



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Metanpotensialer fra ulike biomasser i Oslo og RBAs nærrområde

En innledende studie

NIBIO RAPPORT | VOL. 3 | NR. 90 | 2017



Roar Linjordet

Divisjon for miljø og naturressurser/Bioressurser og kretsløpsteknologi

TITTEL/TITLE

Metanpotensialer fra ulike biomasser i Oslo og RBAs nærrområde

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Roar Linjordet

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
23.06.2017	3/90/2017	Åpen	10578	17/02131
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-01892-6	2464-1162	12	1	

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Energigjenvinningsetaten, Oslo kommune

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Johnny Stuen/Espen Govasmanrk

STIKKORD/KEYWORDS:

Metanpotensiale, rivingsavfall, trevirke, papp, VARslam, kompost

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Energi og materialgjenvinning

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Energigjenvinningsetaten i Oslo kommune (Oslo EGE) har et biomasseprosjekt som har til formål å øke material- og energigjenvinning i Oslo. Ut fra en energibetraktning er det først og fremst papp (dampeksplodert eller oppmalt), ubehandlet bark og slam fra vannrenseanleg (VAR) som virker mest interessant. Varmebehandlet VAR bør undersøkes nærmere. Hvis den virkningen vi observerte skyldes en eller annen form for hydrolyse og repolymerisering, så kan en slik struktur kanskje være interessant i utvikling av torverstatninger. Det bør også undersøkes om bark og flis, både med og uten Cambi THP, kan ha gunstig virkning på biogassprosessen og avvanningsegenskapene til biorest/råtnerest. Det finnes også en god del litteratur som anbefaler pappkartong i blandinger til vermikompostering til produksjon av plantejord.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Oslo/Akershus

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Oslo

STED/LOKALITET:

RBA

GODKJENT /APPROVED



TRINE EGGEN

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



ROAR LINJORDET



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Dette prosjektet er delvis en del av et større NFR prosjekt under EnergiX, Biogasfuel, om bruk av trevirke og annet materiale som inneholder lignocellulose til produksjon av biogass og gjødsel. Energigjenvinningsetaten i Oslo kommune (Oslo EGE) har vært en sentral næringslivspartner i dette prosjektet og har i tillegg startet et biomasseprosjekt som har som formål å øke materialgjenvinningen i Oslo. Oslo kommune har derfor bidratt med en tilleggsbevilgning for å kunne gjennomføre en mer utvidet innledende studie enn det som ellers hadde vært mulig. Takket være en koordinert innsats fra Linn Solli, Hege Bergheim, Marte Sverdrup Linjordet, Over Bergersen (foto) og Kine Svensson var det mulig å gjennomføre dette arbeidet i en hektisk sluttspurt i 2016. Takk også til Oslo Ege v/Espen Govasmark for innsamling av råmaterialer til forsøket.

Ås, 23.06.17

Roar Linjordet

Innhold

1	Bakgrunn.....	5
2	Materialer.....	6
3	Resultater.....	7
4	Diskusjon.....	10
5	Konklusjoner.....	11
	Litteraturreferanser.....	12
	Appendiks.....	13

1 Bakgrunn

Oslo kommune har et mål om økt materialgjenvinning fra innsamlede avfallsfraksjoner og er i dag i besittelse av et biogassanlegg med ledig behandlingskapasitet. I den forbindelse så har EGE et biomasseprosjekt der man skal vurdere å benytte alternative biomasser i Oslo kommune og i nærområdet til Romerike biogassanlegg til biogass- og biogjødsel produksjon. De ulike sektorer i Oslo kommune besitter til dels store mengder biomasse der det potensielt kan gjenvinnes betydelige mengder energi, næringsstoffer og strukturmateriale til erstatning for torv i plantejord. De ulike sektorer og etater som har bidratt med materialer til prosjektet er:

- Oslo kommune: Vann og avløpsetaten (VAV), Renovasjonsetaten (REN) og Energigjenvinningsetaten (EGE)
- Industri: Bergene Holm AS og Cambi AS

2 Materialer

Råvarer

Bark, kutteflis og sagflis var levert av Bergene Holm AS. Treslag var ikke spesifisert, men kan være gran, furu eller en blanding, antagelig med overvekt gran siden gran er hovedvirke. Vi har imidlertid forsøkt å karakterisere materialene nærmere vha lukt.

- Bark – struktur og lite lukt tyder på gran
- kompost
- kutteflis – nesten uten lukt som indikerer mest gran
- papp
- Rivingsavfall
- sagflis – etter lukten å dømme inneholder sagflisa en god del furu
- slam fra vannrenseanlegg, i det etterfølgend forkortet til VAR slam – polymer ikke spesifisert

I vedlegget har vi lagt inn store bilder får å få et best mulig visuelt bilde av råmaterialene, siden «kornstørrelsen» er en parameter som har betydning for gassutbyttet.

Forbehandling

Vi har tidligere vist at vi får høyest gassutbytte fra gran, pil og bjørk ved å dampeksplodere (DE) treverket ved minst 210° C i minst 10 min (Horn et al., 2011). Dette er også gjort her selv om det kanskje er lite aktuelt å kjøre ved så høy temperatur.

Startkultur

Startkultur var utrånnet husdyrgjødsel fra vår egen laboratoriereaktor. Det ble tilsatt ca 100 mL til hver flaske med totalvolum på 525 mL. Dette tilsvarte 2,3 g organisk materiale (OM). Deretter ble det tilsatt en mengde kokt og avkjølt springvann tilpasset et endelig totalvolum på 400 mL. Denne ble inkubert 3 dager for å etablere anaerobe forhold.

Testkulturer

Blankprøver ble bare tilsatt starkultur og vann. Positive kontroller ble tilsatt 1 g mikrokrystallinsk cellulose. Av råstoffer ble det tilsatt fra 0,45 – 2,6 g OM til hver flaske.

Varighet

Flaskene ble inkubert på sirkulært rystebord (90 rpm) i 71 dager. Underveis ble det målt trykk og gassammensetning for å følge nedbrytningsforløpet. De første 40 dager er av størst interesse i en kontinuerlig prosess.

Massebalanse

Det er noen utfordringer knyttet til beregning av gassutbytte per innveid enhet. Dette gjelder spesielt andelen flyktige forbindelser som kan forsvinne i selve DE prosessen, men i tillegg kan noe også forsvinne under tørrstoffbestemmelse ved 105 °C både før og spesielt etter DE prosessen. En viss kontroll på dette kan etableres ved å jobbe kvantitativt og regne på massebalanse. I praksis betyr det at vi bestemte tørrstoffinnholdet av alt materiale som gikk inn og ut av dampriggen vha relativt store delprøver.

3 Resultater

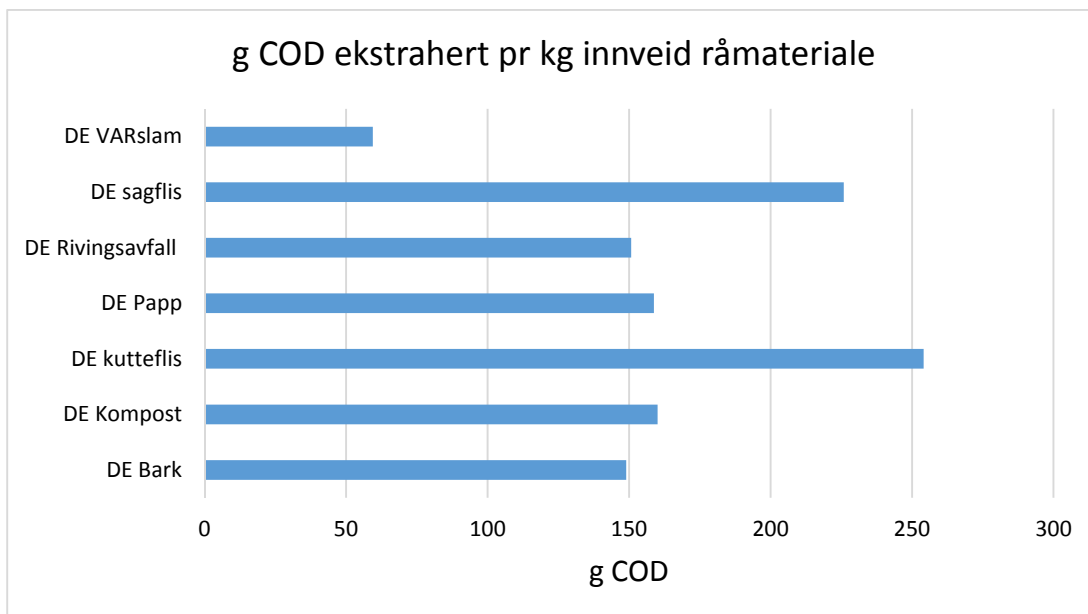
Tørrstoffbestemmelse av råmaterialet vi har undersøkt er ganske pålitelig. Tørrstoffinnhold av dampeksplodert materiale derimot kan som nevnt være beheftet med noe usikkerhet. For det første kan flyktig materiale forsvinne under selve DE prosessen, og videre ved den etterfølgende tørking. Hvis vi beregner gassutbyttet pr vektenhet utgangsmateriale kan disse tapene delvis oppveie hverandre selv om tapet ikke er ubetydelig, men vi har ikke mulighet til å bestemme hvordan tapene er fordelt. En annen usikkerhetsfaktor er heterogenitet i prøvematerialet. Det kan være ganske krevende å ta ut en representativ prøve fra heterogent materiale. Tabell 1 tyder på at for kompost, papp og sagflis gjenvinnes mesteparten av det organiske materialet. Det er ingen grunn til å tro at tapene skal være betydelig større for de andre materialene. Hvis tapet er stort kan det også skyldes at noe materiale sitter igjen i reaktoren. Tapet for VAR slam var stort fordi bøtta blåste av slik at mye av materialet havnet på gulvet. Tørrstoffinnholdet for DE VAR slam er derfor neppe representativt. For kutteflis ser det tilsynelatende ut til at vi får mer materiale ut av reaktoren enn det vi har puttet inn. Det skyldes sannsynligvis at prøven var tynn og veldig heterogen noe som gjør representativ prøvetaking vanskelig. Egentlig skulle massebalansen her være like god som for kompost og sagflis.

Tabell 1. Tørrstoffbasert massebalanse dampeksplasjon

	Bark	Kompost	Kutteflis	Papp	Rivings- avfall	Sagflis	VAR slam
Innveid	814	514	172	214	482	566	1592
Innveid tørrstoff	231	265	139	206	421	298	247
Tilsatt vann	1125	858		582	1285		
Ut av rigg vått	2569	1983	2379	1723	2875	1838	1403
Ut av rigg tørt	177	227	279	185	325	296	123
Differanse (TS inn-TS ut)	55	38	-140	21	96	2	125

For bark har den største utfordringen vært prøvetaking til tørrstoffbestemmelse av ubehandlet bark på grunn av veldig heterogent materiale. Det samme gjelder rivingsavfall, mange ulike typer treverk gir noen utfordringer for prøvetaking både før og etter DE. Pappen virket relativt homogen og gir en god indikasjon på tilfeldige feil.

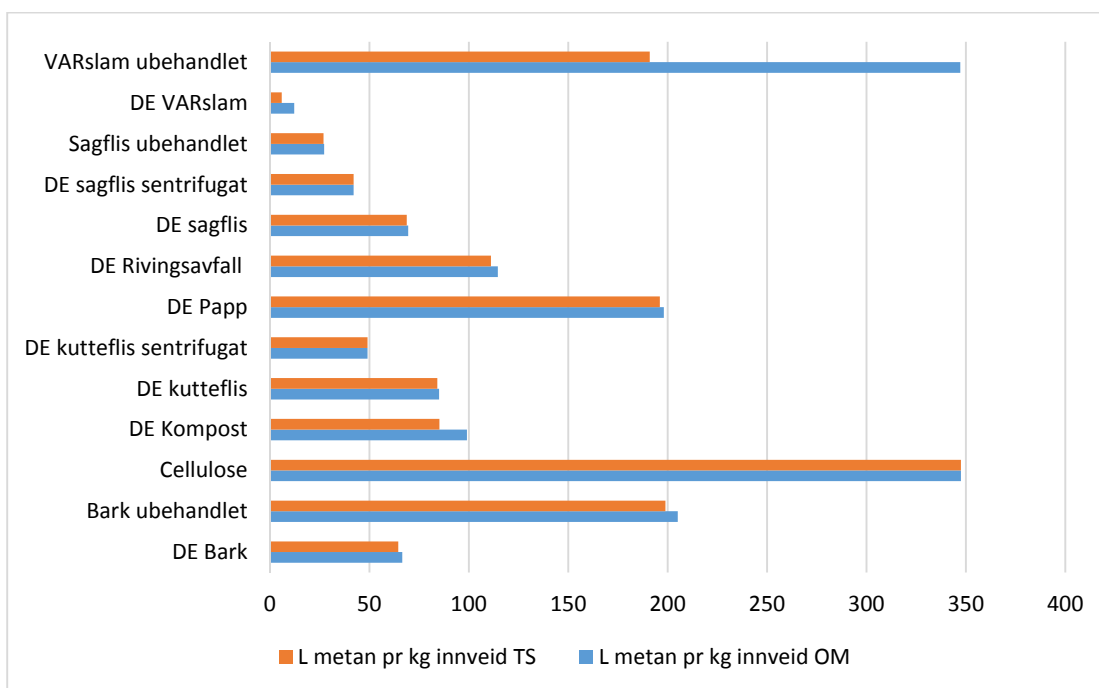
En stor del av metanpotensialet kan være å finne i vannfasen etter DE. Mengde løst COD i vannfasen kan gi en indikasjon på metanpotensiale i ekstraktet. Av ett gram biotilgjengelig COD regner vi at det vil kunne produseres 350 mL metan. Dersom alt karbon i treverk kunne brytes ned anaerobt kunne vi fått nærmere 425 L metan pr kg tørrstoff når vi forutsetter at 1 g organisk materiale i treverk tilsvarer 1,223 g COD. Vi testet bare metanpotensialet i sentifugatet fra sagflis og kutteflis siden disse var lett å avvanne.



Figur 1. COD ekstrahert etter dampekspløsjon (g/kg innveid TS av råmateriale).

Ut fra Figur 1 ser vi at vi teoretisk kunne fått opp til 89 L pr kg tørrstoff innveid råmateriale fra kutteflis (254 g COD x 0,350 L). Figur 2 viser at vi får 49 L metan fra kutteflis og 42 L fra sagflis, eller at bare 55% av ekstrahert COD er tilgjengelig for metanproduksjon.

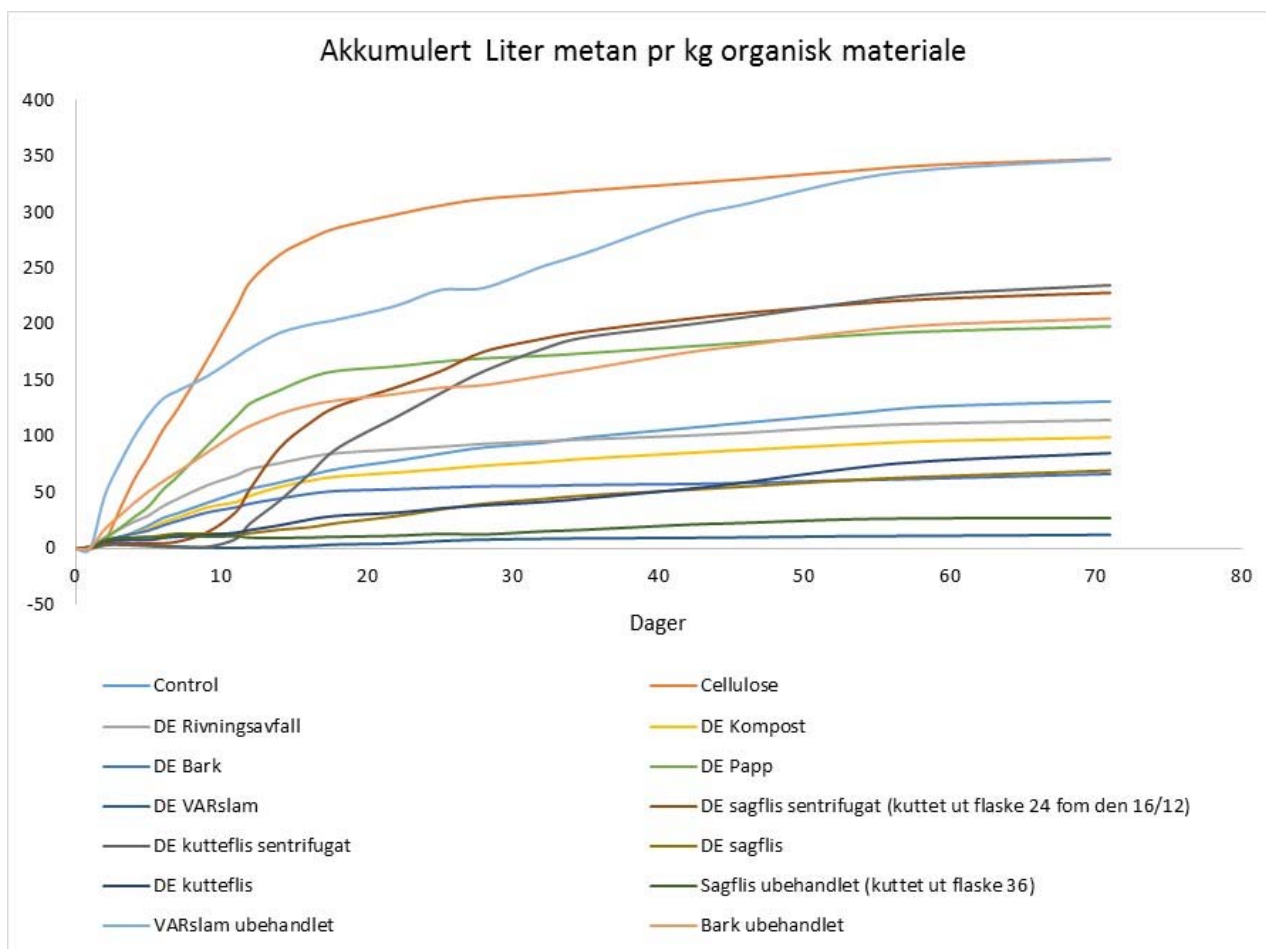
En vil neppe få mer metan fra vannfasen av de andre råstoffene selv om tilgjengeligheten skulle være bedre siden COD utbyttet var lavere. Metanpotensialet i slurry etter dampekspløjon ble testet for alle råvarene, mens ubehandlet råstoff bare ble testet for sagflis, bark og VAR slam. Sagflis vil være ganske representativt for kutteflis og rivingsavfall (og kompost).



Figur 2. Liter metan pr kg innveid TS og OM. Bakgrunn (startkultur) er trukket fra.

Som vi ser er det liten forskjell på liter metan pr kg TS innveid råstoff og liter metan pr kg organisk materiale (OM) for de fleste råstoffer bortsett fra VARslam. Dette fordi slammet inneholder 45% aske. Komposten inneholder naturlig nok også en del aske.

I en kontinuerlig prosess vil det ikke være utbyttet etter 71 dager som er av størst interesse, så i Figur 3 har vi presentert forløpet av prosessen. Forløpet for metan fra cellulose er nærmest identisk med det vi ser i alle slike forsøk, der produksjonen kommer i gang etter 2-3 dager og flater ut etter 15 -20 dager. I denne figuren viser vi forløpet for metanproduksjon i sentrifugatene for kutteflis og sagflis basert på innholdet av OM i sentrifugatet og ikke med utgangspunkt i innveid mengde råstoff som i figur 2. Dette fordi forløpet er helt forskjellig fra forløpet for cellulose og dampeksplodert bjørk og pil, dvs løvtrevirke. Vi har tidligere vist at forløpet for bjørk er helt sammenfallende med forløpet for cellulose. Mer om dette blir diskutert i avsnittene om cellulose, kutteflis, sagflis og rivingsavfall.



Figur 3. Produksjonsforløp for metan i satsvise kulturer (mL CH₄ pr gram organisk materiale ved standard temperatur og trykk).

4 Diskusjon

Cellulose

Ofta ser vi at det blir dannet biogass umiddelbart i kulturer som tilsettes glukose, mens det kan ta et par dager før det blir dannet biogass fra cellulose fordi hydrolysen er hastighetsbegrensende. Dette kunne vi også observere i dette forsøket.

Bark

Det er et rimelig godt samsvar mellom målt og forventet biogass fra dampeksplodert materiale, men overraskende nok er det mer å hente fra ubehandlet materiale. En mulig forklaring kan være at barken inneholder mye flyktig materiale (eteriske oljer) som delvis forsvinner med vanddampen og delvis hemmer nedbrytningsprosessen. Nedbrytningsforløpet er også relativt likt forløpet for ren cellulose som også flater ut etter 15 – 20 dager. Det kunne vært interessant å teste metanpotensialet i never siden energiinnhold i never er høyere enn i granbark, men never brukes også til andre formål.

Kompost

Kompost skal pr definisjon være et stabilisert produkt, men det er litt substrat tilgjengelig i dampeksplodert materiale. Utbyttet ville antagelig vært omtrent det samme i ubehandlet materiale.

Det er i det siste gjennomført struktur- og vekstforsøksforsøk med ulike typer kompostert materiale som erstatning for torv som tyder på at vermikompost har egenskaper som kanskje ligger nærmest torv. Det kunne også vært interessant å prøve vermikompostert papp blandet med bioest.

Kutteflis, sagflis og rivingsavfall

Det tok nesten 10 dager før gassproduksjonen kom i gang fra vannfasen av kutteflis og sagflis selv om det antagelig var betydelige mengder hydrolysert cellulose der (sukkerer). Som nevnt over er dette helt forskjellig fra metanproduksjon fra dampeksplodert løvtrevirke. Egentlig skulle vi forvente at gassproduksjon skulle komme raskere i gang enn på ren cellulose. Dette kan helt eller delvis enten skyldes forskjeller i lignocellulose strukturene i bartre og løvtre, eller at det under dampekslosjon av bartre dannes stoffer som hemmer nedbrytningsprosessen. Uansett årsak er det mulig at denne hemmingen helt eller delvis elimineres i en kultur som er tilpasset et slikt substrat, spesielt i blanding med for eksempel matavfall. Da kan det også hende at vi får laget metan av en større andel av det organiske materialet i sentrifugatet.

For øvrig bekrefter resultatene at sagflis og kutteflis er dominert av bartrevirke. Rivingsavfall kan inneholde noe virke fra løvtre siden metanproduksjonen var betydelig høyere selv om utbyttet av COD i ekstraktet var lavere. Som ventet var det minimalt å hente fra ubehandlet sagflis. Det samme må vi regne med gjelder kutteflis og rivingsavfall.

Papp

Dampeksplodert papp har omtrent samme forløp og utbytte som ubehandlet bark. Her kan det alternativt være interessant å prøve finmalt papp.

VAR slam

Det organiske materialet i VAR slammet er nesten like lettomsattelig som cellulose, men DE VAR slam må enten være hemmende eller det har skjedd en reaksjon som gjør det mindre tilgjengelig. Dette bør nesten undersøkes nærmere. Hvis det kan bekreftes er det ganske klart at dette slammet ikke bør varmebehandles ved høy temperatur før det eventuelt mates inn i et biogassanlegg eller en annen bioreaktor.

5 Konklusjoner

- Ut fra en energibetraktning er det først og fremst papp (dampeksplodert eller oppmalt), ubehandlet bark og VARslam som virker interessant.
- Varmebehandlet VARslam bør undersøkes nærmere. Hvis den virkningen vi observerte skyldes en eller annen form for hydrolyse og repolymerisering, så kan en slik struktur kanskje være interessant i en eller annen form for torverstatning.
- Det bør også undersøkes om bark og flis, både med og uten Cambi THP, kan ha gunstig virkning på biogassprosessen og avvanningsegenskapene til biorest/råtnerest.
- Det finnes også en god del litteratur som anbefaler pappkartong i blandinger til vermikompostering for produksjon av plantejord.

Litteraturreferanser

Horn SJ, Estevez MM, Nielsen HK, Linjordet R, Eijsink VG, 2011. Biogas production and saccharification of *Salix* pretreated at different steam explosion conditions. *Bioresource Technology* , 102(17): 7932-6

Vivekanand V, Olsen EF, Eijsink VGH, Horn SJ, 2013. Effect of different steam explosion conditions on methane potential and enzymatic saccharification of birch. *Bioresource Technology* 127, 343-349

Appendiks



Figur 1a. Rå bark



Figur 1b. Tørket bark



Figur 1c. Cambi THP bark



Figur 2a. Rå compost



Figur 2b. Tørr compost



Figur 2c. Cambi THP compost



Figur 3a. Kutteflis



Figur 3b. Cambi THP Kutteflis



Figur 4a. Papp



Figur 4b. Cambi THP Papp



Figur 5a. Rivningsavfall



Figur 5b. Cambi THP rivningsavfall



Figur 6a. Sagflis



Figur 6b. Cambi THP Sagflis



Figur 7a. VAR Slam



Figur 7b. Cambi THP VAR Slam

Alle bilder tatt av Ove Bergersen

NOTATER

NOTATER

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.