



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Utprøving av ny metode for kvantifisering av mikroplast i biogjødsel

Testing of new analytical method for quantifying
microplastics in biofertilizer

Ann-Katrin Dale

Sivilingeniør i kjemi og bioteknologi, med fordypning i miljøkjemi
Fakultetet for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (KBM)

Forord

Masteroppgaven er utført ved Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), gjennom samarbeid med fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet (NMBU). Arbeidet markerer avslutningen av sivilingeniørstudiet i kjemi og bioteknologi, med fordypning i miljøkjemi og uorganisk analyse.

Masteroppgaven er skrevet under prosjektet Bærekraftig biogass, en arbeidspakke satt sammen av Avfall Norge, som en del av NIBIO sitt bidrag til prosjektet. Oppgaven tar for seg problemstillinger knyttet til kvalitativ og kvantitativ bestemmelse av mikroplast i biogjødsel fra biogassanlegg.

Jeg vil rette en stor takk til min hovedveileder ved universitetet, Åsgeir Almaas, eksterne veileder ved NIBIO, Erik Joner, og bonusveileder Claire Courtis for god hjelp gjennom hele masteroppgaven. Takk til alle som har bidratt til arbeidet rundt batchforsøket, utført på NMBU Vollebekk, og til Monica Fongen for arbeidet rundt STA/FTIR-analyse ved NIBIO.

Til slutt vil jeg takke mine foreldre, familie og venner for støtte og motivasjon under arbeidet med masteroppgaven, og under studietiden ved NMBU.

Sammendrag

Denne masteroppgaven tar for seg problemstillinger knyttet til analyse av mikroplast i prøver med høyt innhold av organisk materiale. Bioresten fra storskala biogassanlegg benyttes til produksjon av biogjødsel. Biogjødsel er næringsrik gjødsel, ettertraktet i jordbruksnæringen. En andel av plastmaterialer ført inn i biogassanleggene, ender opp i biogjødselen som mikroplast. Det er derfor behov for kvalitativ og kvantitativ bestemmelse av plastmaterialer i biogjødselen. Målet for studiet var å prøve ut metoder for kvalitativ og kvantitativ analyse av mikroplast i organisk avfall.

I studiet ble tre metoder for prøveoppbehandling til analyse av mikroplast gjennom kjemisk fordøyning, sammenliknet. Metodene som ble testet var:

- I) Oppløsning av organisk materiale i en løsning av $\text{NaOH}:\text{CO}(\text{NH}_2)_2:\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$, etterfulgt av våt oksidasjon med 33% H_2O_2 .
- II) Oppløsning av organisk materiale i en løsning av 10M NaOH , etterfulgt av våt oksidasjon med 33% H_2O_2 .
- III) Våt oksidasjon med 33% H_2O_2 tilsatt $\text{Fe}(\text{II})$ -katalysator.

Et batchforsøkt ble benyttet for å studere hvordan ulike trinn i ved biogassproduksjonsanleggene påvirker plastmaterialene ført inn i anlegget, som en del av biomassen. Plastmaterialet fra matavfallsposen benyttet til innhenting av matavfall i Oslo-området, ble tilsatt til en biomasse av syntetisk matavfall. Plasten ble så undersøkt for endringer av fysisk struktur og kjemisk signatur, etter å ha gjennomgått behandlinger tilsvarende biomasseproduksjonsprosessen ved ett storskala biogassanlegg. Analysen av mikroplast ble utført ved skanning-elektronmikroskop (SEM) og simultan termisk analyse med fouriertransformert infrarød spektroskopi (STA/FTIR). I tillegg til batchforsøket ble mikroplast analysert i prøver av fast og flytende biogjødsel, fra Lindum og Romerike biogassanlegg.

Studiet har vist at det er mulig å bestemme hvilke plastmaterialer som er tilstede i en prøve av substrat, biorest eller biogjødsel etter kjemisk fordøyning, ved bruk av analyseprinsippet STA/FTIR. Metoden for kjemisk fordøyning testet i dette studiet, viste seg egnet for å oppkonsentrere plastmaterialene fra en kompleks prøvematriks. Videre utvikling av metode for kjemisk fordøyning, vil være nødvendig for å utarbeide en standardisert prosedyre for analyse av mikroplast i komplekse prøvematrikser, som biogjødsel. Studiet viser også at det er behov for et komplett FTIR-bibliotek, for å kunne presist identifisere og deretter kvantifiserte mengden plastmateriale i prøvematerialet.

Abstract

This master's thesis addresses issues related to micro-plastic analysis in samples with high content of organic matter. The digestate from large-scale biogas plants is used to produce bio fertilizer. The bio fertilizer is a nutritious fertilizer sought after in the agricultural industry. A portion of plastic materials introduced into the biogas plants ends up in the bio fertilizer part as micro-plastic. There is therefore a need for qualitative and quantitative determination of plastics in the bio fertilizer. The aim of the study was to test methods for qualitative and quantitative analysis of microplastic in organic waste.

In the study, three methods of sampling preparation for microplastic analysis through chemical digestion were compared. The methods tested were:

- I) Resolution of organic material in a solution of $\text{NaOH}:\text{CO}(\text{NH}_2)_2:\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$, followed by wet oxidation with 33% H_2O_2 .
- II) Resolution of organic material in a solution of 10M NaOH, followed by wet oxidation with 33% H_2O_2 .
- III) Wet oxidation with 33% H_2O_2 added Fe(II)catalyst.

A batch experiments was used to study how different stages of biogas production plants affect the plastic materials introduced into the plant as part of the biomass. The plastic material from the food waste bag used for the collection of food waste in the Oslo area was added to a biomass of synthetic food waste. The plaster was then examined for changes in physical structure and chemical signature after having undergone treatments similar to the biomass production process of a large-scale biogas plant. The microplastic analysis was performed by scanning electron microscope (SEM) and simultaneous thermal analysis with Fourier transformed infrared spectroscopy (STA / FTIR). In addition to the batch test, microplastic was analyzed in samples of solid and liquid biogas, from Lindum and Romerike biogas plants.

The study has shown that it is possible to determine which plastics materials are present in a sample of substrate, digestate or biogas after chemical digestion, using the STA / FTIR analysis principle. The method of chemical digestion tested in this study proved suitable for concentrating the plastic materials from the complex sample matrix. Further development of chemical digestion method will be necessary to develop a standardized procedure for microplastic analysis in complex sample matrices, such as biogas. The study also shows that there is a need for a complete FTIR library, to accurately identify and then quantify the amount of plastic material in the sample material.

Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon.....	1
1.1 Mikroplast.....	2
1.2 Miljøpåvirkning.....	2
1.3 Mikroplast i biogjødsel fra biogassanlegg.....	4
1.4 Mål med studiet.....	5
2. Teori.....	6
2.1 Biogass og biogjødsel produksjon.....	6
2.1.1 Romerike biogassanlegg.....	7
2.1.2 Lindum biogassanlegg.....	8
2.2 Batchforsøk for biogass produksjon.....	8
2.2.1 Plastmateriale.....	9
2.2.2 Termisk hydrolyseprosess og biogassproduksjon.....	9
2.3 Analyse av mikroplast.....	9
2.3.1 Forbehandling ved kjemisk fordøyning.....	10
2.3.2 Simultan termisk analyse med fouriertransformert infrarød spektroskopi (STA/FTIR).....	11
2.3.3 Skanning elektronmikroskop.....	11
3. Eksperimentelt.....	12
3.1 Innledende forsøk.....	12
3.1.1 UV-behandling.....	12
3.1.2 Separasjon ved flotasjon.....	12
3.1.3 Kjemisk fordøyning.....	13
3.1.4 Filtrering og behandling av filtrat.....	14
3.2 Prøveopparbeidelse og prøve innsamling for analyse av mikroplast.....	15
3.2.1 Batch forsøkt.....	15
3.2.1.1 Mikroplast.....	15
3.2.1.2 Opparbeidelse av matavfall.....	15
3.2.1.3 Termisk hydrolyse prosess (THP).....	16
3.2.1.4 Biogassproduksjon.....	17
3.2.2 Biogjødsel fra Lindum og Romerike biogassanlegg.....	18
3.2.3 Partikler plukket fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg.....	18
3.3 Kjemisk fordøyning av prøver til SEM- og STA/FTIR-analyse.....	18
3.4 Analyse av mikroplast ved elektronmikroskop.....	19
3.4.1 Prøvepreparering.....	19
3.4.2 Analyse på elektronmikroskop.....	20
3.5 STA/FTIR.....	21
3.5.1 Prøvepreparering.....	21
3.5.1.1 Prøver fra batchforsøket.....	21
3.5.1.2 Flytende og avvannet biorest fra Lindum og Romerike biogassanlegg.....	22
3.5.1.3 Blankprøver og prøver av bakgrunnsmaterialer.....	22
3.5.1.1 Plastpartikler fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg.....	22

3.5.2	Analyse ved STA/FTIR.....	23
3.6	Beregning av mengde plastpartikler i fast biogjødsel.....	23
3.7	Partikkelstørrelse bestemmelse ved ImageJ.....	23
4.	Resultater	23
4.1	Innledende forsøk.....	23
4.1.1	UV-bestråling	23
4.1.2	Separasjon ved flotasjon.....	24
4.1.3	Kjemisk fordøying.....	24
4.1.4	Filtrering og behandling av filtrat.....	24
4.2	Analyse av mikroplast ved elektronmikroskop.....	24
4.2.1	Mikroplast fra batch forsøk.....	24
4.2.2	Mikroplast fra Romerike biogassanlegg.....	27
4.3	STA/FTIR.....	29
4.3.1	Batch forsøk	30
4.3.1.1	Polyetylen referansemateriale.....	30
4.3.1.2	Grønn matavfallspose	30
4.3.1.3	Plastmaterialer og syntetisk matavfall.....	32
4.3.1.4	Substrat, biorest og biogjødsel uten synlig plastmaterialer	32
4.3.1.5	Mikroplast plukket ut ifra batchforsøket.....	33
4.3.1.6	Kjemisk fordøyde prøver av substrat og biorest fra batchforsøket.....	35
4.3.1	Biogjødsel fra Lindum og Romerike biogassanlegg.....	38
4.3.1.1	Romerike biogassanlegg	38
4.3.1.2	Lindum biogassanlegg.....	44
4.3.2	Plastpartikler fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg.....	50
4.4	Mengde plastpartikler i fast biogjødsel	52
4.5	Partikkelstørrelse bestemmelse ved ImageJ.....	53
5.	Diskusjon.....	53
5.1	Innledende forsøk.....	53
5.2	Analyse av mikroplast med skanning elektronmikroskop	54
5.3	STA/FTIR-analyse av mikroplast.....	55
5.3.1	Batchforsøket.....	55
5.3.2	Lindum og Romerike biogassanlegg.....	58
5.3.2.1	Romerike biogassanlegg	58
5.3.2.2	Lindum biogassanlegg.....	59
5.3.2.3	Plastpartikler fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg.....	60
6.	Konklusjon.....	62
	Referanseliste	63
	Ikke-skriftlige kilder.....	65
	Vedlegg A – Prøvepreparering.....	66
1.	Batchforsøk	66
2.	SEM-analyse.....	69
3.	STA/FTIR-analyse.....	70

Vedlegg B – Utvidede resultater	75
1. Batchforsøk	75
1.1. TA/FTIR resultater fra analyse av referansemateriale av polyetylen	75
1.2. STA/FTIR resultater fra analyse av den grønne matavfallsposen	76
1.3. STA/FTIR analyse av plastmaterialer og syntetisk matavfall	78
1.4. STA/FTIR analyse av prøver av substrat og biorest fra batchforsøk, samt biogjødsel fra Lindum og Romerike biogassanlegg uten synlig plastmaterialer.	82
1.4.1. FTIR fra substrat fra batchforsøk	83
1.4.2. FTIR fra biorest fra batchforsøk	84
1.4.3. FTIR fra biogjødsel fra Romerike biogassanlegg	85
1.4.4. FTIR fra biogjødsel fra Lindum biogassanlegg.....	88
1.5. STA/FTIR analyse av plastpartikler plukket ut fra ulike trinn i biogassprosessen i batchforsøket	89
1.6. Kjemisk fordøyde prøver av substrat og biorest fra batchforsøk	92
2. Romerike biogassanlegg	99
2.1. Resultater fra STA/FTIR analyse av kjemisk fordøyde biogjødsel prøver	99
3. Lindum biogassanlegg.....	103
3.1. Resultater fra STA/FTIR analyse av kjemisk fordøyde biogjødsel prøver	103
4. Plukket plast fra Fullgo fast biogjødsel fra Romerike biogassanleggs	106
4.1. Beregning av mengde plastpartikler i Fullgo fast biogjødsel	106
4.1.1. Prøve RBFF-pp.....	106
4.1.2. Prøve RBFF-P 1-3.....	107
4.2. Partikkelstørrelse bestemmelse ved ImageJ.....	107
4.3. STA/FTIR analysen av plastpartikler fra Fullgo fast biogjødsel	108
4.3.1. Prøve 23 lyse og 23 mørke plast partikler fra Romerike biogassanlegg Fullgo fast biogjødsel	108
4.3.2. Prøve 40-48 plast partikler fra Romerike biogassanlegg Fullgo fast biogjødsel	110
4.3.2.1. Prøve 40, RBFF-Pa	113
4.3.2.2. Prøve 41, RBFF-Pb.....	114
4.3.2.3. Prøve 42, RBFF-Pc	115
4.3.2.4. Prøve 43, RBFF-Pd.....	115
4.3.2.5. Prøve 44, RBFF-Pe	116
4.3.2.6. Prøve 45, RBFF-pf.....	117
4.3.2.7. Prøve 46- RBFF-Pg.....	118
4.3.2.8. Prøve 47- RBFF-Ph.....	119
4.3.2.9. Prøve 48 – RBFF-pi	119
Vedlegg C – Partikkelstørrelse	121
Vedlegg D – Netzch TG-FTIR database of polymers.....	125

1. Introduksjon

Utslipp av plastmaterialer som resultat av menneskelig aktivitet, er en stor utfordring for det globale miljøet. Plastmaterialer i varierende størrelse distribueres i miljøet fra primær- og sekundærkilder på land, i vann og i luften. Gjennom kartlegging av kilder som bidrar til nye utslipp av plastmaterialer, kan det iverksettes tiltak for å hindre videre utslipp og tiltak for å reversere utslippene, ved å hente ut materialene og behandle disse på en forsvarlig måte.

Redusert forsøpling gjennom god infrastruktur, med etablerte rutiner for resirkulering av avfall, er avgjørende for reduserte utslipp til miljøet. Dersom plastmaterialer havner i miljøet fører dette til en langvarig forsøpling, da det ikke er kjennskap til fullstendig nedbrytning av plastmaterialer gjennom naturlige prosesser. Da plastmaterialer først ble tatt i bruk, visste man at plastmaterialet hadde lang nedbrytningstid. I senere tid har det som var antatt å være nedbrytning av plastmaterialer, vist seg å være fragmentering. I dag har vi bedre kunnskap om nedbrytningsprosessene for plastmaterialer, og fagområdet er i kontinuerlig utvikling. Ved et avfallshåndteringsanlegg i Japan ble det nylig oppdaget bakterier som benytter plastmaterialer som næringskilde. Bakteriene har et enzym som bryter ned plastmaterialet polyetylenetereflatat(PET), og det pågår nå forskning rundt bruk av disse enzymene. Man ønsker å finne metoder for nedbrytning av plast til de originale byggeklossene for fornybar resirkulering (University of portsmouth, ingen dato). Forsking på denne typen løsninger vil være svært viktig i kampen mot plast på avveie.

Arbeidspakken bærekraftig biogass er et samarbeidsprosjekt mellom flere forskningsinstitusjoner og aktører i biogassnæringen, ledet av Avfall Norge. Prosjektet startet i 2017, og har hovedfokus på å skape miljø- og ressursmessig optimale verdikjeder for biogass, og å styrke markedsposisjonen for biogass og biogjødsel. Prosjektet avsluttes i utgangen av 2019, og et av målene i prosjektet er at biogjødselen produsert ved biogassanleggene, skal ha tilstrekkelig kvalitet for bruk i matproduksjon. Gjennom prosjektet skal det derfor arbeides for å øke tilgangen på substrat fra ulike sektorer, og det skal gjennomføres analyser og systemer som sikrer kvalitet på biogjødsel gjennom sporbarhet i den etablerte verdikjeden (Avfall Norge, 2017).

Mepex utførte i 2017 ett studie om kvalitet på substrat til biogassanlegg, på oppdrag fra Avfall Norge. Studiet konkluderte med behov for ny metode for kvantitativ og kvalitativ bestemmelse av mikroplast i substratet ved norske biogassanlegg (Marthinsen, 2017). Ved storskala biogassanlegg er det allerede iverksatt tiltak for å sortere ut uønskede materialer som stein, plast og metall som føres inn i

produksjonen sammen med biomassen. I studiet ble det konkludert med at separasjonsprosessene for plastmaterialer ikke er gode nok. Det er derfor nødvendig å utarbeide en metode for å bestemme hvilke plastmaterialer som kommer inn i anleggene. Gjennom kartlegging av plastmaterialene som er til stede, er det mulig å kartlegge aktuelle kilder og iverksette tiltak for å redusere tilførselen av plast til biomassen. Det er nødvendig å bestemme mengden plastmaterialer i biomassen som overføres til biogjødselen, og undersøke hvor god effekt det er av separasjon av plastmaterialer fra biomassen ved anleggene. Gjennom kunnskap og målbare parametere vil biogassanleggene kunne optimalisere ved det enkelte anlegget.

Formålet med dette studiet er å utvikle en metode for prøvepreparering ved kjemisk fordøyning av biogjødsel, for oppkonsentrering og bestemmelse av plastmaterialer, ved bruk av analyseprinsippet simultan termisk analyse med fouriertransformert infrarød spektroskopi (STA/FTIR). Denne masteroppgaven skrives i samarbeid med Norges miljø og biovitenskaplige universitet (NMBU), og Norsk institutt for bioøkonomi(NIBIO) som en del av NIBIO sitt bidrag til prosjektet

1.1 Mikroplast

Begrepet mikroplast er omdiskutert og det varierer mellom studier hvilke partikler som defineres til å falle inn under begrepet. Dette skyldes at mikroplast er et bredt begrep. Generelt defineres mikroplast som plastfragmenter med diameter på under 5mm i enhver dimensjon. Mikroplasten kan så kategoriseres ut ifra plastens opprinnelse, og deles inn etter primær eller sekundær mikroplast. Plastfragmentene som produseres i størrelse under 5mm diameter, faller inn under primær mikroplast. Plastfragmenter som er under 5mm diameter som følge av oppbrytning fra større plastmaterialer, faller inn under definisjonen sekundær mikroplast (Sundt, Schulze, & Syversen, 2014).

Dersom begrepet mikroplast skal benyttes, er det viktig å forstå hvilke partikler som faller inn under begrepet. Dette er altså fastfasepolymerer med diameter under 5mm i en retning, og det omfatter derfor partikler i både størrelsesorden mikro- og nanopartikler (Sundt et al., 2014). Mikroplast deles også inn i store og små mikroplastpartikler, henholdsvis partikler med diameter 1-5mm og under 1mm. Plastpartikler større en mikroplast med diameter mellom 5mm - 2.5cm, defineres som mesoplast (Scheurer & Bigalke, 2018).

1.2 Miljøpåvirkning

Miljøpåvirkningene som følge av mikroplast i terrestrisk og akvatisk miljø, er ikke ferdig utforsket. En kjent konsekvens av mikroplasten er at mindre organismer kan forveksle mikroplasten med mat.

Dersom opptaket av mikroplast er tilstrekkelig stort, vil organismen få en falsk metthetsfølelse eller blokkering av tarmsystemet. Mikroplasten kan så bioakkumulere i næringskjeden, og på den måten påvirke en større gruppe organismer i et miljø forurensset av mikroplast (Hildonen, 2016).

Plastmaterialer er ikke giftige, men utslipp av plastmaterialer kan kategoriseres som utslipp av miljøgifter, da plast oppfyller to av de tre kravene for kategoriseringen. Et stoff kategoriseres som en miljøgift dersom den har persistente, bioakkumulerende eller toksiske egenskaper (Norsk institutt for luftforskning, n.d.). Plastmaterialer har evnen til å bioakkumulere i organismer og næringskjeder, og er persistent i miljøet. Plastmaterialer er ikke toksisk, men kan tilsettes giftige stoffer som ved oppbrytning og nedbrytning kan frigjøres til miljøet (Hildonen, 2016). I disse tilfellene vil plastmaterialet fungere som en bærer av giftstoffer. Det er kjent at plastmaterialene brytes opp gjennom en rekke fysiske prosesser, som fører til dannelsen av mikroplast. Disse plastpartiklene har mindre diameter enn primærplasten, og partiklene utgjør til sammen en større overflate (Hildonen, 2016).

Hvordan mikroplastpartikler transporteres i jordsmonnet vil variere mellom jordsmonn, da det er vist at mikroplastpartikler kan forflyttes som følge av forskjeller i partikkelstørrelse mellom mikroplasten og partiklene i jorden. Mikroplasten kan danne interaksjoner og bindinger til andre forbindelser, og binde seg til vekster i jorden. Det har ikke blitt vist at mikroplast tas opp i planter fra jordsmonnet. (Scheurer og Bigalke, 2018).

Plastmaterialer fragmenteres i miljøet som følge av fysiske og kjemiske interaksjoner. Mekanisk bearbeidelse av jordsmonn som inneholder plastmaterialer, kan føre til fragmentering av plastmaterialene. Denne bearbeidelsen kan være et resultat av dyr som lever i jorden, eller landbruksaktivitet. Ultrafiolett (UV) stråling fra sollys bidrar til fragmentering av plastmaterialer, ved å inducere varmeoppbygning i plaststrukturen (Adready, 1990). Varmen fra de høyenergetiske strålene fører til at sterke kjemiske bindinger brytes, og plastmaterialet fragmenteres. Mikroplasten i biogjødselen utsettes for UV-stråling fra solen etter spredning på dyrket mark. Det er ikke kjent om biogassproduksjonsprosessen påvirker plastmaterialets påvirkning fra sollys.

Spredningen av mikroplast i terrestrisk miljø må kontrolleres på lik linje som i akvatisk miljø, da det kan gi utfordringer for levende organismer på lik linje. Dersom mikroplasten forveksles med næring, og tas opp i fordøyelsessystemet, kan dette forstyrre næringsopptaket til organismen. Tilsetningsstoffer til plastmaterialet, eller miljøgifter festet til overflaten på mikroplastpartikkelen, kan transporteres inn i

organismene. Dette er stoffer organismen ikke hadde tatt opp ved normal diett, men tar opp som følge av opptak av mikroplastpartikkelen.

Det er mange usikkerheter rundt mikroplastens påvirkning på jordmiljøet, og derfor grunn til å ta tak i utslippene. For å bestemme typen mikroplast som finnes i biogjødselen og utføre en kvantitativ bestemmelse av mikroplasten, er det nødvendig å utvikle en metode for analyse av mikroplast i avløpslam, biogjødsel, og jordprøver fra jorder der biogjødsel er benyttet. Det er i dag ingen standardisert metode for slike analyser, men uavhengige forskningsgrupper arbeider for å utvikle dette (Scheurer og Bigalke, 2018).

1.3 Mikroplast i biogjødsel fra biogassanlegg

Biogass og biogjødsel produsert fra matavfall, husdyravfall og avløpslam, er positivt fra et sirkulærøkonomisk perspektiv. Bioresten i biogassanleggene er rik på næring, og biogjødsel produsert fra denne, er ettertraktet i landbruket. Dessverre inneholder biomassen som føres inn i biogassanleggene, plastmaterialer og andre fremmedlegemer. I dag ender en andel av disse fremmedelementene i bioresten og blir en del av biogjødselen. På denne måten spres ukjente mengder mikroplast sammen med biogjødselen, i det terrestriske miljøet.

Hvilke effekt mikroplasten har på jordkvaliteten og matsikkerhet for vekster dyrket på jorder gjødslet med biogjødsel, er ukjent (Hildonen, 2016). Det er behov for videre undersøkelser av effekten av mikroplast, da det er lite kunnskap knyttet til mikroplast i terrestriske og ferskvannsmiljø. Resultatet av dette er at matjord forurenses med mikroplast, med ukjente konsekvenser (Hildonen, 2016).

Biogjødselen inneholder mikroplast fra primær eller sekundærkilder, avhengig av opphavet til biomassen tatt inn i biogassanlegget. I renere avfallsstrømmer som matavfall fra husholdninger, vil det ved riktig kildesortering være god kunnskap om hvilke plastmaterialer som føres inn i biogassproduksjonen, da man kjenner plastposene benyttet til innsamling av matavfall. Ved dårlig kildesortering hos forbrukerne blir en variasjon av plastmaterialer leverte til biogassanlegget, sammen med matavfallet inne i matavfallsposen. Biogjødsel fra biogassanlegg drevet på husdyravfall, er forventet å være den reneste avfallsstrømmen. I avløpslam er det forventet å finne mikroplast fra husholdninger, industri og overflateavrenning, som er samlet opp i avløpsvann renseanleggene. Variasjonen i opphavskilder fører til variasjon i hvilke plastmaterialer som føres inn i biogassproduksjonen.

Oppsamling av mikroplast i renseanleggene er positivt, da det skåner det marine miljøet for store utslipp. Renseteknologien på renseanleggene er avgjørende for hvor mye mikroplast som tas ut av vannstrømmen. Mengden mikroplast overført til avløpsslammet øker i høygradige renseanlegg (Hildonen, 2016). Mikroplasten i avløpsslammet vil gjennom biogassanlegget overføres til bioresten, som kan benyttes til produksjon av biogjødsel. Bruk av biogjødsel fra avløpslam er ikke lovlig i alle land, slik det er i Norge (Scheurer og Bigalke, 2018). I Europa benyttes omkring 50% av avløpsslammet til biogass- og biogjødselproduksjon (Lusher *mfl.*, 2017).

Det er blitt estimert at det hvert år slippes ut mellom 10.000 og 20.000 tonn mikroplast til miljøet i Norge. Denne mikroplasten spres i miljøet som enten primærmikroplast eller sekundærmikroplast (Sundt, Schulze og Syversen, 2014). Det er estimert at 500 milliarder mikroplastpartikler slippes ut i miljøet i biogjødsel fra avløpslam hvert år i Norge (Lusher *mfl.*, 2017). I Norge ble det årlige mikroplastutslippet fra landbaserte primærkilder til havet, beregnet til 8000 tonn hvert år (Sundt, Schulze og Syversen, 2014). På verdensbasis er det beregnet at det hvert år tilføres 950.000 tonn mikroplast til havet hvert år, og at mikroplasten utgjør bare 9% av den totale plastmengden (Hildonen, 2016). Det er estimert at det spres 63000-430000 tonn mikroplast på jordbruksjord ved bruk av biogjødsel fra avløpslam, hvert år i Europa. Estimater for Nord Amerika er på 44000-300000 tonn (Nizzetto, Langaas og Futter, 2016).

Den Norske gjødselvereforskriften omtaler fremmedlegemer som rester av plast, glass og metall som finnes i produktet. I veiledningen er det skrevet at fremmedlegemer først og fremst er et estetisk problem, men det kan også være en helserisiko knyttet til fremmedlegemer (Mattilsynet, 2003). I lovverket står det at totalinnholdet av fremmedlegemer med partikkelstørrelse større enn 4 mm, ikke skal utgjøre mer enn 0,5 vektprosent av totalt tørrstoff (Lovdata, 2003). Denne forskriften er nå under revisjon, og det er et ønske om å stramme inn reglene knyttet til andelen fremmedlegemer utgjør i biogjødselprodukter.

1.4 Mål med studiet

Målet med dette studiet er å prøve ut metoder for kvalitativ og kvantitativ analyse av mikroplast i organisk avfall. Gjennom et batchforsøk skal det testes om plastmaterialer endrer fysisk struktur og kjemisk signatur etter å ha gjennomgått biogassproduksjons prosess som del av en biomasse. Det skal også undersøkes om bruk av kjemisk fordøyning i prøvepreparering av biomasse påvirker plastmaterialet i biomassen. Skanning elektronmikroskop (SEM) skal benyttes for å undersøke den fysiske strukturen og STA/FTIR-spektroskopi for å undersøke kjemisk struktur.

2. Teori

2.1 Biogass og biogjødsel produksjon

Biogass produseres ved nedbryting av en biomasse med høyt innhold av organisk materiale. Fra biomassen dannes et substrat som føres inn i en bioreaktor, også kalt råtnetank, og det tilsettes en bakterieflora som under anaerobe forhold bryter ned det organiske materialet. Under nedbrytningen dannes biogass, som er en fellesbetegnelse på gasser produsert biologisk. Råbiogass består av ca. 65% metan og 35% andre gasser. Gjennom et biogassoppgraderingsanlegg fjernes andre gasser som karbondioksid og hydrogensulfid fra gasstrømmen. Biogassen produsert ved anlegget inneholder etter separasjon 97-99,9% metangass. Metangass fra biogassanlegg er regnet som en fornybar energikilde, og metan er et miljøvennlig biodrivstoff som ikke øker tilførsel av karbondioksid til miljøet (Lindum, ingen dato b) (Govasmark, 2017)(Energigjenvinningsetaten Oslo kommune, ingen dato b). Etter biogassproduksjon inneholder bioresten i bioreaktoren organisk materiale og næringsstoffer, som kan omdannes til biogjødsel.

Biomassen gjennomgår en rekke forbehandlingstrinn ved biogassanlegget, før den føres inn i bioreaktoren. I det første steget i forbehandlingen fjernes uønskede fremmedlegemer fra det organiske materialet som utgjør biomassen. Fremmedelementene består av metall, tekstiler, plastikk og andre uønskede materialer. Innføringen av biomasse til anleggene vil variere avhengig av biomassens opphav.

Matavfall fra husholdninger ankommer biogassanlegget i avfallsposer, og posene må åpnes ved biogassanlegget for å frigjøre biomassen som første steg i forbehandlingen. Fremmedlegemer sorteres ut fra biomassen ved bruk av magnetseparator og bioseparator. I bioseparatoren tilsettes det vann til biomassen, partikkelstørrelsen reduseres og biosubstratet sendes gjennom en sil før det transporteres gjennom en skrupresse for fjerning av uønskede partikler (Energigjenvinningsetaten Oslo kommune, ingen dato b).

Biogassanlegg som benytter avløpslam, krever ikke samme forbehandlingstrinn, da fremmedlegemer er fjernet fra biomassen i rensetrinn på avløpsvannrensaneanlegget. Avløpslammet vil derfor føres inn i biogassanleggets råtnetank etter stabilisering og hygienisering av massen (Norsk Vann, 2010).

I siste ledd i forbehandlingen er storskala biogassanlegg lovpålagt å benytte en 10mm sil for å fjerne de mindre uønskede elementer fra substratet, før det går videre til biogassproduksjon (Govasmark, 2017). Plastmateriale i størrelsesfraksjonen som kommer gjennom denne silen og går gjennom

biogassproduksjonen, vil ende som en del av bioresten fra biogassanlegget og spres på landbruksjord sammen med gjødslet produsert fra bioresten.

Substratet gjennomgår termisk hydrolyseprosess (THP) som første ledd i biogassproduksjonen. Substratet føres inn i en trykktank, der det forvarmes til mellom 80°C og 100°C, før det overføres til en reaktortank og trykkokes på minst 130°C i ca. 30 minutter ved 4-5 bar. THP avsluttes når trykket i reaktortanken reduseres raskt, og materialet overføres til en flushtank. Ved «flushingen» ødelegges celleveggene og fiber slik at materialet brytes opp i mindre partikler, og det blir mer tilgjengelig for bakteriene som fører til mer effektiv biogassproduksjon (Energigjenvinningsetaten Oslo kommune, ingen dato b) (Lindum, ingen dato a). Formålet med THP er å hygienisere substratet og gjøre det mer tilgjengelig for bakterier under biogassproduksjonen (Govasmark, 2017). Valg av temperatur, trykk og oppholdstid i reaktortanken varierer mellom ulike anlegg. Substratet sendes så videre til bioreaktorer hvor biogassen produseres, ved at det organiske materialet brytes ned av en bakteriekultur ved anaerobe forhold.

2.1.1 Romerike biogassanlegg

Romerike biogassanlegg mottar matavfall fra Osloregionen, etter utsortering ved Oslo kommunes sorteringsanlegg. Hvert år mottar anlegget 30.000 tonn matavfall fra 240.000 husstander (Govasmark, 2017). Anlegget har kapasitet til å behandle 50 000 tonn matavfall i året (Energigjenvinningsetaten Oslo kommune, ingen dato a) De grønne matavfallsposene leveres til anlegget i ankomsthallen og føres mekanisk inn i forbehandlingen, figur 1. De grønne posene åpnes i en kvern, og biomassen blir tilgjengelig og vaskbart for videre behandling. Fremmedlegemer ankommer anlegget inne i de grønne posene, som følge av dårlig sortering av forbrukeren, eller blant matavfallsposene som følge av feil utplukking ved sorteringsanlegget. Metaller separeres fra biomassen ved bruk av en magnet, figur 2. Tekstiler og plastikkmateriale separeres fra biomassen i bioseparatoren, og materialet føres videre til energigjenvinning. Resterende partikler separeres fra biomassen i en skrupresse med 10mm sil, figur 3. Biomassen som passerer dette steget utgjør substratet som føres inn i termisk hydrolyseprosess og biogassreaktoren. Under termisk hydrolyse blir substratet varmet opp til ca. 130°C. Substratet føres til bioreaktoren, der det har en oppholdstid på 24 dager, for maksimal biogassproduksjon ved 38°C (Energigjenvinningsetaten Oslo kommune, ingen dato a).

Biogassen som produseres blir ført videre til separasjonsanlegg der CO₂ og H₂S fjernes fra gasstrømmen, gjennom et biogassoppgraderingsanlegg. Til dette benyttes et vannskrubber anlegg, slik at sluttproduktet inneholder en reneest mulig metangass (Govasmark, 2017). Bioresten etter

biogassproduksjonen blir så omdannet til gjødsel, med navnet FullGo, enten i form av flytende eller avvannet biogjødsel. Den flytende biogjødselen tappes direkte fra bioreaktoren, og kjøres gjennom en 2mm sil for å fjerne uønskede fremmedelementer fra gjødselen. Den avvannede biogjødselen dannes ved å sende bioresten inn i en sentrifuge og tilsette fortykningsmiddel. I sentrifugen skilles det mellom en fastkake og rejektivann. Fastkaken benyttes til torvfrie kompostprodukter, og rejektivannet dampes inn og tilsettes til gjødselen for et mer næringsrikt gjødselprodukt (Govasmark, 2017). Etter sentrifugering fjernes plastmaterialet fra bioresten, figur 4.



Figur 1. Ankomsthallen for matavfall ved Romerike biogassanlegg.



Figur 2. Separasjon av metaller fra biomasse ved Romerike biogassanlegg.



Figur 3. Separasjon av fremmedlegemer ved bruk av skrupresse ved Romerike biogassanlegg.



Figur 4. Plastmaterialer separert etter sentrifuge ved Romerike biogassanlegg.

2.1.2 Lindum biogassanlegg

Biogassanlegget ved Lindum gjenvinningsstasjon i Drammen, benytter avløpslam og matavfall som biomasse. Biomassen som benyttes i produksjonen har et høyt innhold av organisk materiale, nyttige næringsstoffer som nitrogen og fosfor, og kan også inneholde smittestoffer og miljøgifter (Lindum, ingen dato a). Biomassen gjennomgår derfor forbehandling med separasjon av fremmedlegemer, og termisk hydrolyseprosess (THP) ved 160°C i 20 minutter, med trykk mellom 5 og 6 bar (Lindum, ingen dato a). Biomassen føres så inn i bioreaktoren og biogass produseres ved anaerob bakteriell nedbryting. Bioresten fra anlegget benyttes i produksjon av biogjødsel og som råvare i anleggets jordproduksjon. På Lindum sine nettsider opplyser de at 25.000 tonn avløpslam blir til 1.7 millioner kubikkmeter biogass og 12.000 tonn biogjødsel (Lindum, ingen dato a).

2.2 Batchforsøk for biogass produksjon

Under biogassproduksjon i storskalaanlegg kan det observeres at plastmaterialer endrer struktur, som følge av den fysiske behandlingen det organiske avfallet og plastmaterialet utsettes for. Det er derfor av interesse å undersøke hvordan de ulike trinnene i biogassproduksjonen påvirker plastmaterialets fysiske

og kjemiske egenskaper. Ett batchforsøk gir mulighet til å studere plastmaterialet trinn for trinn gjennom prosessen. I forsøket benyttes syntetisk matavfall bestående av tørrforpellets til hunder, da dette inneholder de samme komponenter som matavfall fra en husholdning. Dette er inspirert fra et kompostforsøk (Schloss *mfl.*, 2005). En kjent mengde plastmateriale med kjent størrelse tilsettes til det syntetiske matavfalle, og blandingen føres gjennom biogassproduksjonsprosessen. I dette forsøket vil ikke plastmateriale kategorisert som mikroplast ved innføring i biogassproduksjonen bli undersøkt, men plastmateriale i en størrelsesorden som kan omdannes til mikroplast.

2.2.1 Plastmateriale

Matavfallsposene som benyttes til innsamling av matavfall i Norge, består enten av plastmaterialene lavtetthet-polyetylen (LDPE) eller høytetthet-polyetylen(HDPE), nedbrytbare bioposer av maisstivelse eller våtsterkt papir (Marthinsen, 2017). I batchforsøket skal plastmaterialer fra den grønne, karakteristiske plastposen benyttet i matavfallssortering i Oslo-området, benyttes. Plastsriver ble hullet ut fra den karakteristiske plastposen, i en størrelse som etterligner plastmaterialet som i biogassproduksjon kommer gjennom 10mm-silen. Dette plastmaterialet kan gjennom biogassproduksjonsprosessen omdannes til mikroplast.

2.2.2 Termisk hydrolyseprosess og biogassproduksjon

Den termiske hydrolyseprosessen (THP) som utføres ved storskalaanlegg, etterliknes i batchforsøket ved å sende en blanding av syntetisk matavfall, vann og plastmateriale gjennom en spesialbygget THP Cambi installasjon, på NMBU Vollebakk. Tørrstoff og organisk tørrstoff bestemmes i substratet for hver parallell i batchforsøket, etter THP. Tørrstoffinnholdet justeres til ca. 8%, tilsvarende ved storskala biogassproduksjon (Joner, 2018), før tilsetning av inokulum og inkubasjon i lufttette glassflasker over 14 dager ved 38°C. En del av substratet tas ut etter THP-trinnet for å studere effekten av THP på plastmaterialet. Rent plastmateriale, plastmateriale fra substratet etter THP, plastmateriale fra den flytende bioresten etter THP og fermentering, blir analysert.

2.3 Analyse av mikroplast

Ved analyse av mikroplast undersøkes plastpartikkelens ulike fysiske og kjemiske egenskaper, for å kvalitativt identifisere plastmaterialet og kvantitativt bestemme plastinnholdet i en prøve. Partikkelens tetthet, størrelse, visuelle egenskaper og kjemiske signatur blir gjerne studert, men det er ingen retningslinjer for hvilke egenskaper som skal kartlegges. I dette studiet benyttes STA/FTIR-analyse til

kvalitativ bestemmelse av plastmaterialet, og SEM til å studere størrelse og overflatestrukturen på partikkelen.

2.3.1 Forbehandling ved kjemisk fordøyning

Ved bruk av STA/FTIR for analyse av plastmaterialer er det nødvendig å separere plastmaterialet fra annet organisk materiale, for å oppnå en god identifikasjon. Kjemisk fordøyning, eller oksidativ nedbrytning, fjerner biologisk materiale i prøven, forenkler videre analyse og muliggjør deteksjon av mikroplastpartikler. Ulempen er at det benyttes mange ulike metoder (Woldum Tordrup, 2017). Det ikke er utarbeidet en standardisert metode for separasjon av mikroplast fra prøver med høyt organisk innhold. De metodene som benyttes bygger gjerne på en kombinasjon av flotasjon og kjemisk fordøyning (Lusher *mfl.*, 2017).

Ved Norsk Geoteknisk Institutt (NGI) benyttes en natriumhydroksid-urea-thiourea-løsning til å løse opp organisk materiale, før oksidasjon med hydrogenperoksid ved romtemperatur (Samnam, 2017). NOAA Marine Debris Program ved National Oceanic and Atmospheric Administration har utarbeidet retningslinjer for analyse av mikroplast i maritimt miljø der de benyttet 0.05M jern(II) som katalysator for oksidasjon med hydrogenperoksid. Denne metoden er tatt i bruk av Norsk institutt for vannforskning(NIVA) for kjemisk fordøyning av slamprøver ved mikroplastanalyse (Lusher *mfl.*, 2017). Bruk av FTIR spektroskopi forutsetter utviklingen av en krevende og ikke destruktiv prøveopparbeidelse, for plastmaterialer i ulike prøvematrikser (Woldum Tordrup, 2017).

Kjemisk fordøyning kan utføres ved bruk av en rekke ulike kjemikalier og under ulike fysiske forhold. Formålet med kjemisk fordøyning er å redusere prøvematerialet og oppkonsentrere mikroplasten, uten å endre mikroplastens fysiske eller kjemiske struktur. Ved å oppkonsentrere mikroplast i prøven vil plastmaterialet lettere kunne analyseres ved STA/FTIR, og identifiseres fra FTIR-spekteret uten forstyrrelser fra annet organisk materiale i prøvematriksen.

I dette studiet skal en ny metode for kjemisk fordøyning testes på prøver av biogjødsel og substrat. Metoden går ut på å løse opp prøvematerialet i 20mL10M NaOH under koking i 1 time, filtrere og vaske filtratet, etterfulgt av oksidasjon med 20mL 33% H₂O₂ på vannbad, som holdt 75°C i 2 timer, se kapittel 3.2.3.

2.3.2 Simultan termisk analyse med fouriertransformert infrarød spektroskopi (STA/FTIR)

Analysemetoden simultan termisk analyse med fouriertransformert infrarød spektroskopi (STA/FTIR), gjennomføres ved at en prøve plasseres på en vekt i et lukket prøvekommer og varmes opp til 550°C uten lufttilgang. Under STA-analysen registreres vekttap i prøven og energiflyten i prøvematerialet, som resultat av endoterme og eksoterme reaksjoner. Samtidig blir gassene utviklet fra prøvematerialet kontinuerlig målt med FTIR-spektroskopi (Coutris *mfl.*, 2018). Massetapet som funksjon av temperatur, termogravimetrien(TG), registreres under analysen som et resultat av differansen mellom prøvematerialet og vekten av en referanseprøve. Differensiell skanning kalorimetri (DCS) benyttes for å måle flyten av energi i prøvematerialet under oppvarmingen. Signalene registrert ved DSC benyttes i kvantitative bestemmelsen av materialet fordampet fra prøven, ved en gitt temperatur (Joner, 2018). Spekteret dannet for gassen utviklet ved et kjent tidspunkt, benyttes for å identifisere forbindelsen, ved å sammenlikne FTIR-spekteret med spekter fra kjente forbindelser(Coutris *mfl.*, 2018).

De spektroskopiske metodene FTIR- og Raman- spektroskopi benyttes i mikroplastanalyse til å bestemme plastmaterialet, ved å sammenlikne spekteret opparbeidet fra den ukjente prøven med spekteret til kjente materialer. Studier har vist at FTIR- og Raman-spektroskopi skilles fra hverandre i evnen til å identifisere plastmaterialer ved lavere plastkonsentrasjoner. FTIR-spektroskopi er bestemt til å teoretisk kunne identifisere plastpartikler med diameter ned til 10µm. I praksis må en kombinasjon av metodene benyttes for å bestemme plastmaterialer ned til denne størrelsen. Ved å kombinere metodene, kan FTIR-spektroskopi benyttes for identifikasjon av partikler over 50µm og Raman-spektroskopi for identifikasjon av partiklene med mindre størrelse (Woldum Tordrup, 2017).

Til analysen benyttes STA/FTIR instrumentet Netzsch STA 449 F1 Jupiter koblet til Bruker Tensor 27. Vekten i prøvekommeret har oppløsning på 0,025µg (Netzsch, ingen dato). Denne følsomheten gjør det mulig å registrere fordampning av plastmaterialer ned i små prøvevolumer. I tidligere forsøk ved NIBIO ble rent Polypropylen blandet med plastfri torv i ulike konsentrasjoner. Dette ga resultater med bestemmelse av plastmaterialer ned til 1% på vektbasis ved STA/FTIR-analyse, ved bruk av instrumentet Netzsch STA 449 F1 Jupiter koblet til Bruker Tensor 27 (Fongen, 2017).

2.3.3 Skanning elektronmikroskop

Skanning elektronmikroskop (SEM) benyttes for å undersøke mikroplastens overflate, ved å bestråle overflaten av prøven med elektroner generert fra en elektronpistol. Prøvematerialet plasseres på en prøveholder, belegges med gull (Au) + palladium (Pd), og plasseres i prøvekommeret under høyvakuum.

Prøven bestråles så av elektronpistolen, og ulike detektorer benyttes for å opparbeide et bilde av overflaten. I analysen benyttes miljøskanning elektronmikroskop (ESEM) med varierende trykk, instrumentet Zeiss EVO 50, og bilder opparbeidet fra sekundærelektroner generert fra prøveoverflaten. Ved bruk av SEM sammenliknes utseende og overflaten av mikroplast fra batchforsøket med mikroplast fra Romerike biogassanlegg.

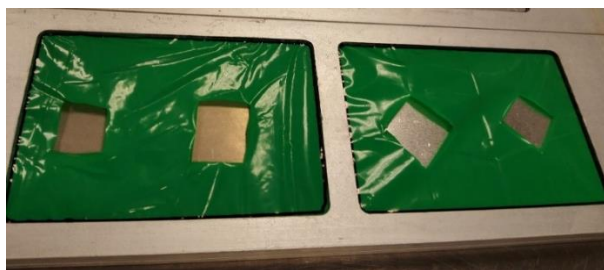
3. Eksperimentelt

3.1 Innledende forsøk

3.1.1 UV-behandling

Instrumentet Atlas UV test fra Cromacol Scandinavia AB med fluoriserende lysrør, ble benyttet for å eksponere plastmaterialet over en gitt tidsperiode. Instrumentet ble stilt inn til UV cycle med $0,89\text{W/m}^2$ på lysrørene ved 22°C .

Det ble eksponert to prøver av den grønne matavfallsposen. En av prøvene ble eksponert i 48t, og den andre i 14dager. I midten av eksponeringssonen på plastprøvene ble det klippet ut en firkant for å kunne undersøke hvordan kanter av plastmaterialet ble påvirket av UV strålingen, presentert i figur 5. Etter eksponering ble eksponeringsflaten markert med tusj. Plastmaterialet ble plassert i en papirkonvolutt frem til videre undersøkelse. En visuell bedømmelse av plastmaterialet ble så utført.



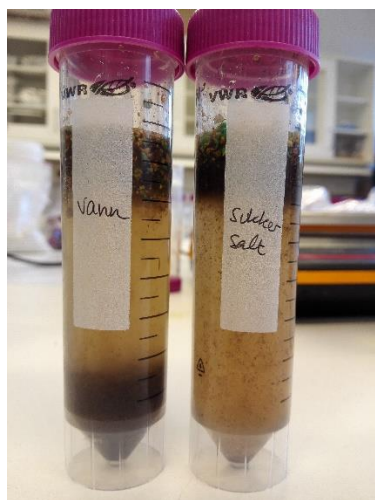
Figur 5. Plastpose materiale etter UV-eksponering i 14 dager

3.1.2 Separasjon ved flotasjon

Separasjon av plastmateriale fra organisk materiale ble undersøkt ved flotasjon. En flotasjonsvæske av mettet sukker/salt løsning ble opparbeidet, i forholdet 1L vann til 500g sukker og 400g salt. Best oppløsningen av sukker og salt, ble oppnådde ved å blande sukker i 1L vann i en 2L Erlen Meier-kolbe ved bruk av en røremagnet. Saltet ble så tilsatt etter tilstrekkelig oppløsning av sukkeret. Løsningen stod under omrøringen over natten. Løsningen ble filtrert ved bruk av en $50\mu\text{m}$ sikt over 1L Schot-glassflaske

med kork. Væsken har en tetthet på 1.28 g/mL, sammenliknet har springvann 1.0g/mL(Coutris *mfl.*, 2018).

Separasjonen av plastmaterialer fra organisk materiale etter behandling under biogassproduksjonsprosessen, ble undersøkt med to prøver av plastmateriale, separert ut etter sentrifugen ved Romerike biogassanlegg. Prøvene ble veid ut i hvert sitt 50mL Falcon-rør. Til ett rør ble det tilsatt springvann og til det andre flotasjonsvæske, se figur 6. En visuell bedømmelse av separasjonen av organisk materiale fra plastmaterialer i de ulike væskene, ble utført.



Figur 6. Separasjon ved flotasjon av en prøve av plastmaterialene separert ut fra substratet etter sentrifugen fra Romerike biogassanlegg

3.1.3 Kjemisk fordøying

Ulike metoder for kjemisk fordøying ble testet på prøver av syntetisk matavfall og plastmaterialer benyttet i batchforsøket, samt prøver av substrat og biorest fra batchforsøket og biogjødsel fra Romerike og Lindum biogassanlegg.

Følgende tre ulike metoder for kjemisk fordøying ble testet

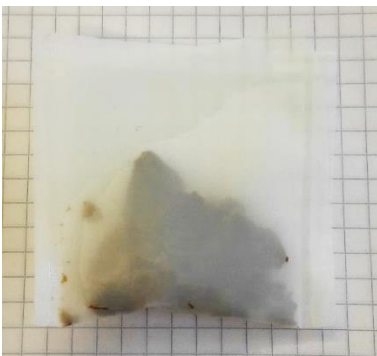
- 1) Prøven ble tilsatt en løsning bestående av $\text{NaOH}:\text{CO}(\text{NH}_2)_2:\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$, i et blandingsforhold på vektbasis 8:8:6,5, 80mL per 2g tørrvekt prøvemateriale. Prøven ble så fryst ned i ca. 45 minutter ved -20°C . Prøven ble videre tilsatt en røremagnet og plassert til tining under omrøring til løsningen nådde romtemperatur. Prøven ble så filtrert og vasket. Filtratet ble overført til en ny beholder og tilsatt 20mL 33% H_2O_2 for oksidasjon. Denne metoden var inspirert av metoden for analyse av mikroplast i sedimenter ved NGI (Mahat, 2017).

- II) Prøven ble løst i 20mL 10M NaOH per 0,5g tørrvekt prøve under koking i 1 time. Prøven ble så sentrifugert på 4000rpm i 15minutter, filtrert, og filtrat ble vasket etterfulgt av oksidasjon med 20mL 33% H_2O_2 på vannbad som holdt 75°C i 2 timer.
- III) Prøvene gjennomgikk våt peroksidoksidasjon med nærvær av Fe(II)-katalysator for å fordøye organisk materiale (Masura *mfl.*, 2015). 20mL 0.2M Fe(II)-løsning ble sammen med 20mL av 30% hydrogen peroksid tilsatt til prøven og varmet til over 75°C.

Innledende ble det undersøkt hvordan et syntetisk matavfall og materialer fra den grønne plastposen responderte på behandling I og II. Dette syntetiske matavfallet ble senere erstattet med ett annet syntetisk matavfall, som ble benyttet til batchforsøket. Ved bytte av syntetisk matavfall ble det undersøkt om pelleten av det nye matavfallet reagerte likt som den første, ved behandling med kjemikaliene benyttet under kjemisk fordøyning i metode II. Metode II og III ble sammenliknet ved å kjemisk fordøye prøver av biogjødsel fra Lindum biogassanlegg.

3.1.4 Filtrering og behandling av filtrat

Muligheten for å benytte nylonfilteret til å danne små filterposer med sveisekanter ble prøvd på prøver av syntetisk matavfall og plastmaterialer, samt biogjødsel fra Romerike biogassanlegg. Et rektangel av nylonfilteret (*Nylon filter. Poly Labo, Paul Clock & Cie.*) ble klippet ut fra filterduken, brettet i to og sveiset på to sider. Prøvematerialet ble fylt inn i posen, og den siste kanten ble sveiset igjen, presentert i figur 7.



Figur 7. Filterpose laget fra nylonpose med sveisekanter



Figur 8. Filtertrakt med vakuumpumpe drevet filtrering

Det ble også testet hvordan det var å filtrere prøven gjennom nylonfilteret på en filtervakuumpumpeoppsats, med og uten sentrifugering før applisering på filteret, figur 8. Ved bruk av filtrering på vakuumfilteroppsats ble det testet om oksidasjon av tørket eller vått filtrat for våtoksidasjon

med H₂O₂, ga best resultat. Dette ble testet ved å tørke filteret med filtratet for en av prøvene av fast biogjødsel fra Lindum biogassanlegg, under test av metode II mot metode III for kjemisk fordøying.

3.2 Prøveopparbeidelse og prøve innsamling for analyse av mikroplast

3.2.1 Batch forsøkt

3.2.1.1 Mikroplast

Den karakteristiske grønne matavfallsposen benyttet i Oslo med omliggende områder, benyttes som plastmateriale, tilsatt til syntetisk matavfall under batchforsøket. Plastbiter ble hullet ut fra den grønne plastposen ved hjelp av et metallrør med diameter på 8mm, som ble kvasset i den ene enden og benyttet som verktøy for å hulle ut runde biter fra plastposen, figur 9. Plastposen ble lagt på en slik måte at fire lag av plastmateriale lå over hverandre, og fire plastikkbiter ble hullet ut samtidig. Den brettede plastikkposen ble plassert på et mykt underlag av papp og skivene ble stemplet ut ved bruk av verktøyet, figur 10. Plastsnivene ble så samlet i et antall av 200 biter i små papirkonvolutter. Det ble totalt opparbeidet 1200 plastsiver. En plastsive ble bestemt til å veie gjennomsnittlig $1,79 \pm 0,064$ mg, se vedlegg A, kapittel 1, tabell 1.



Figur 9. Matavfall posen etter uthulling av plastmaterialet benyttet under batchforsøket



Figur 10. Verktøy benyttet for uthulling av plastmaterialer fra matavfall posen



Figur 11. Syntetisk matavfall tilsatt plastmateriale benyttet i skudd 6 i THP.



Figur 12. Matavfall benyttet i skudd 2 i THP.

3.2.1.2 Opparbeidelse av matavfall

På laboratoriet på NIBIO ble materialet til batchforsøket klargjort. Det syntetiske matavfallet ble forberedt i både pelletform, og oppmalt pellet. Pelletene ble malt opp ved bruk av en foodprosessor på maksimal styrke, til det ikke lenger var synlige klumper av pelleten i pulveret. Porsjoner av det syntetiske matavfallet ble veid inn nøyaktig til hver porsjonsbehandling, også kaldt «skudd», og kjørt gjennom THP

Cambi på NMBU Vollebekk, figur 11. I tillegg ble det forberedt en prøve bestående av mandarinskall med 100 etiketter, en hel mandarin med egenvekt på 102g, til en totalvekt på 500g denne prøven ble så tilsatt 100 plastsiver, figur 12.

3.2.1.3 Termisk hydrolyse prosess (THP)

Prøvematerialet i batchforøket ble kjørt gjennom en spesialkonstruert THP Cambi-instillasjon, plassert på NMBU/NIBIO Vollebekk. THP-reaktoren ble stilt inn til å holde et trykk på 8 bar, dette tilsvarer omtrent 160°C. Hvert skudd hadde en oppholdstid på 15 minutter. Det ble totalt kjørt syv skudd i THP Cambi rektoren, alle skudd ble kjørt ved samme innstillinger for trykk, temperatur og tid. Skuddene ble kjørt i nummeret rekkefølge med følgende innhold:

1. 1 Liter varmt springvann + 200 plastsiver.
2. 500 g mandarin skall + 100 Civita etiketter + 100 plastsiver.
3. 500 g syntetisk matavfall i form av pellet
4. 500 g oppmalt syntetisk matavfall + 500 mL springvann.
5. 300 g syntetisk matavfall +200 plastsiver + 300 mL springvann.
6. 301 g syntetisk matavfall + 200 plastsiver +1 L springvann.
7. 300 g syntetisk matavfall + 200 plastsiver + 1 L springvann.

THP Cambi avsluttes med at materialet fra skuddet «flushes» ut i en flushkjele. Etter hvert skudd ble materialet samlet i flushkjelen og overført til rene prøvebeholdere. Kjelen ble vasket før neste skudd. Materialet fra skudd nummer en og to ble overført fra flushkjelen til plastflasker, og prøvene ble oppbevart ved 4°C. Materialet fra skudd tre og fire ble ikke tatt vare på videre.

Materialet samlet fra flushkjelen etter skudd nummer fem, seks og syv ble veid inn i en ny kjele. Vekten av materialet ble notert og er presentert i vedlegg A tabell 2. Dette materialet utgjorde substratet i batchparallellene. Fra substratet ble ca.300mL av materialet fra skudd nummer fem, seks og syv overført til glassflasker med trykkregulerende kork, figur 13. Disse tre prøvene fungerer videre som paralleller, for å undersøke hvordan biogassprosessen påvirker mikroplastbitene tilsatt sammen med syntetisk matavfall. Flaskene ble merket med prøve ID C511F1(*THP Cambi skudd nr. 5 inkubert for fermentering. Bioest parallell 1*), C612F2(*THP Cambi skudd nr. 6 inkubert for fermentering. Bioest parallell 2*) og C713F3 (*THP Cambi skudd nummer 7 inkubert for fermentering. Bioest parallell 3*). Fra substratet fra de samme skuddene ble ca. 500mL overført til plastflasker og lagret ved 4°C, figur 14. Flaskene ble merket

med prøve ID C511 (THP Cambi skudd nr. 5 lagret. Substrat parallell 1), C612 (THP Cambi skudd nr. 6 lagret. Substrat parallell 2) og C713 (THP Cambi skudd nr. 7 lagret. Substrat parallell 3).

Tørrstoff og organisk tørrstoff, også kalt askerest, ble bestemt i substratet for de tre parallellene. Substratet fra hver parallell ble veid inn i aluminiumsbeger og vekten notert. Tørrstoffet ble beregnet ved å tørke prøvene ved 105°C i 24 timer, for så å veie prøven på nytt. Det organiske tørrstoffet ble beregnet ved å varme opp prøvematerialet til 550°C, slik at materialet foraskes, og veie prøven på nytt. Vekter for bestemmelse av tørrstoff og askerest er presentert i vedlegg A tabell 3-5.



Figur 13. Prøver av substrat inkubert ved 38°C satt til fermentering og biogassproduksjon. Prøve C511F1, C612F2 og C713F3.



Figur 14. Prøver av substrat tatt ut etter THP Cambi for lagring ved 4°C. Prøve C511, C612 og C713.

3.2.1.4 Biogassproduksjon

Beregnet tørrstoff og organisk tørrstoff for substratet fra de tre parallellene, ble benyttet for å justere tørrstoffinnholdet i prøve C511F1, C612F2 og C313F3 til ett tørrstoffinnhold på ca. 8%. Prøvene ble fortynnet med springvann til ønsket tørrstoffinnhold, se vedlegg A tabell 6. Prøveparallellene ble så tilsatt ca. 6mL inokulum, bestående av kumøkk, med tørrstoff innhold på 4,35% og organisk tørrstoff på 70,65% (Solli, 2018). Vekten av tilsatt inokulum til de tre parallellene ble notert, se vedlegg A tabell 7.

Glassflaskene ble så inkubert i 14 dager på et ristebord i et rom med lufttemperatur på 38°C. Produsert gass ble sluppet ut av flaskene daglig ved å stikke en sprøytespiss gjennom flaskens gummikork. Etter endt inkubering ble det utført tørrstoff- og organisk tørrstoffbestemmelse på hver av parallellene med biorest, før prøvene flyttet fra NMBU Vollebakk til NIBIO sine lokaler for oppbevaring ved 4°C, frem til prøvepreparering og analyse. Bestemmelse av tørrstoff og askerest i biorestene er presentert i vedlegg A tabell 8-10.

3.2.2 Biogjødsel fra Lindum og Romerike biogassanlegg

Prøvene ble hentet ut fra produksjonen på Lindum og Romerike biogassanlegg, og levert til NIBIO i Ås i plastbeholdere. Prøvene ble oppbevart på NIBIO sine lokaler ved 4°C frem til prøvepreparering og analyse.

3.2.3 Partikler plukket fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg

En prøve av fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg ble tatt ut til et volum på 10mL, for bestemmelse av mengden plastmaterialer i biogjødselen. For ett representativt prøveuttak fra den faste biogjødselen, ble beholderen ristet i 30 sekunder, ved 180 graders omvendning. Prøvematerialet ble så tatt ut til et volum av 10mL i et begerglass. Prøven ble så overført til et aluminiumbeger for utplukking av plastmaterialer. Organisk materiale ble fjernet fra de utsorterte partiklene med nål. Plastpartiklene ble overført til et Eppendorf-rør merket med prøve ID RBFF-PP, og det organiske materialet til et Falcon-rør. Prøvene ble så tørket i varmeskap ved 60°C over natten. Vekt av tomt rør, vått materiale og tørt materiale ble notert. Disse verdiene er presentert i vedlegg B, kapittel 4.1.1.

Tre parallelle prøver av Fullgo fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg ble veid inn nøyaktig til ca.5g, for bestemmelse av mengden plastmaterialer per tørrvekt biogjødsel. Disse prøvene fikk prøve ID RBFF-P1, RBFF-P2 og RBFF-P3. For ett representativt prøveuttak fra den faste biogjødselen, ble beholderen ristet i 30 sekunder, ved 180 graders omvendning. Prøvematerialet ble veid inn nøyaktig i tarerte aluminiumbeger. Plastpartikler ble plukket ut og overført til et papirfilter. Partikler som var bundet til mye organisk materiale ble vasket i ett nytt aluminiumsbeger fylt med springvann. Partiklene fra hver parallell ble samlet på hvert sitt papirfilter og sett på under mikroskop. En varm nål ble benyttet for å skille organisk materiale fra plastpartikler plukket ut fra biogjødselen. Plastpartiklene ble overført fra papirfilteret til aluminiumsbeger. Plastpartikler og biogjødselen ble tørket i varmeskap ved 60°C i varmeskap over natten. Plastpartiklene ble så overført til Eppendorf-rør før vektbestemmelse. Vekt av tomt rør, vått materiale og tørt materiale ble notert. Disse verdiene er presentert i vedlegg B, kapittel 4.1.2.

3.3 Kjemisk fordøying av prøver til SEM- og STA/FTIR-analyse

Prosedyren for kjemisk fordøying ble utarbeidet gjennom en rekke innledende forsøk. Det ble utprøvd en prosedyre for prøveuttak av faste og flytende prøver for et best mulig representativt uttak. Prosedyren for prøvene etter uttak, var den samme for faste og flytende prøver. Det ble benyttet samme forholdet mellom reaksjonsvæsker og vekt av tørket prøvemateriale, for alle prøver.

For ett representativt prøveuttak fra biogjødselen, ble beholderen ristet i 30 sekunder, ved 180 graders omvendning. Prøvematerialet ble så overført til et tarert aluminiumbeger, og tørrstoffet i den flytende prøven ble beregnet fra vekten av prøven før og etter tørking ved 60°C over natten.

Faste prøver ble veid inn nøyaktig til ca. 0,5g i et veid og merket sentrifugerør. Til sentrifugerøret ble 10M NaOH veid inn nøyaktig til et totalvolum på ca. 20mL, og røret ble dekket med aluminiumsfolie. Sentrifugerøret ble plassert i et kokende vannbad under avtrekk i 1 time. Prøvene ble tatt av vannbadet og aluminiumsfolien ble erstattet med sentrifugerørens tilhørende kork. Prøvene ble så veid, og sentrifugert ved 4000rpm i 15 minutter ved 18°C.

De flytende prøvene og pelleten ble filtrert på en vakuumfiltertrakt med et nylonfilter med 20µm porer. Prøven ble kvantitativt overført fra sentrifugerøret til filteret og vasket med vann på filtertrakten. Prøvene ble så behandlet videre med 33% H₂O₂ i avtrekkskap. Filtratet ble overført fra nyloonsnettet til en 250mL rund glassflaske med kork, ved hjelp av en spatel, pinsett og pipettering av H₂O₂. Til hver glassflaske ble det totalt tilsatt 20mL H₂O₂.

For å forhindre tap av prøve, ble prøvene plassert til brusing ved romtemperatur til det ikke lenger var noen synlig sterk reaksjon mellom prøvematerialet og H₂O₂, ca. 20 minutter. Glassflaskene ble plassert i vannbad ved 75°C, med korken plassert på men ikke skurd fast, slik at den utviklede gassen kunne evakuere. Dersom temperaturen førte til en sterk reaksjon ble flaskene tatt av vannbadet og plassert i isvann til reaksjonen avtok, og flaskene ble igjen plassert i vannbadet. Flaskene ble stående på vannbad i 2 timer for å sikre en fullstendig reaksjon mellom prøvematerialet og H₂O₂. Etter 2 timer ble den fordøyde prøven filtrert i vakuumfiltertrakten på et veid nylonfilter. Filtrene med filtratet ble så plassert i aluminiumbeger og tørket over natten ved 60°C. Filtrene ble så veid, og det tørre filtratet overført til merkede Eppendorf-rør.

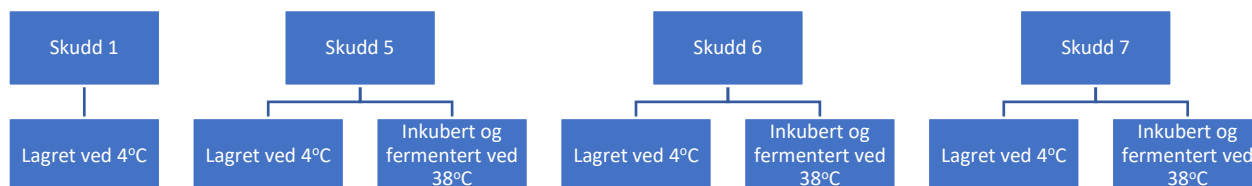
3.4 Analyse av mikroplast ved elektronmikroskop

3.4.1 Prøvepreparering

Skanning elektronmikroskop ble benyttet for å undersøke overflaten på mikroplastbiter fra batchforsøket og sammenlikne disse partiklene med partikler fra Romerike biogassanlegg.

Mikroplastpartikler ble plukket ut fra de tre parallellene med substrat og biorest fra batchforsøket, samt materialet samlet fra skudd en i THP Cambi og en skive av den grønne plastposen benyttet i batchforsøket. Oversikten i figur 15 viser hvilke skudd og behandlinger det ble hentet ut mikroplast fra for analyse med SEM. Halvparten av mikroplasten plukket ut fra prøveparallellene med substrat ble

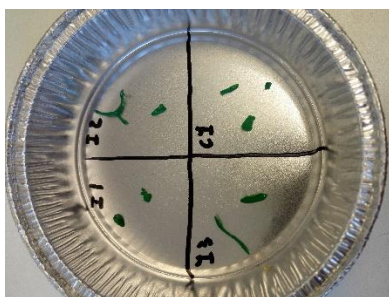
direkte overført til Eppendorf-rør, etter tørking ved 60°C over natten. Den andre halvparten ble behandlet som forklart i kapittel 3.3, for å fjerne rester av syntetisk matavfall fra mikroplasten før tørking. Informasjon om kjemisk fordøying av plastpartiklene er presentert i vedlegg A tabell 12. Mikroplastpartiklene plukket ut fra biorestene, ble ikke kjemisk fordøyd, da det var ønskelig å undersøke partiklene for eventuell dannelse av biofilm.



Figur 15. Oversikt over prøve behandlingen plastmaterialene undersøkt med SEM er hentet ut fra. Fra venstre prøve C1, C5I1, C5I1F1, C6I2, C1I2F2, C7I3 og C7I3F3

Plastmaterialet undersøkt fra Romerike biogassanlegg ble plukket ut fra fast biogjødsel, og fra en prøve med plastmaterialer separert fra bioresten, etter sentrifugen ved Romerike biogassanlegg. Halvparten av partiklene fra de to prøvene fra Romerike biogassanlegg ble kjemisk fordøyd, og den andre halvparten ble tørket direkte, slik som for prøvene av substrat fra batchforsøket.

Partiklene i figur 16 og 17 viser noen av plastpartiklene som ble hentet ut fra batchforsøket og Romerike biogass som ikke har gjennomgått kjemisk fordøying.



Figur 16. Plastmateriale plukket fra batchforsøket. Øverst til venstre partikler fra C6I2, øverst til høyere partikler fra C1, nede til venstre partikler fra C5I1 og nede til høyere partikler fra C7I3.



Figur 17. Plastmateriale hentet fra Romerike biogassanlegg. Til nederst i bildet etter sentrifuge plast (ESP) og øverst i bildet Romerike biogassanlegg fast (RBFF).

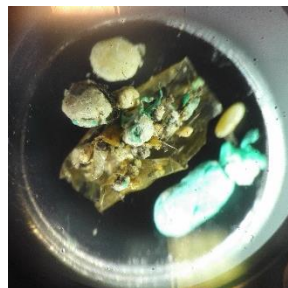
3.4.2 Analyse på elektronmikroskop

Mikroplasten ble analysert ved bruk av et miljø-skanning elektronmikroskop (ESEM), og bildet ble bygget opp fra sekundærelektroner (SEI). Analysen ble utført på ESEM-instrumentet Zeiss EVO 50 varierende

trykk miljø-skanning elektronmikroskop. På prøveholderen ble det lagt på en karbonfilm, mikroplastpartiklene ble festet til karbonfilmen ved bruk av lysmikroskop og pinsett, figur 18 og 19. Prøven ble så coated med Au og Pd frem til et tilstrekkelig tynt lag dekket plastmaterialene. Prøveholderen ble så plassert i elektronmikroskopet, under høyvakuum, og analysert.



Figur 18. Mikroplast fra Romerike Biogassanlegg fast



Figur 19. Mikroplast fra Romerike biogassanlegg etter sentrifuge plast

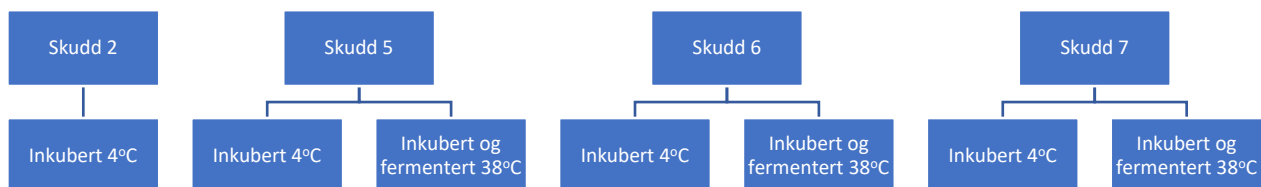
3.5 STA/FTIR

3.5.1 Prøvepreparering

Informasjon om prøvepreparering, kjemisk fordøyning av prøvematerialer og analysenummer er presentert i vedlegg A kapittel 3 STA/FTIR-analyse.

3.5.1.1 Prøver fra batchforsøket

Prøvematerialet hentet ut fra substrat og biorest fra batchforsøket, ble kjemisk fordøyd før analyse på STA/FTIR, som beskrevet i kapittel 3.3. Oversikten i figur 20 viser hvilke skudd og behandlinger det ble hentet ut prøvemateriale fra, for analyse med STA/FTIR. For hver av behandlingene i parallellene med syntetisk matavfall, skudd fem, seks og syv, ble det opparbeidet en prøve, og to prøver ble preparert for skudd 2. Totalt utgjorde dette åtte kjemisk fordøyde prøver fra batchforsøket, med prøve ID C2M1-KF, C2M2-KF, C5I1-KF, C5I1F1-KF, C6I2-KF, C6I2F2-KF, C7I3-KF og C7I3F3-KF. Ytterligere informasjon med innveid prøvemengde, fordøyelsesløsninger og analysenummer, er presentert i vedlegg A tabell 13.



Figur 20. Prøver hentet ut fra batchforsøket for kjemisk fordøyning og STA/FTIR-analyse.

3.5.1.2 *Flytende og avvannet biorest fra Lindum og Romerike biogassanlegg*

Prøver av biogjødsel fra Lindum og Romerike biogassanlegg ble kjemisk fordøyd, før analyse på STA/FTIR, som beskrevet i kapittel 3.3. Fra hvert av biogassanleggene ble prøver av flytende og fast biogjødsel preparert i fire paralleller, med prøve ID LbBf-KF (Lindum biogassanlegg, biogjødsel fast, kjemisk fordøyd), LbBfly-KF (Lindum biogassanlegg, biogjødsel flytende, kjemisk fordøyd), RBFF-KF (Romerike biogassanlegg, biogjødsel fast, kjemisk fordøyd) og RBFFly-KF (Romerike biogassanlegg, biogjødsel flytende, kjemisk fordøyd). Ytterligere informasjon med innveid prøvemengde, fordøyelsesløsninger og analysenummer er presentert i vedlegg A tabell 14.

3.5.1.3 *Blankprøver og prøver av bakgrunnsmaterialer*

Prøver av rene plastmaterialer og organiske materialer uten synlig plast ble opparbeidet for analyse med STA/FTIR. Plastmateriale fra den grønne matavfallsposen, nylonsfilteret benyttet under kjemisk fordøying, matfolie og Cevita-etikett ble overført til Eppendorf-rør og merket med prøve ID grønn pose (GP), nylons filter (NF), matfolie (PF) og Cevita.

Materiale av det syntetiske matavfallet i knust pelletform, substrat etter THP Cambi og biorest etter fermentering fra skudd syv, materiale fra flytende og fast biogjødsel fra Lindum- og Romerike biogassanlegg og materiale hentet ut fra substrat, biorest og biogjødsel uten synlige plastmaterialer, ble tørket ved 60°C over natten, og overført til Eppendorf-rør. Rørene ble merket med prøve-ID syntetisk matavfall knust (SM-K), C713-bakgrunn, C713F3-bakgrunn, RBFF-bakgrunn, RBFFly-bakgrunn, LBBf-bakgrunn, LbBfly-bakgrunn. Ytterligere informasjon med innveid prøvemengde og analysenummer er presentert i vedlegg A tabell 15.

3.5.1.1 *Plastpartikler fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg*

Plastmaterialene fra det første prøveuttaket av biogjødsel med prøve ID RBFF-PP ble analysert ved STA/FTIR med prøvenummer 23. Denne prøven ble før analyse splittet i to prøver etter farge. De to nye prøvene fikk prøve ID RBFF-PP-lys og RBFF-PP-mørk.

Plastpartiklene plukket ut fra tre parallelle prøver av fast biogjødsel, prøve RBFF-P1, RBFF-P2 og RBFF-P3, ble sortert etter visuelle egenskaper. Partiklene med like visuelle egenskaper ble slått sammen i samme prøve til STA/FTIR. Partiklene ble etter inndeling i prøver med prøve ID RBFF-P-A,B,C,D,E,F og G, analysert på STA/FTIR med prøvenummer 40-48. Ytterligere informasjon om innveid prøvemengde og analysenummer presentert i vedlegg A tabell 16.

3.5.2 Analyse ved STA/FTIR

Mikroplastanalysen ble utført ved STA/FTIR instrumentet Netzsch STA 449 F1 Jupiter koblet til Bruker Tensor 27. Prøvematerialet ble overført til en tarert prøveholder, veid og forseglet. Forseglingen ble så brutt ved bruk av en nål, slik at gassen utviklet i prøven ble ført frem til analysecellen i FTIR-spektroskopet. Prøven ble så plassert i instrumentets prøveholder og varmet opp 5 grader/min fra 0 til 500°C. Vekttapet ble registrert ved termogravimetri (TG), og gassen ble ført videre til analyse ved FTIR. Analyser ved STA/FTIR ble utført av Monica Fongen ved NIBIO i Ås. Resultatet fra denne analysen ble så bearbeidet gjennom ett tett samarbeid. Informasjon om analysenummer, prøvebeskrivelse og innveid prøvemateriale er presentert i vedlegg A kapittel 3 STA/FTIR-analyse.

3.6 Beregning av mengde plastpartikler i fast biogjødsel

Mengden plastpartikler utgjorde på vektbasis av tørrvekt biogjødsel, ble beregnet ved bruk av likning 3 i vedlegg B kapittel 4.1. Partiklene ble behandlet som forklart i kapittel 3.2.3., og mengden plast funnet i hver prøve ble beregnet fra vektverdiene notert under prøveopparbeidelsen.

3.7 Partikkelstørrelse bestemmelse ved ImageJ

Partikkelstørrelsen ble bestemt for plastpartiklene plukket fra de tre parallelle prøveuttakene av fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg. Materialet hentet ut fra de tre prøvene er lagt ved siden hverandre på et blått underlag, og tatt bilde av. Bildet ble så åpnet i programvaren ImageJ, og piksel/mm skalaen ble satt ved å måle avstanden mellom 7cm og 8cm på linjalen plassert ved siden av partiklene i bildet. Skalaen ble satt til 24pikseler/mm. Partiklene varierer i form og størrelse, det ble derfor valgt å måle sfæriske partikler med diameter, og partikler med todimensjonale egenskaper med lengde og bredde. Hver partikkel ble nummerert og målt med måleverktøyet i ImageJ og mm-lengdene ble notert, resultatene fra dette er presentert i vedlegg D.

4. Resultater

4.1 Innledende forsøk

4.1.1 UV-bestråling

Prøver av plastmaterialet i den grønne matavfallsposen ble utsatt for UV-bestråling i tidsperioder på 48 timer og 14 dager. Etter UV-bestrålingen var det ingen synlig effekt på plastmaterialet, presentert i figur 5. I midten av eksponeringsflaten der det var kuttet ut en firkant, var det heller ingen synlig strukturendring i kanten av plastmaterialet på noen av prøvene.

4.1.2 Separasjon ved flotasjon

Separasjon ved flotasjon, ved bruk av salt/sukker løsnings og spirngvann, var lite effektiv på en prøve av plastmaterialer, separeert ut fra substrat etter sentrifugen ved Romerike biogassanlegg. Plastmaterialer fra den grønne matavfallsposen i samme størrelse, ble observert både flotert og sedimentert i løsningsene. Dette kan skyldes at partiklene inneholder porer med luft eller organisk materiale som endret tettheten. Det organiske materialet var tilsynelatende så finpartikulært at det ikke sedimenterte slik som ønsket, presentert i figur 6. Det ble derfor valgt å gå videre med kjemisk fordøyning på tørkede prøver, uten separasjon ved flotasjon.

4.1.3 Kjemisk fordøyning

Utprøving av metode I og II for kjemisk fordøyning på syntetisk matavfall og plastmateriale fra den grønne matavfallsposen, resulterte i valg av å metode II som metode i fremtidige forsøkt. Ved sammenlikning og utprøving av metode II og III for kjemisk fordøyning, på en prøve av fast biogjødsel fra Lindum biogassanlegg, ble det valgt å gå videre med metode II. Utprøving av metodene ga ingen markant forskjell mellom vektreduksjon av prøvematerialet mellom metodene, og det ble derfor valgt å teste den nye metoden, metode II, videre i studiet.

4.1.4 Filtrering og behandling av filtrat

Ulike metoder for filtrering resulterte i valg av å bruke en kombinasjon av sentrifugering og nylonfilter i en vakuumpumpedrevet filtertrakt. Bruk av nylonposer ble valgt bort da reaksjonen mellom NaOH og prøvematerialet førte til at prøven svellet, trykkoppbygning og hull på filterposen ved siden av sveisekanten, og tap av prøvemateriale. Filtrering direkte på nylonfilteret på den vakuumpumpedrevet filtertrakten etter oppløsning i NaOH, resulterte i tett filter. Det ble derfor testet sentrifugering av prøven før filtrering, slik at større mengder væske ble fjernet før påføring av pelleten på filteret. Dette forenklet vasking av filtratet før overføring til glassflaskene for våtoksidasjon med H₂O₂. Det var ingen synlig effekt av å tørke filtratet før våtoksidasjon, og metoden ga et unødvendig trinn i prøveprepareringen. Det ble derfor valgt å gå videre med våt overføring av filtrat fra filter til glassflaskene.

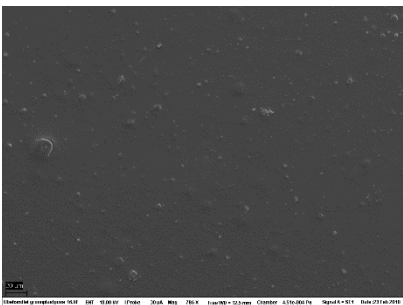
4.2 Analyse av mikroplast ved elektronmikroskop

4.2.1 Mikroplast fra batch forsøk

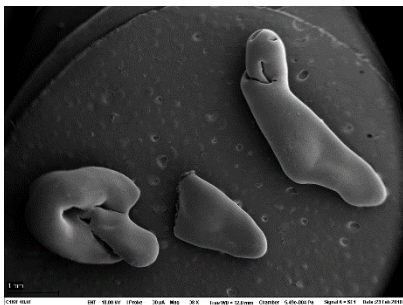
Resultatet fra SEM-analysen av mikroplast fra batchforsøket, er presentert i figur 21-33. *(Da det er vanskelig å lese ut målestokk fra bildene, ble bildebredden målt etter satt skala fra SEM-analysen, med*

programvaren *ImgaeJ*. Bredden er presentert i bildenes figurtekst.) SEI- bildene viser at de tilfeldig utplukkede partiklene har ulike form og størrelse, uavhengig av prøven de er plukket fra.

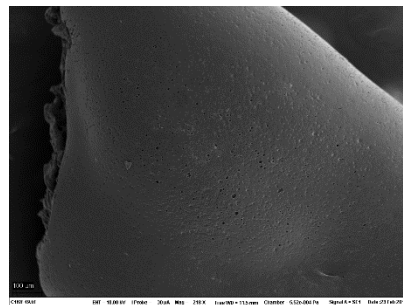
SEI-bildet av overflaten på en skive av den grønne matavfallsposen, er presentert i figur 21. Partiklene fra prøve C1 er presentert i figur 22 og 23. Oversiktsbildet viser at tre partikler får plass på flaten av prøveholderen, som ble dekket av en skive av GP i figur 21. Behandlingen med THP Cambi påvirker den fysiske strukturen i plastmaterialer, og skivene omformes til kompakte partikler etter behandlingen. Partikkelen avbildet i figur 23 viser at behandling med THP Cambi fører til dannelsen av plastfrynser langs kanten av partikkelen. Denne typen frynser var ikke synlig i ytterkanten av skiven av GP.



Figur 21: Grønn matavfallspose ubehandlet. Bildebredde målt til 393,077μm.

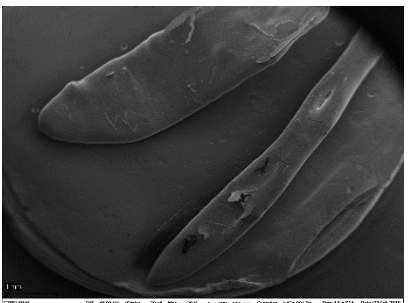


Figur 22. Mikroplast fra skudd 1 i THP Cambi med plastikk og vann. Kjemisk fordøyd. Bildebredde målt til 7,918mm.

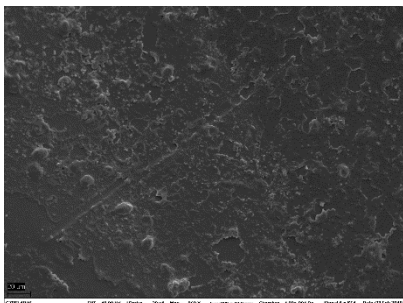


Figur 23. Innzoomet bilde på overflaten av midtre plastkule i figur 22. Bildebredde målt til 1365,33μm.

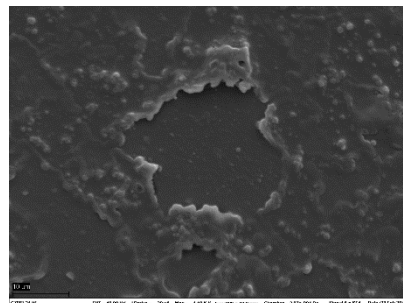
To plastpartikler ble hentet ut fra prøven av substrat C713, SEI-bildene av partiklene er presentert i figur 24-28. Bildene viser at plastmaterialet har blitt foldet sammen under THP Cambi behandlingen, presentert i figur 24. Bilder av overflaten på partiklene er presentert i figur 25 og 26. Disse bildene viser at partiklene har fått endret overflate etter THP Cambi behandling med syntetisk matavfall, sammenliknet med partiklene fra prøve C1, presentert i figur 22 og 23, som gikk gjennom behandlingen med vann. Overflaten avbildet i figur 25 viser at overflaten på partikkelen er fått mer konturer, og figur 26 viser at det tilsynelatende er dannet et lag av substrat på overflaten av plastmaterialet.



Figur 24. Mikroplast hentet ut fra prøve skudd 7 i THP Cambi inkubert nr 3. Bildebredde målt til 7,877mm.

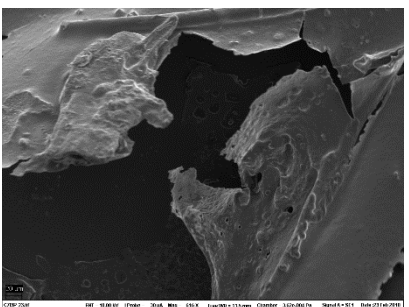


Figur 25. Overflate på plastbit til venstre på figur 24. Bildebredde målt til 343,866 μm .

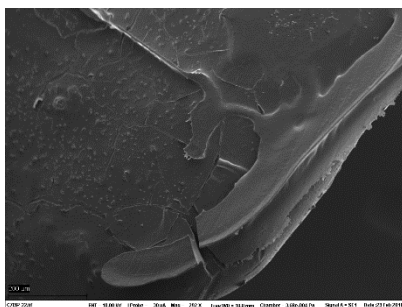


Figur 26. Overflate på plastbit til venstre på figur 24. Bildebredde målt til 71,042 μm .

Partikkelen avbildet til høyere i figur 24 er oppsprukket på overflaten, et innzoomet bilde av dette området er presentert i figur 27. Bildet viser at plastmaterialet er foldet sammen på en måte som fører til dannelse av bobler som har sprukket. På overflaten av partikkelen avbildet til venstre i figur 24 er det dannet en hinne av substrat, et innzoomet bilde av dette området er presentert i figur 28.



Figur 27. Overflate på plastbit til høyre på figur 24. Bildebredde målt til 479,375 μm .

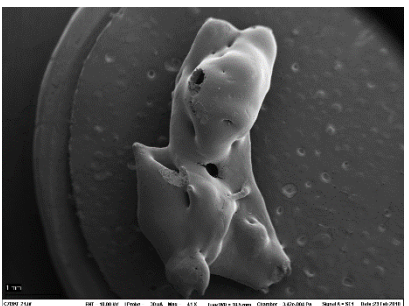


Figur 28. Overflate på plastbit til venstre på figur 24 som viser tørket materiale festet til plastbiten. Bildebredde målt til 1016,378 μm .

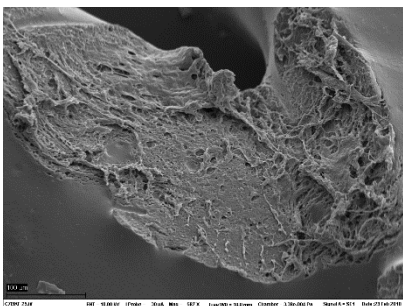
To plastpartikler ble hentet ut fra substrat og kjemisk fordøyd prøve C713-KF, SEI-bildene av partiklene er presentert i figur 29-33. Mikroplastpartiklene har tydelige strukturelle endringer og oppbrytninger. Plastpartikkelen avbildet i figur 29 viser hvordan plastskiven er foldet sammen med store strukturelle endringer. Partikkelen har under THP Cambi blitt revet opp, et innzoomet bilde av dette området er presentert i figur 30. Et innzoomet bilde av overflaten på partikkelen er presentert i figur 31, overflaten er glatt og ingen tegn til rester av substrat etter kjemisk fordøying.

Plastpartikkelen avbildet i figur 32 viser hvordan plastskiven er foldet sammen, og at det er dannet en rift nederst på partikkelen i bildet. Et innzoomet bilde av riftområdet er presentert i figur 33. Dette

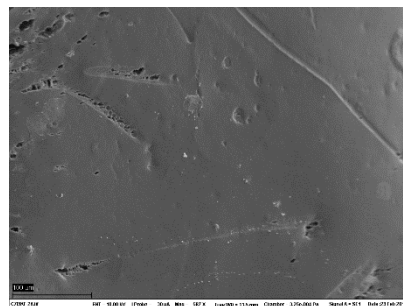
bildet viser at det er dannet tråder av plast i riften. Denne formen for oppbrytning illustrerer hvordan mikroplastpartiklene kan være kilde til dannelsen av sekundærmikroplast.



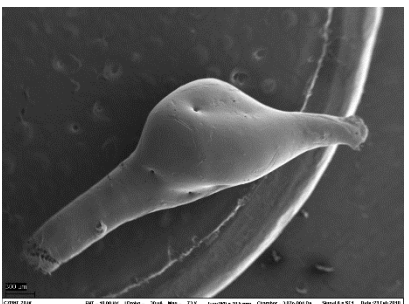
Figur 29. Mikroplast plukket fra prøve av substrat og gjennomgått kjemisk fordøyning, prøve C713-KF. Bildebredde målt til 7,279mm.



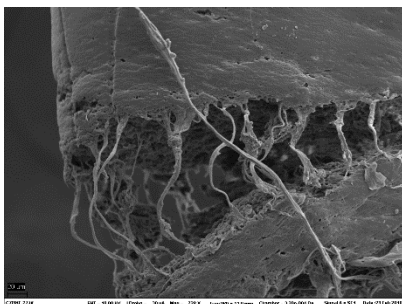
Figur 30. Innzoomet bilde på midtre del av på plastbit i figur 7. Bildebredde målt til 508,609 μ m.



Figur 31. Overflaten på plastpartikkelen i figur 29. Bildebredde målt til 508,609 μ m.



Figur 32. Mikroplast hentet ut fra prøve skudd 7 i THP Cambi inkubert nr 3 etter kjemisk fordøyning. Bildebredde målt til 4096 μ m.



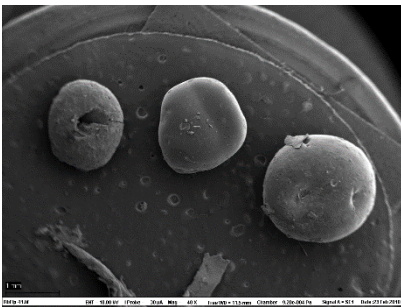
Figur 33. Innzoomet bilde på nedre del av på plastbit i figur 10. Bildebredde målt til 409,6 μ m.

4.2.2 Mikroplast fra Romerike biogassanlegg

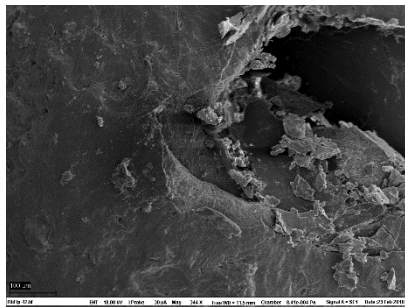
Resultatet fra SEM-analyse av mikroplast fra Romerike biogassanlegg er presentert i figur 34-43. SEI-bildene presentert i figur 34-39 viser mikroplast plukket fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg. Partiklene avbildet i figur 34 er også avbildet i figur 18, før coating. SEI-bildene viser at partiklene er kompakte sfæriske partikler med varierende overflate. Et innzoomet bilde av partikkel nummer 1 fra venstre er presentert i figur 35. Bildet viser at overflaten på partikkelen ikke er glatt, og at det er en grop midt på partikkelen. Overflaten på partikkel nummer 3 var tilsvarende som overflaten på partikkel nummer 1. Et innzoomet bilde av partikkel nummer 2 er presentert i figur 36. Bildet viser at partikkelen

har en glattere overflate sammenliknet med de 2 andre partiklene, samt har noe på overflaten som danner synlige strukturer.

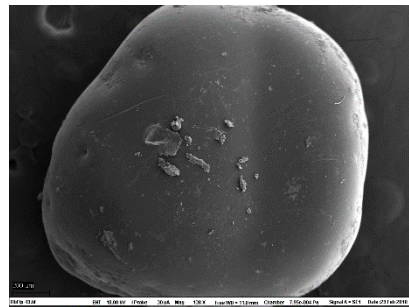
SEI-bildene presentert i figur 37-39 viser partikler plukket ut fra fast biogjødsel som har gjennomgått kjemisk fordøyning. Partiklene avbildet i figur 37 illustrer at plastmaterialene ført inn i biogassproduksjonen, kan danne kompakte partikler og plastfiber. Partiklene er også avbildet i figur 18, som viser at de har lik farge før coating. Et innzoomet bilde av tvisten på plastfiberpartikkelen avbildet til høyre i figur 37, er presentert i figur 38. Dette bildet illustrer hvordan plastfiberen er foldet, tvistet og at det er plasttråder på overflaten av partikkelen. Et innzoomet bilde av partikkelen avbildet til venstre i figur 37, er presentert i figur 39. Bildet viser at det befinner seg restmaterialer på overflaten av partikkelen, dette er også synlig på partikkelen i figur 38.



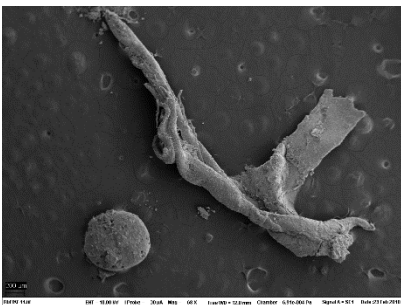
Figur 34. Mikroplast plukket fra Romerike fast. Bildebredde målt til 7,529mm.



Figur 35. Innzoomet bilde på mikroplast til venstre i figur 34. Bildebredde målt til 863,01µm.



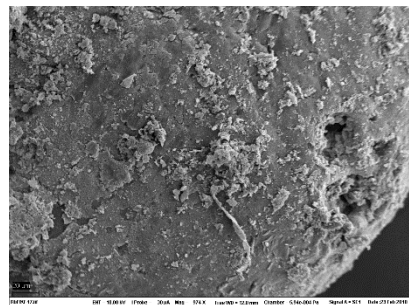
Figur 36. Innzoomet bilde på mikroplast i midten i figur 34. Bildebredde målt til 2155,789µm.



Figur 37. Plast fra Romerike fast etter kjemisk fordøyning. Bildebredde målt til 4357,447µm.



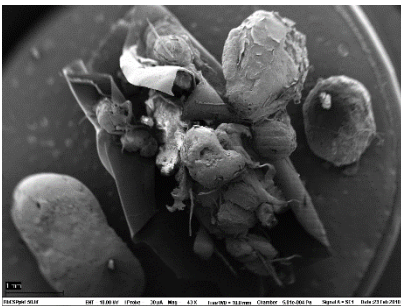
Figur 38. Innzoomet bilde på plastbiten til høyre på bilde 37. Bildebredde målt til 426,667µm.



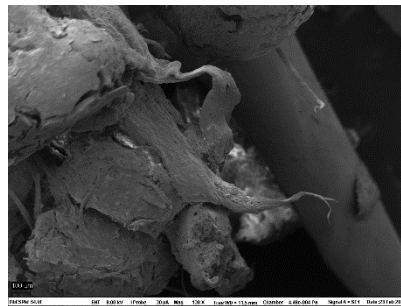
Figur 39. Innzoomet bilde på mikroplasten til venstre på bilde 37. Bildebredde målt til 304,158µm.

SEI-bildene presentert i figur 40-43 viser partikler plukket ut fra utsorterte plastmaterialer etter sentrifugen (ESP) ved Romerike biogassanlegg. Prøveholderen er avbildet i figur 19 før coating. Partikkelen avbildet til venstre i bildet i figur 40 har gjennomgått kjemisk fordøyning, dette har ikke

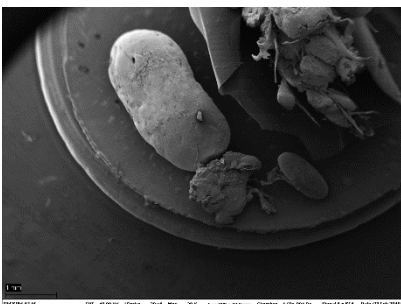
heterogenaggregatet avbildet til høyere. Et innzoomet bilde av heterogenaggregatet er presentert i figur 41. Bildene viser at plastfiber, sfæriske partikler og plastflak er dannet under biogassproduksjonen. Partikkelen avbildet i figur 42 viser en kompakt sfærisk partikkel. Et innzoomet bilde av overflaten på partikkelen er presentert i figur 43. Bildet viser at det er dannet porer i overflaten av plastmaterialet, og at det ligger igjen restmaterialer på partikkeloverflaten etter kjemisk fordøyning.



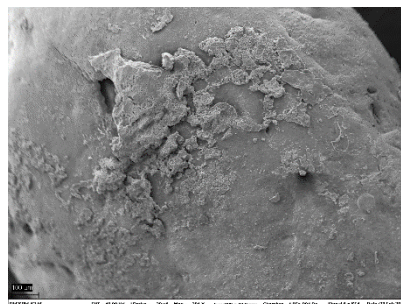
Figur 40. Utsortert plast etter sentrifuge på Romerike biogassanlegg. Bildebredde målt til 6,99mm.



Figur 41. Innzoomet på øverste mikroplast på figur 40. Bildebredde målt til 2194,288 μ m.



Figur 42. Kule sentrert i bildet viser kjemisk fordøyd utsortert plast etter sentrifuge fra Romerike biogassanlegg. Bildebredde målt til 7,877mm.



Figur 43. Innzoomet bilde på overflaten til mikroplast i figur 42. Bildebredde målt til 1473,383 μ m.

4.3 STA/FTIR

STA instrumentet Netzsch STA 449 F1 Jupiter koblet til FTIR instrumentet Bruker Tensor 27, ble benyttet for å analysere prøver av plastpartikler og kjemisk fordøyde prøver fra substrat og biorester fra både batchforsøket og prøver fra Lindum og Romerike biogassanlegg. Totalt ble n=49 prøver analysert, inkludert alle paralleller og bakgrunnsmaterialer. For prøve 1-23m ble prøvekompartimentet oppvarmet fra 0-550°C med en atmosfære av nitrogen(gass)(N₂). Prøve 24-48 ble analysert med oppvarming- nedkjøling-oppvarming under tilstedeværelsen av nitrogen(gass), før bæregassen ble endret til oksygen(O₂) ved 500°C for en fullstendig forasking av prøvematerialet.

Søk på FTIR-spekter, opparbeidet ved FTIR-analyse av gassene utviklet under oppvarming av prøvemateriale, ble gjort mot biblioteket. Det søkbare biblioteket bestod av Netzsch-biblioteket, presentert i vedlegg D, og FTIR-spekter fra analyse av kjente materialer registrert i det interne NIBIO-biblioteket. Treffraten presentert for FTIR-spekteret fra gasser utviklet fra prøvematerialet, gir en treffrate av 1000 mulige, med forbindelser i Netzsch- og NIBIO-biblioteket. Treffrater over 900 av 1000 er regnet som svært gode, og resultatet gir kvalitativ bestemmelse av plastmaterialet til stede i prøven. Treffrater på ned mot 500 av 1000 kan benyttes som akseptable indikasjoner på bestandeler i en prøve.

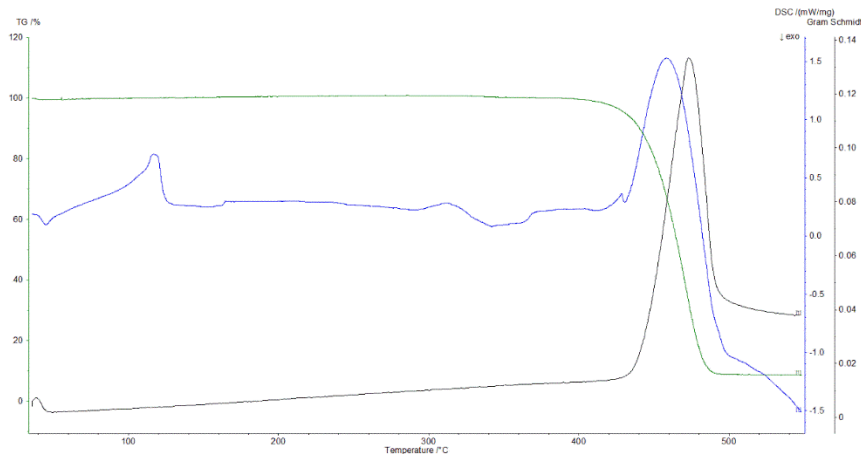
4.3.1 Batch forsøk

4.3.1.1 *Polyetylen referansemateriale*

Referansematerialet av polyetylen er ikke tatt med som en av n=48 prøver, da dette materialet ble analysert på et tidligere tidspunkt. Resultatene fra STA/FTIR-analysen av materialet er presentert i vedlegg B, kapittel 1.1. Materialets FTIR-spekter ble registrert i NIBIO-biblioteket, under navnet Polyetylen PE, og benyttet for å gi treffrate mot plastmaterialet benyttet i batchforsøket.

4.3.1.2 *Grønn matavfallspose*

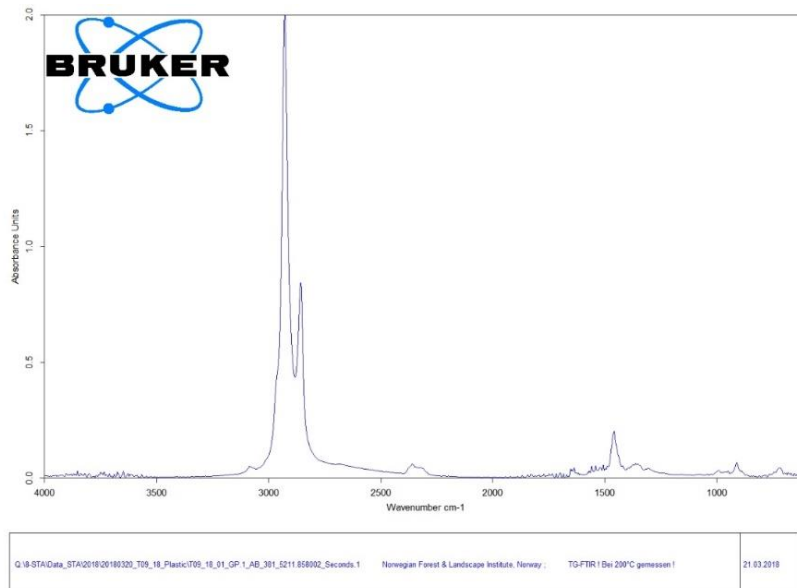
Plastmateriale fra en partikkel av den grønne matavfallsposen, prøve 1 GP benyttet som tilsatt plastmateriale i batchforsøket, ble analysert ved STA/FTIR-analyse. Resultatet fra STA-analysen er presentert i figur 44, diagrammet viser en termogravimetrisk (TG)-kurve, en differensiell skanning kalorimetri (DSC)-kurven og Gram Schmidt (GS)-kurven, plottet som en funksjon av temperatur. TG-kurven viser endringer i vekt av prøven, DS-kurven viser energiabsorpsjon og GS-kurven viser ratioen mellom DSC og TG.



Figur 44. STA av plastmaterialet i den grønne matavfallsposen, prøve 1. TG-kurven er illustrert i grønt, DSC-kurven i blått og GS-kurven i sort.

STA-resultatene viser at plastmaterialet er termostabilt over temperaturområdet fra 0-400°C. Kokepunktet ble bestemt til 458°C. Dette kommer frem fra TG- og GS-kurven. DSC-kurven viser at plastmaterialet har smeltepunkt ved 117°C, presentert i vedlegg B, kapitel 1.2 figur 3. Oppvarming til 500°C gir 91,44% massetap, beregning etter likning 1 er presentert i vedlegg B, kapitel 1.2.

FTIR-analyse ble benyttet for å opparbeide et FTIR-spekter for gassen utviklet under oppvarming av prøvematerialet. FTIR-spekteret for prøve 1 GP hentet ut ved størst gassutvikling, er presentert figur 45. Dette spekteret ble lagt til i NIBIO-biblioteket for FTIR-spekter under navnet GP.



Figur 45. FTIR-spekter for grønn matavfallspose hentet ut ved kokepunkt

Søk mot biblioteket på FTIR-spekteret for den grønne matavfallsposen, resulterte i treffrate på 994 av 1000 med referansematerialet av polyetylen (PE) og 981 av 1000 med polyetylen ultra-høy-

molekylær-vekt (PE UHMW) fra Netzsch-biblioteket. Spekter med søk mot biblioteket, er presentert i vedlegg B, kapittel 1.2, figur 4 og 5. Den grønne plastposen ble derved bestemt til å inneholde nesten rent polyetylen.

4.3.1.3 *Plastmaterialer og syntetisk matavfall*

Resultatene fra STA/FTIR- analysen av prøve 1 GP, 2 NP, 3 PF, 4 Cevita og 5 SM-K, er presentert sammen i vedlegg B, kapittel 1.3. Resultatene fra STA-analysen viser at GP kan identifiseres som plastmaterialer ut fra smeltepunkt registrert i DSC-kurven. Dette mangler for de andre plastmaterialene. FTIR-spekter er hentet ut for alle prøver ved høyest gassutvikling fra prøven, og benyttet i søk mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket.

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 2 NP gir treff med Yteved, med treffrate på 569 av 1000. FTIR-spekteret hentet ut for prøve 3 PF, gir treff med chlorinated polyethylen rubber(CM)(2) med treffrate 752 av 1000. Koepunktet for chlorinated polyethylen rubber(2) er oppgitt til være 328°C i Netzsch-biblioteket, presentert i vedlegg D. FTIR-spekteret for prøve 3 PF er hentet ut etter oppvarming til 297°C, treffet er derfor ikke ett godt treff. FTIR-spekteret hentet ut for prøve 4 Cevita gir treff med Maple med treffrate 530 av 1000. Dette resultatet sett sammen med TG-kurven for Cevita-etiketten, kan indikere at etiketten består av papir med et plastbelegg.

Resultatet fra STA/FTIR-analyse av prøve 5 SM-K ble undersøkt opp mot hva man kan forvente at det syntetiske matavfallet inneholder. I tillegg var det et ønske å benytte FTIR-spektroskopi for å utelukke innhold av plastmaterialer. TG-kurven viser at prøven under oppvarming har et jevnt massetap under oppvarming. Det er heller ikke registrert noen klare energiendringer på DSC-kurven. FTIR-spektrene hentet ut for prøve 5 SM-K, er presentert i vedlegg B, kapittel 1.3. Analysen identifiserte ingen plastmaterialer i det syntetiske matavfallet, selv om tilstedeværelsen ikke kan fullstendig utelukkes. Prøven ble bestemt til å inneholde mye organisk materiale, som førte til frigjørelsen av vann og karbondioksid ved oppvarming.

4.3.1.4 *Substrat, bioest og biogjødsel uten synlig plastmaterialer*

Resultatene fra STA/FTIR-analysen av prøver av substrat og bioest fra batchforsøket, og fast og flytende bioest fra Lindum og Romerike biogassanlegg, er presentert i vedlegg B, kapittel 1.4. STA-analysen av prøve 6 C7I3-bakgrunn, 7 C7I3F3-bakgrunn, 8 RBFF-bakgrunn, 9 RBFFLY-bakgrunn, 10 LBBF-bakgrunn og 11 LBBFLY-bakgrunn viste ingen tegn til plastmaterialer i prøvene.

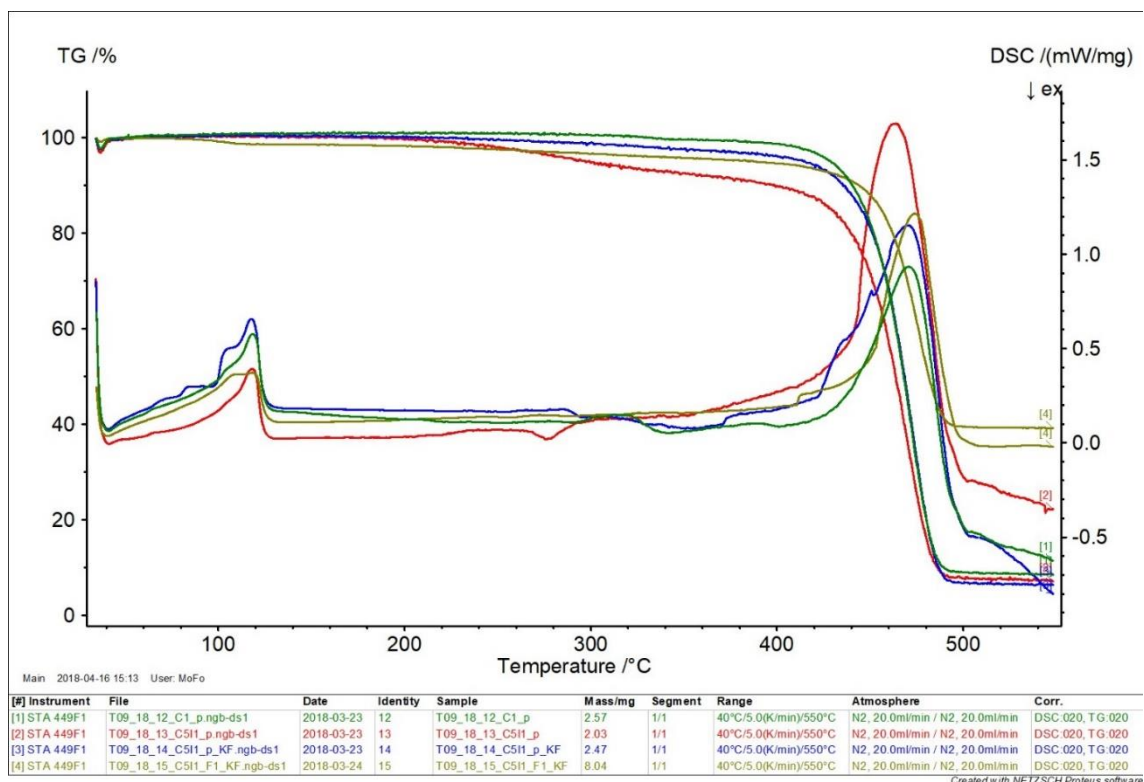
Resultatet fra FTIR-spektroskopien viser at det gjennomgående er høyt innhold av vann og karbondioksid i prøvene. Dette fører til dårligere treffrate med forbindelser ved spektersøk mot bibliotket. Resultatene fra FTIR-analyse av prøve 6 C7I3-bakgrunn og 7 C7I3F3-bakgrunn er

presentert i vedlegg B, kapittel 1.4.1 og 1.4.2 . FTIR-spekter hentet ut for begge prøver ga treff mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket med samme forbindseler som det knuste syntetiske matavfallet. FTIR-analysen ga ikke treff mot polyetylen eller GP tilsatt i batchforsøket.

FTIR-analysen av prøve 8 RBFF-bakgrunn og 9 RBFFLY-bakgrunn er presentert i vedlegg B, kapittel 1.4.3. FTIR-spekteret for prøve 8 RBFF-bakgrunn og 9 RBFFLY-bakgrun ga ingen gode treff mot plastmaterialer i Netzsch- og NIBIO-biblioteket. FTIR-spekteret for prøve 10 og 11 er presentert i vedlegg B, kapittel 1.4.4. FTIR-spekteret for prøve 10 LBBF-bakgrunn og 11 RBFFLY-bakgrunn ga ingen gode treff med plastmaterialer i Netzsch- og NIBIO-biblioteket.

4.3.1.5 *Mikroplast plukket ut ifra batchforsøket*

STA/FTIR-analyse ble benyttet for å undersøke forskjeller mellom mikroplastpartikler plukket ut fra batchforsøket etter de ulike behandlingstrinnene. Mikroplastpartiklene ble plukket ut fra skudd 1 i THP kjørt med vann og plastskiver og skudd 5 i THP substrat og biorest. Partikler plukket ut fra substratet ble delt i to, der noen partikler gjennomgikk kjemisk fordøying. Partiklene utgjorde prøve 12 C1-p, 13 C5I1-p, 14 C5I1-p KF og 15 C5I1F1-p. Termogram og DSC-kurve for disse prøven er presentert i figur 46, og illustrerer hvordan de ulike behandlingene har påvirket plastpartiklene. TG- og DSC-kurvene er presentert i separate figurer i vedlegg B, kapittel 1.5. STA-analysen viser store likheter mellom alle partiklene etter ulik behandling. Toppen for smeltepunkt ved 117°C viser skille mellom partiklene med henhold til hvor rent plastmateriale som er analysert er. TG-kurven viser at det største massetapet forekommer innenfor samme temperaturintervall for alle prøver rundt 450°C.



Figur 46. TG og DSC kurve for prøve 12-15. Prøve15 er navngitt feil, og skal hete C511F1-p.

Resultatene presentert i figur 46 viser at det er mulig å se effekter av behandlingen av plastpartiklene ved STA-analyse. Plastpartikkelen plukket ut fra prøve 12 C1-p, gir et veldig likt signal registrert ved STA-analyse, som plastmaterialet tilsatt i batch parallellene i figur 44. TG-kurven viser ett tydelig massetap ved partikkelens kokepunkt. DSC-kurven viser en klar signaltopp for smeltepunkt og kokepunkt. Signaltoppen ved smeltepunktet på DSC-kurven viser at signalet fra plastpartikkelen plukket ut fra prøve C511, prøve 13 C511-p og prøve 14 C511-P -KF, forbedres for prøve 14, etter kjemisk fordøyning, sammenliknet med prøve 13. Signaltoppen for smeltepunkt ved 117°C har tydeligere trappetrinnform og sterkere signal for partikkelen som har gjennomgått kjemisk fordøyning, sammenliknet med partikkelen som ikke ble behandlet videre etter utplukking fra substratet. TG-kurven for de to partiklene viser massetap fra ca.250°C for den ubehandlede partikkelen. Dette tyder på organisk materiale festet til plastpartikkelen. Til sammenlikning er det ingen klare massetap i TG-kurven for partikkelen som har gjennomgått kjemisk fordøyning. Partikkelen plukket ut fra biorestprøven C5IF3, prøve 15 C511F1-p viser et svakere signal for smeltepunktet, og høyest ved kokepunktet på DSC-kurven. TG-kurven viser ett slakt massetap frem mot kokepunktet, og at prøve 15 har høyest restmasse etter oppvarming til 500°C.

FTIR-spekteret ble hentet ut ved den temperaturen som ga størst gassutvikling for hver av prøvene, og det ble gjort søk mot NIBIO-biblioteket. Resultatet fra dette er presentert i vedlegg B, kapittel 1.5.

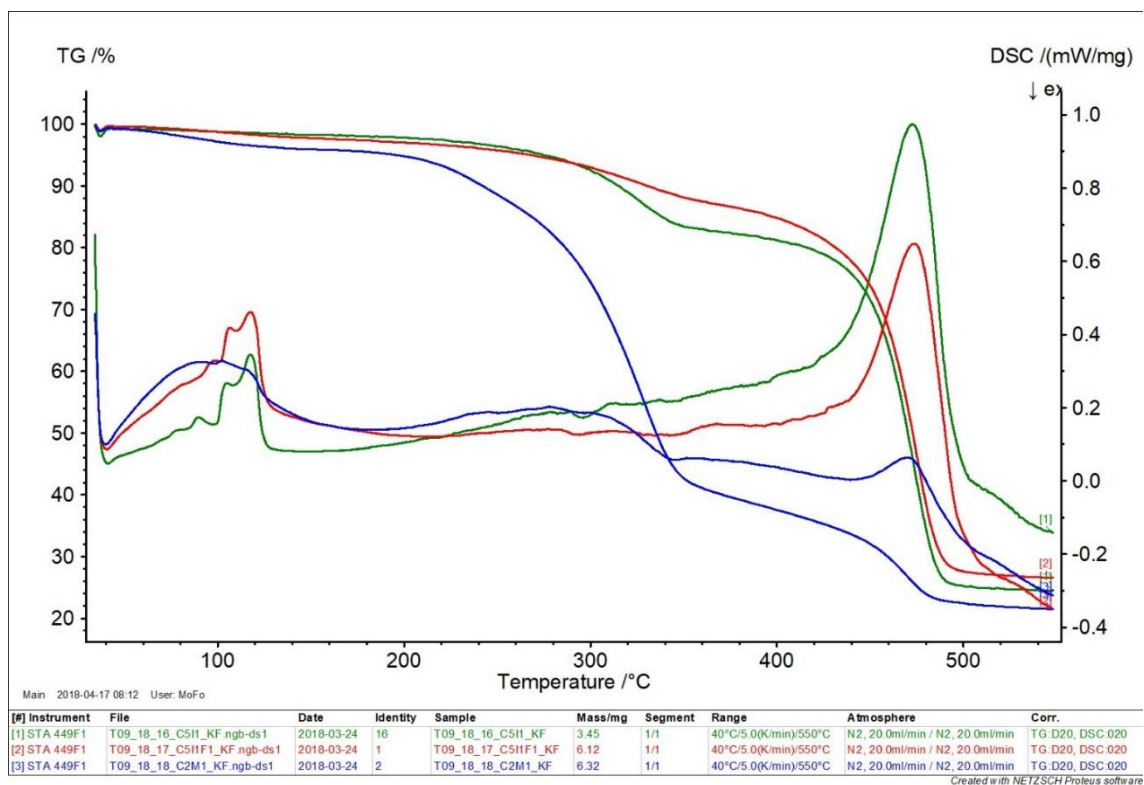
FTIR-analysen viste at det var mulig å identifisere alle partiklene med god treffrate med PE og GP, uavhengig av behandlingene plastmaterialet hadde vært utsatt for i batchforsøket.

4.3.1.6 *Kjemisk fordøyde prøver av substrat og bioest fra batchforsøket*

STA/FTIR-analyse ble benyttet for å bestemme innholdet av plastmaterialer i prøver av kjemisk fordøyd substrat og bioest fra batchforsøket. Første parallell av kjemisk fordøyd substrat og bioest ble analysert ved STA/FTIR med nitrogen som bæregass og gradvis oppvarming fra 0-550°C.

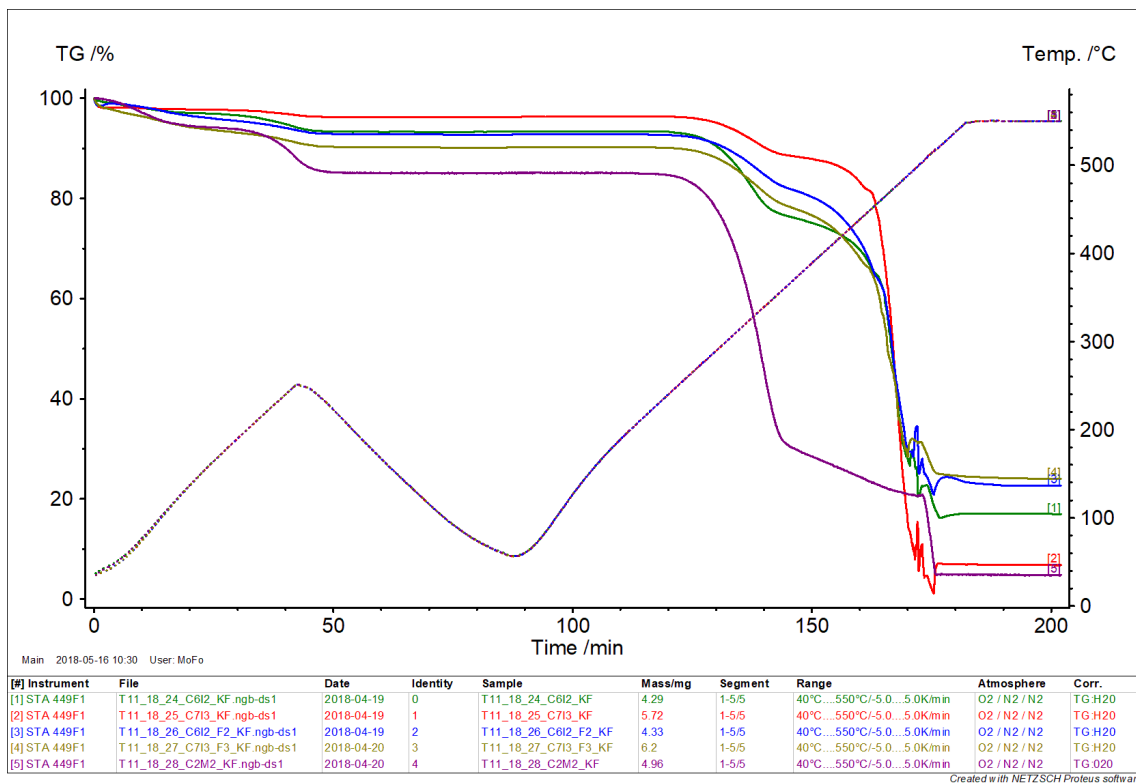
Resultatet fra STA-analysen av prøve 16 C5I1-KF, 17 C5I1F1-KF og 18 C2M1-KF er presentert i figur 47, med TG- og DSC-kurve plottet som funksjon av temperatur. TG- og DSC-kurvene er presentert i separate figurer i vedlegg B, kapittel 1.6.

TG-kurven for prøve 16 og 17 viser at lett fordøyelig organisk materiale er fjernet fra prøve 17, som har gjennomgått biogass produksjon, sammenliknet med prøve 16 av substratet. TG-kurven for prøve 16 C5I1-KF viser massetap fra 300°C, som fortsetter ved temperaturøkning frem til det største massetapet rundt 460°C, som skyldes plastmaterialer i prøven. TG-kurven for C2M1 KF viser at det er et høyt innhold av organisk materiale igjen i prøven etter kjemisk fordøyning. Den største delen av massetapet skjer ved lavere temperaturer fra 200°C til 350°C før ett nytt massetap rundt 460°C. DSC-kurven viser at et tydelig signal for plastmaterialer rundt 117°C i både prøve 16 C1I1-KF og 17 C1I1F1-KF, dette signalet viser tilstedeværelse av rene plastmaterialer. DSC-kurven for prøve 18 C2M1-KF er slakere, noe som kan indikere en mindre ren plastprøve eller blanding av plastmaterier, tilstede i prøven fra prøveuttaket. DSC-kurven for prøve 18 C2M1-KF, viser også klare energiendringer i prøven ved massetap.



Figur 47. TG- og DSC-kurve for prøve 16-18.

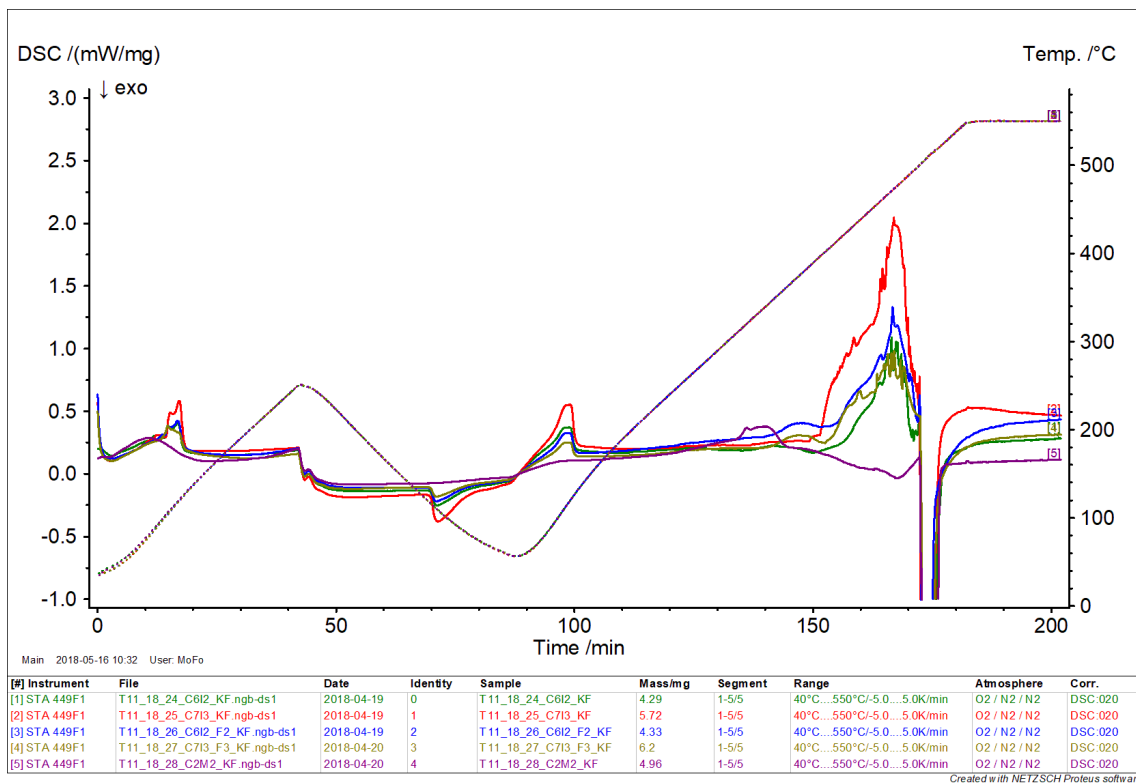
De resterende parallellene fra batchforsøket ble analysert ved opp-ned-opp oppvarming, og med innslipp av oksygen for en fullstendig oksidasjon og bestemmelse av askerest. Resultatet fra STA-analysen av prøvene 24 C6I2-KF, 25 C7I3-KF, 26 C6I2F2-KF, 27 C7I3F3-KF og 28 C2M2-KF, er presentert i figur 48 og 49. TG-, DSC og GS-kurven er presentert i separate figurer, i vedlegg B, kapittel 1.6. Utslaget på kurvene rundt 170 minutter skyldes skiftet fra N₂- til O₂-gass. TG-kurven for prøvene presentert i figur 48, viser at alle parallele prøver følger den samme trenden. Askeresten ble bestemt som prosent av tørrvekt av innveid prøve. Askeresten for prøve 24 C6I2-KF ble bestemt til 17,0% og 22,6% for prøve 26 C6I2F2-KF. Askeresten ble bestemt for prøve 25 C3I1-KF til 6,8% og 24,0% for prøve 27 C7I3F3-KF. Askeresten for prøve 28 C2M2-KF ble bestemt til 4,8%.



Figur 48. TG kurve for prøve 24-28

DSC-kurven i figur 49, viser et innzoomet bilde av kurven presentert i vedlegg B. DSC-kurven for prøvene av substrat og biorest fra batchforsøket, viser positiv identifikasjon av plastmaterialer i alle prøver, ved smeltepunkt og kokepunktet for GP. Konsentrasjonen av plast varierer mellom prøveparallellene av substrat og biorest.

Prøve 28 C2M2-KF skiller seg fra prøvene av substrat og biorest, da utslaget ved smeltepunktet for GP er større ved første oppvarming enn ved andre. Oppvarming-nedvarming-oppvarming benyttes, da stoffer og forbindelser kan fjernes fra prøven i første oppvarming og i mange tilfeller gir et tydeligere signal ved andre oppvarming. I samsvar med TG-kurven for prøven, finner massetapet sted før kokepunktet for GP. Resultatet fra STA-analysen kan ikke klart identifisere at det er plast i prøven.



Figur 49. DSC kurve for prøve 24-28

FTIR-spekter ble hentet ut for prøve 16-18 med søk mot biblioteket for identifikasjon. Resultatet fra dette er presentert i vedlegg B, kapittel 1.6. Søket viste et godt treff med GP for prøve 16 og 17 mot FTIR-spekter, hentet ut ved størst gassutvikling. FTIR-spekter som ble hentet ut for prøve 18, viste ikke ett godt treff med polyetylen. Den største gassutviklingen i prøven var ved rundt 300 grader, der FTIR-spekteret ga godt treff med vann, cellulose og karbondioksid. Dette resultatet forteller at prøven i hovedsak består av rester av organisk materiale. FTIR-spekter ble hentet ut for prøve 24-28 med søk mot biblioteket for identifikasjon. Resultatet fra dette er presentert i vedlegg B, kapittel 1.6. FTIR-spekteret hentet ut for prøve 24-27 ga godt treff med GP. FTIR-spekteret hentet ut for prøve 28, viste at også denne prøveparallellen hovedsakelig bestod av rester av organisk materialer.

STA/FTIR-analysen av prøver av kjemisk fordøyd substrat og biorest fra batchforsøket, viser at det er mulig å identifisere plastmaterialene i prøver fra disse prøvematriksene.

4.3.1 Biogjødsel fra Lindum og Romerike biogassanlegg

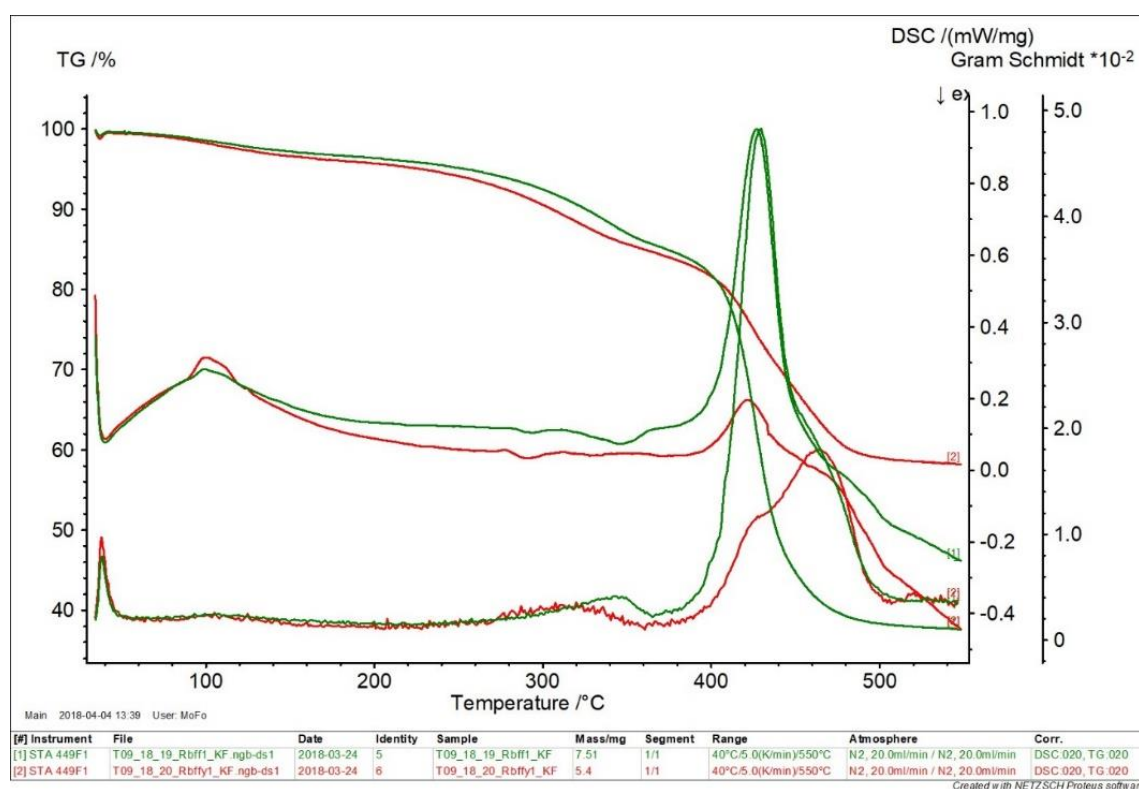
4.3.1.1 Romerike biogassanlegg

STA/FTIR-analyse ble benyttet for å analysere innholdet av plastmaterialer i prøver av kjemisk fordøyd fast og flytende biogjødsel, fra Romerike biogassanlegg. Første parallell av kjemisk fordøyd fast og flytende biogjødsel ble analysert ved STA/FTIR med nitrogen som bæregass og gradvis

oppvarming fra 0-550°C. Resultatet fra STA-analyse av prøvene 19 RBFF-1-KF og 20 RBFFLY-1-KF, med TG-, GS- og DSC-kurve plottet som funksjon av temperatur, er presentert i figur 50.

TG-kurvene for begge biogjødselprøver, viser massetap fra lave temperaturer, som indikerer at prøven etter kjemisk fordøyning fortsatt inneholder organiske forbindelser. Ved fullstendig oppvarming er massetapet høyere for den faste biogjødselprøven, prøve 19 RBFF1-KF, enn prøve 20 RBFFly1-KF. Prøve 19 har et stort massetap ved 400-450°C, som tyder på fordamping av plastmaterialer.

DSC-kurven viser at prøvene inneholder forbindelser med smeltepunkt ved ca.115°C og kokepunkt ved 450°C. Signaltoppen ved kokepunktet er større i fast biogjødsel enn i det flytende, og indikerer et høyere innhold av plast i denne prøven. GS-kurven viser det samme ved at toppen ved 450°C for den prøven fra fast biogjødselen, gir et dobbelt så sterkt signal.

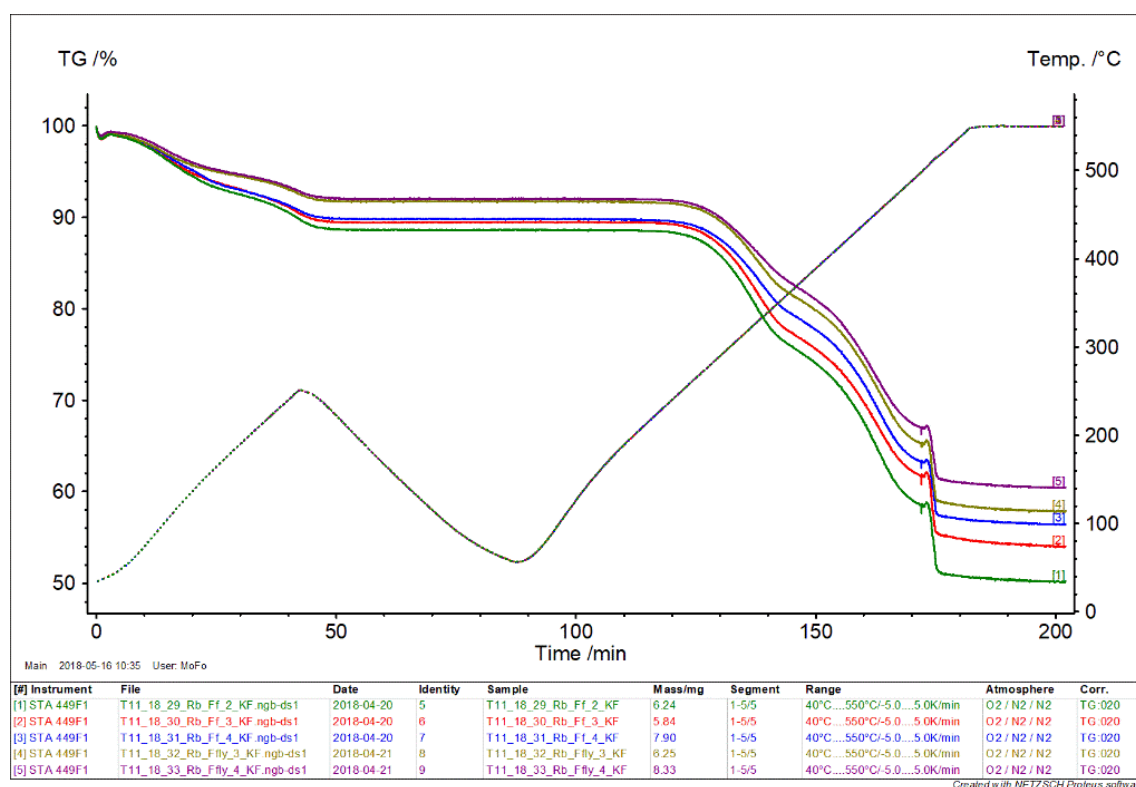


Figur 50. TG-, DSC- og GS-kurve for prøve 19-20, RBFF-KF-1 og RBFFly-KF-1.

De resterende parallellene av fast og flytende biogjødsel fra Romerike biogassanlegg, ble analysert ved opp-ned-opp oppvarming og med innslipp av oksygen for en fullstendig oksidasjon og bestemmelse av askerest. Resultatet fra STA-analyse av prøvene 29 RBFF-2-KF, 30 RBFF-3-KF, 31 RBFF-4-KF, 32- RBFFLY-3-KF og 33 RBFFLY-4-KF, med TG-, DSC og GS-kurve plottet som funksjon av tid, er presentert i henholdsvis figur 51-53. TG-, DSC- og GS-kurve er presentert med ytterligere informasjon i vedlegg B, kapittel 2.1.

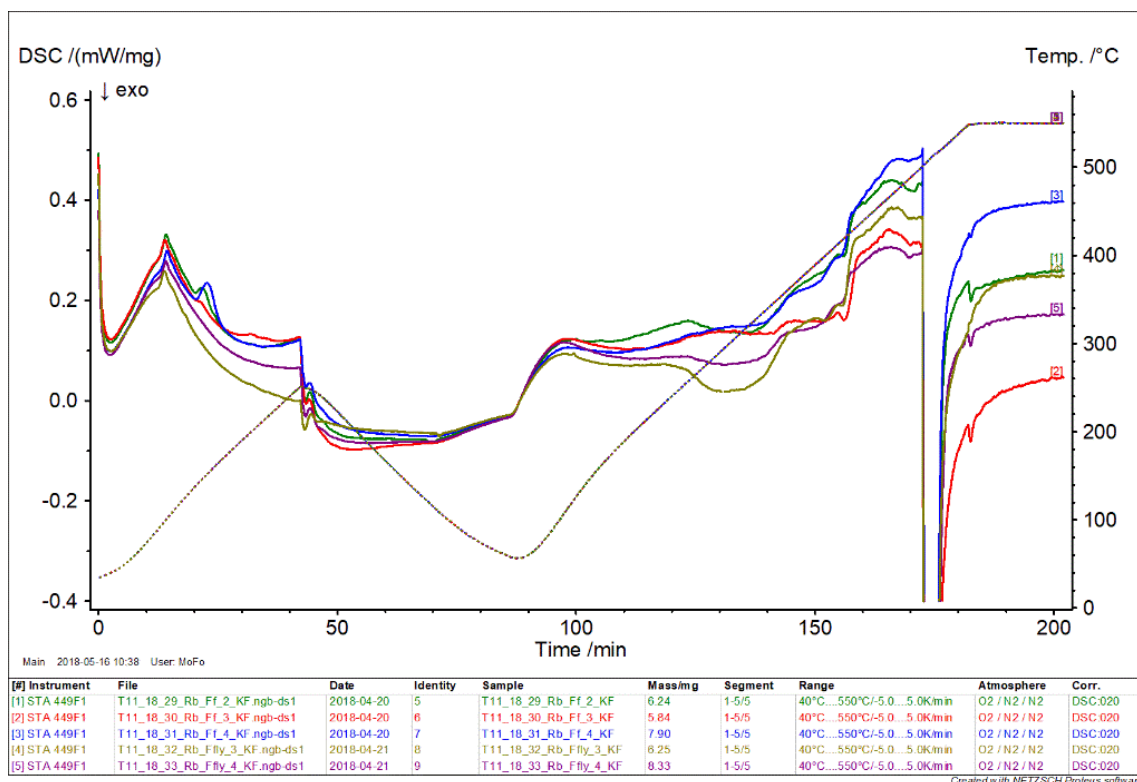
TG-kurvene presentert i figur 51, viser den samme trenden for de tre prøveparallellene av fast biogjødsel, og for to prøveparallellene av flytende biogjødsel. Resultatet fra STA-analysen viser at det er innhold av vann og organiske forbindelser, da massetap forekommer ved første oppvarming og massen er stabil ved andre oppvarming frem til samme temperatur.

Askeresten for de tre kjemisk fordøyde prøveparallellene, prøve 29-31 RBFF-KF, ble bestemt til gjennomsnittlig 53,6%. Askeresten for de to kjemisk fordøyde prøveparallellene av flytende biogjødsel, prøve 32-33 RBFFly-KF, ble bestemt til 57,9% for parallell nummer 3 og 60,5% for parallell nummer 4.



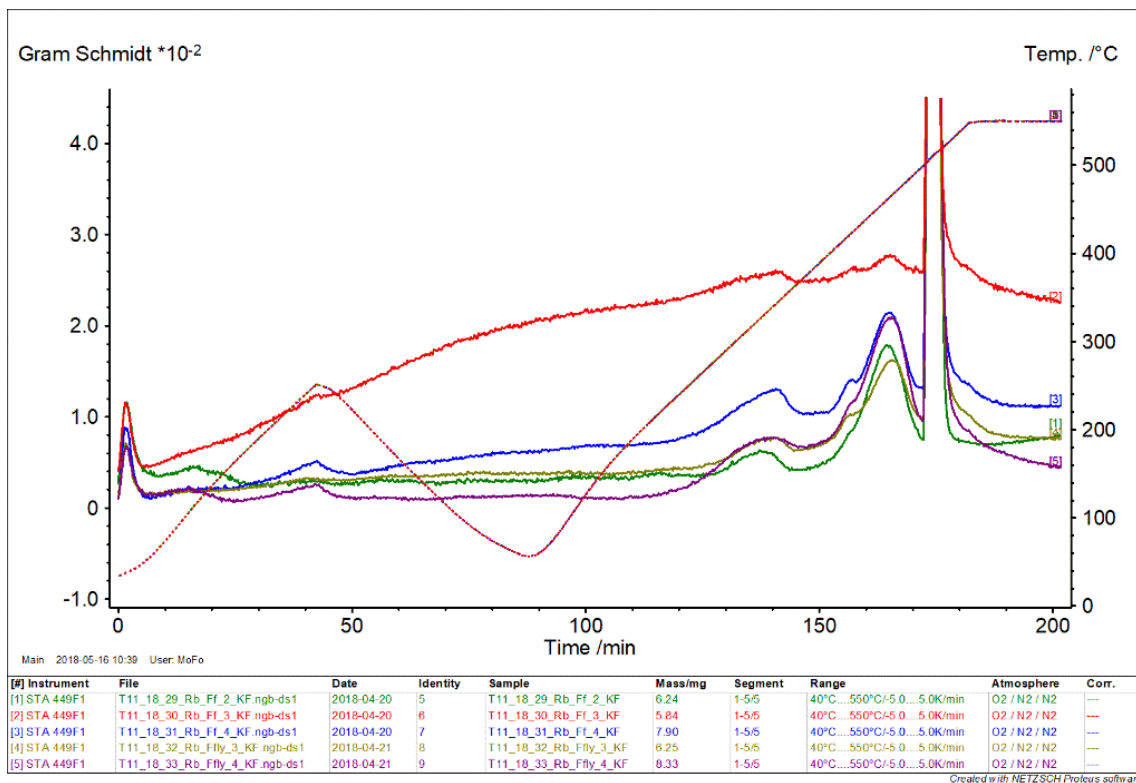
Figur 51. TG-kurve for prøve 29-33

DSC-kurver i figur 52, viser et innzoomet bilde av kurvene presentert i vedlegg B. DSC-kurven for alle prøver viser en topp som indikerer smeltepunkt ved første oppvarming. Denne toppen finnes igjen ved andre oppvarming av prøvene.



Figur 52. DSC-kurve for prøve 29-33

GS-kurven i figur 53, viser et innzoomet bilde av kurvene presentert i vedlegg B. Fra GS-kurven er det tydelig at den største gassutviklingen skjer etter oppvarming til over 465°C. Det registreres også en utvikling rundt 340°C og 420°C i alle prøver.



Figur 53. GS-kurve for prøve 29-33

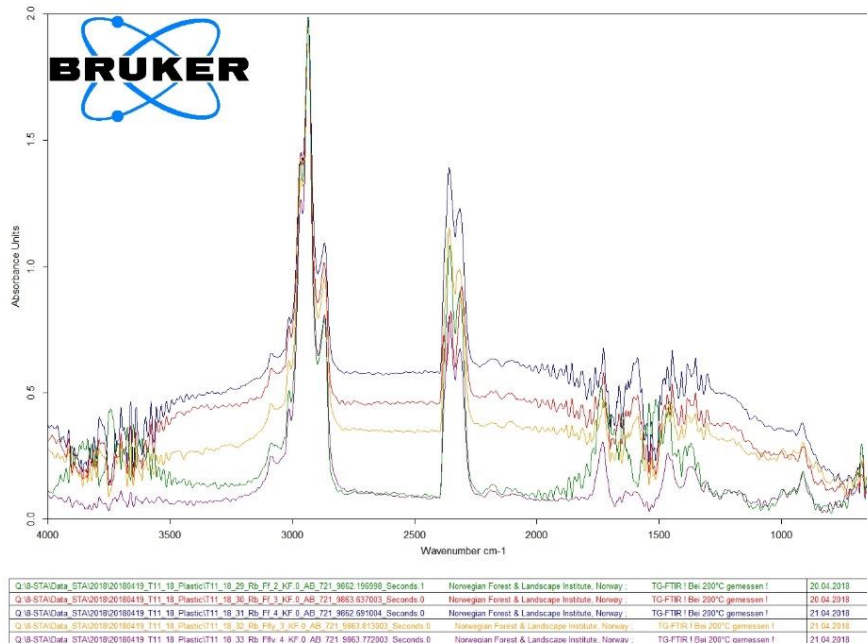
FTIR-spekter ble hentet ut fra prøvene ved den temperaturen som ga høyest gassutvikling. FTIR-spekteret ble så benyttet for å gjøre søk mot biblioteket for identifisering av plastmaterialer i prøvene.

FTIR-spekter ble hentet ut ved 420°C og 460°C for prøve 19 RBFF1-KF og prøve 20 RBFFly1-KF. Spektrene med søk mot biblioteket, er presentert i vedlegg B, kapittel 2.1. FTIR-spekteret viste at flere plastmaterialer fordampes fra prøven samtidig. Dette gjør identifikasjonen av plastmaterialet vanskeligere, da det ikke er noen separasjon av gasser før analyse med FTIR.

FTIR-spekteret hente ut for prøve 19 ved 420°C, viser godt treff med Acrylonitrille-butadienestyrene copolymer (ABS) med treffrate 703 av 1000, Acrylonitrile-styreneacrylate copolymer(ASA) med treffrate 677 av 1000 og Polystyrene (PS) med treffrate 670 av 1000. FTIR-spekteret hentet ut ved 460°C, ga treff med Mesitylene med treffrate 707 av 1000 og Polyetylen (PF) med treffrate 604 av 1000. På grunn av disse resultatene er prøven bestemt til å inneholde plastmaterialer, men hvilke plastmaterialer som er tilstede i prøven er ikke kvalitativt bestemt.

FTIR-spektrene hentet ut for prøve 20 ved 420°C, viste treff med Unsaturated polyester resin (1) med treffrate 556 av 1000 og Polystyrene(PS) med treffrate 189 av 1000. FTIR-spekteret hentet ut ved 460°C ga Vinylacetate polyetylen-co-vienyl acetate(2) med treffrate 469 av 1000 og GP 154 av 1000. Disse treffene var ikke gode nok til å si at materialene var tilstede i prøven.

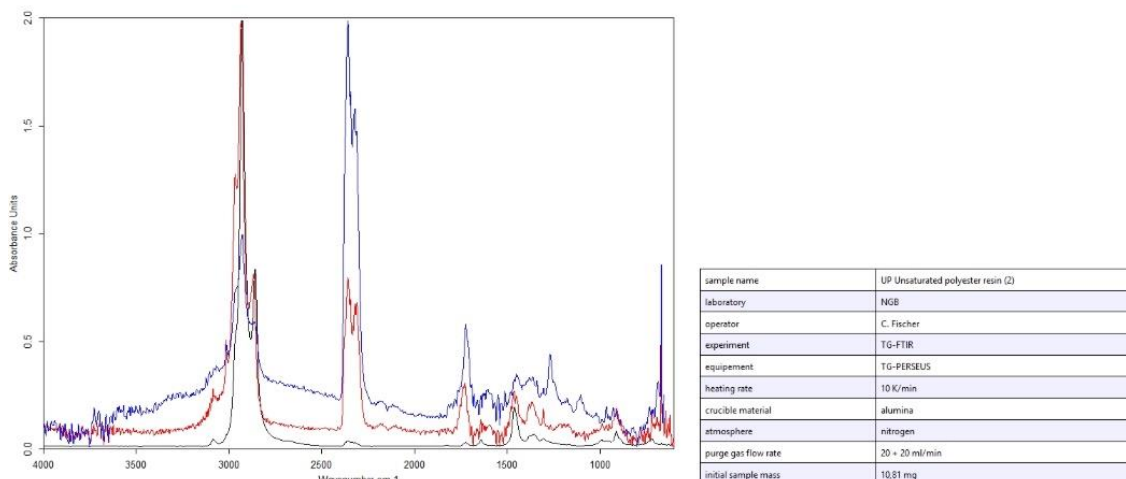
FTIR-spekteret ble tatt ut ved 465°C for biogjødselprøvene fra Romerike biogassanlegg prøve 29-33, presentert i figur 54.



Page 1/1

Figur 54. FTIR-spekter for prøve 29-33 ved 465°C

FTIR-spekteret fra prøve 33 RBFFly3-KF, ble benyttet for å søke mot biblioteket ved 465°C. Resultatet fra søket er presentert i figur 55. Søket ga treff mot Unsaturated polyester resin (UP)(2) med treffrate 573 av 1000 og polyetylen(PE) med treffrate 382 av 1000. Søket mot biblioteket gir en middels treffrate, og temperaturen for kokepunktet til plastmaterialet og gassen utviklet fra prøven stemmer overens.



Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	373	UP Unsaturated polyester resin (2)			
Black	382	Polyethylene PE	9002-88-4	(C ₂ H ₄) _n	4000

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T11_18_33_Rb_Fly_A_KF_0_AB_725_9918_495007_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180419_T11_18_Plastic	Query Spectrum

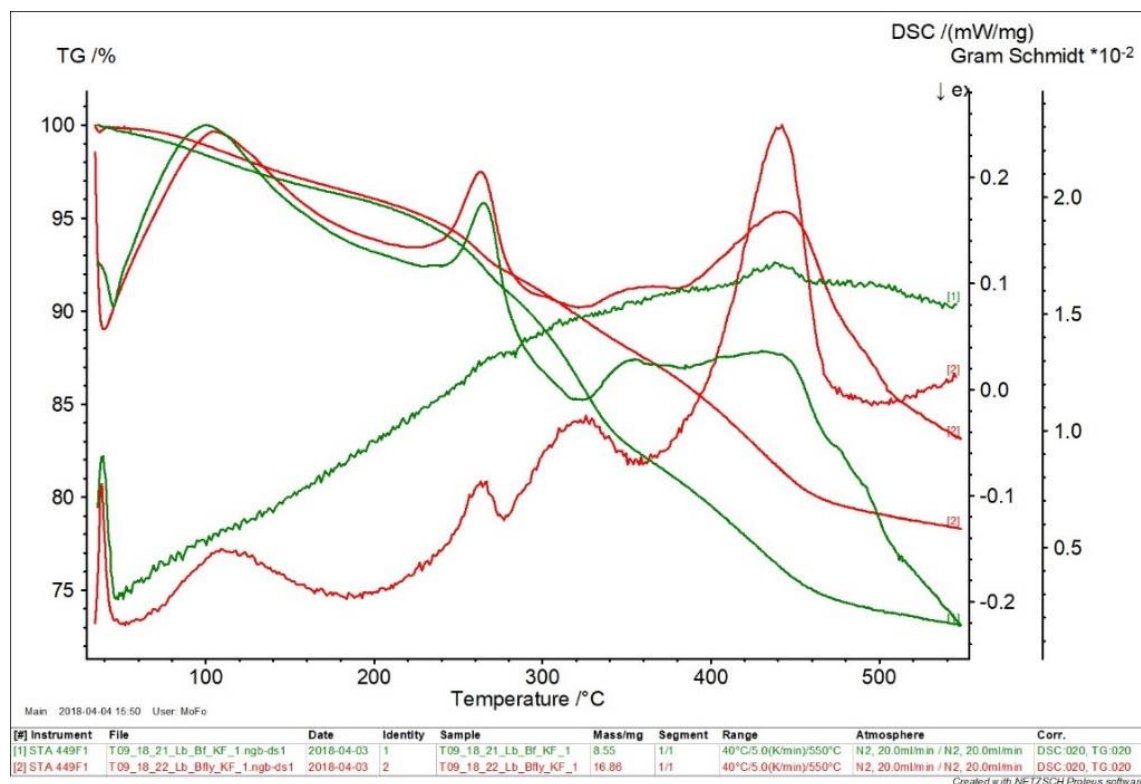
Figur 55. FTIR-spekter for parallell 4 av kjemisk fordøyd flytende biogjødsel fra Romerike biogassanlegg, prøve 33, ved 465°C.

4.3.1.2 Lindum biogassanlegg

STA/FTIR-analyse ble benyttet for å bestemme innholdet av plastmaterialer, i prøver av kjemisk fordøyd fast og flytende biogjødsel fra Lindum biogassanlegg. Første parallell av kjemisk fordøyd fast og flytende biogjødsel ble analysert ved STA/FTIR, med nitrogen som bæregass og gradvis oppvarming fra 0-550°C. Resultatet fra STA analysen av prøve 21 LbBf1-KF og prøve 22 LbBfly1-KF, med TG-, GS- og DSC-kurve plottet som funksjon av temperatur, er presentert i figur 56. TG-, DSC- og GS-kurve er presentert i separate figurer i vedlegg B, kapittel 3.1.

TG-kurven for begge biogjødselprøver viser massetap ved lave temperaturer, som indikerer at prøven etter kjemisk fordøying, fortsatt inneholder vann og organiske forbindelser. Ved fullstendig oppvarming til 550°C er massetapet høyere for prøven av fast biogjødsel enn flytende biogjødsel. DSC-kurven viser signaltopper ved 115°C, 260°C, 350°C og 440°C i begge prøver, med varierende intensitet. GS-kurvene skiller de to prøvene fra hverandre ved at det fra prøve 21 er registrert en gradvis aktivitet over helle temperaturområdet, med høyest aktivitet ved 450°C. Signalet registrert fra prøve 22 viser klarere topp for aktivitet i prøven. GS-kurven gir også en tydeligere signaltopp ved

450°C for prøve 22 sammenliknet med 21. DSC-kurven viser at det ved denne temperaturen er høyere innhold av forbindelsen som fordamper i prøve 22 enn i prøve 21.

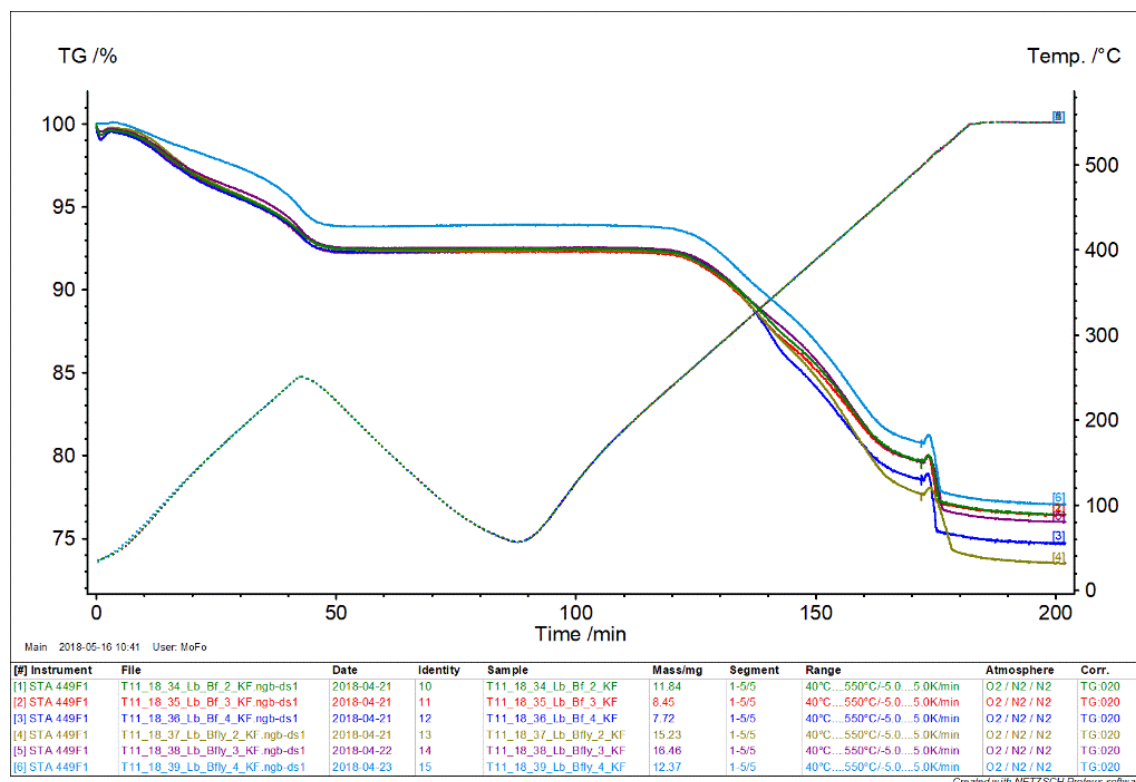


Figur 56. TG- og DSC-kurve for prøve 21 og 22. Kurvene for prøve 21 er presentert i grønt, og prøve 22 er presentert i rødt i figuren.

De resterende parallellene fra batchforsøket ble analysert ved opp-ned-opp oppvarming og med innslipp av oksygen, for en fullstendig oksidasjon og bestemmelse av askerest. Resultatet fra STA-analysen for prøve 34 LBBF-2-KF, 35 LBBF-3-KF, 36 LBBF-4-KF, 37 LBBFLY-3-KF, 38 LBBFLY-3-KF og 39 LBBFLY-4-KF med TG-, DSC og GS-kurve plottet som funksjon av tid, er presentert henholdsvis i figur 57-59. TG-, DSC- og GS-kurven er presentert i separate figurer med ytterligere informasjon i vedlegg B, kapittel 3.1. Utslaget på kurvene rundt 170 minutter skyldes skiftet fra N₂- til O₂-gass.

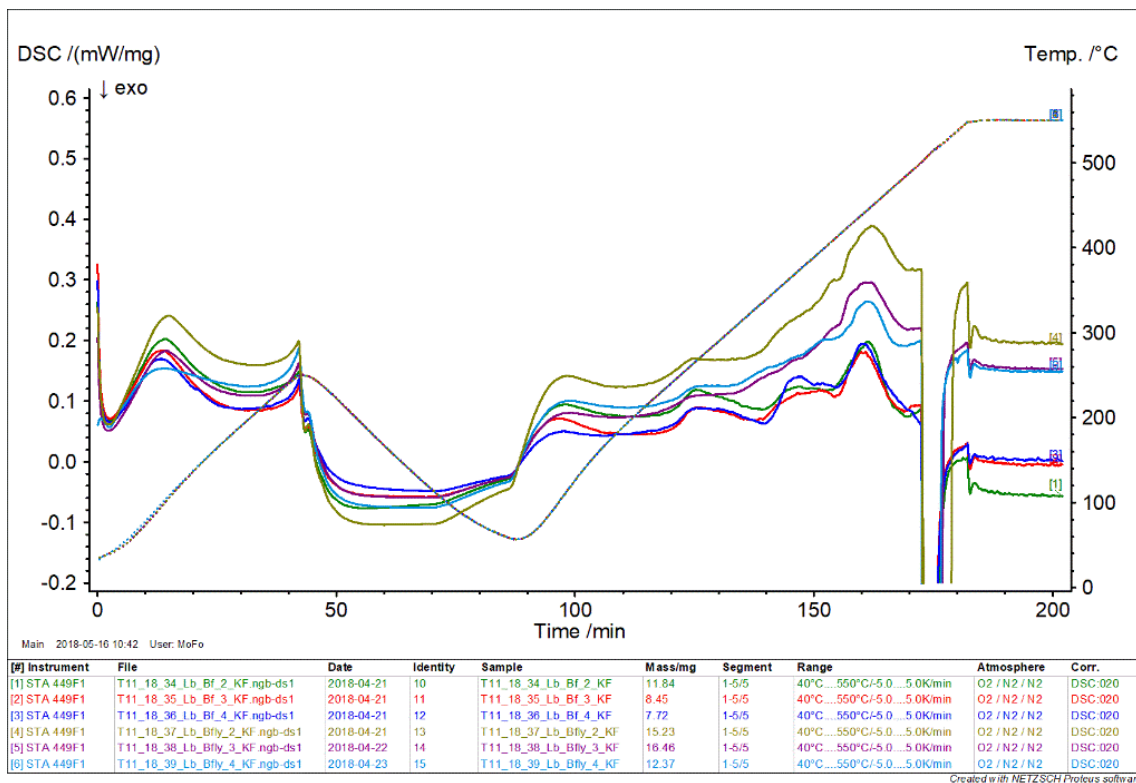
TG-kurven plottet i prosent som en funksjon av tid i minutter, i figur 57, viser hvordan forbindelser frigjøres fra prøven ved oppvarming til 250°C, ved første temperaturøkning. Dette massetapet skyldes at vann og organiske forbindelser fjernes fra prøven. Ved neste oppvarming er signalet stabilt frem til samme temperaturnivå er nådd, og ved videre oppvarming forekommer nye massetap. Prøveparallellene av fast og flytende biogjødsel følger den samme trenden. O₂-gass benyttes som bæregass fra 170 min ved temperatur 500°C. TG-kurven viser et betydelig massetap som resultat av tilstedeværelsen av oksygen. Gjennomsnittlige restmasse for prøvene med fast

biogjødsel ble bestemt til 75,9% og flytende biogjødsel 75,5% av innveide tørrvekt for prøvematerialet, se beregninger i vedlegg B, kapittel 3.1.



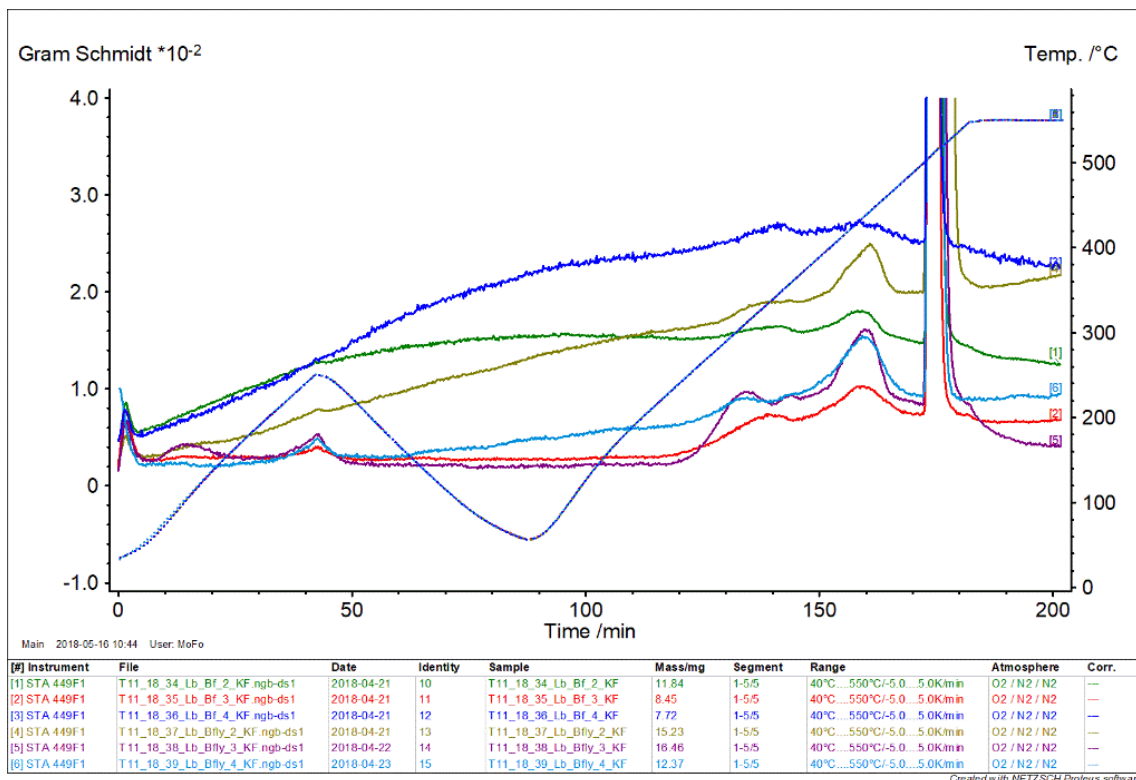
Figur 57. TG-kurve for faste og flytende biogjødsel prøver fra Lindum biogassanlegg, prøve 34-39

DSC-kurven i figur 58, viser et innzoomet bilde av kurven presentert i vedlegg B. DSC-kurven for alle prøver viser en signaltopp, som indikerer et smeltepunkt ved første oppvarming. Denne toppen finnes igjen ved andre oppvarming av prøvene. Prøve 34-36, LBBF-KF 2-4 og prøve 37-39, LBBFLY-KF 2-4, følger den samme trenden. Signalstyrken er mer variert mellom prøveparallellene av flytende biogjødsel under oppvarming, og skiller seg fra hverandre i større grad enn den faste biogjødselen ved 450°C. Dette indikerer en større variasjon av plastinnhold i de parallelle prøvene fra flytende enn fast biogjødsel.



Figur 58. DSC-kurve for prøve 34-39

GS-kurven i figur 59, viser et innzoomet bilde av kurven presentert i vedlegg B. GS-kurven for prøve 36 LbBf4-KF skiller seg ut, da kurven viser at et signal registreres fra prøven jevnt over tidsperioden. De andre prøvene følger en relativt lik trend, med toppunkt etter oppvarming til samme temperaturer. Den største gassutviklingen fra prøvene er registrert ved 311°C og 437°C.

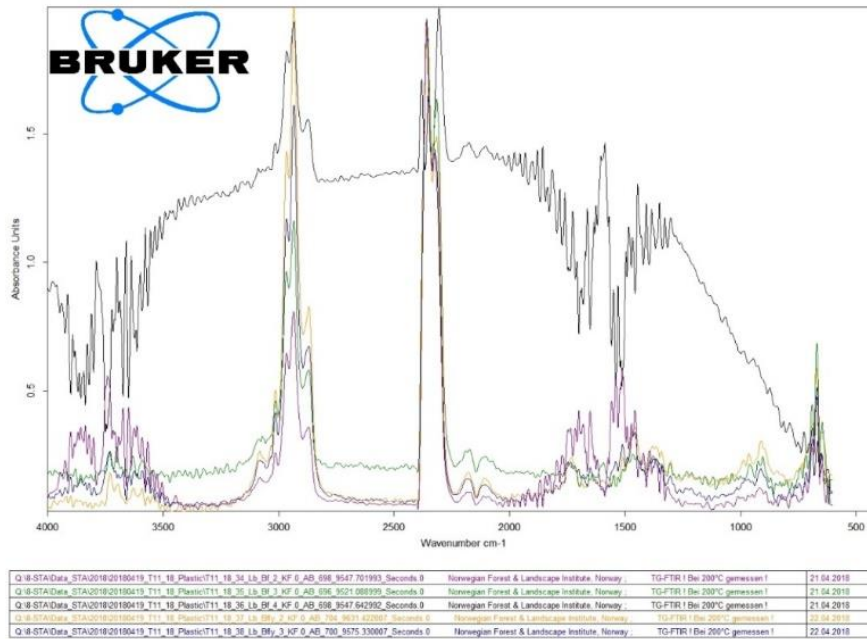


Figur 59. GS-kurve for prøve 34-39

FTIR-spekter ble hentet ut fra prøvene ved den temperaturen som ga høyest gassutvikling. FTIR-spekteret ble så benyttet for å gjøre søk mot biblioteket, for identifisering av plastmaterialer i prøvene. Spektrene med søk mot biblioteket er presentert i vedlegg B, kapittel 3.1

FTIR-spekter ble tatt ut ved 351°C for prøve 21 med søk mot biblioteket, ga treff mot epoxy resin (EP), med treffrate 647 av 1000. Spekteret viser at prøven inneholder mye vann, som frigjøres på en høyere temperatur enn kokepunktet for fritt vann i prøven. Dette kan indikere at vann er pakket inn i prøvematerialet eller bundet til organisk materialer, som frigjøres ved materialets kokepunkt. FTIR-spekter ble tatt ut ved 353°C for prøve 22, og med søk mot biblioteket ga treff med polyetylen med treffrate 355 av 1000 og GP med treffrate 226 av 1000.

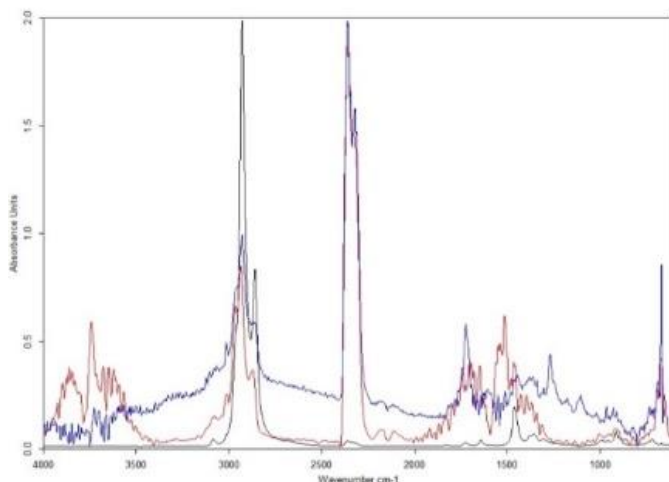
FTIR-spekter er hentet ut for prøveparallellene av fast og flytende biogjødsel, prøve 34-39, og er presentert i figur 60. Dette viser spekteret for prøvene hentet ut ved 439°C, ved tidspunktet med høyest gassutvikling. Spekteret for de ulike prøvene er godt overlappende, og indikerer at samme forbindelse er tilstede i de ulike prøveparallellene.



Page 1/1

Figur 60. FTIR- spekter prøve 34-39

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 34 LbBf2-KF ved 439°C, ble benyttet for søk mot biblioteket. Resultatet er presentert i figur 61. Spekteret ga treff med Unsaturated polyester resin (UP) med treffrate 355 av 1000 og med polyetylen med treffrate 194 av 1000. FTIR-spekteret for prøve 34-39 ved 520°C, er presentert i vedlegg B, kapittel 3.1. Dette spekteret viser at oksidasjonen med tilstedeværelse av oksygen ga fullstendig oksidasjon av alt organisk materiale.



sample name	UP Unsaturated polyester resin (2)
laboratory	NSB
operator	C. Fischer
experiment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10.61 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	333	UP Unsaturated polyester resin (2)			
Black	194	Polyethylene PE	9002-85-4	(C ₂ H ₄) _n	4000

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T11_18_34_18_BF_2_XF_0_AB_701_9588.738993_Seconds:0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180418_T11_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 61. FTIR-spekter prøve 34 ved 440°C

4.3.2 Plastpartikler fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg

Plastpartikler plukket ut fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg, ble analysert med STA/FTIR. Resultatene fra STA/FTIR-analyse er presentert i vedlegg C, kapittel 4.3.

Analyse av partiklene fra prøve RBFF-PP ble analysert med tilstedeværelsen av N₂-gass og oppvarming til 500°C. Prøven som ble splittet i to etter farge, ved analyse på STA-/FTIR, utgjorde prøve 23 RBFF-PP-L og 23 RBFF-PP-M. Resultatet fra STA-analysen er presentert i vedlegg B, kapittel 4.3.1. FTIR-spekter ble hentet ut ved størst massetap for prøve 23 RBFF-PP-L og 23 RBFF-PP-M, ved henholdsvis 420°C og 460°C, er presentert i vedlegg B, kapittel 4.3.1.

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 23, lys plukket plast fra fast biogjødsel, ga treff mot Acrylonitrile-butadienestyrene copolymer (ABS) med treffrate 935 av 1000 og med polystyren med treffrate 929 av 1000. Kokepunktet oppgitt for Acrylonitrile-butadienestyrene copolymer (ABS) og polystyren (PS) i Netzsch-biblioteket, presentert i vedlegg D, er ved samme temperaturen som gassutviklingen fra prøven. Dette treffet er derfor godt treff mot plastmaterialet. Dette resultatet viser at de plukkede partiklene var plastpartikler.

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 23, mørk plukket plast fra fast biogjødsel, ga treff mot polyetylen (PE) med treffrate 176 av 1000, og GP med treffrate 146 av 1000. Spekteret viser at det er mye vann tilstede i prøven. Fra disse resultatene er det ikke mulig å bestemme om plastpartiklene bestod av polyetylen.

STA/FTIR-analysen viste overlappende signaler og massetap. Dette indikerte at flere typer plast var tilstede i prøvene og fordampet på samme tidspunkt. Fordamping av ulike plastmaterialer samtidig, førte til dårlig identifikasjon ved FTIR-analyse. Dette resulterte i valg av flere prøveuttak, med bedre separasjon av plastmaterialene før STA/FTIR-analyse.

Plastpartiklene fra prøveparallellelene RBFF-P 1-3, ble fordelt i 9 prøver før STA/FTIR-analyse. Partiklene ble fordelt til prøver med prøve ID RBFF-P-A, B, C, D, E, F og G etter visuelle egenskaper, og analysert på STA/FTIR med prøvenummer 40-48. Resultatet fra STA/FTIR-analysen for alle prøvene, er presentert i vedlegg B, kapittel 4.3.2. FTIR-spekter ble hentet ut for prøvene ved tidspunktet for størst gassutvikling i prøven, for prøvene registrert med kokepunkt, samt etter forasking av alle prøvene. Resultatet fra FTIR-analyse med søk mot biblioteket, er presentert i vedlegg B, kapittel 4.3.2.1-4.3.2.9. Resultatet fra STA-analysen for prøve 40-44 og prøve 45-48, er presentert sammen i vedlegg B, i henholdsvis figur 59-61 og 62-64.

Resultatene fra STA-analyse av prøve 40 RBFF-P-A, bestående av grønne plastpartikler, viser med TG-kurven at plastmaterialet er termostabilt frem til kokepunktet. DSC-kurven viser to topper for smeltepunktet ved begge oppvarminger ved 125°C, og kokepunkt ved 476°C. GS-kurven viser at den største gassutviklingen er ved 476°C. FTIR-spekteret med søk mot biblioteket gir treff mot polyetylen.

Resultatene fra STA-analyse av prøve 41 RBFF-P-B, bestående av gulfargede plastpartikler, viser med TG-kurven at plastmaterialet er termostabilt, frem til kokepunktet. DSC-kurven viser ikke et betraktelig utslag på smeltepunkt, men tydelig signal for kokepunktet. GS-kurven viser at den største gassutviklingen er ved 417°C. FTIR-spekteret med søk mot biblioteket gir godt treff mot polystyrene.

Resultatet fra STA-analyse av prøve 42 RBFF-P-C, bestående av hvite flak, viser med TG-kurven at materialet ikke er termostabilt, men har et kontinuerlig massetap fra andre oppvarming. Det er ikke registrert signal for smeltepunkt eller kokepunkt i DSC- eller GS-kurven, for denne prøven.

Resultatet fra STA-analyse av prøve 43 RBFF-P-D, bestående av grå flak, viser med TG-kurven at prøvematerialet er termostabilt frem til kokepunktet. DSC-kurven viser at det er registrert et positivt signal ved 448°C og et tilsvarende negativt signal ved 479°C. Det er ikke registrert signal for

smeltepunkt ved noen av oppvarmingene. GS-kurven viser derfor ikke utslag ved materialets kokepunkt, selv om TG-kurven viser et betydelig massetap etter 150 minutter.

Resultatet fra STA-analyse av prøve 44 RBFF-P-E, bestående av transparente flak, viser med TG-kurven at prøvematerialet inneholder vann som fordamper ved første oppvarming. Ved andre oppvarming registreres et kontinuerlig massetap mellom 250°C-350°C. Dette massetapet avtar frem til forasking. DSC- og GS-kurvene viser ikke registrert signal for smeltepunkt eller kokepunkt. FTIR-spekteret med søk mot NIBIO-biblioteket, gir treff mot plantematerialer.

Resultatet fra STA-analyse av prøve 45 RBFF-P-F, bestående av hvite partikler, viser med TG-kurven at prøvematerialet er termostabilt. DSC-kurven viser et signal ved 100°C ved første oppvarming. Denne toppen er ikke registrert ved andre oppvarming. Etter oppvarming til 424°C er det registrert signal fra materialets kokepunkt. GS-kurven viser at den største gassutviklingen skjer ved 425°C og 445°C. FTIR-spekteret med søk mot biblioteket, gir treff mot plastmaterialene ASA, PS, EVA 60% og PE, med relativ lav treffrate.

Resultatet fra STA-analyse av prøve 46 RBFF-P-G, bestående av sorte partikler, viser med TG-kurven at prøven har et betydelig massetap ved første oppvarming. Dette skyldes vann i prøven. Ved andre oppvarming viser TG-kurven et slakt massetap, uten ett tydelig kokepunkt. DSC-kurven viser også samme mønstret og GS-kurven viser ingen registrerte signaltopp.

Resultatet fra STA-analyse av prøve 47 RBFF-P-H, bestående av sølvfargete partikler, viser med TG-kurven at prøvematerialet er termostabilt over hele oppvarmingen. DSC- og GS- kurvene viser ingen signaltopper under analysen. Dette resultatet indikerer at sølvpartiklene kan stamme fra ikke sølvfarget plast, men fra for eksempel metallemballasje.

Resultatet fra STA-analyse av prøve 48 RBFF-P-I, bestående av mulige planterester, viser med TG-kurven at prøvematerialet er termostabilt frem til kokepunkt. DSC-kurven har ingen registret signaltopp for smeltepunkt, men en signaltopp for kokepunkt ved 359°C og signaldal ved 415°C. GS-kurven viser signaltopper ved oppvarming til 307°C, 356°C og 445°C. FTIR-spekteret med søk mot biblioteket, gir treff mot PUR og Cevita-etiketten, med lav treffrate.

4.4 Mengde plastpartikler i fast biogjødsel

Mengden plastpartikler utgjorde i prøver av fast biogjødsel, ble bestemt på vektbasis etter likning 2, i vedlegg B, kapittel 4.1. Plastpartiklene ble bestemt til å utgjøre 0,5% (28,905mg/5,857g tørket biogjødsel) i prøve RBFF-PP. Mengden plastpartiklene ble bestemt i tre parallelle prøveuttak, prøve

ID RBFF-P1, RBFF-P2 og RBFF-P3, til henholdsvis 1% (19,4mg/1,9g tørrvekt biogjødsel), 0,23% (4,5mg/1,9g tørrvekt biogjødsel) og 0,35% (7,8mg/2,2g tørrvekt biogjødsel).

4.5 Partikkelstørrelse bestemmelse ved ImageJ

De utplukkede plastpartiklene fra prøve RBFF-p 1-3 ble bestemt ved bildeanalyseprogrammet ImageJ. Resultatene fra målingen er presentert i vedlegg B, kapittel 4.2. Figur 65-67 viser partikkelen plukket ut fra de tre prøveparallelene.



Figur 62. RBFF-P1



Figur 63. RBFF-P2



Figur 64. RBFF-P2

Sfæriske partikler varierte i størrelse fra 0,217mm til 2,775mm, og todimensjonale partikler varierte mellom størrelse 0,663mm*0,885mm og 3,547mm*3,761mm. Størrelsesvariasjonen innad i prøveparallelene er presentert i vedlegg B, kapittel 4.2., tabell 5.

5. Diskusjon

5.1 Innledende forsøk

UV-bestråling av plastmaterialet fra den grønne matavfallsposen ga ingen visuelle endringer for plastmaterialets overflate eller kanter. Det ble ikke observert noen forskjell mellom prøvene eksponert i 48 timer og 14 dager. I dette studiet ble det ikke undersøkt effekten av UV-bestrålingen på plastmaterialer, etter de mekaniske og kjemiske prosessene på et biogassanlegg. Effekten av UV-bestråling av plastmaterialer i biogjødsel, sammenliknet med råmaterialene, vil være av interesse å kartlegge ved fremtidige studier. Det var ikke mulig å undersøke effekten av UV-bestråling på partikler plukket ut av prøver av bioest fra batchforsøket, på grunn av utstyret tilgjengelig på NIBIO sine laboratorier. Dersom UV-bestrålingen har ulik effekt på plastmaterialene etter biogassanlegget, kan dette potensielt påvirke hvordan UV-stråling bidrar til nedbrytning av plastmaterialene gjennom oksidasjon.

Innledende forsøk viste at separasjon ved flotasjon, ikke ga tilstrekkelig separasjon av plastmaterialer fra organisk materiale. Det organiske materialet i bioest og biogjødsel har blitt brutt ned gjennom biogassproduksjonen, og separeres ikke på tetthet, slik som for eksempel organisk materiale i jordprøver. Separasjon ved flotasjon er heller ikke benyttet i studier av mikroplast i substrat, i tidligere studier (Marthinsen, 2017).

Videre utprøving av metoder for kjemisk fordøying av prøver med høyt innhold av organisk materiale, vil være viktig for å lage en standardisert metode, for bestemmelsen av mikroplast i biosubstrat og biogjødsel. Kjemisk fordøying ved bruk av Fe(II)-katalysator under våt peroksidoksidasjon, burde utforskes videre, og kobles til en god metode for separasjon av plastmaterialer fra annet prøvemateriale. Separasjon av plastmateriale etter kjemisk fordøying av prøvemateriale, er benyttet (Masura *mfl.*, 2015). Ved bestemmelse av mikroplast i avløpsvann fra norske renseanlegg, ble en slik metode testet ut, og flotasjon ble benyttet etter kjemisk fordøying av prøvematerialet (Lusher *mfl.*, 2017).

Da separasjon av plastpartikler fra prøvematerialet i forkant av kjemisk fordøying ble utelukket, var det ønskelig å teste filtrering på filter med lav porestørrelse, for å unngå tap under prøvepreparering til analyse. Bruk av filterposer ble testet, i håp om å kunne overføre prøvematerialet enkelt fra løsninger og vask, under kjemisk fordøying. Oppbygningen av trykk på innsiden av filterposene under kjemisk fordøying i innledende forsøk, førte til valget av bruk av nylonfilteret med 20µm porestørrelse i vakuumpumpedrevet filteroppsats. Filtrering ga problemer med tett filter, og det ble valgt å benytte en kombinasjon av sentrifugering og filtrering. Bruk av denne typen filtrering er ikke optimal, da vasking av prøvematerialet mellom behandlinger ved kjemisk fordøying kan variere. Til senere studier vil det være interessant å teste ut videre bruk av filterposer. En optimal porestørrelse, for å hindre tap av mikroplast og sikre flyt av fordøyelses kjemikalier, må bestemmes.

5.2 Analyse av mikroplast med skanning elektronmikroskop

SEM-analysen av plastpartiklene hentet ut fra batchforsøket, illustrerer tydelig effekten av den fysiske og kjemiske behandlingen plastmaterialer blir utsatt for gjennom biogassanlegget, før de overføres til biogjødsel. SEI-bildene av plastpartiklene hentet ut fra prøve C1 etter THP Cambi, viser hvordan plastskivene med 8mm diameter blir foldet sammen og danner plastpartikler med varierende form og størrelse. Bildene viser at tre partikler etter folding, tar opp mindre plass på prøveholderen enn en plastskive av GP. I overflatestrukturen til plastpartiklene er det dannet porer, og i disse porene, i rifter og langs kanten av partiklene, er det dannet frynser og plasttråder.

Plastpartiklene hentet ut fra substratet i prøve C713, viser den samme foldingen som partiklene hentet ut fra prøve C1. Partiklene fra prøve C713, viser at substrat har tørket på overflaten av partiklene, og skjuler den porøse overflaten. Dette er synlig på partiklene fra prøve C713 som har gjennomgått kjemisk fordøying. Det var forventet å finne substrathinne dannet på partiklene funnet i bioresten, noe som gir mulighet for biofilmdannelse. I dette studiet ble det valgt å ikke gjøre undersøkelse av biofilm ved SEM-analyse, da dette ville kreve større endringer i analyseforholdene.

Innad i prøven er det stor variasjon i hvordan plastpartiklene har blitt foldet gjennom batchforsøket. Resultatet fra SEM-analysen viser at hvordan plastpartiklene er foldet sammen, påvirker hvor utsatt partiklene er for fragmentering. SEM-analysen viser at noen plastskiver er blitt foldet på en slik måte at bobler i plasten er dannet og senere sprukket. Dette resulterte i plastflak stående ut fra den ellers faste partikkelen. En annen partikkel har blitt foldet sammen i en rull, og fått en rift på enden. I denne riften er det dannet mange plasttråder, som kun er synlige med mikroskop. Disse punktene vil være mer utsatt for fragmentering. Derfor vil folding av plastmateriale kunne påvirke dannelsen av mikroplast fra mesoplastpartikler og plastskiver, og dannelsen av sekundær mikroplast og nanoplast fra bruddpartier og porer i plastmaterialet.

SEM-analysen av mikroplast fra Romerike biogassanlegg, viser plastpartikler med likhetstrekk som er dannet gjennom batchforsøket. SEI-bildene viser at det gjennom biogassproduksjonen er dannet kompakte plastpartikler, som resultat av follede plastmaterialer og plastpartikler med fiberliknende strukturer. På overflaten av partiklene som har gjennomgått kjemisk fordøyning, er det avsatt rester av organisk materiale. Det er dannet groper og strukturer i plastmaterialet som følge av forvitring av plastmaterialet.

Partikkelen avbildet i figur 38, viser at også ved dette storskalaanlegget er det dannet plastpartikler med plasttråder, lett utsatt for videre oppbrytning. Partiklene fra den utsorterte plastfraksjonen, presentert i figur 40-43, viser hvordan plastpartiklene som er separert fra biomassen, og partiklene som overføres til biogjødselen, har likhetstrekk i form og størrelse. For disse partiklene er det også mulig å se rester av organisk materiale og endringer i overflatestrukturen.

5.3 STA/FTIR-analyse av mikroplast

STA/FTIR-analyse av mikroplast førte til god identifikasjon av plastmaterialene tilstede i prøver av fordøyd substrat, biorest og fast og flytende biogjødsel. Oppvarming-nedkjøling- oppvarming og fullstendig forasking av prøvematerialet ved bytte fra N₂ til O₂- gass ved 500°C, viste seg mer egnet for analyse av mikroplast. I dette studiet ble ikke mengden plastmaterialer i de ulike prøvene kvantifisert, selv om det for noen prøver ville være mulig å kvantifisere den mengden plastmaterialet utgjorde på vektbasis, fra DSC-kurven opparbeidet under STA-analysen.

5.3.1 Batchforsøket

STA/FTIR-analyse av referansematerialet av rent polyetylen, viste at materialet var rent, termostabilt frem til kokepunktet ved 473°C, og enkelt kunne identifiseres som plastmateriale ved signaltoppen for smeltepunkt på DSC-kurven. FTIR-analysen av materialet ga 955 av 1000 i treffrate, med PE-UHMW lagret i Netzsch-biblioteket. Den grønne matavfallsposen ble bestemt til å inneholde nesten rent polyetylen, og var termostabil frem til kokepunkt på 458°C. FTIR-analyse viste godt treff med

både referansematerialet og PE-materialet i biblioteket, ved FTIR-spekter hentet ut ved størst gassutvikling. Forskjellen i smelte- og kokepunkt for de ulike polyetylen materialene, kan skyldes ulike analyseforhold, men også tilsetningsstoffer tilsatt i polyetylenet for å lage matavfallsposen.

Plastfolie og Cevita-etikett ble valgt å analyseres på STA/FTIR, da dette er fremmedlegemer som er forventet å finne i matavfall. Resultatet fra denne analysen viste at det er en mangel på materialer registrert i de benyttede bibliotekene, for identifikasjon ved FTIR. Det samme gjelder ved STA/FTIR-analyse for nylonfilteret benyttet under kjemisk fordøyning. Fra resultatene var det ikke mulig å bestemme hvilket plastmateriale matfolien og nylonfilteret bestod av.

Ved STA-analyse av det syntetiske matavfallet benyttet i batchforsøket, ble det ikke påvist innhold av plastmaterialer. Det kan ikke utelukkes at det syntetiske matavfallet kan inneholde plastpartikler, men det er i dette studiet antatt at alle plastmaterialer gjenfunnet i prøver fra batchforsøket stammer fra det tilsatte plastmaterialet. Dersom det likevell er plastmaterialer tilstede i det syntetiske matavfallet, vil konsentrasjonen av plast overestimeres ved bruk av denne metoden, hvis tilsvarende plastmaterialer er benyttet i matavfallsposen. Om et tilsvarende batchforsøk skulle utføres for å gjøre en kvantitativ bestemmelse av plastmaterialer gjenfunnet i prøvene, er det behov for å opparbeide blankprøver. Dersom blankprøven viser å inneholde plastmaterialer, kan prøven med ukjent mengde plast korrigeres for konsentrasjonen funnet i blankprøven.

Det var ikke mulig å bestemme hva det syntetiske matavfallet bestod av, fra resultatene fra STA/FTIR-analysen. FTIR-spekteret hentet ut ved 439°C viser signaltopper som stemmer overens med spekteret for syrene eikosapentaensyre(EPA) og dokosahekansyre(DHA). Dette er syrer som er forventet å kunne finnes i det syntetiske matavfallet (Fongen, 2018).

STA/FTIR-analyse av prøver av substrat og biorest uten synlige plastmaterialer, viste at det ikke var mulig å detektere innhold av polyetylen i disse prøvene. Dette kan skyldes at konsentrasjonen av plastmaterialer er for lav til å gi et målbart signal ved FTIR-spektroskopi. Ved bestemmelse av tørrstoff- og askerest i prøvene av biorest fra batchforsøket, ble det observert svært små grønne partikler. Disse partiklene er resultat av fragmentering av plastskivene fra matavfallsposen. Disse partiklene kan så vidt sees med øyet, og det er muligheter for at partikler usynlig for øyet befinner seg løst fra plastpartiklene i bioresten. Disse partiklene vil være så små at det er behov for å bytte til et analyseprinsipp med høyere følsomhet, slik som Raman-spektroskopi, for å kunne bestemme mengden. Dersom et tilsvarende batchforsøk skulle blitt gjennomført senere, vil det derfor være av interesse å undersøke hvor mye av den kjente mengden plast tilsatt til en prøve som

finnes igjen i bioresten. I dette studiet ble det ikke undersøkt om det er mulig å bestemme plastmaterialer i prøver av substrat og biorest med synlig plast, uten kjemisk fordøyning. Effekten av oppkonsentrering ble derfor ikke testet på partikler i matriks, men på utplukkede partikler. Effekten av bedre identifikasjon er antatt overførbar, da tidligere studier har vist at plastmaterialer ned i en konsentrasjon på 1% vektbasis, kan identifiseres ved FTIR (Fongen, 2017).

STA-analysen av plastpartikler plukket ut fra ulike trinn i batchforsøket, viste store likheter mellom partiklene som var plukket ut fra prøve C1-p, C511-p, C511-p-KF og C511F1-p. Signalet for smeltepunkt ved 117°C for plastmaterialet, viser at kjemisk fordøyning bedrer signalet av plastmaterialet, slik som ønsket. FTIR-analyse viste at spektrene hentet ut ved størst gassutvikling fra partiklene ved 458°C, ga god identifikasjon av polyetylen, med søk mot biblioteket, og ga treff mot referansematerialet og plastmaterialet fra ubehandlet grønn plastpose. Treffraten med biblioteket ved søk på FTIR-spekter, viste ingen markant forskjell mellom partiklene hentet ut etter ulike behandlinger. Dette resultatet viser at plastmaterialet fra matavfallsposen forblir kjemisk uendret, og derfor kan bestemmes ved FTIR-analyse etter biogassproduksjonsprosessen og kjemisk fordøyning. Dette er avgjørende for å gjenfinne plastmaterialet i kjemisk fordøyde prøver av substrat og biorest. Dette resultatet viser at tilstedeværelsen av plastpartikler kan bli bestemt ved FTIR-spektroskopi, etter at plastmaterialene har gjennomgått THP Cambi, THP Cambi med syntetisk matavfall, THP Cambi med syntetisk matavfall og etterfulgt kjemisk fordøyning, og THP Cambi med syntetisk matavfall etterfulgt av biogass produksjon.

I alle prøver av kjemisk fordøyd substrat og biorest med synlige plastmaterialer, ble tilstedeværelsen av polyetylen bestemt ved FTIR-spektroskopi. Resultatene fra STA-analyse av kjemisk fordøyde prøver av substrat og biorest fra batchforsøket, viste at prøvene av substrat inneholder organiske forbindelser som ga massetap ved 300°C. Dette massetapet var ikke synlig for prøvene av biorest, da de trolig er fordøyd under biogassproduksjonen. Prøveparallellene analysert med oppvarming- nedkjøling- oppvarming og gjennomgått fullstendig oksidasjon av substrat og biorest, viste at ingen klar sammenheng mellom prøvematerialet og askeresten. Dette skyldes at plastmengden har variert mellom prøvene. Restmaterialet for første parallell av substrat og biorest, prøve 16 og 17, ble bestemt til 25-30% av innveid prøvemateriale. Askeresten for substrat, prøve 24 og 25, ble bestemt til henholdsvis 17,0% og 6,8% av innveid prøvemateriale, ved analyse. Forskjellen i askerest mellom parallellene tyder på at den kjemiske fordøyningen ikke har vært tilstrekkelig god for prøve 25, eller at det ikke har kommet inn tilstrekkelig O₂-gass for oksidasjon av prøve 24. Askeresten for bioresten, prøve 26 og 27, ble bestemt til henholdsvis 22,6% og 24,0% av innveid prøvemateriale. I studiet ble det benyttet delvislukkede prøveholdere, som fører til lite gassutveksling med prøvekommeret. Det

kan derfor ikke forsikres at tilstrekkelig O₂-gass har kommet inn til prøvematerialet for fullstendig oksidasjon av prøven.

Resultatene fra STA-analysen og beregnet askerest, viser at prøvene av substrat inneholder mer organisk materiale etter kjemisk fordøyning enn prøvene av biorest. Dette stemmer overens med at fermenteringen har forbrukt organisk materiale, og fjernet dette fra bioresten. Gjennomsnittlig askerest beregnet fra parallelle prøveuttak, vil kunne gi informasjon om hvor god den kjemiske fordøyningen av prøvematriksen er. I dette studiet ble det valgt å benytte innslipp av O₂-gass for oksidasjon av resterende karbonforbindelser i restmaterialet, ved oppvarming til 500°C. Dette resulterte i et betydelig massetap for parallellene analysert med innslipp av O₂-gass, sammenliknet med restmaterialet for første parallell.

STA-analyse av prøve C2M1-KF og C2M2-KF viste at de kjemisk fordøyde prøvene av matavfallet med tilsatt plastmateriale og Cevita-etiketter, inneholdt organisk materiale med lavere kokepunkt enn plastmaterialet tilsatt. Søk med FTIR-spekteret mot biblioteket ga lav treffrate for polyetylenmaterialer. Det var ikke mulig å bestemme at materialet var tilstede i prøven ved FTIR-spektroskopi. FTIR-spekteret viste en mer sannsynlig match med cellulose, vann og karbondioksid. Askeresten for prøve 28 C2M2-KF ble bestemt til 4,8% av innveid prøvemateriale, ved analyse. Dette resultatet viser at prøven inneholdt mye organisk materiale etter kjemisk fordøyning. Prøven kan ha inneholdt materialer fra Cevita-etiketten og matavfallsposen, men det var ikke mulig å identifisere disse fra analysen.

5.3.2 Lindum og Romerike biogassanlegg

5.3.2.1 Romerike biogassanlegg

Resultatet fra STA/FTIR-analyse av biogjødsel fra Romerike biogassanlegg uten synlige plastmaterialer, ga ingen god identifikasjon eller bestemmelse av tilstedeværelsen av plastmaterialer. Prøver av kjemisk fordøyde fast og flytende biorest fra Romerike biogassanlegg analysert ved STA/FTIR, viste at plastinnholdet i den faste biogjødselen er høyere enn i den flytende biogjødselen. STA-analysen med oppvarming-nedkjøling- oppvarming viser at prøven inneholder vann som fordampes fra prøver ved første oppvarming, og at noe organisk materiale ikke er fjernet ved kjemisk fordøyning. Prøvene av fast biogjødsel har en gjennomsnittlig askerest på 53,6% av innveid prøvemateriale ved analyse, sammenliknet med flytende biogjødsel som har henholdsvis 57,9% og 60,5%. Askeresten viser at over halvparten av prøvematerialet etter kjemisk fordøyning er fra uorganisk materiale. STA-analysen av de samme prøvene, viser at det største massetapet kommer fra plastmaterialer i prøvene.

Bestemmelse av plastmaterialene i prøvene var vanskelig med søk med FTIR-spekter mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket, da prøvene inneholdt en blanding av plastmaterialer som fordamper i det samme temperaturområdet. Dette tyder på at plastmaterialer fra feilsortering er en del av substratet som føres inn i biogassanlegget. Analyse av fremmedlegemer ved plukkanalyse på norsk husholdningsavfall, viser at matavfallet inneholder ca. 89% matavfall og 11 % fremmedlegemer. Av disse på ble 1,2% bestemt til å være plast, og 1,3% poser til emballering av matavfall (Marthinsen, 2017).

5.3.2.2 *Lindum biogassanlegg*

Resultatet fra STA/FTIR-analyse av prøver av fast og flytende biogjødsel uten synlig plast, fra Lindum biogassanlegg, ga ikke bestemmelse av plastmaterialer i prøvene. Resultatet fra STA-analyse av prøver av kjemisk fordøyd fast og flytende biogjødsel fra Lindum biogassanlegg, viste massetap fra lave temperaturer. Det totale massetapet er høyere for prøver av fast biogjødsel enn flytende biogjødsel, for alle paralleller. Prøvene analysert med oppvarming-nedkjøling- oppvarming viser at prøvene av fast og flytende biogjødsel inneholder vann som fjernes fra prøven ved første oppvarming. Oksidasjon av de samme prøvene gir et markant massetap. Prøvene av fast biogjødsel har en gjennomsnittlig askerest på 75,9% av innveid prøvemateriale ved analyse, til sammenlikning har flytende biogjødsel 75,5%. Askeresten viser at over hovedbestanddelen av prøvematerialet etter kjemisk fordøying er fra uorganisk materiale. Dette indikerer god oppkonsentrering av plastmaterialene i prøven, ved fjerning av annet organisk materiale. Resultatene fra STA-analysen viser at det er mulig å bestemme plastmaterialer i prøver av fast og flytende biogjødsel. DSC-kurvene viste at det er stor variasjon av mengden plastmateriale i prøven av flytende biogjødsel sammenliknet med fast biogjødsel.

Søk med FTIR-spekter mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket, viste ikke gode treff med plastmaterialer med passende kokepunkt. Derfor ble det ikke bestemt hvilke plastmaterialer biogjødselen inneholdt. FTIR-spekteret viser at vann fordamper fra prøvematerialet ved samme temperatur som kokepunktet for plastmaterialet som gir treff. Denne forstyrrelsen i spekteret kan ha ført til dårlig treffrate med FTIR-spekteret for plastmaterialet. Resultatet fra STA/FTIR-analysen viser at prøveopparbeidelsen har gjort det mulig å bestemme plastmaterialer i prøver fra fast og flytende biogjødsel, selv om gode treff for bestemmelse av plastmaterialene ikke var mulig i prøvene. Ved å ekskludere deler av spekteret der vann og CO₂ overlapper med FTIR-spekteret fra plastmaterialet, vil det kunne oppnås en bedre treffrate for noen prøver.

I et studie utført av NIVA for kartlegging av mikroplast i avløpsslam i Norge, ble det bestemt at polyetylen, etterfulgt av polyetylentereftalat (PET) og polypropylen, var hyppigst funnet i slammet.

Studiet viste også funn av styren butadien rubber (SBR) i slammet, et materiale som er mye benyttet i bildekk (Lusher *mfl.*, 2017). Studiet sammenliknet flere metoder for fjerning av organisk materiale fra slamprøvene, og konkluderte med at peroksidbaserte behandlinger var mest effektive. Studiet valgte å gå videre med kjemisk fordøyning med Fentons reagens, i kombinasjon med tetthetsseparasjon. Studiet viste også at kjemisk fordøyning med alkaliene behandlinger, førte til degradering av noen plastmaterialer. I den ene metoden som ble testet i studiet ble slamprøvene behandlet med 10M NaOH ved 60°C i 24 timer (Lusher *mfl.*, 2017).

I dette studiet ble det ikke vist degradering av plastmaterialer ved behandling med 10M NaOH i kokende vannbad i 1 time, etterfulgt av våt peroksidoksidasjon med 33% H₂O₂. Forskjellen i observasjon av degradering av plastmaterialer ved behandling av NaOH, kan skyldes forskjell i eksponeringstid.

Prøvepreparering for STA/FTIR-analyse av mikroplast, med kombinasjon av våt peroksidoksidasjon med Fe(II)-katalysator, etterfulgt av separasjon ved flotasjon av restmaterialene, vil være aktuelt å teste ut på prøver av substrat, bioresst og biogjødsel. Fordelen med metoden benyttet hos NIVA er at separasjonstrinnet følger etter kjemisk fordøyning. Ved å oppkonsentrere plastmaterialene i prøven før separasjon ved flotasjon vil problemene med tettheten av det organiske materialet i biogjødselen være betydelig redusert.

5.3.2.3 *Plastpartikler fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg*

Det ble valgt å plukke ut plastpartikler fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg, for å bedre kunne bestemme hvilke plastmaterialer som er tilstede i biogjødselen. STA/FTIR-analyse av de første partiklene plukket ut fra biogjødselen, viste at plastmaterialene kunne bestemmes etter at plastpartiklene var separert etter lys og mørk farge. De lyse partiklene, prøve 23 RBFF-PP- L, ble bestemt til å bestå av Acrylonitrille-butadienestyrene copolymer (ABS) og polystyren (PS). De mørke partiklene, prøve 23 RBFF-PP-M, kunne ikke bestemmes til å inneholde polyetylen. Dette skyldes trolig at mye vann, bundet i plastmaterialet, ble frigjort fra prøven når plastmaterialet nådde kokepunktet. Gassen fra prøven er utviklet ved temperaturen for kokepunktet til polyetylen (PE), som ga treff på FTIR-spekteret mot NIBIO-biblioteket. Derfor er det ikke usannsynlig at det var polyetylen (PE) som fordampet ved dette tidspunktet, og frigjorde vann som forstyrret spekteret.

Flere plastpartikler ble plukket ut fra fast biogjødsel, for å kunne bestemme bedre hvilke plastmaterialer som er tilstede i biogjødselen. Partiklene ble dele inn nærmere etter visuelle egenskaper. Separasjonen av plastpartiklene ga resultater fra STA/FTIR-analysen, med lite forstyrrelser på STA-kurver og i FTIR-spekteret.

FTIR-spektroskopi viste at grønn mikroplast i prøve 40 RBFF-PA ble bestemt til å inneholde polyetylen. Til tross for at partiklene var grønne i fargen og bestemt til å inneholde polyetylen, var ikke treffraten på 390 av 1000 med GP tilstrekkelig god til identifikasjon. Den beste treffraten var med EVA 60 % Vinylacetate polyetylen-co-vienyl acetate (2). Dersom det ble veid inn flere partikler med ulikt opphav, kan dette føre til et overlappende spekter, som igjen gir dårligere treff mot biblioteket. Under omvisning på Romerike biogassanlegg i forkant av dette studiet, ble det observert at utsorteringsanlegget feilplukket andre plastposer med grønnfarge, som matavfallsposer. Denne typen feilsortering kan føre til at partikler funnet igjen i biogjødselen, antas å være fra matavfallsposen, men egentlig kommer fra kilder med andre blandinger av polyetylenmateriale.

Prøve 41 RBFF-PB ble bestemt til å inneholde polystyren, med treffrate 796 av 1000 mot NIBIO-biblioteket. Prøve 42 RBFF-PC, 43 RBFF-PD og 46 RBFF-PG ble ikke identifisert som plastmaterialer, som følge av lav gassutvikling, og smelte- og kokepunkt registrert ved STA-analyse. Det ble heller ikke identifisert treff med plastmaterialer ved søk mot biblioteket fra FTIR-spektroskopi. Materialet i prøve 47 RBFF-PH ble bestemt til å ikke inneholde organiske materialer, eller ha smelte- eller kokepunkt mellom 0-550°C. Materialet som var sølvfarget kan tenkes å komme fra metallemballasje benyttet i matlaging, for eksempel aluminiumsfolie.

Prøve 45 RBFF-PF ga godt treff mot biblioteket mot acrylonitrill-styrenacetate copolymer og polystyrene ved 426°C. Plastmaterialet fikk også treff med EVA 60 % Vinylacetate polyetylen-co-vienyl acetate (2) og polyetylen (PE) ved 446°C. Treffraten er for lav til å bestemme at det var plastmateriale identifisert i prøven, men kokepunktet for materialene som gir treff, stemmer med temperaturen for uttak av FTIR-spekter. FTIR-spekteret viser forstyrrelser i spekteret, som kan komme fra vann, slik som observert i andre prøver. Dette kan være grunnen til den dårlige treffraten.

Prøve 44 RBFF-PE ble bestemt til å inneholde annet organisk materiale. Prøve 48 RBFF-PI, var forventet å inneholde plantematerialer som kunne bli forvekslet med plastmaterialer. Disse partiklene bar likheter i visuelle egenskaper, med partiklene plukket i prøve 44 RBFF-PE. Forskjellen mellom partiklene var at partiklene plukket i prøve E, smeltet ved test med varm nål. Dette gjorde ikke partiklene i prøve I. Partiklene i prøve I hadde også synlige fiberstrukturer. Ved søk mot biblioteket på FTIR-spekteret ble det foreslått treff med polyurethane og Cevita-etiketten. Dette spekteret ble tatt ut ved høyest gassutvikling ved 446°C, som er ved en mye høyere temperatur enn kokepunktet for materialene som gir treff.

Resultatet fra STA/FTIR-analyse av partiklene plukket fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg, viser at det er fremmedlegemer i biogjødselen som kan bestemmes som plast, eller feilplukket som

plast. Materialene sortert ut i prøve E, som var antatt å være plastmaterialer ved sortering med bruk av lupe og varm nål, kan ha inneholdt det samme materialet som partiklene sortert ut i prøve I.

6. Konklusjon

Studiet har vist at det er mulig å bestemme hvilke plastmaterialer som er tilstede i en prøve av substrat, bioest eller biogjødsel etter kjemisk fordøyning, ved bruk av analyseprinsippet STA/FTIR. Metoden for kjemisk fordøyning testet i dette studiet, viste seg egnet for å oppkonsentrere plastmaterialene fra den kompleks prøvematriks. Videre utvikling av metode for kjemisk fordøyning, vil være nødvendig for å utarbeide en standardisert prosedyre for analyse av mikroplast i komplekse prøvematrikser, som biogjødsel. Studiet viser også at det er mangler i FTIR-biblioteker som må utbedres, for å kunne presist identifisere og deretter kvantifiserte mengden plastmateriale i prøvematerialet.

Referanseliste

Adready, A. L. (1990) «Environmental Degradation of Plastics under Land and Marine Exposure Conditions», *Second International Conference on Marine Debris*, (April 1989), s. 848–869. Tilgjengelig på: http://swfsc.noaa.gov/publications/TM/SWFSC/NOAA-TM-NMFS-SWFSC-154_P848.PDF (Åpnet: 9. april 2018).

Avfall Norge (2017) *Bærekraftig biogass*. Tilgjengelig på: <https://www.avfallnorge.no/bransjen/avfallsforsk/bærekraftig-biogass> (Åpnet: 12. mars 2018).

Coutris, C. mfl. (2018) *Kartlegging av gummigranulat/mikroplast i jord nær kunstgressbaner*. Tilgjengelig på: https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2483329/NIBIO_RAPPORT_2018_4_4.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Åpnet: 4. april 2018).

Energigjenvinningsetaten Oslo kommune (ingen dato a) *Biogass og biogjødsel*. Tilgjengelig på: <https://www.oslo.kommune.no/avfall-og-gjenvinning/behandlingsanlegg-for-avfall/romerike-biogassanlegg/>.

Energigjenvinningsetaten Oslo kommune (ingen dato b) *Biologisk behandling av matavfall*.

Fongen, M. (2017) «Plast i jord - Muligheten for å bruke termiske analyser for bestemmelse av mikroplast».

Hildonen, H. (2016) *Overordnet tiltaksvurdering mot mikroplast*. Tilgjengelig på: http://www.miljodirektoratet.no/Global/Nyhetsbilder/Overordnet_tiltaksvurdering_mot_mikroplast.pdf.

Lindum (ingen dato a) *Hva gjør vi? | Lindum - for miljøets skyld*. Tilgjengelig på: <https://lindum.no/hva-gjor-vi/> (Åpnet: 13. mars 2018).

Lindum (ingen dato b) *Produksjon av biogass og landbrukskompost | Lindum - for miljøets skyld*. Tilgjengelig på: <https://lindum.no/nyheter/for-miljoets-skyld/biogass/> (Åpnet: 13. mars 2018).

Lovdata (2003) *Forskrift om gjødselvarer av organisk opphav [Regulations concerning fertilizer products of organic origin]*. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951> (Åpnet: 28. mai 2018).

Lusher, A. L. mfl. (2017) «Mapping microplastics in sludge», s. 7215–2017. Tilgjengelig på: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M907/M907.pdf> (Åpnet: 5. april 2018).

Mahat, S. (2017) *Separation and quantification of Microplastics from Beach and Sediment samples*

using the Bauta microplastic-sediment separator. Norwegian University of Life Sciences.

Marthinsen, J. (2017) «Kvalitet på substrat til biogassanlegg». Tilgjengelig på: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/dokumenter/Kvalitet-i-biogasssubstrat-2017-1.pdf> (Åpnet: 11. juni 2018).

Masura, J. *mfl.* (2015) «Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in water and sediments».

Mattilsynet (2003) *Veiledning til forskrift 4. juli 2003 nr 951 om gjødselvarer mv av organisk opphav.*

Tilgjengelig på:

https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_til_forskrift_om_gjodselvarer_mv_av_organisk_opphav.5967/binary/Veileder_til_forskrift_om_gjodselvarer_mv_av_organisk_opphav (Åpnet: 11. april 2018).

Netzsch (ingen dato) «Appendix Jupiter STA 449F1».

Nizzetto, L., Langaas, S. og Futter, M. (2016) «Pollution: Do microplastics spill on to farm soils?», *Nature*, 537(7621), s. 488. doi: 10.1038/537488b.

Norsk Vann (2010) «Stabilisering og hygienisering av avløpsslam – metoder i bruk i Norge».

Tilgjengelig på: https://www.norskvann.no/images/pdf/slambehandlingsmetoder_februar2010.pdf (Åpnet: 24. april 2018).

Scheurer, M. og Bigalke, M. (2018) «Microplastics in Swiss floodplain soils», *Environmental Science & Technology*, s. acs.est.7b06003. doi: 10.1021/acs.est.7b06003.

Schloss, P. D. *mfl.* (2005) «Quantifying bacterial population dynamics in compost using 16S rRNA gene probes», *Applied Microbiology and Biotechnology*, 66(4), s. 457–463. doi: 10.1007/s00253-004-1727-y.

Sundt, P., Schulze, P.-E. og Syversen, F. (2014) «Sources of microplastic- pollution to the marine environment Project report», (*Miljødirektoratet*), Norwegian Environment Agency, (M-321 2015), s. 86. doi: M-321|2015.

University of Portsmouth (ingen dato) *Engineering a plastic-eating enzyme | UoP News*. Tilgjengelig på: <http://uopnews.port.ac.uk/2018/04/16/engineering-a-plastic-eating-enzyme/> (Åpnet: 28. mai 2018).

Woldum Tordrup, S. (2017) *Partnerskab om mikroplast i spildevand 2017*. Tilgjengelig på:

<http://mst.dk/media/143341/partnerskab-om-mikroplast-i-spildevand-2017.pdf> (Åpnet: 11. januar

2018).

Ikke-skriftlige kilder

Fongen, Monica (2018) Personlig meddelelse. Norsk institutt for bioøkonomi. Ås i Akershus.

Govasmark, Espen (2017) Personlig meddelelse. Romerike biogassanlegg. Nes i Romerike.

Joner, Erik (2018) Personlig meddelelse. Norsk institutt for bioøkonomi. Ås i Akershus.

Solli, Linn (2018) Personlig meddelelse. Norges miljø og biovitenskaplige universitet. Ås i Akershus.

Vedlegg A – Prøvepreparering

1. Batcforsøk

Plastskivene av den grønne matavfallsposen ble bestemt til å veie gjennomsnittlig 1,790mg, fra vektene presentert i tabell 1.

Tabell 1. Vekt bestemmelse av en skive GP med diameter 8 mm

PLASTSKIVE	VEKT [MG]	GJENNOMSNITT + STANDARDAVVIK [MG]
NR.1	1,717	1,79 ± 0,064
NR.2	1,838	
NR.3	1,815	

Mengden materiale hentet ut fra skudd fem, seks og syv etter THP Cambi veid ut fra fluschkjelen, ble veid inn i en ny kjele. Vekten av vått substrat er presentert for hvert skudd i tabell 2.

Tabell 2. Mengde materiale hentet ut fra skudd fem, seks og syv etter THP Cambi

PRØVE SKUDD	VEKT VÅTPRØVE [G]
5	1845,9
6	2020,6
7	2061,0

Tørrstoffet i materialet hentet ut etter THP Cambi, ble bestemt for de tre prøvene. Det ble beregnet ved å trekke vekten av aluminiumsbegeret fra totalvekten av våt prøve og tørt prøvemateriale etter tørking til 105°C grader. Vekten tørrstoffet utgjorde ble så bestemt ved å dele tørrvekt på våtvekt prøvemasse og gange opp med 100 for å få det i prosent. Askeresten ble beregnet på tilsvarende måte med verdiene for tørr og våt prøve etter forasking ved 550°C grader.

Vekter benyttet i beregning av tørrstoff, organisk tørrstoff og askerest for prøve C5I1, C6I2 og C7I3 er presentert i tabell 3-5.

Tabell 3. Beregning av tørrstoff og organisk tørrstoff C5, C6 og C7 etter THP

PRØVE	ALUMINIUMBEGER [G]	ALUB. + VÅTPRØVE [G]	ALUB. + TØRRPRØVE [G]
C511	1,8786	23,260	5,4234
C612	1,9286	17,177	3,8883
C713	1,8868	21,668	4,3981

Tabell 4. Beregning av tørrstoff for prøve C511, C612 og C713

PRØVE	ALUB. - VÅTPRØVE [G]	ALUB. - TØRRPRØVE [G]	BEREGNET TØRRSTOFF [%]
C511	21,3814	3,5448	16,58
C612	15,2484	1,9597	12,85
C713	19,7812	2,5113	12,70

Tabell 5. Beregning av askerest for prøve C511, C612 og C713

PRØVE	ALUB. - TØRRPRØVE [G]	ALUB. + FORASKET PRØVE [G]	ALUB. - FORASKETPRØVE [G]	BEREGNET ASKEREST [%]
C511	3,5448	2,2157	0,34	9,51
C612	1,9597	2,1207	0,19	9,80
C713	2,5113	2,1179	0,23	9,20

Basert på tørrstoffberegningen i prosent, ble tørrstoffinnholdet justert i prøvene før inkubasjoner. Volum prøve og tilsatt vann er presentert i tabell 6.

Tabell 6. Volum prøve, tilsatt vann og tørrstoffinnhold

PRØVE	VOLUM (ML)	TILSATT VANN (ML)	PROSENT TØRRSTOFF %
I1	150	150	8,29
I2	200	100	8,57
I3	200	100	8,46

Prøvene ble tilsatt inokulum på vektbasis som vist i tabell 7. Dette inokulumet hadde tørrstoffinnhold på 4,35% og organisk tørrstoff på 70,65% av tørrstoffet, etter tørking av en prøve på 105grader/24timer. Innhold organisk tørrstoff ble bestemt etter forasking av prøver ved 550°C (Solli, 2018).

Tabell 7. Tilsatt inokulum før inkubering og biogassproduksjon

PRØVE	VEKT (G)	VOLUM (ML)
I1	5,8	6
I2	6,1	6
I3	6,1	6

Tørrstoff og askerest ble bestemt for prøvene satt til biogassproduksjon etter korreksjon av tørrstoff innholdet. Resultatene fra dette er presentert i tabell 8-10.

Tabell 8. Beregning av tørrstoff og organisk tørrstoff 5I1F1, C6I2F2 og C7I3F3 etter THP Cambi

PRØVE	ALUMINIUMBEGER [G]	ALUB. + VÅTPRØVE [G]	ALUB. + TØRRPRØVE [G]
C5I1F1	4,0481	84,0170	10,665
C6I2F2	4,0578	95,0400	11,251
C7I3F3	4,0450	86,1200	10,258

Tabell 9. Beregning av tørrstoff for prøve C5I1F1, C6I2F2 og C7I3F3

PRØVE	VÅTPRØVE - ALUB [G]	TØRRPRØVE- ALUB. [G]	BEREGNET TØRRSTOFF [%]
C5I1F1	79,969	6,6169	8,27
C6I2F2	90,982	7,1932	7,91
C7I3F3	82,075	6,2130	7,57

Tabell 10. Beregning av askerest for prøve C511F1, C612F2 og C713F3

PRØVE	TØRRPRØVE - ALUB. [G]	FORASKET PRØVE + ALUB. [G]	FORASKET PRØVE - ALUB. [G]	BEREGNET ASKEREST [%]
C511F1	6,6169	4,7828	0,73	11,10
C612F2	7,1932	4,8155	0,76	10,53
C713F3	6,2130	4,6878	0,64	10,35

2. SEM-analyse

Plastpartikler plukket ut fra substrat og biorest fra batchforsøket ble kjemisk fordøyd for analyse på SEM. Fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg og etter sentrifuge plast ble kjemisk fordøyd for analyse på SEM. Prøvene preparert til SEM-analyse er presentert i tabell 11. Partiklene med prøve ID C1-P-KF og C511-P-KF ble ikke analysert på SEM, og derfor benyttet i STA/FTIR analyse.

Tabell 11. Kjemisk fordøying partikler fra batchforsøket, og materiale fra Romerike biogassanlegg til SEM-analyse.

PRØVE ID	BEHANDLING	PRØVE BESKRIVELSE	VEKT TOMT SENTRIFUGERØR (G)	VEKT VÅT PRØVEMASSE (G)	TILSATT NAOH (G)	VEKT RENT FILTER (G)	TILSATT H2O2 (ML)	FILTER MED FILTRAT (G)	RESTMATERIALE TIL ANALYSE (G)
C1-P-KF	Kjemisk fordøying	Plast kjørt gjennom THP Cambi første skudd	13,8	-	20,7	0,127	20	0,131	-
C511-P-KF	Kjemisk fordøying	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi	13,8	-	21,6	0,138	20	0,148	-
C612-P-KF	Kjemisk fordøying	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi .	13,8	-	20,8	0,143	20	0,144	-
C713-P-KF	Kjemisk fordøying	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi .	13,8	-	23,5	0,153	20	0,144	-

RBFF-P-KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fast biogjødsel	13,851	0,507	25,3	0,091	20	0,130	0,039
RBESP-KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - etter sentrifuge plast	13,850	0,515	22,6	0,089	20	0,257	0,168

3. STA/FTIR-analyse

Prøver ble opparbeidet for STA/FTIR-analyse. Informasjon om prøvene er presentert i tabell 12-15.

Plastpartikler ble plukket ut fra ulike prøver fra batchforsøket. Plastpartikler, behandling, prøvebeskrivelse og innveid prøvemateriale ved analyse er presentert i tabell 12. Prøve nummer 14 er partikkelen preparert for SEM-analyse.

Tabell 12. Plastpartikler plukket fra batchforsøk til STA/FTIR-analyse

PRØVE NUMMER PÅ STA/FTIR	PRØVE ID	BEHANDLING	PRØVE BESKRIVELSE	VEKT TIL ANALYSE
12	C1-p	Utplukket	Plast kjørt gjennom THP Cambi i første skudd	2,57
13	C5I1-p	Utplukket plast	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP.	2,03
14	C5I1-P-KF	Kjemisk fordøying	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP.	2,47
15	C5I1F1-p	Utplukket plast	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP.	8,04

Prøver av substrat og biorest fra batchforsøket ble kjemisk fordøyd for STA/FTIR analyse. Verdier for innveid vekt biogjødsel, fordøyelseskjemikalier, og vekt ved analyse er presentert i tabell 13.

Tabell 13. Kjemisk fordøyning av substrat og biorest fra batchforsøket til STA/FTIR-analyse

PRØVE NUMMER PÅ STA/FTIR	PRØVE ID	BEHANDLING	PRØVE BESKRIVELSE	VEKT TOMT SENTRIFUGERØ R (G)	VEKT TØRR BIOGJØDSE L (G)	TILSAT T NAOH (G)	VEKT RENT FILTE R (G)	TILSAT T H2O2 (ML)	FILTER MED FILTRA T (G)	RESTMATERIAL E TIL ANALYSE (G)	UTVEID PRØVE TIL ANALYS E (MG)
16	C5I1 (KF)	Kjemisk fordøyning	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi .	13,934	0,499	24,4	0,136	20	0,308	0,172	3,45
24	C6I2 (KF)	Kjemisk fordøyning	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi .	13,748	0,504	24,5	0,139	20	0,304	0,165	4,29
25	C7I3 (KF)	Kjemisk fordøyning	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi .	13,998	0,498	25,9	0,13	20	0,284	0,154	5,72
17	C5I1F1(KF)	Kjemisk fordøyning	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi , og inkubert i 14 dager.	13,781	0,5	23	0,161	20	0,398	0,237	6,12
26	C6I2F2 (KF)	Kjemisk fordøyning	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi , og inkubert i 14 dager.	13,830	0,543	23,1	0,128	20	0,339	0,211	4,33
27	C7I3F3 (KF)	Kjemisk fordøyning	Syntetisk matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi , og inkubert i 14 dager.	13,888	0,513	24,1	0,153	20	0,383	0,23	6,20
18	C2M1 (KF)	Kjemisk fordøyning	Matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi .	13,783	0,484	24,1	0,118	20	0,309	0,191	6,32
28	C2M2 (KF)	Kjemisk fordøyning	Matavfall + plast kjørt gjennom THP Cambi .	13,800	0,438	24,5	0,091	20	0,231	0,14	4,96

Biogjødsel fra Lindum og Romerike biogassanlegg ble kjemisk fordøyd for STA/FTIR analyse. Verdier for innveid vekt biogjødsel, fordøyelseskjemikalier, og vekt ved analyse er presentert i tabell 14.

Tabell 14. Kjemisk fordøying av biogjødsel fra Lindum og Romerike biogjødsel for STA/FTIR analyse

PRØVE NUMMER PÅ STA/FTI R	PRØVE ID	BEHANDLING	PRØVE BESKRIVELSE	VEKT TOMT SENTRIFUGERØ R (G)	VEKT VÅT BIOGJØDS EL (G)	TILSATT NAOH (G)	VEKT RENT FILTER (G)	TILSA TT H2O2 (ML)	FILTER MED FILTRAT (G)	RESTMATERIA LE TIL ANALYSE (G)	UTVEID PRØVE TIL ANALYSE (MG)
19	RBFF-1-KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fast biogjødsel	13,933	0,507	25,8	0,091	20	0,247	0,156	7,51
29	RBFF-2-KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fast biogjødsel	13,763	0,518	25,2	0,118	20	0,291	0,173	2,64
30	RBFF-3-KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fast biogjødsel	13,961	0,510	25,0	0,140	20	0,305	0,165	5,84
31	RBFF-4-KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fast biogjødsel	13,796	0,522	25,0	0,122	20	0,298	0,176	7,90
21	LBBF-1-KF	Kjemisk fordøying	Lindum biogass anlegg - Biorest avvannet	13,816	0,504	25,7	0,133	20	0,436	0,303	8,55
34	LBBF-2-KF	Kjemisk fordøying	Lindum biogass anlegg - Biorest avvannet	13,879	0,501	25,0	0,125	20	0,431	0,306	11,84
35	LBBF-3-KF	Kjemisk fordøying	Lindum biogass anlegg - Biorest avvannet	13,765	0,503	25,0	0,161	20	0,467	0,306	8,45
36	LBBF-4-KF	Kjemisk fordøying	Lindum biogass anlegg - Biorest avvannet	13,794	0,533	26,0	0,154	20	0,458	0,304	7,72
20	RBFFLY-1- KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fullgo flytende	13,883	0,502	24,8	0,122	20	0,255	0,133	5,40
-	RBFFLY-2- KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fullgo flytende	13,848	0,498	25,9	0,142	20	-	-	-
32	RBFFLY-3- KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fullgo falytende	13,784	0,503	24,8	0,127	20	0,240	0,113	6,25
33	RBFFLY-4- KF	Kjemisk fordøying	Romerike biogass anlegg - Fullgo flytende	13,846	0,497	24,4	0,091	20	0,212	0,121	8,33
22	LBBFLY-1- KF	Kjemisk fordøying	Lindum biogass anlegg - Biorest flytende	13,782	0,499	24,7	0,137	20	0,417	0,280	16,86
37	LBBFLY-2- KF	Kjemisk fordøying	Lindum biogass anlegg - Biorest flytende	13,798	0,500	24,7	0,080	20	0,361	0,281	15,23
38	LBBFLY-3- KF	Kjemisk fordøying	Lindum biogass anlegg - Biorest flytende	13,886	0,501	25,9	0,154	20	0,447	0,293	16,46
39	LBBFLY-4- KF	Kjemisk fordøying	Lindum biogass anlegg - Biorest flytende	13,773	0,515	23,8	0,164	20	0,460	0,296	12,37

Prøver av plastmaterialer, biorest, substrat og biogjødsel ble opparbeidet for STA/FTIR-analyse. Innveid prøvemateriale er presentert i tabell 15.

Tabell 15. Innveid vekt ved analyse for plastmaterialer og prøver av substrat, biorest og biogjødsel for STA/FTIR-analyse

PRØVE NUMMER PÅ STA/FTIR	PRØVE ID	BEHANDLING	PRØVE BESKRIVELSE	VEKT TIL ANALYSE
1	G.P.	Ubehandlet	Grønn matavfallspose	1,71
2	N.F	Ubehandlet	Nylon filteret benyttet ved kjemisk fordøying	1,75
3	P.F	Ubehandlet	Plastfolie.	2,04
4	Cevita	Ubehandlet	Cevita etikett benyttet i batchforsøk	2,5
5	SM.K	Tørket	Syntetisk matavfall knust pellet	15,13
6	C7I3-Bakgr	Tørket	Syntetisk matavfall etter THP Cambi og biogassproduksjon, uten synlig plast.	8,95
7	C7I3F3-Bakgr	Tørket	Syntetisk matavfall etter THP Cambi og biogassproduksjon, uten synlig plast.	8,95
8	RB.FF-Bakgr	Tørket	Romerike fast biogjødsel, uten synlig plast.	11,21
9	RB.FFLY-Bakgr	Tørket	Romerike flytender biogjødsel, uten synlig plast.	8,05
10	LB.BF-Bakgr	Tørket	Lindum fast biogjødsel uten synlig plast	14,09
11	LB.BFLY-Bakgr	Tørket	Lindum flytende biogjødsel uten synlig plast	2,96

Innveid vekt for prøver av plastmaterialer plukket ut fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg er presentert i tabell 16.

Tabell 16. Vekt av plastpartikler plukket ut fra fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg

PRØVE NUMMER PÅ STA/FTIR	PRØVE ID	BEHANDLING	PRØVE BESKRIVELSE	UTVEID PRØVE TIL ANALYSE (MG)
23-L	RBFF-PP-L	Plukket plast fra biogjødsel	Lyse partikler	5,91
23-M	RBFF-PP-M	Plukket plast fra biogjødsel	Mørke partikler	2,96
40	RBFF-P-A	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Grønne partikler	1,39
41	RBFF-P-B	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Gule partikler	3,98
42	RBFF-P-C	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Hvite flak	0,20
43	RBFF-P-D	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Grått flak	0,33
44	RBFF-P-E	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Transparange flak	1,71
45	RBFF-P-F	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Hvite partikler	2,17
46	RBFF-P-G	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Sorte partikler	0,23
47	RBFF-P-H	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Sølv partikler	0,60
48	RBFF-P-I	Plukket fra biogjødsel og vasket med springvann	Mulige planterester	1,08

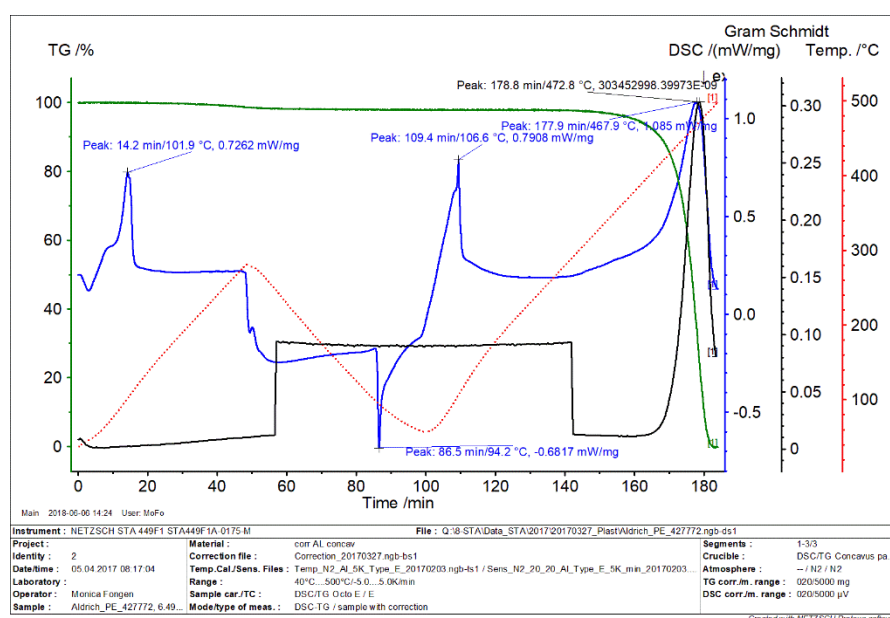
Vedlegg B – Utvidede resultater

1. Batchforsøk

1.1. TA/FTIR resultater fra analyse av referansemateriale av polyetylen

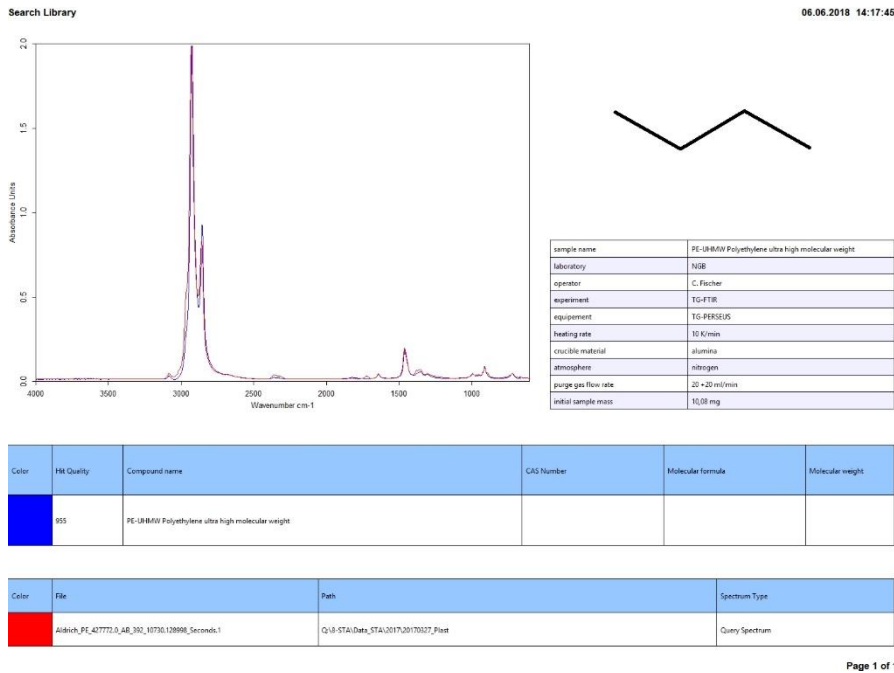
Polyetylen fra Sigma Aldrich [*Sigma Aldrich Chemistry, Polyethylene, CAS:9002-88-4, 42772-250G Lot # MKBV8837V, USA*] ble benyttet som referanse materiale ved STA/FTIR analyse av mikroplast i substrat, biorest og biogjødsel i dette studiet.

Resultatet fra STA-analyse er presentert i figur 1, og FTIR-spekter med søk mot biblioteket i figur 2. STA-analysen ble fortatt med oppvarming fra 40°C-500°C grader med opp og nedvarming 5.0K/min, med tilstedeværelsen av bæregass nitrogen (N₂)-gass. Kokepunktet for materialet ble bestemt til 472,8°C grader fra Gram Schmidt(GS)- kurven. Termogrammet(TG) viser at materialet er termostabil frem til kokepunktet, og at opp og nedkjøling påvirker materialet i liten grad. Differential scanning calorimetry(DSC)-kurven viser at toppen for smeltepunktet til materialet er ved 101,9°C grader ved første oppvarming, og toppen finnes igjen ved neste oppvarming ved 106,6°C grader.



Figur 1. Resultater fra STA-analyse av polyetylen fra Sigma Aldrich

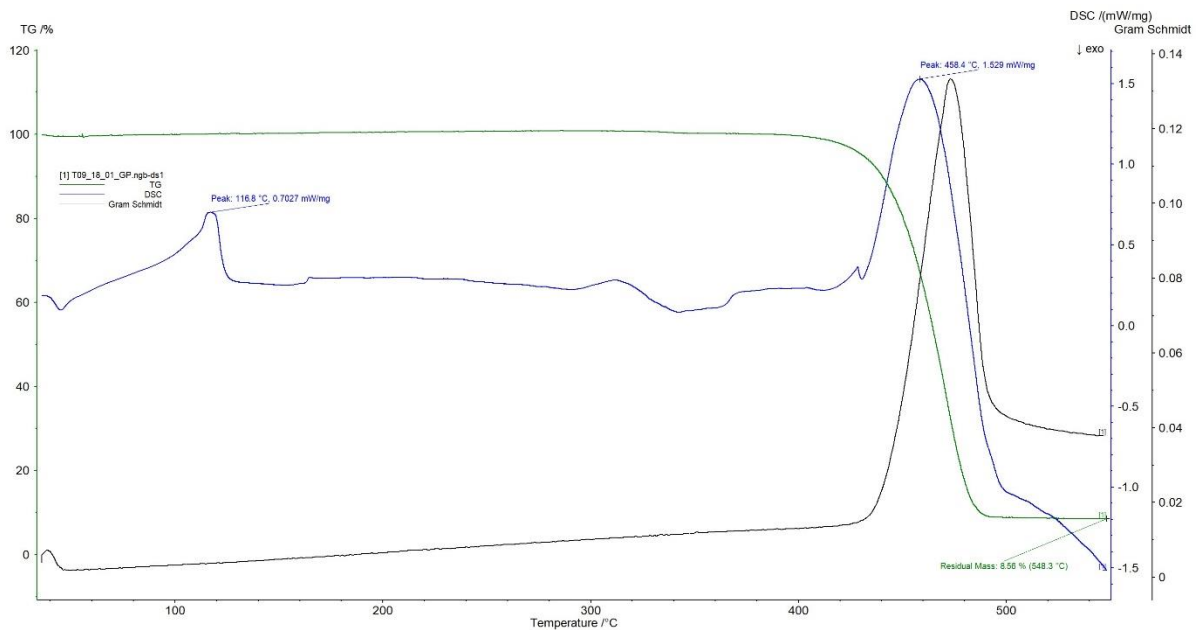
FTIR-spekteret tatt ut ved kokepunktet viser treff mot Polyethylene ultra high molecular weight (PE-UHMW) med treffrate på 955 av 1000, presentert i figur 2. Dette treffet identifiserer materialet som polyetylen fra FTIR-spekteret.



Figur 2. FTIR-spekter for polyetylen fra aldrich hentet ut ved 473°C grader med søk mot biblioteket

1.2. STA/FTIR resultater fra analyse av den grønne matavfallsposen

Resultatet fra STA analyse av prøve 1 GP er presentert i figur 3. TG-, DSC- og GS-kurver er plottet som en funksjon av tid. Smeltepunktet for plastmaterialet er bestemt ved 116,8°C grader, og kokepunktet ved 458,4°C grader. Etter fullstendig oppvarming er aske resten bestemt til 8,56% ved 548,3°C av innveid tørrvekt prøve.



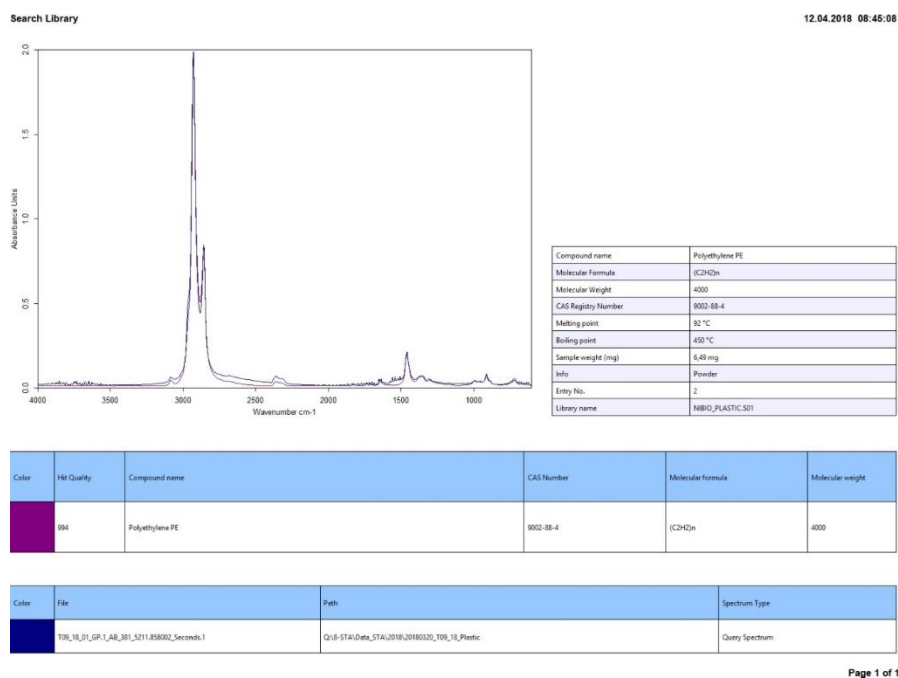
Figur 3. Resultater fra STA-analyse av plast materialet i den grønne matavfallsposen, prøve 1 GP. TG-kurven er illustrert i grønt, DSC-kurven i blått og GS-kurven i sort.

Massetap i prosent ble beregnet for prøve 1 GP fra rest masse verdien funnet ved STA-analyse med oppvarming til 500°C grader og likning 1.

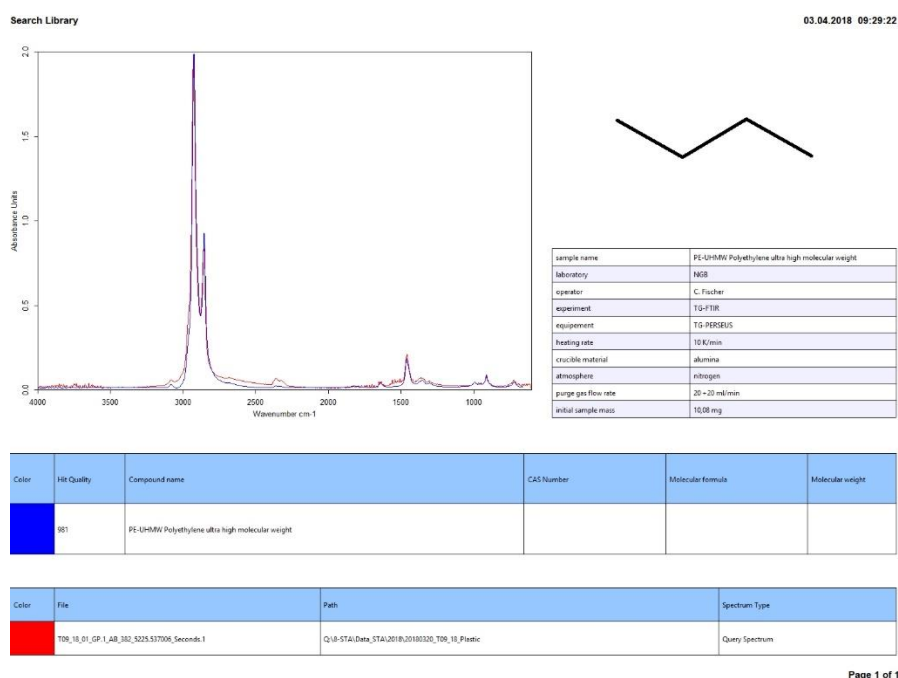
$$1) \text{ Massetap } [\%] = 100\% - \text{ Rest masse } [\%]$$

$$= 100\% - 8,56\% = \underline{\underline{91,44\%}}$$

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 1 etter oppvarming til 473°C grader. FTIR-spekteret presentert i figur 4, viser treff rate 994 av 1000 med referansemateriale Polyethylen(PE) ved søk mot biblioteket. Det samme spekteret, presentert i figur 5, viser treff rate 981 av 1000 med Polyethylen ultra high molecular weight(PE-UHMW) ved søk mot Netzsch-biblioteket.



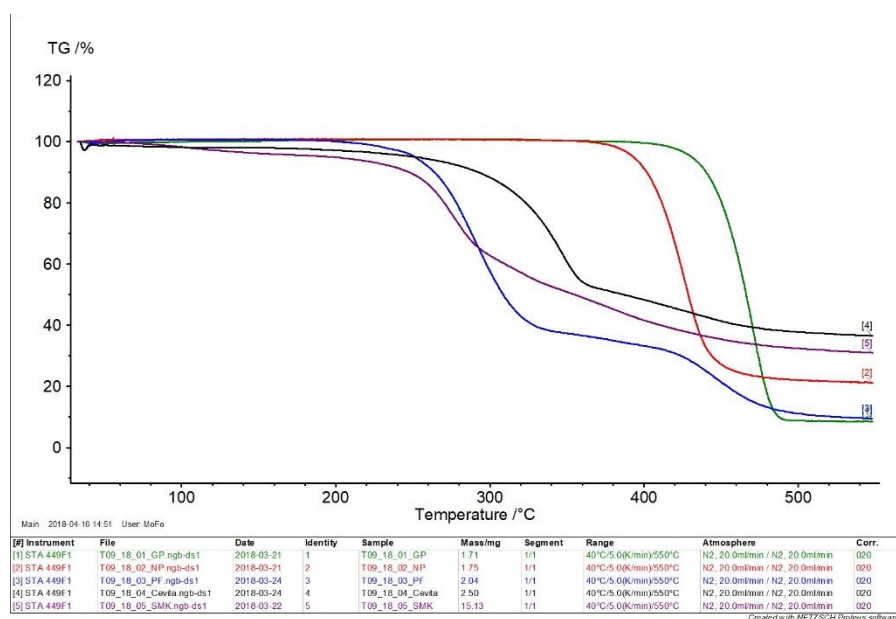
Figur 4. FTIR-spekter hentet ut for prøve 1 GP ved 473°C grader med søk mot Biblioteket



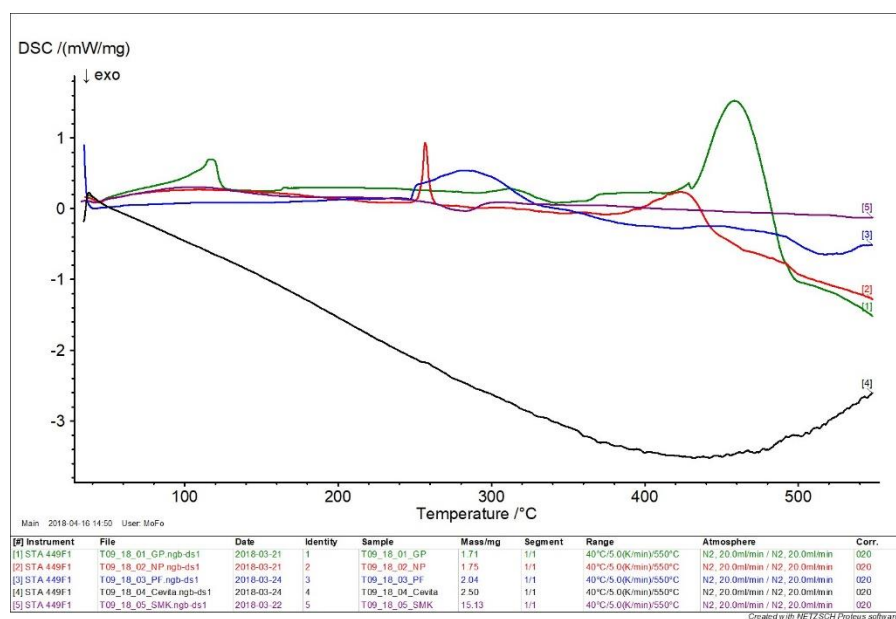
Figur 5. FTIR-spekter hentet ut for prøve 1 GP ved 473°C grader med søk mot Biblioteket

1.3. STA/FTIR analyse av plastmaterialer og syntetisk matavfall

Resultatene fra STA-analyse av prøve 1 GP, 2 NP, 3 PF, 4 Cevita og 5 SMK er presentert i figur 4 og 5. TG- og DSC-kurven er plottet som en funksjon av tid i henholdsvis figur 6 og 7.

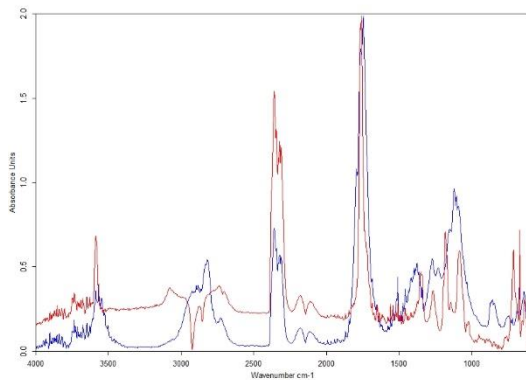


Figur 6. TG-kurve for prøve 1-5 opparbeidet ved STA-analyse



Figur 7. DSC-kurve for prøve 1-5 opparbeidet ved STA-analyse

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 2 NF etter oppvarming til 428°C grader. FTIR-spekteret presentert i figur 8, viser treff med furu yteved med treff rate på 569 av 1000 ved søk mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket.



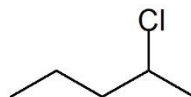
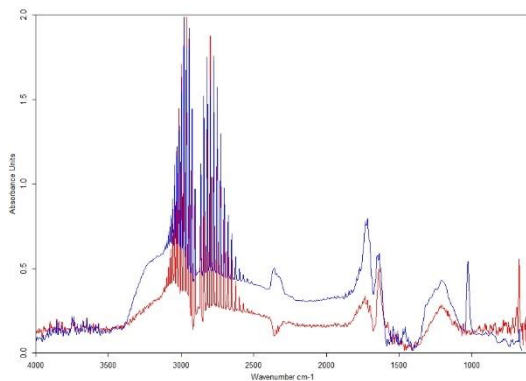
Compound name	Furu ystved 40 mesh
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Sample weight (mg)	February 2002
Entry No.	11
Library name	NBILIBS01
Library description	Library for NBIO
Copyright	NBIO

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	509	Furu ystved 40 mesh			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_02_NP0_AB_342_4876_190908_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180303_T10_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 8. FTIR-spekter hentet ut for prøve 2 NF ved 428°C grader med søk mot Biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 3 PF etter oppvarming til 297°C grader. Spekteret gir treff med Chlorinated polyethylene rubber(CM)(2) med treff rate 752 av 1000 ved søk mot Biblioteket, presentert i figur 9.



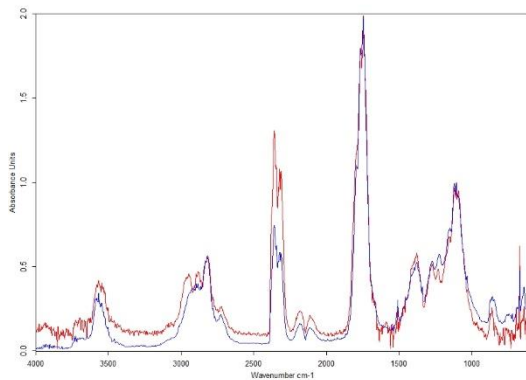
sample name	CM Chlorinated polyethylene rubber (2)
laboratory	NBIO
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 ± 20 ml/min
initial sample mass	5,00 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	752	CM Chlorinated polyethylene rubber (2)			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_03_P02_AB_226_226_3091_596005_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180303_T10_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 9. FTIR-spekter hentet ut for prøve 3 PF ved 297°C grader med søk mot Biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 4 Cevita etter oppvarming til 348°C grader. Spekteret gir treff med Maple med 530 rate på 752 søk mot biblioteket, presentert i figur 10.



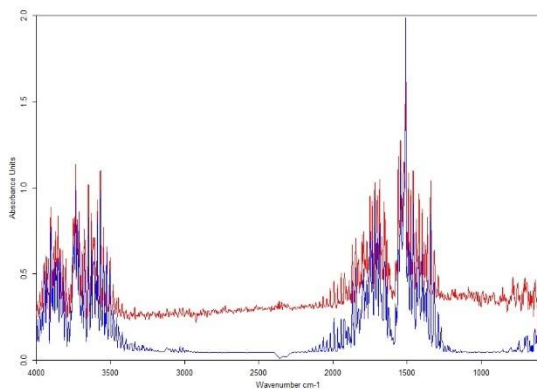
Compound name	Magle 0.5 mm
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Sample weight (mg)	7.98 mg
Entry No.	12
Library name	NIB_LIB.S01
Library description	Library for NIBIO
Copyright	NIBIO

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	530	Magle 0.5 mm			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_04_Cevita_0_48_271_3706781002_Seconds:1	Q:\8-STAI\Data_STAI\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 10. FTIR-spekter hentet ut for prøve 4 Cevita ved 348°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 5 SM-K etter oppvarming til 111°C, 281°C, 316°C og 439°C grader. FTIR-spekteret presentert i figur 11, viser treff med vann treff rate på 776 av 1000 ved søk mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket.



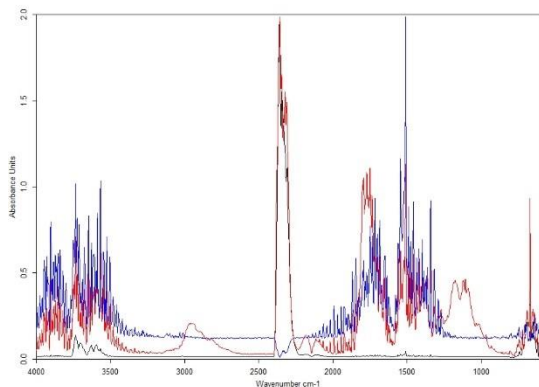
Compound name	Water
Molecular Formula	H2O
Molecular Weight	18.016 g/mol
CAS Registry Number	7732-18-5
Melting point	0 °C
Boiling point	100 °C
Entry No.	1
Library name	NIB_LIB.S01
Library description	Library for NIBIO
Copyright	NIBIO

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	776	Water	7732-18-5	H2O1	18.016

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_05_SM-K_4_48_061_700004_Seconds:0	Q:\8-STAI\Data_STAI\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 11. FTIR-spekter hentet ut for prøve 5 SM-K ved 111°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekteret presentert i figur 12, viser treff med vann og karbondioksid med treff rate på henholdsvis 831 av 1000 og 170 av 10000 ved søk mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket.



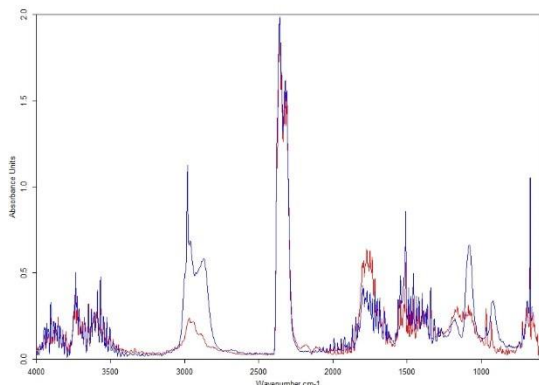
Compound name	Water
Molecular Formula	H2O
Molecular Weight	18.016 g/mol
CAS Registry Number	7732-18-5
Melting point	0 °C
Boiling point	100 °C
Sample weight (mg)	1.78 g
Entry No.	2
Library name	NIB_LIB501
Library description	Library for NIBIO

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	831	Water	7732-18-5	H2O1	18.016
Black	170	Carbon dioxide		CO2	44

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_05_SMK_4_AB_210_2872_354008_Seconds.1	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 12. FTIR-spekter hentet ut for prøve 5 SM-K ved 281°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekteret presentert i figur 13, viser treff med Unsaturated polyester resin(UP) med treff rate på 733 av 1000 ved søk mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket. Dette er ikke et godt treff da, det er fortsatt mye vann og karbondioksid tilstede ved denne temperaturen.



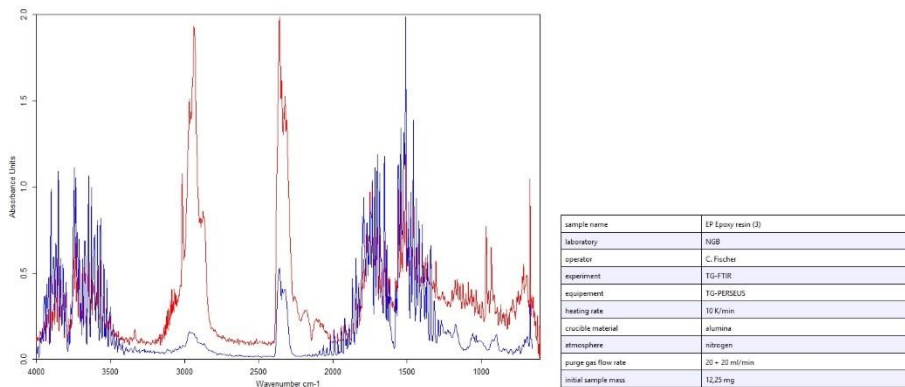
sample name	UP Unsaturated polyester resin (1)
laboratory	NIB
operator	C. Fischer
experiment	TG-FTIR
equipment	TG-PEISEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10.81 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular Formula	Molecular weight
Blue	733	UP Unsaturated polyester resin (1)			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_05_SMK_4_AB_244_3337_359008_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 13. FTIR-spekter hentet ut for prøve 5 SM-K ved 316°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekteret presentert i figur 14, viser treff med Epoxy resin(EP) med treff rate på 655 av 1000 ved søk mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket. Dette er ikke et godt treff da, det er mye vann og karbondioksid tilstede ved denne temperaturen.



Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular Formula	Molecular weight
Blue	655	EP Epoxy resin (3)			

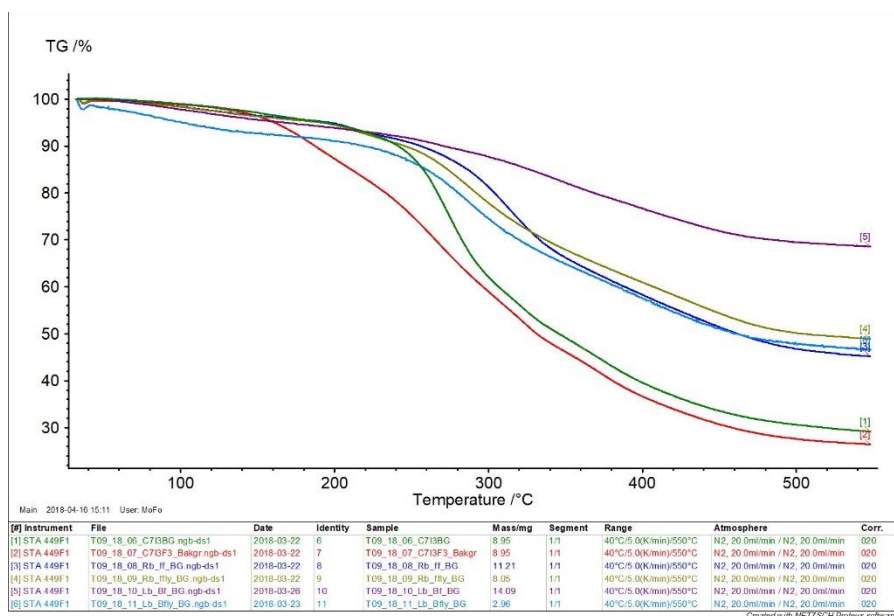
Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_05_SMK_4_A8_350_478737008_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

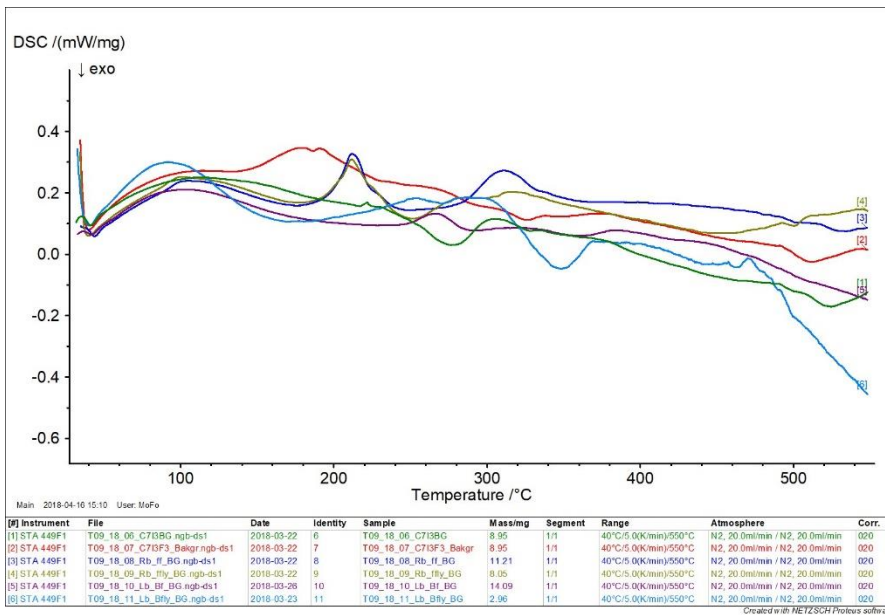
Figur 14. FTIR-spekter hentet ut for prøve 5 SM-K ved 439°C grader med søk mot biblioteket

1.4. STA/FTIR analyse av prøver av substrat og biorest fra batchforsøk, samt biogjødsel fra Lindum og Romerike biogassanlegg uten synlig plastmaterialer.

Resultatene fra STA-analyse av prøve 6 C7I3-bakgrunn, 7 C7I3F3 bakgrunn, 8 RBFF-bakgrunn, 9 RBFFLY-bakgrunn, 10 LBBF-bakgrunn og 11 LBBFLY-bakgrunn er presentert i figur 15 og 16. TG- og DSC-kurven er plottet som en funksjon av tid i henholdsvis figur 15 og 16.



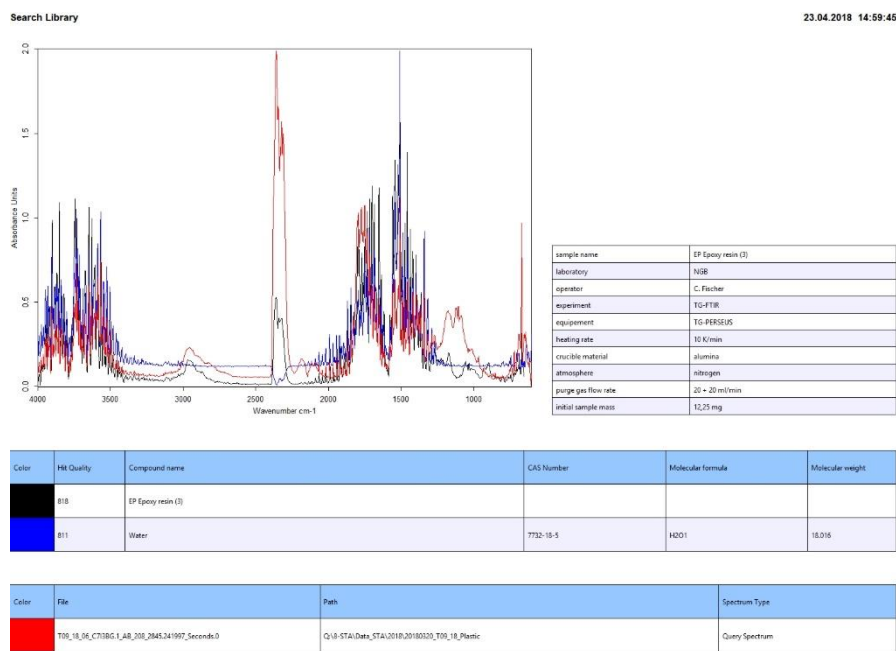
Figur 15. TG-kurve for prøve nummer 6-11 opparbeidet ved STA-analyse



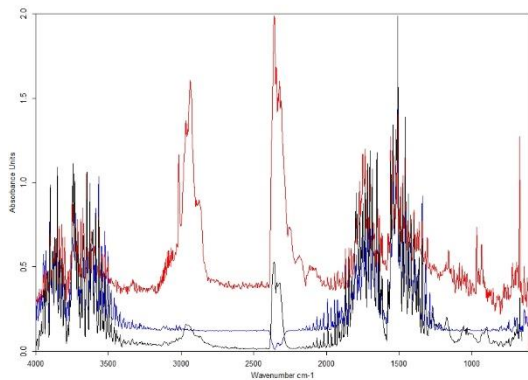
Figur 16. DSC-kurve for prøve nummer 6-11 opparbeidet ved STA-analyse

1.4.1. FTIR fra substrat fra batchforsøk

FTIR-spekter er hentet ut for prøve nummer 6 C713-bakgrunn etter oppvarming til 316°C grader og 436°C grader. Ved søk mot biblioteket gir spekteret hentet ut ved 316°C grader treff rate 818 og 811 med Epoxy resin (EP)(3) og vann presentert i fiugr 17. Spekteret hentet ut ved 436°C grader gir henholdsvis 706 og 682 treff rate med de samme forbindelsene, presentert i figur 18.



Figur 17. FTIR-spekter hentet ut for prøven 6 C713-bakgrunn ved 316°C grader med søk mot biblioteket



sample name	EP Epoxy resin (3)
laboratory	NRB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	12,25 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Black	706	EP Epoxy resin (3)			
Blue	682	Water	7732-18-5	H2O1	18,016

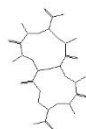
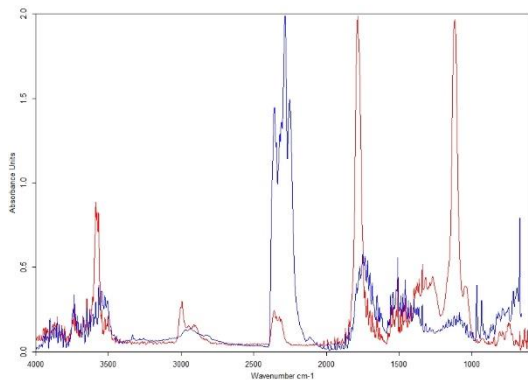
Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_04_C713B3_1_08_140_4773,85500_Seconds.0	Q:\8-ST4\Data_ST4\2018\20180330_T10_18_Rheolic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 18. FTIR-spekter hentet ut for prøve 6 C713-bakgrunn ved 436°C grader med søk mot biblioteket

1.4.2. FTIR fra biorest fra batchforsøk

FTIR-spekter er hentet ut for prøve nummer 7 C713F3-bakgrunn etter oppvarming til 198°C grader, 260°C grader og 454°C grader, presentert i henholdsvis figur 19, 20 og 21. Spekteret hentet ut ved 198°C grader med søk mot biblioteket gir treff med Urea-formalaldehyde resin (UF)(3) med treff rate på 454. Spekteret hentet ut ved 260°C grader med søk mot biblioteket gir treff med Xylan from Birch wood med treff rate på 761. Spekteret hentet ut ved 454°C grader med søk mot biblioteket gir treff med Urea-formalaldehyde resin (UF)(3) med treff rate på 461.



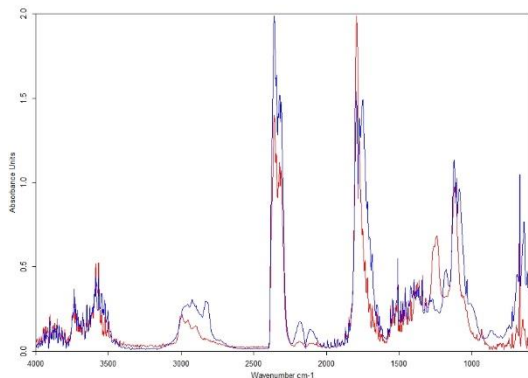
sample name	UF Urea-formaldehyde resin (3)
laboratory	NRB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10,20 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	454	UF Urea-formaldehyde resin (3)			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_07_C713F1_Bakgr0_08_130_1901313999_Seconds.0	Q:\8-ST4\Data_ST4\2018\20180330_T10_18_Rheolic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 19. FTIR-spekter hentet ut for prøve 7 C713F3-bakgrunn ved 198°C grader med søk mot biblioteket



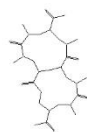
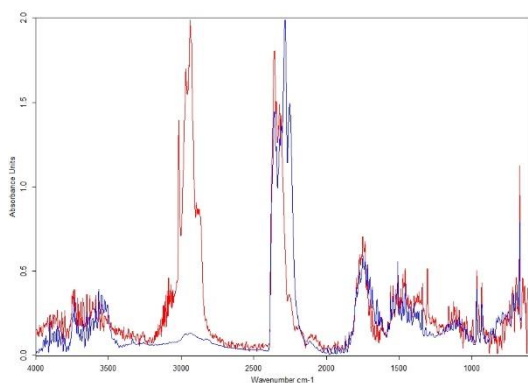
Compound name	Xylan from Birch wood
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	9014-63-5
Entry No.	10
Library name	NIB_LIB011
Library description	Library for NIBIO
Copyright	NIBIO

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	701	Xylan from Birch wood	9014-63-5		

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_07_C70F1_Bakgr0_AB_186381100000_Seconds0	Q:\8-STAD\Data_STAD\2018\20180320_T10_18_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 20. FTIR-spekter hentet ut for prøve 7 C713F3-bakgrunn ved 260°C grader med søk mot biblioteket



sample name	UF Urea-formaldehyde resin (2)
laboratory	NIB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 ± 20 ml/min
initial sample mass	10,20 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	481	UF Urea-formaldehyde resin (2)			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_07_C70F1_Bakgr0_AB_3644979100000_Seconds0	Q:\8-STAD\Data_STAD\2018\20180320_T10_18_Plastic	Query Spectrum

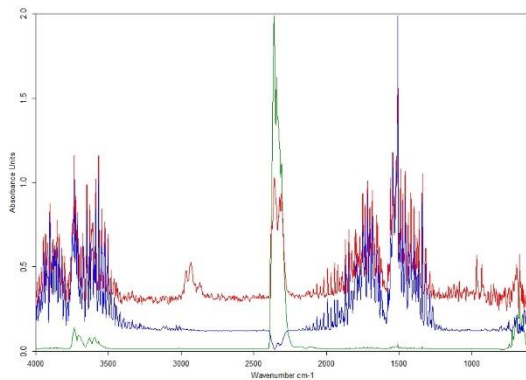
Page 1 of 1

Figur 21. FTIR-spekter hentet ut for prøve 7 C713F3-bakgrunn ved 454°C grader med søk mot biblioteket

1.4.3. FTIR fra biogjødsel fra Romerike biogassanlegg

FTIR-spekter er hentet ut for prøve nummer 8 RBFF-bakgrunn oppvarming til 212°C grader, 311°C grader og 464°C grader, presentert henholdsvis i figur 22, 23 og 24.

Spekteret hentet ut ved 212°C grader gir treff med vann og CO₂ med henholdsvis treffrate på 735 og 146 ved søk mot biblioteket. Spekteret hentet ut ved 311°C grader gir treff med Phenol-formaldehyde resin(PF)(2) og CO₂ med henholdsvis treffrate på 598 og 211 ved søkt mot biblioteket. Spekteret hentet ut ved 464°C grader gir treff med Acrylonitrile.butadiene(NBR)(2), PE og GP med henholdsvis treffrate på 437, 182 og 149 ved søk mot biblioteket.

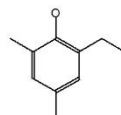
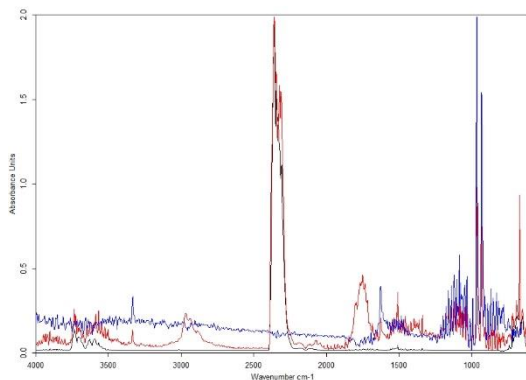


Compound name	Water
Molecular Formula	H2O
Molecular Weight	18.016 g/mol
CAS Registry Number	7732-18-5
Melting point	0 °C
Boiling point	100 °C
Sample weight (mg)	1.78 g
Entry No.	2
Library name	NIB_LB.001
Library description	Library for NIBIO

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	735	Water	7732-18-5	H2O1	18.016
Green	146	Carbon dioxide		CO2	44

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_08_Rb_H_B6.0_AB_151_2065.5M006_Seconds.0	Q:\8-STAD\Data_STAD\2018\20180330_T10_18_RbAc	Query Spectrum

Figur 22. FTIR-spekter hentet ut for prøve 8 RBFF-bakgrunn ved 212°C grader med søk mot biblioteket

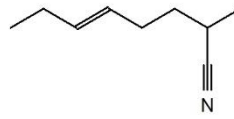
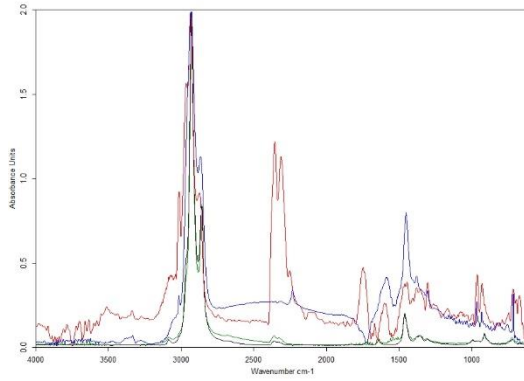


sample name	PF Phenol-formaldehyde resin (2)
laboratory	NIB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	0,95 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	588	PF Phenol-formaldehyde resin (2)			
Black	211	Carbon dioxide		CO2	44

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_08_Rb_H_B6.0_AB_132_2041.897001_Seconds.0	Q:\8-STAD\Data_STAD\2018\20180330_T10_18_RbAc	Query Spectrum

Figur 23. FTIR-spekter hentet ut for prøve 8 RBFF-bakgrunn ved 311°C grader med søk mot biblioteket



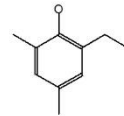
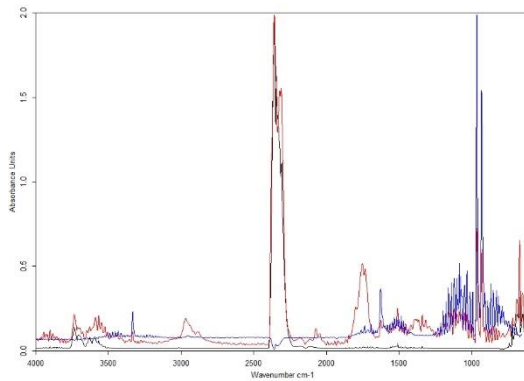
sample name	NBR Acrylonitrile-butadiene (2)
laboratory	NRB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10,15 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	437	NBR Acrylonitrile-butadiene (2)			
Black	182	Polyethylene PE	9002-80-4	(C ₂ H ₄) _n	4000
Green	149	Green plastic GP			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_08_Pb_H_B6.0_AB_373_5102.345907_Seconds.0	Q:\8-STAI\Data_STAI\2018\20180530_T10_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 24. FTIR-spekter hentet ut for prøve 8 RBFF-bakgrunn ved 464°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve nummer 9 RBFFLY-bakgrunn oppvarming til 290°C grader og 460°C grader, presentert i henholdsvis figur 25 og 26. Spekteret hentet ut ved 290°C grader gir treff med PF og CO₂ med henholdsvis treffrate på 517 og 273 ved søk mot biblioteket. Spekteret hentet ut ved 460°C grader gir treff med Butadiene rubber (BR)(1) og Polyvinylchloride (PVC-P)(2) med henholdsvis treffrate 482 og 282 ved søkt mot biblioteket.

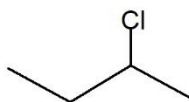
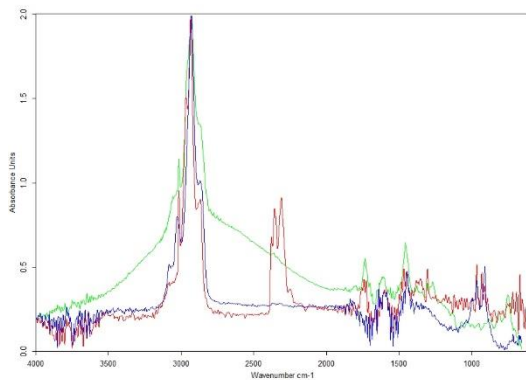


sample name	PF Phenol-formaldehyde resin (1)
laboratory	NRB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10,40 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	517	PF Phenol-formaldehyde resin (1)			
Black	273	Carbon dioxide		CO ₂	44

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_08_Pb_Hy_B6.0_AB_317_3968.407095_Seconds.0	Q:\8-STAI\Data_STAI\2018\20180530_T10_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 25. FTIR-spekter hentet ut for prøve 9 RBFFLY-bakgrunn ved 290°C grader med søk mot biblioteket



sample name	PVC-P Polyvinylchloride (with plasticizer) (2)
laboratory	NIB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10,45 mg

Color	HM Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	482	BR Butadiene rubber (1)			
Green	282	PVC-P Polyvinylchloride (with plasticizer) (2)			

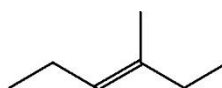
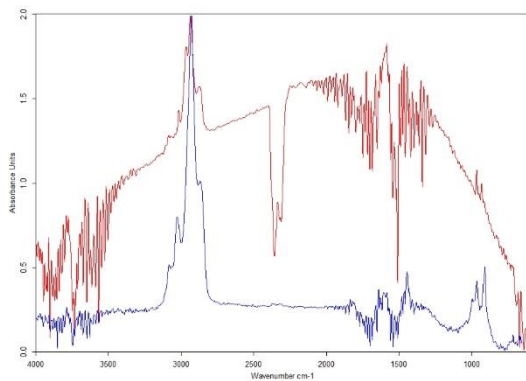
Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_08_Pb_Pb_8_G_0_A8_370_5061_347095_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180503_T10_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 26. FTIR-spekter hentet ut for prøve 9 RBFFLY-bakgrunn ved 460°C grader med søk mot biblioteket

1.4.4. FTIR fra biogjødsel fra Lindum biogassanlegg

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 10 LBBF-bakgrunn etter oppvarming til 434°C grader og prøve 11 LBBFLY-bakgrunn etter oppvarming til 430°C grader, presentert i henholdsvis figur 27 og 28.

Spekteret hentet ut ved for prøve 10 LBBF-bakgrunn gir treff med BR (1) med treffrate på 473 ved søk mot biblioteket. Spekteret hentet ut ved for prøve 11 LBBFLY-bakgrunn gir treff med UF(3) med treff rate 548 ved søk mot biblioteket.

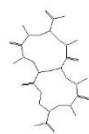
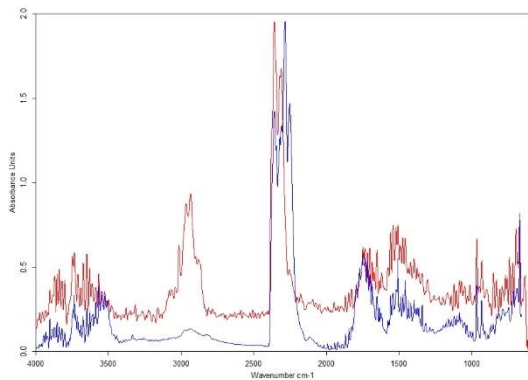


sample name	BR Butadiene rubber (1)
laboratory	NIB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	12,14 mg

Color	HM Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	473	BR Butadiene rubber (1)			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T10_18_10_Lb_BR_B6_3_48_347_4748_727000_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180503_T10_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 27. FTIR-spekter hentet ut for prøve 10 LBBF-bakgrunn ved 434°C grader med søk mot biblioteket



sample name	UF Urea-formaldehyde resin (2)
laboratory	NRB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10,20 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	548	UF Urea-formaldehyde resin (2)			

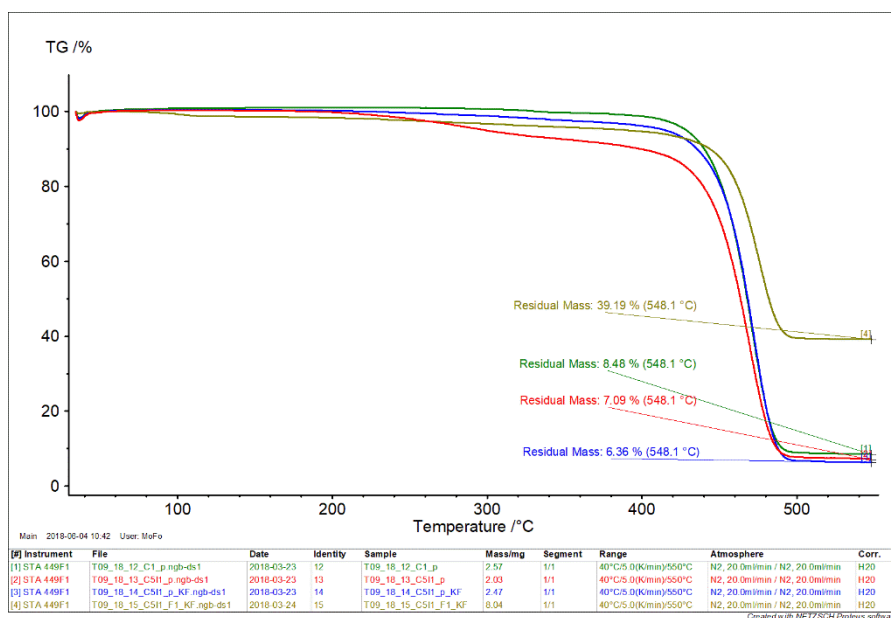
Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_14_1h_BH_85.0_A8_342_4814_962000_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180320_T09_18_Rheic	Query Spectrum

Page 1 of 1

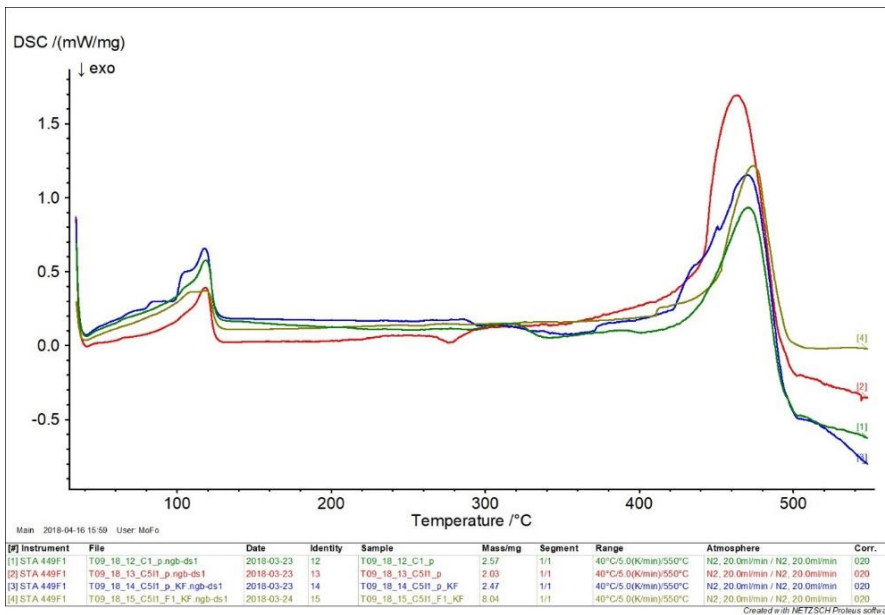
Figur 28. FTIR-spekter hentet ut for prøve 11 LBBFLY-bakgrunn ved 430°C grader med søk mot biblioteket

1.5. STA/FTIR analyse av plastpartikler plukket ut fra ulike trinn i biogassprosessen i batchforsøket

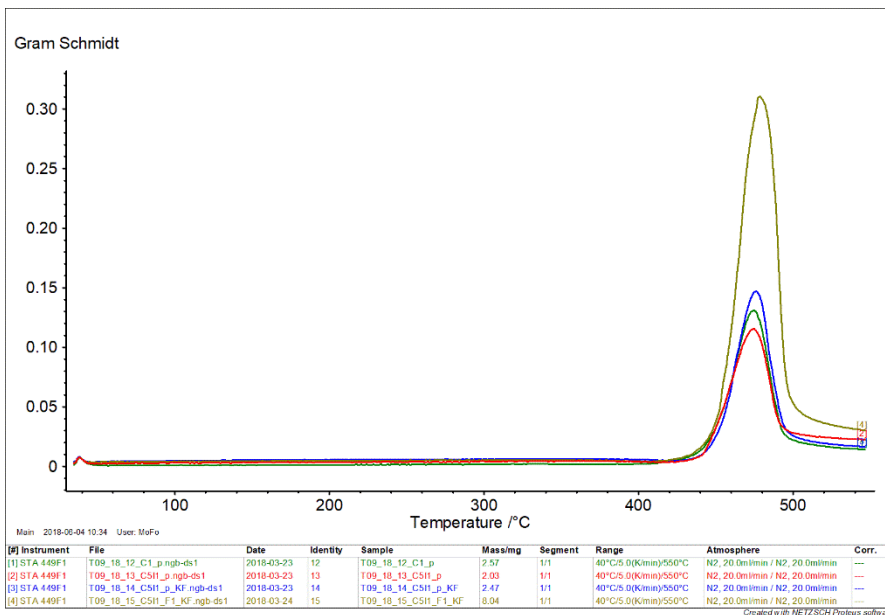
Resultatet fra STA-analyse er presentert for prøve 12 C1-p, 13 C511-p, 14 C511-p-KF og 15 C511F1-p i figur 29-30. Prøve nummer 15 ble navngitt feil ved analyse, men skal ha prøve ID C511F1-p. TG- og DSC- og GS-kurven for prøvene er plottet som funksjon av temperatur og presentert i henholdsvis figur 29, 30 og 31.



Figur 29. TG-kurve for prøve 12-15 opparbeidet ved STA-analyse

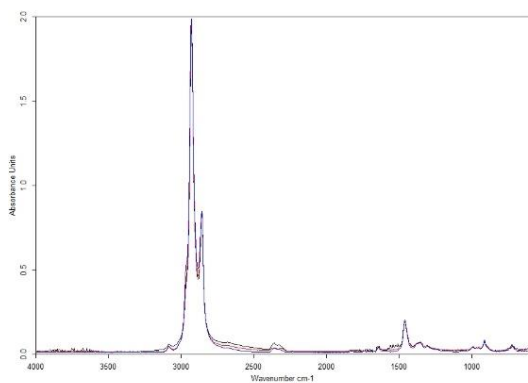


Figur 30. DSC-kurve for prøve 12-15 opparbeidet ved STA-analyse



Figur 31. GS-kurve for prøve 12-15 opparbeidet ved STA-analyse

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 12-15 ved den største gassutviklingen ved 475°C grader. FTIR-spekteret hentet ut for prøve 12 presentert i figur 32, gir treff med PE og den grønne matavfallsposen(GP) med treff rate henholdsvis 999 og 995 ved søk mot biblioteket.



Compound name	Polyethylene PE
Molecular Formula	(C ₂ H ₄) _n
Molecular Weight	4000
CAS Registry Number	9002-88-4
Melting point	92 °C
Boiling point	450 °C
Sample weight (mg)	6,49 mg
Info	Powder
Entry No.	2
Library name	NIBIO_PLASTIC.001

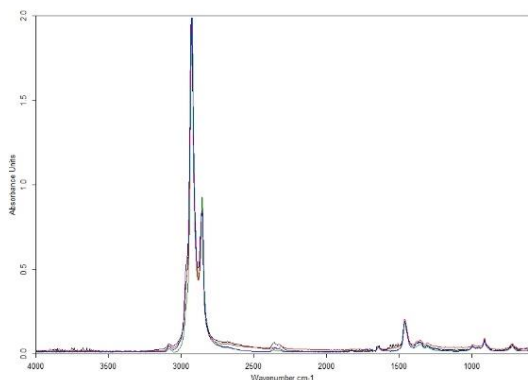
Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	999	Polyethylene PE	9002-88-4	(C ₂ H ₄) _n	4000
Black	995	Green plastic GP			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_13_C1_p-0_A8_383_3288.657002_Seconds.0	Q:\8-STAI\Data_STAI\2018\20180320_T09_13_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 32. FTIR-spekter hentet ut for prøve 12 C1-p ved 475°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 13 presentert i figur 33, gir treff med PE, PE-UHMW og GP med treff rate henholdsvis 997, 985 og 985 ved søk mot biblioteket.



Compound name	Polyethylene PE
Molecular Formula	(C ₂ H ₄) _n
Molecular Weight	4000
CAS Registry Number	9002-88-4
Melting point	92 °C
Boiling point	450 °C
Sample weight (mg)	6,49 mg
Info	Powder
Entry No.	2
Library name	NIBIO_PLASTIC.001

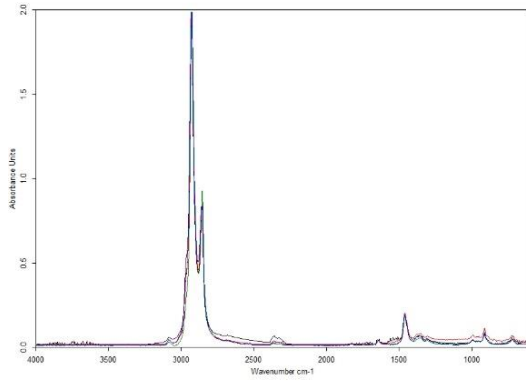
Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	997	Polyethylene PE	9002-88-4	(C ₂ H ₄) _n	4000
Green	985	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight			
Black	985	Green plastic GP			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_13_C31_p-0_A8_382_3204.962000_Seconds.0	Q:\8-STAI\Data_STAI\2018\20180320_T09_13_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 33. FTIR-spekter hentet ut for prøve 13 C5I1-p ved 475°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 14 presentert i figur 34, gir treff med PE, PE-UHMW og GP med treff rate henholdsvis 998, 997 og 979 ved søk mot biblioteket.



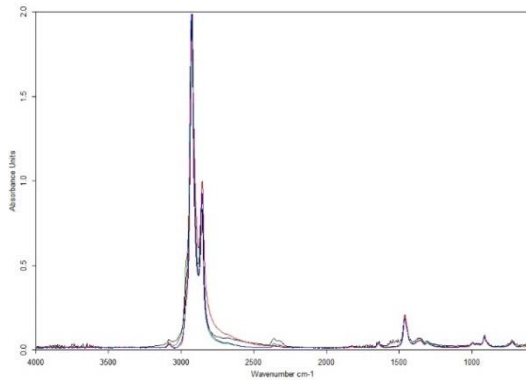
Compound name	Polyethylene PE
Molecular Formula	(C2H4)n
Molecular Weight	4000
CAS Registry Number	9002-88-4
Melting point	92 °C
Boiling point	450 °C
Sample weight (mg)	6,49 mg
Info	Powder
Entry No.	2
Library name	NIBIO_PLASTIC.001

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	998	Polyethylene PE	9002-88-4	(C2H4)n	4000
Black	997	Green plastic GP			
Green	979	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_14_C5I1_p_KF_0_AB_304_3232.363000_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 34. FTIR-spekter hentet ut for prøve 14 C5I1-p-KF ved 475°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 15 presentert i figur 35, gir treff med PE, PE-UHMW og GP med treff rate henholdsvis 994, 992 og 968 ved søk mot biblioteket.



sample name	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight
laboratory	INSE
operator	C. Fischer
experiment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 ± 0.1 ml/min
initial sample mass	10,08 mg



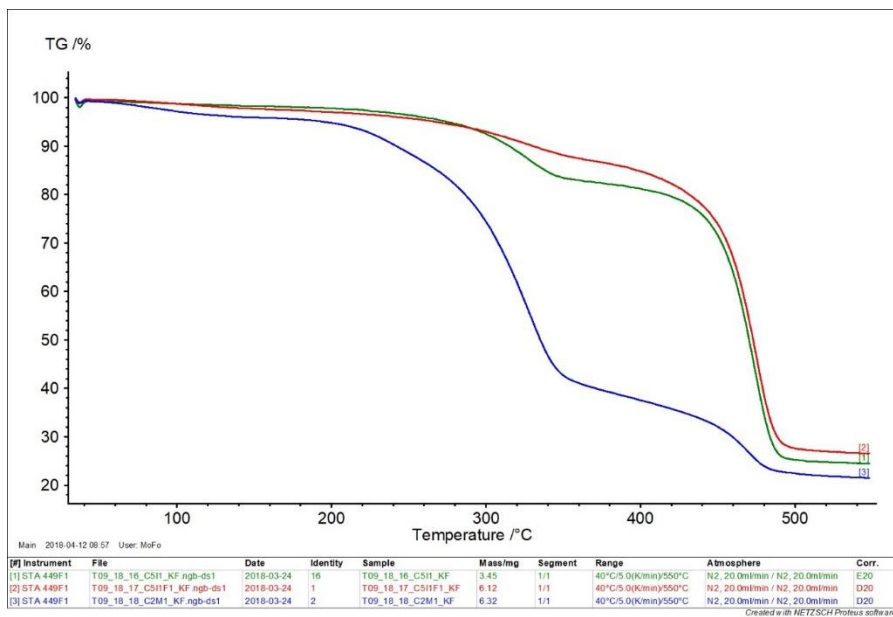
Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	994	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight			
Black	992	Green plastic GP			
Green	968	Polyethylene PE	9002-88-4	(C2H4)n	4000

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_15_C5I1_F1_KF_0_AB_306_3260.229997_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

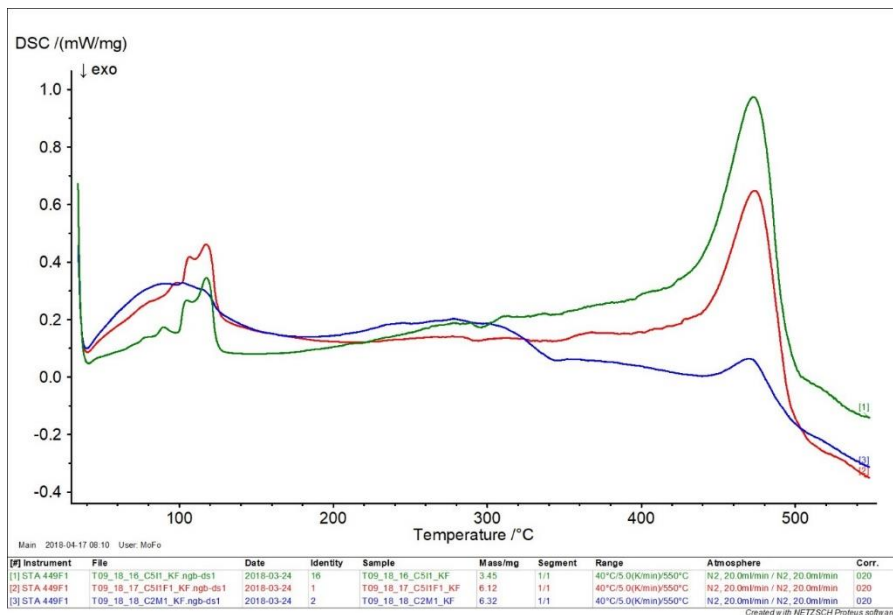
Figur 35. FTIR-spekter hentet ut for prøve 15 C5I1F1-p ved 475°C grader med søk mot biblioteket

1.6. Kjemisk fordøyde prøver av substrat og biorest fra batchforsøk

Resultatet fra STA-analyse av prøve 16 C5I1-KF, 17 C5I1F1-KF og 18 C2M1-KF presentert i figur 36 og 37. TG- og DSC-kurven er plottet som funksjon av temperatur i henholdsvis figur 36 og 37.

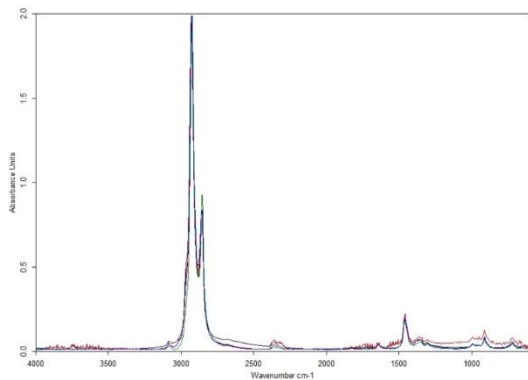


Figur 36. TG-kurve for prøve 16-18 opparbeidet ved STA-analyse



Figur 37. DSC-kurve for prøve 16-18 opparbeidet ved STA-analyse

FTIR-spekter ble hentet ut for prøve 16-18 etter oppvarming til 460°C grader. FTIR-spekteret hentet ut for prøve 16 C5I1-KF, presentert i figur 38, gir treff med PE, PE-UHMW og GP med treff rate henholdsvis 994, 971 og 988 ved søk mot biblioteket.



Compound name	Polyethylene PE
Molecular Formula	(C ₂ H ₄) _n
Molecular Weight	4000
CAS Registry Number	9002-88-4
Melting point	92 °C
Boiling point	450 °C
Sample weight (mg)	6,49 mg
Info	Powder
Entry No.	2
Library name	NIBIO_PLASTIC.S01

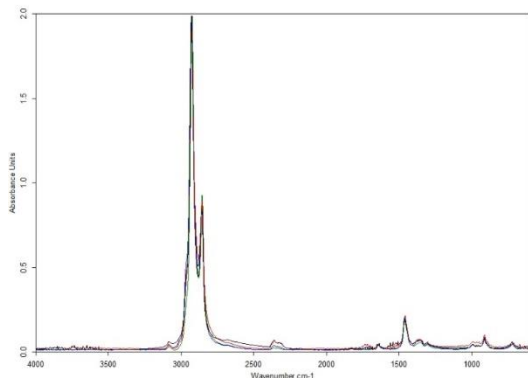
Color	Hlt Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	994	Polyethylene PE	9002-88-4	(C ₂ H ₄) _n	4000
Black	988	Green plastic GP			
Green	971	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_14_C511_KF_0_AB_386_5279.895004_Seconds.1	Q:\8-ST4\Data_ST4\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 38. FTIR-spekter hentet ut for prøve 16 C511-KF ved 478°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 17 C511F1-KF, presentert i figur 39, gir treff med PE, PE-UHMW og GP med treff rate henholdsvis 991, 987 og 995 ved søk mot biblioteket.



Compound name	Green plastic GP
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Melting point	113 - 120 °C
Boiling point	429 - 483 °C
Sample weight (mg)	1,7 mg
Info	Small piece
Entry No.	1
Library name	NIBIO_PLASTIC.S01

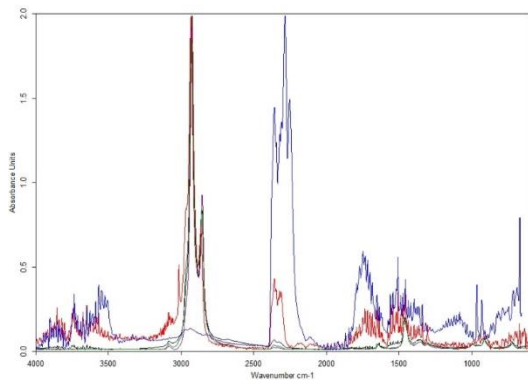
Color	Hlt Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Black	995	Green plastic GP			
Blue	991	Polyethylene PE	9002-88-4	(C ₂ H ₄) _n	4000
Green	987	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_17_C511F1_KF_0_AB_385_5286.009000_Seconds.1	Q:\8-ST4\Data_ST4\2018\20180320_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 39. FTIR-spekter hentet ut for prøve 17 C511F1-KF ved 477°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekteret hentet ut for prøve 18 C2M1-KF, presentert i figur 40, gir treff med Urea-formaldehyde resin(3) (UF), PE, PE-UHMW og GP med treff rate henholdsvis 519,195,166 og 145 ved søk mot biblioteket.



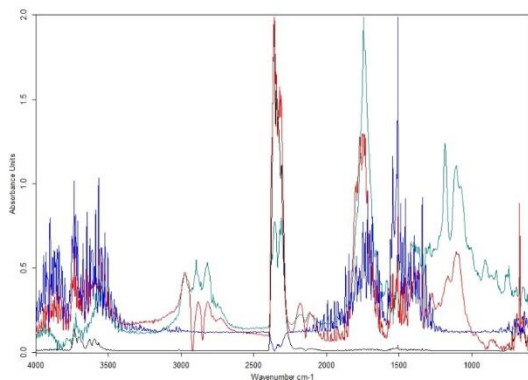
sample name	UF Urea-formaldehyde resin (I)
laboratory	NIBB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10.29 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	519	UF Urea-formaldehyde resin (I)			
Green	195	Polyethylene PE	9002-88-4	(C ₂ H ₄) _n	4000
Purple	166	PE-UH-MW Polyethylene ultra high molecular weight			
Black	145	Green plastic GP			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_18_C2M1_KF_0_AB_361_531128896_Seconds:2	Q:\S-STA\Data_STA\2018\20180330_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 40. FTIR-spekter hentet ut for prøve 18 C2M1-KF ved 472°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter ble hentet ut for prøve 18 C2M1-KF etter oppvarming til 300-340°C grader. FTIR-spekteret, presentert i figur 41, gir treff med vann, cellulose pulver og karbondioksid med treff rate henholdsvis 720, 377 og 192 ved søk mot biblioteket.



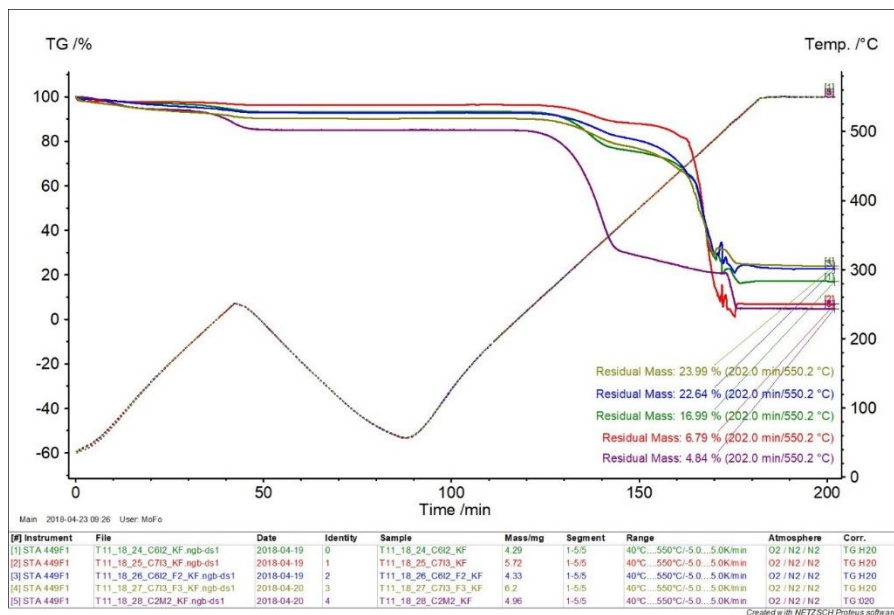
Compound name	Cellulose powder ca. 20 micron
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	9004-34-6
Entry No.	8
Library name	NIB_LIB001
Library description	Library for NIBIO
Copyright	NIBIO

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	720	Water	7732-18-5	H ₂ O	18.016
Green	377	Cellulose powder ca. 20 micron	9004-34-6		
Black	192	Carbon dioxide		CO ₂	44

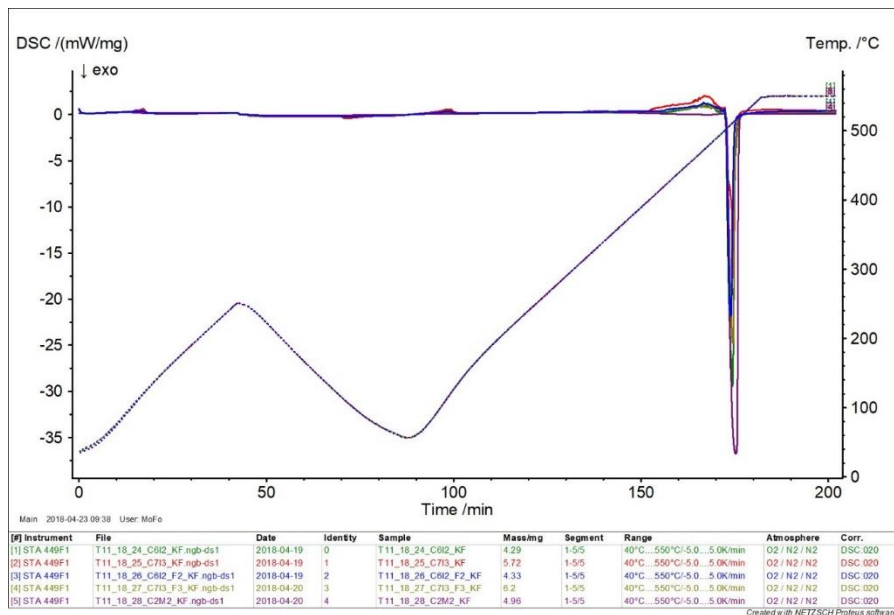
Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_18_C2M1_KF_0_AB_257_515327797_Seconds:0	Q:\S-STA\Data_STA\2018\20180330_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 41. FTIR-spekter hentet ut for prøve 18 C2M1-KF ved 332°C grader med søk mot biblioteket

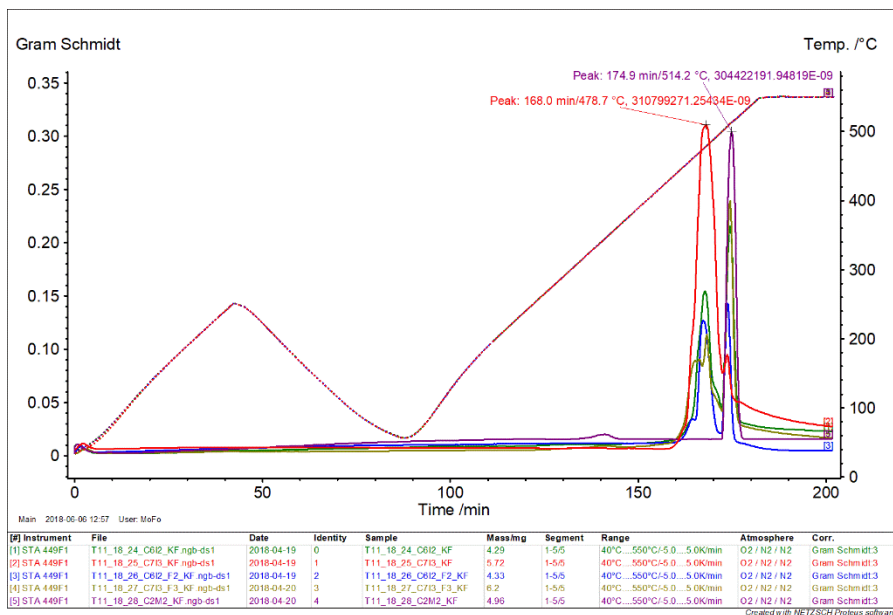
Resultater fra STA-analyse av prøve 24 C6I2-KF, 25 C7I3-KF, 26 C6I2F2-KF, 27 C7I3F3-KF og 28 C2M2-KF er presentert i figur 42-44. TG-, DSC- og GS- kurven er plottet som en funksjon av tid i henholdsvis figur 42, 43 og 44.



Figur 42. TG-kurve for prøve 24-28 opparbeidet ved STA-analyse

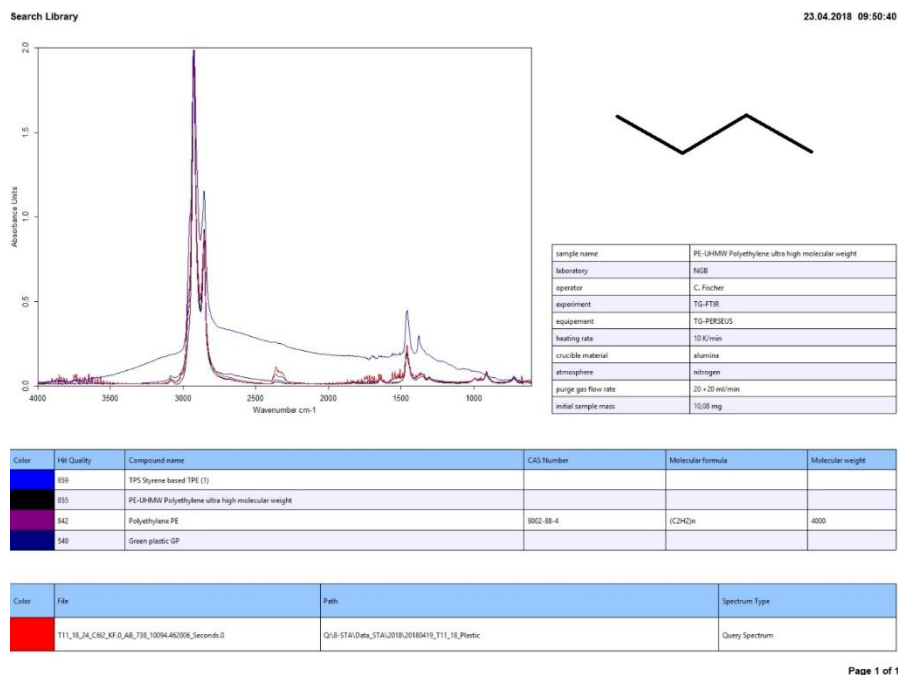


Figur 43. DSC-kurve for prøve 24-28 opparbeidet ved STA-analyse



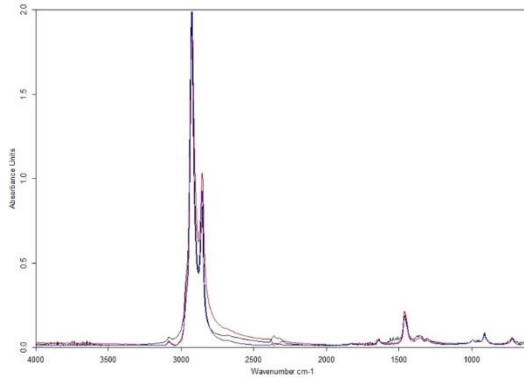
Figur 44. GS-kurve for prøve 24-28 opparbeidet ved STA-analyse. Rød topp ved 166,0min/478,7°C grader. Lilla topp ved 174,9min/514,2°C grader. Temperaturen for disse toppene er benyttet for uttak av FTIR-spekter.

FTIR-spekter ble hentet ut for prøve 24-28 ved høyest gassutvikling fra prøvematerialet. FTIR-spekter er hentet ut for prøve 24 C612-KF, presentert i figur 45, gir treff med Styrene based TPE(1)(TPS), PE-UHMW, PE og GP med treff rate henholdsvis 859, 855, 842 og 549 ved søk mot biblioteket.



Figur 45. FTIR-spekter hentet ut for prøve 24 ved 479°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 25 C713-KF, presentert i figur 46, gir treff med PE-UHMW og GP med treff rate henholdsvis 993 og 982 ved søk mot biblioteket.



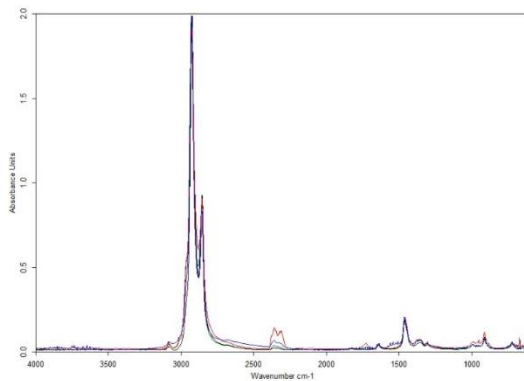
sample name	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight
laboratory	NGB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 +20 ml/min
initial sample mass	10,08 mg

Color	Hlt Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	993	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight			
Black	982	Green plastic GP			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T11_18_25_C70_KF_0_AB_739_10108.78994_Seconds.0	Q:\8-STAI\data_STAI\2018\20180419_T11_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 46. FTIR-spekter hentet ut for prøve 25 ved 480°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 26 C612F2-KF, presentert i figur 47, gir treff med GP, PE-UHMW og PE med treff rate henholdsvis 866, 855 og 852 ved søk mot biblioteket.



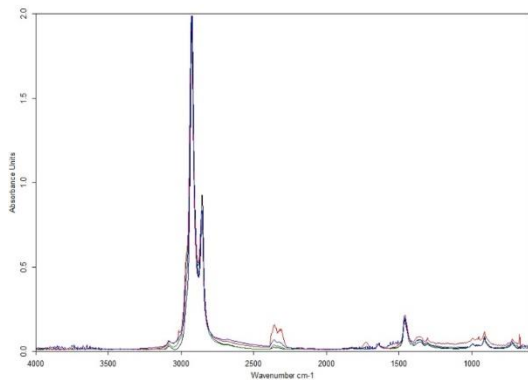
Compound name	Green plastic GP
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Melting point	113 - 120 °C
Boiling point	429 - 483 °C
Sample weight (mg)	1,7 mg
Info	Small piece
Entry No.	1
Library name	NIBIO_PLASTIC.S01

Color	Hlt Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	866	Green plastic GP			
Black	855	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight			
Green	852	Polyethylene PE	9002-98-4	(C2H4)n	4000

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T11_18_26_C62_F2_KF_0_AB_735_10055.38996_Seconds.0	Q:\8-STAI\data_STAI\2018\20180419_T11_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 47. FTIR-spekter hentet ut for prøve 26 ved 476°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 27 C713F3-KF, presentert i figur 48, gir treff med GP, PE og PE-UHMW med treff rate henholdsvis 869, 864 o 845 ved søk mot biblioteket.



Compound name	Green plastic GP
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Melting point	113 - 120 °C
Boiling point	429 - 483 °C
Sample weight (mg)	1,7 mg
Info	Small piece
Entry No.	1
Library name	NIBIO_PLASTIC.501

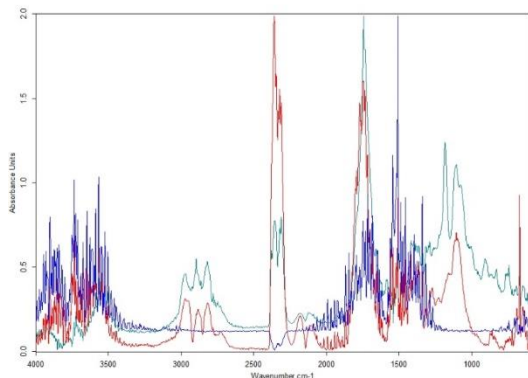
Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	869	Green plastic GP			
Green	864	Polyethylene PE	9002-88-4	(C ₂ H ₄) _n	4200
Black	845	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T11_18_27_C70_KF_0_A8_738_1009647805_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180419_T11_18_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 48. FTIR-spekter hentet ut for prøve 27 ved 480°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 28 C2M2-KF, presentert i figur 49, gir treff med vann og cellulose pulver med treff rate henholdsvis 733 og 386 ved søk mot biblioteket.



Compound name	Cellulose powder ca. 20 micron
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	9004-34-6
Entry No.	8
Library name	NIB_LB.501
Library description	Library for NIBIO
Copyright	NIBIO

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	733	Water	7732-18-5	H ₂ O	18.016
Green	386	Cellulose powder ca. 20 micron	9004-34-6		

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T11_18_28_C2M2_KF_1_A8_812_8372_84007_Seconds.0	Q:\8-STA\Data_STA\2018\20180419_T11_18_Plastic	Query Spectrum

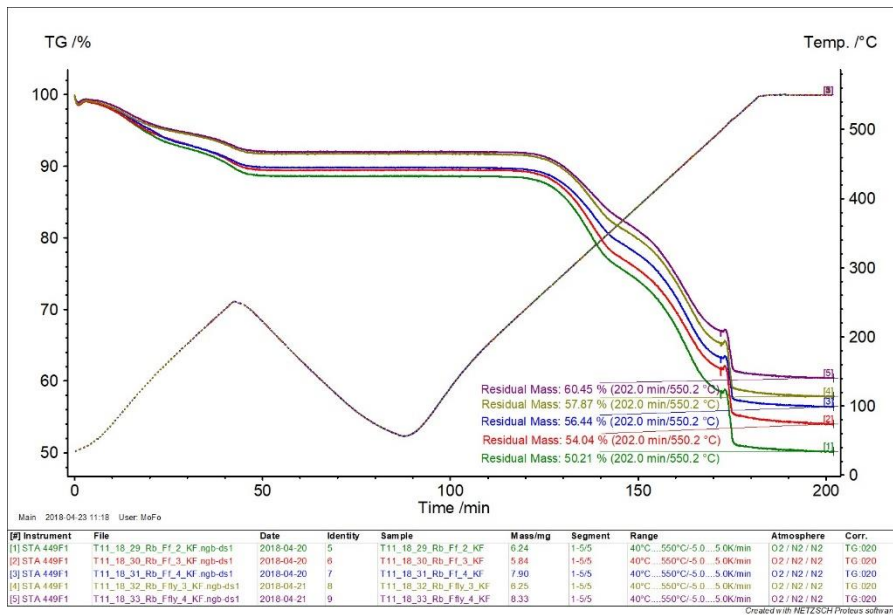
Page 1 of 1

Figur 48. FTIR-spekter hentet ut for prøve 28 ved 337°C grader med søk mot biblioteket

2. Romerike biogassanlegg

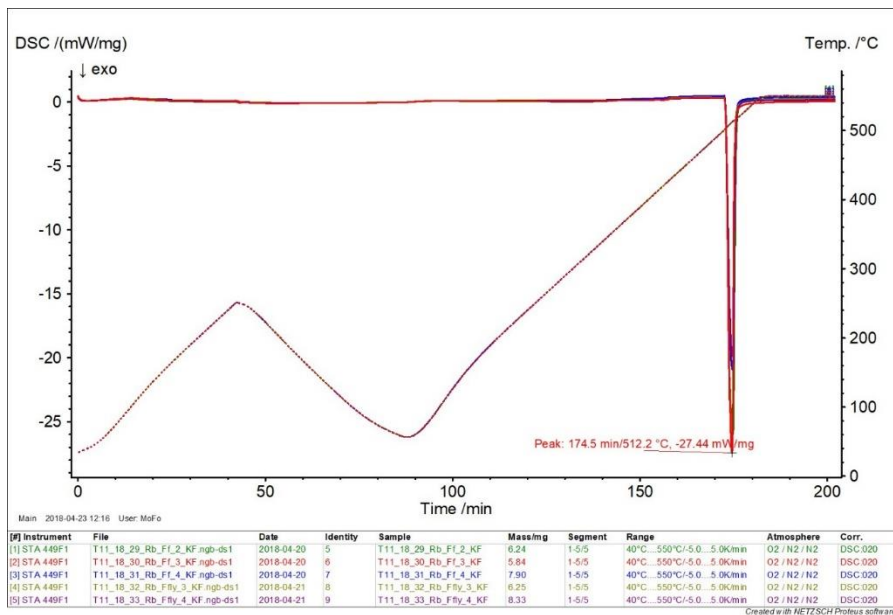
2.1. Resultater fra STA/FTIR analyse av kjemisk fordøyde biogjødsel prøver

Resultater fra STA-analyse av prøve 29 RBFF-2-KF, 30 RBFF-3-KF, 31 RBFF-4-KF, 32 RBFFLY-3-KF og 33 RBFFLY-4-KF er presentert i figur 50-52. TG-, DSC- og GS-kurve er plottet som funksjon av tid og presentert i henholdsvis figur 50, 51 og 52.

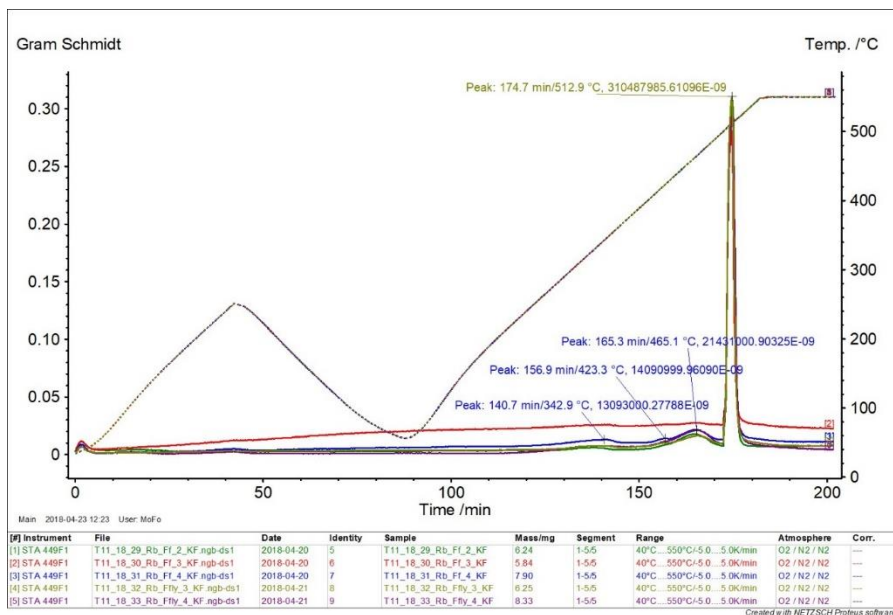


Figur 50. TG-kurve med restmateriale for prøve 29-33

Gjennomsnittlig akserest ble beregnet ved å ta gjennomsnittet av restmaterialet i prosent for de aktuelle prøvene, presentert i TG-kurven etter STA-analyse. Den gjennomsnittlige askeresten for prøve RBFF-KF ble beregnet til 53,56% av tørrstoffet i det innveide prøvematerialet. Askeresten for prøve RBFFLY-KF ble bestemt til 60,45% og 57,87% av tørrstoffet i det innveide prøvematerialet.

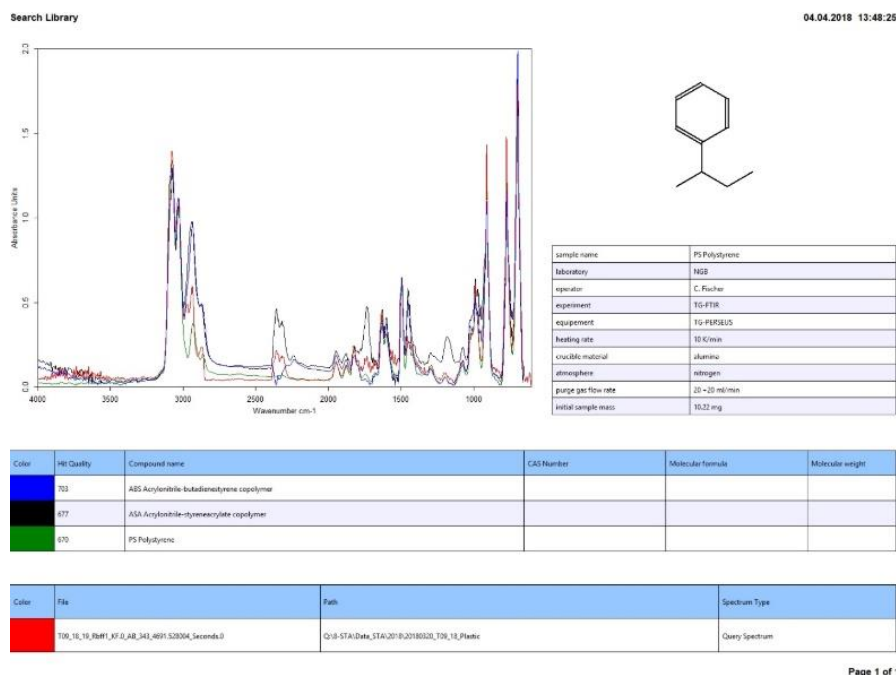


Figur 51. DSC-kurve prøve 29-33 opparbeidet ved STA-analyse



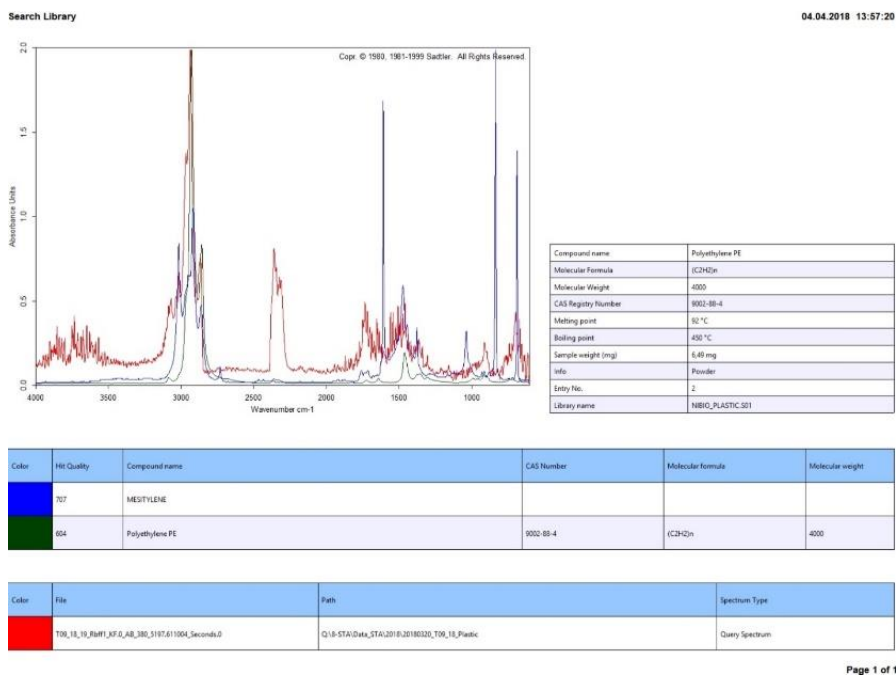
Figur 52. GS-kurve prøve 23-33 opparbeidet ved STA-analyse. Temperaturen bestemt på toppunktet til de ulike kurvene er temperaturen benyttet for uttak av FTIR-spekter for den aktuelle prøven.

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 19 RBFF1-KF ved 420°C. Spekteret gir treff med Acrylonitrile-butadienestyrene copolymer(ABS), Acrylonitrile-styreneacrylate copolymer(ASA) og Polystyrene(PS) med treff rate henholdsvis 703, 677 og 670 ved søk mot biblioteket, presentert i figur 53.



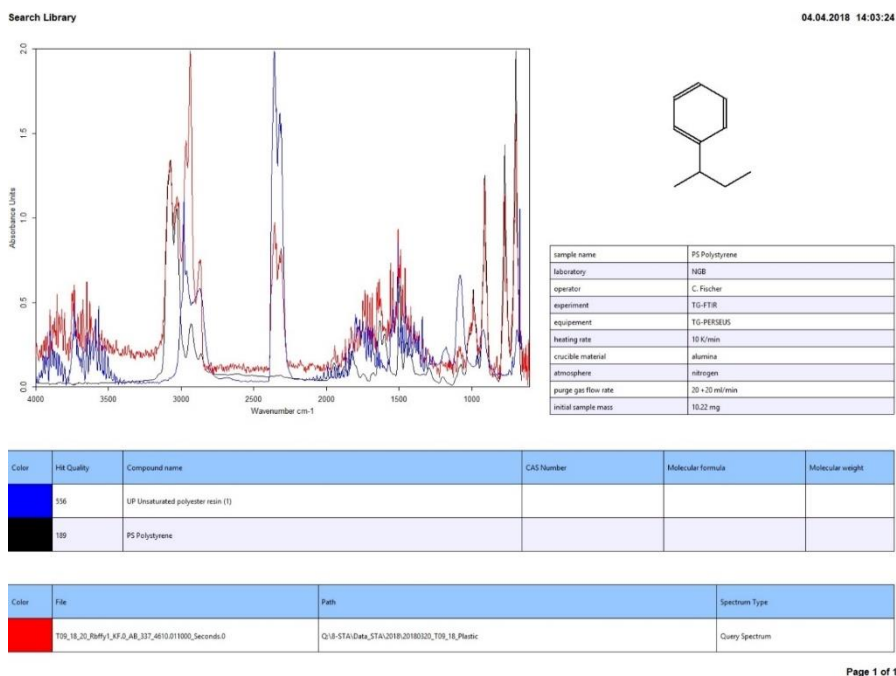
Figur 53. FTIR-spekter hentet ut for prøve 19 RBFF1-KF ved 420°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 19 RBFF1-KF ved 460°C. Spekteret gir treff med Mesitylene og PE med treff rate henholdsvis 707 og 604 ved søk mot biblioteket, presentert i figur 54.



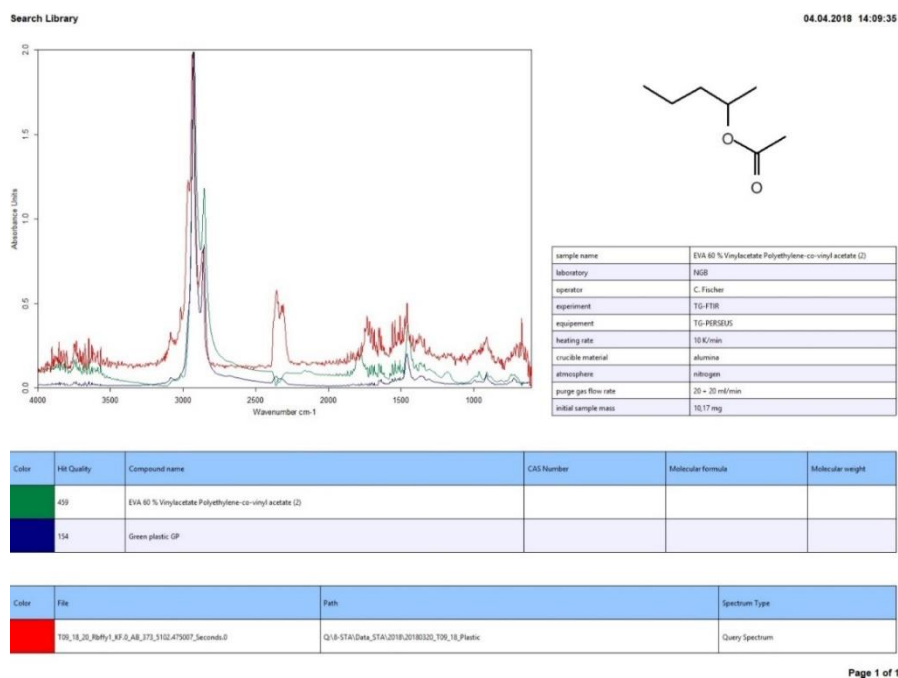
Figur 54. FTIR-spekter hentet ut for prøve 19 RBFF1-KF ved 460°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 20 RBFFLY1-KF ved 420°C. Spekteret gir treff med Unsaturated polyester resin (1) og PE med treff rate henholdsvis 556 og 189 ved søk mot biblioteket, presentert i figur 55.



Figur 55. FTIR-spekter hentet ut for prøve 20 RBFFLY1-KF ved 420°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 20 RBFFLY1-KF ved 460°C. Spekteret gir treff med Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (2)(EVA 60 %) og GP med treff rate henholdsvis 459 og 154 ved søk mot biblioteket, presentert i figur 56.

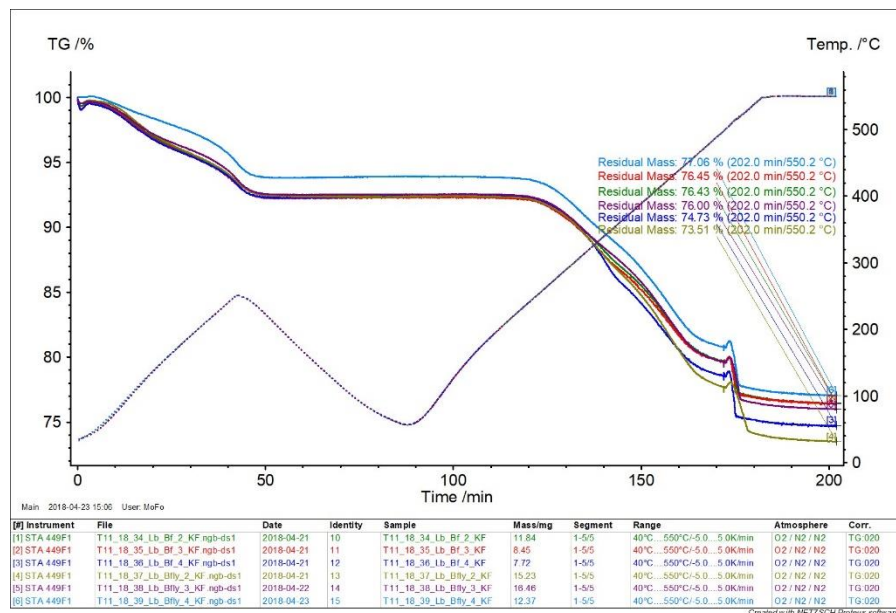


Figur 56. FTIR-spekter hentet ut for prøve 20 RBFFLY1-KF ved 460°C grader med søk mot biblioteket

3. Lindum biogassanlegg

3.1. Resultater fra STA/FTIR analyse av kjemisk fordøyde biogjødsel prøver

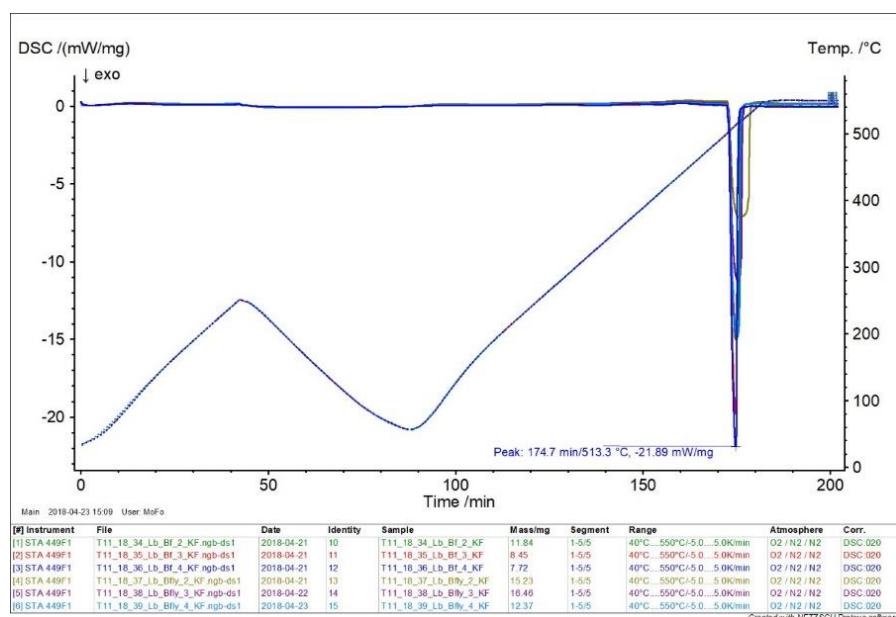
Resultater fra STA-analyse av prøve 34 LBBF-2-KF, 35 LBBF-3-KF, 36 LBBF-4-KF, 37 LBBFLY-3-KF, 38 LBBFLY-3-KF og 39 LBBFLY-4-KF presentert i figur 57-59. TG-, DSC- og GS-kurvene er plottet som funksjon av tid i henholdsvis figur 57, 58 og 59.



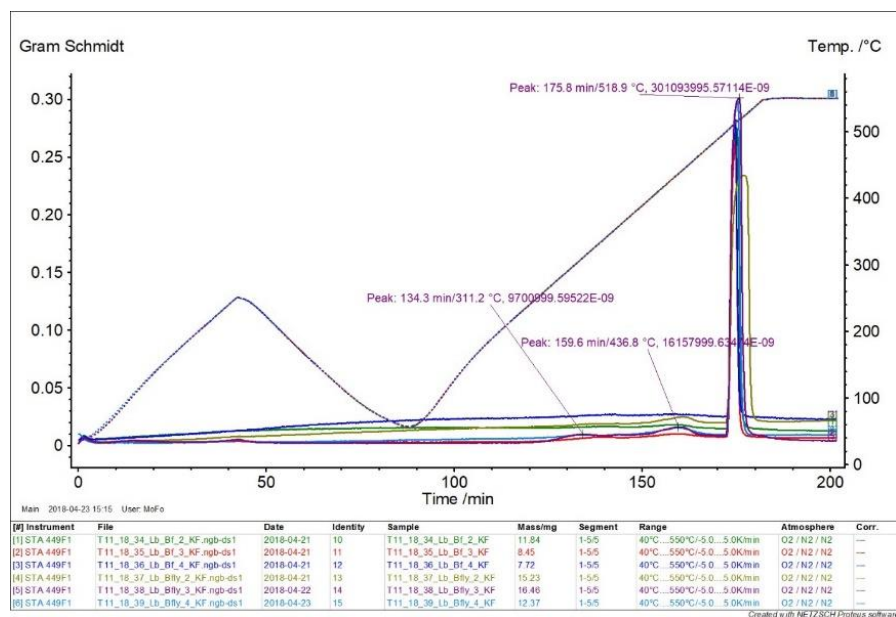
Figur 57. TG-kurve med rest materialer for prøve 34-39

Gjennomsnittlig akserest ble beregnet ved å ta gjennomsnittet av restmaterialet i prosent for de aktuelle prøvene, presentert i TG-kurven etter STA-analyse. Den gjennomsnittlige akseresten for prøve LBBF-KF ble beregnet til 75,87% av tørrstoffet i det innevide prøvematerialet. Den

gjennomsnittlige askeresten for prøve LBBFLY-KF ble beregnet til 75,52% av tørrstoffet i det innveide prøvematerialet.

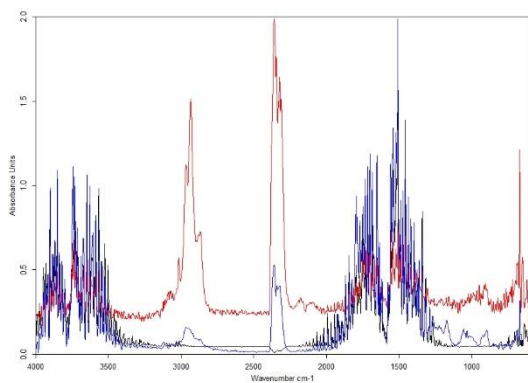


Figur 58. DSC-kurver for prøve 34-39 opparbeidet ved STA-analyse



Figur 59. GS-kurve for prøve 34-39 opparbeidet ved STA-analyse. Temperaturen for disse toppene i GS-kurven er benyttet for uttak av FTIR-spekter

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 21 LBBF-KF ved 351°C grader gir treff med epoxy resin (EP)(3) med treffrate 674 og vann med treffrate 606 ved søkt mot biblioteket, presentert i figur 60.



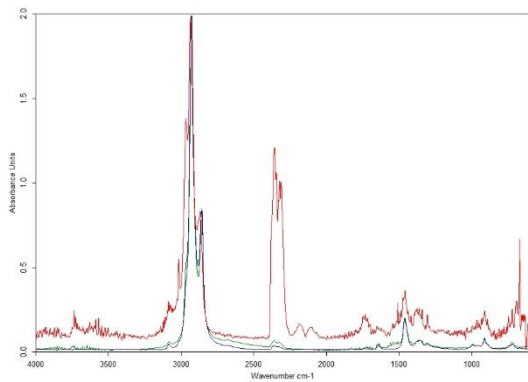
Compound name	Water
Molecular Formula	H2O
Molecular Weight	18.016 g/mol
CAS Registry Number	7732-18-5
Melting point	0 °C
Boiling point	100 °C
Entry No.	1
Library name	NBILIB.S01
Library description	Library for NBI0
Copyright	NBI0

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	674	EP Epoxy resin (3)			
Black	606	Water	7732-18-5	H2O1	18.016

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_21_Lib_Rf_KF_1_0_AB_351_4801453004_Seconds.1	Q:\8-STAI\Data_STAI\2018\20180530_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 60. FTIR-spekter for prøve 21, kjemisk fordøyd fast biogjødsel fra Lindum biogassanlegg, tatt ut ved 351°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 22 LBBFLY-KF ved 353°C grader gir treff med polyetylen(PE) med treffrate 355 og GP med treffrate 226 ved søkt mot biblioteket, presentert i figur 61.



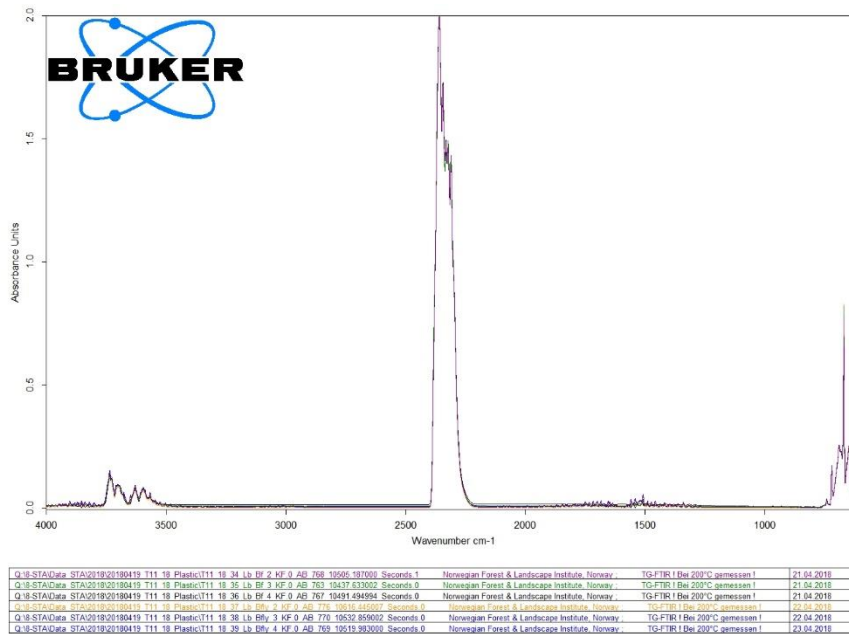
Compound name	Polyethylene PE
Molecular Formula	(C2H4)n
Molecular Weight	4000
CAS Registry Number	9002-88-4
Melting point	92 °C
Boiling point	450 °C
Sample weight (mg)	6.49 mg
Info	Powder
Entry No.	2
Library name	NBI00_PLASTIC.S01

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	355	Polyethylene PE	9002-88-4	(C2H4)n	4000
Green	226	Green plastic GP			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T09_18_22_Lib_Rf_KF_1_0_AB_351_4803386006_Seconds.0	Q:\8-STAI\Data_STAI\2018\20180530_T09_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 61. FTIR-spekter for prøve 22, kjemisk fordøyd flytende biogjødsel fra Lindum biogassanlegg, tatt ut ved 353°C grader med søk mot biblioteket

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 34-39 ved 520°C viser at alt materialer er forasket, og at kun karbondioksid utvikles fra prøven ved denne temperaturen, presentert i figur 62.



Page 1/1

Figur 62. FTIR-spekter prøve 34-39 ved 520°C grader

4. Plukket plast fra Fullgo fast biogjødsel fra Romerike biogassanleggs

Plastpartikler ble plukket fra prøver av Fullgo fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg. Mengden plastpartiklene på tørrvekt basis ble bestemt, og partikkelstørrelsen ble målt ved bruk av programvaren ImageJ, se Excel fil i vedlegg C. STA/FTIR analyse ble benyttet for å identifisere plastmaterialene funnet i prøvene.

4.1. Beregning av mengde plastpartikler i Fullgo fast biogjødsel

Mengden plastpartiklene utgjorde på vektbasis tørrvekt prøve ble bestemt ved bruk av likning 2.

2) Beregning av plast partikler i tørrvekt biogjødsel

$$\frac{\text{Plastpartikler}[\text{mg}]}{\text{Tørrvektprøve}[\text{g}]} = \frac{(\text{Ependorfrør med plast}[\text{mg}] - \text{Ependorfrør}[\text{mg}])}{(\text{Tørrvekt biogjødsel i beger}[\text{g}] - \text{Aluminiumbeget}[\text{g}])}$$

4.1.1. Prøve RBFF-pp

Prøven ble beregnet til å inneholde 28,905 mg/5,857 g tørrvekt biogjødsel, ved bruk av likning 2 og vekt tall presentert i tabell 1 og 2. Plastpartiklene utgjør altså 0,5% av prøvemassen i tørrvekt biogjødsel.

Tabell 1. Verdier benyttet for beregning tørrvekt biogjødsel for prøve RBFF-pp

PRØVE	FALCONRØR (G)	TØRRVEKT BIOGJØDSEL I FALCONRØR (G)	TØRRVEKT BIOGJØDSEL (G)
RBFF-PP	14,497	20,395	5,857

Tabell 2. Varier benyttet for beregning av plastmaterialer for prøve RBFF-p

PRØVE	EPENDORFRØR (G)	EPENDORFRØR MED PLAST (G)	VEKT PLASTMATERIALE (MG)
RBFF-P 1	0,986	0,988575	28,905

4.1.2. Prøve RBFF-P 1-3

Mengden plast ble beregnet i prøven ved bruk av likning 2 og vekt tall presentert i tabell 3 og 4. Prøve parallelle 1 ble beregnet til å inneholde 19,4mg/1,9g tørrvekt biogjødsel. Prøve parallelle 2 ble beregnet til å inneholde 4,5mg/1,9g tørrvekt biogjødsel. Prøve parallelle 3 ble beregnet til å inneholde 7,8mg/2,2g tørrvekt biogjødsel. Plastpartiklene i prøve parallelle 1, 2 og 3 utgjør henholdsvis 1%, 0,23% og 0,35% av prøvemassen i tørrvekt biogjødsel.

Tabell 3. Verdier benyttet for beregning tørrvekt biogjødsel for prøve RBFF-p 1-3

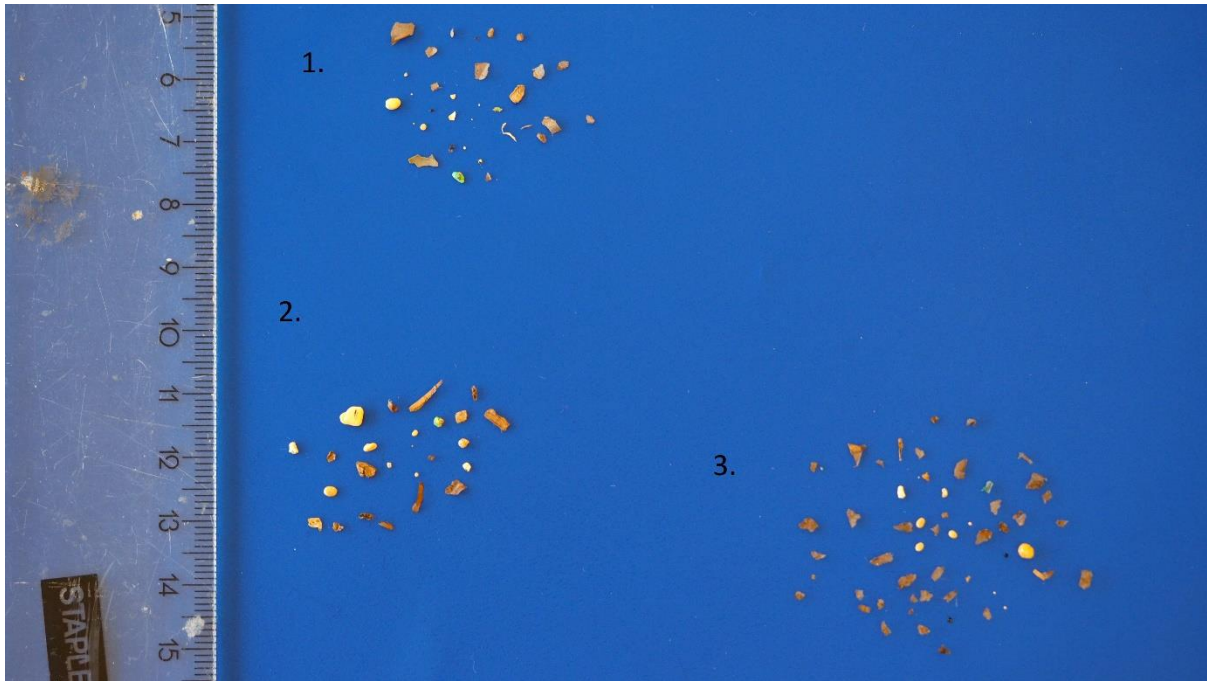
PRØVE	ALUMINIUMBEGER (G)	VÅT PRØVE (G)	TØRRVEKT BIOGJØDSEL I BEGER (G)	TØRRVEKT BIOGJØDSEL (G)
RBFF-P 1	4,009	6,699	5,904	1,895
RBFF-P 2	4,049	7,269	5,973	1,924
RBFF-P 3	4,037	8,170	6,249	2,212

Tabell 4. Verdier benyttet for å beregne vekt plastpartikler i tørrvekt biogjødsel for prøve RBFF-p 1-3

PRØVE	EPENDORFRØR (MG)	EPENDORFRØR MED PLAST (MG)	VEKT PLASTMATERIALE (MG)
RBFF-P 1	1001,749	1021,126	19,377
RBFF-P 2	992,190	996,704	4,5114
RBFF-P 3	984,828	992,663	7,835

4.2. Partikkelstørrelse bestemmelse ved ImageJ

Partikkelstørrelsen ble bestemt for plastpartiklene plukket fra de tre parallelle prøveuttakene av Fullgo fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg. Plastpartiklene hentet ut fra de tre prøvene er lagt ved siden hverandre på bildet i figur 63. Partiklene ble separert i tre grupper som viser plastmaterialene hentet ut fra hver av prøveparallelle. Nummeret på prøveparallelle er merket i figur 63 ved siden av gruppen med plastpartikler.



Figur 63. Oversiktsbilde av partiklene plukket ut fra de tre prøvene av Fullgo biogjødsel fra Romerike biogassanlegg

Programvaren ImageJ ble benyttet til å måle størrelsen av partiklene, og resultatet fra disse målingene er presentert i vedlegg C. Partikkelstørrelsen ble bestemt ved å sette skalaen til 24 piksler/mm fra bildet vist i figur 63, ved å måle avstanden fra 7cm-8cm på linjalen i bildet.

Størrelsen og formen av plastpartiklene varierer stort. Det ble derfor valgt å måle sfæriske partikler med en diameter, og to dimensjonale partikler med en lengde og bredde. Målet av største og minste partikkel er presentert i tabell 5, for 2D-partikler og sfæriske partikler i tabell 5.

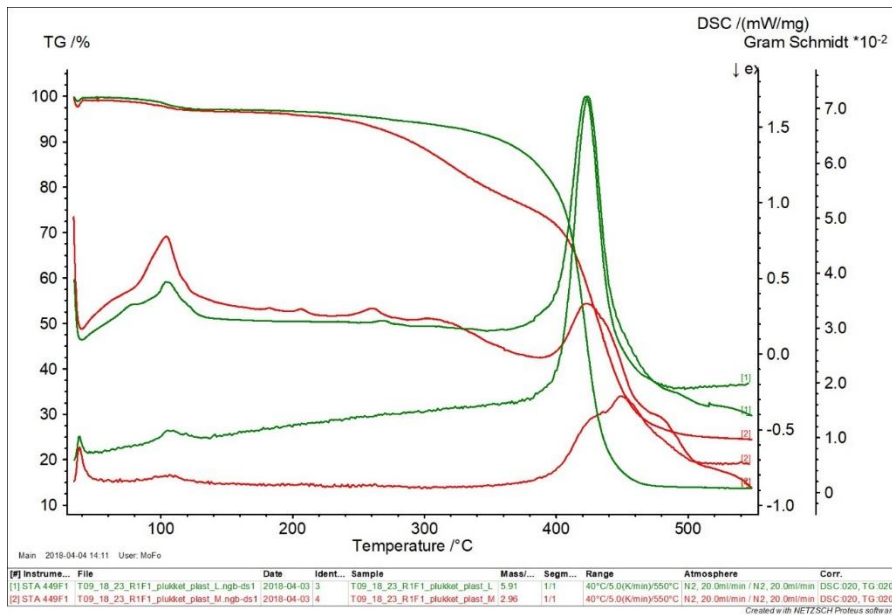
Tabell 5. Partikkelstørrelse bestemt for partikler hentet fra Fullgo fast biogjødsel

	SFÆRISKE PARTIKLER [MM]			2D PARTIKLER [MM*MM]		
	RBFF-P1	RBFF-P2	RBFF-P3	RBFF-P1	RBFF-P2	RBFF-P3
MINSTE PARTIKKEL	0,217	0,423	0,389	0,306*1,929	0,663*0,885	0,630*0,950
STØRSTE PARTIKKEL	1,09	2,073	2,775	3,547*3,761	3,101*3,704	2,665*3,764

4.3. STA/FTIR analysen av plastpartikler fra Fullgo fast biogjødsel

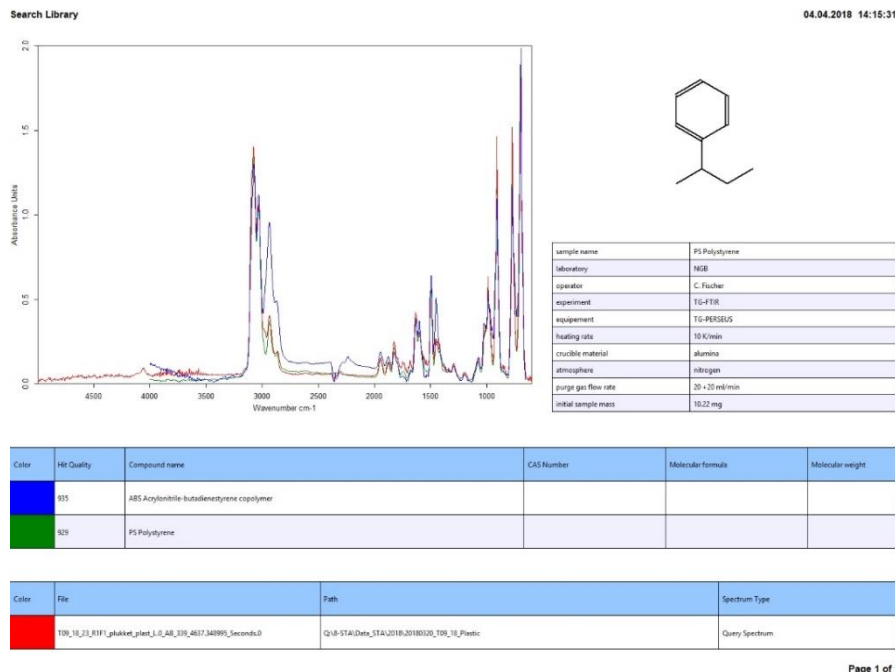
4.3.1. Prøve 23 lyse og 23 mørke plast partikler fra Romerike biogassanlegg Fullgo fast biogjødsel

Plastpartiklene plukket ut fra en prøve Fullgo fast biogjødsel med pinset, ble ved analyse splittet til to prøver etter farge. Partiklene utgjorde prøvene 23 RBFF-PP-L og 23 RBFF-PP-M. Resultater fra STA-analyse av prøve 23 RBFF-PP-L og 23 RBFF-PP-M er presentert i figur 64. TG-, DSC og GS-kurven er plottet som funksjon av temperatur.

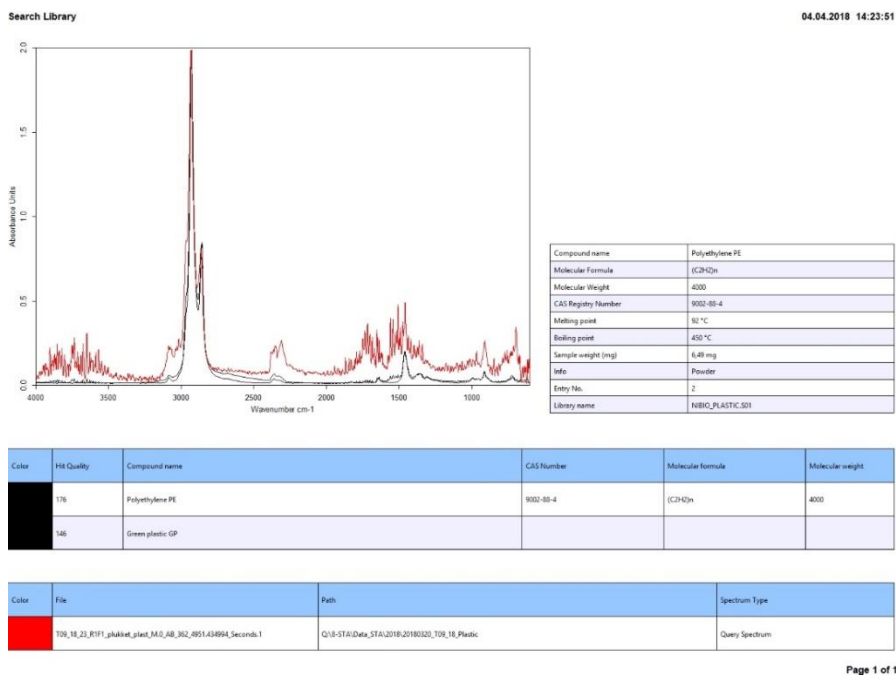


Figur 64. TG- DSC- og GS-kurve for prøve 23 RBFF-PP-L(i grønn) og 23 RBFF-PP-M (i rødt), plukket plastpartikler fra Romerike biogassanlegg Fullgo fast biogjødsel, opparbeidet ved STA-analyse.

FTIR-spekter ble hentet ut ved størst massetap for prøve 23 RBFF-PP-L og 23 RBFF-PP-M ved henholdsvis 420°C og 460°C grader er presentert i figur 65 og 66. Spekteret hentet ut for prøve 23 RBFF-PP-L ga treff med ABS og PS med henholdsvis treffrate 935 og 929 ved søk mot biblioteket. Spekteret hentet ut for prøve 23 RBFF-PP-M ga treff med PE og GP med henholdsvis treff rate 176 og 146 ved søkt mot biblioteket.



Figur 65. FTIR-spekter hentet ut for prøve 23 lys plukket plast fra Fullgo fast biogjødsel ved 420°C grader med søk mot biblioteket

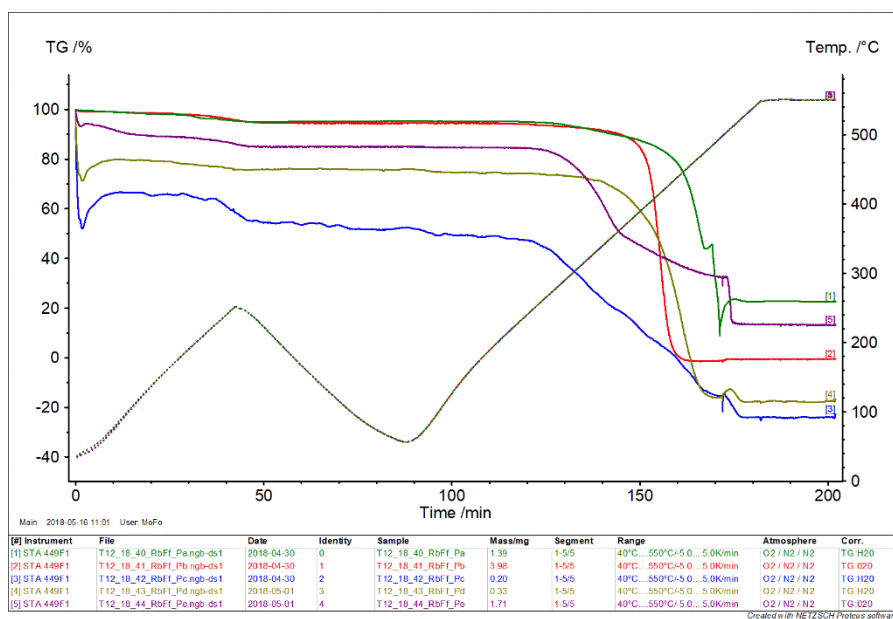


Figur 66. FTIR-spekter hentet ut for prøve 23 mørk plukket plast fra Fullgo fast biogjødsel ved 460 °C grader med søk mot biblioteket

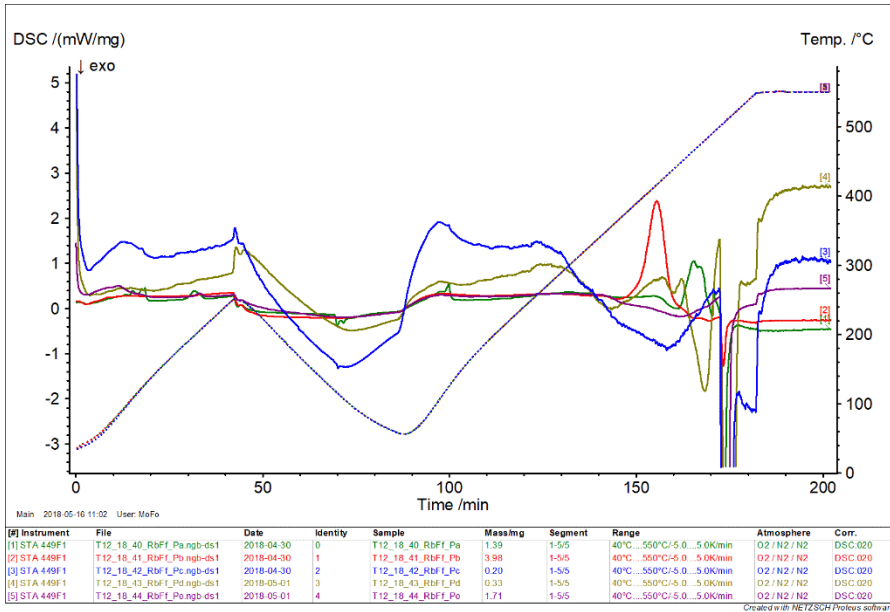
4.3.2. Prøve 40-48 plast partikler fra Romerike biogassanlegg Fullgo fast biogjødsel

Plastpartiklene plukket ut fra tre parallelle prøver av Fullgo fast biogjødsel, prøve RBFF-p 1, RBFF-p 2 og RBFF-p 3 ble sortert etter visuelle egenskaper. Partiklene med like visuelle egenskaper ble slått sammen i samme prøve til STA/FTIR. Partiklene ble etter inndeling i prøver med prøve ID RBFF-P-A,B,C,D,E,F og G analysert på STA/FTIR med prøvenummer 40-48. Figurene som viser prøvenes DSC- og GS-kurver viser et innzoomet utklipp av diagrammet, da skiftet i bæregass gir et stort utslag på y-aksen det vanskelig å lese av annen data ved ut zoomet utklipp av diagrammene.

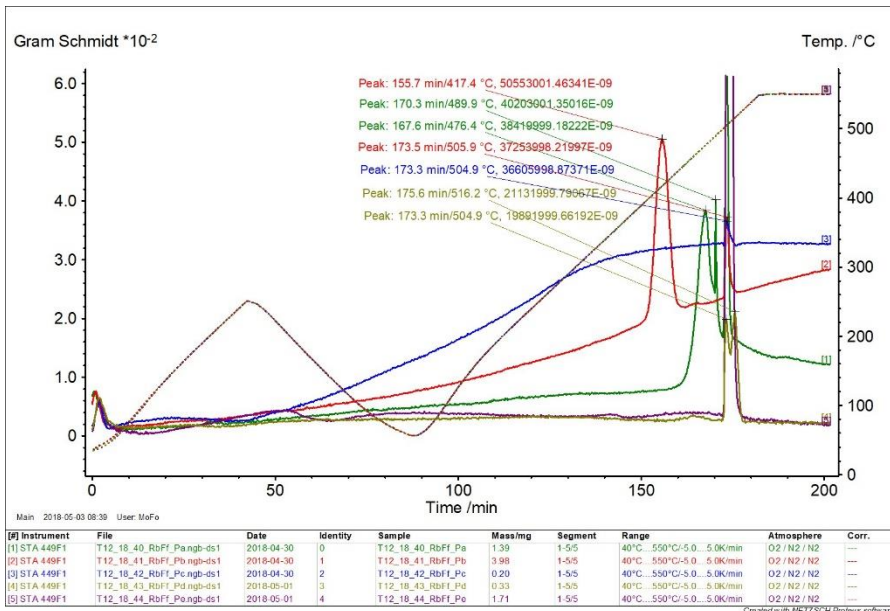
Resultater fra STA-analyse av prøve 40-44 er presentert i figur 67-69. TG-, DSC og GS-kurven er plottet som funksjon av tid i henholdsvis figur 67, 68 og 69.



Figur 67. TG-kurve for prøve 40-44 opparbeidet ved STA-analyse

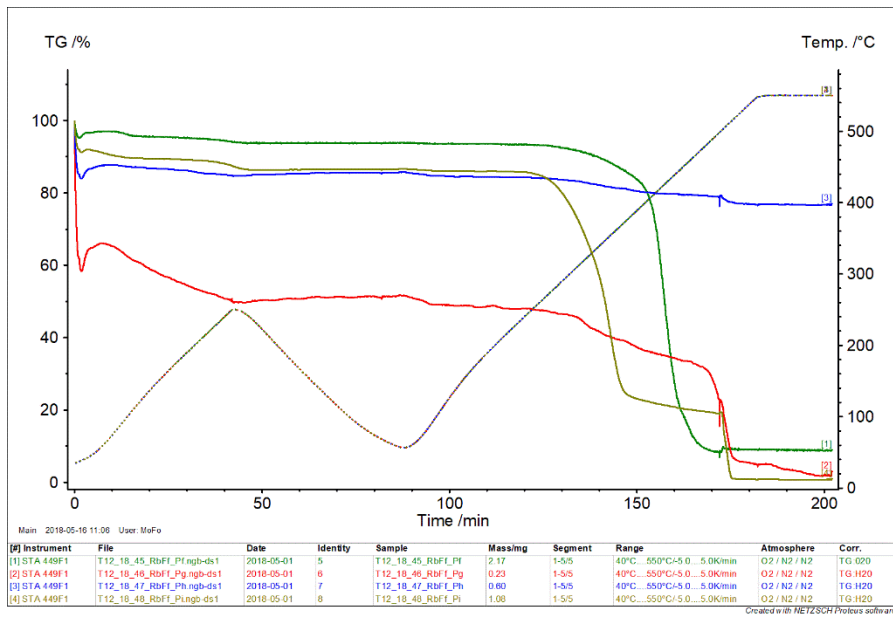


Figur 68. DSC-kurve for prøve 40-44 opparbeidet ved STA-analyse

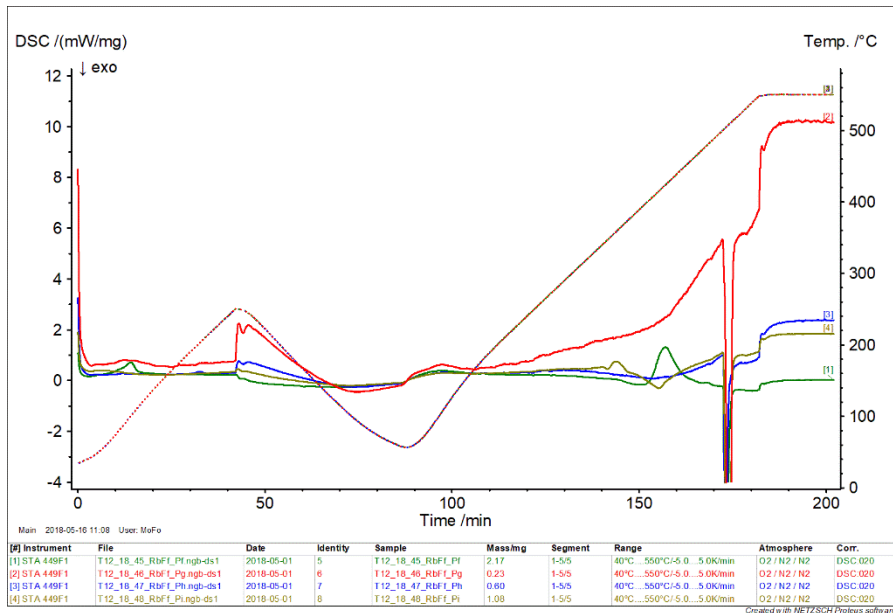


Figur 69. GS-kurve for prøve 40-44 opparbeidet ved STA-analyse. Temperaturen bestemt på toppunktet til de ulike kurvene er temperaturen benyttet for uttak av FTIR-spekter for den aktuelle prøven.

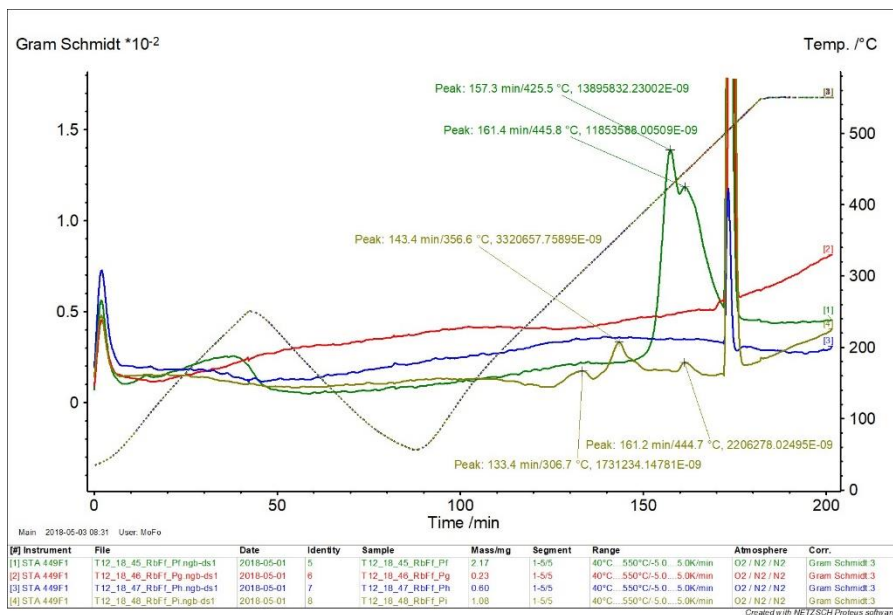
Resultater fra STA-analyse av prøve 45-48 er presentert i figur 70-72. TG-, DSC og GS-kurven er plottet som funksjon av tid i henholdsvis figur 70, 71 og 72.



Figur 70. TG-kurve for prøve 45-48 opparbeidet ved STA-analyse.



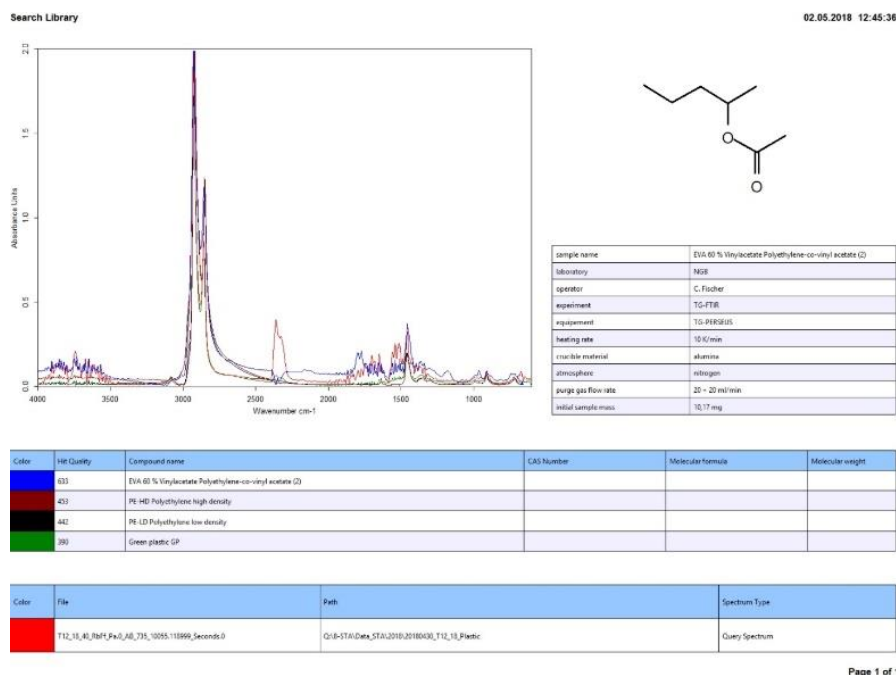
Figur 71. DSC-kurve for prøve 45-48 opparbeidet ved STA-analyse.



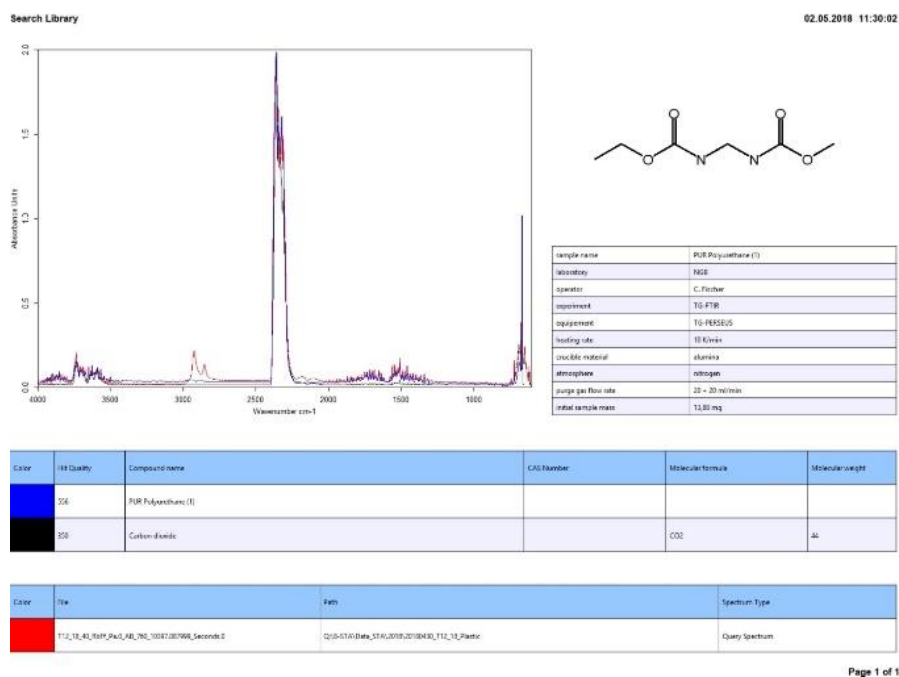
Figur 72. GS- kurve for prøve 45-48 opparbeidet ved STA-analyse. Temperaturen bestemt på toppunktet til de ulike kurvene er temperaturen benyttet for uttak av FTIR-spekter for den aktuelle prøven.

4.3.2.1. Prøve 40, RBFF-Pa

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 40 RBFF-Pa etter oppvarming til 476°C grader, presentert i figur 73, spekteret gir treff med EVA 60%, PEHD, PE-LD og GP med henholdsvis treffrate 633, 453, 442 og 390 ved søk mot biblioteket. FTIR-spekter er hentet ut for prøve 40 RBFF-Pa etter oppvarming til 505°C grader, presentert i figur 74, spekteret gir treff med Polyuretan (PUR)(1) og CO₂ med henholdsvis treffrate 556 og 350 ved søk mot biblioteket.



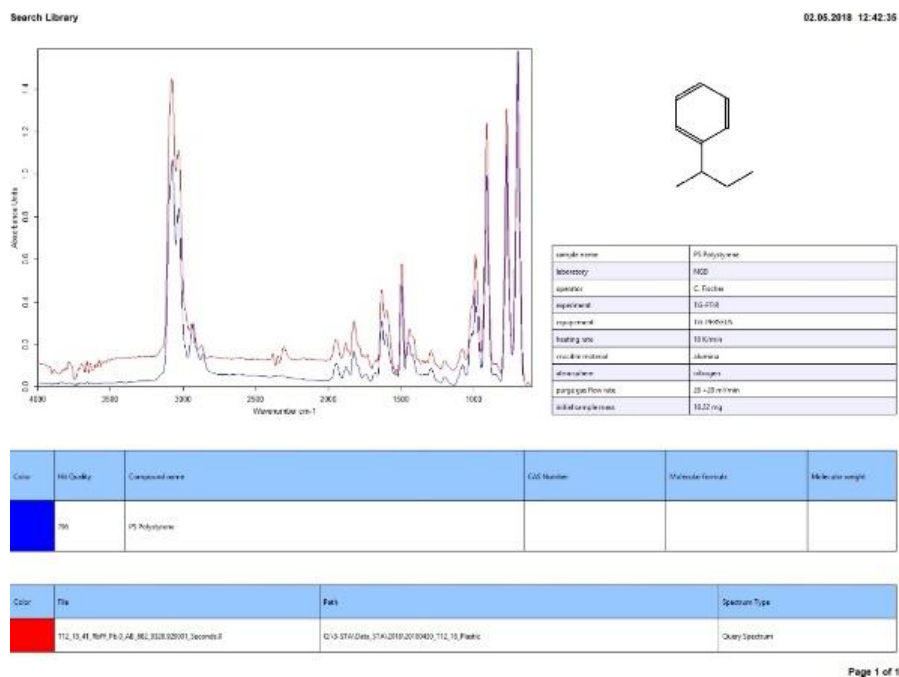
Figur 73. FTIR-spekter hentet ut for prøve 40 RBFF-Pa ved 476°C grader med søk mot biblioteket



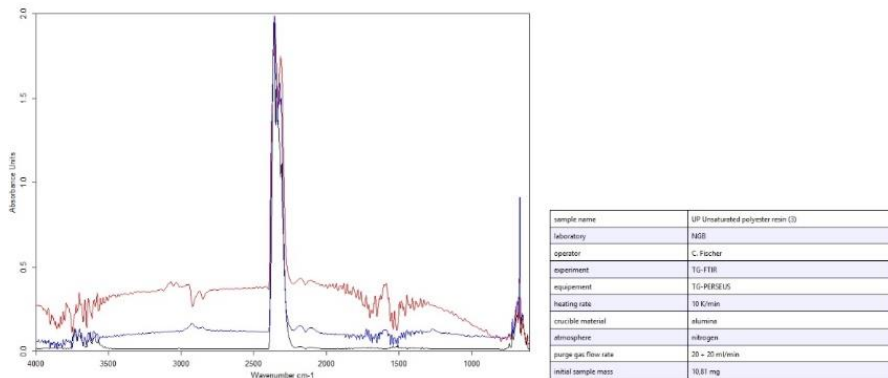
Figur 74. FTIR-spekter hentet ut for prøve 40 RBFF-Pa ved 505°C grader med søk mot biblioteket

4.3.2.2. Prøve 41, RBFF-Pb

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 41 RBFF-Pb etter oppvarming til 417°C grader, presentert i figur 75, spekteret gir treff med PS med treffrate 796 ved søk mot biblioteket. FTIR-spekter er hentet ut for prøve 41 RBFF-Pb etter oppvarming til 506°C grader, presentert i figur 76, spekteret gir treff med UP(3) og CO₂ med henholdsvis treffrate 535 og 187 ved søk mot biblioteket.



Figur 75. FTIR-spekter hentet ut for prøve 41 RBFF-Pb ved 417°C grader med søk mot biblioteket



Color	Ht Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	535	UP Unsaturated polyester resin (3)			
Black	187	Carbon dioxide		CO2	44

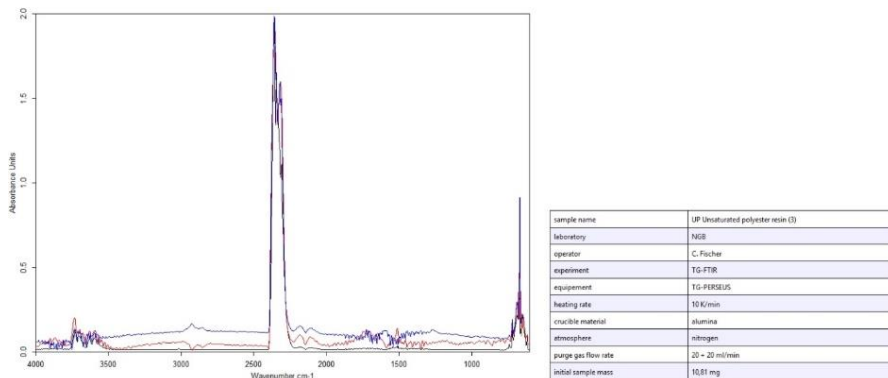
Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T12_18_41_RBFF_Pb_0_48_760_1095.89501_Seconds.0	Q:\S-STA\Data_STA\2018\20180430_T12_18_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 76. FTIR-spekter hentet ut for prøve 41 RBFF-Pb ved 506°C grader med søk mot biblioteket

4.3.2.3. Prøve 42, RBFF-Pc

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 42 RBFF-Pc etter oppvarming til 505°C grader, presentert i figur 77, spekteret gir treff med UP(3) og CO₂ med henholdsvis treffrate 550 og 306 ved søk mot biblioteket.



Color	Ht Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	550	UP Unsaturated polyester resin (3)			
Black	306	Carbon dioxide		CO2	44

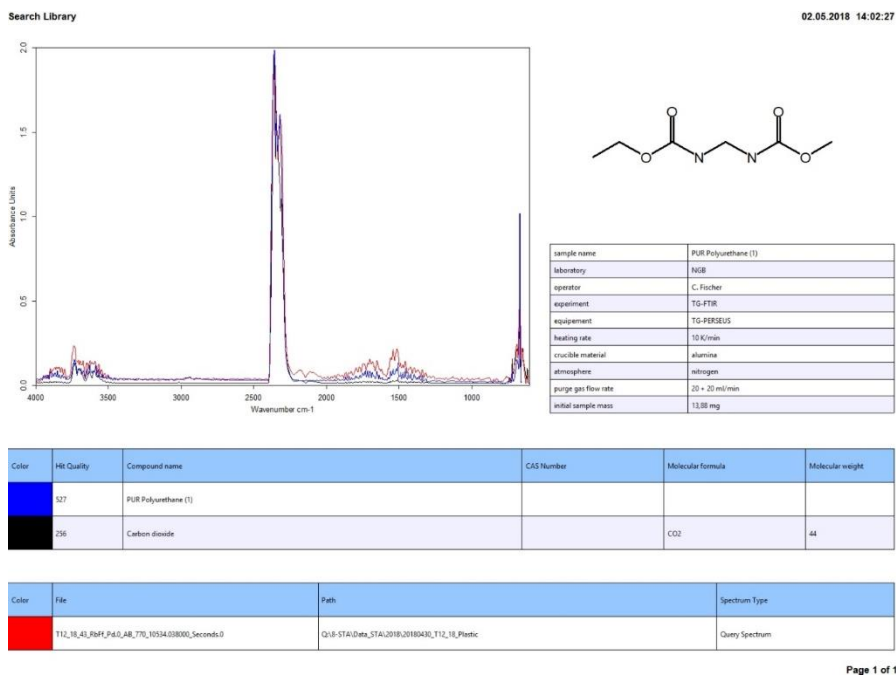
Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T12_18_42_RBFF_Pc_0_48_761_10411.194980_Seconds.0	Q:\S-STA\Data_STA\2018\20180430_T12_18_Plastic	Query Spectrum

Page 1 of 1

Figur 77. FTIR-spekter hentet ut for prøve 42 RBFF-Pc ved 505°C grader med søk mot biblioteket

4.3.2.4. Prøve 43, RBFF-Pd

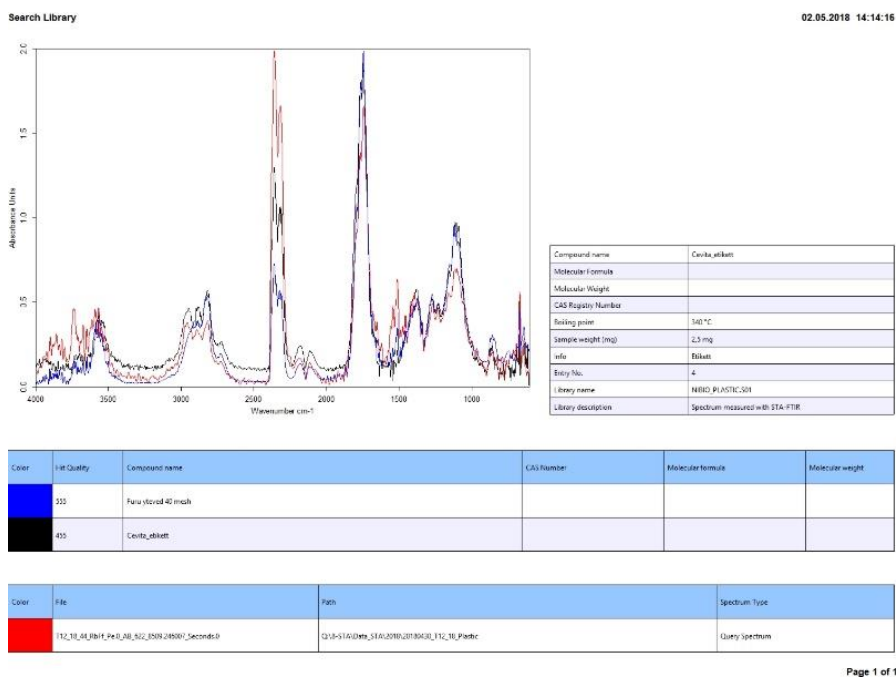
FTIR-spekter er hentet ut for prøve 43 RBFF-Pd etter oppvarming til 516°C grader, presentert i figur 78, spekteret gir treff med PUR(1) og CO₂ med henholdsvis treffrate 527 og 256 ved søk mot biblioteket.



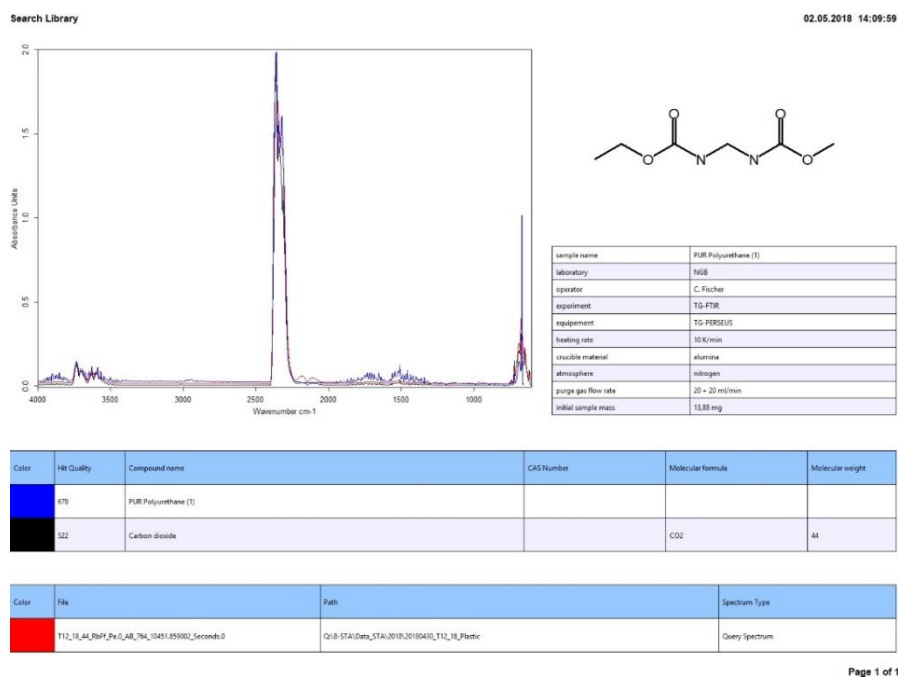
Figur 78. FTIR-spekter hentet ut for prøve 43 RBFF-Pd ved 516°C grader med søk mot biblioteket

4.3.2.5. Prøve 44, RBFF-Pe

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 44 RBFF-Pe etter oppvarming til 476°C grader, presentert i figur 79 spekteret gir treff med Furu yteved og Cevita etikett henholdsvis treffrate 555 og 455 ved søk mot biblioteket. FTIR-spekter er hentet ut for prøve 44 RBFF-Pe etter oppvarming til 510°C grader, presentert i figur 80, spekteret gir treff med Polyuretan (PUR)(1) og CO₂ med henholdsvis treffrate 678 og 522 ved søk mot biblioteket.



Figur 79. FTIR-spekter hentet ut for prøve 44 RBFF-Pe ved 476°C grader med søk mot biblioteket

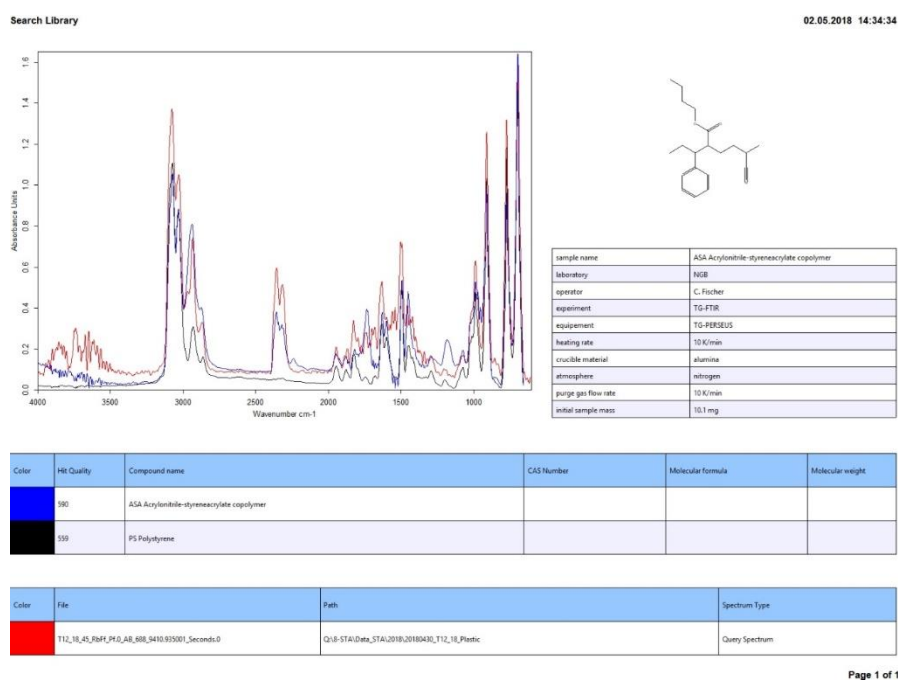


Figur 80. FTIR-spekter hentet ut for prøve 44 RBFF-Pe ved 510°C grader med søk mot biblioteket

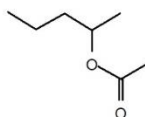
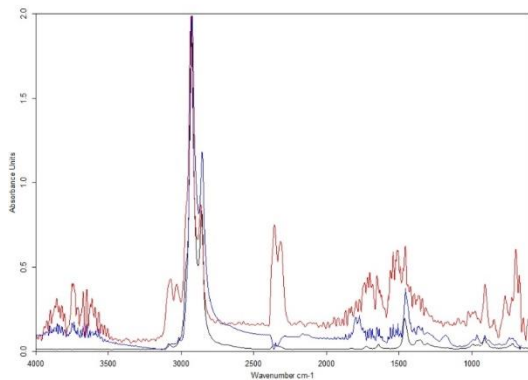
4.3.2.6. Prøve 45, RBFF-pf

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 45 RBFF-Pf etter oppvarming til 426°C grader, presentert i figur 81, spekteret gir treff med ASA og PS henholdsvis treffrate 590 og 559 ved søkt mot biblioteket.

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 45 RBFF-Pf etter oppvarming til 446°C grader, presentert i figur 82, spekteret gir treff med EVA 60% og PE med henholdsvis treffrate 484 og 318 ved søkt mot biblioteket. FTIR-spekter er hentet ut for prøve 45 RBFF-Pf etter oppvarming til 505°C grader, presentert i figur 83, spekteret gir treff med UP(3) og CO₂ med henholdsvis treffrate 574 og 325 ved søkt mot biblioteket.



Figur 81. FTIR-spekter hentet ut for prøve 45 RBFF-Pf ved 426°C grader med søk mot biblioteket

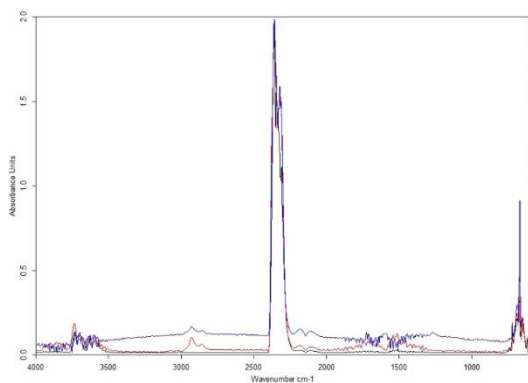


sample name	EVA 50 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (2)
laboratory	MSB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10,17 mg

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	484	EVA 50 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (2)			
Black	318	Polyethylene PE	9002-88-4	(C ₂ H ₄) _n	4000

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T12_18_45_RBFF_Pf_0_AB_710_8711865000_Seconds.0	Q:\8-ST4\0ata_ST4\2018\20180430_T12_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 82. FTIR-spekter hentet ut for prøve 45 RBFF-Pf ved 446°C grader med søk mot biblioteket



sample name	UP Unsaturated polyester resin (3)
laboratory	MSB
operator	C. Fischer
equipment	TG-FTIR
equipment	TG-PERSEUS
heating rate	10 K/min
crucible material	alumina
atmosphere	nitrogen
purge gas flow rate	20 + 20 ml/min
initial sample mass	10,81 mg

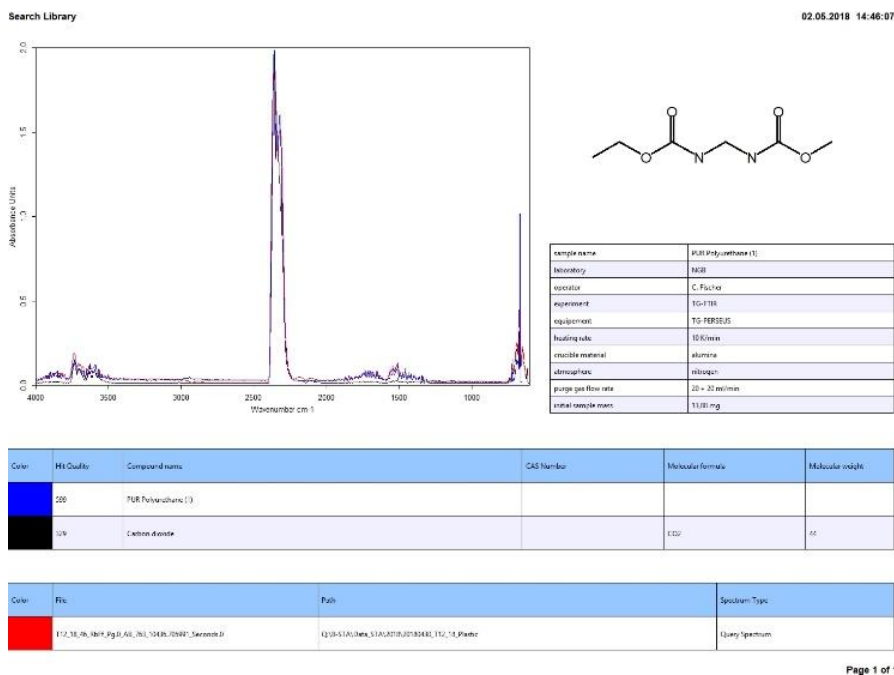
Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	574	UP Unsaturated polyester resin (3)			
Black	325	Carbon dioxide		CO ₂	44

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	T12_18_45_RBFF_Pf_0_AB_759_10182116980_Seconds.0	Q:\8-ST4\0ata_ST4\2018\20180430_T12_18_Plastic	Query Spectrum

Figur 83. FTIR-spekter hentet ut for prøve 45 RBFF-Pf ved 505°C grader med søk mot biblioteket

4.3.2.7. Prøve 46- RBFF-Pg

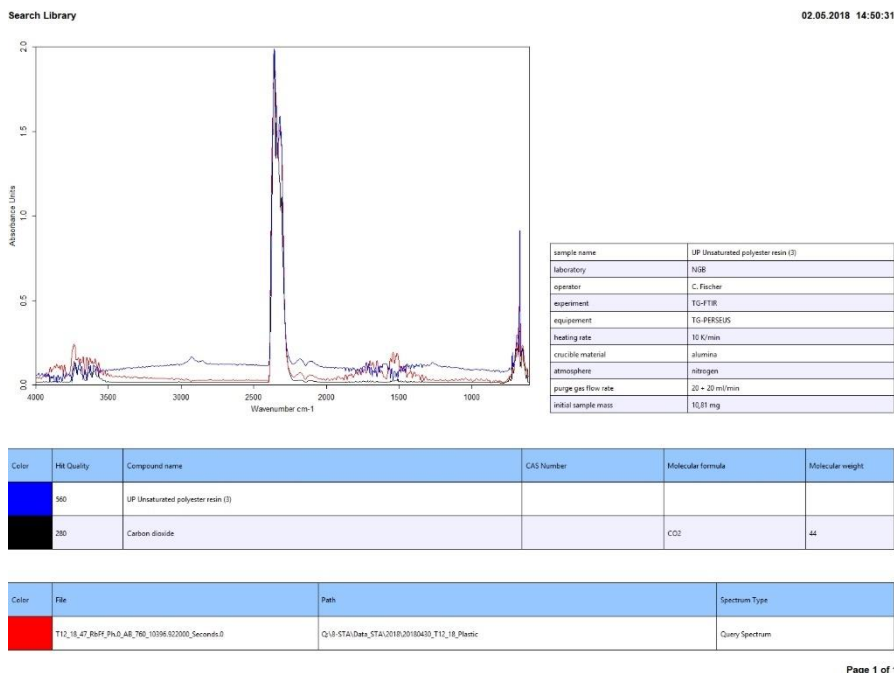
FTIR-spekter er hentet ut for prøve 46 RBFF-Pg etter oppvarming til 508°C grader, presentert i figur 84, spekteret gir treff med PUR(1) og CO₂ med henholdsvis treffrate 559 og 329 ved søkt mot biblioteket.



Figur 84. FTIR-spekter hentet ut for prøve 46 RBFF-Pg ved 508°C grader med søk mot biblioteket

4.3.2.8. Prøve 47- RBFF-Ph

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 47 RBFF-Ph etter oppvarming til 505°C grader, presentert i figur 85, spekteret gir treff med UP(3) og CO₂ med henholdsvis treffrate 560 og 280 ved søkt mot biblioteket.

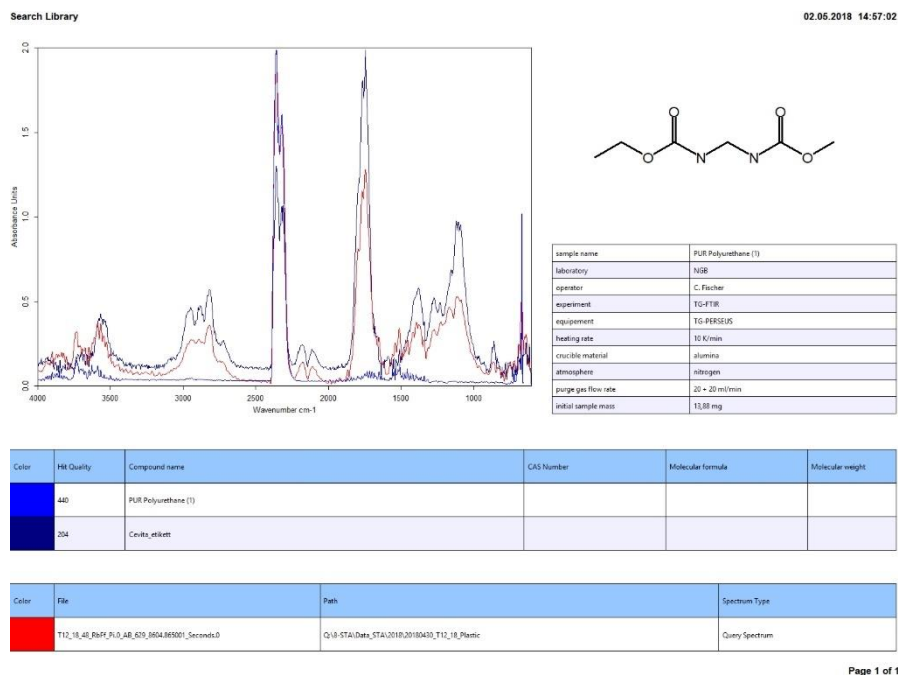


Figur 85. FTIR-spekter hentet ut for prøve 47 RBFF-Ph ved 505°C grader med søk mot biblioteket

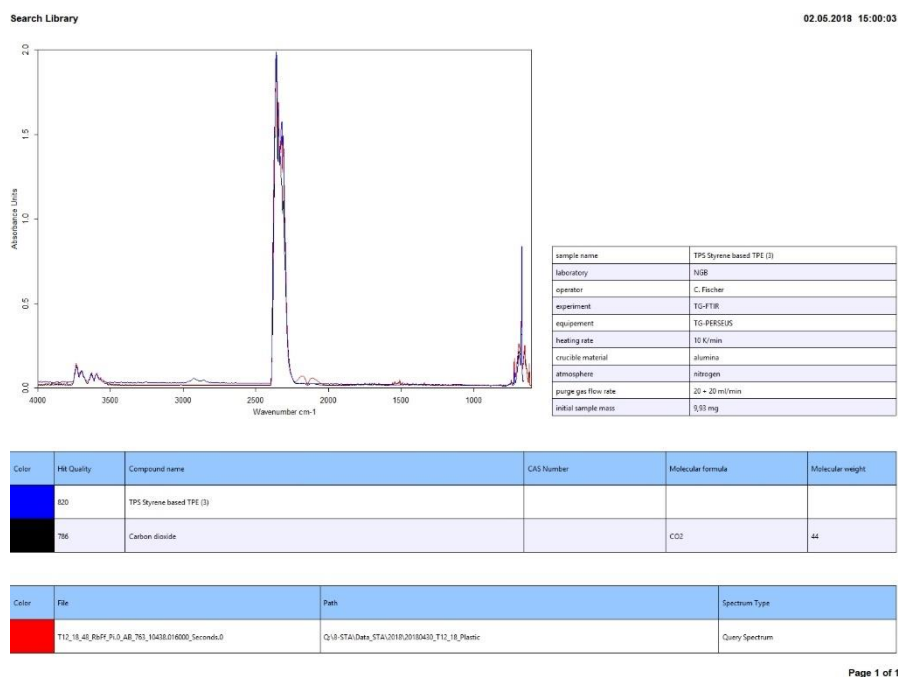
4.3.2.9. Prøve 48 – RBFF-pi

FTIR-spekter er hentet ut for prøve 48 RBFF-Pi etter oppvarming til 446°C grader, presentert i figur 86, spekteret gir treff med PUR(1) og Cevita etikett med henholdsvis treffrate 440 og 204 ved søkt mot Netzsch- og NIBIO-biblioteket. FTIR-spekter er hentet ut for prøve 48 RBFF-Pi etter oppvarming

til 508°C grader, presentert i figur 87, spekteret gir treff med TPS (3) og CO₂ med henholdsvis treffrate 820 og 786 ved søkt mot biblioteket.



Figur 86. FTIR-spekter hentet ut for prøve 48 RBF-Pi ved 446°C grader med søk mot biblioteket



Figur 87. FTIR-spekter hentet ut for prøve 48 RBF-Pi ved 509°C grader med søk mot biblioteket

Vedlegg C – Partikkelstørrelse

Størrelsen på partikkelen plukket ut fra Fast biogjødsel fra Romerike biogassanlegg i prøve RBFF-P1-3 ble bestemt ved bildeverktøyet ImageJ. Mål for de ulike partiklene er presentert i tabell 1-3. Lengden for partikkel 24, 2 og 55 i henholdsvis parallell 1, 2 og 3 ble lagt sammen ved flere mål på grunn av formen på partikkelen.

Tabell 1. Mål tatt for partikkelstørrelse bestemmelse for plukket plast fra fast biogjødsel, RBFF-P1

Prøve	Partikkel	Bredde [mm]	Lengde [mm]	Diameter [mm]
RBFF-P1	1	3,547	3,761	
RBFF-P1	2	1,908	1,128	
RBFF-P1	3	0,641	1,453	
RBFF-P1	4			0,513
RBFF-P1	5	0,969	1,435	
RBFF-P1	6			1,21
RBFF-P1	7			0,246
RBFF-P1	8			0,686
RBFF-P1	9	1,449	1,081	
RBFF-P1	10	2,404	2,778	
RBFF-P1	11	2,255	2,436	
RBFF-P1	12	1,182	2,151	
RBFF-P1	13			2,363
RBFF-P1	14			0,362
RBFF-P1	15			0,541
RBFF-P1	16	0,908	0,729	
RBFF-P1	17			0,451
RBFF-P1	18	0,709	1,635	
RBFF-P1	19	1,808	3,163	
RBFF-P1	20			0,368
RBFF-P1	21			1,09
RBFF-P1	22	1,408	1,116	
RBFF-P1	23			0,31
RBFF-P1	24	0,442	4,793	
RBFF-P1	25	0,306	1,929	
RBFF-P1	26	1,11	1,859	
RBFF-P1	27	1,668	3,288	
RBFF-P1	28	1,179	1,729	
RBFF-P1	29			0,798
RBFF-P1	30	2,001	4,817	
RBFF-P1	31			0,879
RBFF-P1	32			0,487
RBFF-P1	33			0,806
RBFF-P1	34	1,38	2,434	
RBFF-P1	35	0,926	1,44	
RBFF-P1	36			0,217

Tabell 2. Mål tatt for partikkelstørrelse bestemmelse for plukket plast fra fast biogjødsel, RBFF-P2

Prøve	Partikkel	Bredde [mm]	Lengde [mm]	Diameter [mm]
RBFF-P2	1	3,101	3,704	
RBFF-P2	2	2,744	1,496	
RBFF-P2	3	1,062	7,236	
RBFF-P2	4	0,69	2,291	
RBFF-P2	5	1,503	2,021	
RBFF-P2	6	1,644	1,714	
RBFF-P2	7	1,214	2,218	
RBFF-P2	8			0,878
RBFF-P2	9			1,791
RBFF-P2	10	1,791	1,711	
RBFF-P2	11	1,803	4,487	
RBFF-P2	12			2,073
RBFF-P2	13	2,542	3,567	
RBFF-P2	14	0,663	0,885	
RBFF-P2	15			0,423
RBFF-P2	16			0,994
RBFF-P2	17			1,811
RBFF-P2	18			0,784
RBFF-P2	19			1,468
RBFF-P2	20	2,268	2,28	
RBFF-P2	21	1,551	1,909	
RBFF-P2	22	1,058	2,436	
RBFF-P2	23	0,799	2,408	
RBFF-P2	24	1,106	5,087	
RBFF-P2	25	2,151	3,004	

Tabell 3. Mål tatt for partikkelstørrelse bestemmelse for plukket plast fra fast biogjødsel RBFF-P3

Prøve	Partikkel	Bredde [mm]	Lengde [mm]	Diameter [mm]
RBFF-P3	1	1,125	1,232	
RBFF-P3	2	1,195	1,464	
RBFF-P3	3	1,055	1,54	
RBFF-P3	4			0,591
RBFF-P3	5	2,665	3,764	
RBFF-P3	6	0,693	1,159	
RBFF-P3	7	0,812	3,746	
RBFF-P3	8	1,453	1,85	
RBFF-P3	9	1,947	3,358	
RBFF-P3	10	0,981	2,698	
RBFF-P3	11			0,389
RBFF-P3	12	1,139	1,428	
RBFF-P3	13	1,078	1,799	
RBFF-P3	14	2,714	2,976	
RBFF-P3	15	1,288	2,109	

RBFF-P3	16	1,002	1,531	
RBFF-P3	17	2,216	2,277	
RBFF-P3	18	1,856	3,096	
RBFF-P3	19	1,425	3,077	
RBFF-P3	20			1,622
RBFF-P3	21			1,481
RBFF-P3	22	1,622	1,811	
RBFF-P3	23			0,923
RBFF-P3	24			1,514
RBFF-P3	25			0,561
RBFF-P3	26	1,894	2,192	
RBFF-P3	27	2,022	2,284	
RBFF-P3	28	1,352	1,9	
RBFF-P3	29	1,935	2,321	
RBFF-P3	30	1,269	1,468	
RBFF-P3	31	1,033	1,722	
RBFF-P3	32	1,741	1,77	
RBFF-P3	33	1,63	3,814	
RBFF-P3	34	1,725	3,618	
RBFF-P3	35	1,25	2,492	
RBFF-P3	36			0,79
RBFF-P3	37			2,775
RBFF-P3	38			0,917
RBFF-P3	39	1,258	1,341	
RBFF-P3	40	1,283	1,69	
RBFF-P3	41	0,806	1,864	
RBFF-P3	42	1,135	1,653	
RBFF-P3	43	1,232	2,256	
RBFF-P3	44	1,081	1,541	
RBFF-P3	45	0,63	0,95	
RBFF-P3	46	1,639	1,972	
RBFF-P3	47	1,651	1,754	
RBFF-P3	48	1,046	2,474	
RBFF-P3	49	0,756	1,072	
RBFF-P3	50			0,993
RBFF-P3	51	1,082	2,003	
RBFF-P3	52	1,172	1,641	
RBFF-P3	53			0,491
RBFF-P3	54			0,651
RBFF-P3	55	0,672	4,564	
RBFF-P3	56	1,918	2,617	

Partiklene ble nummerert som vist i figur 1-3.



Figur 1. Nummererte partikler fra prøve RBFF-P1



Figur 2. Nummererte partikler fra prøve RBFF-P2



Figur 3. Nummererte partikler fra prøve RBFF-P3

Vedlegg D – Netzch TG-FTIR database of polymers

File name	Sample name	Laboratory	Operator	Experiment	Equipement	Heating rate	Crucible material	Atmosphere	Purge gas flow rate	Initial sample mass	Pyrolysis temperature (DTG)	Structure No/Yes
Entry 1	ABS Acrylonitrile-butadienestyrene copolymer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,06 mg	428°C	Yes
Entry 2	SAN Styrene-acrylonitrile copolymer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,28 mg	415°C	Yes
Entry 3	ASA Acrylonitrile-styreneacrylate copolymer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	10 K/min	10.1 mg	422°C	Yes
Entry 4	SB Styrene/Polybutadiene copolymer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10.55 mg	445°C	Yes
Entry 5	PS Polystyrene	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10.22 mg	415°C	Yes
Entry 6	PE-LD Polyethylene low density	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,06 mg	480 °C	Yes
Entry 7	PE-LLD Polyethylene linear low density	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,00 mg	483 °C	Yes
Entry 8	PE-HD Polyethylene high density	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,20	490 °C	Yes
Entry 9	PE-UHMW Polyethylene ultra high molecular weight	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,08 mg	486 °C	Yes
Entry 10	EVA 19 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,08	354 °C	Yes
Entry 11	EVA 19 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,08 mg	475 °C	Yes
Entry 12	PP Polypropylene homopolymer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,60	462°C	Yes
Entry 13	PB Polybutene	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,12 mg	458°C	Yes
Entry 14	PIB Polyisobutylene	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	11,63 mg	397 °C	Yes
Entry 15	PVC-P Polyvinylchloride (with plasticizer) (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,45 mg	314 °C	Yes
Entry 16	PVC-P Polyvinylchloride (with plasticizer) (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,45 mg	461 °C	Yes
Entry 17	PVC-U Polyvinylchloride (without plasticizer) (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,12 mg	280 °C	Yes
Entry 18	PVC-U Polyvinylchloride (without plasticizer) (3)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,12 mg	464 °C	Yes
Entry 19	PVDC Polyvinylidene chloride	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,03 mg	248°C	Yes
Entry 20	PVAL Polyvinylalcohol (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,03 mg	269 °C	Yes
Entry 21	PVAL Polyvinylalcohol (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,03 mg	439 °C	Yes
Entry 22	PLA Polylactide	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,86 mg	366 °C	Yes
Entry 23	PA11 Polyamide 11 (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,00 mg	540 °C	Yes
Entry 24	PA11 Polyamide 11 (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,00 mg	271 °C	Yes
Entry 25	PA 12 Polyamide 12	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,02 mg	471 °C	Yes
Entry 26	PA 46 Polyamide 46	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,08	446 °C	Yes
Entry 27	PA610 Polyamide 610	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,88 mg	467 °C	Yes
Entry 28	PA612 Polyamide 612	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,14 mg	466 °C	Yes
Entry 29	PBT Polybutylene terephthalate	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,91	403 °C	Yes
Entry 30	PET Polyethylene	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,13 mg	443 °C	Yes
Entry 31	PC Polycarbonate	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,14 mg	384 °C	Yes
Entry 32	PMMA Polymethylmethacrylate	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,13 mg	380 °C	Yes
Entry 33	POM (homo) Polyoxymethylene (homopolymer) (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,19 mg	346 °C	Yes
Entry 34	POM (homo) Polyoxymethylene (homopolymer) (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,19 mg	385 °C	Yes
Entry 35	POM (copo) Polyoxymethylene (copolymer)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,07	388 °C	Yes
Entry 36	PPS Polyphenylenesulfide	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,98 mg	512 °C	Yes
Entry 37	PSU Polysulfone	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,62 mg	535 °C	Yes
Entry 38	PTFE Polytetrafluoroethylene	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,11 mg	578 °C	Yes
Entry 39	PVDF Polyvinylidene fluoride (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,82	451 °C	Yes
Entry 40	PVDF Polyvinylidene fluoride (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,82 mg	475 °C	Yes
Entry 41	FEP Tetrafluoroethylene/hexafluoropropylene copolymer (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,08 mg	513 °C	Yes
Entry 42	FEP Tetrafluoroethylene/hexafluoropropylene copolymer (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,08 mg	593 °C	Yes

Entry 43	ETFE Ethylenetetrafluoroethylene	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,04 mg	513 °C	Yes
Entry 44	PVF Polyvinylfluoride (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	6,10 mg	374 °C	Yes
Entry 45	PVF Polyvinylfluoride (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	6,10 mg	439 °C	Yes
Entry 46	PA6/3T Polyamide 6/3T	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,20 mg	456 °C	No
Entry 47	PA6/6T Polyamide 6/6T	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,07 mg	481 °C	No
Entry 48	PEI Polyetherimide	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,97 mg	548 °C	Yes
Entry 49	PES Polyethersulfone	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,89 mg	587 °C	Yes
Entry 50	PEEK Polyetheretherketone	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,97 mg	599 °C	Yes
Entry 51	PEKEKK Polyacryletherketoneetherketoneketone	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,20 mg	595 °C	Yes
Entry 52	PFA Perfluoroalkoxy	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,87 mg	545 °C	Yes
Entry 53	(HBA/HNA)-LCP Hydroxybenzoic acid-2,6-hydroxynaphthenic acid (liquid crystalline polymer)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	12,35 mg	520 °C	No
Entry 54	TPV Polyolefine based TPE (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,53 mg	366 °C	No
Entry 55	TPV Polyolefine based TPE (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,53 mg	467 °C	No
Entry 56	TPU Urethane based TPE (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,53	352 °C	No
Entry 57	TPU Urethane based TPE (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,53 mg	404 °C	No
Entry 58	TPC Ester-Ether based TPE	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,18 mg	402 °C	No
Entry 59	TPA Amide based TPE	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,75 mg	413 °C	No
Entry 60	TPS Styrene based TPE (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,93 mg	338 °C	No
Entry 61	TPS Styrene based TPE (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,93 mg	448 °C	No
Entry 62	TPS Styrene based TPE (3)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,93 mg	738 °C	No
Entry 63	BR Butadiene rubber (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	12,14 mg	379 °C	Yes
Entry 64	BR Butadiene rubber (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	12,14 mg	472 °C	Yes
Entry 65	CM Chlorinated polyethylene rubber (3)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,90 mg	475 °C	Yes
Entry 66	CR Chloroprene rubber (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,49 mg	369 °C	Yes
Entry 67	CR Chloroprene rubber (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,49 mg	447 °C	Yes
Entry 68	EPDM Ethylene-propylene-diene rubber (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	11,06 mg	474 °C	Yes
Entry 69	EPDM Ethylene-propylene-diene rubber (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	11,06 mg	666 °C	Yes
Entry 70	HNBR Hydrogenated acrylonitrile-butadiene rubber (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	11,34 mg	469 °C	Yes
Entry 71	HNBR Hydrogenated acrylonitrile-butadiene rubber (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	11,34 mg	342 °C	Yes
Entry 72	NBR Acrylonitrile-butadiene (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,15 mg	249 °C	Yes
Entry 73	NBR Acrylonitrile-butadiene (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,15 mg	462 °C	Yes
Entry 74	NR Natural rubber	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,49 mg	379 °C	Yes
Entry 75	Q Silicone rubber	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,03 mg	582 °C	Yes
Entry 76	SBR Styrene-butadiene rubber (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	11,94 mg	255 °C	Yes
Entry 77	SBR Styrene-butadiene rubber (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	11,94 mg	458 °C	Yes
Entry 78	EP Epoxy resin (4)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	12,25 mg	393 °C	No
Entry 79	EP Epoxy resin (3)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	12,25 mg	354 °C	No
Entry 80	EP Epoxy resin (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	12,25 mg	284 °C	No
Entry 81	EP Epoxy resin (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	12,25 mg	245 °C	No
Entry 82	MF Melamine-formaldehyde resin (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,95 mg	157 °C	Yes
Entry 83	MF Melamine-formaldehyde resin (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,95 mg	354 °C	Yes
Entry 84	MF Melamine-formaldehyde resin (3)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,95 mg	392 °C	Yes
Entry 85	PF Phenol-formaldehyde resin (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,49 mg	155 °C	Yes
Entry 86	PF Phenol-formaldehyde resin (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,95 mg	240 °C	Yes

Entry 87	PF Phenol-formaldehyde resin (3)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,95 mg	545 °C	Yes
Entry 88	PUR Polyurethane (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	13,88 mg	244 °C	Yes
Entry 89	PUR Polyurethane (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	13,88 mg	308 °C	Yes
Entry 90	UF Urea-formaldehyde resin (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,29 mg	251 °C	Yes
Entry 91	UF Urea-formaldehyde resin (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,29 mg	288 °C	Yes
Entry 92	UF Urea-formaldehyde resin (3)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,29 mg	350 °C	Yes
Entry 93	UP Unsaturated polyester resin (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,81 mg	340 °C	No
Entry 94	UP Unsaturated polyester resin (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,81 mg	474 °C	No
Entry 95	UP Unsaturated polyester resin (3)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,81 mg	728 °C	No
Entry 96	PMP Polymethylpenten	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,00	441 °C	Yes
Entry 97	PEK Polyetherketone	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,19	587 °C	Yes
Entry 98	PA66 Polyamide 66	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,18	449 °C	Yes
Entry 99	PA6 Polyamide 6	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,84 mg	453 °C	Yes
Entry 100	AMMA Acrylonitrile-methyl Methacrylate	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K7min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,94 mh	328 °C	Yes
Entry 101	AMMA Acrylonitrile-methyl Methacrylate	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,94 mg	421 °C	Yes
Entry 102	PPSU Polyphenylsulfone	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	10 K/min	9,95 mg	591 °C	Yes
Entry 103	AEM Ethylene acrylic rubber	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 K/min	10,07 mg	444 °C	Yes
Entry 104	ACM Acrylic acid ester 2-chloroethyl vinyl ether copolymer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 K/min	10,86 mg	386 °C	No
Entry 105	IIR Butyl rubber	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,87 mg	395 °C	Yes
Entry 106	FKM Fluoroelastomer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,04	472 °C	No
Entry 107	PPTA Poly(p-phenylenterephthalamide)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,83 mg	422 °C	Yes
Entry 108	PPTA Poly(p-phenylenterephthalamide)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,83 mg	588 °C	Yes
Entry 109	COC Cyclo-Olefin-Copolymere	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,94 mg	473 °C	Yes
Entry 110	PAN Polyacrylnitril	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,93 mg	285 °C	Yes
Entry 111	PAN Polyacrylnitril	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,93 mg	429 °C	Yes
Entry 112	PPA Polyphthalamide	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,31 mg	482 °C	Yes
Entry 113	CM Chlorinated polyethylene rubber (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,90 mg	278 °C	Yes
Entry 114	CM Chlorinated polyethylene rubber (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,90 mg	328 °C	Yes
Entry 115	PVC-U Polyvinylchloride (without plasticizer) (2)	NBG	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,12 mg	331 °C	Yes
Entry 116	TPO Thermoplastic polyolefin	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,56 mg	461 °C	No
Entry 117	PP-HC Polypropylene high crystalline	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,29 mg	460 °C	Yes
Entry 118	PP-R Polypropylene random polymer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,00 mg	460 °C	Yes
Entry 119	PP-C Polypropylene copolymer	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,87 mg	462 °C	Yes
Entry 120	EVA 28 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,33 mg	473 °C	Yes
Entry 121	EVA 28 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,33 mg	350 °C	Yes
Entry 122	EVA 40 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,88 mg	347 °C	Yes
Entry 123	EVA 40 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,88 mg	469 °C	Yes
Entry 124	EVA 39 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,88 mg	351 °C	Yes
Entry 125	EVA 39 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,88 mg	471 °C	Yes
Entry 126	EVA 60 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (1)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,17 mg	348 °C	Yes
Entry 127	EVA 60 % Vinylacetate Polyethylene-co-vinyl acetate (2)	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	10,17 mg	469 °C	Yes
Entry 128	PEG methylether Polyethylenglycolmethylether Mn 2000	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,78 mg	400 °C	Yes
Entry 129	PCTFE Polychlortrifluorethylen	NGB	C. Fischer	TG-FTIR	TG-PERSEUS	10 K/min	alumina	nitrogen	20 + 20 ml/min	9,97 mg	427 °C	No



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway