



BIOKULL PÅ GAMLE HASLEMOEN MILITÆRLEIR

ET PROSJEKT FOR INNFAISING AV BIO-ØKONOMIEN

KARBONBINDING I LANDBRUKET

ØKT AVLING, REDUSERT KUNSTGJØDSELFORBRUK

JAN W. SØRENSEN
JOHAN C. LØKEN



BIOKULL PÅ GAMLE HASLEMOEN MILITÆRLEIR

ET PROSJEKT FOR INNFAISING AV BIO-ØKONOMIEN

BIOKULL SOM KATALYSATOR FOR SAMORDNEDE AKTIVITETER INNEN
SKOGBRUK, LANDBRUK OG ENERGIPRODUKSJON
OG FOR STØRST MULIG BINDING AV CO₂



INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	III
INNLEDNING	4
FORSLAG	5
BEHOV FOR SEKTOR-OVERGRIPENDE MODELLER	5
INTEGRERTE SYSTEMER I LANDBRUKET; PRODUKSJON AV BOKULL OG BIO-OLJE SOM ET TIDLIG STADIUM FOR MER AVANSERTE BIO-RAFFINERIER	7
FORSLAG FOR ØKT BRUK AV BOKULL OG BIO-OLJE	10
BOKULL – EN MULIGHET FOR KARBON-BINDING I LANDBRUKET	11
OM BOKULL	11
HISTORISK REFERANSE TIL BRUK AV BOKULL	11
EFFEKTER AV BOKULL	12
<i>Karbonlagringseffekt; biokull som et langtidslager for CO₂</i>	12
<i>Jordbruksmessig effekt, muligheten for avlingsøkning og redusert kunstgjødselforbruk</i>	13
GLOBAL AKTIVITET PÅ BOKULL	14
FORSKNING PÅ BOKULL	14
EU OG BOKULL	16
SERTIFISERING AV BOKULL INNENFOR EU	18
ANDRE SERTIFISERINGSORDNINGER	19
KOMMERSIELL AKTIVITET PÅ BOKULL	20
ANBEFALINGER FRA INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE	22
EKSEMPLER PÅ EUROPEISKE PRODUSENTER AV BOKULL OG ANLEGG FOR BOKULL	23
BOKULL I NORGE	24
KLIMAKUR2020 -- CO ₂ REDUKSJONSPOTENSIAL OG TILTAKSKOSTNAD FOR BOKULL	24
FELTFORSØK	26
BIO-OLJE -- EN MULIGHET FOR PRODUKSJON AV FORNYBAR OLJE	27
BIO-OLJE	27
POTENSIAL FOR PYROLYSE SOM TEKNOLOGI RELATERT TIL BIO-ØKONOMIEN	32
PYROLYSE SOM PROSESS FOR PRODUKSJON AV BOKULL OG BIO-OLJE	32
VERDIKJEDE FOR PRODUKSJON AV BIO-OLJE OG BOKULL	33
PRODUKSJON AV BOKULL INNENFOR BIO-ØKONOMIEN	35
<i>Utnyttelse av biokull i flere integrerte kretsløpssystemer</i>	36
FORSLAG, BOKULL PÅ GAMLE HASLEMOEN MILITÆRLEIR	38
BAKGRUNN	38
FORSLAG OM BRUK OG PRODUKSJON AV BOKULL PÅ HASLEMOEN LEIR	39
BAKGRUNN FOR FORSLAG OM BRUK AV BOKULL PÅ HASLEMOEN LEIR	40
MOTIVASJON FOR Å TA I BRUK BOKULL PÅ NYDYRKINGSFELTET, HASLEMOEN	42
<i>Klimamessige og jordbruksmessige effekter</i>	42
<i>Næringsmessige effekter</i>	44
MULIGE INTRODUKSJONSMÅTER FOR PRODUKSJON AV BOKULL OG BIO-OLJE	45
MULIGHET 1: SMÅ MOBILE ANLEGG FOR HURTIG PYROLYSE OG PRODUKSJON AV BIO-OLJE OG BOKULL MED BRUK AV RESTPRODUKTER I LANDBRUKET SOM RÅSTOFF	46
MULIGHET 2: ET STØRRE STASJONÆRT DEMONSTRASJONS-ANLEGG FOR PRODUKSJON AV BIO-OLJE	48
MULIGHET 3: ET BIOGASSANLEGG INTEGRERT MED ET BOKULLANLEGG	50
MULIGHET 4: ET FISKEOPPDRETTSANLEGG INTEGRERT MED ET BOKULL ANLEGG	54
VEDLEGG 1: OVERSIKT OVER VERDISKAPNING OG KOSTNADER VED DRIFT AV ET BOKULLANLEGG	58

SAMMENDRAG

En økende global oppvarming og muligheten for at jordbruket i fremtiden blir utsatt for ustabile og ekstreme værforhold gir et godt grunnlag for å vurdere introduksjon av biokull i jordbruket.

Biokull er en spesiell type trekull som gjennom en produksjonsmetode har fått en kjemisk sammensetning som gjør at det kan plasseres i jord som en jordforbedrer og samtidig virke som et langtidslager for CO₂. Biokull er av Klimakur2020 beregnet til å være det klimatiltaket med størst potensiale for å balansere CO₂-utslipp innenfor den norske landbrukssektoren.

Det er vist at bruk av biokull i kommunene som omfattes av Solørregionen og med bruk av halm som råstoff vil kunne binde karbon tilsvarende 43 % av Hedmark fylkes mål om bli karbonnøytral.

Forskning på biokull er nødvendig for å avdekke de mange jordbruksmessige egenskaper som er hevdet å ligge til biokull. Tidlige forsøk har vist at biokull har et potensial for å gi jord en økt fruktbarhet uttrykt som avlingsøkning og redusert kunstgjødselforbruk; videre en evne til å holde på vann; en evne til å forhindre erosjon gjennom aggregatdannelse; og en evne til å redusere nitrat- og fosfatavrenning.

Bondens valg om bruk av biokull er styrt av faktorer relatert til fruktbarhet, det vil si avlingsøkning og redusert kunstgjødselforbruk. Andre positive faktorer ved biokull gir ingen kortsiktig økonomisk gevinst og er derfor ikke avgjørende for bondens valg om biokull skal tas i bruk. Mange av biokulls fordeler er åpenbare på et samfunnsmessig plan, men for disse samfunnsmessige positive egenskaper får en bonde ingen eller kun en delvis økonomisk kompensasjon. Eksempler er nitratavrenning, jorderosjon, fosfatavrenning.

I dag gis det ingen kompensasjon til bonden for binding av CO₂ i dyrket mark. Dersom det offentlige forventer at prisen på CO₂-utslipp vil stige i årene framover, men tror at næringslivet eller bønder ikke tar tilstrekkelig hensyn til stigende pris på utslipp --- så kan det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å iverksette tiltak i dag, til en høyere kostnad enn det det koster å kjøpe CO₂-kvoter utenlands.

For å avdekke de for bonden styrende faktorer om bruk av biokull er det foreslått et biokull feltforsøk på gamle Haslemoen militærleir. Etter nedleggelsen av leiren har Våler Kommune bevilget kr 25 mill. til tiltak for oppdyrking av arealet til matproduksjon. Satsingen er betegnet som tidenes største for kommunen. Den overordnede ide med feltforsøket er å kunne gi en anbefaling overfor bønder om hva de kan forvente av avlingsøkning og redusert kunstgjødselforbruk på Haslemoen når området tas i bruk. Budsjettet for feltforsøket er på kr 736 000. Det søkes om kr 206 000 for å kunne starte opp prosjektet. Budsjettplanen er som følgende:

Våler Kommune, (vedtak om bevilgning i kommunestyret)	kr	206 000
Statens Landbruksforvaltning (bevilget midler over Jordbruksavtalen)	kr	350 000
Omsøkt restbeløp for å starte opp prosjektet	kr	170 000
Totalt budsjett for prosjektet	kr	736 000

(Alle beløp er ex MVA)

Det er i et forprosjekt avdekket at Solørregionen i Hedmark er godt egnet for introduksjon av biokull. Det er spesielt den sand- og silt-holdige jordtypen som trekkes frem og hvor antagelsen er at biokulls egenskaper vil virke best i denne jordtype.

Biokull vil kunne være et verktøy for lokal utvikling. Med Solør og Hedmarks store ressurser innenfor biomasse og med avtak i form av en stor landbrukssektor kan man lett se for seg aktivitet på biokull. Videre må forslaget om å ta i bruk biokull og produksjon av bio-olje ses på som et tidlig tiltak for å fase inn bioøkonomien. Produksjonsanlegg for biokull og bio-olje representerer teknologi for utvikling av høyverdige produkter med et større potensial for lønnsomhet enn om biomasse konverteres til varme for levering fra fjernvarmeanlegg.

INNLEDNING

Det er foreslått et feltforsøk på gamle Haslemoen militærleir i Våler kommune i Hedmark. Feltforsøket vil vurdere to effekter, som er målt i andre feltforsøk, og som er hevdet å være egenskaper ved biokull. Dette er biokulls evne til å gi økt avling og biokulls evne til gi økt avling ved redusert forbruk av kunstgjødsel i forhold til gjødselplan.

Biokull er foreslått som en ny metode i landbruket. I tillegg til de ovennevnte agronomiske effektene gir arbeide hos flere forskere basis for å kunne hevde at biokull plassert i dyrket mark vil kunne lagre CO₂ over en lengre periode. Dette er helt tilsvarende til det som skjer i Nordsjøen hvor det pumpes CO₂ ned i undersjøiske hulrom. Forskjellen er at kostnadseffektiviteten ved biokull er mye bedre¹.

I en nylig avgitt rapport² fra Miljødirektoratet slår man fast at det er et "Gap mellom utslippsforventninger og utslippsmål for 2020". For landbruket gir rapporten kun indikasjoner om små reduksjoner i CO₂-utslipp frem mot 2020. Det vesentligste bidraget frem mot 2020 og 2030 er tenkt å komme fra biogass. Biogass er i rapporten anslått å kunne bidra med en reduksjon innenfor et spenn på 150 000 tonn til 300 000 tonn CO₂. Til sammenligning er potensialet for biokull anslått til 560 000 tonn CO₂ med halm som råstoff³. Inkluderer man andre typer biomasse som grener, topper (GROT) vil bidraget fra biokull kunne bli betydelig større.

Biokull brukt i landbruket nevnes i Miljødirektoratets rapport kun i en setning og da som et klimatiltak som skal vurderes i et lengre tidsperspektiv. Rapportens ene setning om biokull er betegnende for status på biokull i Norge og står i kontrast til de mange aktiviteter rundt biokull i Europa, USA og andre verdensdeler.

Det foreslåtte feltforsøket må ses på som et tidlig tiltak i en lang rekke med kjedevirkende aksjoner for å medvirke til at skog og landbruket foretar en omstilling mot det som kalles bio-økonomien. Flere typer teknologier vil tas i bruk for å realisere bio-økonomien og det er antatt at pyrolyse vil være en av disse. I pyrolyse-anlegg produseres biokull og et tilhørende energiprodukt som kan være bio-olje. Bio-olje vil være et erstatningsprodukt for fossil fyringsolje brukt blant annet i fjernvarmeverk eller i industrien.

Et vesentlig aspekt ved innføring av nye metoder som biokull i landbruket og bio-økonomien generelt er at skog-, landbruks-, energi-, og nærings-politikk kan integreres inn i en felles plattform for i en koordinert innsats å etablere nye næringer, verdikjeder. Inkludert i dette ligger at man i større grad enn tidligere vil kunne delta med nye løsninger i den felles anstrengelse som er nødvendig for å oppnå lavere CO₂-utslipp.

¹ Se tiltakskostnader utarbeidet under Klimakur2020. Klima- og forurensningsdirektoratet 2010, "Klimakur2020; tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020", www.miljodirektoratet.no/no/Tema/klima/Klimakur-2020

² Miljødirektoratet 2014, "Faglig grunnlag for videreutvikling av den nasjonale og internasjonale klimapolitikken; Klimatiltak mot 2020 og plan for videre arbeid", sett mars 2014, www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M133/M133.pdf

³ Klima- og forurensningsdirektoratet 2010, "Klimakur2020; tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020", www.miljodirektoratet.no/no/Tema/klima/Klimakur-2020

FORSLAG

Behov for sektor-overgripende modeller

I en sammenheng hvor man ser på de utfordringer som skog- og landbruk står ovenfor er det foreslått at man integrerer skogbruk, landbruk, energiproduksjon og næringsutvikling i en felles anstrengelse for å binde eller nøytralisere karbonutslipp.

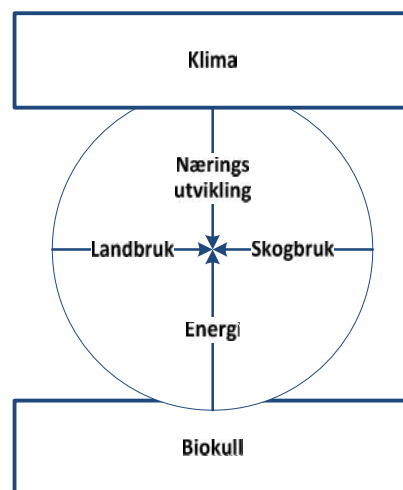
Den sektorvise håndteringen av disse områdene har ført til et betydelig gap mellom uttrykte politiske mål og oppnådde resultater. Klima-, energi-, og næringspolitikk griper inn i hverandre. Tiltak i en sektor har en kjedevirkning i andre sektorer. En konsekvens av dette bør være at man samordner tiltak for størst mulig effekt. En samordnet aksjon virker også å bedre kunne påvirke den omstilling som Norge søker i overgangen mellom et fossilt orientert samfunn til et samfunn basert på alternative bærekraftige råstoffer.

Skogen og landbruket har av flere årsaker vært mindre aktuell eller helt utelatt som tiltaksområde i klimasammenheng. For bruk av skog som klimatiltak peker miljøvernforkjempere gjerne på: usikkerhet med hensyn til virkning av karbonbinding ved skogtiltak; effekter av karbonbindende skogtiltak på det biologiske mangfoldet; viktighet av at land med store skogressurser ikke fraskriver seg sitt ansvar ved å henvise til de store karbonsluk som skogressursene representerer.

Klimatiltak innenfor landbruket er vanskelig å iverksette. Det går på mange små driftsenheter som hver for seg representerer små utslipp. I tillegg er eksisterende jordbrukspraksis godt innarbeidet. I klimadebatten blir bønder utfordret til å endre praksis, men vil i denne omstillingsprosess bli stilt overfor en fremtidig økonomisk usikkerhet som det er urimelig at de skal påta seg. Dette i en sektor som allerede er økonomisk hardt presset med liten evne til å foreta omstillinger som ikke direkte gir en kortsiktig økonomisk gevinst.

Av eksempler på foreslåtte klimatiltak i landbruket som ikke har fått en større gjennomslagskraft, kan nevnes biogass. I St.meld. nr. 39 (2008-2009): Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen⁴, ble biogass tatt frem som et hovedsatsingsområde innenfor landbruket for reduksjon av CO₂. Tiltaket har ikke fått den nødvendige offentlige støtte til gjennomføring og har dessuten hatt dårlige rammebetingelser i form av lave priser på det produserte energiprodukt; elektrisitet. Biogass har kun marginalt bidratt til reduksjon i karbonutslippene i norsk landbruk siden 2008.

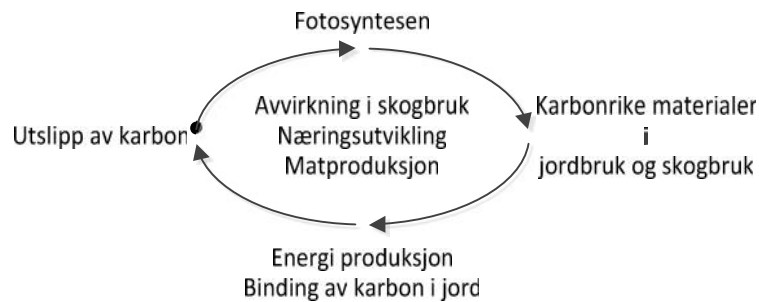
Det virker ikke som om vi klarer å nå satte mål innen klima, som f. eks. to-graders målet. Det er derfor riktig at man utvider tankegangen rundt mulige tiltak og inkluderer skogen og matproduksjon på lik linje med andre CO₂-tiltak.



Figur 1: Sektorområder for felles utnyttelse i arbeidet for et bedre klima.

⁴ Landbruk og matdepartementet, 2008-2009, "St.meld. nr. 39 (2008–2009) Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen", www.regjeringen.no/pages/2196816/PDFS/STM200820090039000DDDPDFS.pdf

Det er indikert over at dagens politiske behandling av klimaspørsmålet har favorisert en sektorvis tilnærming til hvordan man skal løse klimaproblemet. Klimaproblemet virker å kreve integrerte modeller for å utløse tilstrekkelige reduksjoner i klimagassutslipp. I en overført betydning vil fotosyntesen være en utløsende faktor for igangsetting av integrert modeller og fungere som et bindeledd mellom forskjellige sektorer.

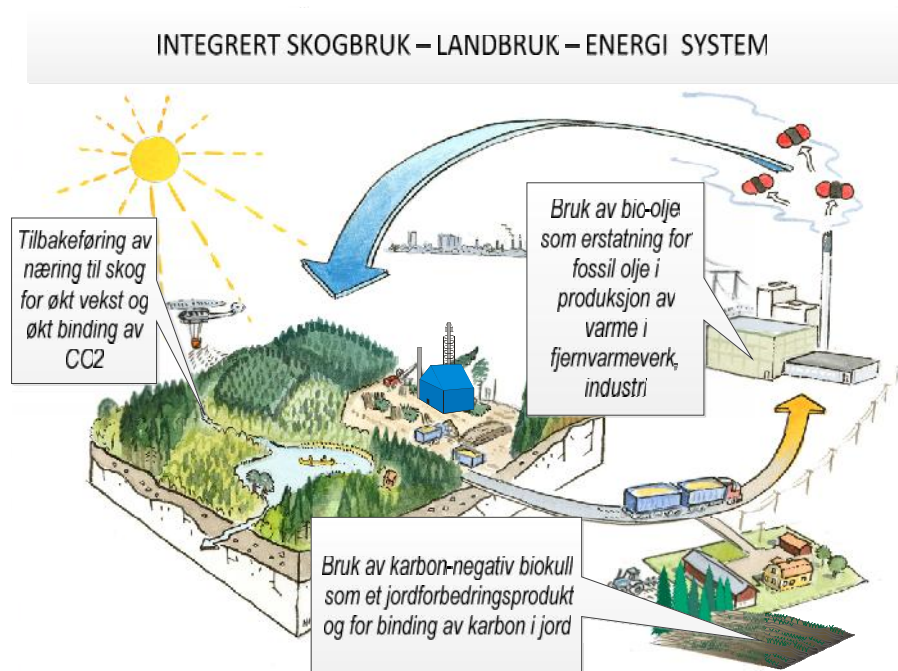


Figur 2: Fotosyntesen som bindeledd i en integrert modell

For at en integrert modell skal kunne fungere må ny teknologi utvikles. Dagens teknologi er utilstrekkelig eller er på et for tidlig stadium til å fungere tilfredsstillende i en sammenheng hvor det søkes bærekraftige løsninger. I dette ligger at det må søkes teknologier med korte CO₂-tilbakebetalingstider eller som opererer i et karbon-negativt regime. Et eksempel er bruk av pyrolyseteknologi for fremstilling av biokull i samproduksjon med bio-olje eller bio-drivstoff.

Tiltak for et bedre klima gir grunnlag for dannelsen av nye verdikjeder. Et eksempel er feltet bio-økonomi hvor det mest sannsynlig vil dannes nye verdikjeder med basis i nye produkter fra biomasse. Dessverre er Norge langt etter i etablering av ledd som kan funksjonere i en bio-økonomi. Forskningsrådet opprettet først i 2012 et program på dette felt.

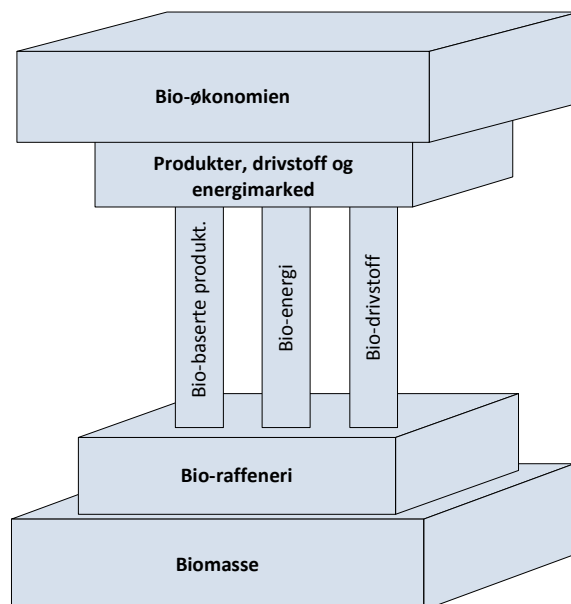
Nye verdikjeder hvor for eksempel produksjon av biomasse gir en samkoblet produksjon av mat, energi og råstoff drives frem av ny teknologi ut fra en bred forskningsfront. Den grønne sektoren har tradisjonelt høy produktivitetsvekst fra mekanisering og bruk av bioteknologi. Kombinert med informasjonsteknologi gir dette en ny bølge av produktivitetsvekst.



Figur 3: Biokull – Brukt i jordbruk som en karbonnegativ metode

Integrerte systemer i landbruket; produksjon av biokull og bio-olje som et tidlig stadium for mer avanserte bio-raffinerier

Utvikling av bio-raffinerier er en avgjørende teknologi for å kunne ta i bruk integrerte produksjonssystemer med basis i plantemateriale. Disse integrerte systemer kobler matproduksjon, dyrefôrproduksjon, produksjon av plattformkjemikalier, skogbruk og jordbruk.



Figur 4. Biomasse eller materiale med opphav i fotosyntesen driver bio-økonomien (Tilpasset etter Kamm 2006)

Det virker å være et godt grunnlag for å si at plantemateriale er det eneste bærekraftige råstoffet for produksjon av organiske brensler, kjemiske produkter og materialer.

Verden er i en overgangsfase fra et fossilt avhengig system til en ordning basert på bærekraft med utvikling av nye teknologier og produkter basert på materialer med opphav i fotosyntesen.

Overgangen til en bio-økonomi er fremdrevet av overordnede strategiformuleringer. I dag har flere land i Europa definert en bio-økonomi strategi. I 2012 lanserte EU sin bioøkonomi-strategi "Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe"⁵ Av våre naboland har Danmark utformet en strategi og bevilget midler, mens Sverige og Norge fremdeles utreder innhold i strategien. Finland forventes å legge frem sin strategi i april 2014.

Med en strategi for bio-økonomi, kommuniserer et land en intensjon om et koordinert handlingsmønster for å introdusere elementer innenfor bio-økonomien⁶. I desember 2012 ble en felles strategi for skog- og tre-sektoren i Hedmark og Oppland, 2013 til 2016, vedtatt av respektive fylkers fylkesting⁷. Strategien lister tradisjonelle satsingsområder innenfor skogbruket med målsetninger. En svakhet ved strategien er dens mangel på omtale av bio-økonomien og målsetninger for Hedmark Fylke opp mot bio-økonomien.

⁵ Se ec.europa.eu/research/bioeconomy/press/press_packages/index_en.htm for pressemelding, andre dokumenter

⁶ Staffas et al., 2013, "Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An analysis of official National Approaches", Sustainability (5) pp 2571-2769..

⁷ <http://fylkesmannen.no/Hedmark/Landbruk-og-mat/Skogbruk/Felles-strategi-for-skog--og-tresektoren-i-Hedmark-og-Oppland-2013-2016/>

Det er av Skogselskapet i Oppland, ved Ola Gram Dæhlen, i en høring til strategien, foreslått at strategien bør omtale bio-økonomien. Dæhlen skriver i desember 2012 at⁸:

Vi anbefaler at Strategien for skog- og tresektoren i Hedmark og Oppland ... tar innover seg det perspektivet som bioøkonomien stiller opp og gjør dette til et sentralt utgangspunkt.

- *Bioøkonomien er viktig fordi den skaper nye rammer for næringspolitikk og forskning.*
- *Bioøkonomien omskaper vår tradisjonelle konseptualisering av næringsbegrepene.*
- *Bioøkonomien lanserer en helhetlig tilnærming der alle produksjoner som er biologisk basert og deres verdikjede sees i sammenheng.*
- *Bioøkonomien kombinerer ny og gammel biologisk kunnskap med ny innsikt fra andre vitenskaper.*
- *Bioøkonomien skaper grunnlag for høy produktivitet og mer miljøvennlig prosesser ved også å ta i bruk ny informasjonsteknologi.*
- *Bioøkonomien muliggjør småskalaprosesser på områder hvor tidligere teknologi har krevd storskalaløsninger.*
- *Bioøkonomien legger til rette for verdikjeder hvor alle deler av biomassen får en optimal anvendelse og i tillegg gir bidrag til energiforsyningen.*
- *Bioøkonomien gir et samlet og nytt perspektiv på forvaltningen av biosfæren som et virkemiddel i klimapolitikken.*
- *Bioøkonomien bygger en bærekraftig, fornybar – økologisk – økonomi.*
- *Bioøkonomien åpner en visjon om et samfunn som ikke påfører seg selv skade ved utnyttelse av de fossile resursene.*
- *Bioøkonomien tilrettelegger for godt betalte, kompetansebaserte og desentraliserte arbeidsplasser.*

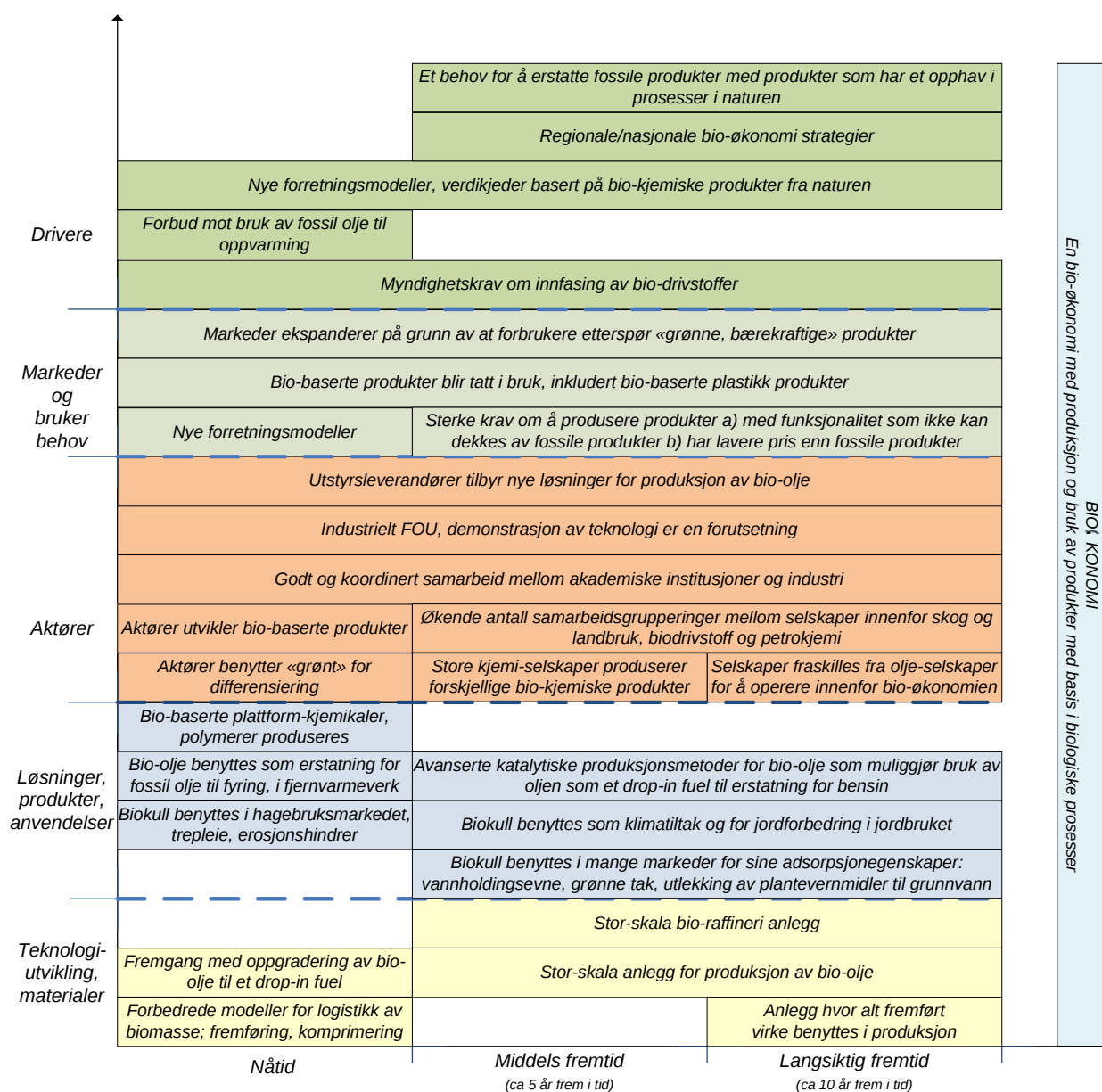
En strategi for skog- og tre-sektoren for skog-fylkene Oppland og Hedmark burde i tillegg til Dæhlens kommentarer ha et innhold rettet mot⁹:

- Etablere en kommunikasjonsplattform for utvikling av skogindustrien mot komplekse bio-raffinerier
- Etablere et samvirke mellom aktiviteter for å styrke samhandlingen mellom forskjellige ulike aktører innenfor land- og skogbruk
- Medvirke til at teknikkplattformer utvikles samt gi økonomisk støtte for tilpassing, etablering og testing av teknologier for en bio-basert produksjon
- Utvikle systemkompetanse som kan bistå i å utvikle samt utløse en ressurseffektiv omstilling mot et bio-basert samfunn
- Medvirke til at et langsiktig perspektiv blir en del av den samfunnsmessige forståelsen som er nødvendig for å gjennomføre de satsinger som er nødvendige for omstillingen mot et bio-basert samfunn.

Det er i figur 5 vist et veikart som gir antydning om aktiviteter, teknologi mot bio-økonomien. Veikartet er vektlagt utvikling av teknologi for produksjon av bio-olje og biokull. Begge disse to tilhører begrepet bio-økonomi.

⁸ olasstube.blogspot.no/2012/10/innsjitt-til-hring-for-strategi-for.html

⁹ Tilpasset etter: Vinnova. Lunds Universitet & Sveriges Tekniska Forskningsinstitut 2013, " Bioraffinaderier för ett grönt Sverige – en strategisk forsknings- och innovationsagenda för utveckling av branschöverskridande bioraffinaderi-koncept ", lest mars 2014, www.sp.se/sv/index/research/bioresurser/agendabioraffgr%C3%B6nagenda/Sidor/default.aspx



Figur 5: Veikart for elementer innenfor bio-økonomien med vektlegging på biokull og bio-olje (etter VTT og basert på VTTs veikart modell)

Forslag for økt bruk av biokull og bio-olje

Det vil i en tidlig innfasing av bio-økonomien etableres teknologier som kan regnes som forløpere for mer avanserte bio-raffinerier. Etablering av disse tidlige teknologier gir industrien en mulighet for et utviklingsforløp i tid mot mere komplekse systemer for produksjon av avanserte bio-kjemiske produkter.

Ved en stegvis innfasing av teknologier mot bio-økonomien vil man muliggjøre kompetanseoppbygging og utvikling av erfaring på tidlige teknologier som vil være senere til nytte. Et vesentlig aspekt ved innføring av nye teknologier og bio-økonomien er de menneskelige ressurser som må tilføres for å sikre en positiv introduksjon.

Det virker å være en fordel om man først innenfor bio-økonomien fremstiller produkter som raskt kan finne en anvendelse. Et slikt produkt er bio-olje. Bio-olje vil erstatte fossil olje som brennes i fjernvarmeverk eller i industrien for varmforsyning. Basert på oppnådd erfaring og teknologiutvikling vil man senere kunne fase inn produksjon av avanserte kjemiske produkter som kan leveres fra et bio-raffineri.

Inkludert i dette ligger at man:

1. Bio-olje
 - a) Etablerer demonstrasjonsanlegg for produksjon av bio-olje og markedsfører, selger bio-olje som et erstatningsprodukt for fossil fyringsolje
 - b) Råstoff bør være restprodukter i skog eller landbruk, GROT, halm.
2. Biokull
 - a) I samproduksjon med bio-olje etablerer produksjon av biokull
 - b) Plasserer biokull som et karbonlager for langtidslagring av CO₂ i dyrket mark
 - c) Anvender biokull som en jordforbedrer for å oppnå økt avling og redusert kunstgjødselforbruk, men også andre samfunnsmessige ønskede effekter som redusert nitratavrenning og redusert jorderosjon
3. Bio-økonomi
 - a) Etablerer demonstrasjonsanlegg, gjerne basert på pyrolyseteknologi eller gassifiseringsteknologi for i forskningsøyemed å fremstille nye produkter til industrien som erstatning for fossile produkter

En viktig rammebetingelse for produksjon av fornybar bio-olje vil være Klimaforliket av 2012, vedtatt i Stortinget, med følgende ordlyd: "at det skal innføres forbud mot fyring med fossil olje i husholdninger og til grunnlast i øvrige bygg i 2020¹⁰".

¹⁰ Lest april 2014, www.regjeringen.no/nb/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/md/Nyheter-og-pressemedlinger/nyheter/2012/klimaforliket-vedtatt-i-stortinget.html?id=684927

BIOKULL – en mulighet for karbon-binding i landbruket

Om biokull

Biokull er foreslått som en ny metode i landbruket i Norge. Det er biokulls egenskaper som et langtidslager for CO₂ og dets jordbruksmessige egenskaper som fremheves.

Begrepet biokull, eller biochar på engelsk, dukker opp rundt 2005, 2006 som begrep for lagring av CO₂ i jord. Begrepet tilskrives Peter Read selv om man finner bruk av begrepet før den tid¹¹. Det er først Peter Read som ser muligheten for storskala lagring av karbon i jord produsert fra karbonrike materialer, først og fremst biomasse.

Det diskuteres hvordan man skal definere biokull. Det finnes to retninger, en som hevder at funksjon bør fremheves, mens en annen peker på egenskaper. Et eksempel på en funksjons-definisjon vil være den som organisasjonen International Biochar Initiative¹² anvender:

Biochar is a solid material obtained from the carbonisation of biomass. Biochar may be added to soils with the intention to improve soil functions and to reduce emissions from biomass that would otherwise naturally degrade to greenhouse gases. Biochar also has appreciable carbon sequestration value. These properties are measurable and verifiable in a characterisation scheme, or in a carbon emission offset protocol.



Figur 6: Biokull
(Foto: University of East Anglia)

Definisjonen viser til at for å kunne bruke benevnelsen biokull bør materialet for biokullet ha et opphav i biomasse og det må bli lagt i jord i den hensikt å forbedre jordprosesser.

Definisjonen viser til de to oftest nevnte hovedaspekter ved biokull: Det ene er en høy grad av stabilitet i form av motstand mot nedbryting og det andre er en høy evne til å holde tilbake næringsstoffer. Det er tre miljømessige effekter som fremtrer fra disse to hovedaspekter: a) evne til å påvirke klimaendringer b) evne til å virke som en jordforbedrer c) evne til å hindre effekter av forurensninger.

Historisk referanse til bruk av biokull

Det forefinnes flere historiske referanser til biokull. Sent på 1800-tallet fant tyske vitenskapsmenn forlagte åkerlapper, rike på karbon (*Terra preta – Svart jord*), i Amazonas-regionen i Brasil. Fra 1960-tallet og frem til i dag har disse åkerlapper blitt undersøkt og følgende forhold er avdekket¹³:

- Størrelse på åkerlapper: Fra mindre enn 1 ha til flere kvadratkilometer.
- Høyt karboninnhold: I enkelte tilfeller er det målt 50 tonn per hektar med karbon
- Ved utprøving gir jorden på disse åkerlappene en høyere avling enn i tiliggende åkerlapper uten karbonrik jord.

¹¹ Woolf, D. et al., 2010. "Sustainable biochar to mitigate global climate change. Supplementary information" Nature Communications. 1:56.

¹² Lest mars, 2014, www.biochar-international.org/biochar

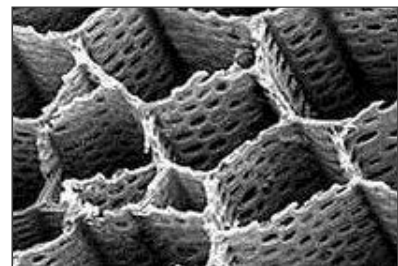
¹³ Glaser & Birk, 2012, "State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Indio)" *Geochimica et Cosmochimica Acta* 82, pp 39-51.

Forskere som har vurdert Terra Preta fenomenet mener at biokull som Terra Preta har vært anvendt i flere tusen år¹⁴ og flere steder holdes praksisen fremdeles i hevd. Kartet i figur 7 angir steder (røde firkanter) hvor man har funnet bruk av jordbruksmetoden¹⁵.

Hvordan indianerne i Amazonas regionen produserte Terra Preta er ukjent, men metoden er antageligvis tilsvarende den som foregår i trekullmiler eller også kalt pyrolyse.



Figur 7: Oversikt over steder (røde prikker) hvor man har funnet Terra Preta jord i Amazonas regionen i Brasil [Bechtold].



Figur 8: Fra venstre: Biokull lagt i jorden i Brasil (øverste mørke laget); finknust biokull; porestruktur i biokull

Effekter av biokull

Bruk av biokull har flere effekter. Det vises i det følgende til to hovedeffekter.

- Karbonlagringseffekt; muligheten for langtidslagring av CO₂
- Jordbruksmessige effekter; Muligheten for avlingsøkning og redusert kunstgjødselforbruk

Karbonlagringseffekt; biokull som et langtidslager for CO₂

Det er lite diskusjon om biokull som et stabilt langtidslager for CO₂. Biomasse omdannes kjemisk i pyrolyseprosessen ved at molekylstrukturen går fra å ha en alifatisk struktur til en aromatisk struktur. Aromatiske forbindelser har vist seg å gjøre karbonet motstandsdyktig mot nedbryting.

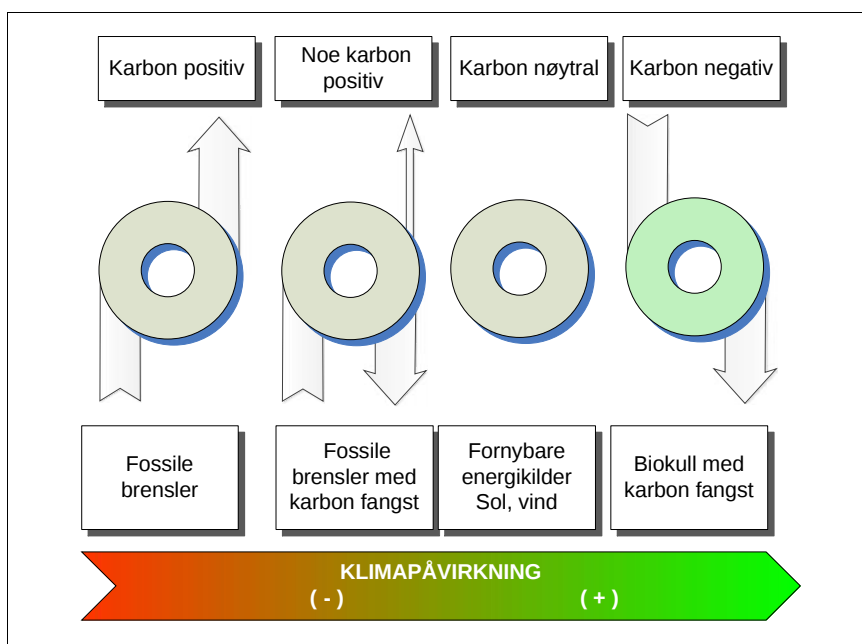
Forskere diskuterer om levetiden på biokull er et eller flere tusen år, og for diskusjon om bruk av biokull i en klimasammenheng og som et lager for CO₂, er det nok at man er enig om at levetiden er i hvert fall «noen hundre år».

¹⁴ Sohi, S., Krull, E., Lopez-Capel, E. & Bol, R., 2010, "A Review of Biochar and Its Use and Function in Soil", Advances in Agronomy, Vol 105, p 65.

¹⁵ Se blant annet www.gerhardbechtold.com/TP/gbtp.php?vers=2 for kart over identifiserte steder med Terra Preta

Biokull omtales ofte som karbon-negativt. Det vil si at det under produksjon, transport og annen bearbeiding slippes ut mindre CO₂ enn tilsvarende mengde som lagres som karbon i jord. Karbon-negativitet er imidlertid avhengig av de aktiviteter som står til produksjon og bruk av biokull. Karbon-negativitet er kjede-avhengig og avhengig hva man sammenligner med eller hvilken alternativ bruk råstoffet som biokull produseres fra kunne ha.

Det er antatt at biokull vil ha karbon-negativitet når biomasse som GROT (grener og toppler) og halm brukes. Disse to typer biomasse går raskt til oppløsning i åpent lende med utslipp av CO₂. For halm vil man normalt, ved nedmolding i jord, finne fullstendig mineralisering til CO₂ innen en 20 års periode.



Figur 9: Biokull – en mulig karbonnegativ metode i skogbruk og jordbruk
Tilpasset etter: Biofund

En alternativ bruk for halm og GROT og som representerer en CO₂-håndteringsstrategi er å konvertere biomasse typer som GROT og halm til biokull for langtidslagring og for oppnåelse av jordbruksmessige effekter som avlingsøkning og redusert kunstgjødselbruk.

Gitt en situasjon hvor karbon-negativitet er definert for biokull vil produksjon og bruk av biokull fører til en reduksjon av klimagasser i atmosfæren. Dette i motsetning til annen fornybar energiproduksjon som i beste fall er karbon-nøytral.

Jordbruksmessig effekt, muligheten for avlingsøkning og redusert kunstgjødselbruk

Biokull har i enkelte utenlandske feltforsøk bekreftet en positiv evne til å virke som en jordforbedrer. De fleste forsøk nevner egenskaper som: stabilisering av jordstruktur, økt avlingsproduktivitet, redusert erosjon, redusert nitratavrenning¹⁶.

Biokull har en stor evne til å øke jordens vannholdingsevne; evne til å øke jordens kationebyttekapasitet og evne til å holde på næringsstoffer.

En kombinert effekt av disse vil være at jorden blir mer næringsrik og det vises til økonomiske forhold som en bonde vil etterspørre: økt avling; redusert kunstgjødselbruk og redusert kalking.

I Norge vil bruk av biokull ha et fortrinn på sand- og siltjord med lavt innhold av organisk materiale. Her vil vann og næringsstoffer lett renne igjennom og biokull vil oppta næringsstoffene for sakte å avgi disse over en lengre tidsperiode.

¹⁶ Lehman & Joseph (eds), 2009, "Biochar for environmental management : science and technology", Earthscan

I tillegg til potensialet som biokull har som en jordforbedrer er det også hold i forskningsresultater som viser et potensial for økt levendevekt på husdyr med en samtidig reduksjon i nitrogeninnhold i avfall fra samme husdyr¹⁷. Dette er på få studier, men biokull brukt som tilsetning til dyrefôr har vist å gi økte produksjonsparametere. Dyrefôr utgjør en vesentlig kostnad i kjøttproduksjon eller i biomasseproduksjon innen akvakultur. Mye forskningsarbeid er derfor rettet mot å minimere bruk av fôr mens man maksimerer produktiviteten.

Forsøk i de siste par år har vist at biokull tilsatt dyrefôr øker produktiviteten. Flere nevner resultater fra slike forsøk, blant annet Sparkes & Stoutjesdij (2011)¹⁸ og Schmidt (2012)¹⁹.

- Do Thi Than Van et al. (2006) (Vietnam): Daglig økning i levendevekt på geiter som ble gitt biokull i dyrefôr, over en 12 ukers periode, ble målt mot kontrollgruppe. Gruppen som fikk tilført biokull hadde en daglig vektøkning på 53 gram mot en vektøkning på 44 gram per dag for kontrollgruppen²⁰.
- Kana et al. (2011) viste at 0.2 - 0.6% maiskolbe biokull tilført kylling førte til signifikante vektøkninger²¹.

I tillegg nevnes arbeide av Leng et al. (Kambodsja) (2012)²² som gjennom in vitro forsøk viste at metan dannelse kunne bli redusert med 12.7 % (10 %) når 1 % (0,5 %) biokull er brukt i et laboratorie-oppsatt som imiterer fordøyningssystemet til bøffel.

Global aktivitet på biokull

Forskning på biokull

Biokull som fagfelt må sies å være på et tidlig stadium. Til tross for dette finner man at mer enn 100 forskjellige akademiske instusjoner²³ er involvert i undersøkelser på biokull for å avdekke egenskaper og best mulig introduksjon. Den store interessen for biokull blant forskere har medført at antall fagfelle vurderte publiserte artikler har økt i de siste år med over 350 artikler publisert i 2013²⁴.

¹⁷ Gjengitt fra Sparkes, J & Stoutjesdij, P 2011, "Biochar: implications for agricultural productivity", ABARES technical report 11.6, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences, Canberra Australia, p. 26, Lest mars 2014, data.daff.gov.au/brs/data/warehouse/biochar9abcm001/biochar9abcm00101/TR.2011.06_Biochar_v1.0.0.pdf

¹⁸ Ibid

¹⁹ Schmidt, H.P. & Gerlach, A. "The use of biochar in cattle farming", lest mars 2014, www.ithaka-journal.net/pflanzenkohle-in-der-rinderhaltung?lang=en

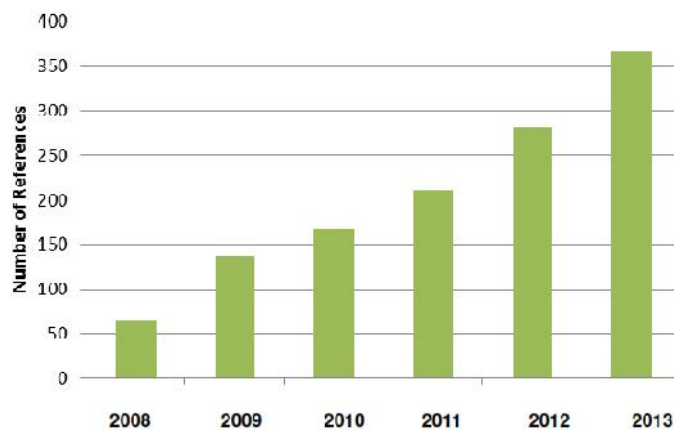
²⁰ Do Thi Than Van et al., 2012, "Effect of method of processing foliage of Acacia mangium and inclusion of bamboo charcoal in the diet on performance of growing goats", Animal Feed Science and Technology, Volume 130, Issues 3–4, 1 November 2006, pp 242–256, Lest mars 2014, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840106000186

²¹ Kana, J.R. 2011, "Effect of Substituting Soybean Meal with Cowpea (Vigna unguiculata WAL) Supplemented with Natural Plant Charcoals in Broiler Diet on Growth Performances and Carcass Characteristics", Iranian Journal of Applied Animal Science 2(4), pp. 377-381, lest mars 2014, [ijas.ir/main/uploads/userfiles/files/Kana%20\(11-152\).pdf](http://ijas.ir/main/uploads/userfiles/files/Kana%20(11-152).pdf)

²² Leng et al., 2012, "Biochar lowers net methane production from rumen fluid in vitro", Livestock Research for Rural Development 24 (6) 2012, lest mars 2014, www.lrrd.org/lrrd24/6/sang24103.htm

²³ Jirka, S & Tomlinson, T., 2014, "State of the Biochar Industry State of the Biochar Industry, A survey of Commercial Activity in the biochar field" International Biochar Initiative (IBI)

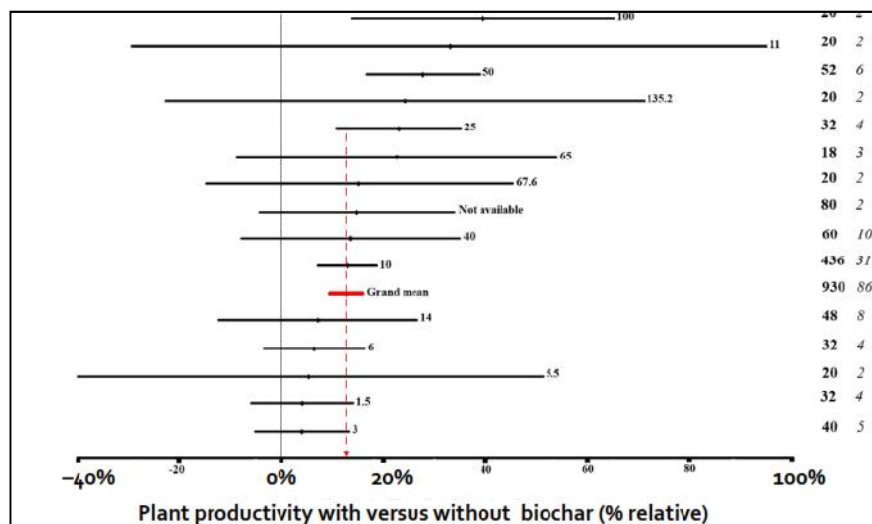
²⁴ Ibid



Figur 10: Antall publiserte fagfelle artikler har økt seks ganger siden 2008 (Jirka & Thomlinson, International Biochar Initiative, 2014)

Det er publisert fire meta-analyser av det forskningsmateriale som er publisert. Tre av disse omtales her. Dette er Jeffery i 2011, Hammond i 2013 og Cayuela i 2013. Den mest omtalte er av Jeffery.

Analysen til Jeffery²⁵ undersøkte resultater fra potte og feltforsøk for å finne sammenheng mellom bruk av biokull og avlingsproduktivitet. Analysen over resultatene viste en liten men statistisk signifikant økt produktivitet på 10 % når biokull legges i jord. Ved å inkludere noen flere studier har Jeffery senere oppjustert tallet til 12 %. Det ble vist til en stor spredning i resultatene på mellom -28 % og 39 %. Den største økningen i avlingsproduktivitet fant man på alkaliske jordtyper til nøytrale og i jordtyper med god til middels grynstruktur. Jeffery antyder at økningen kan være forårsaket av to hovedmekanismer; en kalkingseffekt og en forbedret vannholdingsevne sammen med en økt evne til å gjøre næringsstoffer tilgjengelig.



Figur 11: Meta-analyse fra Jeffery, 14 studier, 177 forsøk med en gjennomsnittlig økning i produktivitet på 10 %. (Jeffery et al., 2011)

Ingen av studiene som ble analysert hadde en varighet på over 2 år. Jeffery konkluderer at et større antall studier og studier med en varighet utover 2 år er nødvendig for å avdekke egenskapene til biokull.

²⁵ Jeffery, S. Verheijen, F. van der Melde, M & Bastos, A. 2011, "A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis", *Agriculture, Ecosystems and the Environment*, 144, pp.175-187.

I en presentasjon holdt i Potsdam, 2012 ga Jeffery følgende konklusjoner på sitt arbeide²⁶:

- En mangel på feltforsøk som går over en lengre periode
- En mangel på feltforsøk i temperert klima
- Forskjellige råstoffer for produksjon av biokull gir forskjellige effekter
- Det vil mest sannsynlig bli forskjellige typer biokull som dekker forskjellige behov

Hammond et al²⁷ vurderte syv feltforsøk i England. Samme type biokull ble spredd på dyrket mark hos fem forskjellige bondegårder over en tre års periode. Tre forsøk viste en statistisk signifikant positiv avlingsøkning; et forsøk viste en statistisk signifikant negativ reduksjon; de andre forsøk hadde resultater som ikke var statistisk signifikante. Flere av forsøkene viste dermed ingen avlingsøkning. Hammond brukte meta-analyse som et statistisk verktøy til å fastslå at over alle forsøkene er det statistisk signifikant å konkludere med økning i avling på 0,4 tonn per ha. En kommentar til forsøkene er at alle syv forsøk foregikk i leirholdig eller siltholdig jord. Det er forventet at biokulls egenskaper vil være mest fremtredende i sandholdig jord. I tillegg kan nevnes at biokullet er av produsent beskrevet som grillkull (barbeque). Selv om Hammond beskriver produksjonsforholdene som «pyrolytic» med temperaturer på ca 500 °C under produksjon, vil denne type biokull for eksempel ikke ha like store katione-bytte egenskaper som biokull produsert i et pyrolyse-anlegg.

Jordbruk bidrar med mer enn 70 %²⁸ av de totale menneskeskapte N₂O utslipp. Utslipet tilskrives bruk av nitrogenholdig gjødsel. Muligheten for at biokull kan redusere på N₂O utslipp i landbruket har tiltrukket seg mye forskningsmessig oppmerksomhet. I 2005 kom den første studien som rapporterte om redusert N₂O utslipp etter innblanding av biokull i jord. Siden da har en rekke vitenskapelige publikasjoner blitt utgitt på dette tema. Flere studier viser til en reduksjon, mens andre har observert det motsatte. Motsatte resultater er også funnet når forskjellige typer biokull ble lagt i jord.

Meta analysen av Cayuela²⁹ viser at utslipp av lystgass (N₂O) ofte reduseres etter at biokull legges i samme jord. Analysen undersøkte 30 studier publisert mellom 2007 og 2013. Studiene representerte totalt 261 eksperimentelle forsøk; både laboratorie- og feltforsøk. Det ble funnet at innblanding av biokull gjennomsnittlig reduserte N₂O utslipp fra jord med 54 %. Cayuela skriver at man fremdeles ikke helt ut forstår mekanismen som forårsaker N₂O reduksjonen ved innblanding av biokull.

EU og biokull

Det er i Europa en stor interesse for biokull. Hos flere universiteter er det etablert egne forskningsgrupper med etablerte laboratorier. Eksempler er Wageningen University i Holland og University of Edinburgh i Skottland. UK Biochar Research Centre hos University of Edinburgh ble opprettet i 2009 og gitt en tildeling på mer enn kr 40 millioner. Midlene har blitt brukt til utstyr slik som egen bygning for pyrolyseanlegg og til forskere som på fast basis er knyttet til senteret.

Det vises i det følgende til noen større EU finansierte biokull prosjekter som pågår eller er nylig avsluttet.

²⁶ www.ans-ev.de/global/download/%7BPYDDBONWWR-105201221826-ZFUAMDQWHX%7D.pdf.

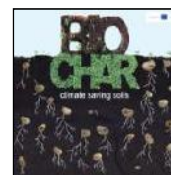
²⁷ Hammond, J., Shackley S, Prendergast-M.M, Cook J, Buckingham S, and Pappa V., 2013, "Biochar field testing in the UK: outcomes and implications for use" Carbon Management. Volume 4 Issue 2.

²⁸ fertiplus.tumblr.com/

²⁹ Cayela M.L. et al., 2013, "Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis", Agriculture, Ecosystems and Environment. (Article in press)

INTERREG
www.biochar-interreg4b.eu/

2009 - 2013 Norsk deltager:
Bioforsk



Prosjektet er nylig avsluttet. Det søkte å etablere en flernasjonalt strategi for produksjon og bruk av biokull. I tillegg var et viktig mål å teste effekter av biokull fra trevirke i forskjellige jordtyper, på forskjellige avlinger, i forskjellige klimatyper funnet i land rundt Nordsjøen, alt i henhold til en standard protokoll.

EUROCHAR
www.eurochar.org
Prosjektet omhandler biokull for stor-skala karbon lagring og reduksjoner av klimagasser fra atmosfæren.
Prosjektet vil utvikle sammenfattende analyser på biokull fra produksjon til bruk.

2011 - 2014



FERTIPLUS
www.fertiplus.eu/Fertiplus/index.xhtml

2011 - 2015



Prosjektet vil identifisere innovative prosess-teknologier og strategier for sentrale og desentrale strøk for konvertering av organiske produkter til biokull for bruk i landbruket og i industrien.

REFERTIL
www.refertil.info

2011 - 2015



Prosjektet søker å redusere bruk av mineralgjødsel og plantevernmidler gjennom resirkulering av organisk avfall som kompost med bruk av biokull i kompost.

EBRN
(European Biochar Research Network)
cost.european-biochar.org/en

2012 - 2016 Norske deltagere:
Bioforsk
New Energy Systems



I Europa er forskning på biokull spredt på mange institusjoner med få berøringspunkter seg imellom. Prosjektet søker å samle denne forskning, skape en felles samleplass for raskere implementering av resultater fra den forskning på biokull som er under utvikling.



Sertifisering av biokull innenfor EU

Det forefinnes en mengde muligheter for bruk av biokull og flere typer former for produksjon av biokull. Tilsvarende alle andre typer produkter så er det for biokull et behov for en produktspesifikasjon. Spesifikasjonen muliggjør at kjøper av biokull kan gjøre et valg mellom produsenter for best mulig beslutning om kjøp av biokull til valgt formål.

I Europa har European Biochar Foundation (EBC) i Sveits utviklet et "Biochar Certificate". Sertifikatet utstedes til produsenter som har vist i en kvalitetskontroll at produsert biokull er produsert i henhold til retningslinjer. Kontrollen utføres av et uavhengig laboratorium, q.inspecta³⁰.



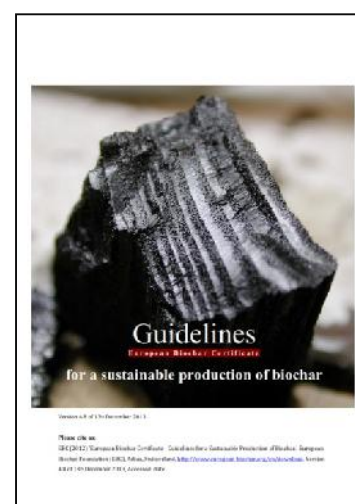
Figur 12: Logo for EBC sertifikatet

Sveits er det første landet i Europa som offisielt har godkjent sertifisert biokull for bruk i landbruket. Det er Landbruksministeriet i Sveits som ga godkjennelsen den 23. april 2013 og vedtok at Ithaka Institute³¹ skulle stå for selve sertifiseringsordningen med kontroll av biokull innenfor et bærekraftig rammeverk.

Vedtaket i landbruksministeriet ble gjort etter en 3 års vurderingsperiode. I denne perioden deltok flere forskjellige sveitsiske forskningsinstitusjoner³² som arbeider med biokull.

Sertifikatet gjelder for et år og gir ifølge EBC kjøperen av biokull en sikkerhet for at biokullet er³³:

1. Bærekraftig: Produsert på en bærekraftig måte som inkluderer produksjon av biomassen brukt i produksjon av biokullet
2. Energimessig: Produsert på en energi effektiv måte med lave utslipp under produksjon
3. Biokullkvalitet: Produsert biokull har lave verdier av stoffer ansett som forurensninger
4. Sikkerhet: Produsert biokull eksponerer ikke bruker for noen sikkerhetsmessige aspekter



Figur 13: "Guidelines for a sustainable production of biochar". En veiledning i bærekraftig produksjon av biokull (Ithaka Institute, 2013)

³⁰ Se: www.bio-inspecta.ch/htm/dl_detail.htm?id=105&p=3, lest mars 2014

³¹ Se: www.ithaka-institut.org/en/home, lest mars 2014

³² Se biochar-science.net/mitglieder.php for en liste over disse organisasjoner, lest mars 2014

³³ Se: www.european-biochar.org/en, lest mars 2014

Vesentlige sider ved European Biochar Certificate ifølge EBC er:

- Uavhengig kontroll på produksjons-sted (Sveitsisk offentlig godkjent institusjon: q.inspecta)
- Aksepterte analytiske metoder anvendt for sertifisering av biokull i godkjente laboratorier
- Årlig revisjon av standard av et vitenskapelig råd

Tilsvarende som i Europa har den USA baserte organisasjonen International Biochar Initiative (IBI) et program for utarbeidelse av en sertifiseringsordning for biokull: "Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar that is used in soil"³⁴.

Forskjellen mellom The European Biochar Certificate (EBC) og "IBI Guidelines for Biochar" er som oppgitt av IBI til å være at EBC integrerer kontroll av produsert biokull på produksjons-stedet, mens IBI er en frivillig ordning med selvkontroll hos hver produsent.

Begge organisasjoners logo kan plasseres på produktets innpakning. IBI melder om at de sent i 2013 hadde en produsent som gjorde dette. Flere produsenter hadde søkt om sertifisering.

Hos EBC er tre produsenter sertifiserte.



Figur 14. International Biochar Initiative; logo for sertifikat

Andre sertifiseringsordninger

I England har organisasjonen British Biochar Foundation, nylig lansert "The Biochar Risk Assessment Framework" (BRAf). Innenfor BRAf er det utgitt en Biochar Quality Mandate (BQM). Det er utgitt et dokument som for tiden er på høring. BQM er en foreslått veiledning for å unngå, minimere potensielle risiki ved produksjon av biokull og plassering av biokull i jord. Samtidig er det en sertifiseringsordning for britiske biokull produsenter som ønsker å bruke BQM logoen som emblem på innpakning.

Hensikten med Biochar Quality Mandate er³⁵:

- *Providing a product definition of what is a safe and quality biochar to be used in designated market sectors in the UK.*
- *Providing guidance on the end-of waste criteria which apply to biochars made from "waste" biomass feedstocks*
- *Providing confidence to producers that they can create and sell a product which is likely to meet UK regulatory guidelines*
- *Providing users with confidence that the biochar they purchase conforms to an approved quality mandate*
- *Protecting human health and safety and preventing pollution of the environment.*



Figur 15: "Biochar Quality Mandate: en veiledning i risikoreduserende tiltak ved produksjon og plassering av biokull i jord og krav til biokull for at produsert biokull kan selges med BQM logo
Kilde: Biochar Risk Assessment Framework

³⁴ Se: www.biochar-international.org/certification, lest mars 2014

³⁵ Biochar Quality Mandate v1, lest mars 2014: biocharbraf.wordpress.com/2013/06/07/biochar-quality-mandate-public-consultation/

Kommersiell aktivitet på biokull

Biokull som begrep har kun vært i bruk i mindre enn 10 år og teknologien for produksjon av biokull reflekterer denne tidlige periode for bruk av biokull. Man finner, som International Biochar Initiative (IBI) påpeker i en nylig avgitt rapport³⁶, at teknologiutvikling finner sted under mange former og av mange aktører. Eksempler er: under kontrollerte betingelser i akademiske forskningslaboratorier; hos internasjonale konsern; i garasjelignende omstendigheter hos oppstarts-firmaer og i u-land i forbindelse med bistandsordninger for forbedret levekår og matsikkerhet.

Rapporten finner disse konklusjoner med hensyn til status på biokull industrien.

- Industrien er i en oppstartperiode, dominert av kommersielle aktører som selger små mengder biokull lokalt til sluttbrukere. Eksempler på anvendelse er innenfor hagebruk, tre-pleie. Biokull har ennå ikke fått en større utbredelse innenfor stor-skala drift i jordbruket.
- Rent biokull eller biokull innblandet i andre produkter selges i mange land til en stor variasjon i utsalgspris. Pris varierer fra kr 0,48 per kg til 80,88 per kg, se tabell 1. Gjennomsnittspris var kr 14,88 per kg i 2013.
- Firmaer som deltok i undersøkelsen rapporterte om salg av 827 tonn med biokull. 90 % av salget ble meldt i USA, Canada og Europa, se tabell 2.
- Biomasse med tre som råmateriale er det viktigste råstoffet for produksjon av biokull.
- Det utvikles og markedsføres biokull produksjons-anlegg med stor variasjon i skala; for bruk med flere typer råstoff, for bruk i forskjellige anvendelser.

Den største barrieren til en videre ekspansjon av biokull-industrien ligger i behovet for økt oppmerksomhet om biokull blant forbrukere; teknologiske barrierer og kapital for utvikling. Det nevnes spesielt at det ikke er mulig for en bruker av biokull å forutsi økning i avling ved bruk av biokull. Dette er en vurdering som er nødvendig for å verdsette bruken av biokull.

IBI definerer biokull industrien til å være aktører som på kommersielt grunnlag produserer, distribuerer, markedsfører biokull og relaterte produkter og tjenester. Fra dette kan man skille ut tre definerte segmenter:

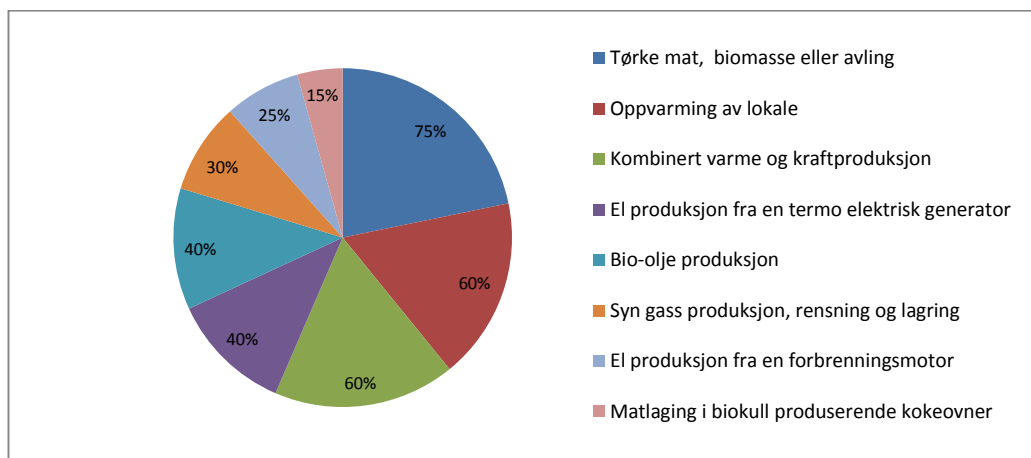
- Teknologiutvikling av biokull produksjonsanlegg og salg av anlegg
- Biokull produksjon og salg av biokull
- Andre biokull relaterte aktører, inkludert tjenesteleverandører, produktutviklere

Av 175 kommersielle aktører i IBIs database er nesten halvparten involvert i utvikling av anlegg eller utstyr, en tredjedel er innenfor produksjon eller salg av biokull og resten i relaterte områder.

Av de 175 aktørene er 99 i USA, Canada, 38 i Europa og 14 i Asia. En antagelse fra forfatteren er at tallene for Asia er underestimert med flere aktører som ikke er registrert for Kina og Japan.

Produksjon av biokull skjer i samproduksjon med et energiprodukt. Undersøkelsen fra IBI viser at varme er det mest brukte energiproduktet, se figur 16.

³⁶ Jirka, S. & Tomlinson, T., 2014, "2013 State of the Biochar Industry", International Biochar Initiative.



Figur 16: Tørking av biomasse og oppvarming av lokale er de mest brukte anvendelsene av energi fra et pyrolyseanlegg som produserer biokull (IBI, 2014)

Tabell 1 er gjengitt fra IBI og viser prisbildet for biokull solgt rent eller som et innblandet produkt.

Pris på biokull (kr/kg) (NOK/USD=6)						
		Gjennomsnitt				
		Biokull				
	Antall	Ikke	Innblandet			
	Res	innblandet	med			
	pondenter	med annet	annet	Min	Max	Std avvik
		materiale	materiale			
Australia	1	20,64	-	-	-	-
Østerrike	1	4,08	-	-	-	-
Canada	2	20,82	-	9,00	32,70	16,74
Tyskland	2	20,40	11,10	11,10	20,40	6,60
Ghana	1	2,10	-	-	-	-
India	1	-	0,48	-	-	-
Irland	1	-	20,40	-	-	-
Kenya	1	-	6,00	-	-	-
Filippinene	2	0,54	0,60	0,54	0,60	0,06
Syd-Afrika	1	-	1,80	-	-	-
Spania	1	10,98	-	-	-	-
Sri Lanka	1	1,92	-	-	-	-
Sveits	1	3,96	-	-	-	-
UK	4	30,36	2,46	2,46	53,10	21,30
USA	23	16,44	35,64	1,62	80,88	17,22
Sum	43	15,90	19,74	0,48	80,88	

Tabell 1. Pris på biokull som rapportert inn av kommersielle aktører i 2013 (IBI, 2014)

Tabellen nedenfor presenterer antall tonn biokull som ble solgt av kommersielle aktører i 2013. Tallmaterialet har et få antall respondenter i Asia. Det er en stor sannsynlighet for at mengde solgt biokull er underestimert.

Mengde biokull solgt fra kommersielle aktører			
Region	Mengde tonn	% markeds andel	Antall Respondenter
Afrika	25	3,0	2
Asia	56	6,7	3
Europa	205	24,8	3
USA/Canada	542	65,5	8
Sum	827	100	16

Tabell 2. Mengde biokull solgt i region, som rapportert inn av kommersielle aktører i 2013 (IBI, 2014)

Av 62 selskaper som selger eller planlegger å selge biokull er de fleste av disse selskapene i markeder hvor de kan selge biokull til en høyere pris enn til landbruket. De markedene som oftest nevnes er hagebruksmarkedet, landskapspleie og andre markeder som må karakteriseres som nisje pregede og gjerne salg til siste ledd i kjeden som har direkte kontakt med forbruker, til mindre utsalgsteder. En avledet konklusjon av dette er at produksjonskostnaden er for høy og den oppgitte fordel for lav til at biokull aksepteres for salg i store mengder inn mot aktører i jordbruket.

Rapporten til IBI fant også at det var mye oppmerksomhet mot produktutvikling på biokull. Undersøkelsen fant mange som utviklet spesielle innblandinger med biokull dette være med: kompost; enkelte mineraler; kunstgjødsel; andre innblandingmaterialer som gjør at produktet blir rettet mot et spesielt bruksområde hvor biokulls egenskaper ville komme til nytte.

IBI skriver at det er vanskelig å estimere verdien av biokull når det anvendes i jordbruket. Mange av biokulls positive fordeler er realisert i et fler-års perspektiv, over flere vekst-sesonger. Det er vanskelig å lage et forretningskonsept på biokull når de fleste av biokulls egenskaper er rettet mot jordkvalitet. Produktivitet i jordbruket er målt i avlingsmengde per arealenhet og ikke i kvalitet på jord.

I tillegg ble det påpekt at opp til halvparten av dyrket mark i USA og noen andre land er leaset eller lånt på 12 måneders kontrakter. Innenfor denne tidsrammen blir langsiktig heving av kvalitet på jorden et mindre prioritert tema fremfor kortsiktig økonomisk gevinst. Dette er også en utvikling vi ser i Norge.

Anbefalinger fra International Biochar Initiative

IBIs undersøkelse avdekket trender og motivasjonsfaktorer for bruk av biokull. Biokull som fagfelt har utviklet seg raskt siden 2007/2008. Det er først på det tidspunkt at biokull tas i bruk som begrep eller navn. I dag selges biokull globalt; forbrukere og kommersielle aktører bruker biokull i et bredt spekter av anvendelser og man finner produsenter av biokull som opererer med lønnsomhet.

For å drive biokull videre fremover er det avdekket en rekke felt som kan bidra til at barrierene for å ta i bruk biokull blir mindre. IBI peker på følgende:

- Utvikle metoder, systemer som kan veilede en potensiell bruker av biokull for beste valg av biokull og beste bruk av biokull
- Utføre langtids feltforsøk
- Utvikle teknologi og alternative finansieringsmekanismer for å redusere på kostnad av biokull produksjons-anlegg
- Støtte internasjonalt samarbeide på biokull

Eksempler på Europeiske produsenter av biokull og anlegg for biokull

I takt med en økt etterspørsel etter biokull har flere produsenter etablert seg. Nedenfor nevnes noen Europeiske produsenter av anlegg og produsenter av biokull.

Pyreg GmbH
Tyskland
www.pyreg.de

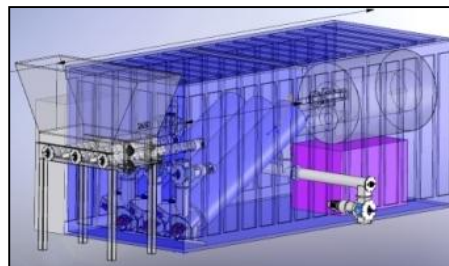


- Forbruk biomasse: 180 kg/timen (0 % fukt)
- Driftstimer per år: ca. 1.300 t/år
- Biomasse: minst 10 MJ/kg, fukt mindre enn 50 %, Størrelse mindre enn 30 mm
- Varmeleveranse: opp til 150 kW
- Eget forbruk av el; ca. 10 kWel
- Karbon virkningsgrad: Omdanner ca 60 % av karbonet i biomassen til biokull
- Mål: 8,8m x 3,5m x 2,7
- Vekt: ca. 12 t



Swizz Biochar
Sveits
www.swiss-biochar.com

- Bruker anlegg fra Pyreg
- Pris biokull: 40 kg for Euro 50



Palaterra GmbH
Tyskland
palaterra.eu



- Bruker eget anlegg
- Pris biokull: 40 kg for Euro 100



Carbon Terra GmbH
Tyskland
www.carbon-terra.de



- Bruker anlegg fra Pyreg
- Pris biokull: 40 kg for Euro 100



Carbon Gold
England
www.carbongold.com



Carbon Gold leverer en kiln eller en moderne kull-mile. Det tas kun ut biokull fra denne enheten.

- Tid medgått til hver brenning: 8 timer
- Fukt prosent: opp til 60%
- Biomasse: de fleste typer
- Størrelse på biomasse: opp til 30 cm i lengde, vedkubbe størrelse
- Volum biomasse i hver brenning: 6m³ per enhet
- Biokull utbytte: opp til 750 kg per brenning (per 6m³ brennkammer)
- Annet– 4 elektriske vifter og en generator (levert med enhet)



Sonnenerde
Østerrike
www.sonnenerde.at



- Bruker anlegg fra Pyreg
- Pris biokull: 40 kg for Euro 145, inkludert transport til Norge



BIOKULL I NORGE

Klimakur2020 -- CO₂ reduksjonspotensial og tiltakskostnad for biokull

Figur 17 er reproduert fra Klimakur2020s sektorrapport³⁷ for landbruket og viser identifiserte CO₂-tiltak med CO₂-reduksjonspotensial og tilhørende CO₂-tiltakskostnad.

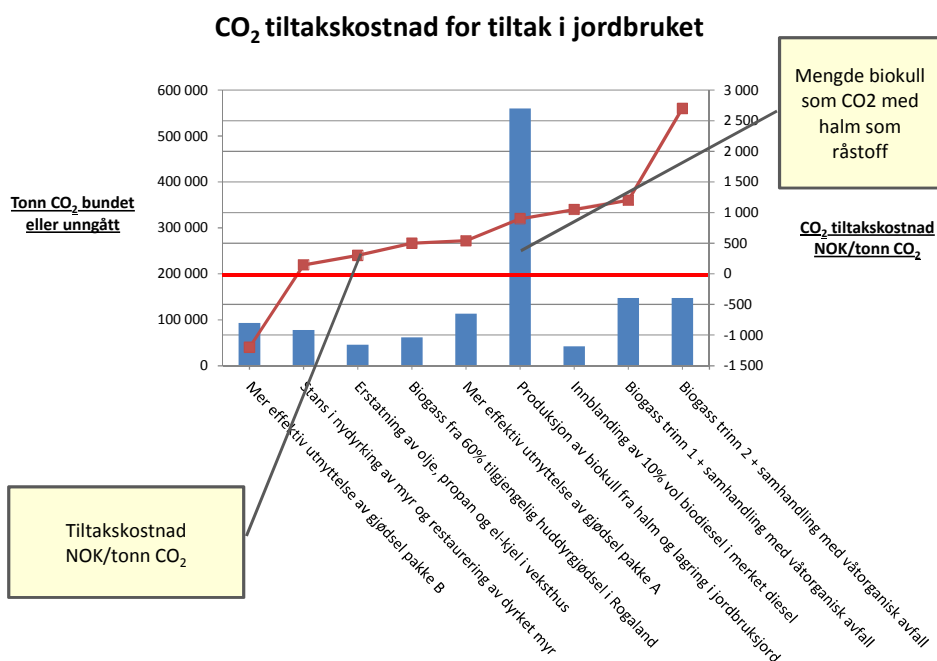
Klimakur2020 beregnet tiltakskostnad for biokull med halm som råstoff. Figuren viser at CO₂-reduksjonspotensialet for biokull med halm som råstoff innen landbruket er betydelig sammenlignet med andre tiltak.

I Klimakur2020s arbeide ble tiltaket "Produksjon av biokull fra halm og lagring i jordbruksjord" beregnet til å kunne gi en reduksjon på 560 000 tonn CO₂-ekv. per år³⁸. Dette utgjør ca 11 % av de nåværende CO₂-utslipp i jordbruket og er det klimatiltaket med størst potensial for å balansere CO₂-reduksjoner

³⁷ Klima- og forurensningsdirektoratet 2010, "Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra jordbrukssektoren", TA 2593, Klimakur2020, 2010, side 8, www.miljodirektoratet.no/no/Tema/klima/Klimakur-2020

³⁸ Ibid

innenfor denne sektoren. I tillegg til et større CO₂-reduksjonspotensial, estimerte Klimakur2020 at biokull hadde en større kostnadseffektivitet enn biogass, se figur 17.



Figur 17: I Klimakur2020s arbeide ble det funnet at biokull har en middels tiltakskostnad blant alle foreslåtte tiltak og er det tiltaket som har størst potensial for å balansere CO₂ utslipp innenfor landbruket i Norge. (Etter Klimakur2020, 2010)

Klimakur2020 kommenterte at tiltaket er begrenset av mengden tilgjengelig råstoff, men vil med inkludering av skogsavfall og trevirke gi ytterligere betydelige bidrag til reduksjon.

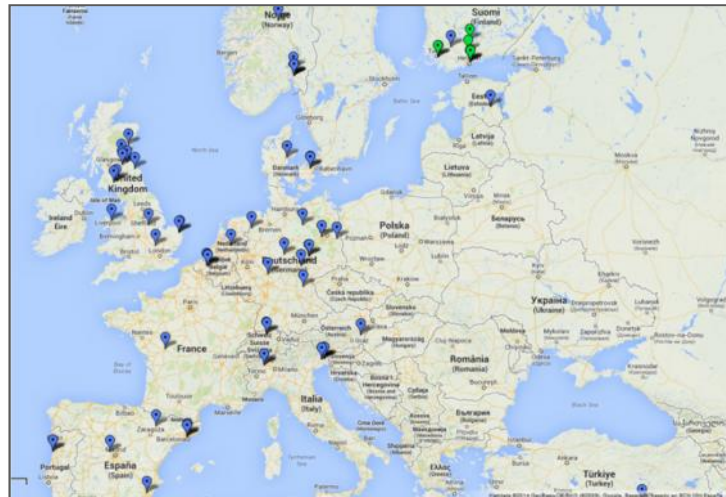
Miljødirektoratet har nylig utgitt en rapport³⁹ som revurderer tidligere mål for CO₂-reduksjoner og igangsatte og fremtidige tiltak som kan bidra til disse reduksjoner. Rapporten slår fast at det er et gap mellom målet for CO₂-utslipp i 2020 og de igangsatte og påtenkte CO₂-tiltak.

Gapet mellom mål og tiltak som kan gi CO₂-reduksjoner er på ca 8 mill tonn CO₂. Rapporten nevner biogass som et klimatiltak innenfor landbruket og det gis et anslag på CO₂-utslippsreduksjon frem mot 2020. Det gis ikke noe anslag på utslippsreduksjon for biokull frem mot 2020 eller mot 2030. Biokull nevnes kun i en setning: "Produksjon av biokull og lagring i jordbruksjord er et annet tiltak som vil bli vurdert i et lengre perspektiv." Klimakur2020 anslo CO₂-reduksjonspotensialet for biokull til å være på 560 000 tonn CO₂, mens siste rapport fra Miljødirektoratet anslår at CO₂-reduksjonene for tiltaket "Oppsamling av husdyrgjødsel til produksjon av biogass" er i størrelsesorden 130 000 tonn til 230 000 tonn CO₂.

³⁹ Miljødirektoratet 2014, "Faglig grunnlag for videreutvikling av den nasjonale og internasjonale klimapolitikken; Klimatiltak mot 2020 og plan for videre arbeid".

Feltforsøk

Det er under det EU 7'nde rammeverksprogram finansierte prosjektet "European Biochar Research Network" utviklet et kart, se figur 18, med angivelse av feltforsøk i Europa.⁴⁰ Kartet viser ved opptelling 53 feltforsøk hvorav tre er oppført for Norge. Disse tre feltforsøk er ledet av Bioforsk.



Figur 18: Feltforsøk i Europa. (European Biochar Research Network)

- Feltforsøk: Sel i Gudbrandsdalen⁴¹
 - Forsøket var en del av et større ringforsøk som inkluderte samarbeidspartnere fra 7 nord-europeiske land i INTERREG prosjektet: "Biochar: Climate saving soils." Forsøkene i disse 7 landene brukte samme forsøksopplegg og samme type og mengde biokull. Resultatene fra forsøkene i Norge i første 2 år viste ingen signifikant effekt på plantevekst og jordkjemiske forhold. Flere meitemark ble funnet i biokullruter (76) enn i kontrollruter (48). Dette tyder på at biokullet hadde en positiv effekt på jordfauna. Jordtettheten ble redusert fra 1,17 til 1,06 kg/l, noe som betyr at biokull kan ha en gunstig effekt i jord som er utsatt for dårlig drenering og luftveksling. Forsøket tyder på at biokull er svært stabilt under feltforhold med mindre enn 0,6 % nedbrytning over to år.
- Feltforsøk: Sel i Gudbrandsdalen, Biokull og slam
 - Slam ble brukt i et forsøk for å sammenligne biokull med et annet jordforbedringsmiddel som er brukt i Norge. Forsøket vurderte vannhusholdningskapasiteten ved biokull.
- Feltforsøk, Ås
 - Målet for dette forsøket var å undersøke stabiliteten av karbon i biokull i pløyd landbruksjord og dokumentere agronomiske effekter av biokull under feltforhold.

⁴⁰ Se cost.european-biochar.org/en/ct/49-Map-of-Biochar-Field-Trials-and-Research-Projects

⁴¹ O'Toole Adam, 2013, "Hva skjer når biokull tilføres i norsk jord? Oppdatering fra 2012 sesongen ", Bioforsk Fokus, Vol 8 No 2, 2013, Erling Fløistad og Morten Günther (red.)

Bio-olje -- en mulighet for produksjon av fornybar olje

Bio-olje

Bio-olje er olje fremstilt fra plante-materiale. Dette er en mørk brun væske som samproduseres med bio-kull i pyrolyseprosessen.

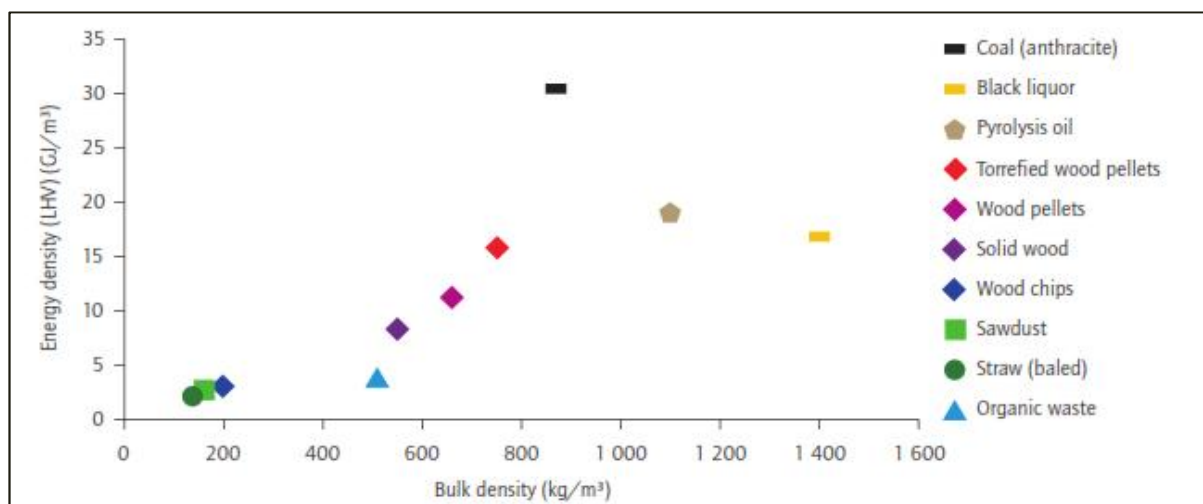
Karakteristika på bio-olje er:

- En forbedret energitetthet på 5 ganger sammenlignet med flis, se figur 20
- Kan anvendes i kjeler, motorer, turbiner for energiproduksjon
- Har noen egenskaper som gjør at den avviker fra fossil fyringsolje. Den vil med enkelte forberedelser hos bruker kunne tas i bruk som erstatning for fyringsolje.

En fordel med pyrolyse-prosessen er muligheten for å separere produksjon av oljen fra produksjon av varme i en kjele eller kraft i en turbin. Et forslag som utnyttet denne mulighet ble forelagt Statnett i 2007. I forbindelse med etablering av reservekraftsanlegg for Midt-Norge ble det foreslått av New Energy Systems for Statnett en kombinasjon av et mobilt pyrolyse-anlegg og fem 25 MW bio-olje drevne turbiner på Nyhamna eller på Tjeldbergodden. Forslaget gikk i hovedtrekk ut på å operere et mindre mobilt pyrolyse-anlegg i Midt-Norge som kjøpte biomasse lokalt og produserte bio-olje for levering til tank-anlegg ved reservekraftsturbinene. Reservekraftsanlegget ville eventuelt bruke oljen i den korte vår-perioden hvor Midt-Norge opplever mangel på kraft.



Figur 19: Bio-olje
Foto: BTG



Figur 20: Tetthet på forskjellige energibærere. Pyrolyseolje eller bio-olje har en tetthet på mer en 5 ganger sammenlignet med treflis (IEA, 2012)

Bio-olje kjøpes i dag av store aktører innenfor fjernvarme-produksjon blant annet Hafslund og Akershus Energi.

Enkelte andre fjernvarmeverk, som Skien Fjernvarme, fremhever ønsket om kostnadsfleksibilitet ved kjøp av råstoff. Selskapet har i tillegg til mottaksanlegg for flis lagt oljetanker i bakken og bruker en brenner som aksepterer bio-olje.

Kommersiell utnyttelse av bio-olje har hittil skjedd utenfor energisektoren. Det mest kjente selskapet er Ensyn Technologies i Canada som i 1989 startet salg av bio-olje til næringsmiddelindustrien. Oljen blir brukt i smaks-tilsetninger.

I oktober 2011 etablerte Ensyn gjennom et joint-venture selskap med Honeywell en intensjonsavtale med Green Fuel Nordic Oy i Finland om utvikling av prosjekter for produksjon av bio-olje og salg av denne olje til fjernvarmeverk i de nordiske land⁴².

Siden 2011 har Green Fuel Oil arbeidet med planlegging av anlegg og selskapet melder på sine web sider om et investeringsprogram på Euro 150 mill for tre anlegg hvor to av disse forventes ferdigstilt innen 2015, se tabell 3.

På selskapets websider⁴³ nevnes videre at de tre anleggene vil ha en årlig bio-olje produksjonskapasitet på 270 000 tonn. Det nødvendige volum av virke vil være på 1 million m³. Som et referansepunkt oppgir selskapet at produksjonen av olje dekker det årlige energibehovet til 60 000 hjem i Finland⁴⁴.

Finland har hatt en sterk orientering mot pyrolyse med mye aktivitet lokalisert til forskningsinstituttet VTT. Konstellasjonen av VTT, Metso Power, UPM og Fortum har drevet frem et produksjonsanlegg for bio-olje i Joensuu. Anlegget hadde produksjonsstart i november 2013. Årlig produksjon av bio-olje er på 50 000 tonn med tilførsel av 250 000 m³ virke. Anlegget er levert av Metso til Fortum som er operatør av anlegget. Metso er en av de tre store ledende leverandører av større bio-olje produksjonsanlegg. De andre to er Ensyn i Canada og BTG i Holland.



Figur 21: Fortums anlegg for produksjon av bio-olje i Joensuu (Foto/illustrasjon: Fortum)



Figur 22: Masala fjernvarmeanlegg, hvor Fortum har testet bio-olje (Lehto, 2013)

⁴² Kilde: <http://www.ensyn.com/2011/10/12/honeywells-envergent-technologies-and-green-fuel-nordic-oy-to-collaborate-on-biomass-processing-in-finland/>

⁴³ <http://www.greenfuelnordic.fi/en/page/23?newsitem=4>

⁴⁴ <http://www.greenfuelnordic.fi/en/page/23?newsitem=4#sthash.yw0Sas2d.dpuf>

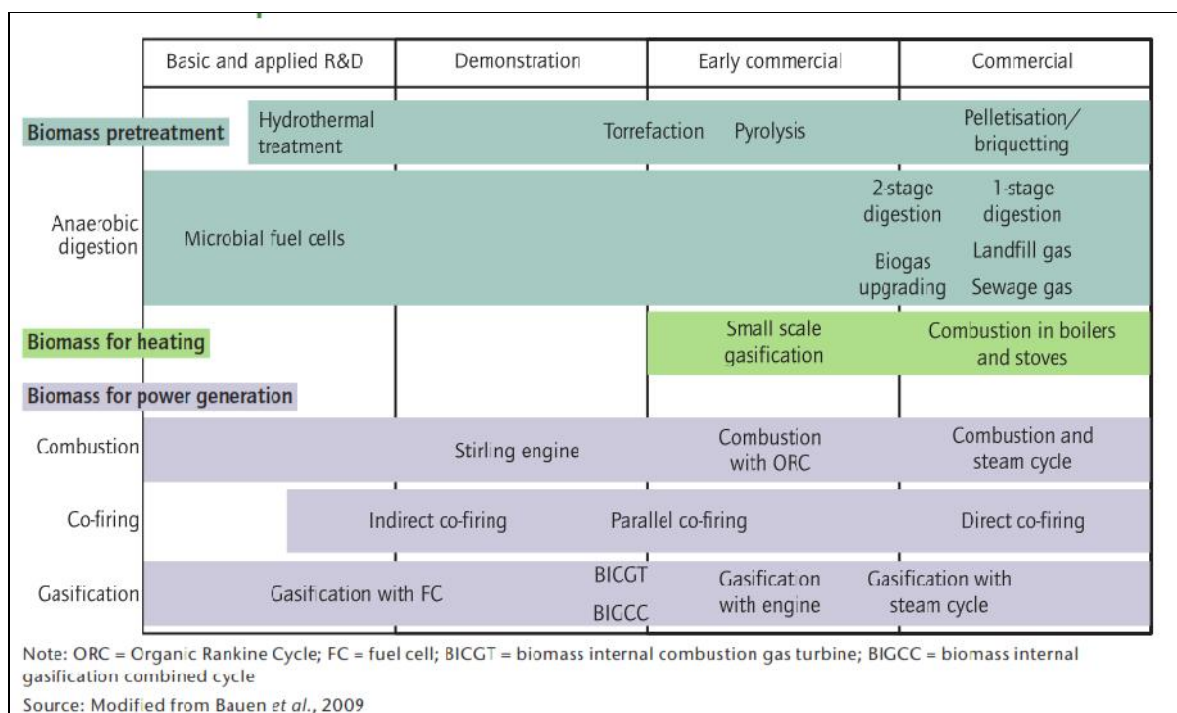
Tabell 3 er en oversikt per juni 2013 over planlagte og etablerte bioraffinerier i Finland⁴⁵. Tabellen viser de tre planlagte anleggene til Green Fuel Nordic for produksjon av bio-olje og anlegget til Fortum. Tabellen viser også den store bredden i aktiviteten på bio-raffinerier i Finland.

Location (FIN)	Company	Product	Capacity (GWh)	Investment (million €)	Stage
Porvoo	Neste Oil	Biodiesel	4,654		In operation
Kemi	Vapo	Bionaphtha, biodiesel	1,633	700	Investment decision in 2014
Joutseno	Gasum, Metsä Fibre, Helsingin Energia	Synthetic natural gas	1,600		Planning stage, investment decision in 2014
Lappeenranta	UPM	Biodiesel	1,200	150	Ready in 2014
Kotka	Stora Enso	Lignin	340	32	Ready in 2015
Kajaani	St1	Bioethanol, lignin	148	40	Investment decision in the end of 2013
Iisalmi	Green Fuel Nordic	Bio oil	500	50	Ready in 2014
Lieksa	Green Fuel Nordic	Bio oil	500	50	Planning stage
Savonlinna	Green Fuel Nordic	Bio oil	500	50	Ready in 2015
Joensuu	Fortum	Bio oil	220	28	Ready in 2013
Jokioinen	St1	Bioethanol	58		In operation
Lahti	Gasum, local companies	Biogas	50	17	Ready in 2014
Espoo (Ämmässuo)	Gasum	Biogas	40		Planning stage
Kuopio	Taaleritehdas	Biogas	34	10	Ready in 2014
Honkajoki	Taaleritehdas	Biogas	34	9	Permission to start building
Huittinen	Taaleritehdas	Biogas	30		In operation
Espoo (Suomenoja)	Gasum	Biogas	20		In operation
Hämeenlinna	St1	Biogas, bioethanol	20		In operation
Kouvola	Gasum	Biogas	15		In operation
Espoo (Mankkaa)	Gasum	Biogas	14		Planning stage
Oulu	Taaleritehdas	Biogas	14	8	Ready in 2014
Lahti	St1	Bioethanol	6		In operation
Vantaa	St1	Bioethanol	6		In operation
Hamina	St1	Bioethanol	6		In operation

Tabell 3. Oversikt over bio-raffinerier i Finland, oppdatert midten av 2013 (Semkina 2013, gjengitt av Ahlquist, 2013)

⁴⁵ Semkina 2013 i Ahlquist, T. et al., 2013 "Stage 2. Future options for the cellulosic fibre value chain in the Green Triangle, South Australia: strategic technology roadmaps, business cases and policy recommendations", Appendices, VTT.

I veikartet⁴⁶ fra International Energy Agency (IEA) for kraft, varme-teknologier basert på biomasse, se figur 23, vurderer IEA at teknologien for produksjon av bio-olje, pyrolyse, til å være i kategorien tidlig kommersiell. Det gis et estimat på at tidlige kommersielle anlegg kan forventes i 2015. Vurderingen fra IEA virker å være riktig med Green Fuel Oils satsing og etableringen av Fortums anlegg i fjor.



Figur 23: Oversikt fra IEA over teknologi-status for enkelte teknologier. Pyrolyse vurdert til å være i kategorien tidlig kommersiell. (IEA, 2012)

Det er av Lehto⁴⁷ i tabell 4 oppgitt 19 kommersielle leverandører av anlegg for produksjon av bio-olje. I tillegg lister Lehto 6 akademiske institusjoner. Listen på akademiske institusjoner kunne gjøres mye lengre og blant inkludert NTNU i Trondheim.

⁴⁶ IEA 2012, "Technology Roadmap Bioenergy for Heat and Power"

⁴⁷ Lehto, J. et al., 2013 "Fuel oil quality and combustion of fast pyrolysis bio-oils", VTT Technology 87.

Host organisation	Country	Technology	Capacity kg feed/h	Capacity kg bio-ol/h	Applications	Status
ABRITech/ Advanced Biorefinery Inc., Forespect	Canada	Auger	70–700 2 000		Fuel	Operational commissioning
Agri-Therm/ University of Western Ontario	Canada	Fluid bed	420		Fuel	Upgrade
Biomass Engineering Ltd.	UK	Fluid bed	250		Fuel and products	Construction
BTG	Netherlands	Rotating cone	250	200	Fuel and chemicals	Operational
BTG BioLiquids EMPYRO	Netherlands	Rotating	6 500	5 000	Fuel	In design phase
Ensyn several	Canada & USA	Circulating fluidised bed	3–3 100	2–2 350	Fuel and chemicals	Operational
Fraunhofer UMSICHT	Germany	Ablative	250		Fuel	Commissioning
Fortum	Finland	Fluid bed	10 000		Fuel	Construction
Genting	Malaysia	Rotating cone	2 000		Fuel	Dormant
GTI	USA	Hydropyrolysis	50		Transportation fuel	
Iowa State University	USA	Fluidized bed	10		Fractionated oils for fuels and products	Operational
KIOR	USA	Catalytic fast pyrolysis	21 000		Transportation fuel	Commissioning
KIT	Germany	Twin auger	1 000		Transportation fuel	Operational
Metso	Finland	Fluid bed	300		Fuel	Operational
Mississippi State University	USA	Auger	200	150	Fuel	Construction
National Renew- able Energy Laboratory	USA	Fluid bed	12	10	Fuels and chemicals	Operational
Pylec	Germany	Ablative	250		Fuel	Commissioning
Red Arrow/ Ensyn several	USA	Circulating fluidised bed	125–1 250		Food products and fuel	Operational
Renewable Oil International LLC	USA	Auger/ moving bed	105		Fuel	Operational
RTI International	USA	Catalytic fast pyrolysis	40		Transportation fuel	Construction
UDT	Chile	Fluid bed	15		Fuel and chemicals	Operational
UOP	USA	Circulating fluidised bed	40		Transportation fuel	Construction
University of Science and Technology of China, Hefei	China	Fluid bed	120		Fuel	Operational
Virginia Tech	USA	Fluid bed	250		Fuel	Operational
VTT	Finland	Fluidised bed	20		Fuel	Operational

Tabell 4. Oversikt over produsenter av små og store anlegg for produksjon av bio-olje, oppdatert per 2012 (Lehto, 2013)

Potensial for pyrolyse som teknologi relatert til bio-økonomien

I dag er det et kappløp blant forskjellige selskaper om å utvikle teknologi som kan konvertere biomasse til bio-drivstoffer. Et selskap som virker å ha et fortrinn over andre er Coolplanet i USA. Selskapet fikk i siste halvdel av 2011 tilført en betydelig mengde med kapital fra kjente selskaper som GE, BP, Conoco Phillips. Coolplanet utvikler et container basert system som tenkes utplassert i skogen, nært uttak av råstoff. Selskapets strategi om utvikling av mindre container baserte systemer for konvertering av trevirke til bio-diesel står i sterk kontrast til det store sentraliserte biodiesel produksjons-anlegget som ble vurdert av Norske Skog på Herøya.



Figur 24: En illustrasjon på Coolplanets tanker om utplassering av et anlegg for produksjon av biodiesel (Coolplanet www.coolplanetbiofuels.com)

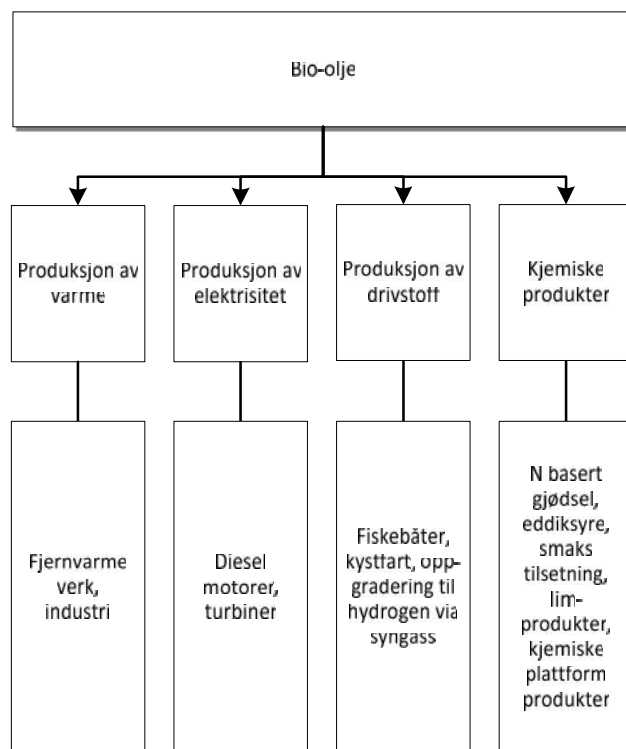
Produksjon av bio-olje er sett på som et introduksjons-stadium til bio-økonomien. I Norge er vi meget langt etter andre land i muligheten for å produsere høyverdige produkter fra blant annet trevirke.

Trevirke er et verdifullt råstoff med store muligheter for å erstatte alle produkter som vi i dag produserer fra fossile råstoffer.

Figur 25 gir en oversikt over noen bruksområder for bio-olje og produkter som kan foredles med basis i oljen.

I dag vil man finne at bio-olje lettest kan integreres mot fjernvarmeverk, industri som erstatning for fossil olje.

Introduksjon av bio-olje innenfor energisektoren vil fremskynde en produksjon av bio-olje som fremtidig basis for høyverdige produkter.



Figur 25: Bruksområder for bio-olje

Pyrolyse som prosess for produksjon av biokull og bio-olje

Pyrolyse er en kjent teknologi. Fra gammelt av har koks for bruk i jernverk vært fremstilt gjennom denne metoden. Teknologien anvendes i dag innenfor flere applikasjoner. Eksempler er behandling av farlig avfall, omdanning av organisk avfall og konvertering av biomasse til oljebaserte- og kjemiske sluttprodukter.

Pyrolyse er godt egnet for omdannelse av biomasse og trevirke spesielt. Et land som har understøttet utvikling av pyrolyse-teknologien er Canada. Landet har store områder med trevirke og lange transport-avstander. Spesielt har det vært et ønske om å bedre muligheten for å utnytte trevirke som i liten eller ingen grad tas ut av skogen. Dette er topper, grener bark annet materiale; materiale som på grunn av sin lave tetthet ikke gir økonomisk gevinst ved uttak av skogen. I pyrolyseprosessen konverteres

biomasse i ett steg til et flytende medium, bio-olje, som med letthet kan transporteres, viderebehandles og lagres.

Pyrolyse defineres som en prosess hvor et karbonholdig materiale, for eksempel trevirke, oppdeles i mindre fraksjoner når det utsettes for varme i et tilnærmet luft-tomt rom.

Verdikjede for produksjon av bio-olje og biokull

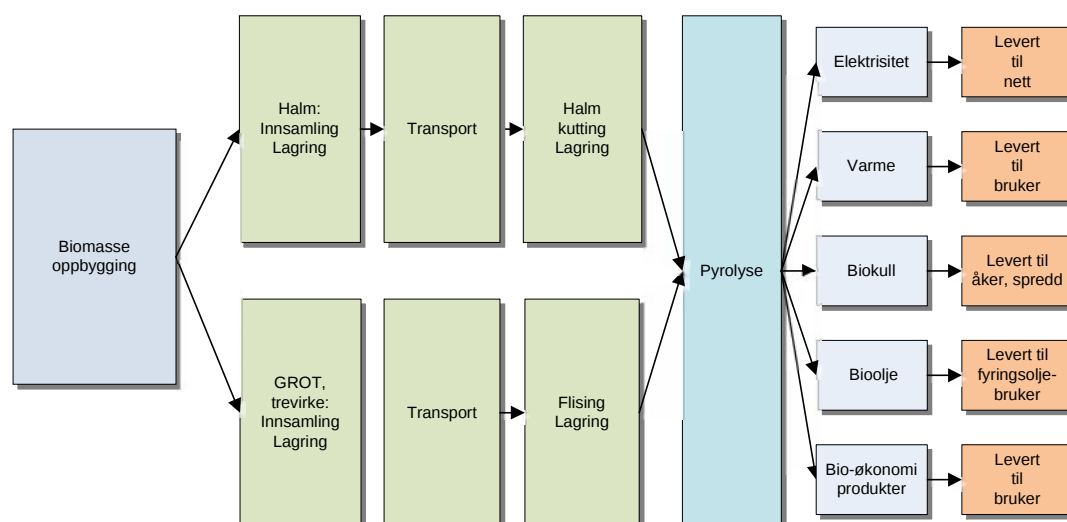
Utnyttelse av biomasse som råstoff fordrer at det etableres konkurransedyktige verdikjeder.

Bruk av biomasse til energiformål representerer en verdikjede fra ressurs til energi og inkluderer tjenester som er svært heterogene innenfor skog- og jordbruk, transport, foredling. Innen hvert av disse områdene ligger det muligheter for utvikling av teknologi og tjenester for å kunne etablere ny verdiskaping i Norge.

Flere faktorer påvirker produksjonskostnadene. Dette er konverterings-metode; transport metode og transportavstand; biomasseforbehandlingsmetoder og sted for forbehandling i forhold til sted for konvertering av biomassen.

En tradisjonell verdikjede for etablering av et anlegg med biomasse eller trevirke som råstoff i Norge vil være basert på at trevirke eller annen biomasse konverteres til varme. Det er vanskelig å oppnå økonomi i denne verdikjeden. Det er de mange ledd i kjeden og transporten av biomasse mellom leddene krever økonomiske ressurser. I tillegg er det krevende å ta ut trevirke fra skogen til lave kostnader. Pris på produsert varme er knyttet opp mot elektrisitetspris og det er derfor inntektsmessige begrensninger for aktører som går inn i denne verdikjeden.

Verdikjeden for produksjon av biokull og bio-olje er vist i neste figur. Kjeden har tilsvarende økonomiske lønnsomhetsutfordringer som for kjeden for konvertering av biomasse til varme. Pyrolyse-prosessen har imidlertid noe større fleksibilitet med hensyn til valg av råstoff. Prosessen tillater bruk av halm, grot, trevirke eller annet karbonholdig organisk materiale. Det er også en fleksibilitet med hensyn til sluttprodukt. Flere forskjellige sluttprodukter kan produseres med et høyere inntektspotensial enn varme. Pyrolyse som teknologi anses som en tidlig forløper for den type teknologi som man anser brukt i bio-raffinerier. Et kjennetegn ved bioraffinerier er økt foredlingsgrad på biomasse enn ved konvertering til varme eller elektrisitet, med større mulighet for verdiskaping.



Figur 26. Verdikjeden for produksjon av biokull, bio-olje og produkter innenfor bio-økonomien.

Pyrolyse-prosessen kan som nevnt gi grunnlag for produksjon av andre produkter. Dette er utnyttet av blant annet av det nederlandske selskapet BTG.



Figur 28. Bio-olje
(Foto: BTG)



Figur 27. Asfalt med 10% innblanding av bio-olje som erstatning for bitumen (Foto: BTG)



Figur 29: Demonstrasjon av oppgradert bio-olje i diesel drevet bil. Oppgradert bio-olje som drop-in fuel., blandes inn 25 % som erstatning for fossilt diesel. (Foto: BTG)



Figur 30: Takpapp med 5% innblanding av bio-olje som erstatning for bitumen (Foto: BTG)

Pyrolyse-prosessen gir fleksibilitet med hensyn til:

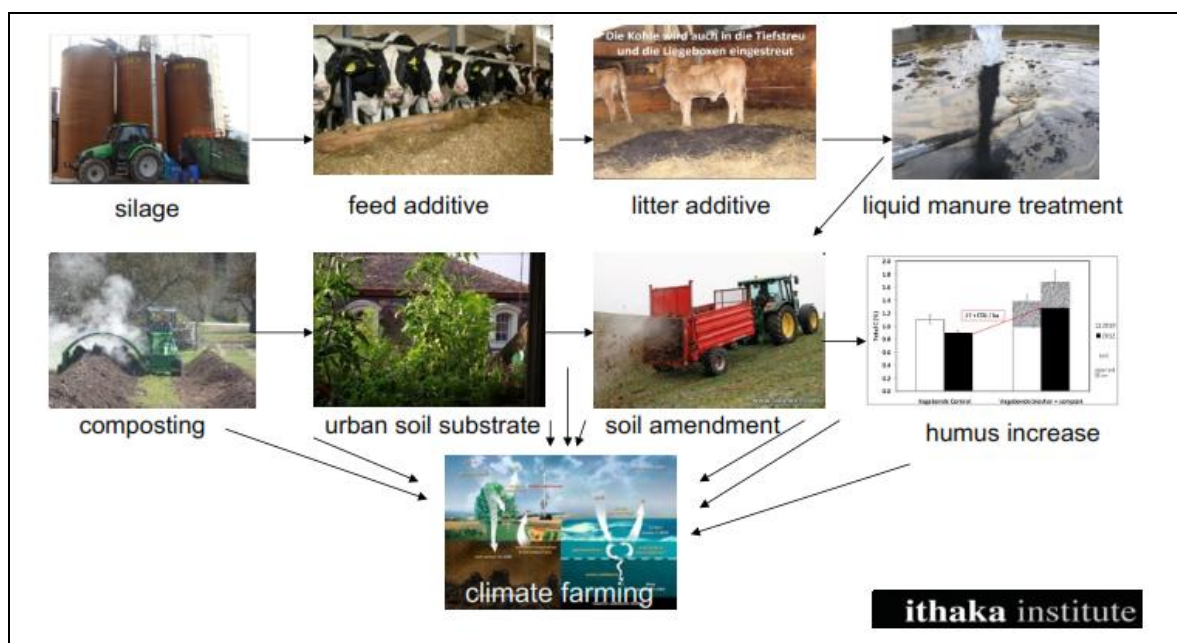
- Sted for konvertering av biomasse
 - Konvertering kan finne sted i skogen eller i kort transportavstand fra sted hvor biomasse avvirkes.
- Energitilførsel til anlegget
 - Pyrolyse-anlegget kan stå uavhengig av ekstern energi-tilførsel [stand-alone anlegg].
- Transport
 - Biomasse produserte fra pyrolyse-prosessen transporteres som en væske, bio-olje, med fem ganger større tetthet enn flis
- Produkter
 - Prosessen gir flere slutt-produkter, syn-gass, biokull, bio-olje, kjemiske produkter som kan anvendes i forskjellige markeder.

Produksjon av biokull innenfor bio-økonomien

Av flere er det stilt spørsmålet hvordan man skal kunne etablere biokull som en næring. I dag er produksjonsprisene på biokull for høye til at bønder kan ta biokull i bruk. Dette enten som rent biokull eller innblandet med et annet materiale, ref. priser oppgitt av IBI i tabell 2. Det er av flere estimert fremtidige produksjonspriser⁴⁸ på biokull. Alle disse bekrefter at biokull vil søke andre markeder enn landbruket for å oppnå lønnsomhet.

Interessen for at landbruket skal ta i bruk biokull er stor. Den opprinnelige idéen bak biokull er at biokull skulle finne en rolle innenfor landbruket som en jordforbedrer samtidig som det skapte en mulighet for å lagre CO₂. Imidlertid er det en mangel på gode forretningsmodeller for hvordan man kan oppnå lønnsomhet for salg av biokull til landbruket. Mye av dette henger selvfølgelig sammen med at biokull ikke verdsettes for sin samfunnsmessige rolle som et CO₂-lager.

En modell som kanskje kan iverksettes er fremsatt av Hans Peter Schmidt ved Ithaka Institut i Sveits. Schmidt har foreslått en kaskade utnyttelse av biokull⁴⁹. Schmidt hevder at biokull er en for verdifull ressurs til kun å bli utnyttet til ett formål, det vil si plassering i jord. Når biokull plasseres innenfor et kaskade system får man utnyttet biokulls mangesidighet samtidig som det får en utnyttelse hos flere aktører med en mulig endelig pris til bonde som er akseptabel.



Figur 31. Mulig kaskade system for biokull (Schmidt, 2012)

Schmidts kaskade system går ut på at man bruker biokull innenfor flere områder før det blir gjort tilgjengelig for jordbruket. Med referanse til figur 31 nevner Schmidt at biokull kan brukes som:

1. Ensileringsmiddel, 2. Tilsetning til dyrefôr 3. Tilsetning til talle 4. Innblandet i væskefasen i en biogass reaktor, 5. Innblandet i gjødsel-kompost 6. Brukt i vannrensing i fiskeoppdrettsanlegg på land

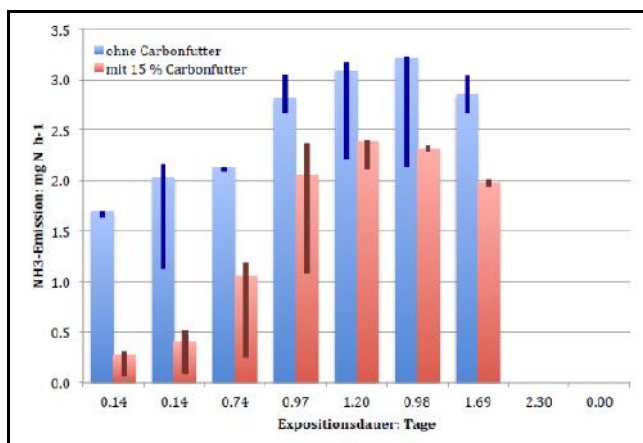
⁴⁸ For norske forhold se delrapport 2 for prosjektet: Sørensen, J. et al., 2011, "Forprosjekt Biokull Solør-Odal - Samfunnsnytte, danning og Stabilisering, binding av Plantevernmidlerrester og Endringer i klimagassutslipp. Litteratur og regional analyse"; New Energy Systems, lest mars 2014 www.slf.dep.no/no/miljo-og-okologisk/klima-og-miljo-programmet/prosjekter-stottet-inntil-2012/karbonbinding/attachment/15415?ts=1314c621a78

⁴⁹ Schmidt, H.P., 2012, "55 Uses of Biochar", Ithaka Journal 1/ 2012: 286–289 www.ithaka-journal.net Editor: Delinat-Institute for Ecology and Climatefarming, ISSN 1663-0521

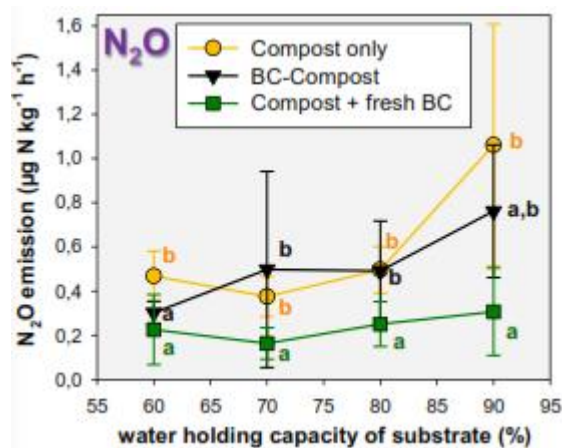
Utnyttelse av biokull i flere integrerte kretsløpssystemer

Tilsvarende som i et naturlig kretsløpssystem for karbon, vil biokull brukt i landbruket virke som en bærer og sete for effektiv utnyttelse av næringsstoffer. Spesielt kommer dette frem ved en kaskadeutnyttelse av biokull der biokulls adsorpsjonskapasitet blir utnyttet, som foreslått av Schmidt⁵⁰, ref. figur 31, side 35. Schmidt gir følgende eksempler på kaskadeutnyttelse av biokull innenfor jordbruk, husdyrhold før det anvendes som jordforbedrer og karbonlager i jordbruket.

1. Biokull blandes inn 1 % på volumbasis med høy, gress, halm som et ensileringsmiddel for å forhindre dannelse av mykotoksiner og for å forhindre dannelse av smørsyre under ensilasjen. Det dannes en renere luft fra gjæringen og det fremstilles et fôr med høyere kvalitet.
2. Etter ensilering anvendes dette som dyrefôr. Med biokull i dyrefôr forbedres fordøyingsprosesser, opptak av fôr og det reduseres på metan-utslipp fra husdyr.
3. Biokull kan blandes inn 10 % på volumbasis i talle. Dette binder flyktige næringsstoffer og reduserer utslipp av ammoniakk. Lukt reduseres og hygieneforhold i fjøs forbedres. Etter en to dagers periode med biokull i talle vil man merke endringer i luktforhold.
4. Biokull kan blandes inn, 1 til 5 % på volumbasis, med husdyravfall i en gjødselbinge. Igjen bindes flyktige næringsstoffer og det mikrobielle miljø forbedres. Med en reduksjon i utslipp av flyktige næringsstoffer får man en bedre virkning av husdyrgjødsel når det brukes i dyrket mark. Det reduseres på fytotoksiner og det følger reduserte utslipp av klimagasser.
5. Biokull kan senere separeres fra væskefasen i en gjødselbinge og tilsettes kompost for blant annet redusert utslipp av lystgass (N_2O), se figur 33.
6. Etter innblanding i kompost og med stabiliserte næringsstoffer fra husdyrhold blir biokullet plassert i jord som en jordforbedrer. Biokull gir jorden en økt vannhusholdning og reduserer jordtetthet for forbedret drenering og luftveksling som igjen fører til økt mikrobiell aktivitet og høyere fruktbarhet. En kalkingseffekt fra biokull kan påregnes. Biokull binder stoffer gjennom sin adsorpsjonskapasitet og forhindrer utvasking av gjødsel med indikasjoner på at plantevernmidler blir forhindret fra å sige til grunnvann.



Figur 32. Redusert ammoniakk-utslipp i kyllingfarm med bruk av biokull (Seitler, 2014 i Schmidt, 2014)



Figur 33. Redusert lystgass-utslipp under kompostering (Chen et al., 2010 i Schmidt, 2014)

⁵⁰ Det følgende er gjengitt fra: Schmidt, H. P., 2012 "Pflanzenkohle, eine Schlüsseltechnologie zur Schließung der Stoffkreisläufe", Ithaka Journal 1/ 2012: 75–79 (2012) www.ithaka-journal.net Delinat-Institut für Ökologie und Klimafarming, CH-1974 Arbaz www.delinat-institut.org, www.ithaka-journal.net. ISSN 1663-0521 og Schmidt H. P. 2014, "Potential of developing products for agriculture and environment including high value products from "waste" using pyrolysis technology", presentasjon Dublin 11 mars 2014. Lest mars 2014, www.ithaka-institut.org/ithaka/media/doc/1396089081419.pdf

Schmidt har identifisert 55 bruksområder for biokull⁵¹, der bruksområdene er delt inn i følgende kategorier:

- Jordforbedrer
- Bygningsmateriale
- Opptak av forurensninger
- Biogass-produksjon
- Vann-rensing
- Tekstiler
- Menneskelig velvære
- Diverse andre bruksområder

De fleste av disse områdene representerer karbon-synker.



Figur 34. Gjødselbinge med innblandet biokull (Foto: Schmidt)

Som eksempel innenfor et av de 55 områdene nevnes biokull brukt som et bygningsmateriale. Fordeler som nevnes ved slik bruk er⁵²:

- Fuktighetsregulering
- Isolasjon
- Støy-isolasjon
- Beskyttelse mot elektromagnetisk stråling
- Mindre elektrostatisk utlading
- Mindre støv
- Lukt-adsorbent
- Anti bakteriell soppdreper
- Luft-rensning



Figur 35. Hvit og svart vegg bygget opp av biokull, plastret vegg. Tykkelse på den hvite vegg er 7 cm med rør for rom-oppvarming. (Foto: Schmidt)

Etter bruk som bygningsmateriale vil biokullet kunne resirkuleres for bruk i jordbruket som en jordforbedrer og for lagring av karbon.



Figur 36. Biokull er et lett materiale og flyter når det plasseres i vann (Foto: Schmidt)

⁵¹ Schmidt, H.P., 2012, "55 Uses of Biochar", Ithaka Journal 1/ 2012: 286–289 (2012) www.ithaka-journal.net Editor: Delinat-Institute for Ecology and Climatefarming, www.delinat-institut.org, www.ithaka-journal.net. ISSN 1663-0521

⁵² Schmidt H. P., 2013, "Journal for terrior-wine and biodiversity, 2008, ISSN 1663-0521, lest mars 2014, www.ithaka-journal.net/pflanzenkohle-zum-hauser-bauen-stadte-als-kohlenstoffsenken?lang=en

FORSLAG, BOKULL PÅ GAMLE HASLEMOEN MILITÆRLEIR



Figur 37: Haslemoen Leir

Bakgrunn

Oppdyringsprosjektet på Haslemoen er det største nydyringsprosjektet i landets historie. Våler kommune har satt av 25 millioner kroner i økonomiplanen de kommende årene for å realisere dette prosjektet.

Området er på 6 000 dekar, tilsvarende over 920 fotballbaner. Det vil styrke kommunen betydelig som en landbrukskommune, og være med på trygge arbeidsplasser i landbruket. Våler kommune har fra før 48 000 dekar dyrket mark, og 6 000 dekar nydyrking vil bety mye for kommunen.

Kommunen har iverksatt en konsekvensutredning for nydyringsprosjektet. Utredningen vurderer den mest optimale løsningen for oppdyrking og drift. En tidlig vurdering er at jorden på Haslemoen er godt egnet for matproduksjon.



Figur 38. Våler Kommune planlegger oppdyrking av Haslemoen Leir

Forslag om bruk og produksjon av biokull på Haslemoen Leir

Det er av New Energy Systems og Rådgivande Agronomar foreslått at biokull blir tatt i bruk som jordbruksmetode på gamle Haslemoen militærleir. For å avdekke de for bonden styrende faktorer om bruk av biokull er det foreslått et biokull feltforsøk.

Feltforsøket vil avdekke to økonomiske forhold ved biokull. Dette er den prosentvis avlingsøkning som oppnås med bruk av biokull og den prosentvis reduksjon i kunstgjødning som oppnås ved denne avlingsøkning

Den overordnede ide med feltforsøket er således å kunne gi en anbefaling overfor bønder om hva de kan forvente av avlingsøkning og redusert kunstgjødning forbruk på Haslemoen når området tas i bruk til matproduksjon.

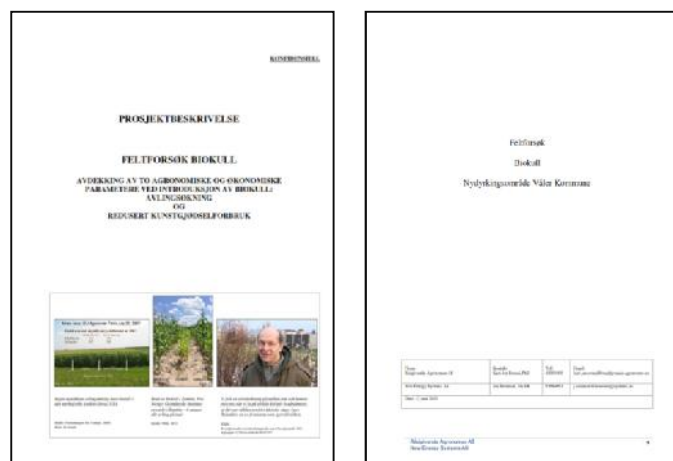


Figur 39: Biokull feltforsøk i Nederland før innblanding i jord (Wageningen, Nutrient Management Institute, 2013)

Budsjettet for feltforsøket er på kr 736 000. Det søkes om kr 206 000 for å kunne starte opp prosjektet.

Våler Kommune, (vedtak om bevilgning i kommunestyret)	kr	206 000
Statens Landbruksforvaltning (bevilget midler over Jordbruksavtalen)	kr	350 000
Omsøkt restbeløp for å starte opp prosjektet	kr	170 000
Totalt budsjett for prosjektet	kr	736 000

Tabell 5. Budsjett for feltforsøk



Figur 40. Prosjektbeskrivelse og protokoll for feltforsøk

I styringsgruppen for prosjektet sitter følgende personer:

- Bengt Hillring Professor, Høgskolen i Hedmark
- Anne Kristine Rossebø Leder landbrukskontoret for Våler og Åsnes kommuner
- Johan C. Løken
- Adam O'Toole Bioforsk

Det er i et forprosjekt avdekket at Solør regionen i Hedmark er godt egnet for introduksjon av biokull. Det er spesielt den sandholdige jordtypen som trekkes frem og hvor antagelsen er at biokulls egenskaper vil virke best i denne jordtype.

Som en del av feltforsøket er det foreslått at man etablerer produksjon av biokull på området. Det vil si at det produseres biokull fra restprodukter som oppstår i forbindelse med jordbruks-aktivitet på området. Et slikt produkt er halm. I tillegg vil man kunne dra nytte av de store mengder med biomasse som grener, topper andre restprodukter fra skogsdrift i tiliggende skog-arealer.

Produksjon av biokull kan i en tidlig fase foregå på demonstrasjonsbasis fra en enkel forbrenningsenhet. Det er foreslått en enhet fra Carbon Gold som drives, opereres av arbeidsmarkedsbedriften Våler Vekst.

I tillegg til tidlig produksjon av biokull foreslås at man på sikt søker å etablere biokull som en næring. Dette kan realiseres gjennom:

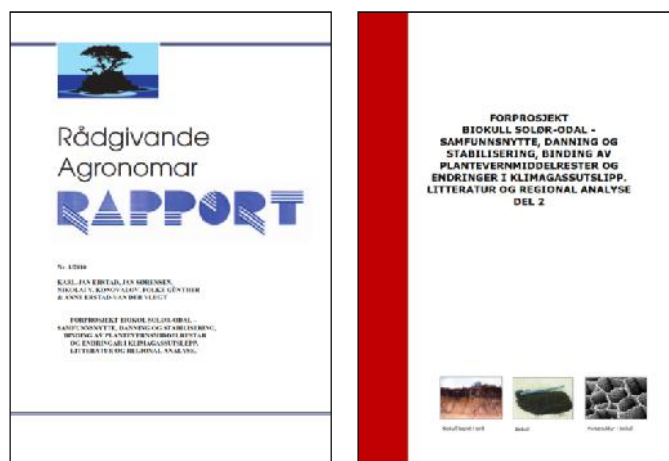
- Produksjon av bio-olje i tillegg til biokull. Bio-oljen selges til distributører av fyringsolje og vil kunne danne grunnlag for lønnsomhet i et produksjons-anlegg.
- Integrering eller samlokalisering av et biokull produksjonsanlegg med et biogass-anlegg.
- Integrering med andre enheter for eksempel for levering av kompost, torv-produkter

Bakgrunn for forslag om bruk av biokull på Haslemoen Leir

New Energy Systems i samarbeid med blant andre Rådgivande Agronomar, Solør-Odal Landbruksrådgiving og Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) gjennomførte mellom 2009 og 2011 et prosjekt⁵³ "Forprosjekt Biokull Solør-Odal – Samfunnsnytte, danning og stabilisering, binding av plantevernmiddelester og endringer i klimagassutslipp".

Prosjektet ble gjennomført som to delprosjekter, hvorav det første vurderte de agronomiske og klimamessige effektene ved introduksjon av biokull i Solør-Odal, mens det andre delprosjektet vurderte mulighetene for å etablere et anlegg for produksjon og distribusjon av biokull i Solør-Odal.

I sluttrapporten til delprosjekt 1 skriver Rådgivande Agronomar⁵⁴ at tilførsel av biokull til jordbruksjord kan øke fruktbarheten og heve produktiviteten. Biokulls effekt på jordfruktbarheten vil være størst på skarpe jordarter med mye sand og silt, og lite organisk materiale. Når jordkvaliteten er av denne type gir det gunstige miljøeffekter blant annet fordi kalkbehovet reduseres og utnytting av nitrogen fra gjødsel vil kunne øke. I tillegg vil biokull kunne gi skjul og leveområder for en rekke mikrober i jord. Det er grunn til å vente mindre



Figur 41: Rapporter fra Forprosjekt Biokull i Solør-Odal

⁵³ For rapport, omtale av prosjektet se: <http://www.regjeringen.no/nb/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/lmd/Nyheter-og-pressemedlinger/nyheter/2011/biokull-et-effektivt-klimatiltak.html?id=655042>

⁵⁴ Erstad, K.-J., et al., 2010, "Forprosjekt Biokull Solør-Odal - Samfunnsnytte, danning og Stabilisering, binding av Plantevernmiddelester og Endringer i klimagassutslipp. Litteratur og regional analyse"; Rådgivande Agronomar, Lest mars 2014, www.slf.dep.no/no/miljo-og-okologisk/klima-og-miljoprogrammet/prosjekter-stottet-inntil-2012/karbonbinding/anvendelse-av-biokull-i-norge

utslipp av N₂O (lystgass) og muligens CH₄ (metan). Det er også visse holdepunkter for at plantevernmiddel brytes ned av biokull så det ikke det siger ned og forurensner grunnvannet.

Rapporten for delprosjekt 1 viser at biokull produsert ved pyrolyse av halm alene i Solør-Odal vil binde 34.800 tonn CO₂-ekv./år. Dette tilsvarer ca. 43 % av Hedmark fylkes mål om CO₂-reduksjon innenfor landbrukssektoren for å bli karbonnøytralt.

Kornslag	Arealeining	Vårhvete	Høsthvete	Høstrug	Bygg	Havre	Potet
Areal Solør-Odal	Total, daa	24376	2610	3611	116364	143418	33633
Halm (85% TS)	kg/daa	398	450	350	274	383	
TS halm	kg/daa	338	383	298	233	326	
Karbon i halm (45%)	kg/daa	152,2	172,1	133,9	104,8	146,5	
Biokol pyrolyse (23%), 2 år i eit omløp på 5 år	kg/daa	31,1	35,2	27,4	21,4	30,0	
Varig biokol 80%	kg/daa	24,9	28,2	21,9	17,1	24,0	
Redusert lystgass	kg/daa	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	9,0
Sum biokol&lystgass	kg/daa	35,2	38,5	32,2	27,4	34,3	9,0
Biokol&lystgass SO	Total, tonn	858,0	100,4	116,3	3193,2	4913,6	302,7
Årleg total C-binding, Solør-Odal, jordbruk	Total, tonn	9484,1					

Tabell 6: Beregning av karbon-binding ved uttak av halm i 2 av 5 år i kommunene i Solør og Odal: Våler, Åsnes, Grue, Kongsvinger, Eidskog, Sør-Odal og Nord-Odal. Total CO₂ binding er 9 481,1 x 3,67 = 34 800 tonn CO₂ (Rådgivande Agronomar 2010)

Det omtales i rapporten at pyrolysering av halm i Solør-Odal virker å være et nyttig og balansert tiltak i en klimastrategi for jordbruket Hedmark. Halm vil raskt nedbrytes til CO₂ når det legges på mark. En alternativ bruk er som råstoff i en pyrolyse-prosess for omdanning til karbon eller biokull. Med denne alternative bruk vil man kunne få en mer effektiv innbinding av karbon i jord med et mye mer langsiktig tidsperspektiv på omdanning til CO₂.

New Energy Systems utførte i delprosjekt 2, bedriftsøkonomiske kostnadsanalyser for ulike biokullanlegg. Alle beregningene for de ulike kombinasjoner av anlegg og råstoff (halm eller flis) gav høyere utgifter enn inntekter, noe som var ventet. Det anlegget som kom best ut endte med en kostnad for å lagre ett tonn CO₂ (CO₂-tiltakskostnad) på 271 kr. Dette er vesentlig lavere enn det som ble presentert som tiltakskostnad i Klimakur2020. Her beregnet man en gjennomsnittlig tiltakskostnad for behandling av halm til 900 kr/tonn CO₂.

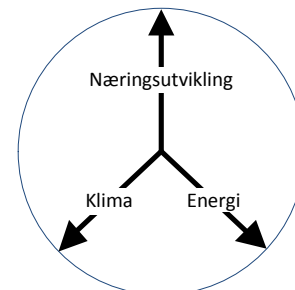
CO ₂ -tiltakskostnad for små mobile pyrolyse-anlegg				
Anleggs no på anlegg som ble vurdert	Stasjonært eller mobilt anlegg	Sluttprodukt	Type råstoff	CO ₂ -tiltakskostnad
6	Stasjonært	Biokull/bio-olje	Flis	384
7	Stasjonært	Biokull/bio-olje	Halm	271
8	Stasjonært	Biokull/bio-olje	Flis	714
9	Mobilt	Biokull/bio-olje	Halm	991

Tabell 7. Oversikt over CO₂-tiltakskostnad for enkelte vurderte produksjons-anlegg for biokull og bio-olje (New Energy Systems, 2010)

Motivasjon for å ta i bruk biokull på nydyrkingsfeltet, Haslemoen

Det er i det følgende vist til enkelte-motivasjonsfaktorer på det klima- og jordbruksmessige samt innenfor næringsutvikling som grunnlag for å ta i bruk biokull.

I et overordnet perspektiv vil en viktig begrunnelse for å ta i bruk biokull være at dette er en retningsorientering mot bio-økonomien. De faktorer som Gram-Dæhlen nevner, se side 8, om bio-økonomi vil være gjeldende og vil være riktige begrunnelser for at man vurderer hvordan man best kan være en del av den omstillingsprosess som nå foregår mot et fossilfritt samfunn. Biokull og bio-olje er bærekraftige naturprodukter med opphav i biologiske prosesser. De skaper en forhøyet verdi på restprodukter i jord og skogbruk og økonomiske mer-verdier gjennom etablering av næring. Det er i spennet mellom klima, energi og næringsutvikling at nye verdikjeder og nye arbeidsplasser vil skapes.



Figur 42. Grønn verdiskapning (etter Løyning 2010).

Klimamessige og jordbruksmessige effekter

I et perspektiv hvor man søker en begrunnelse i lokale forhold vil bruk av biokull på Haslemoen kunne forankres i at det søkes jordbruksmessige effekter. I tillegg er det et ønske om effekter som følger av at man etablerer biokull som en næring med tilliggende mulighet for etablering av arbeidsplasser. De jordbruksmessige effekter som søkes når biokull legges i jord er:

- Mulighet for økt avling
- Mulighet for redusert kunstgjødselbruk
- Mulighet for redusert kalking
- Mulighet for redusert erosjon gjennom biokulls evne til å danne aggregater
- Mulighet for redusert nitrat- og fosfat-avrenning gjennom biokulls evne til å holde tilbake næringsstoffer

I tillegg vil bruk av biokull bidra mot Våler kommunes mål om CO₂-reduksjoner innen jordbruket. De klimamessige effekter som søkes når biokull legges i jord er:

- Binding av CO₂ som karbon i jord
- Mulighet for redusert lystgassutslipp

Det er foretatt en beregning over hvor stort bidrag biokull vil gi mot Våler Kommunes mål om CO₂-reduksjoner innenfor jordbruket. Tabell 8 viser at med uttak av halm i 2 år i et 5 års omløp, vil bruk av halm fra området, som råstoff for en pyrolyseringsprosess, gi et bidrag på 28 % mot Våler kommunes mål om CO₂-reduksjon innenfor jordbruk. Gjentar man prosessen hvert 5 år, vil man over 4 perioder eller ca 20 år ha oppnådd CO₂-reduksjonsmålet.

Anslaget om 28 % bidrag mot Våles Kommunes mål om CO₂-reduksjoner er et konservativt anslag. Mest sannsynlig vil det anvendes en høyere mengde med biokull enn det som er tilgjengelig gjennom halm som råstoff for pyrolyse. Fra tabellen ser man at tilgjengelig halm vil gi et utbytte på ca 31 kg biokull per daa. I Forprosjekt Biokull Solør-Odal var det foreslått en innblandingsrate på 500 kg biokull per daa. Man finner eksempler i litteraturen på mye høyere innblandingsrater. Tabellen stipulerer ilegging av biokull i dyrket mark hvert 5 år, men det er godt mulig å legge biokull i jord for eksempel hvert annet år. Uavhengig av valgt strategi for biokull virker det som om biokull brukt på Haslemoen vil kunne gi store CO₂-reduksjons bidrag mot Våler Kommunes mål om CO₂-reduksjoner. Det er godt mulig å tro at bidragene under flere scenarier vil overstige Våler Kommunes mål om CO₂-reduksjon innenfor jordbruket, se tabell 9.



Mengde biokull og CO₂ binding på Haslemoen

	Enhet	
Halm (85 % tørrstoff)	kg/daa	398
Halm (0 % tørrstoff)	kg/daa	338
Karbon i halm (45 %)	kg C/daa	152
Biokull produsert gjennom pyrolyse (23 %, 2 av 5 år)	kg C/daa	31
Varig biokull i et 100 års tidsperspektiv (68 %)	kg C/daa	21
Redusert lystgass	kg C/daa	10
Sum biokull og lystgass	kg C/daa	31
Oppdyrket areal Haslemoen	Antall daa	6 000
Sum biokull og lystgass for areal på Haslemoen	tonn C	186
Sum biokull og lystgass for areal på Haslemoen	tonn CO _{2ekv}	693
Våler Kommunes mål om CO ₂ -reduksjon innenfor landbruket innen 2030	tonn CO ₂	2 500
% CO ₂ -binding på oppdyrket areal Haslemoen i prosent av Våler		
Kommunes mål om CO ₂ -reduksjon	%	28 %

Tabell 8: Beregning av CO₂-binding på Haslemoen basert på tilgjengelige halmressurser, et 5 års omløp med uttak av halm i 2 år av 5 år.

Noter:

1. Det er brukt avrundede tallstørrelser
2. Varig biokull: Prosentsats på 68 % etter J. Hammond, UKBRC. 15% labilt materiale som mineraliseres til CO₂ innen en kort periode (0 til 1 år). Levetid på stabilt biokull estimert til 500 år. Varig biokull etter 100 år: $(1-1/5) * 85 \% = 68 \%$
3. Redusert lystgass: 30 % reduksjon, beregning følger IPCC (Bouwman 1996). For sammenligning av prosent for reduksjon, se omtale av meta-analyse fra Cayuela, 2013, side 16.

Det er i tabell 9 vist potensial for CO₂-binding ved to forskjellige scenarier for bruk av biokull. Det er beregnet CO₂-binding som en faktor av Våler Kommunes CO₂-reduksjonsmål ved hver innblandingsrate. Utregningen antyder at med de to foreslåtte biokull innblandingsrater vil man kunne binde CO₂ med en faktor av 3 til 6 ganger mer enn Våler Kommunes mål om CO₂-reduksjon i jordbruket. Biokull innblandingsratene vil man finne flere referanser til i litteraturen og må betegnes som konservative.

Mengde biokull og CO₂-binding på Haslemoen ved to forskjellige innblandingsrater

	Enhet	Biokull Innblandingsrate	
		0,5 tonn/daa	1,0 tonn/daa
Oppdyrket areal	daa	6 000	6 000
Innblandingsrate biokull	tonn biokull/daa	0,5	1,0
Mengde biokull	tonn biokull	3 000	6 000
Varig biokull i et 100 års tidsperspektiv (68 %)	Faktor	68 %	68 %
Mengde biokull som forventes å ligge stabilt i jord	tonn biokull	2 040	4 080
Faktor for CO ₂ konvertering	Faktor	3,67	3,67
Mengde CO ₂ som forventes å ligge stabilt i jord	tonn CO ₂	7 486	14 973
Våler Kommunes mål om CO ₂ -reduksjon innenfor landbruket innen 2030	tonn CO ₂	2 500	2 500
CO ₂ -binding som en faktor av Våler Kommunes mål om CO ₂ -reduksjon	Faktor	3	6

Tabell 9: To mulige innblandingsrater for biokull i jord på oppdyrket areal Haslemoen viser et CO₂-balanseringsbidrag med en faktor av 3 til 6 ganger mot Våler Kommunes mål om årlig CO₂-reduksjon innenfor landbruket

Næringsmessige effekter

Det foreslås også at biokull integreres med andre systemer. Det er vist at biokull vil kunne øke gassutbytte i et biogass-anlegg og det er i forsøk vist at biokull vil kunne virke sammen med kompost og torvprodukter.

For at lønnsomhet skal oppnås ved produksjon med biokull må slik produksjon skje sammen med produksjon av et energiprodukt, bio-olje; elektrisitet eller varme. For Solør-Odal er bio-olje funnet å være det mest riktige og det som kan implementeres i den nære fremtid. Det er undersøkt med forskjellige fyringsolje-distributøren om avtak av bio-olje fra et slikt anlegg og det virker som om disse under visse betingelser kan distribuere bio-olje.

Det er i møter med kommunen beskrevet hvordan arbeidsmarkedsbedriften Våler Vekst kan ta del i produksjon av biokull. Dette vil være på et tidlig stadium hvor man tenker seg et enkelt anlegg med lav produksjons-kapasitet. Det er foreslått et anlegg fra produsenten Carbon Gold som vises i figur 43. New Energy Systems besøkte Carbon Gold i mai 2011 under en demonstrasjon av enheten i Hastings, England.



Figur 43: Et enkelt biokull produksjonsanlegg som kan brukes av arbeidsmarkedsbedriften Våler vekst.

Siden 2008/2009 har Carbon Gold samarbeidet med Toledo Cacao Growers Association (TCGA) i Belize. Samarbeidet har gått ut på å behandle jorden rundt kakao-trær med biokull. Biokullet virker som en jordforbedrer.

TCGA representerer 1200 småbruks bønder som produserer kakao bønner for Green & Black's Maya Gold chocolate. Green & Black's har kjøpt økologisk dyrket kakao fra TCGA bonde kooperativet i Belize siden 1994. Selskapet er eiet av Kraft/Cadbury⁵⁵.

Regionen Solør-Odal er kjent for å være et stort jord og skogbruksområde med tilhørende tjenesteytende næringer. Biokull vil kunne finne mange koblinger opp mot forskjellige aktører som forefinnes i regionen. Det nevnes helt skjematisk noen bruksområder hvor koblinger kan etableres opp mot eksisterende bedrifter:

- Bruk av biokull i kompostblandinger
- Bruk av biokull i kombinasjon med biogass-anlegg
- Bruk av biokull i landbruket og innblanding av biokull i kyllingavfall eller annet husdyravfall
- Bruk av biokull i økologisk landbruk
- Bruk av biokull som et erstatningsprodukt for torv i substrater



Figur 44. Trær med samme alder, tre til venstre behandlet med biokull, tre til høyre uten biokull (Foto: Carbon Gold)

MULIGE INTRODUKSJONSMÅTER FOR PRODUKSJON AV BOKULL OG BIO-OLJE

For Haslemoen foreligger planer om å utvikle deler av området til en energipark. Planene er interessante ut fra stedets nære beliggenhet til store ressurser innen jord- og skogbruk og muligheten for at det på området kan utplasseres teknologier som kan produsere høyverdige produkter innenfor bio-økonomien. Innenfor rammen av de foreslåtte aktiviteter på Haslemoen er det foreslått at biokull og bio-olje får en rolle.

Det er i det følgende vist til fire muligheter for prosjekter. Enkelte av disse kan være utgangspunkt for integrerte kretsløpssystemer.

De fire mulighetene vil ha karakter av pilotprosjekt eller demonstrasjons-prosjekt. Et grunnlag for etablering av pilotprosjekter ligger i at man har et ønske om å etablere viten om teknologiene og erfaring om prosessene og at det er et behov for å dokumentere denne opparbeidede viten, erfaring. Videre er det et ønske om å demonstrere funksjonalitet på et system, overvåke systemet og forstå effekten av de foreslåtte prosesser.

På et overordnet plan kan følgende være målsetninger:

- Samordne forskjellige sektorer i et integrert prosjekt for binding av karbon og nøytralisering av CO₂-utslipp.
- Demonstrere ny norsk eller utenlandsk utviklet pyrolyseteknologi for produksjon av bio-olje og biokull
- Utvikle verdikjeder for biokull og bio-olje
- Bidra til at pyrolyse med produksjon av biokull og bio-olje beveger seg ut av et forskningsbasert utviklingsstadium og inn i et industrielt stadium

⁵⁵ Lest mars 2014,; www.biochar-international.org/carbongold

VEDLEGG 1: Oversikt over verdiskapning og kostnader ved drift av et biokullanlegg

Kostnader ved produksjon, levering, plassering av biokull i jord		Verdiskapning ved biokull			
		Energi Produkt	Jordbruks Messig	Karbon lagring	Andre
Råstoff	Uttak, kjøretøy, utstyr	Verdi av elektrisitet levert til nett eller bondegård Verdi; varme levert til industri eller bondegård Verdi av bioolje levert som erstatnings produkt for fossil fyringsolje	Avlings økning Redusert kunst gjødsel forbruk Vann holdings evne	Verdi av klimatiltak	Redusert nitrat avrenning Redusert jorderosjon
Transport	Kjøretøy, personell, utstyr				
Lager for råstoff og biokull, bioolje	Tilpasset lager for råstoff, biokull, bio-olje				
Vedlikehold og drift	Utstyr, overvåking av anlegg, rapportering				
Drift	Personell				
Distribusjon av energi produkt	Distribusjons/ leveringskostnad				
Distribusjon av biokull	Kjøretøy, utstyr, personell				
Kapital Kostnader					
Admin	Personell				

Tabell 11. Oversikt over verdiskapning, kostnader ved et biokull produksjons-anlegg (Etter Shackley et al, 2011)



Kontakt:

Jan Sørensen
New Energy Systems
Email: j.sorensen@newenergysystems.no
Telf: 97 68 69 93



Johan C. Løken
Email: johanc@johanc.no
Telf: 907 475 24
