoner. I hht. punkt 1 og 3.

Det må gjøres en vurdering av delstrømmer for anlegget som går til avkast.

Det er også nødvendig å ha informasjon om luftmengde som eventuelt skal renses.

Det vil ved ulike anlegg være ulike rammebetingelser for drift av et luktreduksjonsløsningen. Ulike luktreduksjonsløsninger stiller ulike krav til areal, temperatur på luften, driftstid, vannforbruk og strømbehov etc. Det gjør det svært viktig å ha gjennomgått forutsetningen for anlegget for å sikre at luktreduksjonsløsningen har rette rammebetingelser som sikrer ønsket rensesgrad.

I forbindelse med biogassanlegg stilles det ofte krav om at renseteknologien er en BAT-løsning i hht. aktuell bransje.

Vi har i forbindelse med Vireo sitt anlegg på Lista og Husnes gjort en vurdering av forholdene omtalt i punktene over. Det er mange ulike teknologier tilgjengelig for rensing av lukt. Utfordringen er at det er forventet enkelte kjemiske forbindelser i luftstrømmen som er svært krevende å rense, som blant annet enkelte organiske svovelforbindelser. Det gjør at det stilles krav til egnet renseteknologi for disse forbindelsene. Vi har lagt ved en enkel oversikt over aktuelle teknologier og hvilke kjemiske forbindelser de renser/ikke renser. Vedlegget er en forenklet oversikt av de vurderinger vi har lagt til grunn i vurdering av teknologi med tanke på kjemiske forbindelser. Det er også gjort en teknologivurdering for anleggene.

Erfaringer tilsier at det kan oppstå svært høye konsentrasjoner av lukt fra avtrekk knyttet til blant annet tanker. Luftstrømmen som har svært høye konsentrasjoner av lukt og gass er planlagt renset gjennom et forfilter. Forfilteret er designet med et mineralsk biofilter med svært stor overflate og lang oppholdstid. Forfilteret er også designet for bruk av mye vann for å sikre at vannløselige forbindelser vaskes ut før hovedfilter. Erfaringer fra tilsvarende anlegg viser at forfilter oppnår svært god rensegrad på høye konsentrasjoner av lukt. Se oversikt over referanseverdier vi har lagt til grunn i punkt 3.

I forbindelse med fiskeensilasje kan det tidvis oppstå ekstreme konsentrasjon av lukt. For å sikre god kontroll på avtrekk fra fiskeensilasje er det valgt å installere et eget rensetrinn for dette avtrekket. Luften er planlagt renset med termisk oksidasjon (brennkammer) som brenner gassene. Ved å rense avtrekk fra fiskeensilasje gjennom et eget rensetrinn sikrer vi at det ikke oppstår ekstremt høye «peaker» av enkelt gasser fra denne luftstrømmen som kan påvirke effekten i det mineralske biofilteret.

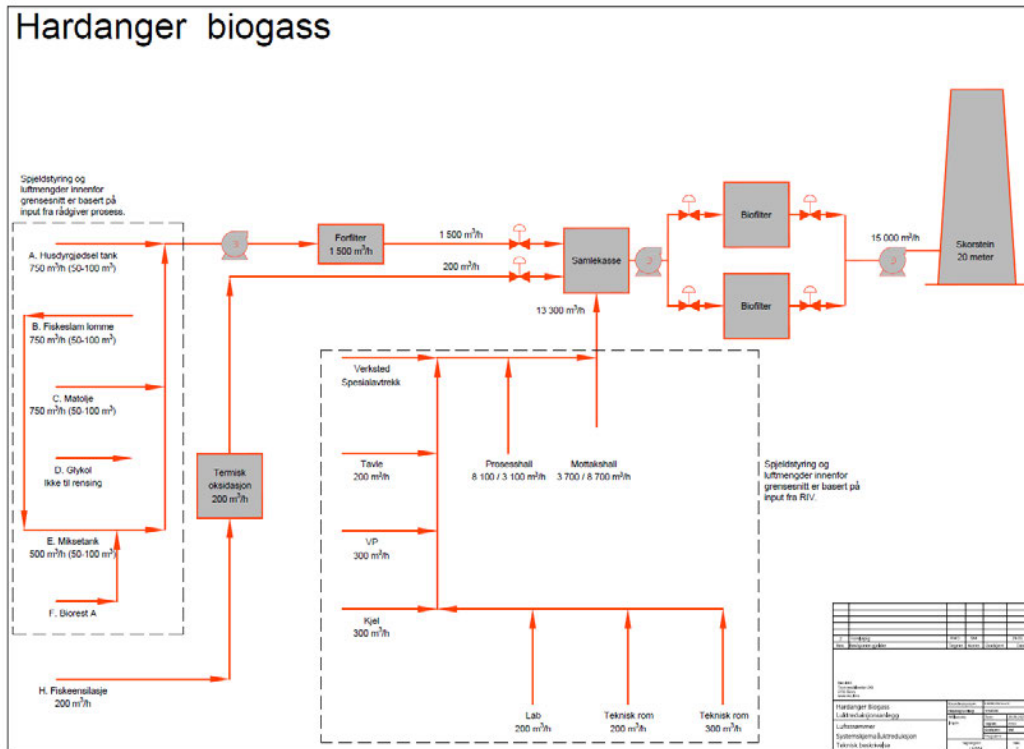
Samlet luft renses gjennom et mineralsk biofilter som er tatt ut med bakgrunn i teknologivurderingen som er gjort for anlegget.

Luften blandes i et blandekammer. Luften blandes i et blandekammer hvor det er etablert dyser for tilførsel av vann. Det gjør at kammeret ved behov kan benyttes for å vaske ut eventuelle vannløselige forbindelser som for eksempel. Videre fordeles luften til 2 stk. mineralske filter for rensing før den går til avkast. Når luften blandes i en samlekasse vil luften bli svært fortynnet med tanke på konsentrasjoner av de ulike gassene.

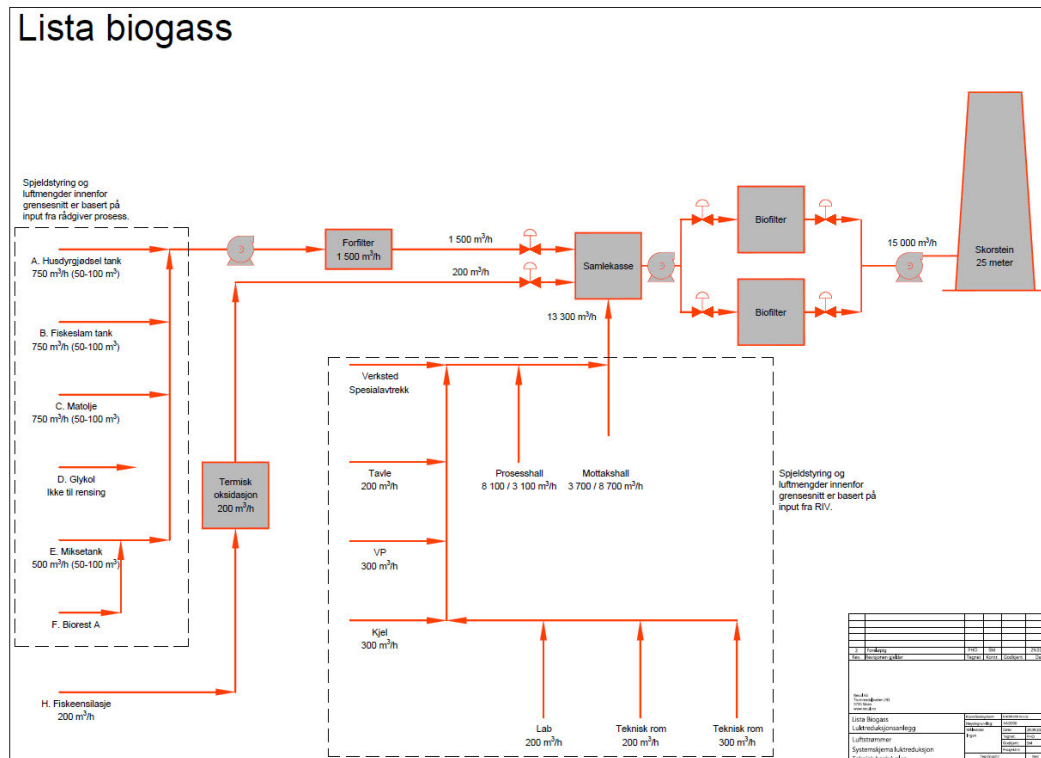
Luften føres så til avkast gjennom en skorstein på 20 meter for Hardanger og 25 meter for Lista.

Det gir følgende systemskjema for lukthåndtering fra anleggene.

Hardanger biogass



Lista biogass



3. Referansedata og forventet renseeffekt

Vi har i forbindelse med teknologivurdering og dimensjonering av luktreduksjonsløsningen tatt utgangspunkt i noen referansemålinger vi mener er relevante for Vireo sine anlegg. Verdiene er vurdert svært konservativt med tanke på målinger fra tilsvarende biogassanlegg.

Det vil i forbindelse med avtrekk fra tanker for substrat være variasjoner i luktbildet. Det kan oppstå peaker med lukt med bakgrunn i lagringstid, kvalitet på mottatt substrat etc. Når vi vurderer luktbildet mot egnet renseteknologi, så vurderer vi den samlede luften som går inn i det aktuelle rensetrinnet. Det er blandingen av denne luften som vil være grunnlag for å vurdere belastningen inn til luktrensetrinnet.

Avtrekk fra mottaks tanker føres til rensing gjennom et mineralsk forfilter. Forfilteret kan tåle svært høye konsentrasjoner av lukt og kjemisk gasser med bakgrunn i et stort areal, lang oppholdstid og tilførsel av rikelig med vann.

Vi har lagt til grunn følgende verdier fra tanker:

	Før forfilter ppm	Lukterskel OU _E /m ³	Beregnet luktkonsentrasjon OU _E /m ³
H ₂ S	2200	0,0005	4 400 000
Merkaptaner RSH / Thioler	240	0,0005	480 000
NH ₃	80	25	0
Trimetylammin	300	0,01	30 000
Dimetylsulfid DMS	>300	0,03	100 000

Det vil gi en samlet luktkonsentrasjon på ca. 5 millioner ou_E/m³ til forfilter.

Etter rensing gjennom forfilter vil luften fra mottaks tanker oppnå vesentlig lavere konsentrasjoner av gasser og lukt. Vi har i tabellen under tatt utgangspunkt i høye belastninger inn på biofilteret og at vi oppnår en vesentlig rensing av de kildene som normalt bidrar med mye lukt.

	Etter forfilter ppm	Lukterskel OU _E /m ³	Beregnet luktkonsentrasjon OU _E /m ³
H ₂ S	250	0,0005	500 000
Merkaptaner RSH / Thioler	10	0,0005	20 000
NH ₃	10	25	0
Trimetylammin	10	0,01	1 000
Dimetylsulfid DMS	48	0,03	16 000

Det er etter forfilter fortsatt mye lukt samlet sett i luften, men luften blandes nå med luft fra prosesshall og vil da fortynnes. Vi forventer at det før hovedfilter kan være følgende konsentrasjoner av gass og lukt.

	Før Hovedfilter ppm	Lukterskel OU _E /m ³	Beregnet luktkonsentrasjon OU _E /m ³
H ₂ S	50	0,0005	100 000
Merkaptaner RSH / Thioler	2	0,0005	4 000
NH ₃	8	25	0
Trimetylamin	5	0,01	2 000
Dimetylsulfid DMS	6	0,03	6

All luft renses i to stk.-hovedfilter med mineralsk masse. Ved å benytte to stk.-filter er det også mulig å gjennomføre service uten stopp i anlegget samtidig som vi sikrer at luften ikke går ut urensset ut fra anlegget.

	Etter Hovedfilter ppm	Lukterskel OU _E /m ³	Beregnet luktkonsentrasjon OU _E /m ³
H ₂ S	0	0,0005	0-100
Merkaptaner RSH / Thioler	0	0,0005	0-100
NH ₃	0	25	0
Trimetylamin	0	0,01	0-100
Dimetylsulfid DMS	0	0,03	0-100

Vi forventer en luktkonsentrasjon etter rensing av luft før skorstein på ca 500 ou_E/m³ til maks 1000 ou_E/m³. Tallet kan variere noe med bakgrunn i usikkerheten som ligger i et luktpanel. Erfaringsmessig ser vi at valgt renseløsning er svært godt egnet for å rense de ulike forbindelsene vi finner i luftstrømmen. Basert på erfaringer og målinger vi har gjennomført kan vi ikke se at noen annen renseløsning oppnår samme rensesgrad

4. Maksimal belastning

Vi ser at det i forbindelse med anlegg av denne typen kan oppstå situasjoner som påvirker luktbildet. Det gjør at det kan være interessant å forstå hvor mye valgt renseteknologi kan håndtere av luktblastning. Vi har gjort målinger på avtrekk fra næringsmiddelindustrien knytte til «pet food» hvor vi finner ekstreme konsentrasjoner av lukt og gass. Vi ser at luktbildet består av de samme kjemiske forbindelsene som vi har målt på biogassanlegg av denne typen, men i vesentlig høyere konsentrasjoner. Vi mener at det kan være relevante data for å forstå egenskapene til den mineralske massen og hvor mye belastning den kan håndtere.

Se tabell under som er et utdrag av rapporten med resultater av luktmålinger analysert hos Force. Vi kan ikke legge med full rapport da vår kunde ikke ønsker å dele denne informasjonen. Til informasjon er det gjennomført en rekke målinger over flere år ved anlegget. Tabellen viser de høyeste målte verdiene som er gjort i luftstrømmen.

Resultater fra anlegget er basert på samme løsning som er beskrevet i systemskjema for lukt under punkt 2.

Vi ser at det er en belastning på 15 000 000 ou_E/m³ før forfilter.



Prøvningsrapport

Bilag 1 Resultater

Sagsnummer:	122-21807				
Kunde:	Recul				
Analysedato:	11-02-2022				
Pose nr.	Kilde	Tidspunkt	Korrigeret lugtkonsentrasjon LE/m ³ (20°C)	Lugtkonsentrasjon Analyse OU _E /m ³ (20°C)	Lukt karakter
4286	Efter Biofilter	-	450	980	Surt, Skrald, Madaffald, Tang
4287	Efter Biofilter	-	520	1.100	Surt, Skrald, Madaffald
4291-749-752	Før forfilter	-	2.000.000	4.500.000	Kloak, Afføring, Surt, Rådden
4298-753	Før Bio	-	110.000	240.000	Rådden, Kloak
4299-748-751	Før forfilter	-	6.900.000	15.000.000	Kloak, Afføring, Surt, Rådne æg
4300-754	Før Bio	-	72.000	160.000	Rådden, Kloak
Følsomhedsfaktor:			2,19		

Vi gjorde også kjemiske målinger og VOC analyser ved anlegget parallelt med uttak av luktanalysene i tabellen over. Konsentrasjonen av DMS var utenfor målområdet for Dräger. Konsentrasjonen av Merkaptaner ble målt til ca. 20 ppm. Det er installert gassmåler for H₂S. Konsentrasjonen av H₂S ligger stabilt på ca. 6-8 000 ppm før forfilter.

Det er etter vår vurdering gjort en grundig vurdering av luktbildet ved anlegget.

Med vennlig hilsen
Recul AS

Siv Malmanger
Daglig Leder
Tlf. 94 85 72 09
e-post; siv@recul.no

Unntatt offentligheten

Teknologivurdering

Kullfilter (adsorpsjon)

Renser:	H ₂ S, Merkaptaner
Risiko:	DMS, DMDS, Aminer, NH ₃
Svakheter:	Miljøaspektet, levetid kull
Styrker:	Krever lite plass



Termisk oksidasjon

Renser:	H ₂ S, DMS, DMDS, Merkaptaner, Aminer, NH ₃
Risiko:	
Svakheter:	Energiforbruk,
Styrker:	Varmeveksler og katalysator, lite plass



Fotooksidasjon

Renser:	H ₂ S, Merkaptaner
Risiko:	DMS, DMDS, Aminer, NH ₃
Svakheter:	50% reduksjon på H ₂ S
Styrker:	Krever lite plass

Biofilter bark filter

Renser:	H ₂ S, Merkaptaner,
Risiko:	Aminer og NH ₃
Svakheter:	Plasskrevende, komposterer, sårbart variasjoner
Styrker:	Renser mange forbindelser ved lave konsentrasjoner



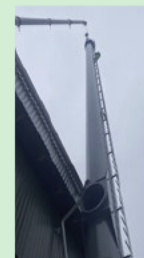
Biofilter (mineralsk)

Renser :	H ₂ S, Merkaptaner, DMS, DMDS Aminer, NH ₃
Risiko:	Obs på høye peaker av aminer og NH ₃
Svakheter:	Plasskrevende
Styrker:	Stabil rensing, stabil masse, lang levetid, trykkfall



Skorstein

Renser:	Optimal høyde på avkast
Risiko:	Kun fortynning
Svakheter:	
Styrker:	Gir kontroll på utslipp



Utvalgte referanseanlegg i Norge som benytter tilsvarende mineralsk masse

Animal rendering

Company	Place	Size, m ²	Flow, m ³ air/h	Year
[REDACTED]	[REDACTED], Norway	300	40.000	1996
[REDACTED]	[REDACTED] Norway	377	45.000	1996
[REDACTED]	[REDACTED] Norway	2 x 433	2 x 60.000	2007

Composting facilities

Company	Place	Size, m ²	Flow, m ³ air/h	Year
[REDACTED]	[REDACTED], Norway	864	124.000	1998

Food industry

Company	Place	Size	Flow, m ³ air/h	Year
[REDACTED]	[REDACTED]	730 m ²	95 000 m ³ /h	2020

Waste water treatment plants

Company	Place	Size, m ²	Flow, m ³ air/h	Year
██████████	██████, Norway	40	4.500	2000

Fish industries

Company	Place	Size, m ²	Flow, m ³ air/h	Year
██████████ Fish industry	██████, Norway	Cassette	3.000	2011
██████████ Fish industry	██████ Norway	227	30.000	2012
██████████ Fish feed industry	██████, Norway	1.500	200.000	2014
██████████ Fish industry	██████, Norway	215	30.000	2018

Vireo AS

Attn.: Reinhard Mikkelson

Vår ref.:

SM/0000007257.DOC

Vår dato:

31. august 2023

Grunnlag og referanser for vurdering av lukt fra Hardanger og Lista biogass

I forbindelse med etablering av Hardanger og Lista biogass er det gjennomført en vurdering av forventet luktbilde fra de ulike delene av prosessene. Vi har benyttet referanseanlegg som har tilsvarende prosesser og råvarer/substrat inn til anlegget. Da det ikke er veldig mange referanseanlegg i Norge har vi også innhentet underlag fra Danmark.

I Danmark er det etablert mange biogassanlegg med substrat fra husdyrgjødsel og mat.

Vi har i denne vurderingen tatt utgangspunkt i målinger fra 6 stk. biogassanlegg med husdyrgjødsel som substrat og 3 stk. avtrekk fra fiskeensilasje fra fiskemelprodusenter i Norge.

Det er ved noen av referanseanleggene dokumenterte målinger tilbake til 2015. Alle anleggene vi referer til har husdyrgjødsel som substrat. Det er på de fleste anleggene har husdyrgjødsel også fra gris, noe som ofte gir høyere konsentrasjoner av lukt, NH₃ og aminer.

Det er på noen referanseanlegg en kombinasjon av husdyrgjødsel og mat. Og vi har en referanse der matavfall/husdyrgjødsel blandes med noe fiskeavfall/ensilasje.

Vi har også referansemålinger fra et anlegg med fiskeslam.

Når det gjelder fiskeensilasje her vi blant annet innhentet referanser fra fiskemelprodusenter i Norge. Det er gjort målinger på avtrekk fra tank med fiskeensilasje. Erfaringer viser at det er store variasjoner i luktbilde avhengig av tilstand på mottatt råvare.

Målinger fra de ulike referanseanleggene er ganske sammenfallende. Variasjoner skyldes i hovedsak prisipper for avtrekk/punktavsug, temperaturer og valg av løsninger for rensing av lukt. Erfaringene viser at det er avgjørende å velge egnet renseteknologi. Se eget dokument for teknologivurdering.

I foreslått flytskjema for luktreduksjon er lufting/avtrekk fra fiskeensilasje håndtert med delstrømsrensing gjennom termisk oksidasjon. Det betyr at luften varmes til ca 450 grader for å sikre at H₂S, DMS, Merkaptaner, NH₃, Tiatylamin forbrennes.

Oftest ser vi av målinger at den største konsentrasjonen av organiske svovelforbindelser som H₂S, Merkaptaner og DMS oppstår i blandetanken. Det er avhengig av substratet, men vi ser at en miks av husdyrgjødsel bestående av svin, ku og kylling gir et sterkt luktbilde enn for eksempel bare ku.

Vi har i systemskjema for luktreduksjon beskrevet konsentrasjoner av lukt og gass som er lagt til grunn i luftstrømmer fra tanker. Rensegrad er basert på referansemålinger for valgt teknologi. Ved bruk av annen renseteknologi vil resultatet være annerledes.

Vi har i vår vurdering lagt til grunn referanseverdier fra det anlegg med høyest konsentrasjon av lukt og gass i luftstrømmen.

Bare i husdyrgjødsel finnes det over 300 ulike luktstoffer. I tillegg vil en få luktstoffer fra matavfall og fisk.

I avtrekksluften vil vi kunne finne alkoholer, ketoner, aldehyder organiske syrer, svovelforbindelser, aromater, nitrogenforbindelser m.fl.

Innholdet av luktstoffer er ikke konstant og vil sterkt bli påvirket av alder på råstoffet. Mange av disse stoffene vil bli nedbrutt i fermenteringsprosessen, men noen vil øke i konsentrasjon. Gjelder blant annet trimetylamin, benzaldehyd, fenol, benzylalkohol og indole. Vi forventer derfor å finne mer av disse stoffene i utrånnet slam enn i råvarene. Til tross for dannelsen av disse stoffene lukter utrånnet slam mindre enn råstoffene.

Matavfall vil gi mer organiske syrer enn husdyrgjødsel. Fisk vil gi mer ammoniakk og aminer.

Recul har valgt ut noen luktstoffer for overvåkingen av lukt. Stoffene er valgt dels fordi de er luktsterke og ofte gir luktutfordringer, og dels fordi de er forholdsvis enkle å måle på.

Følgende maksimalverdier er lagt til grunn som inndata.

Kjemiske analyser	Før forfilter ppm	Etter forfilter ppm	Før biofilter Blande kasse *) ppm	Etter biofilter ppm
H ₂ S	2200	250	50	0
Merkaptaner RSH / Thioler	240	10	2	0
NH ₃	80	10	8	0
Trimetylamin	300	10	5	0
Dimetylsulfid DMS	>300	48	6	0

*) Inn i blandekassen kommer også luft som ikke renses i forfilter

Med vennlig hilsen

Recul AS

Siv Malmanger

Daglig Leder

Teknologivurdering Lista/Hardanger Biogassanlegg

1. Generelt

Det har i forbindelse med etableringen to biogassanlegg på Lista og i Hardanger vært fokus på å finne gode løsninger for lukthåndtering. Anleggene etableres i områder som er sårbare for lukt med bakgrunn i terreng og værforhold. Dette vil kreve at anleggene har gode systemer og rutiner slik at eventuell risiko for luktutslipp minimeres.

I vurderingen og analysene som er gjennomført, har en brukt erfaringsdata fra tilsvarende anlegg. Vi mener derfor at referansetall og vurderinger er svært relevante for å forstå luktbildet fra de planlagte Biogassanleggene.

Vi vil i dette dokumentet diskutere fordeler og ulemper med ulike teknologier for luktreduksjon knyttet til rensing av avkast fra biogassanlegg. Vi vil si noe om rensegrad, stabilitet i rensing, driftskostnader, levetid, toleranseområde, energi- og vannforbruk og eventuelle miljøpåvirkninger. De teknologiske løsningene vil også bli vurdert med tanke på BREFs krav om BAT-teknologier da vi antar at det er et krav som stilles til en eventuell luktreduksjonsløsning.

2. Grunnlag for teknologivurdering

I tabellen under presenterer vi de ulike forbindelsene som vi forventer vil bidra til lukt i avkastet. Det er denne informasjonen basert på vår kunnskap og erfaring som danner grunnlag for videre teknologivurdering/diskusjon.

Dimensjonerende mengder *	Avtrekk samlet, prosesser, haller og tanker
Luftmengde	15 000 m ³ /h
Luktkonsentrasjon	50.000 – 100.000 Oue/m ³
H ₂ S	10-25 PPM
DMS	<15 PPM
Merkaptaner	<5 PPM
Andre gasser	Aldehyder, ketoner, aminer, ammoniakk. Obs: noe metan

* Tallene kan forståes som forventede maksimale verdier

Recul har arbeidet med mange biogassanlegg med ulike typer råvarer og med ulike typer prosesser. Selv med anlegg som burde kunne sammenlignes ser vi at luktbildet (sammensetning av luktemner og deres konsentrasjoner) varierer stort.

Vurderingen i denne rapporten må sees i lys av dette. Løsningene som blir valgt må da ta hensyn til denne usikkerheten.

3. Oversikt over mulige teknologier for luktrenging

Vi har i dette avsnittet laget en svært enkel beskrivelse av kjente og ofte brukte teknologier for luktreduksjon. Flere av teknologiene er BAT løsninger, men det varierer avhengig av bransje/kategori hvilke som er beskrevet.

Vi vil i under punkt 4 gjøre en vurdering av de ulike teknologiene med tanke på forhold knyttet til luftstrømmen fra de to biogassanleggene.

Vi har omtalt følgende teknologier:

Termisk oksidasjon/RTO

Termisk oksidasjon er et forbrenningskammer hvor luften normalt forbrennes ved 800-850 °C. Det benyttes normalt naturgass som energikilde.

RTO/Termisk oksidasjon er i utgangspunktet designet for å fjerne organiske forbindelser fra en luftstrøm, men vi ser at også en rekke andre luftforbindelser brennes av. Brukes ofte i kjemisk industri for å fjerne farlige organiske stoffer i et avtrekk.

Aktivt kullfilter

Aktivt kullfilter er mye brukt og godt egnet som luktreduksjon for mange ulike forbindelser.

Aktivt kullfilter fungerer ved adsorpsjon. Det betyr at gass bindes til overflaten og en rekke luktemner blir igjen på overflaten. Aktivt kull har en svært stor overflate og kan impregneres med en rekke uorganiske forbindelser. Ved å impregnere kullet kan man designe kullet slik at det fungerer spesifikt og optimalt for enkelte forbindelser.

Aktivt kull fungerer optimalt i et temperaturområde mellom 0-25°C, men man har en effekt opptil 60°C. Aktivt kull designet for luktrenging, fungerer optimalt ved en fuktighet under 60%. Jo tørrere luft, jo bedre adsorpsjon oppnås.

Våtvasker/Scrubber

Det finner mange ulike former for våtvaskere eller scrubbere. De kan benyttes både ved hjelp av dosering med ulike kjemikalier eller ved bruk av sjøvann.

Våtvasker/scrubber for luktreduksjon er designet for at luftforbindelser skal gå over i væskefasen. Dette krever at luftforbindelsene er vannløselige. Løseligheten er avhengig av pH og temperatur. Ofte benyttes ulike kjemikalier for pH regulering slik at reaksjonen skal gå raskere/lettere. Væsken kan også tilsettes oksidasjonsmidler (ozon, hypokloritt, peroksider).

Kaldplasma/Elektrostatfilter

Kaldplasma/elektrostatfilter var i utgangspunktet designet for fjerning av støv og partikler. I forbindelser med luftstrømmer ser vi at støv og partikler kan være en kilde til lukt.

I dag er det flere aktører som også designer elektrostatfilter med fokus på luktrenging. I et elektrostatfilter foregår luktrenging ved oksidasjon av luftforbindelser ved bruk av høyspent elektrisitet. Kaldplasma /elektrostatfilter fungerer godt på forbindelser som er oksiderbare.

Fotooksidasjon

Fotooksidasjon er en enhet med UV lamper som produserer UV lys på to bølgelengder. Ved den ene bølgelengden genereres ozon. Ozon er en sterk oksidant. I fotooksidasjonsenheten er målet å oksidere luftforbindelser til nye forbindelser som lukter mindre. Oksidasjon fungerer godt på forbindelser som lar seg oksidere.

Biologiske filtre

Denne typen filtre baserer seg på å legge til rette for et godt livsmiljø for mikroorganismer som bryter ned ulike kjemiske emner. Mikroorganismene består av ulike typer bakterier, muggsopper, gjærsopper, arker. Et funksjonelt biofilter er i første rekke avhengig av korrekt fuktighet, temperatur og

pH. Mikroorganismene lever på et fuktig sjikt festet til et bæremateriale. Bæremateriale kan bestå av organisk materiale (bark, etc) eller uorganisk materiale (leca, etc), eller en kombinasjon av disse. Organisk biomasse har vært den mest tradisjonelle å bruke. Det mest negative med denne typen er at biomassen degraderes/nedbrytes/komposteres, og må skiftes ut. (2-5 år). Mineralsk biomasse har betydelig lengre levetid (8-15 år).

Skorstein

Skorstein kan benyttes for fortynning av luft gjennom å ha et høyt avkast med forholdsvis høy lufthastighet. Det bidrar til at luften spres og fortynnes slik at den ikke lukter like mye når den treffer bakken/naboer.

Det er tiltak som ofte er godt egnet ved store luftmengder i områder med flatt terreng og lav bebyggelse. I Norge opplever man at terreng og værforhold ofte gjør at skorstein alene ofte ikke er tilstrekkelig som rensing. Skorstein vil vanligvis være siste trinn i en luktreduksjonsløsning, og sees ofte på som en siste sikkerhetsmargin i løsningen som blir valgt.

4. Vurdering av teknologier opp mot aktuell situasjon

Vi vil under dette punktet ta for oss de ulike teknologiene som er nevnt i forrige kapittel. Vi vil vurdere hvor egnet teknologien er for rensing av forbindelser vi har nevnt i kapittel 2.

I dette kapitlet har vi forutsatt at det er 15 000 m³/h som skal renses.

Rensing av luft fra ensileringstank bør gå til egen luktreduksjon.

Termisk oksidasjon/RTO

Rensegrad

Vi antar at mange av forbindelsene i luftstrømmen kan forbrennes, men vi har lite dokumentasjon å vise til. Vår erfaring er det ikke finnes leverandører som kan gi tilstrekkelig garanti for løsningen som luktrenestrinn. Det antas at de aktuelle luftforbindelsene reduseres i stor grad.

Det finnes leverandører som katalytisk forbrenning, men da løsninger for betydelig mindre luftmengder. Løsningen kan være aktuell for delstrømmer med stor luktkonsentrasjon eller «utfordrende» kjemikalier/luktemner. Katalytisk forbrenning bruker betydelig lavere temperatur i sin forbrenning.

Drift

Forventet gassforbruk antar vi vil ligge på ca. 9-11 Nm³/h naturgass (tilsvarer 90-110 kW/h).

Det vil erfaringsmessig være en rekke kostnader knyttet til vedlikehold med bakgrunn i høy fuktighet og et svært korrosivt miljø (høye konsentrasjoner av svovelforbindelser gir kondensering av syrer).

Det vil være krevende å sikre stabil forbrenning på luftstrømmer som inneholder mye fukt og/eller har store variasjoner.

Miljø

Løsningen krever et høyt forbruk av energi, noe som etter vår vurdering gjør denne løsningen svært lite bærekraftig ved de aktuelle luftmengdene.

Aktivt kullfilter

Rensegrad

Erfaringer viser at en rekke forbindelsene vi dokumenterer i luftstrømmen er egnet for adsorpsjon i aktivt kullfilter. Kullfilter fungerer blant annet svært godt på merkaptaner og H₂S. Erfaringer viser at DMS ikke er egnet for adsorpsjon i aktivt kullfilter.

Recul har gjennomført en rekke tester på ulike anlegg for å vurdere ulike kulltyper for rensing av DMS. Vi har ikke klart å dokumentere at aktivt kull har tilstrekkelig effekt for DMS. Ved alle tester ble det etter kun kort tid dokumentert gjennomslag av DMS.

Ammoniakk er også et stoff som ikke renses i kullfilter. En kan i en liten periode se forbedringer i luktbildet, men etter kort tid ser det ut til at ammoniakk har en negativ effekt på rensing også av andre stoffer i et kullfilter.

Drift

Aktivt kullfilter er normalt en luktreduksjonsløsning som krever lite oppfølging i det daglige. Kostnader til drift er knyttet til skifte av kull med tømning, transport til deponi, tiltransportering av kull og fylling av kullfilter.

I dette tilfellet snakker vi om i størrelsesorden 4 til 5 tonn kull i et luktreduksjonsanlegg.

Miljø

Utvinning av kull og aktivering av kull krever mye energi da kull aktiveres ved svært høye temperaturer.

Brukt kull må leveres til behandling eller deponi. I dette tilfellet er det en risiko for at brukt kull må håndteres som spesialavfall da det er dokumentert mye organisk materiale i luftstrømmen.

Kull kan eventuelt regenereres, men vi er ikke kjent med at det finnes anlegg for dette i Norge. Regenerert kull kan ikke benyttes tilbake i kullfilter da porestørrelser og egenskaper i kullet endres. Energiforbruk knyttet til hjelpevifte for å håndtere trykkfall gjennom kullmediet. I en bærekraftsvurdering vil aktivt kull nok komme dårlig ut sammenlignet med de fleste andre løsninger.

Våtvasker/Scrubber

Rensegrad

En del av luftforbindelsene vi forventer å finne i luftstrømmene vil være vannløselige (aminer, ammoniakk). En rekke svovelforbindelser kan vaskes ut i scrubber ved hjelp av pH-justering av vann, gitt tilstrekkelig oppholdstid. DMS er lite vannløselig uansett pH, men har likevel best løselighet ved en pH på om lag 6.

Det betyr at luftstrømmen vil kreve flere scrubber i serie med ulik pH, tilpasset de ulike forbindelsene. Til tross for flere rensetrinn med scrubber er det en risiko for at man ikke oppnår tilstrekkelig rensing.

Drift

Scrubber for å håndtere de ulike forbindelsene trenger vann i sirkulasjon og dosering av kjemikalier for pH regulering. Estimert vannforbruk (tilført nettvann) for 2 scrubber i serie vil være 3-4 m³/h som er ca 10% av den sirkulerte mengden. Vann vil kjøre i sirkulasjon med utskifting basert på pH og konduktiviteten.

Scrubber er pakket med pakkemateriale som krever jevnlig vask (proteiner, fett, biofilm). Scrubber må følges opp og innrapporteres med tanke på legionella.

Scrubber er i dag automatisert slik at dosering av kjemikalier og utskifting av vann styres over SD-anlegg.

Miljø

Rent vann er mange steder en knapp ressurs, og i forbindelse med scrubbing av store luftmengder vil vannforbruket være høyt.

Forventet energiforbruk til sirkulasjonspumper og vifte er høyt.

Kaldplasma/Elektrostatfilter

Rensegrad

Erfaringsmessig har kaldplasma god effekt på forbindelser som er lett oksiderbare. Vi har dokumentasjon på at en rekke svovelforbindelser egner seg godt for oksidasjon. I luftstrømmen fra referanseanlegget finner vi mange ulike forbindelser, hvor ikke alle er like oksiderbare.

Det er vanskelig å dokumentere effekten etter kaldplasma da rest ozon i luktprøvene vil forstyrre prøvene.

Det finnes lite dokumentasjon og erfaringer med tanke på hvilke forbindelser som renses og eventuell rensesgrad.

Teknologien fungerer på mange måter som fotooksidasjon, som vi har bred erfaring med. Basert på vår kunnskap om oksidasjon og fotooksidasjon antar vi at DMS ikke renses ved kaldplasma. Se eget punkt for fotooksidasjon under.

Drift

Vi har lite dokumentasjon på drift av kaldplasma for luktreduksjon. Ofte kreves det et høyt forbruk av energi. Erfaringstall viser at det er et strømforbruk på ca 1W pr. m³ luft. Vi snakker da om et strømforbruk på ca. 15 kW/h.

Jevnlig rengjøring er vesentlig for effekt av anlegget. Rengjøring må erfaringsmessig gjøres manuelt.

Miljø

Kaldplasma har et høyt forbruk av energi. Det jobbes med å utvikle mer energieffektive løsninger.

Det produseres ozon som slipper ut til omgivelsene. Det er et alternativ å installere et filter (for eksempel kullfilter) etter kaldplasma for å hindre utslipp av ozon.

Fotooksidasjon

Rensegrad

Erfaringsmessig har fotooksidasjon god effekt på forbindelser som er lett oksiderbare. Vi har dokumentasjon på at en rekke svovelforbindelser er godt egnet for oksidasjon. I luftstrømmer fra biogassanlegg finner vi mange ulike forbindelser, hvor ikke alle er like oksiderbare. Det er vanskelig å dokumentere effekten etter fotooksidasjon da rest ozon i luktprøvene vil forstyrre prøvene.

Fotooksidasjon gir ikke tilstrekkelig rensing alene, men fungerer ofte godt i kombinasjon med aktivt kullfilter. DMS vil kunne være et problemområde. (ref. Rådalen biogassanlegg, Bergen)

Drift

Fotooksidasjon er enkelt å drifte. Lamper har automatisk rengjøring som foregår en gang i døgnet. Vannforbruk er estimert til ca. 10 liter i døgnet. Strømforbruk er ca. 2 kW/h.

Lamper har en levetid på ca. 16 000 timer. Det betyr at lamper må skiftes en gang pr. år. Ved 15 000 m³/h vil det være behov for ca. 75 lamper.

Miljø

Utslipp av ozon dersom det ikke installeres kullfilter etter anlegget. Kvikksølvholdig avfall fra brukte lamper. (LED-lamper med UVC er ennå ikke kommersielt tilgjengelig.)

Organisk Biofilter (barkfilter)

Rensegrad

Et biofilter med organisk biomasse vil fungere for de kjemiske stoffene som er dokumentert fra referanseanlegget. Det vi vet er at konsentrasjonen av noen luktstoffer (nitrogenforbindelser) er for store til at et slikt filter vil kunne fungere. Et organisk biofilter vil derfor være avhengig av et forrensetrinn. Vanligvis brukes en scrubberløsning i forkant, både som for-rensing og for å sikre tilstrekkelig fuktighet i luftstrømmen. Scubber har liten eller ingen virkning på DMS, samt at biofilter med organisk biomasse har problemer med DMS, spesielt i store konsentrasjoner.

Drift

Organisk biomasse blir tett over tid som gir et forholdsvis høyt trykkfall som må overvinnes. Holdes temperatur, fuktighet og pH på et riktig nivå, er det forholdsvis lave driftskostnader på et slikt filter. Anlegget krever forholdsvis lite tilsyn. Vannforbruk er i stor grad knyttet til scrubber i forkant. Massen komposteres over tid. Frekvensen på skifte av biomasse vil variere avhengig av flere forhold. Forventet intervall for skifte av masse i et biofilter ca. 3-5 år.

Miljø

Liten miljøbelastning. Brukt biomasse brukes ofte som toppmasse på deponier etc.

Biotricklingsfilter

Rensegrad

Referanser fra litteraturen sier at Biotricklingsfilter har like bra reduksjon på H₂S og metylmerkaptan som biofilter generelt. Hva biotricklingsfilteret tåler av maksimale H₂S-konsentrasjoner varierer stort fra noen hundre ppm til flere tusen ppm. Den tåler «peaker» i konsentrasjoner noe bedre enn organiske biofiltre. Når det gjelder flyktige organiske forbindelser (VOC) er generelt biofilter (mineralsk/biologisk) noe bedre (bedre masseoverføring til biofilm). VOC-fjerning kan imidlertid økes når to-trinnsløsning brukes, der det første steget fjerner lav-pH-skapende forbindelser (som H₂S). Undersøkelser viser dog store variasjoner knyttet til oppholdstid og vannmengde. Fjerning av flyktige organiske svovelforbindelser (VSC) er lite undersøkt for biotricklingsfiltre, men det antydes at rensegraden for VSC (og generelt VOC) er svært avhengig av oppholdstid, - som for biofilter generelt. Lite brukt teknologi i Norge, og dermed få som har driftserfaring og kunnskap.

Drift

Forholdvis enkel og lavkost-teknologi, selv om de er mer komplekse enn vanlig organiske biofiltre. Forholdvis lave driftskostnader. Lavere trykkfall enn de fleste biofiltre. Clogging kan forekomme ved at biomassen vokser ut av kontroll, noe som kan skyldes både for mye næring og for høye konsentrasjoner i den forurensede luften. Vannforbruket er minst dobbelt av vannforbruket til et biofilter.

Miljø

Liten miljøbelastning. Mindre plasskrevende enn et normalt dimensjonert biofilter. Antydningvis 10-15% av footprint.

Uorganisk Biofilter/ Mineralsk filter**Rensegrad**

Vi vet at uorganiske filtre tåler høyere belastning/høyere konsentrasjoner enn filtre der organisk masse brukes. Ved svært høye konsentrasjoner reduseres belastningen ved at en mindre mengde luft behandles i en større mengde biomasse. Svært god rensing for de aktuelle luktforbindelsene totalt sett.

Blir ofte beskrevet som en mellomting mellom vanlig kompostfilter og biotricklingsfilter, da biomassen overrisles med vann, som den eneste befruktningen.

Drift

Forholdvis lave driftskostnader på et slikt filter. Krever forholdvis lite tilsyn.

Vannforbruk 12-14 m³/døgn.

Utskiftring av mineralsk masse: Forventet intervall er ca. 10 år.

Miljø

Liten miljøbelastning. Brukt biomasse brukes i Danmark som struktur i jordbruket. Hvorvidt dette tillates i Norge, er uvisst.

Energi til vifte og pumpe.

Skorstein**Rensegrad**

En skorstein bruker fortynningsprinsippet, og har ingen renseeffekt. Lukt er spesielt i dette tilfellet, da det er den eneste forurensing som tillates sluppet ut bare den blir fortynnet nok, og uten at det tas hensyn til den totale mengden som slippes ut.

Høyde på skorstein bør beregnes utfra forventet utslipp med valgt renseteknologi, og med en estimert sikkerhetsmargin.

Drift

Forholdvis lave driftskostnader.

Energi til vifte.

Miljø

Oftest en diskusjon om estetikk.

5. Konklusjon

Vår vurdering er at det er en løsning som skiller seg ut med tanke på rensegrad knyttet til avkastluft fra planlagte biogassanlegg på Lista og i Hardanger. Dette er basert på sannsynlig sammensetning og konsentrasjoner av luktemner, men tar også hensyn til den iboende usikkerheten som er til stede. Det er et alternativ å kombinere flere ulike rensetrinn som kan håndtere ulike forbindelser. Utfordringen er at vi gjennom de andre teknologiene ikke kan dokumentere rensing av DMS.

Mineralsk biofilter er godt utprøvd og har god dokumentasjon fra tilsvarende prosesser. Løsningen er godt dokumentert på biogassanlegg flere steder i Europa. Vi ser av luktmålinger som vi har utført og historiske tall, at det oppnås svært god rensegrad. Det er også den eneste løsningen hvor vi kan dokumentere rensing av DMS for større luftmengder.

Luktreduksjonsløsningen dokumenterer et svært godt resultat og det er vanskelig å finne teknologier som kan dokumentere tilsvarende rensing.

Fotooksidasjon + kullfilter kan være en mulig løsning. Det knyttes noe usikkerhet til om vi vil kunne få DMS, aminer og ammoniakk i avkastluften, - i så fall vil fotooksidasjon + kullfilter ikke være god nok.

Katalytisk forbrenning kan være aktuelt for enkelte punkter i et biogassanlegg. For anleggene på Lista og i Hardanger vil dette være en aktuell løsning for luftingen av ensilasjetankene.

Med vennlig hilsen

Recul AS

The logo for Recul AS, featuring the word "recul." in a bold, black, sans-serif font. Above the letters "e" and "c" are three curved, green lines that suggest a stylized roof or a natural element.

Jon B. Stiansen

Fagansvarlig

Mob: 92680603

jon@recul.no

:

Vår ref.:
SM/

Vår dato:
24.11.2023

Lista Biogass, Svar på spørsmål fra Statsforvalter, Lukt

a) Maksimalt utslipp av lukt

I utgangspunktet har vi vurdert et «worst case» scenario for anlegget med bakgrunn i TA3019. Det betyr at spredningsberegningen presenterer et luktbilde med utgangspunkt i summen av de verste tenkelige tidspunktene i den verste måneden i året. Det betyr at et punkt på kartet kan være i januar mens et annet punkt kan være for juli. Det betyr at det bildet som framkommer ikke er en samtidig situasjon, men et samlet bilde for de ulike tidspunktene gjennom et år. Det er i tråd med TA3019.

Det er også lagt til grunn at alle avtrekksvifter går på maksimal kapasitet. Det betyr at vi har lagt til grunn en situasjon hvor vi har et maksimalt utslipp av luft. Hvis konsentrasjonen er konstant uavhengig av luftmengde vil en større luftmengde gi en større fluks. For anlegget har vi tatt utgangspunkt i maks luftmengde.

For øvrig henvises til Luktrisikovurderingen som er utført for anlegget.

b) Bakgrunn for valg av luktkonsentrasjon

Luktkonsentrasjoner som er benyttet som input data etter luktreduksjonsanlegget og før skorsteinen, er satt til 1000 OuE/m³. Bakgrunner er erfaringstall fra tilsvarende anlegg med tilsvarende renseløsning. I de fleste tilfeller ligger rensesgraden på et nivå som gjør av vi kan forvente <500 OuE/m³ etter luktreduksjonsanlegg av denne typen. Vi har valgt å benytte 1000 OuE/m³ med bakgrunn i garantier som leverandører av luktreduksjonsløsninger av denne typen normalt gir for biogass med tilsvarende råvarer/substrat.

Vi antar at verdiene det ble referert til i møtet dreier seg om urensset luft og forventet belastning til luktreduksjonsanlegget.

Vi ser av målinger på urensset luft fra tilsvarende biogassanlegg at de har konsentrasjoner som ofte ligger mellom 1 000 000 til 6 000 000 OuE/m³.

Referanseanlegg

Referanseanlegg som er benyttet er primært fra Danmark. Det skyldes at det i Danmark er etablert flere biogassanlegg med samme råvarer/substrat enn det vi finner i Norge. Det er også en stor fordel å benytte anlegg med driftserfaringer over tid.

Enkelte av referanseanleggene har årlige referansemålinger tilbake til 2015/2016.

Vi har i tabell under gitt en oversikt over noen referanser som har tilsvarende substrat og luktreduksjonsløsning som er planlagt for Lista.

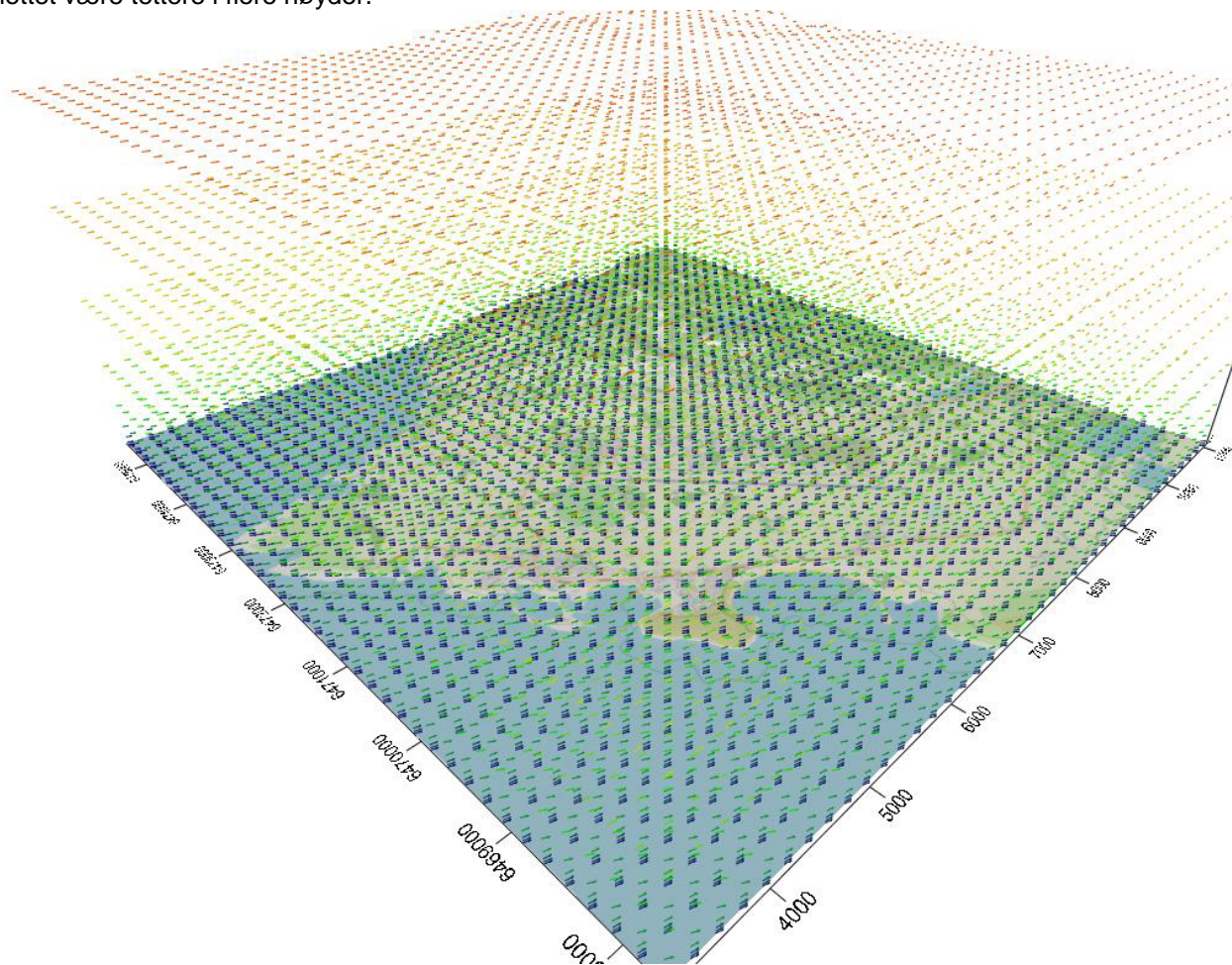
Vi har også gassmålinger fra mange av anleggene. Det er blant annet gjort målinger av nivå på H₂S, NH₃, Merkaptaner før og etter luktreduksjonsløsningen. Dette er typiske forbindelser som bidrar til lukt fra biogassanlegg.

Referanse anlegg	Substrat (primært)	Notat	Målinger Luktanalyser er gjort av Force DK
██████████	Husdyrgjødsel (ku, svin, kylling og mink)	Vi antar at det substrat til anlegget bidrar til mer lukt enn det vi forventer på Lista.	Etter luktreduksjonsløsning 210 OuE/m ³ 210 OuE/m ³ 140 OuE/m ³
██████████	Husdyrgjødsel (ku, svin, kylling)	Dette anlegg har to parallelle strømmer med to ulike renseløsninger. Linje 1 har et biofilter i tråde med planlagt anlegg på Lista Linje 2 har rensetrinn med masse av bark. Linje 2 oppnår et vesentlig dårligere rensresultat. Barkfilter har luktkonsentrasjoner på 2000-3000 OuE/m ³ etter rensing.	Etter luktreduksjonsløsning 250 OuE/m ³ 420 OuE/m ³
██████████	Husdyrgjødsel (ku, svin, kylling)	Det er på anlegget gjennomført gassmålinger før og etter luktreduksjonsløsningen i perioden 2022 og 2023. Det er tatt prøver ved 14 ulike tilfeller og ingen av prøvene gir noe utslag etter siste rensetrinn.	Gass: Høyest målte verdi i PPM før og etter rensing H ₂ S før 420/etter 0 NH ₃ før 7/ etter 0 Merkaptaner før15/etter 0
██████████	Husdyrgjødsel (ku, svin, kylling)	Det er gjennomført 4 årlige målinger siden 2015. Det er i perioden ikke påvist NH ₃ , H ₂ S eller Merkaptaner etter luktreduksjonsløsningen	Gass: Høyest målte verdi i PPM før og etter rensing H ₂ S før 2400/etter 0 NH ₃ før40 / etter 0 Merkaptaner før240/etter 0
██████████	Husdyrgjødsel (ku, svin, kylling)	Det er gjennomført 4 årlige målinger siden 2014. Det er i perioden ikke påvist NH ₃ , H ₂ S eller Merkaptaner etter luktreduksjonsløsningen.	Gass: Høyest målte verdi i PPM før og etter rensing H ₂ S før 1800/etter 0 NH ₃ før 100/etter 0 Merkaptaner før 240/etter 0

c) Vindforhold for området

Det er i forbindelse med spredningsberegningen benyttet lokale værdata fra 2022. Dataene baserer seg på målinger fra vindstasjoner, erfaringer (for eksempel om en vindhendelse er et stort avvik, eller om det forekommer ofte) og beregninger. Værdataene er lokale og er bestilt spesifikt for dette området. Værdataene blåser fra et 50x50 område, i flere dimensjoner. Værdataene er 3 dimensjonale, som vil si at det tar hensyn til vind og høyder både horisontalt og vertikalt. Det er ikke gitt at det blåser likt i ulike høyder. Det er derfor viktig å vurdere ved for eksempel prosjektering av avkasthøyder.

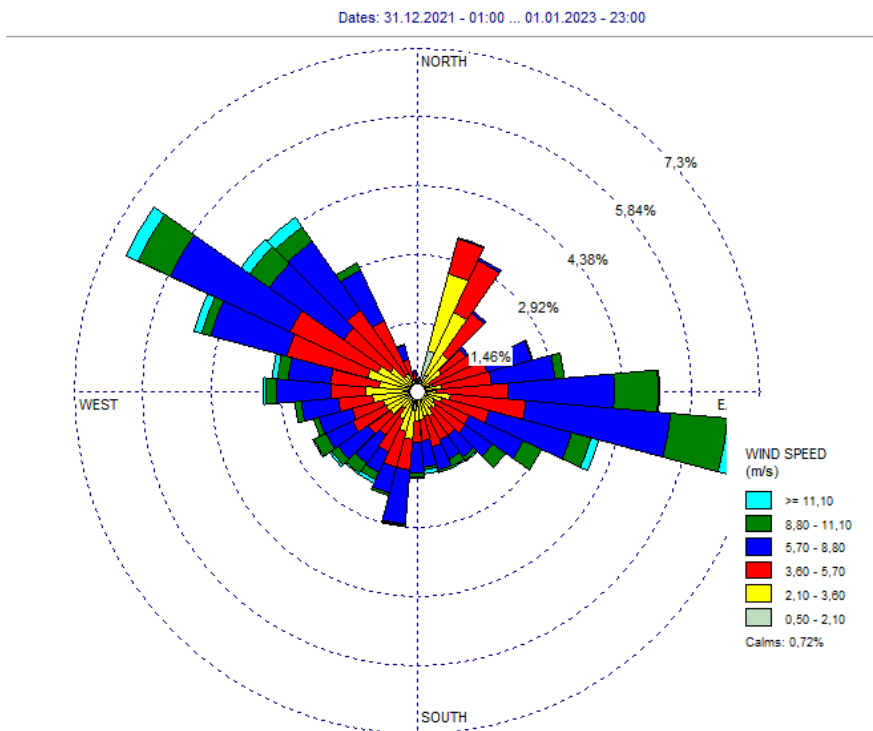
Bildet under viser hvordan værdataene fungerer. Det blir bygd opp et 3-dimensjonalt rutenett hvor vinden ikke bare peker en retning, men også i vinkler vertikalt. I tillegg er det bygd opp vær «lag» i forskjellige høyder, hvor lagene er tettere mot bakken, og har mer avstand høyere opp. Ved en høy pipe, vil rutenettet være tettere i flere høyder.



Når vi zoomer inn, ser man hvordan vinden peker forskjellig i forskjellige høyder. Figuren under viser hvordan vinden endrer retning ved at den treffer biogassanlegget.



Vindrosen for området er generert basert på alle timer fra 31.12.2021 kl. 00, til 01.01.2023 kl. 23.00. Denne vindrosen representerer vinden ca. 10m over bakken.



Vindrosen som er generert i CALPUFF fra vinddataene viser at det blåser oftest fra Nord-vest, og øst-sørøst. Generelt blåser det hardest fra Nord-vest.

Med vennlig hilsen
Recul AS



Siv Malmanger
Daglig Leder

