Sluttrapport forprosjekt

Pyrolyse og biokull i et kortreist karbonkretsløp

Tolga kommune, 2025

1. oktober 2025

Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag 3
2. Innledning og bakgrunn 4
2.1 Biokull 4
2.2 Egenskaper til biokull 5
2.3 Bruksområder 5
2.4 Karbonlagring 6
3. Prosjektgjennomføring 7
3.1 Organisering og bemanning 7
3.2 Planlegging/befaring før hogst 8
3.3 Hogst og flising 8
3.4 Transport 9
3.5 Pyrolyse 9
4. Resultat: Testparti pyrolyse av fjellbjørk 10
4.1 Biokull – Analyseresultat og lagring 10
5. Markedsmuligheter 11
5.1 Biokull 11
5.2 Energi 11
5.3 Karbonkreditter (CORC) 12
5.4 Grunnlag og anlegg 12
5.5 Råstoff og pyrolyse 14
6. Klimaeffekt av potensielt lokalt anlegg 15
7. Økonomi 16
7.1 Investering 16
7.2 Drift 16
7.3 Prosjektkalkyle 16
8. Eierskap og organisering 17
9. Beite og kulturlandskap 18
10. Anbefaling/Videre arbeid 18

1. Sammendrag

I dette prosjektet har vi sett på mulighetene for å kombinere beite og forvaltning av kulturlandskap med uttak av fjellbjørk for pyrolyse og nytteverdier ved biokull.

Rapporten viser at det kan være økonomisk forsvarlig å etablere en virksomhet som produserer biokull av fjellbjørk for varig karbonlagring, og leverer fornybar energi i form av fjernvarme. Gjennom salg av klimakreditter vil anlegget kunne tilby skogeiere en god pris for virke som har et begrenset marked i dag, og med uttak i form av tynning eller plukkhogst, kan det legges til rette for bedre utmarksbeite.

Etablering og interesse fra investorer forutsetter at det finnes et marked for biokull, og at det gis etableringstilskudd fra Innovasjon Norge/Bionova. Tilgang på kompetanse for drift av anlegget vil være kritisk for etablering. Omsetning av biokull vurderes som en flaskehals for realisering av anlegget, og størrelsen på anlegget bør tilpasses et balansekvantum tilpasset forvaltning av de nasjonalt verdifulle kulturlandskapene i regionen.

Kvaliteten på biokullet påvirker prisen. Analysen av biokull fra fjellbjørk viser for høyt innhold av sink til at biokullet kan brukes som fôrtilskudd. For å oppnå best kvalitet, kan det være aktuelt å blande inn annet virke i biomassen. Biokull kan bidra til jordforbedring i form av økt karboninnhold, og evnen til å binde vann vil ha en klimatilpasningseffekt, både når det kommer mye nedbør og i tørkeperioder.

De kjemiske egenskapene til biokull er svært interessante, og det er behov for økt kunnskap tilknyttet mulig bruk av biokull som del av vannrensing både ved gruveforurensning (tungmetaller) og næringsavrenning ved nitrogen og fosfor. Vi har utredet muligheter for bruk av biokull i fangdamsystem.

Plassering av anlegget vil ha stor betydning for salg av overskuddsenergi, da utbygging av rørledninger er kostnadsdrivende og fører til energitap. Plassering på et kompakt industriområde med flere kunder, eller i nærhet av eksisterende infrastruktur for fjernvarme, er derfor mest aktuelt.

Salg av karbonkreditter for karbonlagring vil være en viktig inntektskilde for et pyrolyseanlegg. Nytten av karbonlagring kan kun godskrives en gang, hos de som kjøper karbonkredittene. Det betyr at gårdbrukere som kjøper biokull fra anlegget, ikke kan inkludere karbonlagring i eget klimaregnskap eller i markedsføring av egne produkter. Dersom karbonkreditter selges ut av kommunen, vil de heller ikke inngå i kommunens klimaregnskap. Dersom landbruket inngår i eierskapet av anlegget, vil det være mulig å knytte karbonlagringen direkte til nedskriving av utslipp fra lokal matproduksjon og forvaltning.

Forprosjektet har utarbeidet en kalkyle som kan brukes som underlag for dialog med kommunen og mulige investorer, og for søknad om grønt investeringstilskudd.

Produksjon av biokull tar karbon ut av det naturlige kretsløpet, for varig lagring. Dette er et konkret klimatiltak, som bidrar til å redusere mengden CO2 i atmosfæren. Det vil også gi lokal næringsutvikling, og mulighet for å utnytte en lokal ressurs i et kortreist karbonkretsløp.

Vi ønsker å rette en spesiell takk til Obio ved Einar Stuve, for svært godt samarbeid gjennom hele prosjektperioden.

2. Innledning og bakgrunn

Forprosjektet «Pyrolyse og biokull i et kortreist karbonkretsløp» ble startet i 2022, med støtte fra Klimasats-ordningen til Miljødirektoratet.

Bakgrunnen for prosjektet var at gjengroing av utmarksområder begrenser bruken av utmarksbeite, og svekker kulturlandskapets verdier. I store deler av Tolga kommune vokser det fjellbjørk, en tresort som er lite attraktiv i ordinær skogsdrift. For å åpne opp utmarka, ønsket Tolga kommune å undersøke om fjellbjørk kan egne seg for produksjon av biokull. Dersom biokull kan benyttes til jordforbedring og fôrtilskudd, kan man oppnå et kortreist karbonkretsløp, som også gir produksjon av fornybar energi, næringsutvikling og arbeidsplasser i en distriktskommune.

Hogst og uttak av fjellbjørk til biokull ble gjennomført i samarbeid med Fjellbeiteprosjektet til NIBIO (m.fl), som undersøker hvordan gjengroing, ulike hogstmetoder og beite påvirker ulike plantesorter og biologisk mangfold.

Som en del av arbeidet med en felles klima- og energiplan i seks kommuner i Nord-Østerdal, var det også interessant å se på muligheten for bruk av biokull for å lagre karbon, og på den måten bidra til å redusere netto klimagassutslipp i en kommune med stor husdyrtetthet.

2.1 Biokull

Biokull er et organisk produkt, som blir dannet gjennom pyrolyse av organisk materiale. Prosessen som produserer biokull innebærer oppvarmning av organisk materiale under høy temperatur (300-700°C), og under begrenset tilgang til oksygen. Det er under denne prosessen at karbonet i de organiske massene endrer seg og gjør at kullet blir svært motstandsdyktig mot biologisk nedbryting. Biokullet kan bli produsert av forskjellige typer organiske materiale som f.eks.: trevirke, bambus og gras.

Endringen i karbonet medfører at biokullet får en større overflate (materialets totale overflateareal). Dette er en viktig prosess, siden denne økte overflaten øker binde effekten (adsorpsjon) til biokullet.

Generelt har biokull en del fysisk-kjemiske egenskaper og adsorpsjonsmekanismer (når gass, væske eller et oppløst fast stoff avsettes på overflaten av et (annet) fast stoff) som

kan fjerne organiske og uorganiske forurensninger. Her er det snakk om forurensninger som tungmetaller, næringssalter, men også antibiotika og herbicider.

2.2 Egenskaper til biokull

Som tidligere nevnt er det pyrolyse prosessen som fører til at biokullet får egenskaper som kan brukes for å både forbedre jordkvaliteten samt binde til seg forurensninger. Disse adsorpsjonsmekanismene kan baseres på: elektrostatiske interaksjoner, ionebytting, porefylling og utfellinger. Disse faktorene er så igjen påvirket av de fysiske-kjemiske egenskapene til biokullet som dosering, pyrolyse temperaturen, pH til løsningen og det organiske materiale som ble brukt.

Det er vist at adsorpsjonsegenskapene og den spesifikke overflaten øker med økende temperatur under pyrolysen.

pH vil også kunne påvirke den elektrostatiske interaksjonen mellom organiske komponenter og biokullet. Har løsningen biokullet er i en lav pH, vil biokullet ha en positiv ladning. Har løsningen derimot en høy pH, vil ladningen til biokullet være negativ. Dette indikerer at evnen til å binde til seg forurensning avhenger også av pH til løsningen. Adsorpsjonen av tungmetaller som Cu, Zn og Pb (forekommer som kationer i de fleste løsningene) foregår i en pH mellom 2-5. Øker pH til mer enn 5 vil adsorpsjonen reduseres.

2.3 Bruksområder

Gjennom de forskjellige egenskapene til biokullet (adsorpsjon, lagring av vann osv) kan kullet bli brukt i flere bruksområder.

Jordbruk

Gjennom tilførselen av biokull til jordsmonnet er det flere ting som skjer. Biokullet kan forbedre en del egenskaper. Det vil fungere som en “svamp” og bedre jordsmonnets retensjon av vann. Gjennom strukturen til biokullet vil det også kunne medføre en forbedret struktur av jordsmonnet og dermed også en reduksjon av jordkompaktheten.

Biokullet er også kjent for å kunne binde (adsorpsjon) til seg næringsstoffer. Disse bindingene medfører at det er en reduksjon i utvasking av disse fra jordsmonnet. Gjennom denne adsorpsjons egenskapen kan biokullet også binde til seg andre forurensninger. Dette kan være en spesiell viktig egenskap i regioner hvor det er mye tungmetaller eller pesticider i omløp. Gjennom bindingen vil ikke plantene kunne ta opp forurensningen.

Biokullet kan også bli brukt for å øke pH-en til jordsmonnet. Dette er spesielt viktig for å kunne justere pH-en til jordsmonnet sånn at den har de egenskapene som trengs for produksjonen. Om jordsmonnet er for surt vil tilgjengeligheten til fosfor reduseres. Det vil også skje en reduksjon i aktiviteten til mikroorganismene og dermed også en nedgang i nitrifikasjon som produserer nitrogenet som plantene trenger for å vokse.

Vann

Som i jordbruket kan biokullet også bli brukt for å forbedre vannkvaliteten. Her igjen spiller adsorpsjons egenskapene til biokull en viktig rolle. Gjennom adsorpsjons egenskapene og den spesifikke overflaten kan biokull fungere som et filter for vannet og dermed filtrere ut forurensninger.

Gjennom ladningen biokullet har (dette er pH avhengig) vil det kunne adsorbere både tungmetaller, organiske forurensninger og næringsstoffer. Dette medfører at biokullet kan brukes til å rense vann som har blitt forurenset gjennom f.eks. industri eller jordbruk.

Gruver

Det er også biokullets kjemiske egenskaper som utnyttes for å rense vann og sedimenter som har blitt påvirket gjennom gruvedrift. Som tidligere nevnt er det viktig at pH til løsningen stemmer. For at biokullet skal kunne adsorbere kationer må pH være mellom 2-5. Øker pH-en vil dette føre til en reduksjon av adsorpsjon av kationer. Det påpekes at vann som er forurenset av kobber og sulfider har en pH som ofte ligger mellom 2-5.

Hvor godt dette fungerer praktisk er enda litt usikkert, og det er behov for mer kompetanse på dette feltet.

2.4 Karbonlagring

Bruken av biokull innen jordbruket, kan være med på å redusere utslipp av CO_2. Det ble tidligere nevnt at pyrolysen endrer karbonstrukturen til biokullet. Denne endringen fører til at biokullet blir mer stabilt og dermed vanskeligere å bryte ned. Denne stabiliteten medfører at mikroorganismene ikke klarer å bryte ned biokullet, og dermed ikke produserer CO_2 som frigjøres til atmosfæren. Samtidig vil karbonet som er lagret i biokullet bli liggende i jordsmonnet.

Bedre jordhelse føre til et bedre vekstforhold til planter. Disse forbedrete forholdene vil føre til at plantene kan ta opp mer CO_2 og dermed redusere utslippet.

Ikke bare påvirker biokullet CO_2 kretsløpet, men det påvirker også nitrogenkretsløpet. Her påvirket biokullet kretsløpet på 2 forskjellige måter. Den første er ved å kunne adsorbere NH_4+ (ammonium) og NO_3- (nitrat). Dette medfører at næringsstoffene blir fjernet fra kretsløpet og dermed ikke kan omdannes til N_2O (lystgass). I tillegg vil en bedring i jordstrukturen føre til økt oksygen tilgang og dermed en reduksjon i produksjonen av N_2O som skjer gjennom denitrifikasjonen som er en oksygenfattig prosess.

3. Prosjektgjennomføring

3.1 Organisering og bemanning

Prosjekteier har vært landbruk- og næringssjef i Tolga kommune, Kjersti Ane Bredesen.

Prosjektet har brukt en referansegruppe med deltagere fra Glommen Mjøsen Skog, Obio, Statsforvalter, Norsk Landbruksrådgivning og lokale skogeiere/gårdbrukere, som også stilte med skogsvirke.

For årene 2024 og 2025 har hovedfokus vært mulige bruksområder, kompetanseheving og bevisstgjøring av mulige løsninger. I dette arbeidet har lederne i faglagene fungert som referansegruppe, og det har vært tett dialog mot Obio, NLR og kommunale fagmiljøer også i regional sammenheng.

Flising og transport ble utført av Glommen Mjøsen Skog AS, med bruk av lokale underleverandører.

Testproduksjon av biokull fra fjellbjørk ble utført av Obio AS på Rudshøgda, et selskap som eies 60% av Eidsiva Bioenergi og 40% av Glommen Mjøsen Skog AS.

I 2024 ble det forsøkt kartlagt mulige bruksområder for biokull opp imot kommunens forprosjektering av nytt renseanlegg.

Sommeren 2025 ble 10 % biokull fordelt ut og moldet ned i kommunens blomsterbed i Tolga sentrum, i samarbeid med Fjellurt.

15. September 2025 ble det gjennomført en innspillskveld hvor biokull og arealforvaltning var et sentralt tema, i sammenheng med både samfunnsplanlegging, bærekraftig reiseliv og regional nærings- og energistrategi. 16. September ble det gjennomført to arbeidsmøter som så nærmere på prosjektering av fangdam med bruk av biokull, og hvordan biokull kan fungere som driver for skjøtsel av kulturlandskap og nyttevurdering for landbruket.

Det har vært bred faglig involvering gjennom prosjektet, og i tillegg til faglagene i landbruket og NLR, har teknisk avdeling sammen med mange ansatte på kommunehuset vært involvert i ulike faser. Gjennom regionale stillinger tilknyttet klima og energiplan, vannforvaltning og regionalt politisk råd har vi løftet problemstillinger og bevissthet utover egne kommunegrenser. Sammen med vår nabokommune Os har vi løftet viktigheten av forvaltning av kulturlandskapet vårt, og gjennom verdensarvkoordinator på Røros og reiselivsselskapet vårt VIRØ har vi løftet stoltheten over lokale kvaliteter og landbruket vårt flere hakk.

3.2 Planlegging/befaring før hogst

Oppstartsmøte ble gjennomført på Tolga 6. oktober 2022, med befaring av hogstområdet.

Hanne Sickel fra NIBIO orienterte om beitebruksprosjektet, og oppdeling av de ulike forskningsfeltene. Området for hogst og tynning ble merket, og krav til hogst og uttak av virke ble gjennomgått. I tillegg ble praktiske forhold knyttet til flising, transport og informasjonsflyt avtalt.

3.3 Hogst og flising

Heltrehogst av bjørk på forskningsfelt ble gjennomført på frossen mark, noe som er særlig viktig på høgstaudemark. Hogst ble utført med gravemaskin m/klippeaggregat i desember 2022. Heltre ble lagt tildekket i haug i påvente av flising. Flising av virke ble gjennomført i juli, etter en vinter med mye snø og sen vår. Den korte tørkeperioden var planlagt, men vil normalt være lenger, og gi lavere fuktinnhold. Totalt ble det tatt ut 110 m3 fastkubikk. Etter flising utgjorde det 288 lm3 (løskubikk) med flis. Av dette ble 85 lm3 transportert til Obio på Rudshøgda for testproduksjon av biokull.

Driftskostnader

Tabellen nedenfor viser kostnader ved uttak av heltre, og omregnet til kostnader pr. lm3 flis pr. flate. Det ble gjennomført hogst på to områder.

Areal	Utkjøring	Timer klipping	Timer kjøring	Sum kostnad	Uttak fastkubikk	Uttak lm3	Kr/lm3	Kr/daa
1-Flatehogst	250 m	8,5	5	12 825	27	70	183,2	4 275
2-Tynning	250 m	5,5	4	9 025	22	58	155,6	3 008
3- Flatehogst	1450 m	7,5	13	19 475	34	90	216,4	6 492
4-Tynning	1450 m	9	12	19 950	27	70	285,0	6 650
Sum/snitt		30,5	34	61 275	110	288	212,8	5 106

På hvert område var det 3 daa tynning og 3 daa flatehogst. Totalt 6 daa flatehogst og 6 daa tynning. Timekostnad for klipping og kjøring er 950,-.

Det var forventet at tynning ville være dyrere enn flatehogst, men tallene viser at kostnaden for tynning pr. daa var noe lavere enn for flatehogst på det ene feltet. Forklaringen er at det var kraftig tynning, noe som ga liten forskjell i volum. I snitt er det en kostnad på kr. 212,80 pr. lm3 og kr. 5.106,- pr. daa.

I tillegg påløp 3.774,- for bompenger, rigg og flytting av maskiner, kr. 5.000 for flishugger og 4 timer administrasjon à 700,-. Skogeiere fikk refundert 100,- pr. m3 virke via kommunens SMIL-midler.

3.4 Transport

Tidspunkt for transport ble avtalt med mottakende pyrolyseanlegg, Obio på Rudshøgda nord for Hamar.

Transport av 85 lm3 flis kostet 10.550,-, dvs. 124,10 pr. lm3. Bilen kunne fraktet inntil 90 m3 flis, men pga. fukt ble vektgrensen for bilen nådd ved 85 lm3. Lengre tørkeperiode vil gi mindre fukt, men kan ikke bli for lang, da kan tett bark føre til forråtnelse og tap av tørrstoff.

Transportavstand fra Vingelen til Rudshøgda er 242 km, noe som gir en kostnad pr. km på kr. 43,60, dvs. 0,48 pr. lm3 pr km. Med et lokalt anlegg, vil transportavstanden reduseres, og langsiktige avtaler bør kunne gi bedre pris. I kalkylen er transportavstand doblet, da det er liten mulighet for betalbar returtransport.

3.5 Pyrolyse

Produksjon av biokull ble gjennomført av Obio i to omganger. Først med stammevirke av bjørk, og deretter av heltre av bjørk (med greiner og topp).

<u>Produksjonserfaringer</u>

Tørkeprosessen gikk greit, og bruk av heltre med stikker og myke kvister skapte ikke problemer for matesystemet til tørka.

Pyrolysen gikk greit til å begynne med. Det er relativt sett mye mer energi i fjellbjørk, så maskina måtte kjøres saktere. Den ble likevel for varm, noe som dessverre førte til skade på selve pyrolyserøret. Det ble produsert noen dager til, så ble det stopp, for det viste seg at pyrolyserøret hadde sprukket og smeltet ned på midten (se bilde).

Sekkene med ferdig biokull ble satt ut for mellomlagring før transport ut til kunde. Etter 10

dager gikk brannalarmen. En sekk hadde selvantent og brent hull i bunnen av sekken. I de neste to ukene selvantente to nye sekker.

I to av tilfellene skjedde selvantenning utenfor arbeidstid, med utrykning fra brannvesenet. Det ble ikke funnet noen god forklaring på årsaken til branntilløpene. Selvantenning skjer når biokullet enten er svært tett pakka med finstoff, eller når det er noen store partikler som ikke er gjennompyrolysert.

Ved omlasting av biokull til mindre sekker i oktober 2023, oppsto det på nytt brann i biokullet. Det viste seg at det var «lommer» av ikke-pyrolysert biomasse fra heltre i sekken, noe som forklarer branntilløpene. Det er mulig å forebygge etterbrann ved optimal innstilling av pyrolysereaktoren, og ved å tilsette mer vann etter pyrolyseringen.

4. Resultat: Testparti pyrolyse av fjellbjørk

4.1 Biokull – Analyseresultat og lagring

Det er gjennomført analyse av to typer biokull, en fra heltre og en fra stammevirke. Se vedlagte rapporter for Birch stemwood (stammeved) og birch with branches (heltre).

Analysen viser et overraskende resultat, nemlig et høyt innhold av Zink (Zn). Stammeved inneholdt 332 mg/kg, og heltre 247 mg/kg. Dette er litt for mye for å kvalifisere til bruk i dyrefôr (EBC feed eller EBC Feed Pluss). Der er grensen 200 mg/kg. H/C tallet er 0,29 og karboninnholdet 90,9.

Årsaken til høyt zink-innhold kan skyldes zink i jordsmonnet. Erfaringer fra hengebjørk ved Mjøsa viste kun 39 mg/lg. I Obios standard produkt basert på tørrgran, er innholdet på 38 mg/kg.

Det ble gjennomført jordanalyser fra hogstfeltet, men det gav ikke utslag og forklaring på innholdet av zink i biokullet.

<u>Konklusjon</u>

Konklusjonen er at det er mulig å pyrolysere fjellbjørk. Det viser også de kjemiske analysene. Biokullet er omdannet og er et biokull med over 1000 års varighet.

Høyt zink-innhold i fjellbjørk fra Vingelen gir imidlertid redusert bruksområde. Biokull med høyt zink-innhold kan brukes til jordforbedring, og ev. til industriformål. Innblanding av annet virke vil redusere zink-innhold i ferdig biokull, slik at det også kan kunne brukes som fôrtilskudd.

Mulig kombinasjon mellom fjellbjørk og tynningsvirke furu vil bli vurdert opp imot kvalitet på biokull og mulige bruksområder.

5. Markedsmuligheter

5.1 Biokull

Biokull har ulike bruksområder. Det kan brukes til jordforbedring, og som fôrtilskudd. Som jordforbedring kan det pløyes ned i åkeren, eller blandes inn i kompostjord. Det forskes også på om biokull kan erstatte fossilt kull som reduksjonsmiddel i metallindustrien.

Biokullets evner opp imot rensing er interessant, og muligheter tilknyttet kommunalt renseanlegg samt rensing av sigevann er spennende i lokal sammenheng.

Ved salg av biokull er det krav om å tilsette vann for å redusere spredning av helseskadelig støv. For tørt biokull (200 kg pr. m3), er markedsprisen i 2023 ca. 12,50 kg. For biokull med fôrkvalitet kan prisen bli noe høyere, ca. 17,- pr. kg. Med for høyt zink-innhold vil biokullet ikke kunne benyttes som fôrtilskudd.

Fremtidig pris vil være avhengig av utviklingen av bruksområder. I 2023 gis det tilskudd til gårdbrukere for å pløye ned biokull på 15,- pr. kg, noe som kan bidra positivt til etterspørsel i markedet. Dersom biokull kan benyttes i metallindustrien, vil det ha stor betydning for etterspørsel og priser. Det vil derfor være interessant å følge planene til Vow Green Metal om anlegg på Hønefoss for produksjon av biokull til industrien. De kan bidra til å utvikle markedet, eller bli en konkurrent til et lokalt anlegg.

5.2 Energi

Pyrolyseprosessen avgir restvarme som kan selges som energi i form av varmt vann (95°C). Hvor mye energi som er tilgjengelig for salg, avhenger av energibehov til tørkeprosessen, som igjen er avhengig av bla. andel fukt og utetemperatur. En Biomacon C500 leverer i utgangspunktet 500kW. Hvis 370 kW går med til tørking, er 130 kW tilgjengelig for salg. Med 8.000 driftstimer pr. år, utgjør det ca. 1.000 MW. For å sikre stabil leveranse av fjernvarme, anbefales det at man kombinerer pyrolyseanlegget med annen bioenergi, f.eks. en flisfyringskjele.

I Tolga kan det være interessant å tilby bioenergi til bedrifter på industriområdet, eller i tilknytning til annen virksomhet. Fjellbakeriet på industriområdet har i dag et energibehov på ca. 500 MW til oppvarming og varmt vann. FIAS har et anlegg på andre siden av elva, og benytter i dag kun strøm som energikilde. De kan være interessert i en omlegging til bioenergi til vaskehall og oppvarming av kontorer.

Bruk av bioenergi i form av varmt vann, krever tilpasning av bygning. Bygg som skal legge om oppvarmingen fra panelovner og varmekabler til vannbåren varme og radiatorer, ev. i kombinasjon med viftekonvektorer, må ta disse kostnadene med i prosjekteringen.

NØK Biovarme AS drifter i dag blant annet et bioenergianlegg i Tolga sentrum, og det har vært møter for å se på hvordan pyrolyse potensielt kan kobles sammen med dagens varmeproduksjon og distribusjonssystem. NØK har regionalt eierskap og er en betydelig samfunnsaktør regionalt. Nord-Østerdal Kraftlag, NØK, er et selskap som eier infrastruktur- og selskaper med hovedfokus på energi. Selskapet er eid av innbyggerne i Nord-Østerdal, og deres oppgave er å sikre god infrastruktur, forvalte og utvikle felles verdier og bidra til lokal utvikling. NØK Biovarme AS, Glommen og Mjøsen Skog SA og Tolga kommune har også tidligere samarbeidet om forprosjekt heltreflis.

5.3 Karbonkreditter (CORC)

Mange virksomheter har et mål om å bli karbonnøytrale, også omtalt som «netto-null». Det betyr at utslipp som ikke kan kuttes, kompenseres med tilsvarende karbonlagring, som selges som såkalte karbonkreditter (CORC), også omtalt som CO2-kvoter. Produksjon av biokull bidrar til å ta karbon ut av det naturlige kretsløpet for varig lagring (1000 år), og kan derfor inngå som et positivt bidrag i et utslippsregnskap.

En viktig inntektskilde for et pyrolyseanlegg vil være salg av karbonkreditter. Ett tonn biokull kan inneholde 92% kull, og ett tonn karbon gir en netto karbonlagring av 3,36 tonn CO2. Prisen på karbonkreditter øker med økt CO2-avgift, og er nå ca. 220 Euro. Med en kurs på 11,50, gir dette en estimert pris på salg av karbonkreditter på kr. 7.800,- pr. tonn biokull. Obio selger sine karbonkreditter via Puro.earth - carbon removal standard and registry.

Det er viktig å merke seg at retten til å markedsføre sine produkter og tjenester som utslippsfri, lavutslipp, netto null etc. følger de som kjøper karbonkredittene. Det betyr at en gårdbruker som kjøper biokull fra en virksomhet som selger karbonkreditter, ikke kan godskrive karbonlagring i sitt klimaregnskap, og karbonlagringen kan heller ikke inngå i kommunens klimaregnskap.

5.4 Grunnlag og anlegg

For å vurdere muligheten for et anlegg med produksjon av biokull og bioenergi på Tolga, har vi tatt utgangspunkt i pyrolysereaktoren Biomacon C500, som forhandles av Bioland på Brandbu, den samme som er benyttet av Obio i vårt prosjekt. En Biomacon C500 har en kapasitet på 295 kg pr. time, som tilsvarer 2.360 tonn biomasse pr. år.

Application Example*:

Baseline::

Solid fuel:	Wood chips (pine)
Water content:	20%
Ash content:	2%
Full load hours:	8.000

Model	Solid fuel intake [t/a]	Solid fuel intake [kg/h]	Biochar discharge [t/a]	Biochar discharge [kg/h]	Nominal thermal power [kW]	CO2 equivalent storage [t/a] (1kgC:3,6kgCO_2)-20% loss
C500-I	2.360	295	453	64	500	1.305

*Information depends on other process parameters and is therefore not guaranteed

Flis kan tørkes maskinelt, og energibehovet er avhengig av fuktinnhold og utetemperatur. Behovet for maskinell tørking reduseres med bruk av naturlig tørking, noe som er arealkrevende, men kostnadseffektivt, og som ev. kan kombineres med solenergi.

En pyrolysereaktor har kontinuerlig drift, men det må tas høyde for planlagt nedetid for vedlikehold, og nedetid som følge av driftshendelser. Normal drift tilsvarer 8.000 driftstimer pr. år.

En pyrolysereaktor benytter ca. 40% av energien i biomassen til å omdanne flis til stabilt karbon, og 40% av energien lagres i biokullet. Av den resterende energien i biomassen, benyttes noe til tørking. Det vil likevel være behov for en ekstern energikilde for oppstart av anlegget på 12-16 kW.

Det anslås at ca. 23-25% av biomassen omdannes til biokull, men praktisk erfaring tilsier 19-20%. En pyrolysereaktor med kapasitet på 2.360 tonn biomasse vil kunne produsere 453 tonn tørr biokull. For å redusere støvmengden, er det et krav at det tilsettes vann, som vil påvirke vekten på biokull for salg.

Drift av en pyrolysereaktor anslås å kreve 2 årsverk, fordelt på 1 årsverk for drift, 0,3 årsverk for overvåking og 0,7 årsverk for administrasjon og salg. Flere reaktorer vil gi mer effektiv drift.

Ved planlegging av et pyrolyseanlegg må det lages et bygg som har plass til pyrolysereaktor, samt innmating og tørking. Det er krav om sikkerhetsavstand for brann på min. 5 meter rundt pyrolysereaktoren og ferdig produsert biokull. Leveringstid på slike anlegg er beregnet til ca. 2 år.

Det må også avsettes tilstrekkelig areal for mottak og lagring av virke, og lagring av biokull etter produksjon.

Figur 1: Biomacon C500

5.5 Råstoff og pyrolyse

Fjellbjørk

Tolga kommune gjennomførte i 2019 et forprosjekt sammen med flere aktører, der de så på muligheten for å utnytte heltreflis fra løvskog (Forprosjekt «Heltreflis»). Rapporten anslår at det i Tolga er tilgang på 3.402 m3 bjørk årlig. Volumet øker til 8.000 m3 dersom virke fra kommunene Tynset, Alvdal, Folldal og Os tas med i beregningen. I vår analyse har vi tatt utgangspunkt i 4.000 m3 heltrevirke fra Tolga, som tilsvarer 10.400 lm3 flis. Andel fukt i flis som går til pyrolyse vil være avhengig av tørkeprosessen, og det forutsettes at heltre bjørk tørkes naturlig i form av lagring med tildekking en sommersesong før flishugging. Bjørk har tett bark, og trevirket er sårbart for lagringstid som resulterer i at mengden tørrstoff reduseres pga. forråtnelse.

Uttak av virke forutsetter samarbeid med lokale grunneiere som er interessert i å levere virke til et pyrolyseanlegg. Det forutsettes at uttak tas ut som tynning og småflatehogst, noe som vil bedre utmarksbeitet og begrense gjengroing av det lokale kulturlandskapet. Det vises til det pågående Fjellbeiteprosjektet til Nibio.

Forprosjektet har gitt nyttig informasjon om kostnader for uttak av fjellbjørk, og kalkylen tar utgangspunkt i en innkjøpspris på kr. 212,80 pr. lm3. Flishugging kostet 45,- pr. m3, en pris som trolig vil være noe lavere ved større volum enn i forprosjektet.

Hageavfall

Regionens avfallsselskap, FIAS, har sitt hovedanlegg i Tolga kommune, og samler inn hageavfall fra husholdninger og næringskunder via 11 gjenvinningsstasjoner. I 2022 ble

det samlet inn 1.300 tonn hageavfall, som komposteres sammen med slam og vom-innhold fra slakterier.

Forprosjekt rapporten som ble utarbeidet for VESAR oppgir at gress og blader ikke er egnet for pyrolyse, og en ev. bruk av hageavfall til pyrolyse forutsetter at avfallet sorteres ved mottak. Dette vil øke plassbehovet på gjenvinningsstasjoner og stille større krav til innbyggere og næringsliv som leverer hageavfallet.

FIAS ble kontaktet for å undersøke muligheten for at hageavfall kan inngå i pyrolyseprosessen. Det viser seg at de i dag benytter alt tilgjengelig hageavfall til kompostering, og derfor ikke har hageavfall som kan leveres til et pyrolyseanlegg.

Retur-trevirke

Et alternativ til hageavfall kan være å benytte retur-tre fra FIAS i et pyrolyseanlegg. I 2022 mottok FIAS ca. 1.800 tonn trevirke,_som omfatter både rent og malt trevirke, samt sponplater. Trevirke hugges til flis og siktes, til bruk i kompostering sammen med slam fra renseanlegg. FIAS har i dag mer trevirke enn de trenger til egen kompostproduksjon, og sender noe trevirke til forbrenning (energigjenvinning).

Ved salg av retur-tre til forbrenning får FIAS i dag en pris på 3-400,- pr. tonn, og FIAS kan være interessert i å levere retur-tre til pyrolyse dersom anlegget kan tilby en konkurransedyktig pris.

Avfallsvirke kan inneholde forurensninger. Bruk til fjernvarme eller pyrolyse forutsetter utslippstillatelse iht. avfallsforskriftens §10-2, bokstav d) og §10-4. Behov for renseteknologi vil gi økte kostnader, både for investering og drift av anlegget. Kostnader til renseteknologi er ikke inkludert i kalkylen.

6. Klimaeffekt av potensielt lokalt anlegg

Biomasse som råtner eller benyttes som ved, inngår i det naturlige karbonkretsløpet. Mengden karbon som slippes ut tilsvarer mengden karbon som er lagret i vekstperioden. Med produksjon av biokull tas karbonet ut av kretsløpet, og lagres i opptil 1000 år.

Ett tonn biokull med 92% karbon, tilsvarer 3,36 tonn CO_2.

Kalkylen viser at det for 2.184 tonn biomasse kan produseres 437 tonn biokull. Med 92% karbon i biokullet, tilsvarer det lagring av 1.350 tonn CO_2 pr. år. Det tilsvarer 4,6% av Tolga kommunes totale utslipp på 29.470 tonn CO_2e i 2021.

7. Økonomi

7.1 Investering

Kalkylen i denne forstudien tar utgangspunkt i pyrolysereaktoren BiomaconC500, med kapasitet på 2.360 tonn biomasse pr. år, fordelt på 8.000 driftstimer pr. år. Investeringen er estimert til 30,24 mill.

Investeringen inkluderer en pyrolysereaktor med inn- og utmating, skorstein, og tørke, samt vannbårent system, automatikk og elektro. Det inngår også et bygg på 450 m2, med infrastruktur og grunnarbeid. For å sikre stabil energileveranse til fjernvarmekunder, er det inkludert en flisfyringskjele til ca. 2.mill. Det er også tatt med kostnader for prosjektering og gjennomføring, og 20% påslag for usikkerhet og prisstigning. Kalkylen omfatter ikke kostnader til tomt.

Økt tilgang til biomasse vil gjøre det mulig å øke kapasiteten med en eller flere pyrolysereaktorer, og dette bør vurderes ved planlegging av byggets størrelse og tomt. Det er viktig å ha fokus på brannsikkerhet ved planlegging av bygg, og beregning av tilstrekkelig areal for tørking av flis og mellomlagring av ferdig biokull.

Et anlegg på Tolga kan søke om inntil 40% i grønt investeringstilskudd fra Innovasjon Norge/Bionova, iht. forskrift om virkeområde for distriktsrettet investeringsstøtte. Det tas imidlertid forbehold om at tilskuddsordningen kan endres.

Basert på disse forutsetningene blir netto investering etter tilskudd på 18.144.000,- kroner. Med en levetid på 20 år, tilsvarer det 907.200 pr. år i avskrivning. Med 6% rentekostnad, vil gjennomsnittlig rentekostnad for de første 10 år utgjøre 843.696,- pr. år.

7.2 Drift

Driftsregnskapet omfatter lønnskostnader, husleie og strøm, samt kostnader for vedlikehold av pyrolysereaktor. Det påløper også kostnader for analyse av biokull, samt sertifisering for salg av karbonkreditter. For å ta høyde for uforutsette kostnader, er de årlige driftskostnadene i kalkylen estimert til kr. 3.775.000 pr. år.

I tillegg til faste kostnader, kommer volumavhengige kostnader for kjøp av virke, inkl. hogst, flishugging og transport. Kalkylen tar utgangspunkt i 4.000 m3 virke, som flises før det transporteres inntil 30 km til anlegget (60 km når returtransport inkluderes). Med en samlet kostnad for hogst, flising og transport på ca. 2,7 mill. pr år, kan anlegget da tilby skogeier en pris på kr. 224,- pr. m3.

7.3 Prosjektkalkyle

Prosjektkalkylen tar utgangspunkt i pyrolysereaktoren Biomacon C500, som har en kapasitet på 2.360 tonn biomasse og 8.000 driftstimer pr. år, samt 4.000 m3 heltre som

råstoff, omregnet til 2.184 tonn biomasse med 15-20% fukt, omdannet til 437 tonn biokull.

Netto investering på 18.mill, etter at 40% grønt investeringstilskudd på 12 mill er fratrukket. Salg av energi er beregnet ut fra en pris på 0,60 pr. kW.

Inntekter:	Salg av biokull - fôrkvalitet	746 928	8 %
	Salg av biokull - jordforbedring	4 914 000	51 %
	Salg av biokull fra hageavfall	-	0 %
	Salg av biokull fra trevirke	-	0 %
	Salg av karbonkreditter (CORC)	3 416 097	35 %
	Salg av overskuddsenergi	624 000	6 %
	Sum inntekt pr. år	9 701 025	
Kostnader:	Årlig avskrivning	907 200	
	Rentekostnad (snitt år 1-10)	843 696	6 %
	Drift og vedlikehold	600 000	
	Strøm	100 000	
	Lønnskostnader	2 000 000	
	Husleie/administrasjon	500 000	
	Sertifisering/analyser av biokull	75 000	
	Andre kostnader	500 000	
	Årlige, faste kostnad	5 525 896	
	Kjøp av virke, 4.000 m3	896 000	224,- pr. m3
	Hogst, flising og transport	2 695 379	2x30 km
	Årlige, variable kostnader	3 591 379	
Resultat:	Estimert årsresultat/resultatgrad	583 751	6 %

8. Eierskap og organisering

Et anlegg for pyrolyse og biokullproduksjon organiseres som et aksjeselskap. Investeringstilskudd fra Bionova forutsetter at landbruket er med på eiersiden. Økonomien i landbruket tilsier at investerings-muligheten er begrenset, så andre investorer må involveres. Det kan også være aktuelt å vurdere offentlig eierskap, direkte eller via selskaper kommunalt eierskap.

Produksjon av biokull gir mulighet for salg av overskuddsenergi, men for å sikre stabil leveranse av energi, bør anlegget kombineres med annen bioenergi, f.eks. flisfyring. Det kan derfor være naturlig å involvere investorer som har erfaring med bioenergi og fjernvarme.

I Fjellregionen er Nord-Østerdal kraftlag (NØK) en naturlig samarbeidspartner, med bla. NØK Invest, Holmen Biovarme og Vingelen Nærvarme. Også Alvdal biovarme kan være

aktuell som en lokal aktør. Andre aktører kan være Eidsiva, Obio og Glommen Mjøsen Skog.

9. Beite og kulturlandskap

Annerkjennelse og nye muligheter tilknyttet setring og utmarksbeite vil være av betydning for hvor mange av båsfjøsene våre vi klarer å omstille til framtidsrettede mjølkebruk.

Setring og beiting har vært en svært viktig del av sjølforsyningssystemet i regionen gjennom mange hundre år, og har skapt et beitelandskap i store deler av fjellbjørkebeltet.

Setring og utmarksbruk er viktig både i en verdensarvsammenheng hvor det er tett knyttet til sjølforsyningssystemet (Røros bergstad og Circumferensen), og for å opprettholde seterkulturen som er skrevet inn på UNESCOs representative liste over immateriell kulturarv. Etter 2. verdenskrig var det over 20000 setrer i drift i Norge, i dag er det bare litt over 700 som fortsatt er i drift. Hvis vi skal kunne ta vare på den immaterielle kulturarven tilknyttet setring, er det betinget av at vi klarer å opprettholde drifta og ta vare på de setrene vi fortsatt har igjen.

For å opprettholde dette kulturlandskapet er en helt avhengig av å opprettholde et visst beitetrykk, samtidig som det må tas ut en del bjørk i beiteområdene.

De geografiske områdene som har seterkultur, bør ha store muligheter til å koble pyrolyse, styrt uttak av bjørk i kulturlandskapet med aktiv beiting i seterområdene.

Vår region har særlige fortrinn siden mange av våre setrer ligger innenfor Røros bergstad og sirkumferensen, med den doble muligheten tilknyttet både materiell verdensarv og immateriell kulturarv (seterkulturen). Som utfyllende verdier har vi i mange av de samme områdene både Nasjonalparklandsby, Nasjonalparkkommune, KULA, UKL, Nasjonalt verdifullt kulturlandskap og flere verneområder.

Framtidig forvaltning av disse kvalitetene er derfor helt avhengig av tett samordning og tverrfaglig samhandling, også på tvers av forvaltningsnivåer.

10. Anbefaling/Videre arbeid

Den største flaskehalsen per nå er markedet for biokull og kompetanse tilknyttet hvordan vi kan gjøre nytte av biokull i et kortreiste kretsløp. Omsetning av biokull er i dag nært knyttet til salg av karbonkreditter, og det er fortsatt mye som ikke er avklart når det gjelder mulig bruk av biokull.

Under dette prosjektet ble det tydelig at det ikke eksisterer mye forskning på biokull og rensing av vann. Med teorien om adsorpsjon av både tungmetaller og næringsstoffer til

biokullet kom vi med ønske om å gjennomføre et forsøk for å se på om dette også fungerer i praksis. Dette medførte at Pauline Bolte (regional vannområdekoordinator) tok kontakt med Norges miljø- og biovitenskaplige universitet (NMBU), og Lindum for å se om det kan være noe interesse for en masteroppgave som ser på dette. Fram til dags dato 1.oktober.2025, har vi fått svar fra Lindum. De har ikke tid til å være med å produsere en masteroppgave. Vi har også kontakt med NMBU og håper på å finne noen som har mer informasjon om temaet og som kunne ha tenkt seg å skrive en masteroppgave om enten biokull for rensing av gruvedrift, eller næringsstoffer fra vann.

Samarbeidet med beiteprosjektet følges fortløpende, fram til det avsluttes i 2026. Vurdering av miljøkrav ved uttak av bjørk i kulturlandskapet kan være relevant både med tanke på beitekvalitet og biologisk mangfold.

Muligheter tilknyttet rensing av sigevann og kommunalt renseanlegg er interessant, og vurderes til å være et viktig område også framover.

I ett overordnet perspektiv er det viktig å se kompetansebygging tilknyttet biokull i sammenheng med båsfjøsproblematikken, da 60 % av setrene våre er tilknyttet båsfjøs og det er stor usikkerhet tilknyttet framtidige veivalg for mange av dagens båsfjøs. Det er viktig å styrke og styre økonomi og forvaltning tilknyttet setring og skjøtsel av nasjonalt verdifulle kulturlandskap. Dersom vi mister mange av enhetene våre fram mot 2034, vil vi miste forutsetninger for å faktisk klare å forvalte kulturlandskapet vårt. Vi har ingen gårdbrukere å miste, heller ikke i denne sammenheng. Dersom vi evner å koble biokullet og det kortreiste karbonkretsløpet vårt sammen med større matsystemer vil vi øke bevisstheten og synligheten av de ulike elementene. Ved å se de store sammenhengene i hele matsystem, vil det også bli lettere å koble matsystem inn i arbeidet med klimatiltak og totalberedskapen vår.