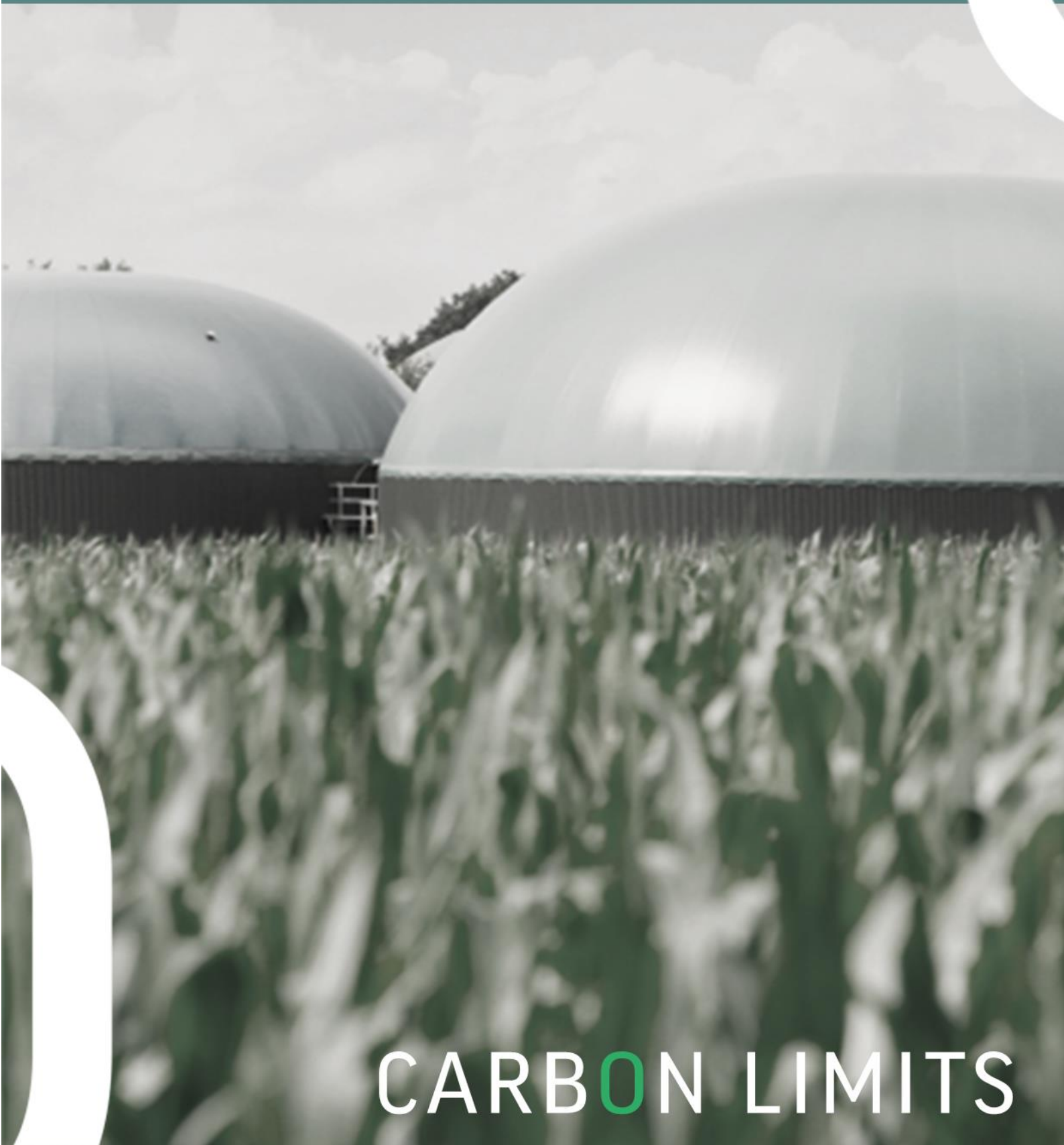


Behandling og disponering av avløpsslam og annet organisk avfall i Norge



CARBON LIMITS

Utførende institusjon (institusjonen er ansvarlig for innholdet i rapporten)

Carbon Limits AS

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Irina Ålund

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Kine Martinsen

M-nummer

M-2155 I 2021

År

2021

Sidetall

45

Miljødirektoratets kontraktnummer

21087572

Utgiver

Carbon Limits AS

Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

Forfatter(e)

Irina Ålund, Valentin Gentile med medvirkning fra NMBU v/John Morken og Trine Aulstad Sogn

Tittel – norsk og engelsk

Behandling og disponering av avløpsslam og annet organisk avfall i Norge
Treatment and Disposal of Sewage Sludge and Other Organic Waste in Norway

Sammendrag – summary

Carbon Limits har fått i oppdrag fra Miljødirektoratet å lage en oppdatert og helhetlig oversikt over de organiske avfallsstrømmene som ble behandlet i norske anlegg i perioden 2017 – 2020.

I prosjektet ble det utviklet et visualiserings-verktøy (Power BI) som ble brukt for å spore hva som foregår med avfallsstrømmene i Norge, gjennomføre forenklede massebalanse analyser, ta ut og sammenligne data per ulike avfallstyper, behandlingsmetoder, disponeringsformål, ulike typer behandlingsanlegg osv.

Denne rapporten presenterer resultater fra både dataanalysen og gjennomgangen av tilgjengelig kunnskap om ulike behandlingsmetoder for organisk avfall i Norge, inkludert vurdering av de ulike metodene i forhold til utvalgte miljø- og klimaindikatorer og vurdering av overordnede kostnader ved biogassproduksjon og kompostering.

4 emneord

Organisk avfall, behandlingsmetoder, biogass, kompostering

4 subject words

Organic waste, treatment methods, biogas, compost

Forsidefoto

Kilde: istockphoto

Sammendrag

Carbon Limits har fått i oppdrag fra Miljødirektoratet å lage en oppdatert og helhetlig oversikt over de organiske avfallsstrømmene som ble behandlet i norske anlegg i perioden 2017 – 2020, inkludert både mottak av ubehandlet avfall og avsetting av produktene som kommer ut av behandlingen. For å nå målene i oppdraget har Carbon Limits utviklet et Power BI Dashboard – et verktøy som ble brukt for å spore hva som foregår med avfallsstrømmene i Norge, gjennomføre forenklete massebalanse analyser, ta ut og sammenligne data per ulike avfallstyper, behandlingsmetoder, disponeringsformål, ulike typer behandlingsanlegg mm.

Dataanalyse og hovedresultater

Datagrunnlaget i Power BI verktøyet består av uttrekk fra Miljødirektoratets database «Forurensning», som inneholder opplysninger om mengder mottatt og disponert organisk avfall for perioden 2017 – 2020, biogassproduksjon i Norge, anvendte behandlingsmetoder for avløpsslam, samt opplysninger om tungmetallinnhold og klassifisering av avløpsslam. Carbon Limits har gjennomført en analyse av datagrunnlaget for å avdekke eventuelle feil og mangler i registrerte data. Analysen inkluderte blant annet gjennomgangen av:

- Kommentarer lagt inn av brukere
- Manglende data om tørrstoff eller våtvekt for mottatt avfall
- Feilregistreringer i forhold til utmålingsenhet for mengder mottatt og disponert organisk avfall
- Registrering av mengder sand og kalk
- Registreringer under kategoriene «Annet» og «Lagt på eget lager»
- Registreringer i 2017
- Kvalitetsklasser for slam og sammenhengen mellom registrerte kvalitetsklasser og rapportert tungmetallinnhold
- Massebalanse og registrerte sum-verdier

Det oppdaterte datagrunnlaget ble lastet opp i Power BI verktøyet, der dataene ble sammenstilt og presentert i form av grafer, tabeller, diagrammer osv. Hovedresultater fra datasammenstillingen er som følger:

Mottatt organisk avfall

I 2020 ble totalt 390 000 tonn tørrstoff (TS) organisk avfall levert til biologisk behandling. Dette tilsvarer en ca. 11 % økning fra 2019 og 31 % økning fra 2017. Av den totale mengden organisk avfall levert utgjorde avløpsslam om lag 40 %, mens den resterende mengden var andre typer organisk avfall, som matavfall, fiskeavfall, park- og hageavfall, husdyrgjødsel mm. Av den totale mengden TS ble 170 000 tonn levert til biogassproduksjon og 203 000 tonn til kompostering i 2020. 13 000 tonn organisk avfall ble levert til anlegg for mottak og mellomlagring.

Biogassproduksjon

Mengder organisk avfall levert til biogassproduksjon har de siste fire årene økt fra 140 000 tonn TS i 2017 til 170 000 tonn TS i 2020. Avløpsslam har vært den mest anvendte avfallstype til biogassproduksjon i perioden (omtrent 87 000 tonn TS per år, med unntak av i 2017), etterfulgt av matavfall (inkludert både fra husholdninger og storhusholdning) som utgjorde nesten 35 % av den totale mengden organisk avfall til biogass i 2017 og 24 – 26 % i perioden 2018 – 2020.

Biogassproduksjon i Norge har økt med nesten 65 % i perioden 2017 – 2020 og antall anlegg som produserer biogass har økt fra 31 anlegg i 2017 til 35 anlegg i 2020. Mengde biogass oppgradert til

drivstoffkvalitet har mer enn doblet seg i perioden. Mengder biogass brukt til interne formål som oppvarming av bygg, oppvarming av slam osv., har økt med ca. 60 %, mens mengder biogass brukt i produksjon av elektrisitet har blitt redusert med mer enn 60 % i perioden.

Kompostering

Antall komposteringsanlegg har økt fra 97 anlegg i 2017 til 103 anlegg i 2020, mens mengder avfall som gikk til kompostering har økt med over 50 % i perioden. Avløpsslam og park- og hageavfall er de to største avfallstyper som har gått til kompostering i Norge, i tillegg til ulike strukturmateriale (trevirke og annet) som var brukt som tilsats i komposteringsprosessen. I 2020 var det nesten 40 % mer avløpsslam levert til kompostering enn i 2018, mens mengder park- og hage avfall har økt med over 70 % i perioden. Mengder matavfall brukt til kompostering har holdt seg ganske stabilt i perioden med den gjennomsnittlige årlige mengden på 21 000 tonn TS behandlet.

Størsteparten av produsert kompost i Norge ble disponert til jordbruksarealer eller brukt til å lage ulike jordprodukter, som biotak, jordblandinger, pellets o.l. *Rankekompostering* har vært den mest anvendte komposteringsmetode i Norge i perioden 2017 – 2020, både i forhold til antall anlegg som bruker metoden og mengder organisk avfall som ble brukt til kompostering (mengder organisk avfall behandlet med denne metoden har økt fra 84 000 tonn TS i 2017 til 125 000 tonn TS i 2020).

Avløpsslam

Avløpsslam har vært den største avfallstype (i forhold til volumer) som ble levert til biologisk behandling i Norge i perioden 2017 – 2020. Mengder avløpsslam levert til behandlingsanlegg har nesten doblet seg i perioden. Avløpsslam har vært brukt mer i biogassproduksjon enn i kompostering. Imidlertid viser tallene for de siste fire årene at gapet mellom mengder avløpsslam brukt til kompostering og biogassproduksjon har blitt mindre over tid. Siden 2018 har de største mengdene avløpsslam vært behandlet med *anaerob stabilisering + termisk tørking*.

Vurdering av behandlingsmetoder

Som en del av oppdraget har Carbon Limits i samarbeid med Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) vurdert de mest problematiske sidene ved de forskjellige formene for behandling av organisk avfall, der 11 ulike behandlingsmetoder ble rangert i forhold til 7 utvalgte miljøindikatorer (lukt, tap av næringsstoffer, klimagassutslipp, tungmetaller, legemidler, mikroplast og antimikrobiell resistens). Flere behandlingsmetoder har en positiv påvirkning på lukt. Påvirkning på klimagasser er hovedsakelig negativ, og behandlingsmetodene påvirker ikke mengder tungmetaller. Det er imidlertid behov for mer forskning for å vurdere effekten av ulike behandlingsmetoder på legemidler, mikroplast og antimikrobiell resistens.

Kostnader

Carbon Limits har også gjennomført en vurdering av overordnede kostnader ved biogassproduksjon og kompostering. Gjennomgangen av tilgjengelig kunnskap om kostnadene har vist at:

- Det er stor variasjon i behandlingskostnader mellom ulike anlegg
- Det finnes en del informasjon om kostnadene knyttet til biogassproduksjon. Årlige investeringskostnader kan variere fra 16 kr/t til 154 kr/t våtvekt organisk avfall mottatt, mens driftskostnader kan variere fra 40 kr/t til 320 kr/t, avhengig av anleggsstørrelse, type mottatt avfall, behandlingsmetode osv.
- Prosjektteamet har ikke funnet tilstrekkelig informasjon om behandlingskostnader ved komposteringsanlegg. Prosjektteamet har fått tak i noen kostnadsestimater knyttet til kompostering, men disse estimatene kunne ikke ansees som representative og dermed ble ikke inkludert i rapporten.

Summary

Carbon Limits has been commissioned by the Norwegian Environment Agency to prepare an updated and comprehensive overview of the organic waste streams that were processed in Norwegian facilities from 2017 to 2020, including both the reception of untreated waste and use of the products coming out of the treatment. To achieve the objectives of the assignment, Carbon Limits has developed a Power BI Dashboard – a tool that can be used to interpret and visualize the collected data on the organic waste treatment in Norway, as well as conduct simplified mass balance analyses and extract and compare data per different waste types, treatment methods, disposal purposes, treatment facilities, etc.

Data analysis and main results

The database uploaded into the Power BI tool consists of several data sets extracted from the Norwegian Environment Agency's database "Pollution", which contains information on quantities of received and disposed organic waste for the period 2017 – 2020, biogas production in Norway, applied treatment methods for wastewater sludge, as well as information on heavy metal content and classification of sewage sludge. Carbon Limits has carried out an analysis of the database to identify any errors and weaknesses in the registry. The analysis included, among other things, the review of:

- Comments added by the reporting facilities
- Missing data on dry matter or wet weight of waste received by the treatment facilities
- Registered quantities of organic waste received and disposed
- Registered quantities of sand and lime
- Registered quantities of organic waste under the categories "Other" and "Stored in own warehouse"
- Registrations in 2017
- Classification of sewage sludge and the relationship between registered quality classes and reported heavy metal content
- Mass balance and recorded total values

The updated database was uploaded in the Power BI tool, where the data was compiled and presented in the form of graphs, tables, charts, etc. Main results from the data compilation are as follows:

Organic waste received

In 2020, a total of 390 000 tons of dry matter (DM) organic waste was delivered for biological treatment. This corresponds to approximately 11% increase from 2019 and 31% increase from 2017. Out of the total amount of organic waste delivered, sewage sludge accounted for about 40%, while the remaining amount was other types of organic waste such as food waste, fish waste, park and garden waste, manure, etc. 170 000 tons were delivered to biogas production and 203 000 tons to composting in 2020. 13 000 tons of organic waste were delivered to reception and intermediate storage facilities.

Biogas production

Volumes of organic waste delivered to biogas production have increased over the past four years from 140 000 tons DM in 2017 to 170 000 tons DM in 2020. Sewage sludge has been the most used waste type for biogas production during the period (approximately 87 000 tons of DM per year, except for 2017), followed by food waste which accounted for almost 35 % of the total amount of organic waste sent to biogas production in 2017, and 24 – 26 % in the period 2018 – 2020.

Biogas production in Norway has increased by almost 65% in the period 2017 – 2020 and the number of plants producing biogas has increased from 31 plants in 2017 to 35 plants in 2020. The volume of biogas

upgraded to fuel quality has more than doubled in the period. The volume of biogas used for internal purposes such as heating buildings, heating sludge, etc., has increased by about 60%, while the amount of biogas used for electricity production has been reduced by more than 60 % in the period.

Composting

The number of composting plants has increased from 97 plants in 2017 to 103 plants in 2020, while the amount of waste that was sent to composting has increased by more than 50% in the period. Sewage sludge and park and garden waste are the two largest types of waste that are treated using composting in Norway, followed by various structural materials (wood and other) that are added in the composting process. In 2020, almost 40% more sewage sludge was delivered to composting than in 2018, while volumes of park and garden waste have increased by more than 70% since 2018. The amount of food waste processed using composting has been stable over the years, with an average amount of 21 000 tons DM processed.

Most of the compost produced in Norway was used in agriculture. *Windrow composting* has been the most used composting method in Norway in the period 2017 – 2020, both in relation to the number of plants using the method and the volume of organic waste treated (amounts of organic waste treated using this method have increased from 84 000 tons DM in 2017 to 125 000 tons DM in 2020).

Sewage sludge

Sewage sludge has been the largest waste type (in terms of amount) that was delivered for biological treatment in Norway in the period 2017 – 2020. The amount of sewage sludge delivered to treatment plants has almost doubled in the period. Sewage sludge has been used more in biogas production than in composting. However, the figures for the past four years show that the gap between volumes of sewage sludge used for composting and biogas production has been reduced over time. Since 2018, the largest amounts of sewage sludge have been treated with *anaerobic stabilization + thermal drying*.

Assessment of treatment methods

As part of the assignment, Carbon Limits, in close collaboration with the Norwegian University of Life Sciences (NMBU), has assessed the most problematic aspects of the different methods of organic waste treatment, where 11 different treatment methods were ranked in relation to 7 selected environmental indicators (odor, nutrient loss, greenhouse gases emissions, heavy metals, pharmaceuticals substances, microplastics, antibiotic resistance). Several treatment methods have a positive impact on odor. The impact on greenhouse gases is mainly negative, and the treatment methods do not affect the amounts of heavy metals. More research is needed to assess the effect of various treatment methods on pharmaceutical substances, microplastics and antibiotic resistance.

Costs

Carbon Limits has also carried out a literature review of the overall costs related to biogas production and composting. The review of the available information on costs has shown that:

- There is considerable variation in costs between different facilities
- There is some available information on the costs associated with biogas production. Annual investment costs can range from 16 to 154 NOK per ton of wet weight organic waste received. Operating costs can range from 40 to 320 NOK per ton, depending on the size of the plant, type of waste received, treatment method, etc.
- The project team has not found an overview of treatment costs at composting plants. Some information on costs has been obtained through interviews. This information however could not be considered as representative and was therefore not included in the report.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	7
2	Status for håndtering av organisk avfall i Norge	9
2.1	Databehandling og oppsummering.....	9
2.2	Dataanalyse - hovedfunn.....	10
2.2.1	Manglende data om tørrstoff eller våtvekt i mottatt avfall	11
2.2.2	M ³ i stedet for Tonn	11
2.2.3	Sand og kalk	12
2.2.4	Kategorien «Annet»	12
2.2.5	Lagt på eget lager	13
2.2.6	2017 data	13
2.2.7	Rapporteringsskjema og tekniske feil.....	13
2.2.8	Klassifisering av avløpsslam og tungmetaller	14
2.2.9	Massebalanse og sum.....	14
2.3	Anbefalinger til framtidig utvikling av rapporteringsskjemaet	16
3	Nøkkelresultater	18
3.1	Organisk avfall levert til biologisk behandling i perioden 2017 – 2020	18
3.1.1	Avløpsslam.....	22
3.1.2	Matavfall.....	26
3.1.3	Ressursutnyttelse av biologisk avfall	28
4	Metoder for biologisk avfallsbehandling.....	30
4.1	Vurdering av behandlingsmetodene med hensyn på de viktigste miljøindikatorene	32
4.2	Kostnadsvurdering	36
5	Utviklingstrender i håndtering av organisk avfall de siste årene.....	39
6	Konklusjon	43
7	Referanser.....	44

1 Innledning

Carbon Limits har fått i oppdrag fra Miljødirektoratet å lage en oppdatert og helhetlig oversikt over de organiske avfallsstrømmene som var behandlet i norske anlegg i perioden 2017 – 2020, inkludert både mottak av ubehandlet avfall og avsetting av produktene som kommer ut av behandlingen. En viktig del av oppdraget gikk ut på å fremstille tilgjengelige data på en tydelig og lett forståelig måte, med en mulighet for direkte gjenbruk av datafremstillingen i presentasjoner, på Miljødirektoratets nettsider, osv. I tillegg til sammensetting av tilgjengelige data var andre problemstillinger knyttet til behandling av organisk avfall, som f.eks. fordeler og ulemper ved de ulike behandlingsmetodene og kostnadene knyttet biologisk avfallsbehandling, vurdert i oppdraget.

Hovedformålet med denne rapporten er å presentere hovedresultater og funn i prosjektet, samt gi svar på følgende spørsmål:

- Hvilke mengder avløpsslam og annet organisk avfall ble mottatt, behandlet og disponert fra norske anlegg i perioden 2017-2020? – Kapittel 3 Nøkkelfullresultater
- Hvilke behandlingsmetoder for biologisk avfallsbehandling er i bruk i Norge, og hvordan fordeler mengder og type avfall seg mellom disse? – Seksjon 3.1 Organisk avfall levert til biologisk behandling i perioden 2017-2020
- Hva er de mest problematiske sidene ved de forskjellige formene for behandling av organisk avfall? – Seksjon 4.1 Vurdering av behandlingsmetodene
- Hvordan blir organisk avfall disponert etter behandling og hva er ressursutnyttelsen av det biologiske avfallet som kompost, biorest og biogass? – Seksjon 3.1.3 Ressursutnyttelse av biologisk avfall
- Hva er fordeler og ulemper med de forskjellige behandlingsformene? – Seksjon 4.1 Vurdering av behandlingsmetodene med hensyn på de viktigste miljøindikatorne
- Hva er kostnaden for biologisk avfallsbehandling og disponering/ distribusjon? – Seksjon 4.2 Kostnadsvurdering
- Hvordan har utviklingen vært for behandling og disponering/ distribuering av organisk avfall i Norge i de siste fire år? - Kapittel 5 Utviklingstrender

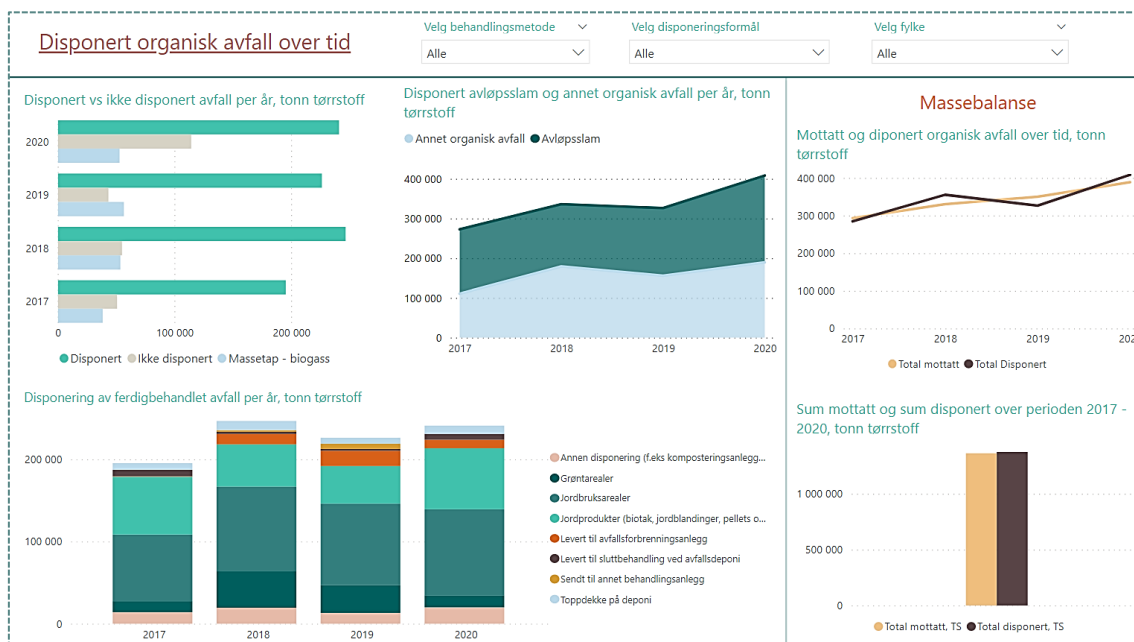
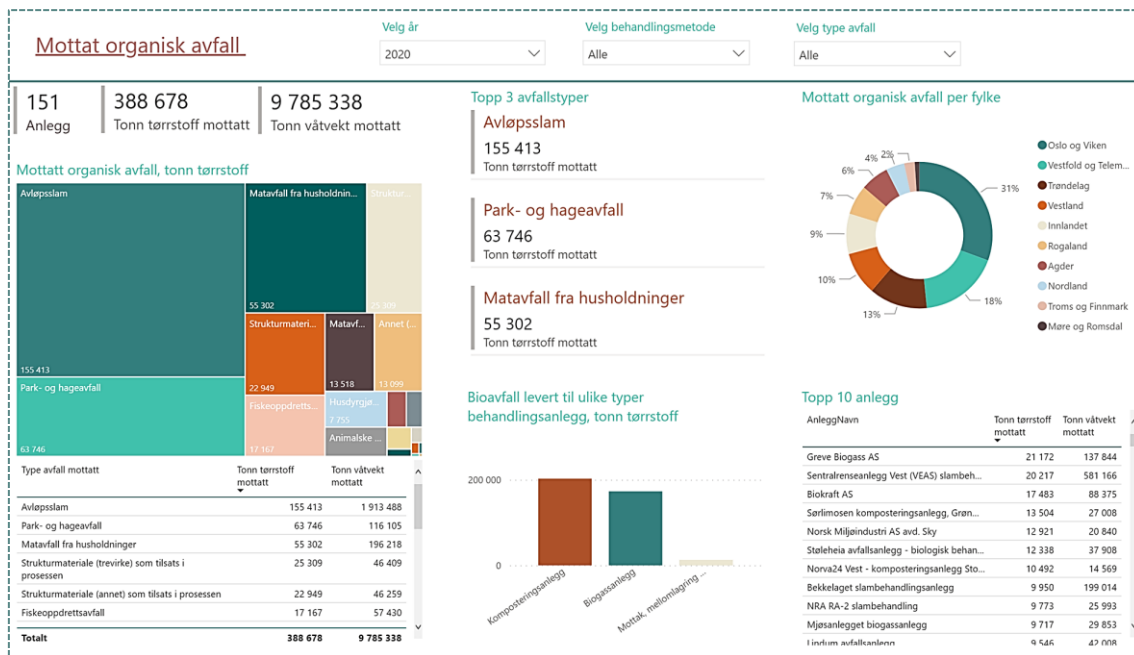
For å nå målene med oppdraget har Carbon Limits utført tre oppgaver, som vist i Figur 1 nedenfor:

Figur 1 Oversikt over hovedoppgaver i prosjektet



Som en viktig del av oppdraget har Carbon Limits utviklet et Power BI Dashboard – et verktøy som gir mulighet for å fremstille ulike data på en lettfattelig, tydelig og interaktiv måte. Dashboardet ble brukt for å spore hva som foregår med avfallsstrømmene i Norge, gjennomføre forenklede massebalanse analyser, ta ut og sammenligne data per ulike avfallstyper, behandlingsmetoder, disponeringsformål, ulike typer behandlingsanlegg mm. Hovedresultatene fra oppgave 1 har blitt innarbeidet i Power BI Dashboard. Figur 2 under viser eksempler på to av de utviklede sidene i Dashboardet:

Figur 2 Sidene for mottatt organisk avfall og disponert organisk avfall i Power BI Dashboard utviklet i prosjektet



2 Status for håndtering av organisk avfall i Norge

2.1 Databehandling og oppsummering

En av prosjektets hovedoppgaver bestod i å kartlegge de biologisk nedbrytbare avfallsstrømmene i Norge ved å sammenstille data om biologisk avfallsbehandling og bruken av ferdigbehandlet avfall de siste fire årene. Carbon Limits har fått tilgang til følgende dokumenter/datauttrekk fra Miljødirektoratets database «Forurensning»:

- *Mottatt bioavfall* – Mengde bioavfall mottatt av anleggene i Norge i perioden 2017 - 2020 per avfallstype og behandlingsmetode
- *Disponert bioavfall* – Mengde bioavfall disponert av anleggene i Norge i perioden 2017 - 2020 fordelt på avfallstype og disponeringsmål
- *Biogass produksjon* – Mengde biogass produsert av norske anlegg i perioden 2017 - 2020 fordelt på ulike utnyttelsesformål
- *Klassifisering av slam* – Mengde avløpsslam disponert i perioden 2017 - 2020 per kvalitetsklasse
- *Tungmetaller i slam* – Konsentrasjon av tungmetaller i avløpslammet i perioden 2017 - 2020
- *Anleggsdata* – Informasjon om anleggene og slambehandlingsmetoder i perioden 2017 - 2020

Figur 3 under viser hva de ovenfornevnte datauttrekkene dekker av ulike opplysninger om avfallsstrømmene i Norge. I tillegg til generell data om mengder organisk avfall mottatt og disponert, inneholder dataene opplysninger om biogassproduksjon og kompostering, samt mengder tilsatsmaterialer som anleggene bruker ved kompostering. Videre inkluderer datauttrekkene anleggsdata, bestående av data om slambehandlingsmetoder, og data om avløpsslamskvalitet og biogassproduksjon. Data om kvalitetsklasser for annet organisk avfall er foreløpig ikke tilgjengelig.

Figur 3 Oversikt over tilgjengelige data i Miljødirektoratets database (mørkegrønn: spesifikk data tilgjengelig, lysegrå: ikke tilgjengelig)

Overordnet	Mottatt	Disponert	
Behandlingsmetode	Biogass	Kompostering	Tilsatsmateriale
Type avfall - avløpsslam	Anleggsdata	Klassifisering av slam	Tungmetaller i slam
Type avfall – annet organisk avfall	Anleggsdata	Klassifisering av annet organisk avfall	Tungmetaller i annet organisk avfall
Sluttprodukt	Biogass	Kompost	Biorest

Hovedformålet med gjennomgangen av datagrunnlaget var å avdekke eventuelle feil og mangler og vurdere usikkerheten ved de innsamlede dataene. Analysen bestod i:

- Gjennomgang og innarbeidelse av alle kommentarer i rapporteringsskjemaene
- Massebalanse-kontroller
- Kontroll av null-verdier
- Kontroll av registrerte sum-verdier
- Kontroll av dobbelt registrering
- Kontroll av uteliggende verdier (Max- og min-verdier som peker seg ut fra resten av serien)

Ved gjennomgangen var en del «åpenbare» feil avdekket og rettet i datagrunnlaget. Prosjektteamet forsøkte å forklare manglende og ufullstendige data og der det var mulig, inkludere opplysninger fra kommentarfeltene i sammenstilte data.

En kort oppsummering av de viktigste funn i dataanalysen er presentert i kapittel 2.2 nedenfor.

2.2 Dataanalyse - hovedfunn

Gjennomgangen av datagrunnlaget har vist at i noen tilfeller var registrerte opplysninger inkonsistente eller manglende. De vanligste typer feil/mangler, samt hvordan de har blitt håndtert i det oppdaterte datagrunnlaget, er presentert under.

2.2.1 Manglende data om tørrstoff eller våtvekt i mottatt avfall

I rapporteringsskjemaet for mottatt biologisk avfall var det for noen anlegg manglende eller inkonsistente data om tørrstoff eller våtvekt. Det ble i noen tilfeller rapportert 0 tonn tørrstoff mens våtvekten hadde en betydelig mengde. I andre tilfeller var tørrstoffmengden og våtvektmengden helt like. Det kan tyde på at brukeren hadde utfordringer med å beregne tørrstoffinnholdet, men også at noen anlegg ikke fikk registrert tørrstoffinnholdet i tilsvarende seksjon i rapporteringsskjemaet på grunn av tekniske feil eller misforståelser. For de sistnevnte var tørrstoffkonsentrasjonen ofte angitt i kommentarfeltet.

For å håndtere manglende data om tørrstoffinnhold ble det først sjekket om kommentarfeltet inneholdt noen relevante opplysninger. For de anleggene der tørrstoffkonsentrasjonen var rapportert i kommentarfeltet ble verdiene direkte overført til tilsvarende celler i datauttrekket. For noen andre anlegg ble mengder tørrstoff beregnet basert på registrerte opplysninger om våtvekten og tørrstoffprosenten, mens for de resterende anlegg som hverken hadde opplysninger om mengde tørrstoff i tonn eller tørrstoffprosent, ble den gjennomsnittlige tørrstoffprosenten (beregnet for hver type mottatt avfall) benyttet.

Tabell 1 under viser den beregnede gjennomsnittlige tørrstoffprosenten for noen utvalgte avfallstyper:

Tabell 1 Gjennomsnittlig tørrstoffprosent registrert for ulike typer mottatt avfall

Type avfall mottatt	2018	2019	2020
Animalske biprodukter (unntatt fisk)	38	36	36
Avløpsslam	18	18	18
Husdyrgjødsel	41	36	32
Landbruksavfall (poteter, grønnsaker o.l.)	35	53	42
Matavfall fra husholdninger	30	38	30
Park- og hageavfall	54	58	57
Strukturmateriale (annet) som tilsats i prosessen	57	67	53
Strukturmateriale (trevirke) som tilsats i prosessen	60	62	57

To anlegg behandler prosessavløpsvann som inneholder KOF (kjemisk oksygenforbruk) eller BOF (biologisk oksygenforbruk) i så lave konsentrasjoner at tørrstoffkonsentrasjonen er antatt 0 i alle rapporteringsår. Samtidig mottar disse anleggene de største mengder våtvekt i Norge (nesten 10 ganger høyere enn andre store industrielle anlegg). I kommentarfeltet i rapporteringsskjemaet for 2018 angir ett av anleggene en estimert tørrstoffkonsentrasjon på 0,02 %. Benytter man denne tørrstoffprosenten, innebærer det at omtrent 590 - 970 tonn tørrstoff avfall ikke var regnet med i statistikken for behandling av organisk avfall i 2018 (heller ikke i de andre årene). I denne omgangen var ingen endringer i registrerte verdier foretatt for disse anleggene.

2.2.2 M³ i stedet for Tonn

I rapporteringsskjemaet for mottatt avfall registreres mengder tørrstoff og våtvekt i tonn. En av feilene oppdaget ved gjennomgangen av datagrunnlaget var at noen anlegg hadde registrert mengder mottatt avfall i m³. Der hvor det var oppgitt type avfall, ble verdiene i m³ omregnet til tonn våtvekt på bakgrunn av omregningsfaktorer presentert i Tabell 2 under. Noen få anlegg registrerte mengder mottatt avløpsslam i

m³. Det ble ikke gjort noen rettelser i databasen for disse anleggene, siden prosjektteamet hadde utfordringer med å finne en representativ omregningsfaktor for avløpsslam.

Tabell 2 Omregningsfaktorer for noen utvalgte typer avfall

Avfallstype	Tonn per m ³
Bark	0,75
Matavfall blandet	0,8
Organisk avfall fra næringen	1
Park- hageavfall	0,4

Kilde: (Statistisk sentralbyrå, 2021)

2.2.3 Sand og kalk

Sand finnes naturlig blandet med flere organiske avfallstyper (for eks. avløpsslam, biorest, hageavfall), men kan også tilsettes som kalk til komposteringsprosessen for å gi riktig konsistens til kompost. I utgangspunktet bør sand og kalk tas ut av statistikken for organisk avfall, siden disse materialene ikke regnes som organiske materialer. Utfordringen da ligger i å estimere mengden sand og kalk som avfallet inneholder. I rapporteringen har ulike anlegg angitt mengder sand og kalk i kategorien «Annet». I noen tilfeller har anleggene lagt inn kommentarer om de registrerte verdiene kun gjelder sand eller kalk, eller om de inkluderer sand/kalk sammen med andre typer avfall. Samtidig er det ikke usannsynlig at flere andre anlegg har registrert verdier som inneholder sand/kalk uten å presisere dette i kommentarfeltet. For eksempel, kommenterte noen anlegg at mengdene avfall disponert til ulike formål, var tilsatt sand eller kalk, mens mottatt avfall registrert av vedkommende anlegg for samme år inneholdt hverken sand eller kalk.

Mengder sand kan muligens utgjøre en større del av de organiske avfallsstrømmene, enn det som ble oppdaget ved gjennomgangen av datagrunnlaget. Det er vanskelig å estimere hvor betydelig denne delen er, ettersom det er ukjent hvor mange anlegg som tilsetter sand i prosessen uten å oppgi tilleggsmengde om dette i rapporteringsskjemaet.

Sand og kalk ble tatt ut av datagrunnlaget der det i kommentarfeltet var tydelig oppgitt at de registrerte mengdene gjald kun sand eller kalk. Mengdene som ble tatt ut er oppgitt i Tabell 3 under.

Tabell 3 Mengde sand og kalk som ble tatt ut av statistikken per år, i tonn TS

Type materiale	2018	2019	2020
Sand	-	15 279	20 095
Kalk	523	341	2 166

2.2.4 Kategorien «Annet»

Flere verdier registrert i kategorien «Annet» kunne vært inkludert i én av avfallskategoriene. Denne vurderingen er basert på opplysningene som framkom i kommentarfeltet der anleggene skulle presisere hvilke typer avfall som inngikk i *Annet*. For eksempel, *Sikterest fra kværning av trevirke* kunne vært registrert som *Treforedlingsavfall*, eller *Kombinasjon av hel løk, våt løk skall fra skrelling og tørre skall og*

løk gras - som *Landbruksavfall*. Ved gjennomgangen av datagrunnlaget ble noen verdier for mottatt avfall flyttet ut fra kategorien «Annet» når det var tydelig at avfallet tilhørte en av de andre avfallskategoriene.

2.2.5 Lagt på eget lager

Lagt på eget lager er en betydelig kategori som representerer 260 000 tonn TS organisk avfall over hele perioden. Dette utgjør ca. 19 % av den totale avfallsmengden som ble «*disponert*» mellom 2017 og 2020. Kommentarene i datauttrekket for disponert avfall tyder på at *Lagt på eget lager* - kategorien kan bli tolket på forskjellige måter. Intensjonen bak denne kategorien var å spore mengder organisk avfall som er ferdigbehandlet, men ikke disponert. Likevel, har denne kategorien i flere tilfeller blitt brukt for å registrere mengder slam som lagres til ettermodning, som betyr at slammet ikke er ferdigbehandlet. Ved massebalanse-kontrollen ble det oppdaget at mengder mottatt og disponert avfall ikke alltid var i samsvar. Én mulig forklaring på differansen mellom avfallsmengder som var mottatt og disponert kunne vært de mengdene avfall som var lagt på lager året før. Det må imidlertid være flere årsaker til denne differansen, ettersom gjennomgangen av kommentarene i rapporteringsskjemaet har vist at det som var lagt på eget lager kunne stå der i flere år. Dette gir noen utfordringer med sammenstilling av dataene, ettersom det er da vanskelig å vite hva slags avfall som havner på lager (altså, ferdigbehandlet eller ikke) og hvor lenge avfallet ligger på lager før det blir ferdigbehandlet og/eller disponert.

Gjennomgangen av kommentarene knyttet til *Lagt på eget lager* har også pekt på en annen mulig misforståelse av hva som skal registreres under denne kategorien, nemlig om man skal opplyse om mengder avfall som ble lagt *til* lager i rapporteringsåret eller registrere den *totale* mengden avfall som står på lager i rapporteringsåret. For eksempel, skrev ett anlegg i kommentarfeltet til denne kategorien i 2020: «*Ingenting er ferdig kompostert og lagt til lager ila 2020. Oppfatter dette pkt om hva som er lagt til lager i 2020, ikke hva som totalt er på lager av ferdig kompost*».

2.2.6 2017 data

Rapporteringsskjemaet ble videreutviklet etter 2017. Gjennomgangen av tallgrunnlaget har vist noen forskjeller mellom hvordan mottatte og disponerte mengder biologisk avfall var registrert i 2017 sammenlignet med de andre årene. Slik inneholdt 2017- datauttrekket for mottatt avfall også mengder avfall disponert, mens datauttrekket for disponert avfall manglet opplysninger om annet bioavfall (altså inkluderte kun data om avløpsslam). For noen anlegg manglet 2017-databasen noen andre opplysninger, som for eksempel informasjon om behandlingsmetode.

For å kunne sammenligne 2017-tall med de andre årene ble disponerte mengder tatt ut av datauttrekket for mottatt avfall og flyttet til *Disponert avfall*, der det var mulig. I tillegg ble opplysningene om anleggstype, behandlingsmetode osv. lagt til der de var manglende, basert på tilsvarende opplysninger fra senere år.

Det er verdt å merke at 2017 - dataene mest sannsynlig har den største usikkerheten i forhold til fullstendige og riktige opplysninger i databasen. Likevel er disse dataene inkludert i datasammenstillingen, men kan vurderes å tas ut etter nærmere undersøkelse.

2.2.7 Rapporteringsskjema og tekniske feil

Det er meldt flere ganger i kommentarene i *disponert avfall* datauttrekket at feltene i rapporteringsskjemaet ikke kunne fylles ut fordi de var usynlige (for eks. «*Det mangler kolonner for mengde i dette skjemaet, Sender deg bilde på e brev.*»). Derfor ble flere verdier lagt inn i kommentarfeltet i løpet av 2018 - 2020. Prosjektteamet har flyttet disse verdiene til tilsvarende seksjoner i datauttrekket der det var tydelig hvilke kategorier de registrerte mengdene hørte til (*avløpsslam* eller *annet bioavfall*).

I tillegg til mulige tekniske feil var det observert at noen anlegg opplevde utfordringer med å forstå/finne hjelpetekstene til ulike seksjoner i rapporteringsskjemaet (for eksempel, ett anlegg skrev i kommentarfeltet i skjemaet for 2019: «*Finner ikke beskrivelse av dette punktet i hjelpetekster. (strukturmateriale (trevirke))*».

2.2.8 Klassifisering av avløpsslam og tungmetaller

Avløpsslam kan deles i ulike klasser i henhold til konsentrasjon av tungmetaller i slammet. Maksimumsgrenser er satt av gjødselvarerforskriften, som vist i Tabell 4 under.

Tabell 4 Maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller

Kvalitetsklasser:	0	I	II	III
	mg/kg tørrstoff			
Kadmium (Cd)	0,4	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	60	80	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	30	50	80
Sink (Zn)	150	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	150	650	1000
Krom (Cr)	50	60	100	150

Kilde: (Landbruks- og matdepartementet, Klima- og miljødepartementet, Helse- og omsorgsdepartementet, 2021)

Sammenstillingen av data om tungmetallinnhold og kvalitetsklasser har vist at for noen anlegg er rapporterte mengder tungmetaller og registrert kvalitetsklasse ikke er i samsvar med bestemmelsene i gjødselvarerforskriften. For eksempel, registrerte ett anlegg i 2019 en kobberkonsentrasjon på 2300 mg/kg tørrstoff og en sinkkonsentrasjon på 1200 mg/kg tørrstoff, og samtidig at avløpsslammet hadde *kvalitetsklasse 0, I eller I*. Ifølge gjødselvarerforskriften (se Tabell 4 over) overholder ikke slammet krav til kvalitetsklasse III, som tyder på at anlegget har registrert feil kvalitetsklasse i rapporteringsskjemaet. Kvalitetsklassen ble endret i databasen til *Overholder ikke krav til klasse III*.

2.2.9 Massebalanse og sum

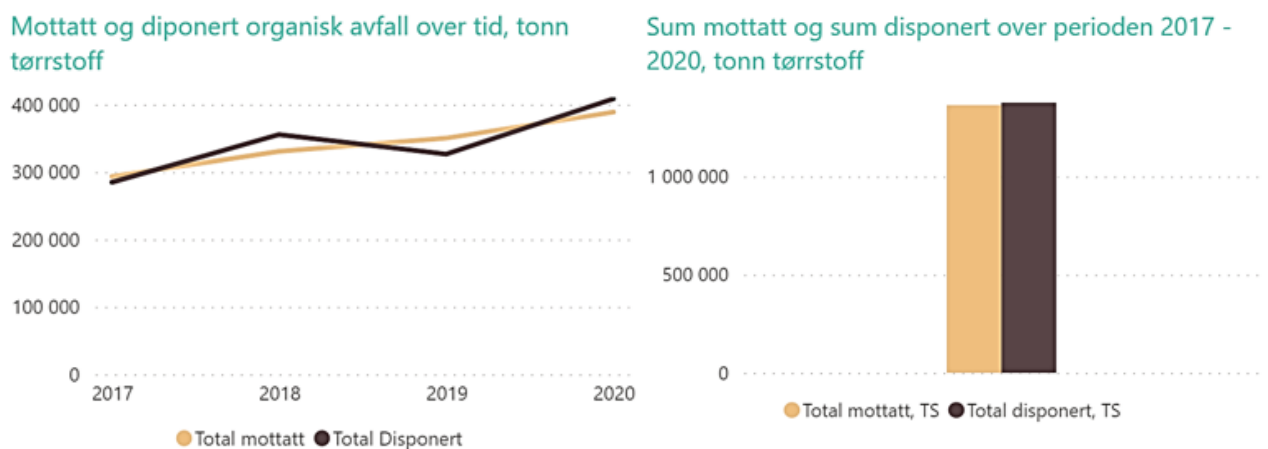
En sum-kontroll ble gjennomført i datauttrekket for mottatt avfall for å sjekke om de rapporterte mengdene var i samsvar med verdiene registrert som «Sum til behandling». Det ble observert i flere tilfeller at *Sum til behandling* var forskjellig fra den faktiske summen av alle typer avfall mottatt.

En av årsakene til det var at statsforvalteren hadde endret/rettet verdiene registrert for enkelte typer avfall uten å korrigere *sum til behandling* tilsvarende. Prosjektteamet har korrigert sum-verdiene der det var tydelig at feilene oppstod som følge av rettelser utført i rapporteringsskjemaene etter at de hadde vært sendt inn.

I tillegg til kontroll av sum-verdier, har prosjektteamet gjennomført en massebalanse-kontroll som bestod i sammenligning av verdier registrert i de ulike datauttrekkene:

Mottatt mot disponert

I teorien burde den totale mengden avfall disponert være omtrent lik den totale mengden avfall mottatt. Store «uforklarlige» avvik mellom mengder mottatt og disponert avfall kan peke på noen betydelige feil i registrerte opplysninger, som kan skyldes både vanlige registreringsfeil, men også det at anleggene tolker ulike seksjoner i rapporteringsskjemaet forskjellig. Figur 4 viser mengder mottatt og disponert avfall per år i perioden 2017 – 2020 (venstre side) og summene av de totale mengdene mottatt og disponert avfall for hele perioden (høyre side). Det er verdt å merke at mens den venstre siden av figuren viser noen større avvik mellom mengdene avfall mottatt og disponert (se Tabell 5 under, som viser blant annet at den største forskjellen ligger på 25 180 tonn for 2018, som tilsvarer ca. 8% av mengden mottatt dette året), viser grafen til høyre at den totale forskjellen mellom summen av mengdene mottatt og summen disponert over hele perioden er ubetydelig og tilsvarer ca. 1% av den totale mengden mottatt.

Figur 4 Massebalanse - mengder organisk avfall mottatt og disponert¹

Tabell 5 - Massebalanse: Mengde disponert i forhold til mengde mottatt

Mengde disponert i forhold til mengde mottatt, tonn TS	2017	2018	2019	2020	Akkumulert
Avvik	-8 560	25 180	-23 660	19 440	12 400
Relativt avvik	3%	8%	7%	5%	1%

I tillegg til mulige feilregistreringer, kan det være noen andre årsaker til avvik mellom mengder mottatt og disponert avfall når man ser på enkelte år. Det er i kapittel 2.2.3 pekt på at for eksempel sand, kalk eller stein kan bidra til slike avvik hvis man kun registrerer mengder sand og kalk i seksjonen for mottatt avfall og ikke i disponert-seksjonen. En annen observasjon fra grafen til venstre (Figur 4) er at differansen mellom mottatte og disponerte mengder er «syklisk» over tid, det vil si at mengdene avfall disponert er lavere enn mengdene mottatt i 2017 og 2019 og større enn mengdene mottatt i 2018 og 2020. *Lagt på*

¹ Inkludert mengder organisk avfall lagt på lager og massetap ved biogassproduksjon

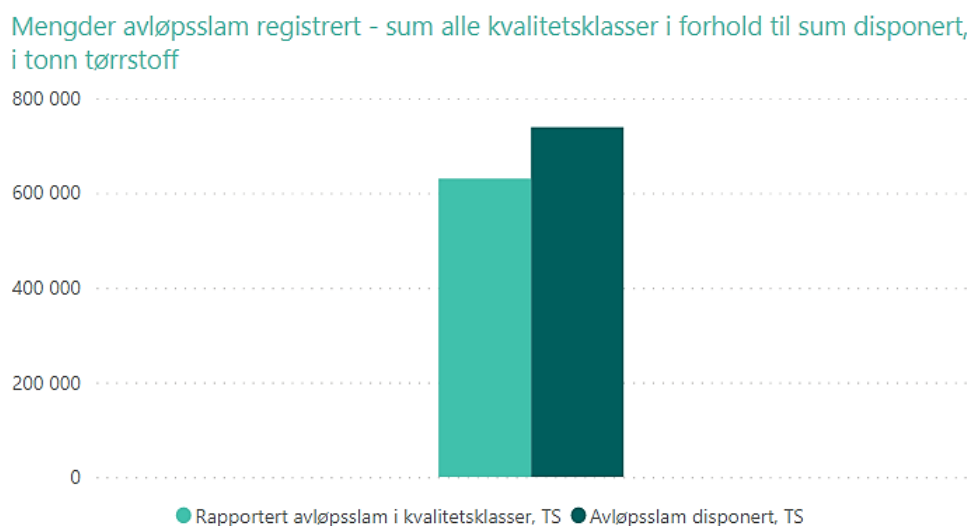
eget lager kategorien kan sannsynligvis ha innflytelse på denne «sykliske» effekten siden mengder mottatt kan bli disponert året(ne) etter.

Alt i alt, ser man på den «akkumulerte» forskjellen mellom mengder organisk avfall mottatt og disponert over hele perioden, kan avviket regnes som ubetydelig.

Disponert avløpsslam mot mengder avløpsslam av ulike kvalitetsklasser

Det ble observert at det er forskjeller mellom mengdene avløpsslam som er rapportert som avfall disponert til ulike formål og mengdene som er rapportert under ulike kvalitetsklasser for slam. Figur 5 under viser den totale mengden avløpsslam som ble registrert disponert til ulike formål (mørkegrønn søyle) og mengden avløpsslam som ble fordelt på forskjellige kvalitetsklasser (grønn søyle), summert for hele perioden (2017 – 2020). Figuren viser et avvik på nesten 110 000 tonn avløpsslam (15 % avvik) mellom de to datauttrekkene. Det hadde kanskje vært interessant å se nærmere på det i fremtiden.

Figur 5 – Mengder avløpsslam registrert under ulike kvalitetsklasser og under «disponert avfall» i rapporteringsskjemaet



2.3 Anbefalinger til framtidig utvikling av rapporteringsskjemaet

Analysen av datagrunnlaget har vist at det finnes noen forbedringsmuligheter i rapporteringsskjemaet som kan føre til mindre feilrapportering og redusere tidsbruk knyttet til datagjennomgang. Disse endringene kan mulig inkluderes i en framtidig utvikling av systemet. Prosjektteamet anbefaler at følgende justeringer av rapporteringsskjemaet vurderes:

- Vise generelle erfaringstall om tørrstoffkonsentrasjonen til hver avfallstype i hjelpeteksten. På denne måten kan anlegg som mangler informasjon om tørrstoffinnhold unngå å registrer 0 eller legge inn samme verdi som mengde våtvekt.
- Tydeliggjøre og standardisere måten å registrere mengder sand og kalk på.
- Tydeligere forklaring av hva som ligger i kategorien *Lagt på eget lager* og hvordan mengdene bør rapporteres
- Innføre en automatisk kontroll av samsvar mellom rapportert slamklasse og konsentrasjon av tungmetaller

- Inkludere en «omregningskalkulator» fra m³ til tonn for ulike typer avfall eller legge til rette for at anlegg kan registrere mengder i enten tonn eller m³
- Forbedre den automatiske massebalansekontrollen, inkludert kontroll av samsvar mellom mengder avfall mottatt, disponert og lagt på eget lager, mengder avfall disponert og sum alle kvalitetsklasser (for avløpsslam), osv.

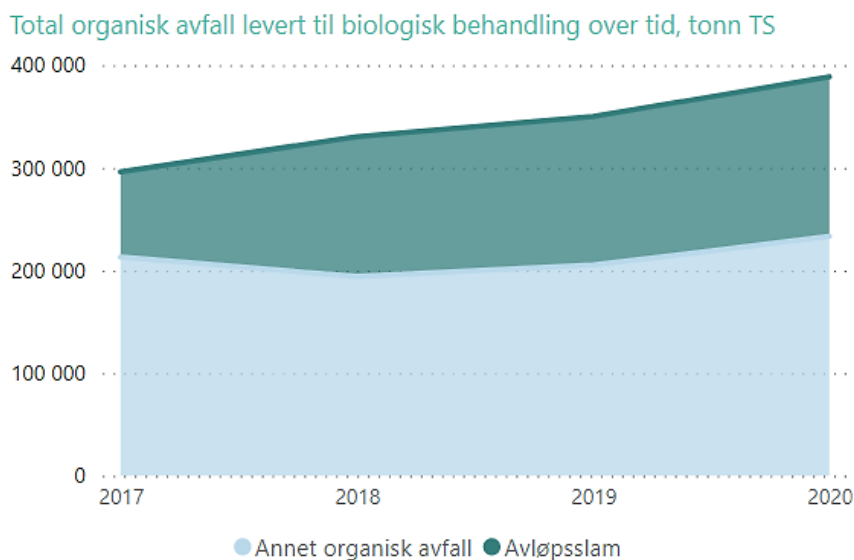
3 Nøkkelfresultater

Dette kapitlet beskriver hovedresultater fra datasammenstillingen for behandling av organisk avfall de siste fire årene. Alle figurer, tabeller og grafer er laget i det utviklede visualiseringsverktøyet i Power BI. Hensikten med dette kapitlet er først og fremst å vise hvilke muligheter visualiseringsverktøyet gir i forhold til framstillingen og analysen av data om biologisk behandling av organisk avfall.

3.1 Organisk avfall levert til biologisk behandling i perioden 2017 – 2020

Ifølge tall fra Miljødirektoratets database ble totalt 390 000 tonn tørrstoff (TS) organisk avfall levert til biologisk behandling i 2020. Dette tilsvarer en ca. 11 % økning fra 2019 og 31 % økning fra 2017. Av den totale mengden organisk avfall levert utgjorde avløpsslam om lag 40 %, mens den resterende mengden var andre typer organisk avfall, som matavfall, fiskeavfall, park- og hageavfall, husdyrgjødsel mm. Av den totale mengden TS ble 170 000 tonn levert til biogassproduksjon og 203 000 tonn til kompostering i 2020. 13 000 tonn organisk avfall ble levert til anlegg for mottak og mellomlagring. Figur 6 nedenfor viser mengder avløpsslam og annet organisk avfall levert til behandlingsanlegg i perioden 2017 – 2020, mens Tabell 6 viser mengder organisk avfall fordelt mellom ulike typer anlegg.

Figur 6 Mengder avløpsslam og annet organisk avfall levert til biologisk behandling per år i perioden 2017 - 2020, i tonn TS



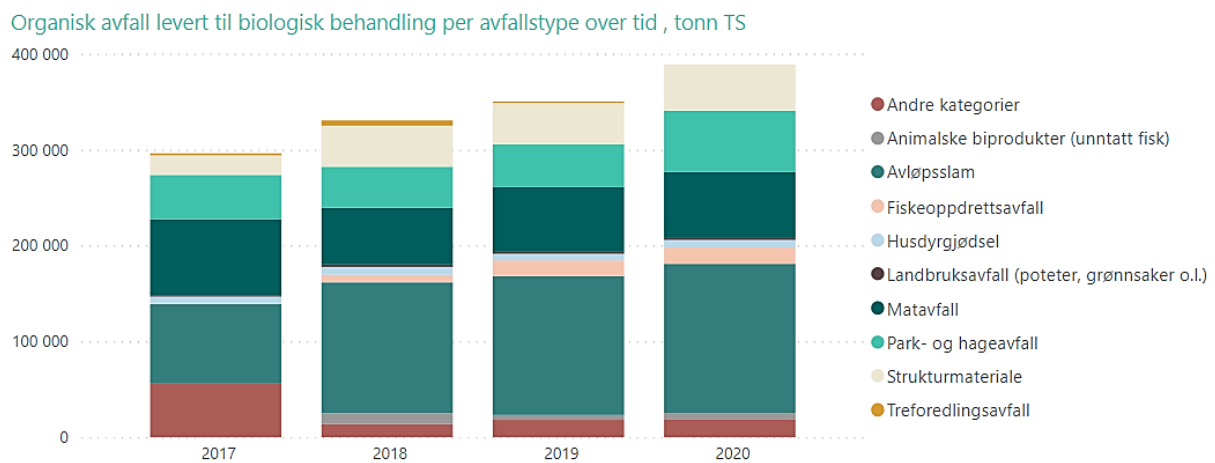
Tabell 6 Mengder avløpsslam og annet organisk avfall fordelt levert til ulike typer anlegg per år i perioden 2017 – 2020, i 1000 tonn TS

Type anlegg	Avløpsslam (1000 tonn TS)				Annet bioavfall (1000 tonn TS)			
År	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Biogassanlegg	46	86	87	86	95	72	86	87
Komposteringsanlegg	36	49	57	67	106	115	108	136
Avfall mottak og mellomlagring (og sortering)	1,4	0,8	1,3	2	11,5	7,2	11	11

I kategorien *Annet biologisk avfall* har matavfall (inkludert både fra husholdninger og storhusholdning) vært den største avfallskategorien levert til biologisk behandling i perioden 2017 – 2020, etterfulgt av park- og hageavfall og strukturmateriale (både trevirke og annen type materiale) levert som tilsatsmateriale til komposteringsanlegg.

Figur 7 viser fordelingen mellom mengder ulike typer annet biologisk avfall (altså alle typer organisk avfall unntatt avløpsslam) levert til behandlingsanlegg per år. *Andre kategorier* i figuren inkluderer *Annet*, *Annet industriavfall/-slam* (unntatt treforedling), *Biorest fra biogassanlegg*, *Fett fra fettutskillere*, *Fiskeriavfall*, *Landbruksavfall øvrig* (halm, gress, fôrrester), *Vannverkslam*, *Vegetabilskbasert avfall fra næringsmiddelindustri*.

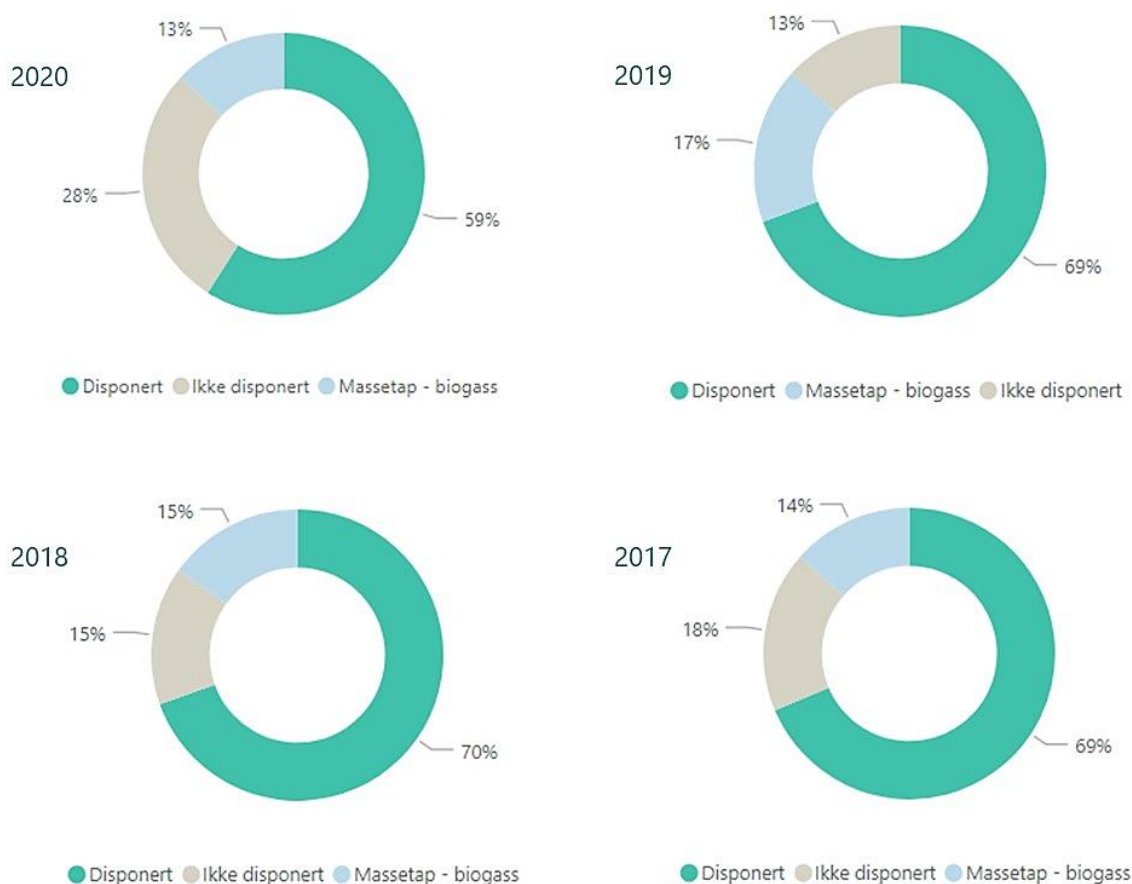
Figur 7 Mengder annet biologisk avfall levert til behandlingsanlegg per år i perioden 2017 – 2020 fordelt på avfallskategori, i tonn TS



Data fra den årlige rapporteringen viser at av den totale mengden avfall til disponering i 2020 var kun 59 % disponert til ulike formål, mens 28 % var registrert som *lagt på eget lager*. Nesten 13 % av den totale massen (i tonn TS) var rapportert som *massetap ved utnyttelse av biogass/ved faklet biogass*. Fordelingen mellom disponert og ikke disponert avfall var omtrent lik i alle år i perioden 2017 – 2020 (Figur 8 under), unntatt i 2020 hvor mengden ikke disponert avfall utgjorde 114 000 tonn TS, som er nesten dobbelt så mye som i andre år i perioden.

Figur 8 Fordeling mellom disponert og ikke disponert avfall per år

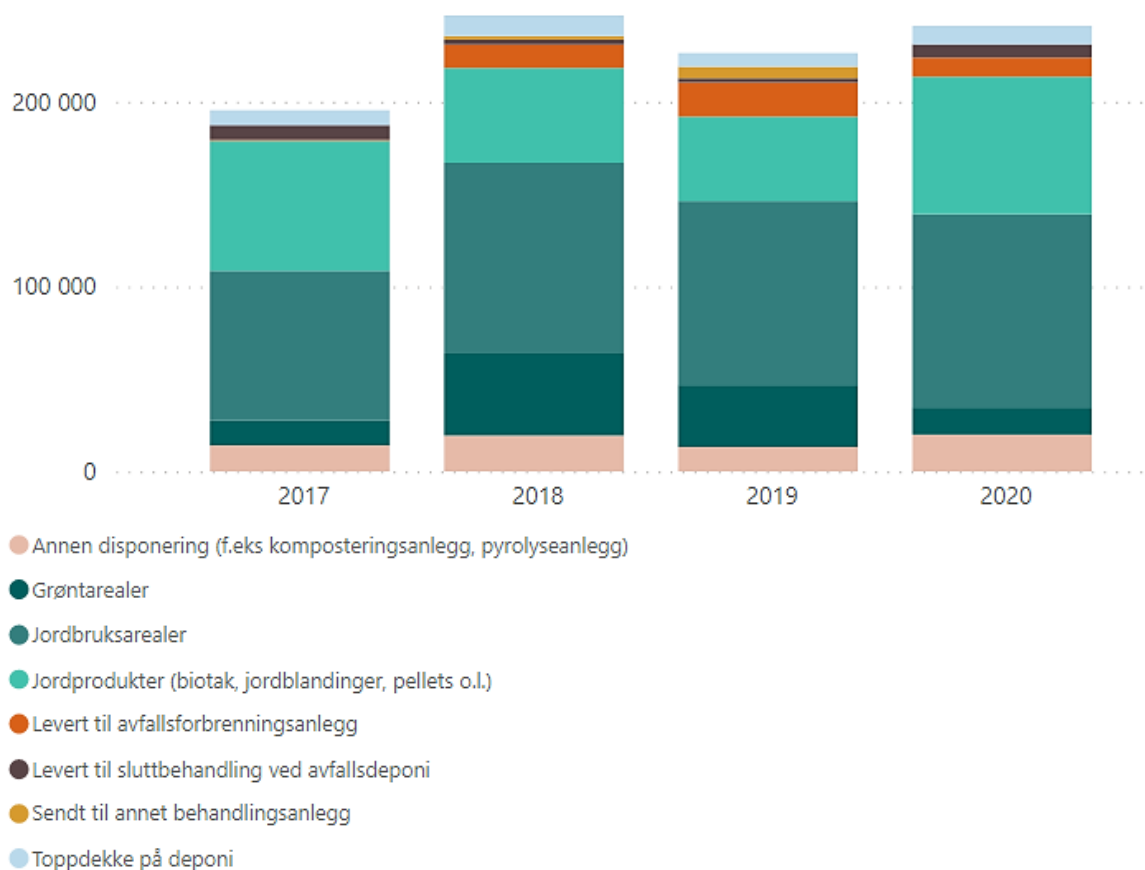
Disponert vs ikke disponert



Figur 9 under viser hvordan ferdig behandlet avfall var disponert hvert år i perioden 2017 – 2020. *Andre kategorier* i figuren inkluderer mengder avfall levert til avfallsforbrenningsanlegg, avfallsdeponi eller andre behandlingsanlegg.

Figur 9 Mengder disponert avfall per år i perioden 2017- 2020 fordelt på disponeringsformål, i tonn TS

Disponering av ferdigbehandlet avfall per år, tonn tørrstoff



3.1.1 Avløpsslam

I 2020 var det 114 anlegg som totalt behandlet 155 000 tonn tørrstoff avløpsslam. Sentralrenseanlegg Vest (VEAS) slambehandling mottok største mengde slam (20 216 tonn TS), etterfulgt av Bekkelaget slambehandlingsanlegg (9 950 tonn TS) og NRA RA-2 slambehandling (9 773 tonn TS). Tabell 7 under viser topp 10 anlegg som behandlet avløpsslam i 2020 med tilsvarende mengder som ble mottatt.

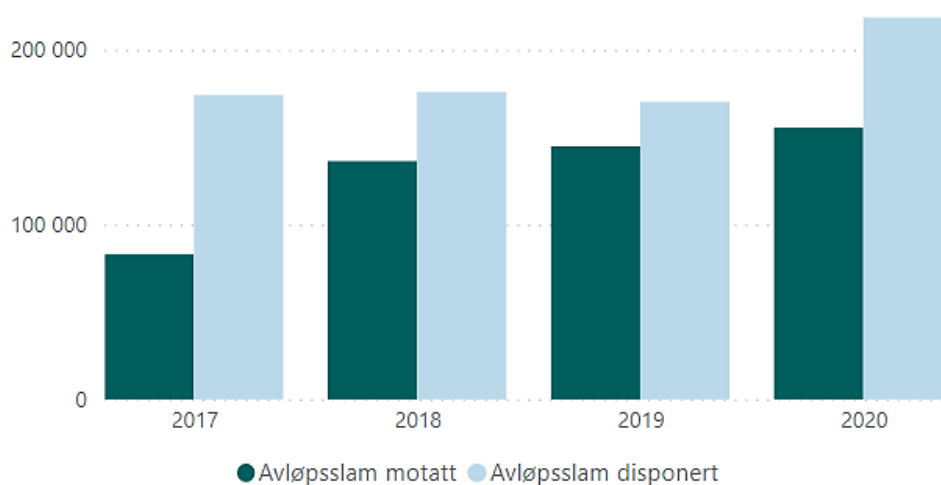
Tabell 7 Topp 10 anlegg som behandlet avløpsslam i 2020

Anleggsnavn	Mengde avløpsslam behandlet, i tonn TS
Sentralrenseanlegg Vest (VEAS) slambehandling	20 216
Bekkelaget slambehandlingsanlegg	9 950
NRA RA-2 slambehandling	9 773
Norva24 Vest	8 200
Tønsberg RA slambehandling	7 192
Slambehandling ved SNJ	6 457
Lindum avfallsanlegg	5 863
Støleheia avfallsanlegg	5 748
Bergen biogassanlegg	5 459
Høvringen RA	4 171

Mengder avløpsslam levert til biologisk behandling har økt fra 83 000 tonn TS i 2017 til over 155 000 tonn TS i 2020 (se Figur 10 under).

Figur 10 Mengder avløpsslam levert til biologisk behandling per år i perioden 2017 - 2020, i tonn TS

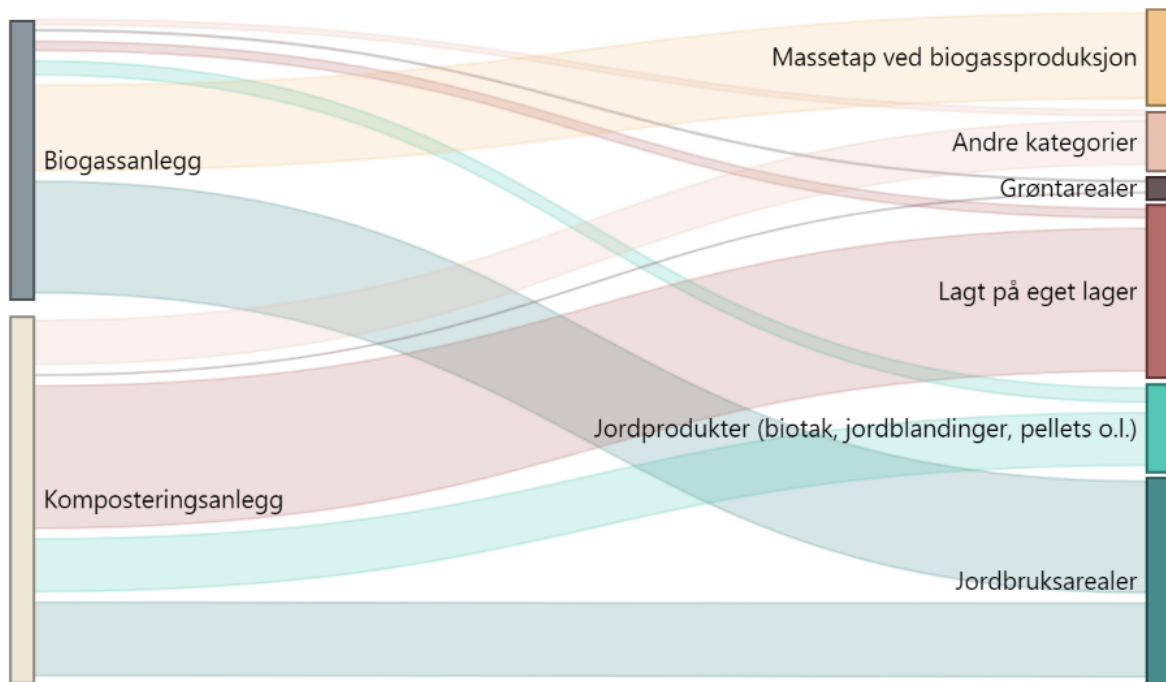
Avløpsslam mottatt og disponert per år, tonn TS



Jordbruksarealer og jordbruksprodukter har vært de mest vanlige disponeringsformål for ferdigbehandlet avløpsslam i perioden 2017 – 2020. Figur 11 under viser hvordan ferdigbehandlet avløpsslam var disponert i 2020 av biogassanlegg og komposteringsanlegg. *Andre kategorier* i figuren inkluderer blant annet levering av ferdigbehandlet slam til avfallsforbrenningsanlegg, levering til avfallsdeponi eller et annet behandlingsanlegg.

Figur 11 Disponering av ferdigbehandlet avløpsslam i 2020

Disponert avløpsslam, tonn TS



Disponert til	Biogassanlegg	Komposteringsanlegg
Andre kategorier	1,646	18,047
Grøntarealer	3,816	3,623
Jordbruksarealer	40,446	27,893
Jordprodukter (biotak, jordblandinger, pellets o.l.)	8,114	20,987
Lagt på eget lager	6,518	50,761
Massetap ved biogassproduksjon	31,836	0
Total	92,376	121,311

De vanligste behandlingsmetodene for avløpsslam i Norge er kompostering og utnyttelse av slammet som råstoff i produksjon av biogass. En oversikt over de mest etablerte behandlingsformene for avløpsslam benyttet av komposterings- og biogassanlegg er samlet i Kapittel 4. *Anaerob stabilisering + termisk tørking* og *rankekompostering* har vært de mest brukte metoder i behandlingen av avløpsslam de siste årene. I 2020 var 30 000 tonn TS avløpsslam (tilsvarende 20 % av den totale mengden mottatt avløpsslam) behandlet i råtnetanken under anaerobe forhold med etterfølgende tørking med høy temperatur for hygienisering (*Anaerob stabilisering + termisk tørking*). Av den ferdigbehandlede mengden var

13 000 tonn TS levert til jordbruksarealer og 5 000 tonn TS brukt i produksjon av diverse jordprodukter, 12 500 tonn ble tapt ved biogassproduksjonen, mens den resterende mengden slam var lagt på lager eller sendt til avfallsdeponi for sluttbehandling.

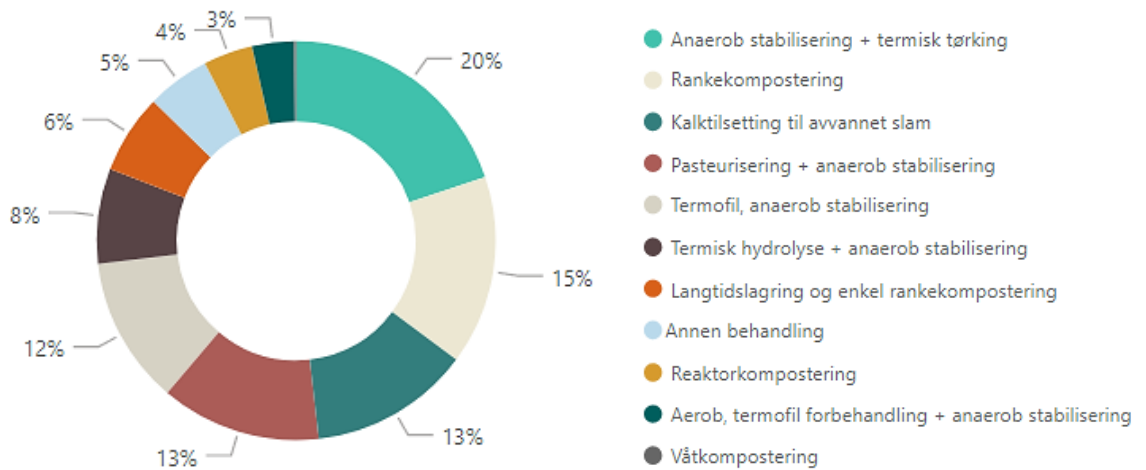
De tre anleggene som brukte denne behandlingsmetoden i 2020 var VEAS (20 000 tonn TS slam behandlet), SNJ (6 500 tonn TS slam behandlet) og Rambekk renseanlegg (3 750 tonn TS behandlet).

Den neststørste behandlingsmetoden for avløpsslam i 2020 var *rankekompostering*. Totalt 23 600 tonn TS avløpsslam ble behandlet med denne metoden i 25 anlegg.

En oversikt over prosentvis fordeling av ferdigbehandlet avløpsslam i 2020 på ulike behandlingsmetoder er vist i Figur 12 under. *Våtkompostering* er metoden som er minst brukt i Norge. Det er kun noen få slambehandlingsanlegg som benyttet *våtkompostering* i 2020 til å behandle totalt 270 tonn TS avløpsslam.

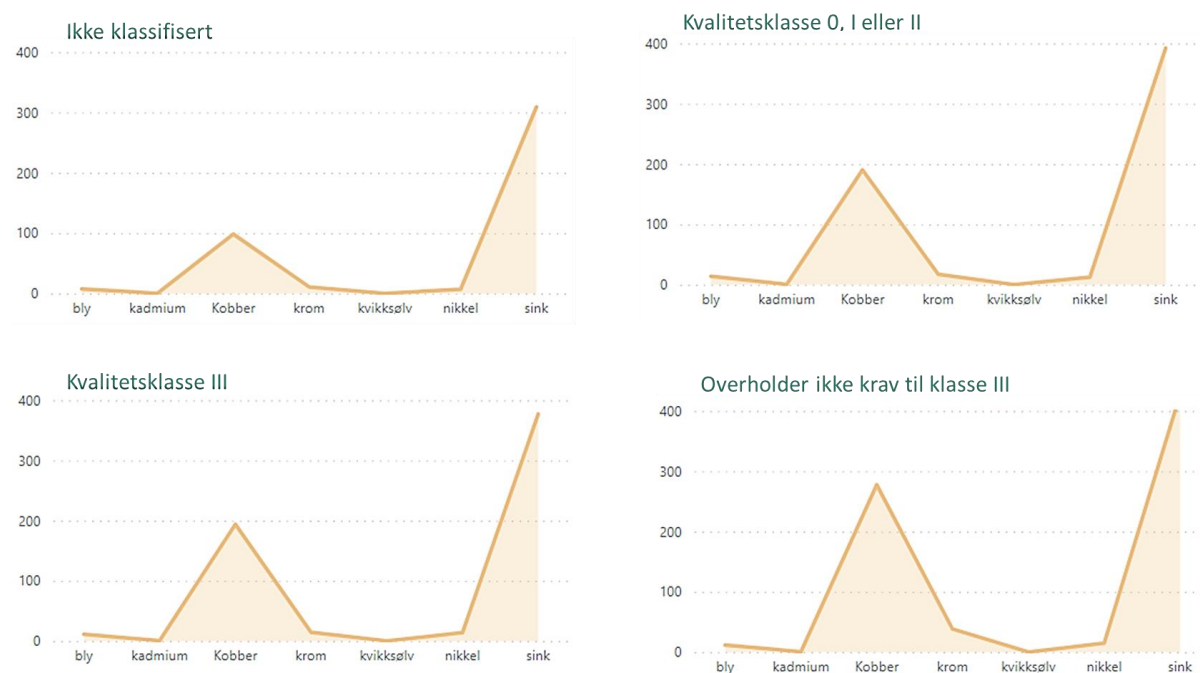
Figur 12 Behandlingsmetoder for avløpsslam i 2020

Behandlingsmetoder, tonn tørrstoff



Innhold av tungmetaller i ferdigbehandlet avløpsslam (og annet organisk avfall) avgjør hvilke kvalitetsklasser de ulike produktene som har sitt opphav i slammet skal tildeles, og dermed om disse produktene kan brukes som gjødselvarer og hvor de kan/ikke kan spres. Figur 13 under viser en gjennomsnittlig konsentrasjon av tungmetaller per rapportert kvalitetsklasse (mg/kg TS) for ferdigbehandlet avløpsslam i 2020².

Figur 13 Gjennomsnittlig konsentrasjon av tungmetaller i avløpsslam per rapportert kvalitetsklasse i 2020

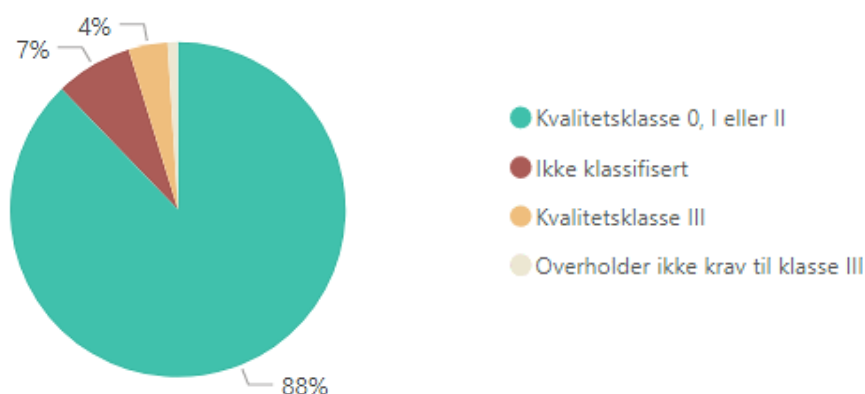


I 2020 var 88 % av den totale mengden ferdigbehandlet avløpsslam rapportert som kvalitetsklasse 0, 1 eller 2 (se Figur 14 under), som tilsvarer omtrent 149 000 tonn TS slam. Kun 1 680 tonn TS var rapportert som «Overholder ikke krav til klasse III», mens 12 600 tonn TS var registrert som «Ikke klassifisert».

² Merk at verdiene i Figur 13 ikke bestemmer hvilke kvalitetsklasser avløpsslam skal komme i, men kun viser et gjennomsnitt av tungmetallkonsentrasjoner per kvalitetsklasse rapportert av alle anlegg i 2020. Maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller per kvalitetsklasse er vist i Tabell 4.

Figur 14 Registrerte kvalitetsklasser for avløpsslam i 2020

Andel avløpsslam av ulike kvalitetsklasser i 2020



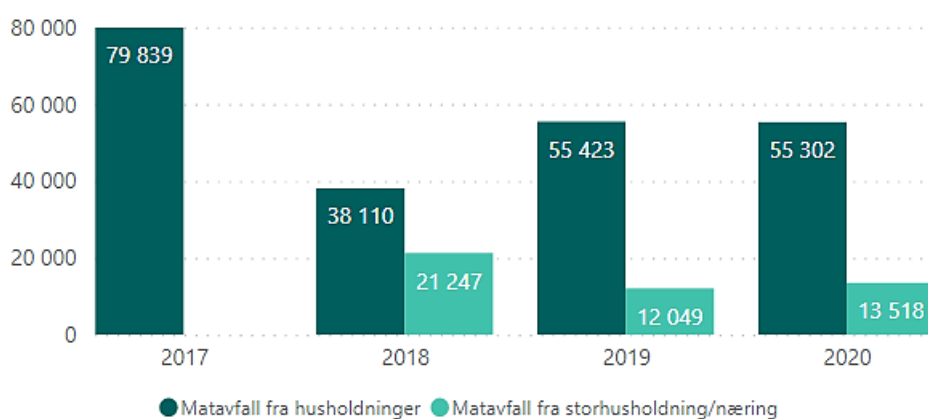
3.1.2 Matavfall

I 2020 var det 20 anlegg som til sammen behandlet 69 000 tonn TS matavfall. Av den totale mengden behandlet, var 50 000 tonn TS matavfall brukt til produksjon av biogass (10 anlegg), mens 15 000 tonn TS ble brukt i komposteringsanlegg (7 anlegg). Den resterende mengden matavfall ble levert til mellomlagring og sortering (3 anlegg).

Figur 15 viser mengder matavfall levert til biologisk behandling per år i perioden 2017- 2020, mens Figur 16 viser hvordan matavfallet var fordelt mellom ulike typer anlegg i 2020.

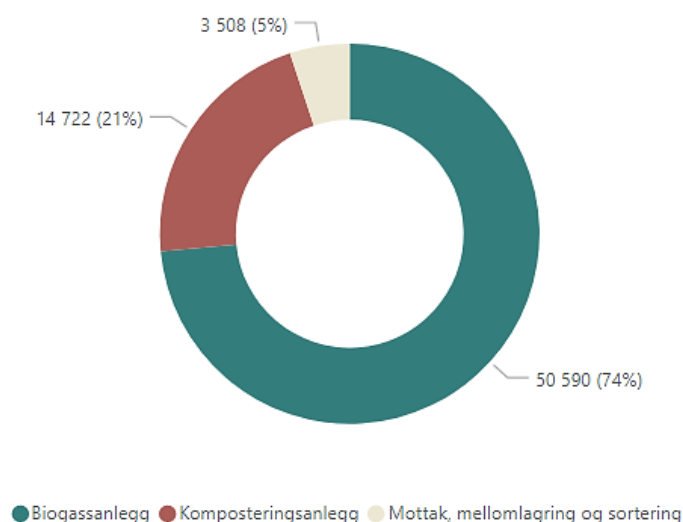
Figur 15 Mengder matavfall levert til biologisk behandling per år i perioden 2017 – 2020, i tonn TS

Matavfall levert til biologisk behandling per år, tonn tørrstoff



Figur 16 Matavfall behandlet av ulike typer anlegg i 2020, i tonn TS og %

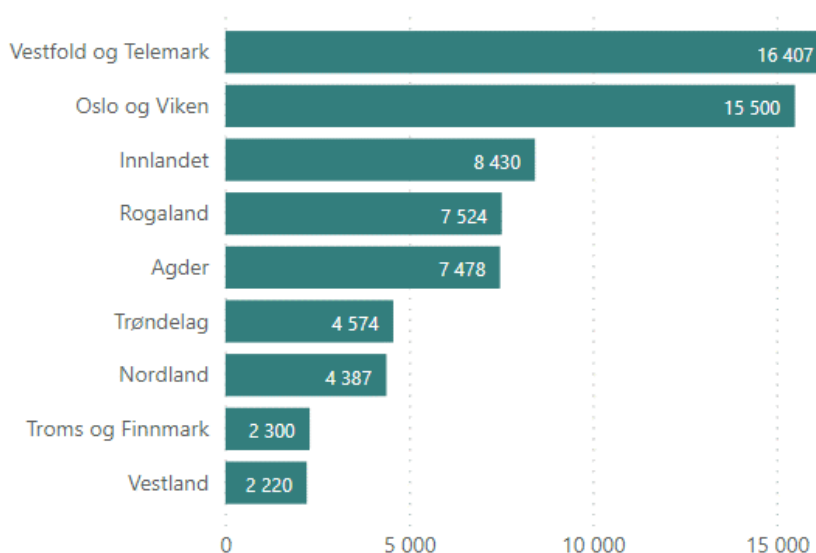
Matavfall levert til ulike typer behandlingsanlegg, tonn TS (%)



Som vist i Figur 17 under, var størsteparten av den totale mengden matavfall levert til biologisk behandling i 2020, behandlet i Vestfold og Telemark (24 %) og Oslo og Viken (23 %). Greve Biogass AS i Vestfold og Telemark og Romerike biogassanlegg i Oslo og Viken mottar mesteparten av matavfallet behandlet i disse fylkene.

Figur 17 Mottatt matavfall per fylke i 2020

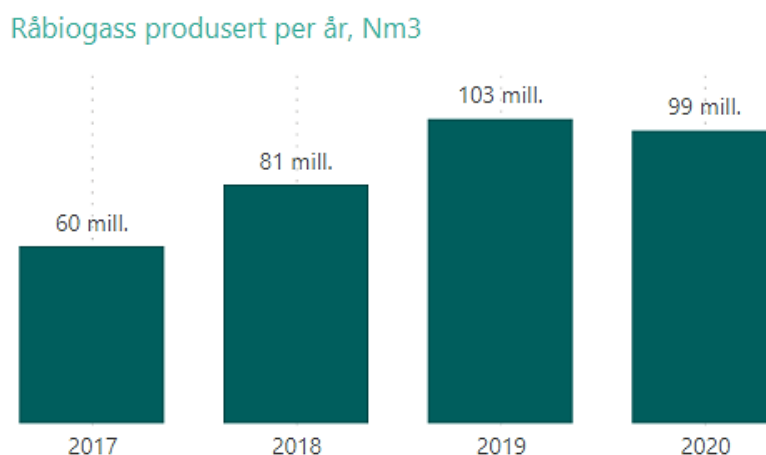
Mottatt matavfall per fylke, tonn tørrstoff



3.1.3 Ressursutnyttelse av biologisk avfall

De typiske sluttprodukter ved behandling av organisk avfall i norske anlegg er biogass, biorest og kompost. Biogassproduksjonen i Norge har økt med ca. 65 % siden 2017 (Se Figur 18).

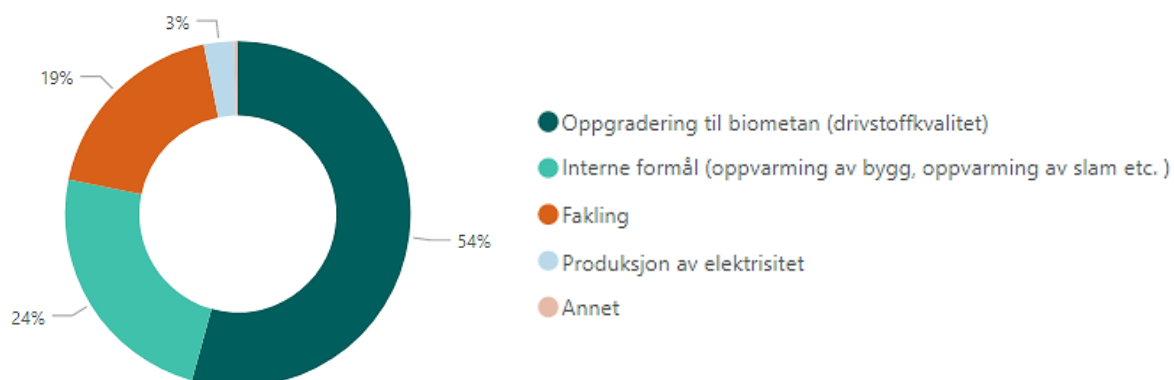
Figur 18 Biogassproduksjon i Norge per år i perioden 2017 - 2020, i Nm³



Biogass kan brukes til oppvarming og/eller produksjon av elektrisitet, eller oppgraderes til drivstoffkvalitet og utnyttes i transportsektoren. I 2020 var 54 % av produsert biogass oppgradert til biometan for å kunne utnyttes som drivstoff, 24 % var brukt til produksjon av varme, mens 3 % var utnyttet til produksjon av elektrisitet (se Figur 19 under).

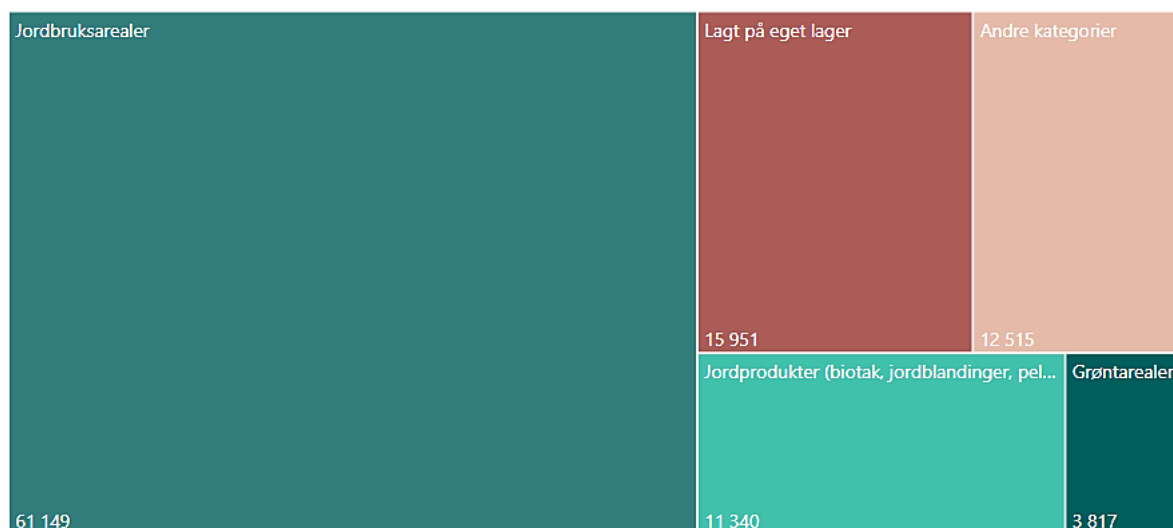
Figur 19 Bruk av biogass i Norge i 2020

Bruk av biogass



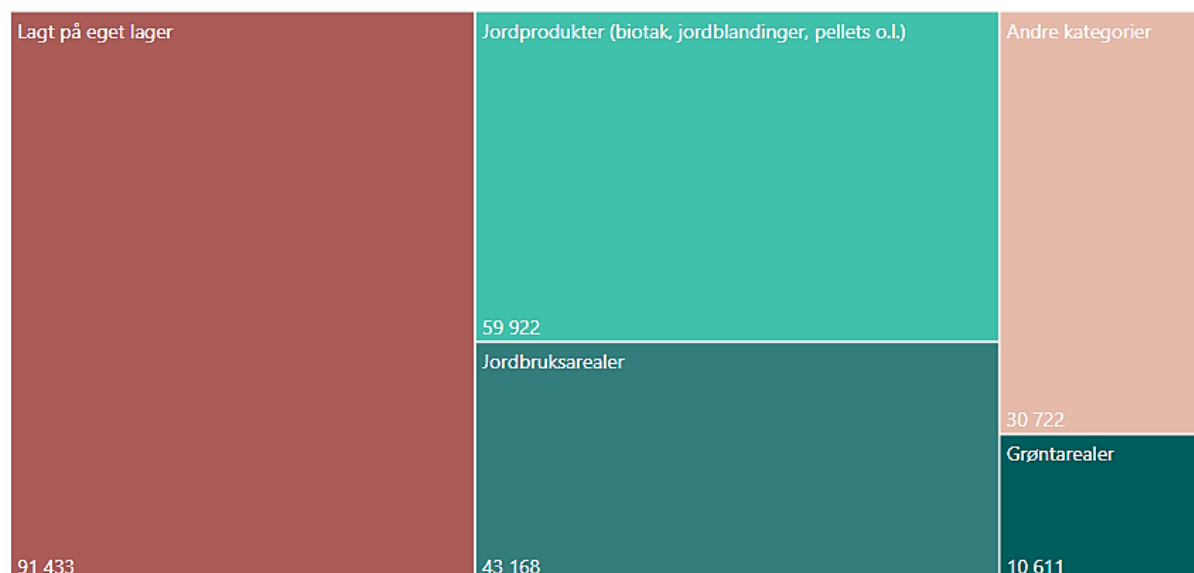
Biorest er et annet produkt som kommer ut av biogassproduksjon. Biorest kan brukes til ulike formål avhengig av om den tilfredsstiller krav fastsatt i gjødselveforskriften. I 2020 var over 65 000 tonn TS biorest levert til jordbruks- og grøntarealer, mens litt over 11 000 tonn ble brukt i produksjon av diverse jordprodukter (Figur 20 under). Totalt ble det produsert nesten 160 000 tonn TS biorest i 2020.

Figur 20 Mengder biorest disponert til ulike formål i 2020, i tonn TS



I 2020 var 260 000 tonn TS kompost produsert og brukt til ulike formål. Figur 21 viser hvordan komposten ble disponert i 2020. Størsteparten av den totale mengden kompost var lagt på lager, dvs. ikke disponert i 2020, mens 54 000 tonn ble brukt på jordbruks- og grøntarealer og 60 000 utnyttet i produksjon av forskjellige jordprodukter.

Figur 21 Mengder kompost disponert til ulike formål i 2020, i tonn TS



4 Metoder for biologisk avfallsbehandling

De to mest etablerte metoder for behandling av organisk avfall i Norge er biogassproduksjon og kompostering. Biogass- og komposteringsanlegg kan anvende flere forskjellige teknologier for å produsere biogass, biorest eller kompost (se Tabell 8 Beskrivelse av behandlingsmetoder under). Dette kapittelet gir en oversikt over de etablerte behandlingsmetodene brukt i Norge, inkludert vurdering av de viktigste fordelene og ulempene ved disse metodene sett i forhold til en rekke miljøindikatorer (kapittel 4.1), samt en oversikt over overordnede kostnader knyttet til produksjon av biogass (kapittel 4.2).

En kort beskrivelse av de mest etablerte behandlingsmetodene brukt av biogassanlegg og komposteringsanlegg i Norge er samlet i Tabell 8.

Tabell 8 Beskrivelse av behandlingsmetoder

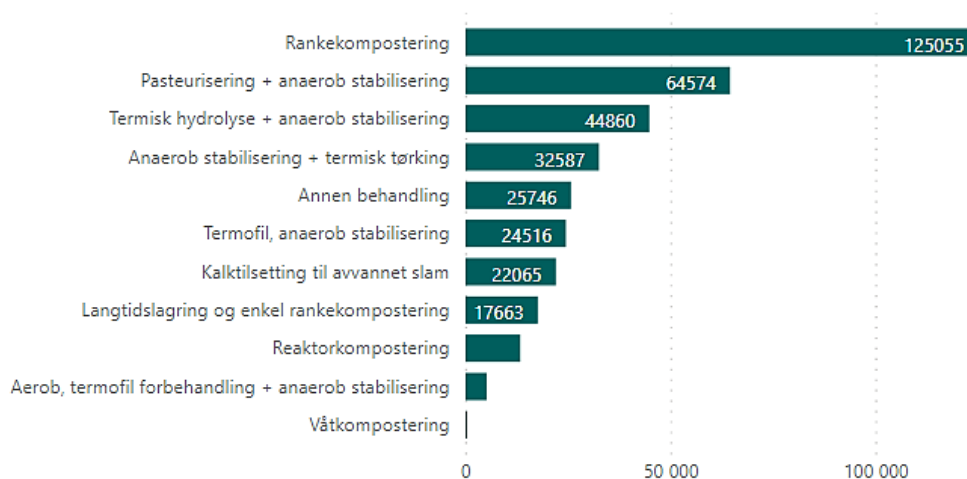
	Behandlingsmetode	Beskrivelse
Biogass	Pasteurisering + anaerob stabilisering	Oppvarming til minst 65° C i minst 30 minutter. Oppvarmingen foregår delvis ved varmeveksling mot ferdig pasteurisert slam og delvis ved varmeveksling mot varmt vann. Etter pasteuriseringen følger anaerob stabilisering i minst 15 døgn.
	Termisk hydrolyse + anaerob stabilisering	"Cambi-prosessen". Behandling og sterilisering ved termisk hydrolyse (ca. 165° C) og høyt trykk (7,1 bar) i ca. 20 minutter. Anaerob stabilisering foregår deretter i minst 12 døgn ved ca. 37° C.
	Anaerob stabilisering + termisk tørking	Utråtning under anaerobe forhold uten tilgang på oksygen (tett tank). Etterfølgende tørking med høy temperatur for hygienisering.
	Termofil, anaerob stabilisering	Utråtning ved en temperatur på ca. 55° C i minst 1,5 time.
	Aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering	UTB-anlegg. Aerob, termofil forbehandling er samme prosess som våtkompostering. Ved å tilføre luft til reaktoren reaktor vil en aerob nedbryting starte. Temperaturen stiger til 60-65° C. Etter dette trinnet har man anaerob stabilisering, normalt ved ca. 37° C i minst 12 døgn.
	Anaerob stabilisering + vakuumbørking	"VEAS-prosessen". Utråtning under anaerobe forhold (uten tilgang på oksygen/tett tank) for å gi minst mulig lukt. Etterfølgende tørking med høy temperatur for hygienisering i en spesiell tørkeprosess (med vakuum i en kammerfilterpresse) der tilsetning av kalk også inngår.
Kompostering	Rankekompostering	Ved rankekompostering av slam blandes avvannet slam med strukturmateriale (bark, kvist, hageavfall) og legges ut i ranker som vendes med jevne mellomrom (normalt to ganger i uken de første to ukene). Temperaturen i rankene skal være over en viss verdi i en viss tid.
	Langtidslagring og enkel rankekompostering	Avvannet slam legges ut i hauger eller ranker i minst tre år. Det kan tilsettes strukturmateriale og foretas vendinger av slammet, men det er ikke noe temperaturkrav til slammet.
	Kalktilsetning til avvannet slam	"Orsa-metoden". Ved denne metoden tilsettes brent kalk i slike mengder at temperaturen kommer over 55° C og holdes på dette nivået i minst 2 timer, samtidig som kalktilsetningen fører til pH-heving til over pH 12.
	Reaktorkompostering	Ved reaktorkompostering foregår første fase av komposteringen i en lukket reaktor. Komposten bør ettermodnes i ranker i minst to uker etterpå, med minst én vending i denne perioden. Også her må temperaturen i rankene være over en viss verdi i en viss tid.
	Våtkompostering	Anaerob nedbrytning av det organiske stoffet før avvanning. Prosessen foregår i to seriekoblede lukkede, isolerte tanker med luftinnblåsing gjennom spesialkonstruerte lufte.

Kilde: Basert på (Miljødirektoratet, 2021)

Figur 22 under viser mengder avfall behandlet med ulike metoder i 2020. De største mengder organisk avfall (inkludert avløpsslam og annet organisk avfall) ble i 2020 behandlet med *rankekompostering* (125 000 tonn TS), *pasteurisering + anaerob stabilisering* (65 000 tonn TS) og *termisk hydrolyse + anaerob stabilisering* (45 000 tonn TS).

Figur 22 Mengde avfall behandlet etter behandlingsmetode i 2020

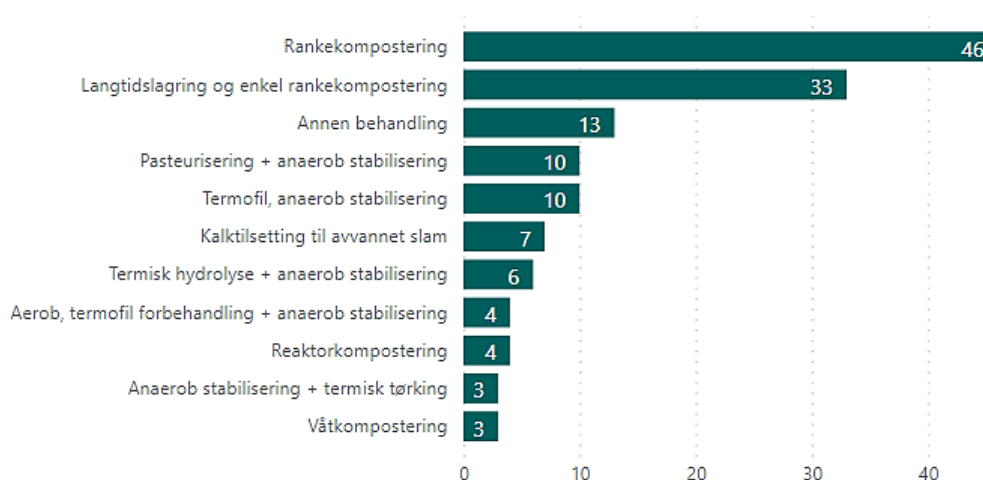
Mengde avfall behandlet med ulike metoder, tonn tørrstoff



Figur 23 viser antall anlegg som brukte forskjellige behandlingsmetoder for organisk avfall i 2020. *Rankekompostering* var den mest anvendte metoden når man ser på antall anlegg som benytter den (46 anlegg brukte denne metoden i 2020). *Langtidslagring og enkel rankekompostering* var brukt i 33 anlegg. Disse anleggene er sannsynligvis små anlegg som tar imot lave mengder avfall (jf. Figur 22 som viser at kun 18 000 tonn TS ble behandlet med denne metoden i 2020). Det er kun 3 anlegg i Norge som brukte *anaerob stabilisering + termisk tørking* i 2020. Likevel tyder mengden avfall behandlet med denne metoden (ca. 32 600 tonn TS - Figur 22) på at noen av disse anleggene er relativt store (VEAS, SNJ og Rambekk renseanlegg). *Våtkompostering* var den minst anvendte behandlingsmetoden i 2020, både i forhold til mengden avfall behandlet og antall anlegg som bruker denne metoden.

Figur 23 Antall anlegg etter behandlingsmetode i 2020

Antall anlegg etter behandlingsmetode



4.1 Vurdering av behandlingsmetodene med hensyn på de viktigste miljøindikatorne

En av oppgavene i oppdraget var å vurdere de mest problematiske sidene ved de forskjellige formene for behandling av organisk avfall. I prosjektet ble de etablerte behandlingsmetodene (se Tabell 8) vurdert etter følgende klima- og miljøindikatorer:

- *Lukt*
- *Tap av næringsstoffer*
- *Utslipp av klimagasser*
- *Tungmetaller*
- *Legemidler*
- *Mikroplast*
- *Antimikrobiell resistens*
- *Andre helse- og miljøfarlige stoffer*

Informasjon presentert i dette kapittelet er basert på innspill fra NMBU v/ John Morken og Trine Sogn, som har vært Carbon Limits samarbeidspartnere i dette prosjektet. Kapittelet gir først en kort beskrivelse av de ovenfornevnte miljø- og klimaindikatorene og hvilke behandlingsmetoder som har størst innflytelse på disse indikatorene. Deretter rangeres de ulike behandlingsmetodene i forhold til indikatorene (se Tabell 9 på slutten av kapittelet).

Lukt

Det er krav om at dersom slamproduktet skal brukes i landbruket, må det være stabilt. Med dette menes at den biologiske aktiviteten er opphørt og produktet ikke slipper ut lukt under bruksfasen. Slik sett må de fleste metodene evalueres til måloppnåelse, det vil si om de gir et ferdigbehandlet produkt som er tilstrekkelig stabilisert. Spesielt bemerkes at ved *våtkompostering* og *anaerob behandling* i termofilt område produseres det en flytende kompost/biorest i motsetning til i de andre metodene der en fast kompost/biorest produseres (Nybruket et al., 2003). Selv om man ikke har den ekstra stabiliseringsbarrieren i form av kompostering eller termisk tørking, anses produktene å være stabilisert. Dersom *langtidslagringen* foregår slik det er beskrevet i Tabell 8, synes dette å være en god løsning, men begrunnelsen for å likevel evaluere den til lavere måloppnåelse enn de andre metodene er at det kreves mer oppfølging fra operatøren. Stabiliseringen forutsetter at det er aerobe forhold i ranken under hele perioden. Dette oppnås ved å tilsette strukturmateriale og vende ved behov. Hvor mye og hvor ofte må subjektivt vurderes av operatøren. *Anaerob stabilisering + termisk tørking* og *kalktilsetning til avvannet slam* produserer et tørt produkt som er lagringsstabil og fritt for lukt. *Reaktorkompostering* har også et godt resultat med tanke på lukt fordi det ofte benyttes biofilter for å fjerne lukt fra anleggene.

Rankekompostering kan også ha en positiv påvirkning på lukt, men dette kommer an på luktreduksjonsmetoden som blir brukt. Det samme gjelder for *langtidslagring* og *enkel rankekompostering*, men i mindre grad. *Anaerob stabilisering + vakuumpørking* er også en prosess som reduserer lukt fordi produktet er lagringsstabil. *Aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering* kan ha en positiv påvirkning på lukt.

Per i dag er det ikke nok tilgjengelige informasjon til å kunne vurdere sluttproduktet av *pasteurisering + anaerob stabilisering* og *termisk hydrolyse + anaerob stabilisering*. Etter stabiliseringen må slammet avvannes og komposteres før bruk. Utslipet vil påvirkes av komposteringsmetoden.

Tap av næringsstoffer

De fleste behandlingsmetodene medfører utslipp av ammoniakk (Norsk vann, u.å.). Høyere behandlingstemperatur fører til høyere ammoniakktap. De mest gunstige behandlingsmetodene, de som minimerer utslipp av ammoniakk, er *reaktorkompostering* og *anaerob stabilisering + vakuumbørking*. For eksempel, sånn som i anleggene til VEAS og RBA, brukes en «stripping-metode» til å fjerne ammoniakk fra slammet. Denne ammoniakken blir «fanget» opp i en syre. *Rankekompostering* og *langtidslagring og enkel rankekompostering* er to behandlingsmetoder som kan medføre ammoniakktap. Imidlertid vil en noe lavere temperatur i ranken, og et høyere C/N-forhold (for eksempel ved tilsetning av strukturmateriale) gi redusert utslipp. *Aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering, pasteurisering + anaerob stabilisering og termisk hydrolyse + anaerob stabilisering* har ingen dokumentert effekt på ammoniakktap. *Anaerob stabilisering + termisk tørking* kan føre til nitrogentap ved høye temperaturer. *Våtkompostering og kalktilsetning til avvannet slam* er de behandlingsmetodene som gir mest ammoniakktap.

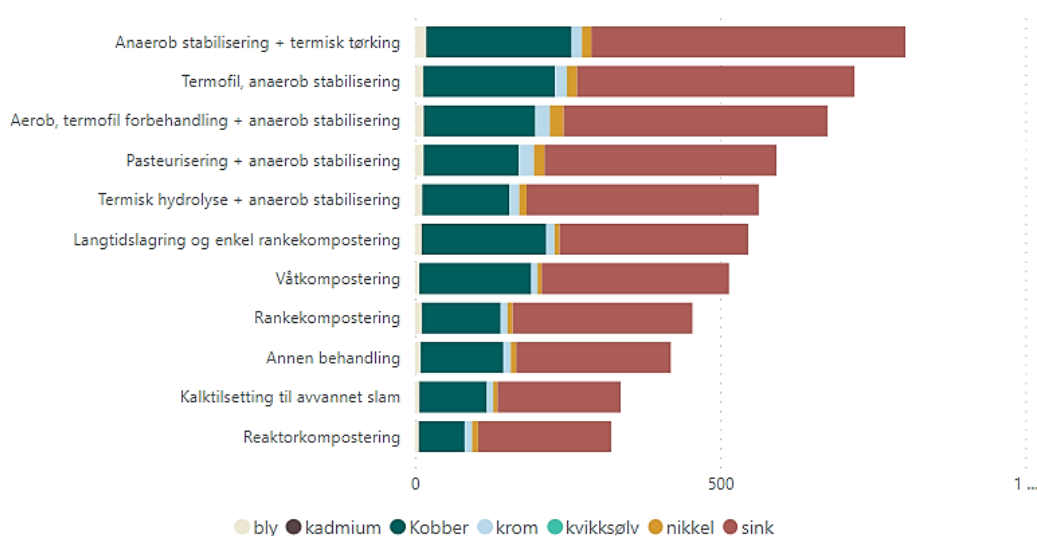
Tungmetaller

De fleste behandlingsmetodene har ingen påvirkning på mengden tungmetaller som allerede finnes i slammet. Ved noen behandlingsmetoder, som for eksempel *termisk hydrolyse + anaerob stabilisering* og *våtkompostering*, vil behandlingen gi økt nedbrytning av organisk materiale, og dermed en oppkonsentrasjon ved at konsentrasjonen av tungmetaller per tonn TS øker, selv om den totale mengden tungmetaller er den samme.

Figur 24 under viser at det kan være en betydelig forskjell mellom behandlingsmetodene med hensyn på tungmetallkonsentrasjon. For noen av metodene er den gjennomsnittlige konsentrasjonen av tungmetaller i ferdig behandlet slam høyere enn for andre. Forskjellene er størst med hensyn på kobber- og sinkkonsentrasjonene, som også er høyeste i gjennomsnittet. *Anaerob stabilisering + termisk tørking* er behandlingsmetoden med de høyeste konsentrasjonene (sink 514 mg/kg, kobber 238 mg/kg, bly 18 mg/kg, krom 16 mg/kg, nikkel 15 mg/kg) mens *reaktorkompostering* gir den laveste gjennomsnittlige konsentrasjonen av tungmetaller i ferdigbehandlet slam (sink 218 mg/kg, kobber 75 mg/kg, krom 12 mg/kg, nikkel 10 mg/kg, bly 6 mg/kg).

Figur 24 Gjennomsnittlig konsentrasjon av tungmetaller etter behandlingsmetode, mg/kg TS

Gjennomsnittlig konsentrasjon av tungmetaller etter behandlingsmetode, milligram per kilogram tørrstoff



Forskjellene i tungmetallkonsentrasjon mellom de ulike behandlingsmetoder er grunnet forskjellene i mengder tungmetaller som allerede finnes i slammet før behandling. Avløpsslam inneholder allerede tungmetaller da det blir mottatt og tungmetallene forsvinner ikke under behandling. I tillegg kan konsentrasjonen bli påvirket av massetap under behandling. For eksempel, kan bruk av ulike behandlingsmetoder i kombinasjon med avvanning øke tørrstoffkonsentrasjonen og dermed konsentrasjon av tungmetaller. Selv om mengden av tungmetaller er det samme som før behandlingen, stiger altså konsentrasjonen på grunn av massetap.

Andre helse- og miljøfarlige stoffer

Behandlet organisk avfall kan inneholde relativt høye konsentrasjoner av Krom (Cr) (Prokisch et al., 1997). 3-verdig Cr finnes naturlig i naturen og er ikke skadelig, mens 6-verdig Cr er bl.a. funnet å være kreftfremkallende. Kilder for 6-verdig Cr kan være pigment i maling, blekk og plastikk, korrosjonsinhibitorer, treimpregnering, metalbehandling og forkromming. Behandlet, forkrommet metall forekommer ofte i utstyret brukt i forbehandlingen og dette kan gå over i det organiske avfallet under prosessering. Ved bestemmelse er det utfordringer knyttet til måling av i hvilken tilstandsform Cr finnes (Dragicevic & Sogn, 2018). Kjemisk analysemetode bak en måling av total Cr innebærer oksidasjon og alt blir vanligvis målt som 6-verdig. Innholdet kan være helt ufarlig 3-verdig Cr.

Legemidler

Legemidler kan brytes ned ved høy temperatur. De fleste av de vurderte behandlingsmetodene har ikke høy nok temperatur til å kunne bryte ned legemidler som kan finnes i slammet (Ali et al., 2019). Unntaket kan være *termisk hydrolyse + anaerob stabilisering* som har høy temperatur i forbehandlingen og dermed kan føre til reduksjon i legemiddelkonsentrasjonen. Denne effekten er imidlertid ikke tilstrekkelig dokumentert. For behandlingsmetodene, som *termofil*, *anaerob stabilisering*, *våtkompostering*, *kalktilsetning* og *reaktorkompostering*, finnes det ikke nok tilgjengelige data til å kunne fastslå konsekvensene for konsentrasjon av legemidler i ferdigbehandlet slam.

Mikroplast

Mikroplast kan brytes ned ved høy temperatur. Ingen av de etablerte behandlingsmetodene har høy nok temperatur til å redusere mikroplastinnhold i ferdigbehandlet slam. Samtidig er det for de fleste behandlingsmetoder ikke nok data til å kunne fastslå virkningen på mikroplastinnhold.

Antimikrobiell resistens

En rapport fra Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) konkluderer med at det finnes for lite kunnskap til å kunne vurdere ulike behandlingsmetoder i forhold til antimikrobiell resistens (Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) et al., 2020).

Utslipp av klimagasser

Nedbryting av organisk avfall kan medføre utslipp av metan, karbondioksid og lystgass. Under biogassproduksjon blir klimagassene fanget opp, men noen prosesser i biogassproduksjonen krever ekstra tilførsel av energi og kan da gi økte indirekte utslipp. For eksempel, krever *termisk tørking* tilførsel av energi til oppvarmingen. Dersom det ikke kan nyttes overskuddsenergi fra den interne prosessen, vil metoden indirekte medføre økte klimagassutslipp. *Våtkompostering* krever også mye energi til innblanding av luft. *Anaerob stabilisering + vakuumbørking* og *kalktilsetning til avvannet slam* krever kalk og prosessen for å framstille lesket kalk medfører CO₂-tap. *Aerob*, *termofil forbehandling + anaerob stabilisering* kan også gi økte klimagassutslipp hvis ranken ikke vendes ofte nok.

Reaktorkompostering kan anses som den mest gunstige komposteringsmetoden i forhold til utslipp av klimagasser på grunn av en bedre prosesskontroll. I motsetning til den, kan *rankekompostering* og

langtidslagring og enkel rankekompostering gi soner med anaerobe forhold som vil kunne gi utslipp av metan og lystgass.

Tabell 9 gir en oppsummering av effekten av de ulike behandlingsmetodene i forhold til miljø- og klima-indikatorene diskutert ovenfor³.

Tabell 9 Effekten av ulike behandlingsmetoder i forhold til utvalgte klima- og miljøindikatorer

	Behandlingsmetode	Lukt	Utslipp av næringsstoffer	Tungmetaller	Legemidler	Mikroplast	Antimikrobiell resistens	Klimagasser
Biogassproduksjon	Pasteurisering + anaerob stabilisering	-	●	●	●	●	-	●
	Termisk hydrolyse + anaerob stabilisering	-	●	●	●	-	●	●
	Anaerob stabilisering + termisk tørking	●●●	●	●	●	●	-	●
	Termofil, anaerob stabilisering	●●	-	-	-	-	-	-
	Aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering	●	●	●	●	●	-	●
	Anaerob stabilisering + vakuums tørking	●●	●●	●	●	●	-	●
Kompostering	Rankekompostering	●●●	●	●	-	-	-	●●
	Langtidslagring og enkel rankekompostering	●	●	●	-	-	-	●●●
	Kalktilsetning til avannet slam	●●●	●●●	●	-	-	-	●●●
	Reaktor-kompostering	●●●	●●	●	-	-	-	-
	Våtkompostering	●●●	●●	●	-	-	-	●●

Symbol	Forklaring
●●●	Meget positiv påvirkning
●●	Veldig positiv påvirkning
●	Positiv påvirkning
●	Ingen påvirkning
-	Ikke tilstrekkelig data

³ Behandlingsmetoder for avløpsslam kan medføre luktutslipp – spesielt i behandlingsfasen. Vurderingene som er gjort i Tabell 9 er utfra bruksegenskapene til produktet hvor man forutsetter optimal drift.

●	Negativ påvirkning
●●	Veldig negativ påvirkning
●●●	Meget negativ påvirkning

4.2 Kostnadsvurdering

Det er stor variasjon i produksjonskostnader (både investerings- og driftskostnader) ved de ulike behandlingsmetodene for organisk avfall avhengig av anleggsstørrelse, stedsspesifikke forhold, type behandlet avfall osv. Generelt er kostnaden per tonn tørrstoff behandlet avfall lavere jo større anlegget er. Det innebærer at, sett fra økonomisk perspektiv, kan noen metoder være mer hensiktsmessige enn andre avhengig av volumer organisk avfall behandlet per år. For eksempel, angir (Blytt et al., 2011) i sin rapport om behandling av slam fra settefiskanlegg følgende grov indikasjon på valg av slambehandlingsmetoder ut fra økonomiske kriterier og årlig tørrstoffmengde til behandling:

Tabell 10 Aktuelle slambehandlingsmetoder ut fra økonomiske kriterier

Tonn TS/år	Mest aktuelle slambehandlingsmetoder ut fra økonomiske kriterier
Mindre enn 250	Langtidslagring/enkel rankekompostering
250 - 500	Kalkbehandling, våtkompostering, rankekompostering
Over 500	Anaerob stabilisering (biogassanlegg) + hygieniseringstrinn, reaktorkompostering, kalkbehandling

Kilde: (Blytt et al., 2011)

I 2003 publiserte Svensk Vatten AB en utredning som sammenstilte norske erfaringer med forskjellige behandlingsmetoder for slam, der man også sammenlignet kostnadene ved de ulike hygieniseringsmetodene for slam (Nybruket et al., 2003). Utredningen har vist at for anlegg som allerede hadde råtnetanker ville *termofil*, *anaerob stabilisering* eller *aerob, termofil forbehandling, pasteurisering eller termisk hydrolyse* være de minst kostbare behandlingsmetodene, når man tar i betraktning både investeringskostnader og driftskostnader. Av de fire behandlingsmetodene var *termofil*, *anaerob stabilisering* rangert som den rimeligste, mens *termisk hydrolyse* var rangert som den mest kostbare metoden. *Termisk tørking etter anaerob stabilisering* var omtalt i rapporten som en metode med relativt høye investerings- og driftskostnader. Bruk av denne metoden kunne imidlertid lønne seg dersom anlegg som benytter den, lager jordforbedringsprodukter eller gjødselvarer eller hvis slammet går til forbrenning. For anlegg som ikke hadde råtnetanker var *langtidslagring* vurdert som den billigste behandlingsmetoden i forhold til *våtkompostering, kalkbehandling og rankekompostering*, mens *reaktorkompostering* var vurdert som den mest kostbare metoden. Videre for nye anlegg (ca. 15-20 000 PE) uten eksisterende råtnetanker var *våtkompostering og kalkbehandling* rangert som mer prismessig gunstige enn *aerob, termofil forbehandling* eller *pasteurisering* i kombinasjon med *anaerob stabilisering* (Nybruket et al., 2003).

Rapporten til Svensk Vatten angir ikke konkrete kostnader ved de ulike behandlingsmetodene. Ettersom utredningen var publisert i 2003 og informasjonskilder til noen konklusjoner i rapporten er datert 1991 (for eksempel, (Paulsrud & Nedland, 1991)) ville eventuelle kostnader omtalt i rapporten ha begrenset relevans for dagens situasjon. Det kan imidlertid være interessant å se på hvordan Svensk Vatten rangerte de ulike behandlingsmetodene for slam kostnadmessig, siden de viktigste kostnadsdriverne for de ulike metodene kan tenkes å være de samme i dag (for eksempel, lave investeringskostnader, men høye drifts- og vedlikeholdskostnader, eller det motsatte).

Det finnes veldig lite tilgjengelige data om konkrete kostnader knyttet til hver enkelt behandlingsmetode for organisk avfall (Jf. Tabell 8). Imidlertid finnes det en del informasjon om overordnede kostnader knyttet til biogassproduksjon. Som en del av oppdraget har Carbon Limits samlet inn tilgjengelig informasjon om transportkostnader, produksjonskostnader og distribusjonskostnader ved produksjon av biogass. Disse kostnadene varierer i stor grad mellom ulike anlegg og er derfor presentert i denne rapporten som kostnadsrammer (Se Tabell 11 under).

Informasjonen om kostnadene knyttet til biogassproduksjon er i stor grad hentet fra tidligere mulighetsstudier for konkrete biogassanlegg (Bjørn, 2018), studier som analyserer flere biogassanlegg (Syversen et al., 2018) og Carbon Limits rapport om biogasspotensial i Norge (Sammud et al., 2019). Kostnadsestimatene er basert på eksisterende verdikjeder for biogass i Norge, og inkluderer kun produksjonskostnader som biogassprodusenter står overfor. Inntekter ved salg av biogass og biorest er ikke tatt med i vurderingen.

Tabell 11 under viser estimerte kostnadsrammer som biogassprodusenter står overfor, med tilsvarende kilder for hvor kostnadsrammene er hentet fra. Kostnadene er vist i norske kroner per tonn våtvekt behandlet avfall.

Tabell 11 Kostnadsestimater ved produksjon av biogass og kompost

	Biogassproduksjon	Kostnadsestimater
Råstoff	Innsamling av råstoff (gatefee/råstoffpris)	-9 400 kr/t – 1100 kr/t ¹⁾
	Transport av råstoff til anlegget	1 – 2,5 kr/tonn-km ²⁾
Anlegg	Investeringskostnader (årlige)	19 - 154 kr/t ³⁾
	Driftskostnader	40 – 320 kr/t ⁴⁾
Produkter	Oppgradering av biogass	0,08 – 0,2 kr/kWh ⁵⁾
	Transport av biorest til gårder	46 kr/t ⁶⁾
	Transport av kompost	-

¹⁾ Gatefee/råstoffpris. Positivt tall betyr gatefee (inntekt for biogassprodusenten) og negativt tall betyr pris (utgift for biogassprodusenten) (Sammud et al., 2019).

²⁾ Kostnader ved transport av råstoff, Carbon Limits beregning baser på ulike kilder: (Lyng et al., 2019), (Lind et al., 2018) (CERMAQ, 2019) og (Syversen et al., 2018). Forutsatt maks avstand på 50 km.

³⁾ Investeringskostnad sambehandlingsanlegg, Carbon Limits beregninger basert på (Syversen et al., 2018) og (Sammud et al., 2019).

⁴⁾ Inkludert driftskostnader til forbehandling, hygienisering, rejekthåndtering, utråkning og luktreduksjon. Carbon Limits beregning basert på (Syversen et al., 2018) og (Yngvesson & Tamm, 2017), (Sammud et al., 2019).

⁵⁾ Driftskostnader ved oppgradering og produksjon av CBG eller LBG. Carbon Limits beregning basert på (Syversen et al., 2018), (Yngvesson & Tamm, 2017), (Svensson, 2014) og (Vygon, 2019), (Sammud et al., 2019).

⁶⁾ Carbon Limits beregninger basert på (Pettersen et al., 2017) og (Syversen et al., 2018). Antatt gjennomsnittlig avstand mellom anlegg og mottakere av biores – 50 km

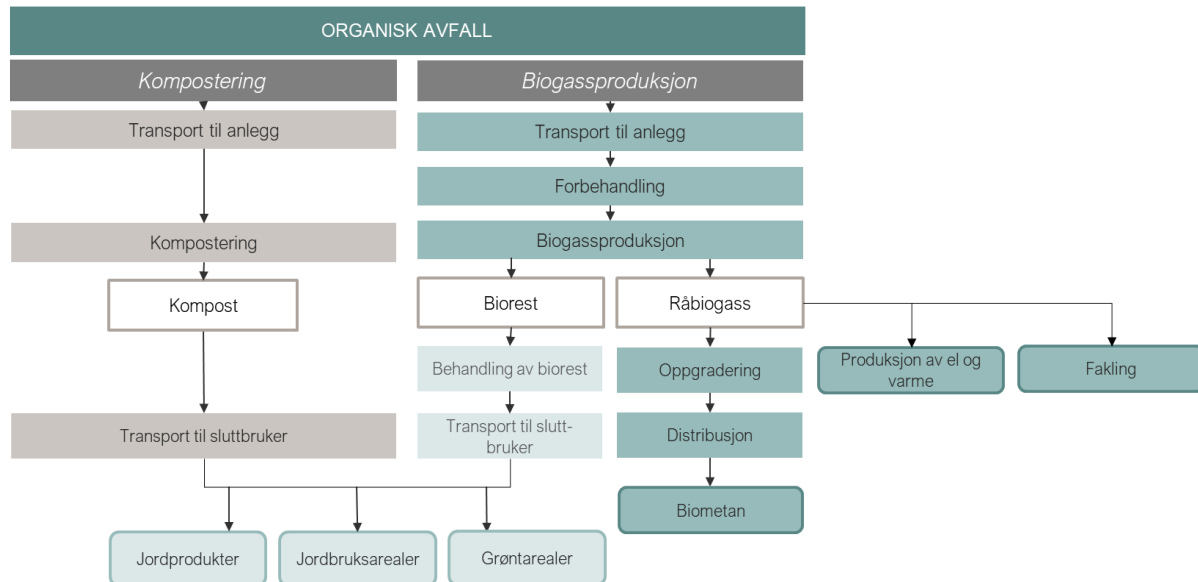
For å få en oversikt over de overordnede kostnader ved kompostering har prosjektteamet gjennomført en litteraturstudie, samt har vært i kontakt med noen utvalgte komposteringsanlegg, NIBIO, NMBU og Avfall Norge. Prosjektteamet har ikke lykket med å finne en samlet oversikt over faktiske behandlingskostnader ved komposteringsanlegg. Avfall Norge har gitt et estimat på «ca. 500-600 kr/tonn og opp til det dobbelte i behandlingskostnader» avhengig av spesifikke forhold i hvert enkelt anlegg⁴. Prosjektteamet har fått tilbakemelding fra kun ett av anleggene som har blitt kontaktet. Kostnadsestimatene angitt av dette anlegget kan imidlertid ikke ansees som representative og er derfor ikke tatt med i denne rapporten.

⁴ E-post korrespondanse med Avfall Norge v/Jens Måge

5 Utviklingstrender i håndtering av organisk avfall de siste årene

Figur 25 under illustrerer de to vanligste verdikjedene for behandling av organisk avfall i Norge (kompostering og biogassproduksjon) i perioden 2017 - 2020.

Figur 25 Oversikt over de vanligste verdikjedene for organisk avfall i Norge



Komposteringsverdikjede inkluderer transport av organisk avfall til behandlingsanlegg, komposteringsprosessen og transport av produkter til sluttbrukere. Avhengig av type avfall behandlet, kan komposteringsprosessen også inkludere et forbehandlingssteg med kverning og sortering av mottatt avfall. De tre vanligste disponeringsformål for kompost har vært jordprodukter, jordbruksarealer og grøntarealer.

Den vanligste verdikjeden for biogassproduksjon inkluderer transport av råstoffer til anlegg, biogassproduksjon og oppgradering, distribusjon av biogass og avsetning av biorest. Forbehandlingssteget kan inkludere pasteurisering, aerob termofil forbehandling eller termisk hydrolyse av mottatt organisk avfall. Produsert biogass kan oppgraderes til biometan og brukes som drivstoff i transportsektoren.

Alternativt kan biogass benyttes til produksjon av varme og elektrisitet. En del av biogass blir også faklet. Biorest blir hovedsakelig disponert til jordprodukter, jordbruksarealer og grøntarealer.

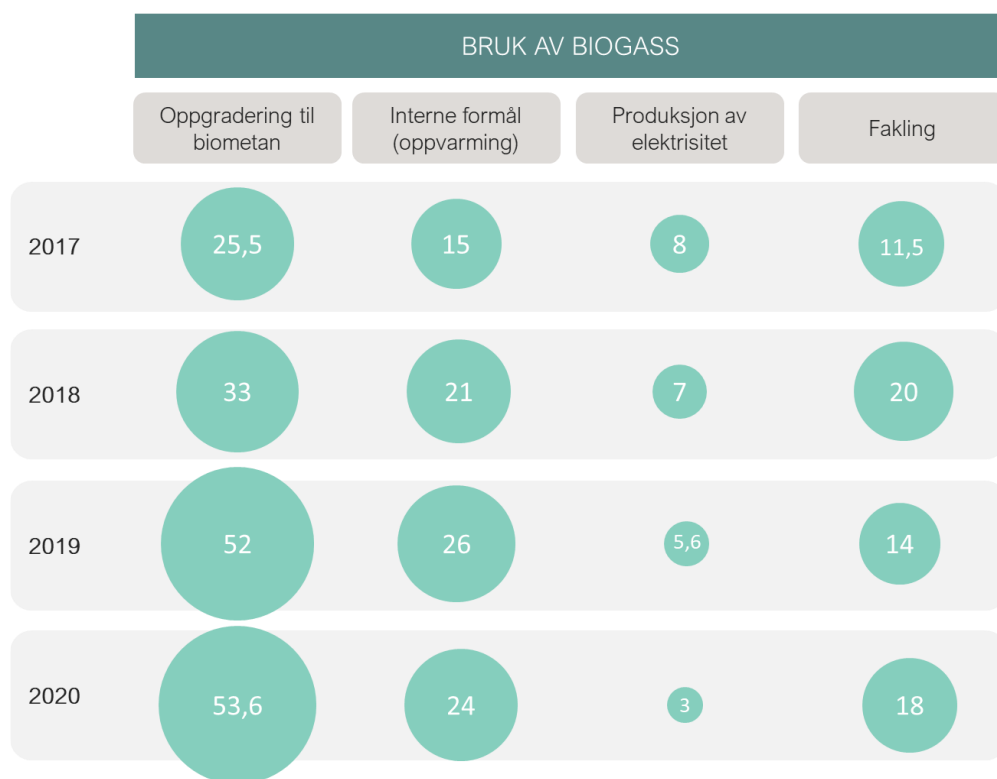
Biogassproduksjon

Biogassproduksjon er én av de to mest anvendte behandlingsmetoder for organisk avfall i Norge. Omtrent halvparten av organisk avfall levert til behandlingsanlegg gikk til biogassproduksjon i perioden 2017 - 2019. Denne andelen var noe redusert (44 %) i 2020, men dette skyldes økningen i den totale mengden avfall levert til biologisk behandling i 2020. Mengde organisk avfall levert til biogassproduksjon har økt over de siste årene fra 140 000 tonn TS i 2017 til 170 000 tonn TS i 2020. Avløpsslam har vært den mest anvendte avfallstype til biogassproduksjon i perioden (omtrent 87 000 tonn TS per år, med unntak av i 2017), etterfulgt av matavfall (inkludert både fra husholdninger og storhusholdning) som utgjorde nesten 35 % av den totale mengden organisk avfall til biogass i 2017 og 24 – 26 % i 2018 – 2020. Bruk av fiskeoppdrettsavfall til biogassproduksjon har økt betraktelig i perioden, fra 175 tonn TS i 2017 til 17 000 tonn TS i 2020.

Biogassproduksjon i Norge har økt med nesten 65 % i perioden 2017 – 2020 og antall anlegg som produserer biogass har økt fra 31 anlegg i 2017 til 35 anlegg i 2020. De største anleggene i 2017 og 2018 var Sentralrenseanlegg Vest (VEAS) og Greve Biogass. Disse anleggene stod til sammen for nesten 32 % av den totale mengden råbiogass produsert per år. I 2019 kom Biokraft i Skogn i drift – dette anlegget var det største anlegget både i 2019 og i 2020 i forhold til mengde produsert råbiogass (over 16 mill. Nm³ per år). Til sammen stod de tre største anleggene (Biokraft, VEAS og Greve) for nesten 40 % av råbiogass produsert i perioden 2019 - 2020.

Figur 26 under viser mengder biogass (i Nm³) brukt til ulike formål per år i perioden 2017 – 2020. Mengden biogass oppgradert til drivstoffkvalitet har mer enn doblet seg i perioden (fra 25,5 mill. Nm³ i 2017 til 53,6 mill. Nm³ i 2020). Mengder biogass brukt til interne formål som oppvarming av bygg, oppvarming av slam osv., har økt fra 15 mill. Nm³ i 2017 til 24 mill. Nm³ i 2020, mens mengder biogass brukt i produksjon av elektrisitet har blitt redusert fra ca. 8 mill. Nm³ til 3 mill. Nm³.

Figur 26 Mengder biogass brukt til ulike formål over tid, i mill. Nm³



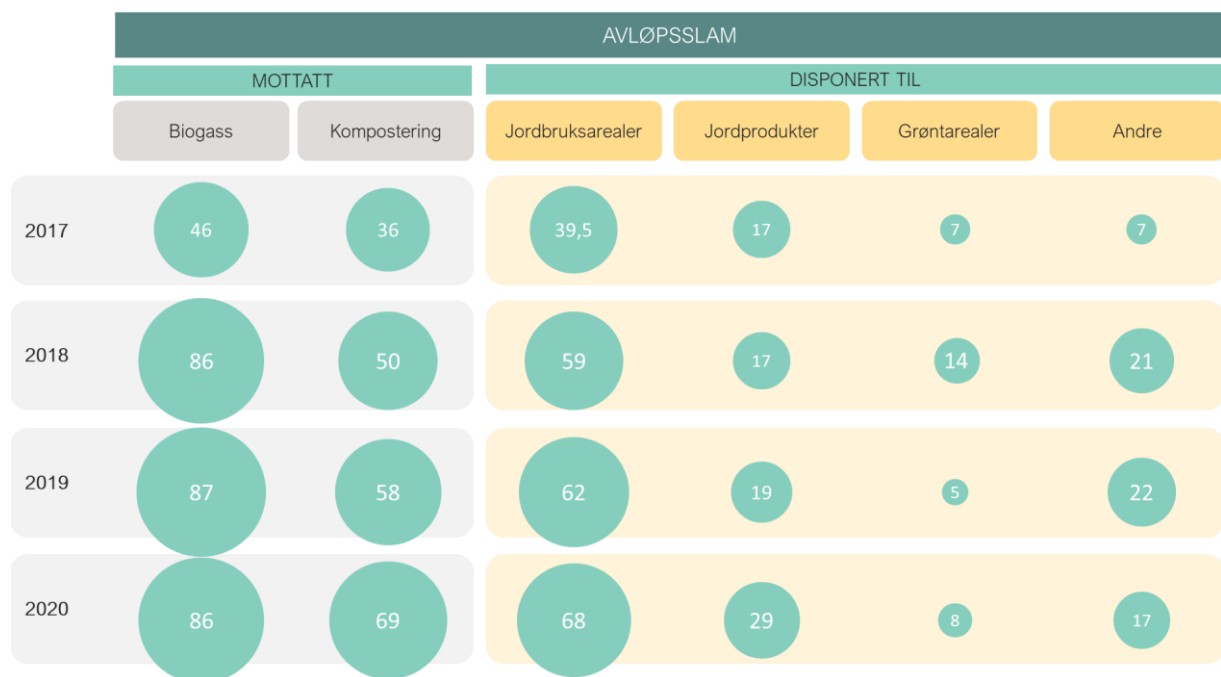
Kompostering

Kompostering har vært den andre mest anvendte behandlingsmetoden for organisk avfall i Norge. Antall komposteringsanlegg har økt fra 97 anlegg i 2017 til 103 anlegg i 2020, mens mengder avfall som gikk til kompostering har økt med over 50 % i perioden. Avløpsslam og park- og hageavfall er de to største avfallstyper som går til kompostering i Norge, i tillegg til ulike strukturmateriale (trevirke og annet) som brukes som tilsatt i komposteringsprosessen. I 2020 var det nesten 40 % mer avløpsslam levert til kompostering enn i 2018, mens mengder park- og hage avfall har økt med over 70 % i perioden. Mengder matavfall brukt til kompostering har holdt deg ganske stabilt i perioden med den gjennomsnittlige årlige mengden på 21 000 tonn TS.

Størsteparten av produsert kompost i Norge disponeres til jordbruksarealer eller brukes til å lage ulike jordprodukter, som biotak, jordblandinger, pellets o.l. I 2017 ble nesten 60 % av kompost brukt til produksjon av jordprodukter, mens 25 % ble anvendt til jordbruksarealer. I 2020 økte mengden kompost disponert til jordbruksarealer til 30 %, mens mengder kompost til jordprodukter ble noe redusert (litt over 40 % av produsert kompost ble disponert til dette formålet). Rankekompostering har vært den mest anvendte komposteringsmetode i Norge i perioden 2017 – 2020, både i forhold til antall anlegg som bruker metoden og mengder organisk avfall som ble levert til kompostering (mengder organisk avfall behandlet med denne metoden har økt fra 84 000 tonn TS i 2017 til 125 000 tonn TS i 2020).

Avløpsslam

Figur 27 Mengder avløpsslam mottatt og disponert per år i perioden 2017 - 2020, i 1000 tonn TS



Resultater fra dataanalysen gjennomført i prosjektet har vist at avløpsslam har vært den største avfallstype (i forhold til volumer) som ble levert til biologisk behandling i Norge i perioden 2017 – 2020. Mengder avløpsslam levert til behandlingsanlegg har nesten doblet seg i perioden. Avløpsslam har vært brukt mer i biogassproduksjon enn i kompostering. Imidlertid viser tallene for de siste årene at gapet mellom mengder avløpsslam brukt til kompostering og biogassproduksjon har blitt mindre over tid. Siden 2018 har mesteparten av avløpsslam vært behandlet med *anaerob stabilisering + termisk tørking*.

Det er imidlertid kun 3 anlegg som har brukt denne behandlingsmetoden på avløpsslam i perioden 2018 - 2020. De fleste av de andre anleggene som behandler avløpsslam har brukt *langtidslagring og enkel rankekompostering* eller *rankekompostering*. I 2020 ble det produsert 61 000 tonn TS biorest og 119 000 tonn TS kompost fra avløpsslam. Siden 2017 har avløpsslam vært hovedsakelig disponert til jordbruksarealer eller brukt i produksjon av ulike jordprodukter (Se Figur 27).

Annet organisk avfall

Kategorien «Annet organisk avfall» inkluderer alt organisk avfall med unntak av avløpsslam. Denne kategorien har økt over tid med 20 % fra 2018 til 2020. De største avfallstyper inkludert i annet organisk avfall har vært matavfall, park- og hageavfall og strukturmateriale. Andelen annet organisk avfall levert til

komposteringsanlegg har vært omtrent den samme i perioden 2018 – 2020 (59 % i 2018, 53 % i 2019 og 58 % i 2020). Resultatene fra dataanalysen har ikke vist noen betydelig utvikling over tid i forholdet mellom mengder annet organisk avfall behandlet med ulike metoder. Avfall fra denne kategorien har hovedsakelig vært brukt til produksjon av ulike jordprodukter og disponert til jordbruksarealer i perioden. Disponering av ferdig behandlet organisk avfall til grøntarealer har avtatt over de siste to år fra 30 000 tonn TS i 2018 til kun 7 000 tonn TS i 2020.

6 Konklusjon

De viktigste konklusjonene fra prosjektet er:

- Mengder organisk avfall levert til biologisk behandling har økt i perioden 2017 – 2020.
- De to mest anvendte behandlingsmetoder for organisk avfall har vært biogassproduksjon og kompostering.
- Antall anlegg som behandler organisk avfall har økt fra 137 anlegg i 2017 til 151 anlegg i 2020.
- Avløpsslam er avfallstype som har vært mest brukt til biologisk behandling, etterfulgt av matavfall og park- og hageavfall.
- Den mest anvendte behandlingsmetoden for kompostering har vært rankekompostering, og for biogassproduksjon – pasteurisering og anaerob stabilisering.
- Det finnes ikke nok tilgjengelig kunnskap til å kunne fastslå virkningen av behandlingsmetodene på alle miljøindikatorer vurdert i dette prosjektet. Flere behandlingsmetoder har en positiv påvirkning på lukt. Påvirkning på klimagasser er hovedsakelig negativ, og behandlingsmetodene påvirker ikke mengder tungmetaller. Mer forskning trenges for å vurdere effekten av ulike behandlingsmetoder på legemidler, mikroplast og antimikrobiell resistens.
- Biogassproduksjon har økt med omtrent 65 % i perioden 2017 – 2020. Størsteparten av produsert biogass ble oppgradert til drivstoffkvalitet, mens den resterende mengden ble brukt til produksjon av varme og elektrisitet. I gjennomsnittet var 20 % av produsert biogass faklet hvert år i perioden 2017 – 2020.
- Topp 3 disponeringsformål for ferdig behandlet organisk avfall har vært jordbruksarealer, jordprodukter og grøntarealer.
- Det er stor variasjon i behandlingskostnader mellom ulike anlegg. Det finnes en del informasjon om kostnadene knyttet til biogassproduksjon. Årlige investeringskostnader kan variere fra 16 kr/t til 154 kr/t våtvekt organisk avfall mottatt, mens driftskostnader kan variere fra 40 kr/t til 320 kr/t, avhengig av anleggsstørrelse, type mottatt avfall, behandlingsmetode osv. Det er imidlertid veldig begrenset tilgjengelig data om behandlingskostnader ved komposteringsanlegg. Prosjektteamet har ikke lyktes med å lage en samlet oversikt over disse kostnadene.

7 Referanser

- Ali, A. M., Nesse, A. S., Eich-Greatorex, S., Sogn, T. A., Aanrud, S. G., Bunæs, J. A. A., Lyche, J. L., & Kallenborn, R. (2019). Organic contaminants of emerging concern in Norwegian digestates from biogas production. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 21(9), 1498–1508.
<https://doi.org/10.1039/C9EM00175A>
- Bjørn, E. (2018). *Biogassanlegg i Alta—Forprosjekt* (Nr. 5177753). Norconsult.
- Blytt, L. D., Haraldsen, T. K., Helness, H., Paulsrud, B., & Ulgenes, Y. (2011). *Håndtering av slam fra rensing av avløp i settefiskanlegg Forprosjektrapport* (s. 39). https://aquatechcluster.no/wp-content/uploads/2017/11/forprosjektrapport-slam-fra-settefisk_endelig.pdf
- CERMAQ. (2019). *Teknisk sluttrapport for Konvertering av slam fra settefiskanlegg til biogass*.
- Dragicevic, I., & Sogn, T. (2018). Analyse av Cr(VI+) i biorest fra Romerike biogassanlegg. I 10[Report]. Norwegian University of Life Sciences, Ås. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2648391>
- Landbruks- og matdepartementet, Klima- og miljødepartementet, Helse- og omsorgsdepartementet. (2021). *Forskrift om gjødselvarer mv. Av organisk opphav—Lovdata*.
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>
- Lind, V., Elstad Stensgård, A., Lyng, K.-A. K., Bär, A., & Hansen, I. (2018). Mulighetsstudie biogassanlegg Helgeland. Biogass Helgeland basert på regionale koblinger mellom blå-grønn sektor. I 58. NIBIO. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2582028>
- Lyng, K.-A., Prestrud, K., & Elstad Stensgård, A. (2019). *Evaluering av pilotordning for tilskudd til husdyrgjødsel til biogassproduksjon* (OR.04.19). Østfoldforskning.
<https://norsus.no/publikasjon/evaluering-av-pilotordning-for-tilskudd-til-husdyrgjodsel-til-biogassproduksjon/>
- Miljødirektoratet. (2021). *Bioavfall og slam: Årlig rapportering - Miljødirektoratet*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency.
<https://www.miljodirektoratet.no/skjema/bioavfall-slam-rapportering/>
- Norsk vann. (u.å.). *Bruk av avløpsslam, informasjonsbrosjyre* (s. 12).
- Nybruket, S., Paulsrud, B., & Nedland, K. T. (2003). *Erfaringer med hygienisering av slam i Norge* (Nr. 32; VA - FORSK RAPPORT, s. 64). Svenskt Vatten AB. http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk_2003-32.pdf
- Paulsrud, B., & Nedland, K. T. (1991). *Slambehandling og –disponering ved større kloakkrenseanlegg*. (Nr. 20/91). Norsk VA-verkforening.

- Pettersen, I., Grønlund, A., Elstad Stensgård, A., & Walland, F. (2017). *Klimatiltak i jordbruk og matsektoren* (s. 86). NIBIO.
- Prokisch, J., Katz, S. A., Kovács, B., & Györi, Z. (1997). Speciation of chromium from industrial wastes and incinerated sludges. *Journal of Chromatography A*, 774(1), 363–371.
[https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(97\)00334-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(97)00334-8)
- Sammut, F., Isakova, I., Voss, K., Vandenbussche, V., & Morken, J. (2019). *Ressursgrunnlaget for produksjon av biogass i Norge i 2030* (M-1533|2019). Carbon Limits, Endrava, NMBU.
- Statistisk sentralbyrå. (2021). *Omregningsfaktor fra volum til vekt for enkelte avfallstyper*.
https://www.ssb.no/innrapportering/naeringsliv/_attachment/263772?_ts=154388c52e8
- Svensson. (2014). *Presentasjon på Swedish Gas Technology Centre 3rd Small Scale LNG Forum*.
- Syversen, F., Lyng, K.-A., Amland, E., Bjørnerud, S., Callewaert, P., & Prestrud, K. (2018). *Utsortering og materialgjenvinning av biologisk avfall og plastavfall* (Nr. 2017/12503). Mepex, Østfoldforskning.
- Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM), Magne Nielsen, K., Wasteson, Y., Yazdankhah, S., Bergh, Ø., Eklo, O. martin, Joner, E., Trosvik, P., & Ytrehus, B. (2020). *Assessment of the impact of wastewater and sewage sludge treatment methods on antimicrobial resistance* (2535-4019; 2020: 10; s. 159). VKM.
[https://vkm.no/download/18.4f72e37e1749185c8ba2aebe/1600417792721/Antimicrobial%20resistance%20\(AMR\)%20from%20environmental%20perspective.pdf](https://vkm.no/download/18.4f72e37e1749185c8ba2aebe/1600417792721/Antimicrobial%20resistance%20(AMR)%20from%20environmental%20perspective.pdf)
- Vygon. (2019). *Mitigation of Short-Lived Climate Pollutants from APG-Flaring*.
- Yngvesson, J., & Tamm, D. (2017). *Benchmarking för effektivare biogasproduktion*. Benchmarking för effektivare biogasproduktion, Benchmarking för effektivare biogasproduktion.
https://www.avfallsverige.se/aktuellt/nyhetsarkiv/artikel/benchmarking-for-effektivare-biogasproduktion/index.php?elD=tx_securedownloads&p=42&u=0&g=0&t=1638301948&hash=b741a21cf4106ec3a343936ff1fe5241a30274f0&file=/fileadmin/user_upload/Rapporter/2017/2017-05_reviderad.pdf