



Brobygging mellom forskning og utdanning i den sirkulære bioøkonomien

Undervisningsmateriale for å bringe den sirkulære bioøkonomien inn i klasserom i Østersjøregionen og forbi

Interreg
Baltic Sea Region

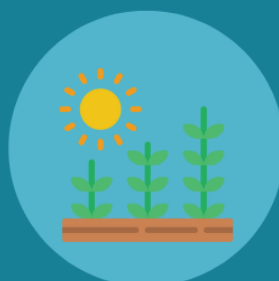


Co-funded by
the European Union



CIRCULAR ECONOMY

BREC



I det følgende kompendiet vil vi utforske konseptet bioøkonomi og ulike teknologier for gjenbruk av avfall eller biprodukter, primært fra landbruket, men også fra havbruk og skogbruk. Utfordringer for innovasjon i den grønne sektoren, politiske tiltak og klimafordeler ved teknologiene blir også belyst. Kompendiet er utviklet med den hensikt å gi lærere en ressurs som kan brukes i klasserommet og i undervisningsøyemed, og hjelpe til med å utdanne nye arbeidere i den grønne sektoren og fremskynde overgangen til et karbonnøytralt samfunn.

Forskningsgruppe og referansegruppe av lærere

Araldsen, Tord (Norge), Brønnick, Birgitte (Norge), Edström, Mats (Sverige), Fischer, Erik (Sverige/Tyskland), Fostad, Karen-Marie (Norge), Foth, Sebastian (Tyskland), Ghalibaf, Maryam (Finland), Gunnarsson, Carina (Sverige), Honkanen, Anne (Finland), Laaksonen, Ilmari (Finland), Laurell, Carina (Sverige), Levins, Indulis (Latvia), Lundervold, Amalie (Norge), Sollihagen, Selma (Norge), Stuparu, Adelina (Sverige), Vircava, Ilze (Latvia).

Innhold

Innhold

Bakgrunn	5
Læringsmål	6
Del I: Grunnleggende om bioøkonomi	7
Terminologi.....	7
Bioøkonomi.....	9
Lineær vs. Sirkulær økonomi	10
Lineær økonomi	10
Sirkulær økonomi.....	10
Forskjellen mellom lineær og sirkulær økonomi	10
Lineær bioøkonomi	10
Sirkulær bioøkonomi.....	11
Kaskadeffekter	12
Bioøkonomiens verdipyramide	12
Sirkulært landbruk – et steg opp	13
Sirkulært skogbruk	15
Bioraffinering	15
Teknologier brukt for å oppnå en sirkulær bioøkonomi.....	16
Avvanning av husdyrgjødsel.....	16
Forbehandling av cellulose-rikt materiale	18
Biogassproduksjon - Anaerob nedbrytning.....	20
Oppgradering av organisk gjødsel.....	26
Pyrolyse	29
Gassifisering	31
Proteinekstraksjon	33
Fosforgjenvinning.....	34
Nitrogengjenvinning.....	37
Del II: Implementering og løsninger	38
Nøkkelutfordringer for innovasjon og nyskaping	38
Teknologisk utvikling.....	39
Markeds- og økonomisk usikkerhet.....	39
Bærekraft og miljøpåvirkning	39

Politiske og regulatoriske rammevilkår.....	39
Global og europeisk politikk.....	40
Innvirkning av bioøkonomi på samfunn og miljø.....	41
Klimagevinster ved bruk av biogass og bio-gjødsel	41
Positiv innvirkning ved økt produksjon:.....	42
Videre muligheter innen bioøkonomi.....	43
Referanseliste	45
Takk.....	47

Bakgrunn

Prosjektet BREC knytter sammen landbruksskoler, myndigheter og forskere for å spre sirkulære landbrukspraksiser blant praktikere og teste ut teknologier som driver frem den sirkulære bioøkonomien.

Interreg-prosjektet "Bridging the Gap between Research and Education in the Circular Bioeconomy" (BREC) var dedikert til å håndtere noen av utfordringene knyttet til overgangen fra en lineær til en sirkulær økonomi. I landbrukssektoren har det vært en omfattende teknologisk utvikling, noe som har skapt problemet "analyseparalyse". Dette fenomenet oppstår når mange nye teknologier introduseres samtidig, og skaper et dilemma for effektiv beslutningstaking. BREC identifiserte flere nøkkelteknologier – som biogassproduksjon, proteinutvinning, fosforutvinning, nitrogenberikelse, produksjon av biokull, og tilhørende for- og etterbehandlingsprosesser – som er sentrale for å skifte mot en sirkulær økonomi.

Målet med arbeidet var å skape en kunnskapsbank med gode eksempler/praksiseksempler på hvordan de ulike teknologiene effektivt kan løse spesifikke landbruksutfordringer. Denne banken kan fungere som et omfattende verktøysett som gagnar landbruks- og naturbruksskoler i å utdanne neste generasjon bønder, samt gi støtte til erfarne praktikere, rådgivere og bondelag.

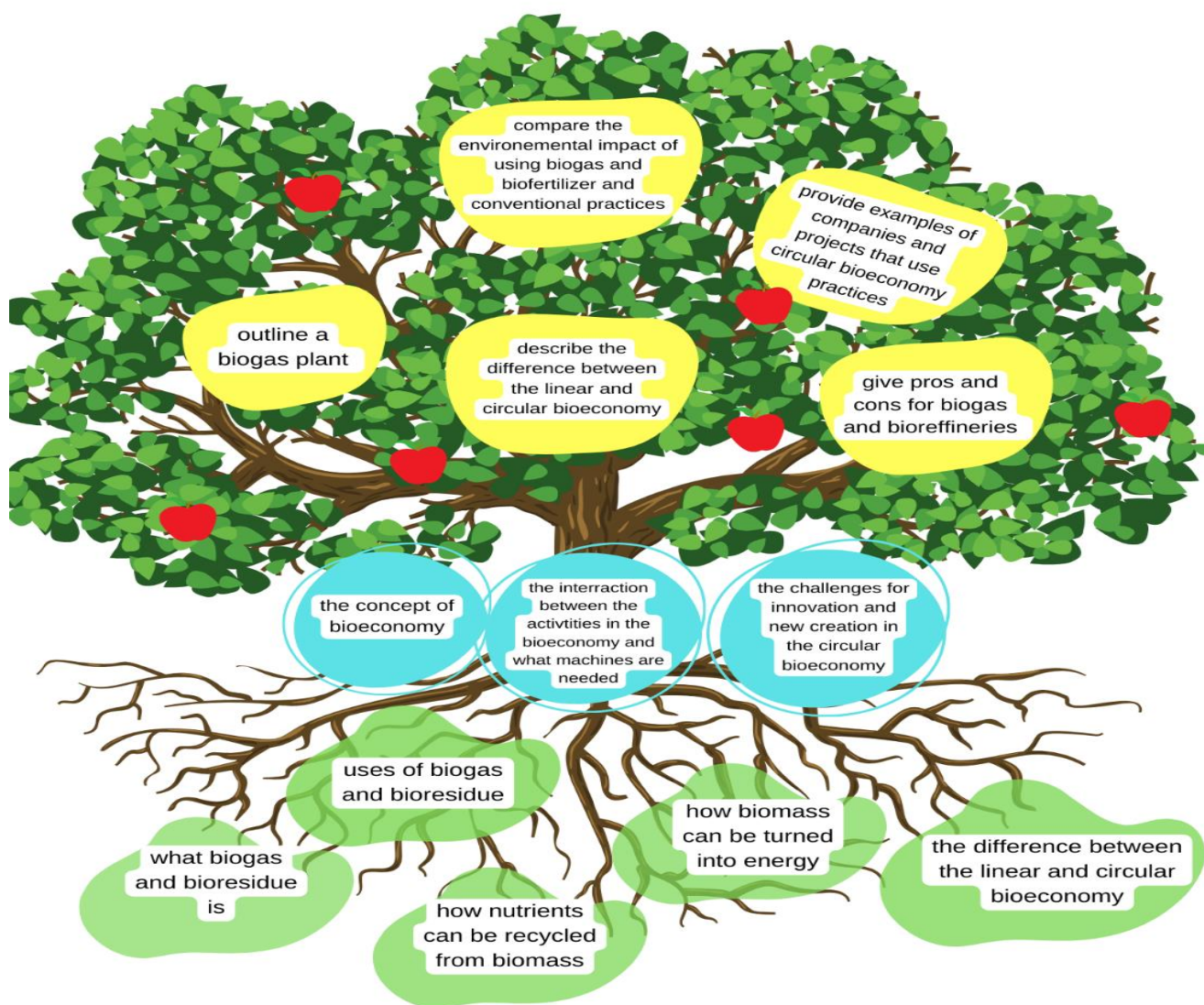
Vi tror at ved å spre kunnskap og dele førstehåndserfaringer om nye teknologier, kan samfunnet redusere utfordringene knyttet til analyseparalyse. Å gi den nye generasjonen bønder tilgang til disse teknologiene er et sentralt mål med dette initiativet. Vårt håp er at landbruksskoler over hele Europa kan vise hva sirkulær bioøkonomi innebærer i praksis.

Læringsmål

BREC-læringsmålene ble utviklet av lærerreferansegruppen våren 2023 for å tydeliggjøre hva studentene skal oppnå gjennom programmet. Læringsrammeverket er symbolisert ved et tre, som representerer kunnskapsveksten studentene vil tilegne seg.

- Røttene på treet symboliserer den grunnleggende kunnskapen studentene forventes å tilegne seg.
- Stammen representerer de kjernebegrepene studentene må forstå fullt ut.
- Kronen illustrerer ferdighetene og evnene studentene skal utvikle, og viser hva de skal kunne gjøre etter å ha fullført en bioøkonomileksjon.

Læringsmålene og leksjonsplanene er fleksible og kan tilpasses individuelle behov. Den omfattende leksjonsplanpakken kan enten gjennomføres som en helhet eller tilpasses for å passe inn i ulike kurs og læreplaner.



Del I: Grunnleggende om bioøkonomi

Terminologi

Bio-basert

BASERT PÅ BIOLOGISK MATERIALE, SPESIELT JORDBRUKS- OG SKOGSRESSURSER.

Organisk gjødsel

AV ORGANISK OPRINNELSE, INNEHOLDER PLANTEMATERIALE, KARBON OG NOEN GANGER LEVENDE MIKROORGANISMER

Blå bioøkonomi

ET ØKONOMISK BEGREP RELATERT TIL UTNYTTELSE, KONSERVERING OG REGENERERING AV DET MARINE MILJØET.

Biogass

EN MIKS AV METAN OG KARBONDIOKSID, PRODUSERT GJENNOM BAKTERIELL DEGRADERING AV ORGANISK MATERIALE, OFTE BRUKT SOM DRIVSTOFF, VARME ELLER ANDRE ENERGIBEHOV.

Sirkulær bioøkonomi

EFFEKTIV RESSURSENTNYTTELSE I KRETSLØPET - RESIRKULERING OG GJENBRUK AV BIOLOGISKE RESSURSER.

Biomasse

MATERIALE SOM KOMMER FRA LEVENDE ELLER NYLIG LEVENDE ORGANISMER, SOM KAN BRUKES SOM EN FORNYBAR ENERGIRESSURS. BIOMASSE KAN OMGJØRES TIL FLERE ENERGIFORMER, SOM VARME, STRØM OG BIODRIVSTOFF. SOM ENERGIKILDE ER BIOMASSE FORNYBAR DA DEN FYLLES OPP NATURLIG OVER TID.

Karbonfotavtrykk

MENGDEN DRIVHUSGASSER SOM SLIPPES UT FRA EN AKTIVITET, GRUPPE, PROSESS ELLER INDIVID, OFTEST MÅLT I KILOGRAM KARBONDIOKSID.

Utslipp

EN SUBSTANS SLUPPET UT I LUFTEN, SOM REGEL AV EN FORBRENNINGSMOTOR.

Bioraffineri

ET RAFFINERI SOM KONVERTERER BIOMASSE TIL ENERGI OG ANDRE FORDELAKTIGE BIPRODUKTER (SOM KJEMIKALIER).

Biokull

EN TYPE BIOMASSE BRUKT TIL Å FORBEDRE JORDSMONN, LIGNENDE KULLA.

Biodiesel

EN FORNYBAR DRIVSTOFFTYPE SOM KOMMER FRA PLANTER OG DYR, SOM VEGETABILSK OLJE ELLER A FETT, MENT FOR DIESELMOTORER.

Bioplast

ET BIOBASERT OG/ELLER NEDBRYTBART PRODUKT LAGET FRA FORNYBARE PLANTEKILDER, ISTEDEFOR PETROLEUM.

Bio-metan (RNG)

OGSÅ KJENT SOM FORNYBAR NATURGASS, EN BIOGASS SOM HAR BLITT OPPGRADERT TIL EN KVALITET TILNÆRMET FOSIL NATURGASS OG HAR EN METANKONSENTRASJON PÅ 90% ELLER MER. OPPNÅS VED Å FJERNE CO₂ OG ANDRE URENHETER FRA BIOGASS.

Bioøkonomi

Bioøkonomi er en økonomi der materialer, kjemikalier og energi stammer fra fornybare, biologisk baserte råmaterialer.

For å engasjere studentene i å utforske definisjonen av bioøkonomi ytterligere, kan en interaktiv øvelse brukes. Skriv ordet "bioøkonomi" i midten av en tavle. Inviter studentene til å tenke på ulike konsepter, prosesser og aktiviteter som kan knyttes til begrepet. Skriv ned svarene rundt ordet og lag en "ordsky". For å ta øvelsen et skritt videre, kan du bruke ordskyen som en bingoøvelse.

Lenken inneholder en video som gir en forklaring til studentene og kan brukes som en introduksjon til temaet i klasserommet. Mens videoen spilles av, kan du krysse av de ordene som studentene kom opp med i ordskyen. Klarte dere å krysse av minst seks ord i ordskyen?

En annen øvelse kan være en refleksjon: Er bioøkonomien slik jeg hadde forventet? Var det noe overraskende i det vi har oppdaget så langt? Hvis ja, hva var det? Hvis ikke, må klassen tydeligvis gå mer i dybden og utforske videre kunnskap knyttet til bioøkonomi.

En lineær bioøkonomi refererer til produksjon av organiske materialer, som planter eller dyr, for mat, fôr eller andre produkter uten å ta hensyn til den naturlige kapasiteten til å regenerere disse materialene. I tillegg blir biprodukter fra produksjonsprosessen, samt andre organiske ressurser som husdyrgjødsel, ofte ikke gjenbrukt eller utnyttet effektivt. Denne ineffektiviteten kan føre til tap av verdifulle næringsstoffer og organisk materiale, noe som potensielt kan føre til miljøproblemer som forurensning og eutrofiering.



Lineær vs. Sirkulær økonomi

Lineær økonomi

I en lineær økonomi følger produksjon og forbruk en enkel modell der varer produseres, brukes, og deretter kastes som avfall (Miljødirektoratet, 2022). Det gjøres begrensede forsøk på å gjenbruke, resirkulere eller omgjøre avfall. Ressurser blir hentet ut, konsumert og ender til slutt på søppelfyllinger eller blir brent. Denne modellen fokuserer hovedsakelig på økonomisk vekst og produksjon uten å ta tilstrekkelig hensyn til de miljømessige og sosiale konsekvensene.

Sirkulær økonomi

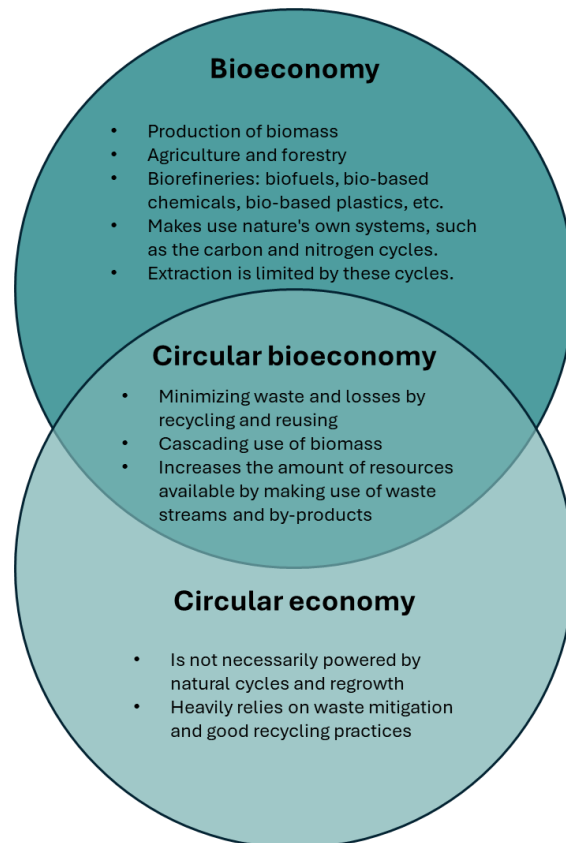
I en sirkulær økonomi sees ressurser som en del av en kontinuerlig strøm, der materialer og produkter brukes, gjenbrukes og resirkuleres for å skape et lukket kretsløp (Miljødirektoratet, 2022). Målet er å minimere avfall og ressursutslipp gjennom praksiser som gjenbruk, reparasjon og resirkulering. Denne modellen vektlegger å bevare verdien av produkter og materialer så lenge som mulig ved å designe dem for holdbarhet, reparerbarhet og resirkulerbarhet. Den fremmer også deling og bruk av tjenester i stedet for individuelt eierskap av produkter, noe som reduserer det totale volumet av nødvendige varer. Sirkulær økonomi fremmer et bærekraftig og ressurseffektivt system, samtidig som det tar hensyn til miljømessige og sosiale konsekvenser.

Forskjellen mellom lineær og sirkulær økonomi

Den grunnleggende forskjellen mellom lineær og sirkulær økonomi ligger i deres tilnærming til ressursbruk og avfallshåndtering. I en lineær økonomi flyter ressurser i en rett linje fra produksjon til avhending, ofte med avfall som resultat. I motsetning søker en sirkulær økonomi å skape et lukket kretsløp hvor materialer og produkter kontinuerlig gjenbrukes og resirkuleres, noe som minimerer avfall og maksimerer ressurseffektiviteten (Miljødirektoratet, 2022).

Lineær bioøkonomi

I en lineær bioøkonomi følger produksjon og forbruk en lineær modell der organisk materiale brukes som råstoff til å produsere varer, energi eller kjemikalier. Etter bruk kastes det organiske materialet som avfall uten å bli resirkulert eller gjenbrukt. I stedet for å gjenbruke eksisterende organisk materiale, blir nytt organisk materiale kontinuerlig hentet ut, ofte uten å ta hensyn til naturlig gjenvekst. Fokuset i en lineær bioøkonomi er hovedsakelig på økonomisk vekst og fordelene ved å utnytte organisk materiale, uten nødvendigvis å adressere de miljømessige og sosiale konsekvensene.



Et eksempel på en lineær bioøkonomi er storfekjøttproduksjon i Brasil, der storfeoppdrett fører til avskoging i jakten på bedre beiteområder (Reis, T., Zu Ermgassen, E., & Pereira, O., 2023). Et annet eksempel er overfiske. Det anslås at rundt 34 % av fiskebestandene er overfisket, noe som fører til en nedgang i fiskebestandene (Ritchie og Roser, 2021). Et tredje eksempel er havbasert fiskeoppdrett, hvor nesten alt fiskeavfall (en blanding av fiskeekskremer og fôrrester) slippes direkte ut i det omkringliggende vannet og økosystemet (Spilling, 2016).

Sirkulær bioøkonomi

I motsetning til en lineær bioøkonomi, anses biologiske ressurser i en sirkulær bioøkonomi som en kontinuerlig strøm. Organisk materiale, biprodukter og næringsstoffer samles, brukes, gjenbrukes og resirkuleres for å skape en uendelig syklus. Målet er å dekke samfunnets behov for materialer og energi uten å overutnytte planetens kapasitet. Fotosyntesen spiller en stor rolle i den sirkulære bioøkonomien, ettersom den driver karbonets kretsløp.

Å optimalisere ressursforvaltningen i samsvar med prinsippene for sirkulær bioøkonomi kan være utfordrende, da vi trenger inngående kunnskap om naturens grenser, og fordi eksisterende kunnskap ofte er basert på erfaringer fra den lineære økonomien. I en sirkulær bioøkonomi kan biologisk avfall som avløpsvann, matavfall og treverk resirkuleres. Løsninger inkluderer for eksempel å gjenopprette næringsstoffer gjennom kompostering eller utvinning av næringsstoffer og energi gjennom biogassanlegg.

Praksiser i sirkulær bioøkonomi, som bruk av organisk gjødsel og jordforbedringsmidler fra avfall, representerer både muligheter og utfordringer. Selv om disse praksisene tar sikte på å lukke ressursløkkene og redusere avfall, har de også iboende risikoer som må håndteres nøye. En av hovedbekymringene er spredningen av forurensninger.

Disse kan inkludere:

- **Mikroplast:** Avfallsstrømmer inneholder ofte plastpartikler som kan vedvare i miljøet.
- **Kjemiske forurensninger:** Industrielt og husholdningsavfall kan introdusere skadelige kjemikalier i gjødsel.
- **Patogene organismer:** Organisk avfall kan inneholde sykdomsfremkallende organismer som utgjør risiko for helse hos dyr, mennesker og planter.
- **Tungmetaller:** Enkelte avfallskilder kan inneholde høye nivåer av metaller som kan akkumuleres i jorden over tid.

For å begrense disse risikoene er det innført reguleringsrammeverk i mange regioner. Disse inkluderer vanligvis:

- Strenge grenseverdier for forurensninger
- Obligatoriske behandlingsprosesser for å redusere patogenbelastningen
- Bruksbegrensninger basert på avlingstype og arealbruk
- Regelmessige tester og kvalitetskontroll

Selv om disse tiltakene har som mål å sikre trygg bruk av avfallsbaserte produkter, eksisterer det fortsatt skepsis blant enkelte interessenter. Kritikere hevder at:

- Langtidseffektene av gjentatt påføring ikke er fullt ut forstått

- Visse forurensninger, som fremvoksende forurensninger eller nanomaterialer, kanskje ikke blir tilstrekkelig håndtert av gjeldende regelverk
- Håndhevelse og overvåking kan være utfordrende, spesielt i regioner med begrensede ressurser

Til tross for disse utfordringene argumenterer tilhengere av praksiser innenfor sirkulær bioøkonomi for at fordelene ofte oppveier risikoene når nødvendige forholdsregler tas. De peker på vellykket implementering i ulike land og potensialet for at disse praksisene kan redusere avhengigheten av syntetisk gjødsel, minimere avfall og forbedre jordhelsen.

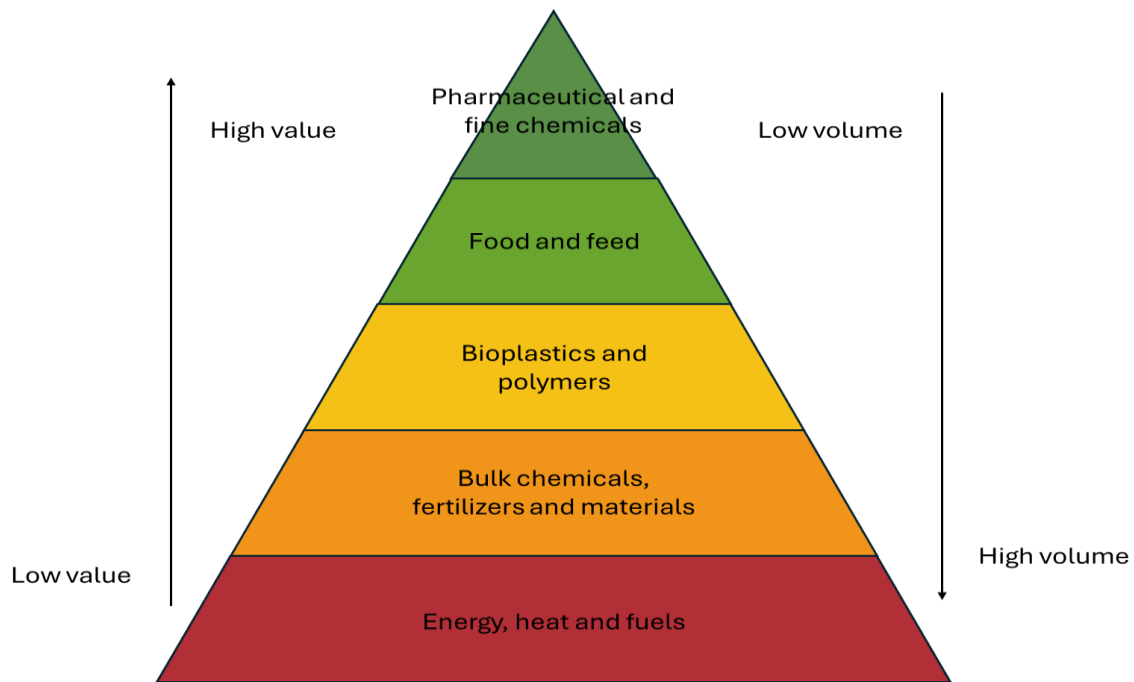
Pågående forskning og teknologiske fremskritt fokuserer på å forbedre deteksjonsmetoder, utvikle mer effektive behandlingsprosesser, og forbedre vår forståelse av de langsiktige virkningene av disse praksisene på jordsmonnets økosystemer og matsikkerhet. Til syvende og sist krever vellykket og sikker implementering av avfallsbasert organiske gjødsler og jordforbedringsmidler en balansert tilnærming som kombinerer grundig vitenskapelig vurdering, tilpasningsdyktig regulering og kontinuerlig engasjement fra interessenter for å adressere bekymringer og optimalisere fordeler.

Kaskadeffekter

Kaskadeffekter spiller en viktig rolle innenfor bioøkonomien og er et nøkkelp prinsipp for å oppnå bærekraftig utnyttelse av biologiske ressurser. Dette prinsippet handler om å bruke organiske materialrester og avfallsfraksjoner på en hierarkisk måte, der de mest verdifulle komponentene tas ut først, og restene brukes til andre formål med lavere verdi. Se for eksempel avfallspyramidemodellen for bioøkonomien.

Bioøkonomiens verdipyramide

"Bioøkonomiens verdipyramide" representerer en hierarkisk struktur for ressursutnyttelse innenfor bioøkonomien (Stegmann, Londo, & Junginger, 2020). Modellen viser hvordan biomateriale går gjennom flere bruksstadier for å utvinne høyverdiprodukter før de brukes til lavverdi anvendelser. På toppen av pyramiden finner vi produksjon av biokjemikalier og medisiner, som har lavt volum, men høy økonomisk verdi. Disse verdifulle produktene er av stor betydning for både helseindustrien og andre høyteknologiske anvendelser. Restene fra denne prosessen kan deretter brukes til produksjon av mat og fôr. Til slutt, når ressursene ikke lenger kan utvinnes, kan de brukes til energiproduksjon, som krever et stort volum av biomasse. Avfallspyramiden sikrer at organisk materiale utnyttes optimalt, og at verdifulle ressurser trekkes ut før de brukes til mindre verdifulle formål, noe som kan bidra til en mer effektiv og sirkulær bioøkonomi.



Bioøkonomiens verdipyramide viser de forskjellige typene produkter fra biologiske ressurser og hvordan de er ordnet i forhold til verdi og volum.

Del II: Teknologier og utfordringer

Sirkulært landbruk – et steg opp

Sirkulært landbruk innebærer gjenbruk og optimalisering av ressurser for å minimere avfall. I stedet for en lineær "ta-lage-kaste"-modell, fremmer sirkulært landbruk ressurseffektivitet, robusthet og bærekraft.

Hovedprinsipper:

- **Bærekraft:** Bærekraft er balansen mellom miljø, likestilling og økonomi. Bærekraftig utvikling er utvikling som dekker dagens behov uten å gå på bekostning av fremtidige generasjoners evne til å dekke sine behov.
- **Ressurseeffektivitet:** Målet er å bruke alt til noe, helst så høyt opp i bioøkonomiens verdipyramide som mulig.
- **Biodiversitet:** Mangfoldige avlingssystemer styrker motstandskraft og støtter økosystemer.

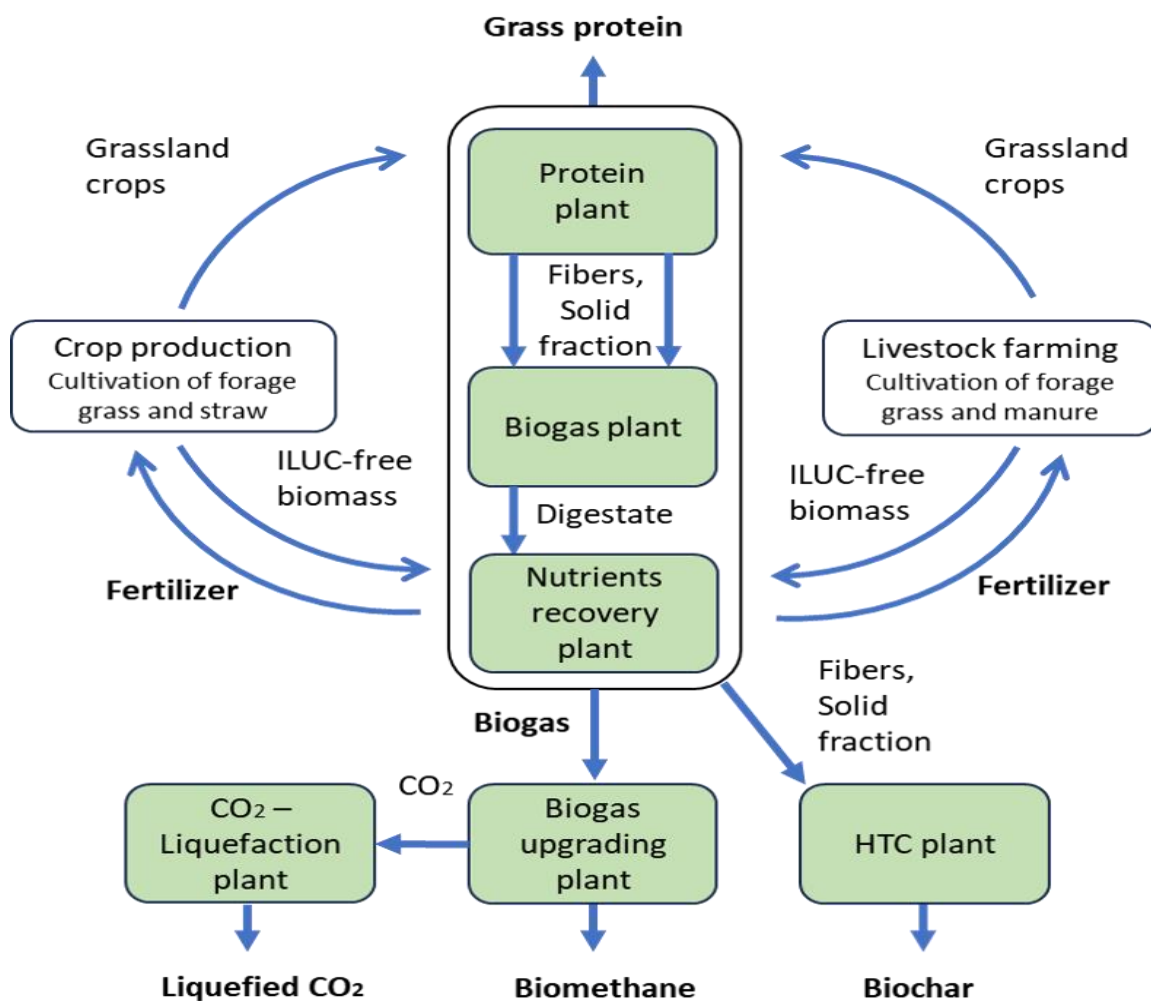
Eksempler på nye bruksområder for landbruksvekster og avfall:

- **Biogass:** Ved å bryte ned organisk materiale i en lufttett beholder dannes det en energirik gass som kan brukes til varme, elektrisitet eller drivstoff.
- **Organisk gjødsel:** Etter anaerob nedbrytning under biogassproduksjon, er det gjenværende organiske reststoffet (biorest eller digestat) et næringsrikt stoff som forbedrer jordfruktbarheten og fremmer plantevekst. Det inneholder verdifulle næringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium.
- **Biokull:** Biokull produseres fra organisk materiale gjennom pyrolyse (nedbrytning ved høy temperatur uten oksygen) og forbedrer jordegenskaper og lagrer karbon.
- **Planteproteiner:** Ved å trekke ut proteiner fra planter som gress eller silo kan det skapes alternativer til importerte dyrefôrproteiner, som soya.

- **Resirkulerte næringsstoffer:** Gjenbruk av fosfor, en begrenset ressurs som er essensiell for matproduksjon, er viktig.
- **Fôr:** Insekter som soldatfluelarver eller melormer, som oppdrettes på landbruksbiprodukter (f.eks. frukt-, grønnsaks- og kornrester), kan bearbeides til insektmel. Dette høyt-proteinføret er egnet for fjærkre, griser og fisk i akvakultur.

Indirekte arealbruksendring (ILUC): ILUC refererer til de utilsiktede miljøkonsekvensene av å omgjøre land til jordbruk på grunn av endringer i arealbruk andre steder. Når eksisterende jordbruksland blir om dirigert til produksjon av biodrivstoff eller andre formål, kan ekstra land (som skog eller gress) ryddes for å kompensere for den forskjøvnede mat- eller fôrproduksjonen. Dette kan føre til avskoging, tap av biologisk mangfold og økte karbonutslipp, noe som undergraver de miljømessige fordelene med biodrivstoff eller bioenergi.

I kontrast gir bruk av ILUC-frie organiske materialer, som avlingsrester, gjødsel og organisk avfall, betydelige miljøfordeler. Disse ressursene er hentet fra eksisterende landbruksdrift uten å kreve ekstra land eller avskoging, noe som gjør dem mer bærekraftige. Denne tilnærmingen gjør det mulig for bønder å generere fornybar energi (biogass) og bio-gjødsel, samtidig som de minimerer klimagassutslipp, reduserer avhengigheten av syntetisk gjødsel og unngår negative konsekvenser for matproduksjon og økosystemer.



En illustrasjon av et jordbruks sirkulært bioøkonomisystem

Sirkulært skogbruk

Skoger er komplekse, levende økosystemer som fungerer som betydelige reservoarer av organisk materiale – det organiske stoffet som utgjør trær, planter og andre skogelementer. Disse økosystemene er ikke statiske; de gjennomgår kontinuerlige endringer, formet av en kombinasjon av menneskelige forvaltningspraksiser og miljøforhold.

Historisk fokus: Sirkulær forvaltning

- Tradisjonelt har skogforvaltning fokusert på sirkulære praksiser – omplanting etter hogst for å sikre en bærekraftig syklus av vekst og regenerering.
- Sirkulær forvaltning har som mål å opprettholde skoghelse, biologisk mangfold og økosystemtjenester.
- **Den nye grensen:** Dette konseptet antyder at skogbruk går inn i en ny fase preget av anvendelse av avanserte teknologier, datadrevne tilnærminger og forbedrede forvaltningsteknikker. Disse innovasjonene har som mål å optimalisere ulike aspekter ved skogforvaltning, inkludert:
 - Maksimering av tømmerutbytte samtidig som økosystemhelsen opprettholdes.
 - Balansering av økonomiske, miljømessige og sosiale mål.
 - Minimering av avfall ved å forbedre utnyttelsen av biomasse til energi og andre produkter.
 - Utnyttelse av teknologier som droner, satellittbilder, AI og dataanalyse for å forbedre overvåking, hogst og regenereringsprosesser.

Utover omplanting:

Optimalisering er nøkkelen. Det innebærer å ta de beste beslutningene for å oppnå spesifikke mål mens tilgjengelige ressurser brukes effektivt. Akkurat som jordbruk, tjener skogbruk ulike formål:

- **Trebearbeidingsindustri:** Denne sektoren fokuserer på å bearbeide saget tre, produsere bioenergi og bruke tre i konstruksjon.
- **Møbelindustri:** Tre transformeres til vakre og funksjonelle møbelstykker.
- **Papir- og masseindustri:** Skoger gir råmaterialer til produksjon av papir og masse.
- **Cellulosebaserte fibre og plast:** Innovative materialer, som bioplast og vanillin, kommer fra skogressurser.

Bioraffinering

Generelle prinsipper for et bioraffineri

I en landbruksomgivelse innebærer bioraffinering konvertering av ulike former for organisk materiale til verdifulle produkter som biodrivstoff, kjemikalier og materialer. De generelle prinsippene for bioraffinering i et landbruksmiljø er:

- **Ressurseffektivitet:** Maksimer bruken av landbruksrester og biprodukter (f.eks. halm, skall) for å redusere avfall og øke verdien av det som ellers regnes som et avfallsprodukt.
- **Bærekraftige praksiser:** Implementer miljøvennlige prosesser som støtter bærekraftig jordbruk ved å minimere energiforbruk, redusere utslipp og bevare ressurser.
- **Verditillegg:** Forvandle organisk materiale til høyverdige produkter som biodrivstoff, bioplast og spesialkjemikalier, eller protein som kan gi økonomiske fordeler og støtte landbruksøkonomien.

- **Integrert prosessering:** Bruk integrerte systemer til å behandle forskjellige typer organisk materiale sammen, og optimaliser total effektivitet og reduser kostnader. Dette kan involvere flere stadier, som forbehandling, konvertering og raffinering.
- **Sirkulær økonomi:** Fremme resirkulering av biprodukter og avfall tilbake i produksjonssyklusen, slik at ressursene utnyttes effektivt og det miljømessige fotavtrykket reduseres.
- **Innovasjon og teknologi:** Benytt avanserte teknologier og prosesser, som enzymatisk hydrolyse eller fermentering, for å forbedre effektiviteten og virkningen av organisk materialkonvertering.
- **Økonomisk levedyktighet:** Sørg for at bioraffineringsprosesser er økonomisk gjennomførbare ved å balansere kostnadene for teknologi, energi og råvarer med markedsverdien til sluttproduktene.
- **Lokal integrasjon:** Tilpass bioraffineringsystemer til lokale landbrukspraksiser og tilgjengelige typer organisk materiale for å øke relevansen og virkningen av bioraffinering i spesifikke regioner.

Disse prinsippene veileder utviklingen og driften av bioraffinerier i landbruksmiljøer, med sikte på å optimalisere bruken av organisk materiale samtidig som de støtter bærekraftige og økonomisk levedyktige praksiser.

Teknologier brukt for å oppnå en sirkulær bioøkonomi

Gjennomføringen av en sirkulær økonomi krever innovative prosessdesign, som i stor grad drives av avanserte teknologier. Disse teknologiene spiller en avgjørende rolle i å konvertere materialer, som landbruksbiprodukter og organisk avfall, til verdifulle ressurser ved å endre deres egenskaper og forbedre potensialet for gjenbruk.

Avvanning av husdyrgjødsel

Separasjon av gjødsel i flytende og faste fraksjoner praktiseres ofte av flere grunner. Denne prosessen spiller en viktig rolle i å forbedre gjødselhåndtering og fremme miljømessig bærekraft, spesielt i storskala landbruksoperasjoner. Hver teknologi har ulike fordeler, avhengig av fuktighetsinnholdet i gjødselen, gårdens størrelse og det tiltenkte bruksområdet for de separerte materialene, som energiproduksjon, gjødsel eller miljøhåndtering. De viktigste fordelene inkluderer:

- **Forbedret næringsstoffhåndtering:** Den flytende fraksjonen inneholder vanligvis en høyere konsentrasjon av nitrogen, som er mer tilgjengelig for planteopptak. Dette kan brukes som flytende gjødsel for å optimalisere næringsopptaket. Den faste fraksjonen inneholder mer organisk materiale, fosfor og kalium, noe som gjør den egnet som langsomfrigivende gjødsel eller jordforbedringsmiddel.
- **Enklere håndtering og lagring:** Flytende gjødsel er lettere å pumpe og spre ved hjelp av irrigasjon eller tankbiler, noe som gjør bruken mer effektiv. Den faste fraksjonen, som er mer kompakt, er lettere å lagre, transportere og prosessere til kompost eller for tørking.
- **Reduksjon av lukt og utslipp:** Separasjon av gjødsel hjelper til med å redusere lukt og klimagassutslipp, spesielt metan og ammoniakk, ettersom den flytende fraksjonen kan behandles eller spres mer effektivt for å minimere miljøpåvirkningen.

- **Effektivitet i biogassproduksjon:** I biogassanlegg kan separering av gjødsel forbedre fordøyelsesprosessen. Den faste fraksjonen, rik på organisk materiale, er ideell for anaerob nedbrytning, mens den flytende fraksjonen kan resirkuleres eller behandles separat.
- **Forbedret vannkvalitet:** Ved å skille fraksjonene er det lettere å håndtere næringsstoffer og forhindre avrenning av næringsstoffer til vannkilder, noe som bidrar til å beskytte vannkvaliteten i nærliggende områder.

Teknologier brukt til separasjon av faste og flytende fraksjoner:

Flere teknologier brukes for å separere gjødsel i flytende og faste fraksjoner, avhengig av skalaen på driften, effektivitetsbehov og spesifikke mål. De vanligste teknologiene er merket med en stjerne (*).

- **Mekanisk separasjon**
 - **Skruepress-separatorer*:** Disse bruker en skrue for å presse den faste fraksjonen ut av gjødselen, mens den flytende fraksjonen passerer gjennom. Det er en av de vanligste metodene på gårder, spesielt for storfe- og svinegjødsel.
 - Fordelene er at det er en enkel og effektiv metode for et bredt spekter av gjødseltyper, med lavt energibehov og relativt lavt vedlikehold. Egnet for mellomstore til store gårder.
 - **Roterende trommelseparatorer*:** En roterende trommel med mesh tillater væsker å filtrere gjennom mens de faste stoffene holdes tilbake og avvannes.
 - Fordelen er at det er godt egnet for behandling av store volum gjødsel og kan operere kontinuerlig med minimalt vedlikehold. Brukes ofte på store melkegårder og i biogassanlegg.
 - **Båndpress-separatorer:** En kontinuerlig båndpresse klemmer gjødselen mellom valser, som skiller faste stoffer fra væsker ved trykk. Båndpress-separatorer er effektive til å gjenvinne en høy prosentandel av faste stoffer, og derfor vanlige på gårder som komposterer gjødsel eller trenger faste materialer til andre formål.
 - Fordelen er høyt faststoffinnhold i de separerte materialene og er egnet for gjødsel med høyt fiberinnhold. Brukes på melkegårder og fjørfegårder hvor den faste fraksjonen er verdifull til strø, kompost eller for videre tørking til organisk gjødsel i pellets.
 - **Vibreerende skjerm:** Disse skjermene rister gjødselen, slik at væsker kan passere gjennom mens faste stoffer holdes tilbake. De kombineres ofte med andre systemer for mer effektiv separasjon.
- **Sentrifugering:**
 - **Sentrifugal-separatorer*:** Disse bruker høyhastighetsspinning for å separere faste stoffer fra væsker basert på deres tetthet. De tyngre partiklene beveger seg til ytterkantene, mens væsken forblir i midten.
 - Fordelen er at det er svært effektivt for finpartikkelseparasjon og kan håndtere store volumer. Typiske bruksområder inkluderer avansert separasjon for bedre næringsstoffhåndtering, som i biogassanlegg og fosforgjenvinning.
- **Sedimenteringsdammer og dekantering:**
 - **Gravitetsavsettningstanker eller dammer:** Gjødsel får tid til å sedimentere i store dammer eller tanker hvor de tyngre, faste fraksjonene synker til bunnen, og væsken

kan suges av fra toppen. Dette er en lavteknologisk, men effektiv metode, ofte brukt på store gårder eller mindre mekaniserte gårder.

- Fordelen er minimale utstyrskostnader og enkelt vedlikehold. Brukes ofte på svine- og storfegårder der land er tilgjengelig for store lagringsdammer. Krav til dekke kan imidlertid redusere kostnadseffektiviteten.

- **Filtreringssystemer**

- **Geotekstil-posefiltre:** Dette er store, permeable stoffposer som fylles med gjødsel. Væskefraksjonen siver gjennom stoffet mens de faste stoffene beholdes inni. Dette er en ny teknologi i landbrukssektoren.
 - Fordelen er at det er en bærbar og lettinstallerbar teknologi med lavt vedlikeholdsbehov. Egnert for små og mellomstore gårder for enkel gjødselhåndtering.

Rapporten “Climate-friendly agricultural practice in Latvia Separation of liquid manure and digestate” fra Latvia University of Life Sciences and Technologies (2020) gir praktiske eksempler og anvendelser i et landbruksmiljø.

Forbehandling av cellulose-rikt materiale

Mange landbruksbiprodukter, som halm og maisrester, er rike på cellulose, hemicellulose og lignin. Cellulose, en viktig komponent i plantemateriale, er robust og motstandsdyktig mot nedbrytning, noe som gjør disse materialene vanskelige å fordøye for husdyr, spesielt enmagede dyr (f.eks. griser og fjærfe) og i mindre grad drøvtyggere (f.eks. storfe og sauer). Forbehandling mykner den tøffe, fiberrike strukturen i celluloseholdige fôrstoffer, noe som gjør det lettere for dyrene å tygge og fordøye. Dette forbedrer smakeligheten av fôret og oppmuntrer til bedre fôrinntak. Forbehandling hjelper også med å bryte ned disse strukturene, noe som gjør det lettere for mikroorganismer å få tilgang til og fordøye materialet. Landbruksavfall som er rikt på cellulose, som avlingsrester, er ofte rikelig, men underutnyttet. Forbehandling av disse materialene muliggjør mer effektiv utvinning av energi og næringsstoffer, og omdanner avfall til verdifulle innspill for prosesser som bioenergiproduksjon.

Forbedret biogassproduksjon og bedre bio-gjødsel:

- **Effektivitet i anaerob nedbrytning:** I biogassanlegg brukes cellulose-rikt materiale (f.eks. halm, maisrester) ofte som substrat. Forbehandling bryter ned cellulose og hemicellulose til enklere sukkerarter, som mikroorganismer kan fermentere til biogass.
 - **Høyere utbytte:** Ved å forbedre materialets fordøyelighet, øker forbehandling det totale biogassutbyttet, noe som gjør prosessen mer effektiv og kostnadseffektiv.
 - **Raskere prosessering:** Forbehandling av celluloseholdige materialer reduserer tiden som trengs for at materialet skal brytes ned i bioreaktorer eller komposteringssystemer. Kortere oppholdstid muliggjør raskere gjennomstrømning og større prosesseringskapasitet.
 - **Enhetlig substrat:** Forbehandling kan redusere store, fiberrike plantematerialer til mindre, mer enhetlige partikler, noe som forbedrer blandingen av substrater i biogassanlegg.

- **Lignin-nedbrytning:** Lignin, et komplekst organisk polymer i plantecellevegger, kan hemme mikrobiell aktivitet under anaerob nedbrytning. Enkelte forbehandlingsmetoder bidrar til å redusere lignininnholdet, noe som minimerer dets hemmende effekter og forbedrer mikrobiell nedbrytning.
- **Næringsstofffrigjøring:** Forbehandling bidrar til å frigjøre næringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium, som er låst i plantecelleveggene, noe som gjør dem mer tilgjengelige når de brukes som gjødsel eller jordforbedringsmiddel etter kompostering eller nedbrytning.

Forbedret næringstilgjengelighet for fôr:

- **Frigjøring av energi:** Forbehandling bidrar til å frigjøre energien som er lagret i de komplekse karbohydratene (cellulose og hemicellulose). Når disse brytes ned, kan de gi en mer tilgjengelig energikilde for dyr, noe som fører til bedre vekst og fôrutnyttelse.
- **Økt proteintilgjengelighet:** Selv om cellulose i seg selv ikke inneholder protein, hjelper forbehandling ofte med å frigjøre bundne næringsstoffer, inkludert proteiner og aminosyrer fra plantecellevegger, og gjøre dem mer biotilgjengelige.
- **Lignin og tanniner:** Lignin, som finnes i plantecellevegger, er ikke fordøyelig og kan binde næringsstoffer, noe som gjør dem utilgjengelige for dyr. Enkelte forbehandlingsmetoder bidrar til å redusere lignininnholdet, noe som øker den samlede næringsverdien av fôret.
- **Fjerning av toksiner:** Noen landbruksrester inneholder forbindelser som tanniner eller andre antinæringsstoffer som forstyrrer fordøyelsen. Forbehandling kan bidra til å fjerne eller nøytralisere disse stoffene.
- **Mykgjøring av materialet:** Forbehandling mykner den tøffe, fiberrike strukturen i celluloseholdige fôrstoffer, noe som gjør det lettere for dyrene å tygge og fordøye. Dette forbedrer smakligheten av fôret og oppmuntrer til bedre fôrinntak hos husdyr.
- **Enzymhydrolyse:** Enkelte kjemiske eller enzymatiske forbehandlingsprosesser kan bryte ned komplekse karbohydrater til enklere sukkerarter, noe som forbedrer karbohydratprofilen i fôret. Dette kan bidra til å balansere energiinntaket når det kombineres med proteinkilder, noe som gir et mer komplett kosthold.
- **Utnyttelse av landbruksbiprodukter:** Forbehandling gjør det mulig å omdanne lavkost, cellulose-rike landbruksbiprodukter, som ellers ville blitt kastet, til verdifullt husdyrfôr. Dette gir bønder et rimelig og bærekraftig alternativ til konvensjonelle fôrressurser.
- **Bedre utnyttelse av næringsstoffer:** Forbehandling fører til forbedret næringsopptak og fordøyelse, noe som resulterer i mindre avfall som skilles ut av dyrene. Dette er spesielt viktig i intensive landbruksdrift, hvor det er nøkkelen å maksimere fôrutnyttelse.

Vanlige forbehandlingsmetoder:

- **Mekanisk forbehandling:** Mekanisk oppdeling av organisk materiale, som riving, kverning eller hakking, i mindre partikler for å øke overflatearealet.
 - **Vanlige bruksområder:** Forbedrer smaklighet og fordøyelighet for husdyrfôr; øker biogassproduksjonen ved å gjøre det organiske materialet lettere tilgjengelig for mikrober.
- **Kjemisk forbehandling:** Bruk av syrer (f.eks. fortynt svovelsyre), baser (f.eks. natriumhydroksid, ammoniakk) eller enzymer for å bryte ned cellulose, hemicellulose og lignin.

- **Vanlige bruksområder:** Alkaliske løsninger forbedrer fordøyeligheten i drøvtyggerfôr; øker effektiviteten i bioenergiproduksjon ved å åpne cellulosestrukturen. Syrer frigjør fermenterbare sukkerarter fra biomasse for bioenergiproduksjon (f.eks. etanol og biogass).
- **Termisk forbehandling:** Påføring av varme eller damp for å mykne det organiske materialet og bryte ned strukturen.
 - **Vanlige bruksområder:** Mye brukt i biogass- og bioetanolproduksjon; kan også brukes til å forbedre fordøyeligheten av husdyrfôr, spesielt for fiberrikt materiale.
- **Biologisk og enzymatisk forbehandling:**

Bruk av spesifikke sopper for å bryte ned lignin og gjøre cellulose mer tilgjengelig, eller bruk av spesifikke enzymer (som cellulaser og hemicellulaser).

 - **Ikke veldig vanlige metoder** og er kostbare for storskala applikasjoner.

Forbehandlingsmetoder er avgjørende for å gjøre cellulose-rike landbruksrester mer tilgjengelige for mikrobiell nedbrytning, enten det er i husdyrfôr eller i bioenergiproduksjon. Hver metode har spesifikke fordeler, avhengig av typen organisk materiale og tiltenkt bruk, enten det er for å forbedre fordøyeligheten av fôr eller for å konvertere biomasse til fornybare energikilder som biogass eller biodrivstoff.

Les mer i oversiktsartikkelen av Razaq et al. (2024) "Green and sustainable pretreatment methods for cellulose extraction from lignocellulosic biomass and its applications."

Biogassproduksjon - Anaerob nedbrytning

Biogass produseres gjennom en naturlig prosess kalt anaerob nedbrytning, der organisk materiale—som organisk avfall, planterester og husdyrgjødsel—brytes ned av mikroorganismer i et oksygenfritt miljø. Denne prosessen produserer en gassblanding, hovedsakelig bestående av metan (CH₄) og karbondioksid (CO₂), noe som gjør biogass til en fornybar energikilde. En av hovedfordelene med anaerob nedbrytning er at den reduserer mengden og lukten av organisk avfall, stabiliserer det, og omdanner det til verdifulle produkter som biogass og organisk gjødsel.



Kilder til bioavfall som kan anaerobt nedbrytes for å produsere biogass og organisk gjødsel.

Biogassammensetning:

Metan (CH₄):

- Metan er hovedkomponenten i biogass som gir energi.
- Metaninnholdet varierer vanligvis mellom 45 % og 75 % etter volum.
- Energimengden i biogass varierer avhengig av metankonsentrasjonen.

Karbondioksid (CO₂):

- CO₂ er den andre hovedkomponenten i biogass.
- Det er et biprodukt av den anaerobe nedbrytningsprosessen og kan fanges som bio-CO₂, som kan erstatte fossilt CO₂ brukt til å fremme plantevekst i drivhus.

Størrelsen på et biogassanlegg er viktig, da hvordan biogassen utnyttes avhenger av mengden energi som produseres. Et stort biogassanlegg kan ofte rettferdiggjøre investering i et gassoppgraderingssystem. Små til mellomstore anlegg produserer typisk biogass til elektrisitetsproduksjon og oppvarming.



Et biogassanlegg kan også ha potensial til å produsere oppgradert biogass som drivstoff for kjøretøy.

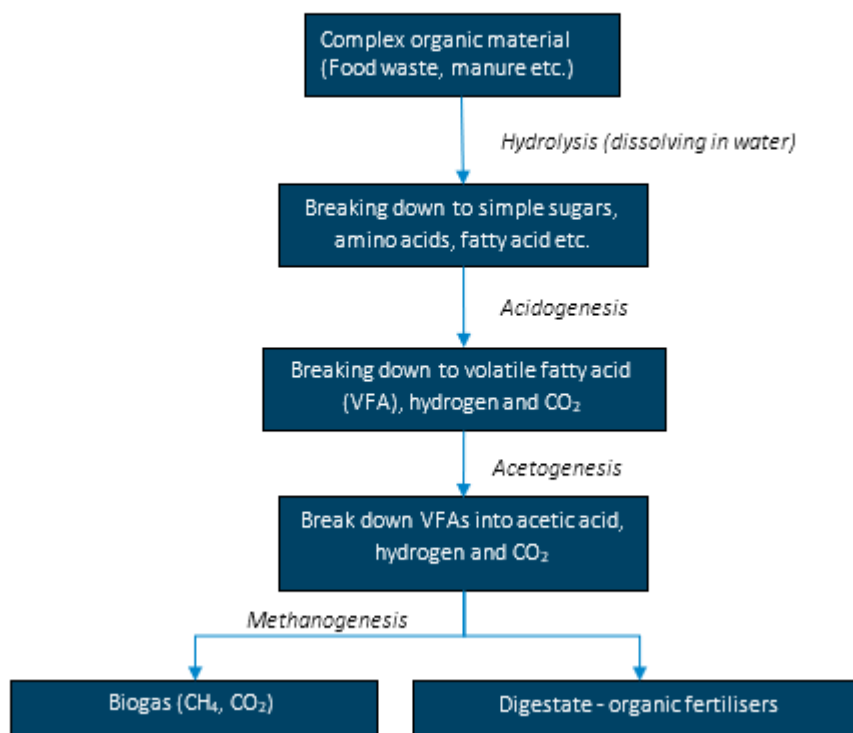
Biogassproduksjonsveier - Nedbrytning av komplekst organisk materiale

Biogassproduksjonsprosessen består av flere mikrobiologiske metabolske trinn, drevet av ulike bakteriearter i en reaktor. Organisk materiale brytes ned anaerobt, altså uten tilstedeværelse av oksygen. Mens noen bakterier i reaktoren tåler oksygen, kan andre ikke det. Den siste fasen, metanogenese, utføres av strengt anaerobe bakterier som ikke kan overleve i oksygen og er svært følsomme for temperatursvingninger og lav pH. For å optimalisere biogassproduksjonen må miljøet for disse mikroorganismene overvåkes nøye, inkludert målinger av temperatur, alkalinitet og flyktige syrer.



I biogassprosessen brytes store organiske molekyler ned til gassene metan og karbondioksid. Dette er mulig på grunn av en svært kompleks interaksjon mellom ulike

typer mikroorganismer. For eksempel kan én organisme produsere "mat" for en annen organisme, eller skape de rette forholdene for at en annen organisme skal trives ved å endre pH i miljøet. Alt som ikke brytes ned til gass, er reststoffer som kan brukes som organisk gjødsel eller jordforbedringsmiddel. Dette inkluderer næringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium i form av plante-tilgjengelige næringsstoffer. Den organiske gjødselen inkluderer også karbonet som ikke kunne konverteres til gass, som ofte kan anslås til 50 % av karbonet i det opprinnelige organiske materialet, selv om dette kan variere avhengig av materialet.



Forenklet beskrivelse av biogassprosessen med de ulike biokjemiske og mikrobiologiske trinnene:

Bioreaktorer:

En bioreaktor er en forseglet, lufttett beholder eller tank utstyrt med et rørverk som sikrer jevn blanding. I kontinuerlige systemer blir substratet pumpet inn i samme tempo som det fordøyde materialet (bio-gjødsel) fjernes. Den gjennomsnittlige oppholdstiden i bioreaktoren varierer vanligvis fra 20 til 40 dager, avhengig av prosessforholdene. Naturlig forekommende mikroorganismer bryter ned det organiske materialet og produserer biogass. Biogass samles fra overflaten i bioreaktoren.



Forbrenning eller kombinert varme- og kraftproduksjon (CHP):

En biogasskjel forbrenner biogass for å produsere varme, som kan brukes til å varme opp bygninger. En kombinert varme- og kraftmotor (CHP) eller turbin genererer både varme og elektrisitet. Omtrent en tredjedel av energien omdannes til elektrisitet, mens de resterende to tredjedelene kan brukes til oppvarming.



Oppgradering til biometan:

Biometan, også kjent som fornybar naturgass, er rensset biogass som har blitt oppgradert ved å fjerne CO₂ og andre urenheter som hydrogensulfid. Biometan er kompatibel med eksisterende naturgassnett. Oppgraderingsprosessen kan oppnås ved hjelp av ulike teknikker, som skrubbing, membraner, kjemiske behandlinger eller temperaturbaserte metoder. Med høyere energiinnhold enn biogass er biometan et renere alternativ til fossile brensler, spesielt for transportsektoren. Oppgradert biogass kan også viderebehandles til komprimerte eller flytende former for enklere lagring og håndtering.



Bio-CO₂: En grønn løsning for industrielle behov:

Under produksjon av biogass oppstår bio-CO₂ som et betydelig biprodukt. Denne karbondioksiden, som kommer fra biologiske kilder, kan spille en viktig rolle i å redusere industrielle utslipp. Det finnes to hovedmåter å bruke bio-CO₂ på:

- **Direkte bruk:** Brukes i gassform, for eksempel til å produsere biokjemikalier, drivstoff og betong.
- **Liquefiring:** Omformes til flytende form. Selv om dette er mer energikrevende, gir det fordeler som tettere lagring og mer effektiv transport. Flytende CO₂ er spesielt nyttig i applikasjoner som krever store mengder CO₂ eller hvor lagringsplass er begrenset.

Energiutgiftene ved flytendegjøring må veies opp mot fordelene. Hvis bio-CO₂ oppgraderes til metan gjennom metanisering, kan det erstatte industriell CO₂ i mindre mengder og potensielt føre til betydelige reduksjoner i utslipp.

Økt biogassutbytte ved bruk av metanisering:

Metanisering er en prosess som omdanner karbonmonoksid (CO) og karbondioksid (CO₂) til metan (CH₄) ved bruk av hydrogen (H₂), og er avgjørende for å produsere metan fra ikke-metan-kilder og forbedre effektiviteten og renheten av biogass. For eksempel kan overskuddselektrisitet fra vindkraft brukes til å produsere hydrogen gjennom elektrolyse, og dette hydrogenet kan deretter brukes i metanisering eller tilsettes en anaerob reaktor for å forbedre metanproduksjonen.

Konklusjon:

Anaerob nedbrytning er en vanlig metode for behandling av biologisk avfall, som kloakkslam og matavfall. Denne prosessen reduserer avfallsvolumet, stabiliserer det biologisk, reduserer patogene organismer og minimerer luktpotensialet før lagring og bruk som bio-gjødsel. Kontrollert anaerob nedbrytning av gjødsel øker også næringstilgjengeligheten, spesielt nitrogen, og gjør det lettere å spre. Biogass tilbyr en viktig løsning ved å dekke energibehovet samtidig som den beskytter miljøet. Ved å konvertere organisk avfall til energi og stabilt karbon omdanner vi kasserte materialer til en verdifull og bærekraftig ressurs for fremtiden.

Fordeler med biogassproduksjon:

- **Effektiv avfallshåndtering:** Biogass gir en effektiv måte å håndtere organisk avfall på, inkludert matavfall og husdyrgjødsel. Det muliggjør resirkulering av viktige næringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium, som kan brukes som gjødsel i landbruket.

- **Jobbskaping:** Biogassindustrien kan generere et betydelig antall arbeidsplasser og økonomisk verdi gjennom sin verdikjede, fra avfallshåndtering til biogassproduksjon.
- **Fornybar ressurs:** Biogass og bio-gjødsel er laget av fornybare ressurser, noe som reduserer vår avhengighet av ikke-bærekraftige ressurser som olje og kjemiske gjødsel.

Ulemper ved biogassproduksjon:

- **Avhengighet av organisk materiale:** For å opprettholde en jevn produksjon av biogass kreves det tilstrekkelig mengde organisk materiale. Konkurransen om disse ressursene fra andre sektorer kan føre til utfordringer knyttet til ressursallokering.
- **Lukt og lokasjonsproblemer:** Avfallshåndtering kan generere ubehagelige lukter, noe som gjør plasseringen av biogassanlegg kritisk for å minimere potensielle luktproblemer i nærheten av befolkede områder.
- **Temperaturpåvirkning:** Biogassproduksjon er temperaturavhengig, og klimatiske forhold kan påvirke produksjonseffektiviteten. I kaldere områder kreves det mer ressurser for å isolere og varme opp anleggene, noe som øker produksjonskostnadene.
- **Kostnader og investeringer:** Å etablere et biogassanlegg innebærer betydelige kostnader og investeringer, spesielt for infrastruktur og lagring av bio-gjødsel.
- **Metanutslipp:** Metanutslipp kan forekomme under lagring av bio-gjødsel hvis tankene ikke er riktig forseglet. I tillegg kan metan slippe ut fra biogassanlegget hvis det ikke brennes eller fanges effektivt.

Selv om det finnes utfordringer, kan mange av dem håndteres gjennom planlegging, teknologiutvikling og effektiv drift. Biogassproduksjon står overfor systemiske utfordringer som krever politisk vilje for å løses. Til tross for ulempene finnes kunnskapen og teknologien til å produsere biogass, noe som gjør det til et levedyktig alternativ for bærekraftig energiproduksjon.



Stort biogassanlegg

Et eksempel fra Norge er **Den Magiske Fabrikken**, som har kapasitet til å produsere omtrent 120 GWh biogass. På anlegget omdannes matavfall og husdyrgjødsel til biogass, organisk gjødsel fra restproduktet, samt vermikompost og grønn CO₂. Matavfallet kommer fra omtrent 1,2 millioner innbyggere i Øst-Norge, mens husdyrgjødselen hentes fra storfe- og svinegårder i Vestfold.

Den Magiske Fabrikken er imidlertid mer enn bare et biogassanlegg. Det fungerer som et knutepunkt for å koble sammen ulike industrier gjennom prosjekter og initiativer som legger grunnlaget for bærekraftig utvikling, innovasjon og grønn vekst. Det regionale avfallshåndteringselskapet, VESAR, har etablert et Kunnskaps- og Opplevelsessenter i tilknytning til biogassanlegget. Dette senteret gir barn og unge muligheten til å lære om avfallssortering, resirkulering, matproduksjon og fornybar energi gjennom praktiske opplevelser. Et sentralt element i undervisningen er å blande teori med praksis, slik at deltakerne kan se, smake og lukte på det som foregår i virkelige omgivelser.

Et eksempel fra Sverige er **More Biogas Småland AB**, som ble etablert i februar 2011 etter flere års forberedelser. Selskapet har 21 aksjonærer, inkludert 15 bønder fra Förlösa, Läckeby og Rockneby, like nord for Kalmar. Anlegget produserer komprimert drivstoffgass for lokal bruk. Råmaterialene inkluderer gjødsel fra bøndenes gårder og matavfall fra husholdningene i de omkringliggende kommunene.

Fra 100 000 tonn substrat produserer selskapet nesten tilsvarende mengde flytende organisk gjødsel. Mesteparten av denne organiske gjødselen returneres til bøndene og inneholder høyere nivåer av næringsstoffer sammenlignet med fast husdyrgjødsel, med en økt konsentrasjon av nitrogen.

Oppgradering av organisk gjødsel

Hva er organisk gjødsel?

Organisk gjødsel stammer fra naturlige organiske kilder som husdyrgjødsel, kompost, matavfall og planterester. Organisk gjødsel tilfører næringsstoffer til planter, ofte i en form som frigjøres langsomt, samtidig som den forbedrer jordstrukturen og øker mikrobiell aktivitet. Disse gjødseltypene inneholder viktige næringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium, sekundære næringsstoffer som svovel, samt ulike mikronæringsstoffer. Organisk gjødsel inneholder også organisk karbon, som er avgjørende for å opprettholde jordfruktbarhet og støtte et sunt økosystem.

Oppgradering av organisk gjødsel innebærer prosesser som stabiliserer det organiske materialet, gjør næringsstoffene mer tilgjengelige og fremmer plantevekst og jordhelse. I tillegg kan plantebioestimulanter, som forbedrer plantevekst og stressmotstand, eller bio-gjødsel, som øker næringstilgjengeligheten gjennom mikroorganismer, også produseres fra organisk gjødsel.

Typer organisk gjødsel og lignende produkter:

- **Organisk gjødsel fra anaerob nedbrytning:**
Et biprodukt fra biogassproduksjon, avledet fra organiske materialer som husdyrgjødsel eller matavfall. Denne gjødselen forbedrer jordens fruktbarhet og fremmer sunn plantevekst ved å omdanne organisk bundet nitrogen til mer tilgjengelig ammonium-nitrogen. Dette kalles også digestat eller biorest.
- **Kompost:**
Laget av nedbrutt organisk materiale, som hønsegjødsel eller kugjødsel, beriker kompost jorden med essensielle næringsstoffer, forbedrer jordstrukturen og øker mikrobiell aktivitet.
- **Vermikompost:**
Produsert av meitemarker som fordøyer organisk avfall, er vermikompost rik på næringsstoffer og gunstige mikroorganismer, noe som ytterligere forbedrer jordhelse og fruktbarhet.
- **Frass:**
Avføring fra insekter som soldatfluelarver eller melormer, frass er en næringsrik biologisk gjødsel som fungerer som et effektivt jordforbedringsmiddel, og styrker plantevekst og jordhelse.



Teknologi for oppgradering av organisk gjødsel

Teknologier som anaerob nedbrytning, tørking og kompostering brukes for å lage organisk gjødsel. Disse teknologiene forbedrer kvaliteten og effektiviteten til gjødselen, noe som gjør den mer fordelaktig for bruk i landbruket. Her er hvordan hver teknologi bidrar:

Anaerob nedbrytning – flytende eller fast biogjødsel

- **Mekanisme:** Organisk materiale (som gjødsel, matavfall eller avlingsrester) brytes ned av mikroorganismer i fravær av oksygen, noe som produserer biogass (metan og karbondioksid) og biogjødsel (et næringsrikt restprodukt).
- **Fordeler:**
 - **Forbedret næringsprofil:** Organisk gjødsel fra anaerob nedbrytning er rik på næringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium, og har ofte bedre næringstilgjengelighet sammenlignet med rått organisk materiale.
 - **Reduserte patogene organismer og lukt:** Nedbrytningsprosessen bidrar til å redusere patogener og lukt, noe som gjør gjødselen trygg og mer behagelig å håndtere.
- **Anvendelse:** Organisk gjødsel, enten i flytende eller fast form, kan påføres ved bruk av samme utstyr som vanligvis brukes til spredning av gjødsel fra melkekyr eller svin.

Tørking – granulert eller pelletert organisk gjødsel

- **Mekanisme:** Organisk materiale eller biprodukter (som kompostert hønsegjødsel) tørkes for å redusere fuktighetsinnholdet, noe som gjør dem lettere å håndtere og lagre.
- **Fordeler:**
 - **Forlenget holdbarhet:** Tørket gjødsel varer lenger og er mindre utsatt for mikrobiell ødeleggelse eller nedbrytning under lagring.
 - **Forbedret næringskonsentrasjon:** Tørking kan konsentrere næringsstoffene, noe som gjør gjødselen mer effektiv per vektenhet.
 - **Forbedret håndtering:** Tørre, granulære eller pelleterte produkter er lettere å transportere, lagre og påføre enn våte eller halvfaste organiske materialer.
- **Anvendelse:** Tørket gjødsel kan påføres ved bruk av samme utstyr som vanligvis brukes til spredning av mineralgjødsel, som spredevogner.

Kompostering – organisk gjødsel eller jordforbedringsmiddel

- **Mekanisme:** Organisk materiale brytes ned av mikroorganismer i nærvær av oksygen, og omdannes til kompost, som er et stabilt, næringsrikt jordforbedringsmiddel.
- **Fordeler:**
 - **Forbedret næringstilgjengelighet:** Kompostering stabiliserer næringsstoffene, noe som gjør dem mer tilgjengelige for planter.
 - **Forbedret jordstruktur:** Kompost forbedrer jordens struktur, luftighet og vannretensjon, og bidrar til bedre jordhelse.
 - **Reduksjon av patogener og ugressfrø:** Riktige komposteringsprosesser reduserer patogener og ugressfrø, noe som gjør gjødselen sikrere å bruke.
- **Anvendelse:** Kompost kan spres på åkrer ved bruk av utstyr likt det som brukes til spredning av strø- eller storfe-gjødsel.

Fordeler ved oppgradering av organisk gjødsel

- **Næringsrik ressurs:** Biologisk gjødsel, som gjødsel, inneholder essensielle næringsstoffer som er nødvendige for plantevekst. Oppgradering av disse gjødselene kan forbedre næringsbalansen og tilgjengeligheten. For eksempel har bio-gjødsel produsert fra kombinert fordøyd gjødsel og matavfall i et biogassanlegg ofte forbedret næringsprofil sammenlignet med rå gjødsel alene.
- **Karbon og jordstruktur:** Tilførsel av organisk materiale i jorden hjelper til med karbonbinding, noe som bidrar til å redusere CO₂-nivåer i atmosfæren. Organisk gjødsel forbedrer jordens struktur, vannretensjon og næringstilgjengelighet, og bidrar til økt produksjon og sunnere avlinger.
- **Markedsetterspørsmål:** Det er økende etterspørsmål etter bærekraftige og økologiske landbrukspraksiser, noe som kan øke markedsmulighetene for biologisk baserte gjødselprodukter.
- **Redusert risiko for forurensning:** Riktig håndtert biologisk gjødsel har mindre sannsynlighet for å forårsake næringsavrenning og vannforurensning sammenlignet med syntetiske alternativer.
- **Lavere karbonavtrykk:** Produksjon og bruk av organisk basert gjødsel resulterer generelt i lavere klimagassutslipp sammenlignet med syntetisk gjødsel.

Ulemper ved oppgradering av organisk gjødsel

- **Patogenrisiko:** Hvis oppgraderte gjødselprodukter ikke er riktig behandlet, kan de fortsatt inneholde patogener eller ugressfrø, selv om risikoen er lavere ved godt forvaltede prosesser.
- **Reguleringer:** Det kan være regelverk knyttet til bruk og anvendelse av oppgradert biologisk gjødsel, som kan variere fra region til region og kreve at spesifikke standarder overholdes.
- **Energibruk:** Enkelte oppgraderingsprosesser, som tørking, krever betydelig energiforbruk.
- **Lagringskrav:** Noen oppgraderte biologiske gjødselprodukter kan kreve spesifikke lagringsforhold for å opprettholde effektiviteten og forhindre nedbrytning.
- **Håndteringsproblemer:** Enkelte former for oppgradert gjødsel, som flytende eller granulære produkter, kan kreve spesialutstyr for påføring.
- **Variabel kvalitet:** Næringsprofilen til oppgradert gjødsel kan variere avhengig av råstoff og bearbeidingsmetoder.
- **Høyere produksjonskostnader:** Oppgraderingsprosesser, som kompostering, vermikompostering eller biogassproduksjon, kan være dyrere enn bruk av ubehandlet gjødsel.

Eksempler på oppgradert biologisk gjødsel til tomatproduksjon

Et eksempel fra Norge er **Den Magiske Fabrikken**, som har kapasitet til å produsere omtrent 120 GWh biogass. Ved anlegget blir matavfall og husdyrgjødsel omdannet til biogass, organisk gjødsel, vermikompost og grønn CO₂. Matavfallet kommer fra cirka 1,2 millioner innbyggere i Øst-Norge, mens husdyrgjødsel hentes fra storfe- og svinegårder i Vestfold fylke.

Ved siden av biogassanlegget er det bygget et pilotdrivhus ved hjelp av boble-teknologi (BBBLS), som utnytter fanget bio-CO₂ og avvannet flytende organisk gjødsel fra biogassanlegget, sammen med

vermikompost laget fra biorest. Systemet kalles **digeponics**, en metode som integrerer organisk gjødsel fra anaerob nedbrytning, inkludert CO₂, med veksthusdyrking av grønnsaker. Dette bærekraftige systemet produserer klimavennlige tomater for lokale supermarkeder. Bobledrivhusteknologien alene gir en energibesparelse på 80 %, og når det kombineres med bio-CO₂ og bio-gjødsel, oppnår drivhuset en bemerkelsesverdig 90 % reduksjon i energiforbruk sammenlignet med tradisjonelle veksthus.

Pyrolyse

Pyrolyse-løsningen: Hva er pyrolyse?

Pyrolyse er en prosess der biomasse (som trevirke) oppvarmes til høye temperaturer—opptil 500-600 grader Celsius—uten oksygen (Universitetet i Oslo, 2022). I stedet for å brenne, brytes det organiske materialet ned til gasser, oljer og faste karbonrester. Det er en molekylær transformasjon som gjør lange og komplekse molekyler kortere og til enklere sammensetninger.

Tømmerdilemmaet:

Tømmermasse som blir igjen: I hogstområder blir opptil halvparten av tømmermassen ofte liggende ubrukt.

Fordeler:

- **Fornybar energikilde:** Skogbiomasse kan brukes til å generere energi, som anses som fornybar og kan bidra til å redusere avhengigheten av fossile brenslers.
- **Redusert avfall:** Bruk av trevirke-rester og andre skogsavfallsprodukter til energiproduksjon hjelper med å utnytte materialer som ellers kunne gått til spille.
- **Økonomiske muligheter:** Hogst for biomasse kan gi økonomiske fordeler, inkludert jobbskaping i landlige områder og støtte til skogindustrien.

Utfordringer:

- **Påvirkning på økosystemer:** Hogst kan forstyrre økosystemer, skade dyrehabitater og føre til tap av biologisk mangfold. Bærekraftige forvaltningspraksiser er nødvendig for å redusere disse effektene.
- **Karbonutslipp:** Selv om biomasse er fornybar, kan prosessen med hogst og transport av trevirke frigjøre karbondioksid og andre klimagasser. Dette kan motvirke noen av klimaeffektene ved å bruke biomasse til energi.
- **Endringer i arealbruk:** Omgjøring av skog til biomasseproduksjon kan føre til avskoging eller forringelse av landområder, noe som påvirker karbonlagring og jordhelse.
- **Bærekraft:** Det er viktig å sikre at hogsten utføres på en bærekraftig måte og ikke fører til overutnyttelse eller uttømming av skogressurser.



Kort sagt, "Tømmerdilemmaet" fremhever behovet for nøye forvaltning og politikk for å håndtere de konkurrerende kravene til energiproduksjon og skogbevaring.

Biochar: En karbonrik løsning

Biochar er et porøst, karbonrikt materiale laget fra fornybare kilder som trevirke og planter. I motsetning til konvensjonelt kull, som er ikke-fornybar, minner biochar om naturens svamp med sine små hull og porer.



Terra Preta

I Amazonas ble gammel jord kjent som "Terra Preta" beriket med biochar, noe som viser dens historiske betydning i jordsmonnforbedring (Pommeresche, 2018). Den porøse strukturen til biochar hjelper med å beholde vann, skaper gunstige forhold for plantevekst og lagrer næringsstoffer. Det støtter også mikroorganismer som bidrar til jordhelsen. I tillegg spiller biochar en viktig rolle i karbonfangst ved å lagre CO₂. Tilsetting av én kubikkmeter biochar i jord kan forhindre utslipp av 1000 kg CO₂ (Jære, 2017).

Energiproduksjon:

Biokull har også anvendelser innen energiproduksjon. Det kan erstatte mindre miljøvennlige energikilder og brukes som brensel i kraftverk, industrifasiliteter og husholdninger for varme og elektrisitet. Som et karbonnøytralt materiale produseres biokull fra planter som har absorbert CO₂ gjennom fotosyntese.

Bio-Olje: Pyrolyseopprinnelse

Bio-olje produseres gjennom pyrolyse og er en mørkebrun væske som inneholder vann, organiske forbindelser som fenoler, aldehyder og ketoner, samt små mengder ikke-kondenserbare gasser. Den nøyaktige sammensetningen varierer avhengig av pyrolysetemperaturen (O'Toole & Grønlund, 2012).

Anvendelser av bio-olje:

- **Energikilde:** Bio-olje kan brukes til å varme opp bygninger eller i kraftproduksjon for å generere elektrisitet. Det er et alternativ til tradisjonelle fossile brensler.
- **Raffineringsmuligheter:** Gjennom videre raffinering kan bio-olje bli egnet for transportsektoren.
- **Kulinariske eventyr:** "Flytende røyk," en smakstilsetning laget av bio-olje, gir en røkt smak til mat.

Fordeler med bio-olje:

- Bio-olje kan produseres fra en rekke biomasser, noe som sikrer et bredt spekter av råmaterialer.
- Produksjonen av bio-olje er energieffektiv og minimerer energitap. Den kan enkelt integreres i eksisterende infrastruktur, som oljeraffinerier (Opdal & Hojem, 2007).

Ulemper med bio-olje:

- **Lagring og håndtering:** Bio-olje har høyt vanninnhold og kan være korroderende, noe som krever spesielle lagrings- og håndteringsforhold.
- **Energitetthet:** Energitettheten er lavere sammenlignet med konvensjonelle fossile brensler, noe som kan begrense bruken i enkelte applikasjoner.

Gassifisering

Gassifisering er en termokjemisk prosess som omdanner organiske eller karbonholdige materialer, som trebiomasse, til en blanding av gasser kjent som syntesegass (syngas). Prosessen skjer ved høye temperaturer (700-800°C) i et kontrollert miljø med begrenset oksygen eller damp.

Hovedkomponentene i syngas er karbonmonoksid (CO), hydrogen (H₂), karbondioksid (CO₂) og noen ganger metan (CH₄).

Den historiske sammenhengen: Gassifiseringens røtter

Gassifisering er ikke en ny teknologi—den har en rik historie. På 1800-tallet ble gass brukt til gatelys i byer. Under andre verdenskrig ble gass fra ved brukt til å drive biler på grunn av mangel på petroleum i Europa (Hofstad, 2020).

Gassifiseringsprosessen: Hva er gassifisering?

Gassifisering omdanner fast eller flytende biomasse til gass—spesielt syngas (en blanding av hydrogen, karbonmonoksid og andre gasser). Teknologien kalles en gassifiseringsenhet, der biomassen varmes opp til rundt 800-1000 grader Celsius uten oksygen, og gass produseres.



Variasjon i ressurser:

Gassifisering er allsidig når det gjelder ressursbruk og kan håndtere en rekke materialer, inkludert:

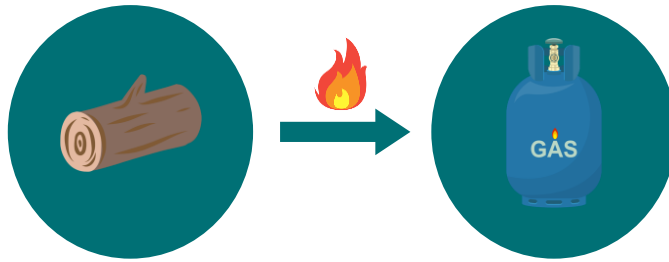
- Biomasse (som tre, bark og flis)
- Kull
- Naturgass
- Organisk avfall

Fordeler:

- **Reduserte farlige utslipp:** Gassifisering minimerer utslipp av skadelige stoffer som svovel og klor (Hofstad, 2020). Disse fanges i asken, noe som bidrar til renere luft og reduserer risikoen for sur nedbør.
- **Smart ressursbruk:** Gassifisering omdanner avfall (både biologisk og fossilt) til gass, og reduserer avhengigheten av fossile brensler og fremmer bærekraft.
- **Bevaring av resirkulerbare metaller:** I motsetning til høytemperaturprosesser som ødelegger metaller, bevarer gassifisering resirkulerbare materialer.

Ulemper:

- **Lav energitetthet:** Gassifiseringens energieffektivitet ligger på rundt 55 % (Fornybarklyngen, 2020). En betydelig del av inngangsenergien går tapt, noe som krever større gassproduksjon for ønsket utbytte.
- **Kompleksitet:** Avfall består av en blanding av stoffer, noe som påvirker gassifiseringens effektivitet. Forbehandling eller sortering av avfallet kan være nødvendig (Hofstad, 2020).



Forskjeller mellom gassifisering og pyrolyse:

- **Produkt:** Gassifisering produserer kun syngass, mens pyrolyse gir bio-olje, trekull (biochar) og en mindre gassfraksjon.
- **Temperatur:** Gassifisering krever høyere temperaturer (800-1000°C), mens pyrolyse skjer ved lavere temperaturer (500-600°C).
- **Ressursområde:** Gassifisering kan håndtere et bredt spekter av ressurser, inkludert biomasse, fossile brensler og avfall, mens pyrolyse vanligvis er begrenset til biomasse og organisk avfall.

Pyrolysis	V S	Gassification
Product 		Product
Temperature 500 - 600°C		Temperature 800 - 1000°C
Resources 		Resources

Ulike typer termokjemiske konverteringsprosesser for biomasse (Mishra & Upadhyay, 2021)

Rute	Temperatur (C)	Trykk (MPa)	Hovedprodukter
Torrefaksjon	230-300	0.1	Faste brensler
Flytendegjøring	250-330	5–20	Bio-oljer, gasser
Pyrolyse	300-600	0.1–0.5	Bio-oljer, transportdrivstoff
Gassifisering	700-1300	≥0.1	Syntesegass (syngas)
Forbrenning	700-1400	≥0.1	Varme, elektrisitet

Proteinekstraksjon

Proteinekstraksjon gjennom termisk hydrolyse: Å låse opp naturens byggeklosser

Grunnleggende om proteinekstraksjon: Hvorfor utvinne proteiner?

Proteiner er essensielle for liv – de er byggesteinene til celler, vev og enzymer. Proteinekstraksjon gjør det mulig for oss å utnytte disse verdifulle molekylene til ulike formål.

Råmaterialer og metoder:

Proteiner kan utvinnes fra en rekke proteinkilder, som for eksempel:

- Gress
- Dyrebiprodukter
- Bønner

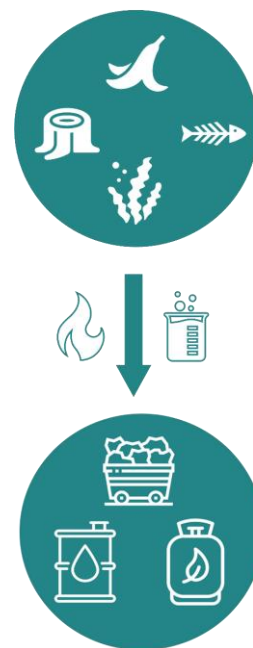
Ulike teknologier brukes til proteinekstraksjon, inkludert:

Vannbasert ekstraksjon: Den enkleste metoden der proteiner utvinnes ved å blande plantemateriale med vann, ofte med pH-justering. Etter filtrering og sentrifugering separeres proteinene fra resten av plantematerialet.

Alkalisk ekstraksjon og isoelektrisk utfelling: Her justeres pH til et alkalisk nivå for å løse opp proteinene fra plantematerialet. Deretter senkes pH til proteinets isoelektriske punkt, hvor det felles ut og kan isoleres.

Enzymatisk hydrolyse: Enzymer brukes til å bryte ned celleveggene i plantematerialet og frigjøre proteinene. Dette er en mildere prosess som hjelper til med å bevare proteinets funksjonalitet.

Termisk hydrolyse: Bruk av varme og trykk for å bryte ned komplekse organiske molekyler, som proteiner, til mindre enheter. I sammenheng med planteproteinekstraksjon kan termisk hydrolyse bidra til å bryte ned celleveggene i plantematerialet og frigjøre proteiner. Dette kan være nyttig for å



øke proteinutbyttet eller forbedre fordøyeligheten av proteinene. Det er imidlertid viktig å balansere varme og trykk for å unngå denaturering av proteinene, noe som kan redusere deres funksjonelle egenskaper i matprodukter.

Termisk hydrolyse forklart: Hva er termisk hydrolyse?

Forestill deg å varme opp gress (eller annet råmateriale) og deretter presse det for å trekke ut væsken. Denne væsken inneholder proteiner – de verdifulle molekylene vi er ute etter! Det gjenværende gresset deles i to deler: en våt del og en fast del.

Behandling av faste rester:

Avhengig av målet kan de faste restene behandles på flere måter:

1. **Tørking:** Ved å fjerne fuktighet fra restene får vi et stabilt, tørt produkt i form av pulver eller pellets. Denne metoden hjelper med å bevare proteininnholdet for langtidslagring og gjør det lettere å transportere.
2. **Flytende løsning:** Noen ganger er flytende biprodukter som inneholder proteiner mer verdifulle i våt form. Denne løsningen kan brukes direkte i noen applikasjoner eller kan gjennomgå videre prosessering for å isolere spesifikke proteinfraksjoner eller næringsstoffer.

Mange anvendelsesområder:

Proteinrike biprodukter fra planter kan utnyttes til å lage en ny generasjon plantebaserte matvarer for både mennesker og dyr.

- **Kjøtterstatninger:** Med den økende etterspørselen etter alternativer til animalske produkter, tilbyr planteproteiner fra rester en lovende løsning. Disse proteinene kan formes til teksturerte kjøtterstatninger som etterligner smak og konsistens av tradisjonelt kjøtt.
- **Proteinrike barer og snacks:** Tenk deg å lage barer og snacks som ikke bare er høye i protein, men også hentet fra bærekraftige kilder som gress eller andre planterester!
- **Dyrefôr:** Proteiner er også avgjørende for helsen og veksten av husdyr. Ved å inkludere plantebaserte proteinbiprodukter i dyrefôr kan vi forbedre ernæringen til husdyr. I stedet for å importere soya eller andre proteinkilder med høyere karbonavtrykk, kan vi potensielt erstatte dem med lokalt produserte, proteinrike biprodukter.

Flere selskaper utvikler modulære systemer for proteinekstraksjon, designet spesielt for mindre operasjoner som lokale gårder eller småskala produksjonsenheter. Her er et eksempel:

Alfa Laval – plantebasert proteinprosessering:

[Alfa Laval](#) tilbyr mindre skala systemer for planteproteinprosessering, egnet for lokal eller gårdsbruk. De tilbyr en rekke systemer for plantebasert proteinekstraksjon, separasjon og rensing, som er skalerbare og tilpassbare. Deres løsninger er designet for å være effektive og bærekraftige.

Fosforgjenvinning

Ekstraksjon av fosfor fra biologisk materiale, som organisk avfall, husdyrgjødsel eller matavfall, har flere viktige fordeler, spesielt siden fosfor er et kritisk næringsstoff for plantevekst. Her er de viktigste årsakene til å utvinne fosfor fra biologisk materiale:

- **Fosfor er en begrenset ressurs:** Fosfor, som hovedsakelig utvinnes fra fosfatstein, er en ikke-fornybar ressurs som blir stadig mer begrenset. Ekstraksjon av fosfor fra biologisk materiale gir en bærekraftig måte å resirkulere dette viktige næringsstoffet på og reduserer avhengigheten av utvunnet fosfor.
- **Bærekraftig avfallshåndtering:** Biologiske materialer som husdyrgjødsel, matavfall og kloakkslam inneholder betydelige mengder fosfor. Å utvinne det hjelper med å resirkulere næringsstoffer fra avfall som ellers ville bidratt til forurensning. Ved å gjenvinne fosfor reduserer vi avfall og miljøpåvirkningen fra næringsstoffavrenning, som kan føre til eutrofiering og døde soner i vannveier.
- **Forbedring av jordfruktbarhet:** Fosfor er essensielt for rotdannelse, energioverføring og generell plantehelse. Ekstraksjon av fosfor fra organisk materiale og tilsetning tilbake til jord bidrar til å gjenopprette næringsfattig jordbruksjord, noe som opprettholder fruktbarheten og produktiviteten over tid.
- **Reduksjon i bruk av kjemisk gjødsel:** Ekstraksjon av fosfor fra biologisk materiale bidrar til å redusere avhengigheten av syntetiske kjemiske gjødselmidler. Dette støtter mer bærekraftige jordbrukspraksiser og reduserer de miljømessige og økonomiske kostnadene forbundet med produksjon og transport av kjemisk gjødsel.
- **Sirkulær økonomi:** Ved å utvinne fosfor fra avfallsmaterialer blir landbrukssystemet mer sirkulært. Næringsstoffer gjenbrukes, noe som er i tråd med prinsippene for sirkulært landbruk, og reduserer både avfall og behovet for eksterne innsatsfaktorer som syntetisk gjødsel.
- **Møte landbrukets etterspørsel:** Fosfor er et av de viktigste næringsstoffene som kreves for matproduksjon, og etterspørselen er høy. Ekstraksjon av fosfor fra biologiske materialer gir en alternativ forsyning for å møte den økende etterspørselen etter fosfor i landbruket, spesielt ettersom behovet for global matproduksjon fortsetter å øke.

Oppsummert fremmer fosforekstraksjon fra biologisk materiale bærekraft, reduserer miljøskader og støtter jordbruksproduktiviteten på en mer sirkulær og ressurseffektiv måte.

Siden fosforreserver i verden er ekstremt begrenset, er teknologier for gjenvinning av stor betydning. I tillegg er dagens fosforkilder stadig mer forurenset og finnes på vanskelige steder, som i Kina, Marokko og Russland, noe som gjør fosfor til en geopolitisk utfordring.

[European Sustainable Phosphorus Platform](#) har fremhevet suksesshistorier innen gjenvinning av fosfat fra landbruksbiprodukter og avfallsstrømmer som avløpslam. Det finnes mange teknologier for fosforgjenvinning, og ifølge den europeiske fosforplattformen er noen av disse:

Anuvia Plant Nutrients	Metawater alkaline ash leaching	RSR (Green Sentinel)
Ash2Phos (EasyMining)	NuReSys	Rubiphos-TTBS
AshDec (Metso Outotec)	P-roc	SIMPhos-process (Cirkel)
Charlene - ReCord	PAKU (Endev)	Sinfert
Ecophos, EcophosLoop (Prayon)	Parforce	Sludge lysis
EuPhore	Pearl (Ostara)	Spodofos (ThermusP)

Flashphos (Uni. Stuttgart, Italmatch)	PHOS4Green (Glatt)	Struvite enhanced: Return streams
GetMoreP (Prayon)	Phos4Life (ZAR – Técnicas Reunidas)	Struvite enhanced: acid (MSE-mobile)
HAIX ion exchange (LayneRTTM)	PHOSPHIX (Clean TeQ Water)	Struvite precipitation
HTCycle	Phosphogreen (Suez)	SusPhos
ICL	Phosphorce (Veolia)	TerraNova (HTC)
Kemira iron / aluminium phosphate	RAVITA (Helsinki HSY)	TetraPhos (Remondis)
Kubota	Renewable Nutrients	Varcor
LYSTEK	RePeat (Nijhuis Saur Industries)	ViviMag® (Kemira)
		WasStrip (Ostara)

Det finnes forskjellige teknologier og forvaltningssystemer for fosforgjenvinning. De to viktigste metodene som presenteres her er:

Struvittdannelse – En fosforkilde for bærekraftig landbruk

Hva er struvitt?

Struvitt er et mineral som dannes når spesifikke stoffer—ammonium, fosfat og magnesium—kommer sammen i en væske. Tenk deg små krystaller som ligner på sand eller små steiner.

Problemet:

Struvitt kan forårsake store problemer i rør og avløpssystemer ved å forårsake blokkeringer og driftsforstyrrelser (Blytt, 2022).



Struvittutvinningsprosess:

- **Innsamling og dannelse:** Først samler vi avløpsvann som inneholder struvitt. Deretter tilsetter vi spesifikke kjemikalier for å hjelpe med å danne struvittkrystaller. Disse krystallene inneholder essensielle næringsstoffer som fosfor, nitrogen og magnesium.
- **Separasjon og isolasjon:** Når struvittkrystallene har dannet seg, separeres de fra væsken gjennom filtrering eller sedimentering.
- **Gjødselpotensial:** De isolerte struvittkrystallene er klare til bruk som gjødsel, rike på fosfor—et kritisk næringsstoff for plantevekst.

Fordeler med struvittutvinning:

1. **Bevaring av verdifullt fosfor:** Fosfor er en begrenset ressurs, og struvitt hjelper oss med å utnytte det bedre. Ved å utvinne struvitt sikrer vi en bærekraftig forsyning til landbruket.
2. **Beskyttelse av vannmiljøet:** Overflødig fosfor i vann fører til algevekst som kan forstyrre økosystemer. Fjerning av struvitt fra avløpsvann bidrar til renere vann.

Struvitt dannes og krystalliseres dersom en væske har riktig temperatur, pH og konsentrasjon av nitrogen som ammoniumnitrogen, magnesiumion og fosfor som fosfat. For å kontrollere krystallasjonsprosessen har forskjellige teknologier blitt utviklet og er tilgjengelige på markedet. Vanligvis må balansen mellom ionene NH_4^+ , PO_4^{2-} , og Mg^{2+} kontrolleres, og ofte må magnesium tilsettes for å oppnå de riktige betingelsene.

På **Dairy Research Farm De Marke** i Nederland er struvittutvinningsteknologi implementert i deres bio-raffineri. Flere andre avløpsrensaneanlegg, som **Waßmannsdorf-anlegget i Berlin**, har også installert systemer som **AirPrex®** for å gjenvinne struvitt fra avløpsslam/behandlingsprosess av biosolider. Dette bidrar til å redusere fosfatnivåene i avløpsvannet samtidig som det produseres en salgsbar gjødsel.

Gjenvinning av fosfor fra aske

EasyMining fokuserer på fosforgjenvinning og adresserer Europas store avhengighet av utvunnet fosfor (Blytt et al., 2017). Deres **Ash2®Phos-teknologi** gjenvinner fosfor fra forbrenningsaske fra avløpsslam. Opptil 90 % av fosforet kan gjenvinnes fra denne asken (EasyMining, 2023).

Tretrinnsprosess:

1. **Syretrinn:** Fosfor løses opp fra asken ved bruk av syre, og dette gir et fosforrikt mellomprodukt.
2. **Alkalisk trinn:** Stabiliser mellomproduktet for videre bearbeiding.
3. **Konverteringstrinn:** Produser et brukervennlig fosforprodukt for landbruksbruk.

EasyMinings teknologi utnytter avfall som en ressurs og gjenvinner ikke bare fosfor, men også andre verdifulle metaller (EasyMining, 2023). I samarbeid med **Gelsenwasser** skal EasyMining bygge verdens første fosforgjenvinningsanlegg som bruker Ash2Phos-teknologien i Tyskland. Anlegget skal være i drift tidlig i 2027, og teknologien vil levere sirkulær fosfor til bruk i gjødselproduksjon.

Nitrogengjenvinning

Plasmabehandling - Nitrogenforbedring

Produksjonen av mineralgjødsel står overfor bærekraftsutfordringer. Råmaterialene er begrensede, og produksjonsprosessen er avhengig av fossile brensler, som er skadelig for klimaet. Derfor er det viktig å utforske innovative og miljøvennlige metoder for gjødselproduksjon som kan gi nødvendige næringsstoffer uten å skade miljøet.

N2Applied har utviklet en banebrytende teknologi for å redusere nitrogenoksidutslipp, en kraftig klimagass. Denne innovasjonen gjør det mulig for bønder å redusere sin miljøpåvirkning, noe som gjør landbruket mer bærekraftig og effektivt. Ved å konvertere atmosfærisk nitrogen (N_2), som planter ikke kan bruke, til ammoniumnitrat, gir teknologien avlinger et tilgjengelig og verdifullt næringsstoff. Teknologien består hovedsakelig av tre komponenter: en strømkilde, en plasmaenhet og et absorpsjonstårn. Prosessen innebærer å skille nitrogen fra luft og kombinere det med vann for å lage en flytende gjødsel. Det som skiller N2Applied sin teknologi fra andre, er evnen til å produsere gjødsel direkte på stedet, for eksempel på en gård. Dette eliminerer behovet for transport og gir bønder større kontroll over produksjonen. Teknologien bidrar også til å redusere nitrogenoksidutslipp, noe som er gunstig for miljøet og klimaet.

Teknologien til N2Applied er for tiden i bruk på ti steder i seks forskjellige europeiske land.

Norge: N₂-enhet er installert på en gård i Røros, der gjødsel fra gårdens 130 melkekyr behandles. Installasjonen på Galåvolden Gård bruker lokalt produsert energi fra solcellepaneler.

Danmark: Anlegget i Foulum består av flere reaktorer, med kapasitet til å behandle omtrent 80 tonn råmaterialer daglig. N₂-enheten ved AU Foulum behandler en fraksjon av det totale digestatet som genereres.

Sverige: More Biogas i Småland ble etablert i februar 2011 som et fermenteringsanlegg som produserer komprimert drivstoff til lokal bruk i Kalmar, Sverige. Selskapet har 22 medeiere, hvorav 18 er nærliggende kylling-, gris- og kufarmer i Förlösa, Läckeby og Rockneby like nord for Kalmar. Omtrent 90 000 tonn substrat transporteres til anlegget årlig. Substratet består av gjødsel fra gårdene, samt matavfall fra husholdningene i de nærliggende kommunene. I et samarbeid med bøndene som leverer substrat, transporteres slammet gjennomsnittlig 7,5 km fra anlegget og spres på jordene til de leverende bøndene, noe som utgjør omtrent 3500 hektar jord. Ved å integrere N₂'s plasmateknologi i More Biogas' eksisterende infrastruktur i 2021, behandles digestatet, noe som genererer en høytytelses organisk gjødsel.

Gjenvinning av ammoniumnitrogen - Skummingsteknologi

Ammoniakk-nitrogen kan gjenvinnes fra væske ved å øke pH-verdien ved hjelp av lut, som omdanner ammonium til ammoniakk-gass. Ammoniakken vaskes deretter med syre for å omdannes tilbake til former som ammoniumnitrat eller ammoniumsulfat. Denne teknologien brukes i avløpsrensaneanlegg og biogassanlegg for å gjenvinne nitrogen fra avfallsvann.

Eksempel fra Finland:

Forssa energiproduksjonsanlegg i Finland, nå kjent som **Sallia Energia** siden juli 2024, er ett av over 130 slike steder som eies og drives av Nevel. De produserer 190 GWh energi årlig ved bruk av fast bioenergi som hoveddrivstoff, samt avløpsslam, matavfall og dyrebiprodukter. Biogassen som produseres, brukes dels til vanndampproduksjon, dels til å produsere elektrisitet og varme i et kombinert varme- og kraftanlegg. En del av biogassen blir ytterligere renses og omdannet til biometan, som selges på en nærliggende fyllestasjon for komprimert biogass. Under landbrukssesongen gis bio-gjødsel gratis til nærliggende gårder som gjødsel. Om vinteren separeres tørrstofffraksjonen fra det fordøyde substratet ved hjelp av sentrifuger og lagres til våren. Den flytende fraksjonen (rejektvann) behandles med lut (Na-alkali) for å nedbryte den gjenværende løselige organikken, og deretter med svovelsyre for å produsere ammoniumsulfat. Denne prosessen separerer ammonium og nitrat fra rejeckt vannet.

Del II: Implementering og løsninger

Nøkkelfordringer for innovasjon og nyskaping

Innovasjon og nyutvikling innen bioøkonomien står overfor spesifikke utfordringer. Her er noen av de viktigste utfordringene:

Teknologisk utvikling

En stor utfordring innen bioøkonomien er å utvikle og forbedre teknologier som muliggjør effektiv utnyttelse av organisk materiale og resirkulering av næringsstoffer. Dette kan omfatte teknologier for energikonvertering av biomasse, bioteknologi for å optimalisere produksjonsprosesser, og metoder for resirkulering og gjenvinning av næringsstoffer. Utvikling og implementering av nye teknologier krever betydelig forskning, investeringer og testing.

- **Eksempel:** Utvikling av mer kostnadseffektive og bærekraftige metoder for biomassekonvertering, for eksempel i produksjonen av bioetanol fra cellulosematerialer. Utfordringen ligger i å finne optimale prosesser som balanserer energiforbruk og produksjonskostnader.

Markeds- og økonomisk usikkerhet

Bioøkonomien er stadig i utvikling, og det er ofte usikkerhet knyttet til markedsmuligheter og økonomisk lønnsomhet. Bioøkonomiske produkter og tjenester kan møte utfordringer med etterspørsel, pris og konkurranse fra etablerte industrier.

- **Eksempel:** Selv om bioplast kan være et miljøvennlig alternativ til tradisjonell plast, kan prisen være høyere, noe som kan redusere etterspørselen (Fredri & Dorigato, 2021).

Bærekraft og miljøpåvirkning

Bioøkonomien møter utfordringer knyttet til bærekraft og miljøpåvirkning. Det er nødvendig å sikre at produksjon og bruk av organisk materiale skjer på en bærekraftig måte som tar hensyn til miljøkonsekvenser, som avskoging, vannforbruk, kjemikalier og utslipp av klimagasser.

- **Eksempel:** Økt bruk av organisk materiale kan føre til konflikter mellom behovet for matproduksjon og produksjon av råvarer for bioøkonomiske produkter. For eksempel kan økt etterspørsel etter biodrivstoff føre til konkurranse om landbruksareal til matproduksjon. Produksjon av organisk materiale kan også påvirke lokal økologi og biologisk mangfold. Avskoging for å skaffe organisk materiale kan føre til tap av habitat for truede arter og endringer i økosystemer.

Politiske og regulatoriske rammevilkår

Bioøkonomien opererer innenfor et komplekst sett av politiske og regulatoriske rammevilkår. Utfordringer kan oppstå i form av manglende harmonisering av regler, uklare reguleringer for bioøkonomiske produkter, og manglende insentiver for en bærekraftig bioøkonomi (Olsen & Torrissen, 2023).

- **Eksempel:** Det finnes lovpålagte begrensninger knyttet til bruk av bio-gjødsel basert på kloakkslam. Sjøgress- og tangindustrien og insektsindustrien sliter også med å etablere seg på grunn av begrensninger i lovgivningen som gjelder produktdefinisjoner.

For å møte disse utfordringene er samarbeid mellom akademia, industri, myndigheter og samfunnet generelt nødvendig. Investeringer i forskning og utvikling, utforming av støttende politikk og reguleringer, bevissthet om bærekraft og miljøpåvirkning, og tiltak for å fremme kunnskap og kompetanse innen bioøkonomien er nødvendig.

Global og europeisk politikk

Her er noen raske fakta om de politiske strategiene knyttet til å oppnå en mer bærekraftig fremtid, og hvor bioøkonomien spiller en rolle. Hvis du ønsker å engasjere studenter med quiz og spill, tilbyr [EUs læringshjørne](#) mange interaktive aktiviteter som du kan velge mellom.

La oss spørre studentene: Tror dere vi vil oppnå målene innen 2050?

Forestill deg at det er 2030, og du har din egen virksomhet i den grønne sektoren. Hva er du forberedt på å gjøre for å bidra til målene? Kanskje produsere fornybar energi? Samarbeide med forskere for å teste nye innovative teknologier? Samle ditt avfall for å senere bli omdannet til nye produkter? Plante en hage som gir ly og mat til pollinatorer?

Parisavtalen

En traktat som bekjemper klimaendringer. Den har som mål å begrense den globale temperaturøkningen til godt under 2°C over førindustrielt nivå. Hvert medlemsland jobber mot avtalte mål. For eksempel har Sverige forpliktet seg til å bli karbonnøytral (ha netto 0-utslipp) innen 2045. Finland er et av Europas mest ambisiøse land og ønsker å oppnå klimanøytralitet innen 2035 (Utenriksdepartementet i Finland). Nesten hele verden jobber for å oppnå klimanøytralitet innen 2050, og de eneste landene som ikke har undertegnet Parisavtalen er Iran, Libya og Jemen.

Europas grønn giv (EU Green Deal)

Først kan vi se en forklarende video.

For å oppnå slike viktige mål er det behov for flere strategier og konkrete planer på europeisk, nasjonalt og lokalt nivå. For å ha en felles visjon stemte EU-parlamentet i 2021 for å vedta den europeiske grønne given, som er et dokument som beskriver hvordan man skal oppnå klimanøytralitet innen 2050. Det er et veikart for å transformere EUs økonomi, med tiltak for å fremme effektiv bruk av ressurser ved å gå over til en ren, sirkulær økonomi og gjenopprette biologisk mangfold og redusere forurensning.

Den grønne given har flere nøkkelmål:

- **Klimanøytralitet:** EU har som mål å oppnå netto nullutslipp av klimagasser innen 2050. Dette innebærer å balansere mengden utslipp av klimagasser med mengden som fjernes fra atmosfæren.
- **Ren energi:** Planen inkluderer en strategi for en mer bærekraftig energisektor, med større fokus på fornybare energikilder og et mål om å oppnå energieffektivitet.
- **Bærekraftig industri:** EU planlegger å støtte industrien i å innovere og bli globale ledere innen den grønne økonomien. Dette inkluderer å fremme renere teknologier og prosesser.
- **Bygging og renovering:** EU har som mål å forbedre energieffektiviteten i bygninger og redusere deres karbonavtrykk gjennom renovering og forbedring av design.

- **Null forurensning:** Målet er å forhindre og redusere forurensning av luft, vann og jord for å sikre et giftfritt miljø.
- **Biologisk mangfold:** EU planlegger å beskytte og gjenopprette økosystemer og biologisk mangfold, både på land og i havet.

EUs handlingsplan for sirkulær økonomi (CEAP) er en del av den europeiske grønne given. Den har som mål å:

- Overgang til en sirkulær økonomi for bærekraftig vekst.
- Redusere presset på naturressursene og stanse tapet av biologisk mangfold.

Innvirkning av bioøkonomi på samfunn og miljø

Bioøkonomi og arbeidsplasser

Bioøkonomien skaper over 17 millioner arbeidsplasser i EU. Den representerer 4,7 % av EUs BNP og 8,3 % av arbeidsstyrken på tidspunktet for denne rapporten. Bioøkonomien har positive ringvirkninger gjennom hele verdikjeden og gagnar både urbane og rurale områder. For eksempel:

- **Revitalisering av landlige områder:** Bioøkonomien kan stimulere rurale økonomier ved å skape etterspørsel etter lokalt produserte biologiske ressurser.
- **Bærekraftig landbruk og skogbruk:** Bioøkonomiske praksiser fremmer bærekraftig landbruk og skogbruk, noe som bidrar til å bevare og forbedre naturressursene i landlige områder.
- **Samfunnsmessig styrking:** Ved å skape arbeidsplasser og stimulere økonomisk aktivitet kan bioøkonomien styrke rurale samfunn, redusere forskjeller mellom by og land.

Den sirkulære bioøkonomien viser en vei mot økt motstandskraft og påvirker direkte ved å bremse klimaendringene, som igjen har innvirkning på vår sikkerhet og helse. Men hvem skal bygge denne bioøkonomien, og hvordan kan småbønder bidra? Store investeringer kan gjøres, men små landbrukssamfunn har ofte ikke råd til slike investeringer. Dette har imidlertid ikke hindret lokalsamfunn fra å bidra, for eksempel ved å øke andelen av Europas rene, fornybare energi.

[Ta en titt på hvordan dette har utviklet seg i Europa.](#)

Energidemokrati er et begrep som har fått fotfeste i Europa. Energidemokrati innebærer at et lokalsamfunn investerer sammen for å bygge et felles energiproduksjonsanlegg, for eksempel som et kooperativ. Ta for eksempel et landbrukssamfunn som ønsker å utnytte avfallet på gården på en bedre måte, men som bor langt fra en by med et biogassanlegg. De slår seg sammen for å bygge et større biogassanlegg i sitt område med delt eierskap.

Klimagevinster ved bruk av biogass og bio-gjødsel

Klimagevinster handler om å redusere utslippene av klimagasser. Tiltak som overgang til fornybar energi og bevaring av skog bidrar til å begrense global oppvarming og redusere klimaendringene.

Økonomiske fordeler:

- Utvikling av grønne teknologier og fornybare energikilder skaper nye arbeidsplasser og stimulerer økonomisk vekst.

- Reduksjon av avhengigheten av kostbare og skadelige ressurser gagnar både miljøet og økonomien.
- Energieffektivitet og klimatilpasning kan også redusere kostnader knyttet til energiforbruk og infrastruktur.

Sosial velvære:

Klimagevinster strekker seg til folks helse og livskvalitet.

- Reduksjon av luftforurensning fra klimagasser reduserer forekomsten av luftveissykdommer.
- Klimatilpasning beskytter sårbare samfunn, hjelper dem med å opprettholde levebrødet sitt og styrker samfunnets motstandskraft.

Miljøpåvirkning av bruk av biogass og gjødsel

Selv om det kan være dyrt å bekjempe klimaendringer, gir de langsiktige fordelene et mer bærekraftig og motstandsdyktig samfunn.

Eksempel:

Tenk deg et kjøretøy som slipper ut 100 tonn CO₂-ekvivalenter ved bruk av vanlig bensin. Hvis vi erstatter bensin med biogass og reduserer utslippene med 100 tonn CO₂-ekvivalenter, oppnår vi 100 prosent klimagevinst. Med andre ord har vi eliminert eller redusert klimagassutslippene tilsvarende referansepunktet for fossilt brensel.

Trippel klimagevinst:

Biogass reduserer ikke bare utslipp, men bidrar også til:

- Næringsstoffresirkulering
- Fangst av skadelige klimagasser som metan

Disse kombinerte effektene kan gi mer enn 200 prosent klimagevinst sammenlignet med fossilt brensel (EU, 2018).

Årsaker til høy klimagevinst:

La oss bryte det ned i fire hoveddeler:

1. **Erstatning av fossile energibærere:** Biogass forhindrer metanutslipp og erstatter fossile brensler, noe som reduserer CO₂-utslipp fra forbrenning (Pederstad 2017).
2. **CO₂-oppgradering:** Biogass-avledet CO₂ erstatter fossilt basert CO₂.
3. **Biorefineringens rester:** Biogass kan erstatte mineralgjødsel.
4. **Behandling av avfall og gjødsel:** Biogassanlegg har lavere klimaavtrykk enn alternative håndteringsmetoder.

Positiv innvirkning ved økt produksjon:

Jo mer biogass vi produserer, jo større blir klimagevinsten. Norge produserer for øyeblikket biogass tilsvarende 0,7 TWh (Biogass Oslofjord og Biogass Norge, 2023). Produksjon av 2,8 TWh biogass kan potensielt redusere CO₂-utslipp med rundt 552 000 tonn per år (ved erstatning av naturgass) eller 716 000 tonn (ved erstatning av diesel) (Lyng & Berntsen, 2023). Dette utgjør 6 til 8 prosent av de

nasjonale utslippene fra veitrafikk, avhengig av hvilket drivstoff som erstattes (Lyng & Berntsen, 2023).

1. Erstatning av fossilt basert CO₂ med bio-CO₂:

CO₂ som produseres under oppgraderingsprosessen av biogass, har potensial til å erstatte fossilt basert CO₂ som brukes i ulike industrier. Dette bio-CO₂ kan tilby et bærekraftig alternativ og redusere avhengigheten av industrielt CO₂ avledet fra fossilt brensel.

2. Biogass- organisk gjødsel som bærekraftig gjødsel:

Biorest, et biprodukt fra biogassproduksjon, resirkulerer effektivt næringsstoffer fra organisk avfall og er et miljøvennlig alternativ til kjemisk gjødsel. Produksjonen av kjemisk gjødsel er energikrevende og avhengig av fossilt brensel, mens organisk gjødsel fra biogassanlegg både reduserer miljøskadene og hjelper til med å redusere lystgassutslipp. I tillegg beriker organisk gjødsel jorden med organisk karbon, forbedrer jordkvaliteten og bidrar til langsiktig karbonfangst.

3. Utnyttelse av avfall og gjødsel i biogassanlegg:

I Norge er håndtering av husdyrgjødsel en betydelig kilde til utslipp. Behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg bidrar til å redusere disse utslippene ved å forkorte lagringstiden, noe som reduserer metan- og lystgassutslipp. Ved å bruke gjødsel til biogassproduksjon kan landet oppnå betydelige reduksjoner i klimagassutslipp, anslått til 55 000 tonn CO₂-ekvivalenter innen 2030 og 155 000 tonn innen 2050 (Lyng & Berntsen, 2023).

4. Optimalisering av biogassproduksjon for klimaeffekt:

For å fullt ut realisere klimagevinstene av biogass er det essensielt å effektivisere produksjonen og utnyttelsen. Å brenne rå biogass uten å fange opp energi er sløsing med potensial. Effektiv styring av biogassproduksjon sikrer at vi maksimerer dens bidrag til kampen mot klimaendringer og utnytter denne verdifulle, fornybare ressursen til det fulle.

Videre muligheter innen bioøkonomi

Proteinekstraksjon fra gress: Et bærekraftig alternativ til dyrefôr

1. Utfordringen: Å finne bærekraftige proteinkilder

Soyamel er en mye brukt proteinkilde i dyrefôr, men den store avhengigheten av importert soya skaper miljø- og bærekraftsproblemer. Soyadyrking fører ofte til avskoging, spesielt i regnskogsområder, og skaper avhengighet av utenlandske leverandører, noe som kan true både økosystemer og matsikkerhet.

2. Løsningen: Biorefinering av gress og kløver

For å møte disse utfordringene utvikler forskere en skalerbar prosess for å utvinne protein fra lokale ressurser som gress og kløver. Disse avlingene, enten høstet fra åker eller spesielt plantet kløver, tilbyr et bærekraftig alternativ. Selv om rått gress inneholder lignin og cellulose, som er ufordøyelige for ikke-drøvtyggende dyr som griser og høner, gjør biorefinering det til et brukbart fôralternativ.

3. Ekstraksjonsprosessen

Prosessen starter med pressing av gresset for å få ut gressjuice. Denne juicen varmes deretter opp, noe som får de oppløste proteinene til å størkne. De faste proteinene filtreres

ut, noe som resulterer i et konsentrert proteinprodukt. Dette gressproteinkonsentratet kan brukes som en bærekraftig ingrediens i dyrefôr.

4. Fordeler med gressprotein

Gressproteinkonsentrat gir et bærekraftig og lokalt produsert alternativ til soya i dyrefôr, tilgjengelig i både våt og tørr form. Ved å bruke gressprotein kan bønder redusere avhengigheten av importert soya, redusere miljøpåvirkningen og fremme regional selvforsyning, noe som bidrar til et mer bærekraftig og motstandsdyktig landbrukssystem.

Landbruksavfall som en ressurs

Landbruksavfall, som ofte betraktes som et avfallsproblem, kan være en verdifull ressurs. Avlingsrester som halm, skall og stilker er rike på cellulose, et komplekst karbohydrat som utgjør den strukturelle komponenten i planteceller. Disse restene kan bearbeides for å utvinne cellulosefibre.

Utvinning av fibre

Proessen for å utvinne fibre fra landbruksavfall innebærer flere trinn. Først samles og rengjøres avfallet. Det utsettes deretter for en serie mekaniske og kjemiske behandlinger for å skille cellulosefibre fra andre komponenter som lignin og hemicellulose. De resulterende cellulosefibre kan brukes i ulike applikasjoner, inkludert produksjon av papir, tekstiler og biokompositter.

Produksjon av bioplast

Bioplast kan også produseres fra landbruksavfall. Stivelse, som er en vanlig komponent i mange landbruksrester, kan utvinnes og bearbeides for å produsere biologisk nedbrytbar plast. Dette innebærer behandling av stivelsen med mykgjørere og andre tilsetningsstoffer, og deretter oppvarming og forming til ønsket form. Den resulterende bioplasten er ikke bare biologisk nedbrytbar, men har også et betydelig lavere karbonavtrykk sammenlignet med konvensjonell plast.

Landbruksavfall som kilde til verdifulle forbindelser

Landbruksavfall inneholder verdifulle forbindelser. Mange typer landbruksavfall, som fruktskall, frøskall og avlingsrester, inneholder bioaktive forbindelser som har potensielle bruksområder innen farmasøytiske og nutraceutiske produkter.

Utvinning av farmasøytiske ingredienser

Utvinning av farmasøytiske ingredienser fra landbruksavfall innebærer flere trinn. Først samles og rengjøres avfallet. Deretter utsettes det for ulike ekstraksjonsprosesser, avhengig av hvilken spesifikk forbindelse som målrettes. Disse prosessene kan inkludere løsemiddelekstraksjon, dampdestillasjon eller superkritisk væskeekstraksjon. De utvinnede forbindelsene kan deretter renses og brukes i formuleringen av farmasøytiske produkter.

Utvinning av nutraceutiske ingredienser

Nutraceutiske ingredienser kan også utvinnes fra landbruksavfall. Nutraceutika, som er matavlede stoffer som gir helsemessige fordeler, kan inkludere antioksidanter, kostfiber og probiotika. Mange av disse finnes i landbruksavfall. For eksempel er fruktskall og frø ofte rike på antioksidanter, mens avlingsrester kan være en kilde til kostfiber.

Referanseliste

Bernatek R. E., and Kaland, T. (12. January 2023) Alkohol (kjemi) Collected from: https://snl.no/alkohol - kjemi (In Norwegian) [Online Resource]
Biogass Oslofjord og Biogass Norge, (2023) Statistikk. Collected at: https://biogassnorge.no/statistikk (In Norwegian) [Online Resource]
Blytt, L.D., Brod, E., Øgaard, A.F., Johannessen, E., Estevez, E.M.E and Paulsrud, B. (2017) bedre utnyttelse av fosfor, Published by Miljødirektoratet report no. M-848, 2017. Collected from https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M846/M846.pdf , (In Norwegian) [Online Resource]
EasyMining (10. September 2023). ASH2™PHOS. Collected at https://www.easymining.com/technologies/ash2phos2/ash2phos/ [Online Resource]
EU - European parliament (2018) Reducing carbon emissions: EU targets and policies. Collected at : https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20180305STO99003/reducing-carbon-emissions-eu-targets-and-policies [Online Resource]
Fornybarklyngen, 2020
Fredi G. and Dorigato A., (2021) Recycling of bioplastic waste: A review. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, Volume 4, Issue 3, July 2021, Pages 159-177 (In English)
Hannah Ritchie and Max Roser (2021) - "Fish and Overfishing" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: https://ourworldindata.org/fish-and-overfishing [Online Resource]
Hofstad, K (29. Desember 2020): gassifisering i Store norske leksikon på snl.no. Collected 17. September 2024 fra https://snl.no/gassifisering (In Norwegian) [Online Resource]
Jære, L. (5. October 2017) This ingenious approach not only binds CO ₂ , but also improves the soil. Collected from : https://www.sintef.no/en/latest-news/2017/this-ingenious-approach-not-only-binds-co2-but-also-improves-the-soil/ (In Norwegian) [Online Resource]
<i>Latvia University of Life Sciences and Technologies (2020). Climate friendly agriculture practice in Latvia - Separation of liquid manure and digestate. Report online: https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/lapas/09-Skidro-kutsmeslu-separesana-ENG.pdf [Online Resource]</i>

Lyng K-A., and Berntsen I.C. (2023) Mulighetsrommet for produksjon av biogass i Norge
Potensialstudie av aktuelle råstoff, nye teknologier og klimanytte, Norsus report.No OR 06.23 ISBN
no: 978-82-7520-911-3 ISSN no: 2703-8610 (in Norwegian) [Online Resource]

Miljødirektoratet, (2022): Klimakur 2030, report M-1625-2020 (The Norwegian Environment Agency)
(in Norwegian) [Online Resource]

O'toole, A. and Grønlund, A. (2012) Produksjon av 2. generasjons- biodrivstoff via termokjemiske
prosesser - Kunnskapsstatus, kostnader, og potensial for klimagassreduksjon i Norge (in Norwegian)
Bioforsk rapport vol 7(112) 2012 (In Norwegian) [Online Resource]

Olsen & Torrissen (04. January 2023) Hva ligger bak begrepet «sirkulærøkonomi»? , Dagsavisen
Collected at www.dagsavisen.no/demokraten/debatt/2023/01/04/hva-ligger-bak-begrepet-sirkulaer-biookonomi/

Opdal, O. A., & Hojem, J. F. (2007). Biofuels in ships: A project report and feasibility study into the use
of biofuels in the Norwegian domestic fleet. ZERO report, 18.

Pederstad A. (2017) Bærekraft og klimagassreduksjoner for norskprodusert biogass.
Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger til innkjøpere. Avfall Norge report 11/2017, ISBN 82-8035-035-7 .
(In Norwegian) [Online Resource]

Pommeresche, R. (16. April 2018) Biokull - status for forskning og utprøving i Norge, Collected at:
<https://www.agropub.no/fagartikler/biokull-status-for-forskning-og-utproving-i-norge> , In Norwegian
[Online Resource]

Rasaq S. Abolore, Swarna Jaiswal, Amit K. Jaiswal, (2024): Green and sustainable pretreatment
methods for cellulose extraction from lignocellulosic biomass and its applications: A review,
Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, Volume 7, 2024,
www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666893923001172 [Online Resource]

Reis, T., zu Ermgassen, E., & Pereira, O. (2023). Brazilian beef exports and deforestation. Trase.
<https://doi.org/10.48650/FTSC-RG72> In English [Online Resource]

Spilling, A. J. (19. August 2016) Husdyrgjødsel + fiskeslam = biogass. Collected from web site
<https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjodsel-fiskeslam--biogass> (In Norwegian) [Online Resource]

Stegmann, P., Londo, M. and Junginger, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in
European bioeconomy clusters, Resources, Conservation & Recycling: X. Volume 6, 2020,
<https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100029> (In English)

Mishra. S. and Upadhyay, R. K, (2021) Review on biomass gasification: Gasifiers, gasifying mediums, and operational parameters, Materials Science for Energy Technologies, Volume 4, 2021, [thermochemical conversion](#)

Universitetet i Oslo (11. April 2023) Pyrolyse. Collected from the web site. Published 26 February 2022, revised 11 April 2023
<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/pyrolyse.html> In Norwegian
[Online Resource]

Takk