

Økonomi og miljøaspekter ved alternative anvendelser av treaske

Economy and environmental aspects of alternative use of wood ash

Saksbehandler: Lars Tellnes
Finansiering: Norges forskningsråd, Jordbruksavtalen og egeninnsats fra industrideltagerne
Dato: Oktober 2016

Sammendrag

Treaske inneholder næringsstoffer som kan erstatte konvensjonelt produserte gjødsels- og kalkingsprodukter. Til nå har treaske vært en lite utnyttet ressurs på grunn av både lovmessige, teknologiske og kommersielle årsaker. De lovmessige barrierene baserer seg hovedsakelig på et føre-var-prinsipp med tanke på helse- og miljøpåvirkning, hvor askens tungmetallinnhold er en kritisk faktor. I en helhetlig bærekraftsvurdering er det imidlertid flere faktorer å ta hensyn til, for eksempel når resirkulering av treaske har en effekt på redusert produksjon av andre gjødselprodukter og dermed gir lavere total miljøbelastning.

Behandlingen av treaske per i dag består hovedsakelig av deponering, noe som i utgangspunktet er den minst ønskede løsningen i henhold til avfallshierarkiet definert i EUs avfallsdirektiv. Resirkulering av treaske som gjødsel eller jordforbedring praktiseres i noen grad, og dette vil være en forbedring så lenge kravene i Gjødselvereforskriften overholdes. Det beste alternativet i henhold til avfallshierarkiet vil imidlertid være å redusere askemengden. Bark inneholder cirka 10 ganger så mye aske som flis. Det betyr en betydelig reduksjon av askemengden dersom det er mulig for produsenter av biobrenselbasert varme å erstatte bark med treflis. Det kan dog være designmessige begrensninger på forbrenningsanlegg som er innrettet for å kunne fungere optimalt med bark. En overgang fra bark til mer bruk av flis vil også være avhengig av en større etterspørsel etter bark. Dette kan for eksempel realiseres med rammebetingelser for bruk av bark til å erstatte torv i jordprodukter, da det har stort potensiale for vesentlig reduksjon av klimagassutslipp.

Kommersialisering av treaske ser ut til å ha størst mulighet der det erstatter konvensjonell gjødsel og kalkstein i jordbruk og grøntanlegg. I skogbruk er det liten anvendelse av slike næringsstoffer i dag, men det kan være en potensiell anvendelse for dette ved økt uttak av GROT eller i skog som trenger kalking. Anvendelse i anleggsjord vil redusere deponiavgiften med cirka 500 kroner per tonn aske, mens det også kan redusere kostnadene for gjødsel tilsvarende 500 kroner per tonn aske. Samfunnsøkonomisk vil dette gi en besparelse på 1000

kroner per tonn aske som blir brukt i anleggsjord sammenlignet med deponi. Lovverket åpner for å anvende aske til dette, men det er registreringspliktig hos Mattilsynet. Bruk av varedeklarasjoner som kan dokumentere egenskapene av askeproduktet kan være et nyttig virkemiddel for å fremme kommersialiseringen.

Summary

Wood ash contains nutrients that can substitute conventionally produced fertilisers and liming products. Until now wood ash have been an unutilized resource. This is caused by legislative, technological and commercial reasons. The legislative barriers are based on the precautionary principle with regards to potential impacts on health and environment from the content of heavy metals in the ash. In a holistic sustainability assessment there are however more factors to take in account. For example, when recycling of wood ash have an effect on reducing the production of other fertilising products and thereby give lower total impacts on the environment.

The waste treatment of wood ash is today mainly landfilling, which is the least preferred option according to the waste hierarchy defined in EU Waste Framework Directive. Recycling of wood ash as fertiliser or soil conditioner is practiced to some extent. This is regarded as an improvement as long as the limit values for heavy metals in fertiliser regulations are met. The best alternative according to the waste hierarchy, however, would be waste prevention and to reduce the amount of wood ash produced. Bark contains about 10 times more ash than wood chips. Hence, changing bioenergy feedstock could substantially reduce the amount of wood ash. There could however be limitations in several bioenergy plants that are designed for certain feedstock properties. A change from bark to wood chips as bioenergy feedstock would also require a large demand for bark for other uses. This can for instance be realised with frame conditions that will favour use of bark in soil products instead of peat, as it has a potential for climate change mitigation.

The commercialisation of wood ash seems to have the largest potential when it substitutes conventional fertilisers and lime in agriculture and landscaping. In forestry, it is little application of the nutrients in ash today. It can however be a future potential if more branches and tops are harvested or by other reasons to add lime in the forests. The utilisation in landscaping soil could reduce the need to pay landfilling at 500 NOK per ton of ash, but also reduce the cost of fertiliser at about 500 NOK per ton of ash. Hence, there would be a social economic saving of 1000 NOK per ton of ash when used in landscaping soil compared to landfilling. The regulations allow such uses, but it has to be registered to the Norwegian Food Safety Authority. Use of product declaration that can document the properties of ash products could be a useful mean to enhance commercialisation.

Forord

I treindustrien har det over tid blitt et stadig større fokus på å utnytte alle biprodukter fra produksjonen. Sagbrukene sine biprodukter av bark og flis utnyttet i dag i første rekke til egen varmeproduksjon for tørking av trelast. Overskytende bark- og flissortimenter utnyttet til en rekke bruksområder som hagebark, dyrestør, turstier, drenering, varmeisolering eller som råstoff til trebaserte plater, i papirmasseproduksjon, pellets- og brikettproduksjon og i fjernvarmeanlegg. Asken fra forbrenningen av disse biproduktene har ennå ikke blitt utnyttet i noen særlig grad i Norge, mens det i Sverige og Finland har vært en større utnyttelse av aske til gjødsel i skogen etter hogst.

Prosjektet «Innovativ utnyttelse av aske fra trevirke for økt verdiskapning og bærekraftig skogbruk (AskeVerdi prosjektnummer 215935/O10)» ble startet med bakgrunn i økt interesse for fornybar energi og mulighetene for å benytte treaske som gjødsel. Prosjektet ble finansiert gjennom Norges forskningsråds program Natur og næring (nå Bionær), Jordbruksavtalen, samt gjennom egeninnsats fra en gruppe industripartnere. Bergene Holm AS var prosjekteier, Norsk Treteknisk Institutt prosjektleder, mens NIBIO (ved tidligere Norsk institutt for skog og landskap/ Bioforsk Jord og miljø) og Papir- og fiberinstituttet deltok som forskningspartnere i prosjektet på sine respektive ekspertområder.

Denne rapporten sammenfatter resultatene fra en av arbeidspakkene i prosjektet som omhandlet økonomi og bærekraft ved resirkulering av treaske som alternativ til deponering, et prosjekt som Treteknisk ledet. Rapporten bygger på resultatene fra de andre arbeidspakkene og analyserer disse i et helhetlig systemperspektiv.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	5
1 Innledning	8
1.1 Tidligere studier.....	8
1.2 Lovverk	9
2 Metoder og data.....	10
2.1 Systemanalyse	10
2.2 Livsløpsvurdering	11
3 Resultater og diskusjon.....	12
3.1 Systemanalyse	12
3.2 Livsløpsvurdering for alternative anvendelser av aske.....	23
4 Oppsummering og konklusjon.....	27
5 Litteraturliste.....	29

1 Innledning

Treindustri og fjernvarme benytter i dag både bark og flis som brensel, og som følge av dette oppstår det en økende mengde treaske. Treaske inneholder næringsstoffer som kan erstatte konvensjonelt produserte gjødsel- og kalkingsprodukter. Til nå har treaske vært en lite utnyttet ressurs, på grunn av både lovmessige, teknologiske og kommersielle årsaker. De lovmessige barrierene baserer seg hovedsakelig på et føre-var-prinsipp med tanke på helse- og miljøpåvirkning, hvor askens tungmetallinnhold er en kritisk faktor. I en helhetlig bærekraftsvurdering er det imidlertid flere faktorer å ta hensyn til.

En vurdering i et større perspektiv kalles gjerne systemanalyse og omfatter metoder som materialstrømanalyser (MFA) og livsløpsvurderinger (LCA). Vurderinger som bare tar hensyn til et begrenset omfang, som mengden tungmetaller i aske, kan ofte gi motstridene konklusjoner sett i forhold til mer helhetlige analyser. Et eksempel er når resirkulering av treaske fører til at produksjonen av andre gjødselprodukter kan reduseres, og på den måten gir en lavere total miljøbelastning. Analysene har vært gjennomført i hele prosjektperioden for å inkludere interessenter underveis.

1.1 Tidligere studier

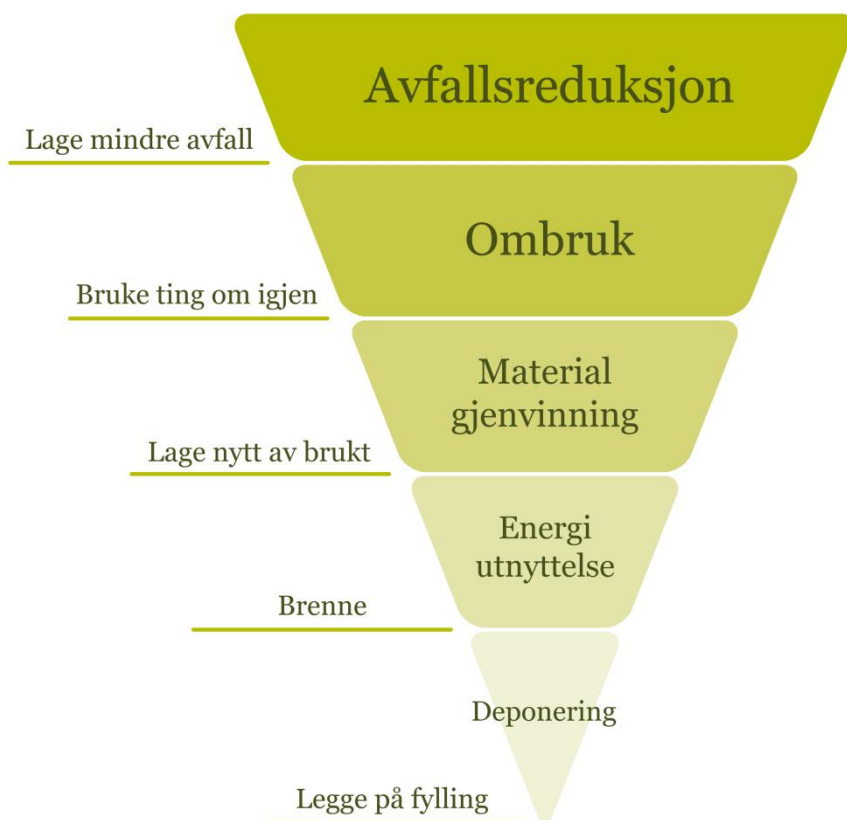
Det er finnes få publiserte studier av bærekraftsvurderinger med tanke på resirkulering av aske i Norge, men internasjonalt har det blitt publisert en del. Blant annet har det vært flere studier i Sverige gjennom det såkalte *Askprogrammet* (*Varmeforsk, 2015*). En studie fra 2010 undersøkte barrierene for askeresirkulering i Sverige, med en målsetning om at bioenergi skal bli bærekraftig (*Baumanns, 2010*). Metodene som er brukt er en kombinasjon av materialstrømanalyse og interessentanalyse. Resultatene viser at bare rundt 10% av asken ble resirkulert og at mangel på økonomiske insentiver var en viktig barriere. En svensk studie fra 2008 vurderte miljøeffektene av ulike alternativer for håndtering av aske (*Olsson et al, 2008*). Miljøeffekter ble vurdert ut fra et livsløpsperspektiv for treaske fra et bioenergianlegg i Borås. Det var tre ulike alternativer som ble sammenlignet:

- Tilbakeføring til skog etter GROT-uttak som alternativ næringskompensasjon (Ca, Mg, P, Zn)
- Fyllmasse til skogsbilvei istedenfor puk
- Deponering

I studien kom tilbakeføring til skog best ut, men dette alternativet forutsetter at næringskompensasjon er nødvendig, og at det substituerer konvensjonell produksjon av næringsstoffene.

1.2 Lovverk

Dersom treaske skal defineres som et avfall eller et biprodukt, vil EUs rammedirektiv for avfall (2008/98/EC) være sentralt. Avfallshierarkiet er omtalt i *Artikkel 4* i rammedirektivet for avfall, og angir rekkefølgen for avfallsminimering og håndtering som skal følges i lovverk og politiske rammeverk. Avfallshierarkiet er illustrert i *Figur 1*, hvor forebygging av at avfall oppstår kommer først, etterfulgt av gjenbruk, materialgjenvinning, energiutnyttelse, samt deponering som siste alternativ. *Artikkel 4, punkt 2* i EUs rammedirektiv for avfall åpner også opp for at det kan gjøres unntak fra hierarkiet med hensyn til spesifikke avfallsstrømmer, men dette skal da begrunnes ut fra en livsløpstenkning av den helhetlige miljøeffekten for håndtering av slikt avfall.



Figur 1: Avfallshierarkiet (Bilde: LOOP).

I forbindelse med gjenvinning setter avfallsdirektivet kriterier for avfallsfasens opphør når avfallet har blitt til et nytt produkt. Disse kriteriene omtales også som *end-of-waste*-kriterier, og det er utviklet egne kriterier for flere avfallstyper. For

eksempel er det definert at metallskrap kan maksimalt ha 2 % fremmedstoffer hvis det ikke lenger skal defineres som avfall. De generelle kriteriene er:

- a) Stoffet eller objektet er alminnelig anvendt til spesifikke formål.
- b) Et marked eller etterspørsel finnes for slike stoffer eller objekter.
- c) Stoffet eller objektet oppfyller tekniske krav for de spesifikke formål og imøtekommer eksisterende lover og standarder for produkter.
- d) Bruk av stoffet eller objektet vil ikke føre til generelle negative påvirkninger på miljø og menneskers helse.

I Norge er reglene mer konkret omfattet av *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (Avfallsforskriften)*, men denne omfatter i liten grad ombruk og avfallsreduksjon.

Avfallsdirektivet definerer også hva som skal regnes som et biprodukt, og da altså ikke et avfall, fra en produksjonsprosess. Disse kriteriene er:

- a) Det skal være sikkert at stoffet eller objektet blir anvendt videre.
- b) Stoffet eller objektet kan bli brukt direkte uten videre prosessering utenom vanlig industriell praksis.
- c) Stoffet eller objektet er produsert som en integrert del av en produksjonsprosess.
- d) Videre bruk er lovlig, det vil si at stoffet eller objektet lever opp til relevante krav til produkt, miljø og helse for den gjeldende anvendelse, og ikke vil få generell negativ påvirkning på miljø og menneskers helse.

Aske må da enten oppfylle kriteriene som biprodukt eller gjennom behandling oppnå *end-of-waste* for at det skal bli noe annet enn sluttbehandling på deponi.

2 Metoder og data

Målsetningen med arbeidet har vært å kartlegge dagens situasjon for håndtering av treaske. Videre er det ut fra resultatene i de andre deloppgavene i prosjektet skissert opp mulige alternativer for anvendelse av treaske. De alternative anvendelsene er videre vurdert med tanke på effekter for økonomi og miljø.

2.1 Systemanalyse

I systemanalysen er fasene for treaske delt opp i kilder, logistikk, forbehandling, sluttbruk og nytten av sluttbruken, som illustrert i Figur 2. Hver fase har ulike underprosesser, hvor kilder er delt opp i sagbruk, treforedling og fjernvarme.



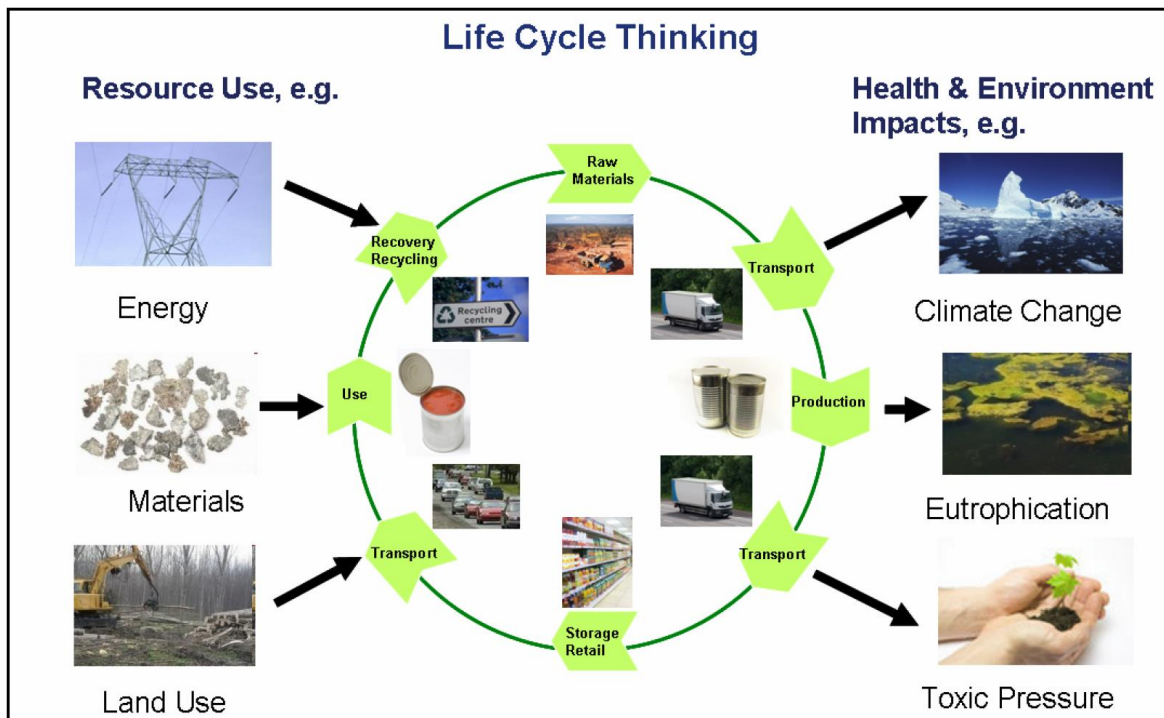
Figur 2: Systemperspektivet for å vurdere treaskehåndtering.

Systemanalysen inkluderer materialstrømanalyse, samt økonomiske analyser for de ulike prosessene. Systemanalysen er også grunnlaget for en livsløpsvurdering. Datagrunnlaget fra studien har i hovedsak vært basert på fire kilder:

- Forskningslitteratur, spesielt fra de andre arbeidspakkene i prosjektet
- Offentlig statistikk, særlig fra Statistisk Sentralbyrå
- Database, Ecoinvent database for livløpsregnskap
- Prosjektseminarer og intervjuer

2.2 Livsløpsvurdering

Livsløpsvurdering er en metode for å analysere miljøpåvirkningen av et produkt eller system som inkluderer råvareuttak, produksjon, bruk og avfallshåndtering, samt transport mellom alle ledd. Det er utviklet en rekke internasjonale standarder for analysene, men også flere guider på europeisk nivå, se Figur 3.



Figur 3: Illustrasjon av livsløpet til et produkt med ressursbruk og miljøeffekter (Illustrasjon: EU 2011).

Hensikten med LCA-studien i dette prosjektet har vært å sammenligne ulike alternativer for behandling av treaske basert på de realistiske alternativene fra systemanalysen. Siden transport vil variere mye fra sted til sted, vil omfanget begrense seg til sluttbruk og nytten av sluttbruk som vist i Figur 2.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Systemanalyse

3.1.1 Kilder til treaske

Treaske som avfall oppstår som et restprodukt fra forbrenning av bark og flis til prosessvarme i trebasert industri og til fjernvarme. Det skilles her hovedsakelig mellom tremekanisk industri, treforedlingsindustri og fjernvarme. En oversikt over nøkkeltall fra Statistisk sentralbyrå er gjengitt i Tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over statistikk over bioenergi og avfallsaske fra Statistisk sentralbyrå.

Kilder til aske	Type	Mengde	Enhet	Årstall	Kilde
Trelast- og trevareindustri	Slagg, støv og aske	2 000	tonn	2008	SSB tabell: 08604
Trelast- og trevareindustri	Innkjøpt ved og avfall	177	GWh	2008	SSB tabell: 08205
Trelast- og trevareindustri	Egentilvirket bioenergi	627	GWh	2008	SSB tabell: 08205
Trelast- og trevareindustri	Innkjøpt ved og avfall	83	GWh	2014	SSB tabell: 08205
Trelast- og trevareindustri	Egentilvirket bioenergi	715	GWh	2014	SSB tabell: 08205
Papir- og papirvareindustri	Slagg, støv og aske	37 000	tonn	2008	SSB tabell: 08604
Papir- og papirvareindustri	Innkjøpt ved og avfall	386	GWh	2008	SSB tabell: 08205
Papir- og papirvareindustri	Egentilvirket bioenergi	3653	GWh	2008	SSB tabell: 08205
Papir- og papirvareindustri	Innkjøpt ved og avfall	173	GWh	2014	SSB tabell: 08205
Papir- og papirvareindustri	Egentilvirket bioenergi	531	GWh	2014	SSB tabell: 08205
Elektrisitets-, gass-, damp- og varmtvannsforsyning	Slagg, støv og aske	56 000	tonn	2013	SSB tabell: 10514
Fjernvarme	Forbruk bark, flis og tre som brensel	1522	GWh	2014	SSB tabell: 04730
Fjernvarme	Forbruk av avfall som brensel	4743	GWh	2014	SSB tabell: 04730

Tabellen viser askeavfall fra trebasert industri i 2008, og mengdene er størst i treforedlingsindustrien. Det har vært flere nedleggelse i denne industrien siden 2008, og energistatistikken viser 85 % reduksjon i egentilvirket bioenergi fra 2008 til 2014. Energiforbruket i trelast- og trevareindustrien har derimot vært relativt stabilt i samme periode. For fjernvarme oppstår det store mengder slagg, støv og aske, men det er usikkert hvor mye av dette som er ren treaske og hvor mye som kommer fra avfallsforbrenning.

3.1.1.1 Trelast- og trevareindustri

I tremekanisk industri har biobrenselet i all hovedsak bestått av ca. 90% bark og 10% flis, mens det i trevare vil være rimelig å anta 100% flisfyring. Andel flis til varmeproduksjon har økt på flere sagbruk de senere årene, da det har blitt vanskeligere å få omsetning på flisprodukter som følge av nedlegging eller utflytting av store deler av treforedlingsindustrien. Vanninnholdet i aske varierer mellom ulike anlegg, men ved å anta 50 % fuktighet vil det tilsvare 8000 tonn aske i 2014. Med en deponipris på 700 kroner per tonn, vil det tilsvare en årlig kostnad for industrien på 5,6 millioner kroner.

3.1.1.2 Treforedling

Treforedlingsindustrien i Norge har, som statistikken viser, blitt vesentlig redusert de senere årene. I denne industrien brukes mye bark til energiproduksjon, men i tillegg brukes også slam og restprodukter fra produksjonen til energi. I kategorien innkjøpt ved og avfall vil det i stor grad være resttrevirke fra for eksempel rivning som blir anvendt. Estimering av askemengder er her basert på rapporterte mengder «slagg, støv og aske» fra alle produksjonssteder, og som er tilgjengelig fra Miljødirektoratet (2016). Totalt blir det 31204 tonn i 2014. Med en kostnad på 700 kroner per tonn gir dette en årlig kostnad for industrien på 21,8 millioner kroner. Rundt en tredjedel av asken behandler bedriftene i egne deponier, så det er usikkert hvor stor kostnaden blir for denne delen.

3.1.2 Fjernvarme

Fjernvarmebransjen bruker totalt mer biobrensel nå enn den trebaserte industrien til sammen. Norsk Fjernvarme har statistikk som viser hvilke typer biobrensel som brukes i norske fjernvarmeanlegg (Norsk Fjernvarme, 2016). Denne viser at skogsflis står for cirka 53 % av brenselforbruket, pellets og faste biobrensel står for 14 % hver, mens resten er fordelt mellom briketter, trepulver, returtre, kornavrens, biogass og bioolje. Her er det antatt at skogsflis har en askemengde som heltreflis på cirka 1 % av tørrvekt (Nordhagen og Gjølsjø, 2013), mens resten er basert på askemengde som rent trevirke. Det gir et estimat på 2000 tonn aske i tørrvekt fra bioenergi til fjernvarme i 2014. Med en antakelse om 50 % fuktighet i levert aske til deponiene og en kostnad på 700 kroner per tonn, vil dette gi en total kostnad for næringen på 2,8 millioner.

3.1.3 Logistikk

Aske lagres og transporteres normalt i ulike typer containere som brukes til ordinært avfall og som tåler varme. Figur 4 - Figur 6 viser ulike løsninger for mellomlagring av aske på sagbruk, fjernvarme og trevareindustri. De fleste norske biobrenselanlegg er såkalte ristfyrte anlegg, hvor brenselet mates inn på en bevegelig skrårast og brenner ut til enden av risten. Det meste av asken faller ned i bunnen (bunnaske) og mates ut i en container. Den resterende delen av asken fanges gjennom ulike former for rensing av røykgassen fra forbrenningen. Denne asken er generelt mer finkornet, og kalles for flyveaske. Røykgassrensningen kan bestå av syklonutskiller, elektrofilter og eventuelt også posefilter. De ulike rensemetodene fanger fraksjoner av asken i ulike størrelser. I syklonutskilleren fanges askepartiklene ved hjelp av sentrifugalkraften, slik at de største bitene faller ned i den koniske delen og mates ut i en container. Mindre askepartikler forsvinner enten ut med røykgassen eller kan fanges i elektrofilter eller posefilter. I et elektrofilter gis askepartiklene en negativ elektrisk ladning, og blir etterpå trukket ut på positivt ladede plater hvor de bankes løs og transporteres ut i containere. I et posefilter fanges askepartiklene på utsiden av lange tekstilkurver, og skilles ut ved hjelp av periodiske trykklufsimpulser på innsiden av kurvene. Denne asken er svært finkornet og blir transportert ut i containere.

En spørreundersøkelse i industrien viste at kostnaden ved transport utgjør cirka 10% av kostnaden ved deponering. En utfordring ved utformingen av de fleste biobrenselanleggene som ble undersøkt i prosjektet, var at bunn- og flyveaskene ble ført sammen i én container og blandet før transport ut til deponi. Så lenge all aske skal til deponi er dette greit, men askeanalysene viste klart at det kun er bunnasken som er egnet som næringstilsetning i landbruket. Hvis man ønsker en resirkulering av asken, bør derfor disse to askefraksjonene holdes adskilt.



Figur 4: Mellomlagring av aske på sagbruk i et eldre forbrenningsanlegg hvor det ikke skilles mellom flyve- og bunnaske.



Figur 5: Mellomlagring av aske ved et moderne biobrenselanlegg hvor flyve- og bunnaske har hver sin konteiner.



Figur 6: Mellomlagring av aske fra et moderne mindre anlegg for flisforbrenning i trevareindustrien.

3.1.4 Forbehandling

Forbehandling av treaske, med mål om å gjøre aske til et kommersielt produkt, er ikke praksis i Norge i dag. Hensikten med forbehandling er å lette transport og gjøre at næringsstoffene løses ut over lengre tid. De ulike typene forbehandling omfatter:

- Herding
- Blanding
- Granulering
- Pelletering

Valg av forbehandling vil være avhengig av hvilket bruksområde asken skal ha. Til skogbruk, som krever mye transport, og hvor næringsstoffene gjerne skal løses ut over tid, vil det være en fordel å pelletere asken først. For jordproduksjon til grøntanlegg vil enkel herding være tilstrekkelig.

Herding av aske innebærer en karbonatiseringsprosess med et opptak av karbondioksid fra atmosfæren. Prosessen medfører derfor et potensiale for å redusere klimagassutslipp, men vil være avhengig av at karbonet blir varig lagret i asken.

3.1.5 Sluttbruk av treaske

3.1.5.1 Skogbruk

Siden asken kommer fra brensel som er tatt ut fra skogen, vil en i utgangspunktet anta at tilbakeføring av asken er et godt tiltak hvor næringsstoffene går i kretsløp. Dette blir for eksempel praktisert i Sverige hvor cirka 10% av treasken blir resirkulert til skogen. Bakgrunnen for dette er at uttak av grener og topper (GROT) fra skogen til brensel krever næringskompensasjon, som da ivaretas ved tilbakeføring av aske.

I Norge tas det i mindre grad ut GROT, og næringskompensasjon er dermed ikke nødvendig i samme grad. Den skogsgjødslingen som skjer i dag er stort sett nitrogengjødsling mot slutten av et bestandsomløp (cirka 10 år før avvirkning). Spredning av aske i skog vil med dagens situasjon ikke erstatte andre produkter. Skogsgjødsel som er kommersielt tilgjengelig og gjerne brukes cirka 10 år før avvirkning består hovedsakelig av nitrogen. Bestanddelene er:

- Nitrogen 27 w%
- Kalsium 4 w%
- Bor 0.2 w%

Det er få økonomiske insentiver per i dag for tilbakeføring av aske til skog. For nitrogengjødsling er det foreslått tilskudd for å øke karbonlagring i skogen som en del av Stortingets klimaforlik (Regjeringen, 2016). Hvis det viser seg at også aske som gjødsel i skog har tilsvarende effekt for å øke karbonlagringen i skogen, kan det være et potensiale for at en slik støtteordning også omfatter treaske.

3.1.5.2 Jordbruk

Aske kan anvendes i jordbruk som erstatning for bruk av konvensjonelt produsert kunstgjødsel og kalk. Norsk jordbruk har et årlig forbruk på rundt 350 000 tonn NPK-gjødsel (Nitrogen, fosfor og kalium) (Yara, 2013). Markedsmulighetene er derfor store for gjødsel til jordbruket, men aske inneholder ikke nitrogen. Innholdet av fosfor i asken er derimot mer interessant. På samme måte som olje, er fosfor en begrenset ressurs. Diskusjonen om «peak oil» (at maksimal global oljeproduksjon ble nådd omkring 2005) er velkjent, mens de senere årene har også diskusjonen om «peak phosphorus» startet. Det internasjonale samfunnet deler en felles bekymring for at det blir knapphet på fosfor i framtiden. Utvinningen av fosfor medfører dessuten en miljøbelastning. Eksempel på et dagbrudd for fosfor er vist i *Figur 7*.

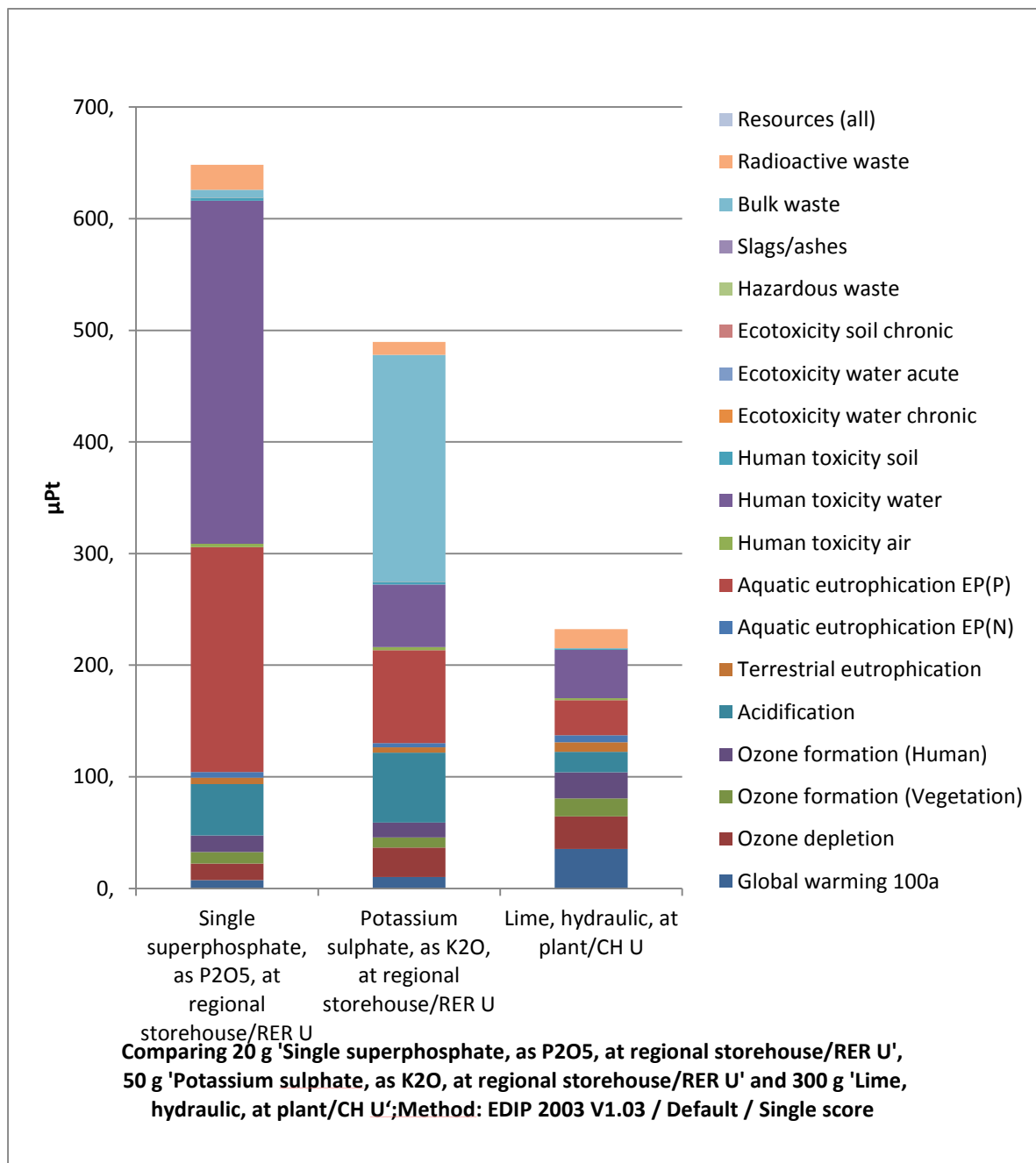


Figur 7: Bildet viser dagbrudd for fosfat i USA (Illustrasjon: Wikimedia/Parker-Burlingham).

Bruk av aske i jordbruket kan derfor erstatte konvensjonelt produsert kalk, fosfor og kalium. I 1 kg treske er innholdet i størrelsesorden følgende mengder hovednæringsstoffer:

- 20 gram fosfor
- 50 gram kalium
- 300 gram kalsium

Det ble gjennomført en forenklet livsløpsvurdering for å avdekke hvilket potensiale aske i jordbruket kan ha med tanke på å redusere miljøbelastningen fra produksjon av konvensjonelle råvarer. Resultatene er vist i *Figur 8*. Denne vurderingen er basert på data for produksjon av disse råvarene i databasen Ecoinvent v2.2 (Althus et al, 2007), og miljøbelastningen er vurdert med metoden EDIP 2003 (PRé, 2010). Denne metoden gir en vektning av de ulike miljøpåvirkningskategoriene slik at man kan sammenligne klimagassutslipp med vannforurensing. Resultatene i *Figur 8* viser at erstatning fra kalk har størst potensiale til å redusere klimagassutslipp. For fosfor og kalium er det derimot liten klimareduksjon, mens betydningen av å redusere vannforurensing er betraktelig større.



Figur 8: Livsløpsvurdering for konvensjonell produksjon av næringsstoffene i treaske.

3.1.5.3 Grøntanlegg

Bruk av aske i jordblandinger for produksjon av anleggsjord har vist seg å fungere. Bruk av aske i jordblandinger har følgende bruksområder:

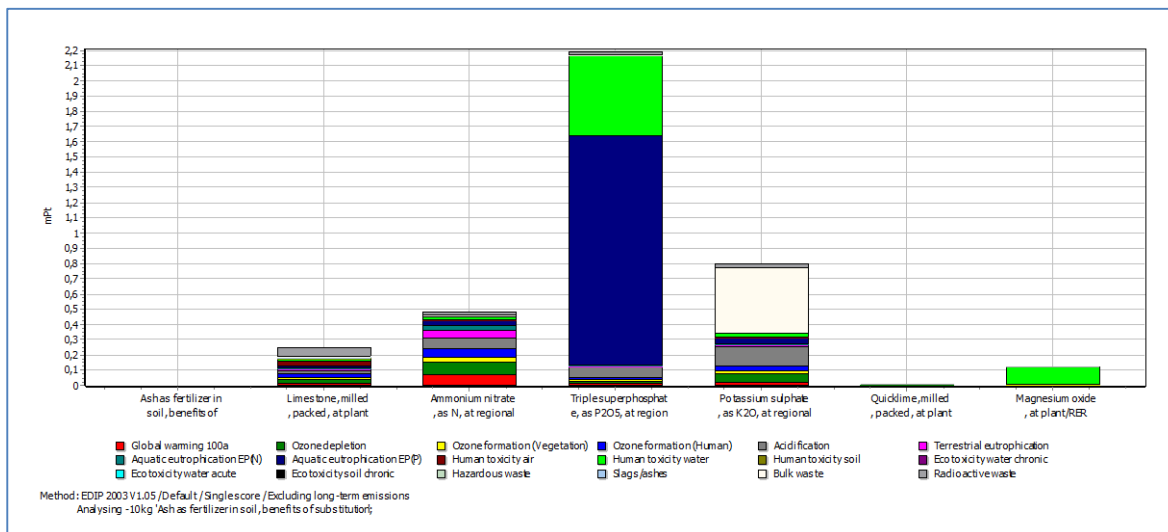
1. pH justering
2. Fosforgjødsel
3. Kaliumgjødsel
4. Tilførsel av mikronæringsstoffer

For produksjon av 1 m³ anleggsgjord har det vist seg at 10 kg aske kan erstatte 4 kg CaCO₃ og 0,5 kg fullgjødelse 12-4-18 mikro (Trond K. Haraldsen, e-post 2014). En oversikt over næringsstoffene som erstattes er vist i *Tabell 2*.

Tabell 2: Substitusjon av konvensjonell produksjon av næringsstoffer ved askeresirkulering.

Næringsstoffer som aske kan erstatte	Mengde	Hvilken produksjon som substitueres. Basert på Ecoinvent (Althus et al 2007)
Kalk	4 kg	<i>Limestone, milled, packed, at plant/CH U</i>
Nitrat	0,5*0,118 = 0,059 kg	<i>Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U</i>
Kalium	0,5*0,04*1,75 = 0,035 kg	<i>Potassium sulphate, as K₂O, at regional storehouse/RER U</i>
Fosfor	0,5*0,176*1,2 = 0,1056 kg	<i>Triple superphosphate, as P₂O₅, at regional storehouse/RER U</i>
Kalk	0,5*0,02*1,4 = 0,014 kg	<i>Quicklime, milled, packed, at plant/CH U</i>
Magnesium	0,5*0,012*2,5 = 0,014 kg	<i>Magnesium oxide, at plant/RER U</i>

Livsløpsvurderingen er gjennomført for å avdekke hvilket potensiale bruk av aske i anleggsgjord har til å redusere miljøbelastningen fra konvensjonell produksjon av næringsstoffene i *Tabell 2*. Resultatene viser at å benytte aske vil kunne redusere klimagassutslippet med 0,8 kg CO₂-ekv. per kubikkmeter anleggsgjord. Når alle miljøpåvirkningskategoriene er vektet, viser det seg likevel at vannforurensing (toksisitet og eutrofiering) fra produksjon av fosfor har den største betydningen, illustrert i *Figur 9*.



Figur 9: Vektet miljøbelastning fra konvensjonell produksjon av gjødsel og kalkstein til 1 m³ anleggsjord.

Kostnadmessig er det estimert at kalkstein koster cirka 2,40 kroner og fullgjødsel 2,70 kroner per m³ anleggsjord, som til sammen blir rundt 5 kroner per m³. Ved å heller anvende aske vil jordprodusenten spare ca. 500 kroner per tonn aske.

3.1.5.4 Teknisk anvendelse

Muligheter for teknisk anvendelse av aske er:

- I veier istedenfor pukk
- I stabilisering av syrer som industriavfall
- Tilsetning som bindemiddel i sement

Et eksempel på en alternativ utnyttelse av aske til tekniske anvendelser er Norsk avfallshåndterings (NOAH) anlegg på Langøya i Vestfold. Her brukes flyveaske til nøytralisering av syrer samtidig som miljøgiftene blir forsvarlig stabilisert. Denne behandlingen har status som gjenvinning hos myndighetene, da den erstatter bruk av konvensjonell kalk til å nøytralisere syrene. Årlig mottas det omkring 200 000 tonn flyveaske, hovedsakelig fra avfallsforbrenningsanlegg i Nord-Europa.

Dersom man antar et gjennomsnittlig innhold av kalsium på 400 gram per kg tørr aske vil dette gi 0,56 kg kalk (CaO). Samtidig vil en unngå ca. 0,3 kg i CO₂-utslipp per kg aske, illustrert i Figur 10. Å sende flyveasken til Langøya vil også ha miljømessige fordeler ved at flyveaskens høye innhold av tungmetaller blir tatt ut av kretsløpet. Økte utslippskrav til bioenergisentraler vil etter hvert gjøre det nødvendig å installere elektrofiltre i større grad, noe som også vil øke mengden flyveaske som må deponeres.



Figur 10: Illustrasjon som viser substitusjonseffekt ved å erstatte kalk med aske.

3.1.5.5 Deponering

Deponering innebærer et permanent disponeringssted for avfall ved oppbevaring på eller under bakken (Avfallsforskriften). Deponier deles inn i tre kategorier:

1. Deponier for farlig avfall
2. Deponier for ordinært avfall
3. Deponier for inert avfall

For at aske skal kunne legges på deponi skal avfallsprodusenten sørge for at det er gjennomført en basiskarakterisering av avfallet før deponering finner sted. Dette er nærmere beskrevet i vedlegg II i Avfallsforskriften, kapittel 9.

3.2 Livsløpsvurdering for alternative anvendelser av aske

3.2.1 Mål og omfang

Målet for livsløpsvurderingen er å finne ut hvilke løsninger for anvendelse av aske som har lavest miljøpåvirkning når man både tar hensyn til utslipp fra behandling/anvendelse og unngåtte utslipp ved substitusjon av konvensjonell produksjon av materialer og energi.

Basert på funnene i systemanalysen har det blitt tatt utgangspunkt i at bunnaske og flyveaske kan behandles hver for seg. Følgende scenarioer valgt ut for en vurdering som sammenligner de ulike anvendelser av bunnaske:

- Bruk i anleggsgjord som gjødselsersstatning
- Bruk til nøytralisering av syre som erstatning for kalk
- Forbrenning i kommunalt anlegg med energigjenvinning som erstatter annen fjernvarme- og elektrisitetsproduksjon
- Levert til sluttbehandling på deponi
- Spredning på jord, uten erstatning av gjødsel

For flyveaske er følgende scenarier valgt ut:

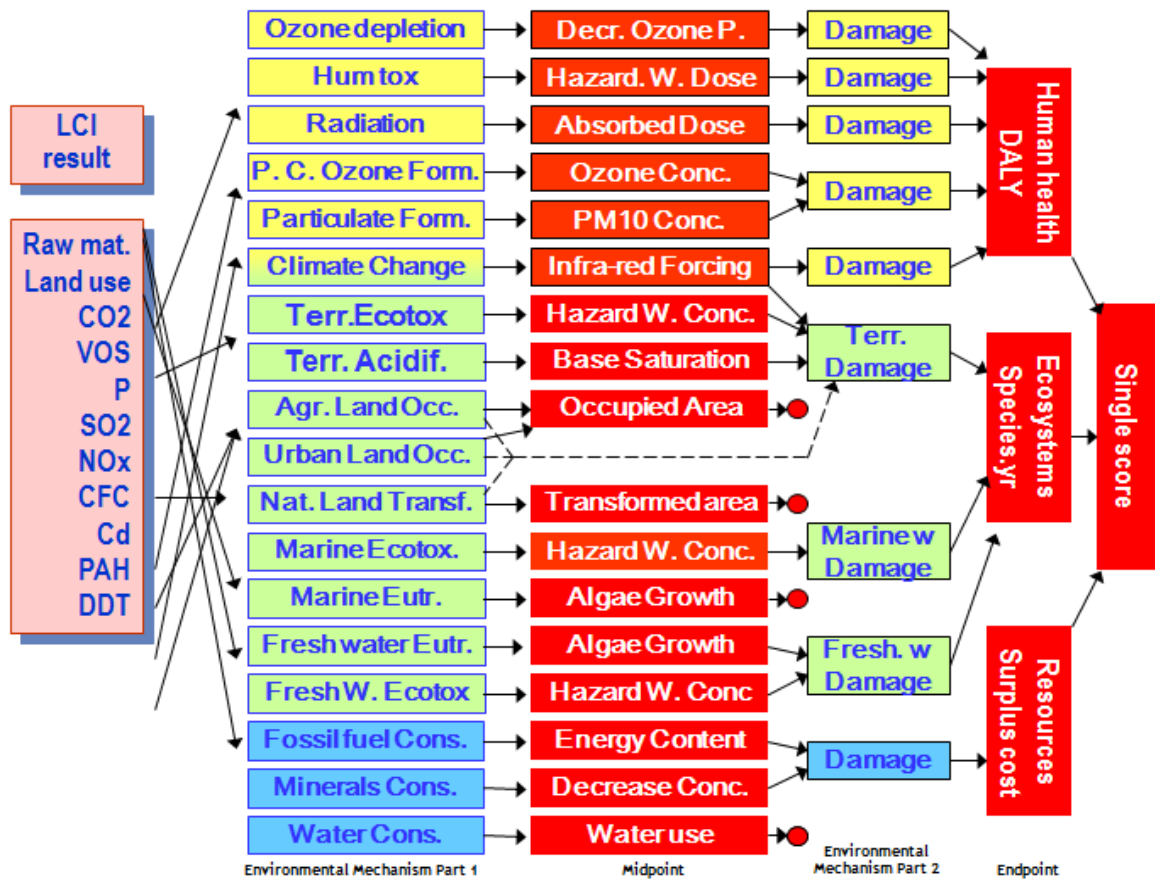
- Spredning på jord, uten erstatning av gjødsel
- Bruk til nøytralisering av syre istedenfor kalk på Langøya
- Forbrenning i kommunalt anlegg med energigjenvinning som erstatter annen fjernvarme- og elektrisitetsproduksjon
- Levert til sluttbehandling på deponi
- Forbrenning i kommunalt anlegg, uten erstatning av annen fjernvarme- og elektrisitetsproduksjon

3.2.2 Livsløpsregnskap

Livsløpsregnskap (eng. *Life Cycle Inventory, LCI*) er en fase i livsløpsvurderingen som omfatter sammenstilling og kvantifisering av inngangsfaktorer og utgangsfaktorer for et bestemt produktsystem gjennom dets livsløp. LCI for de ulike anvendelsene av aske er basert på data fra databasen Ecoinvent v2.2, som presentert i Doka (2009).

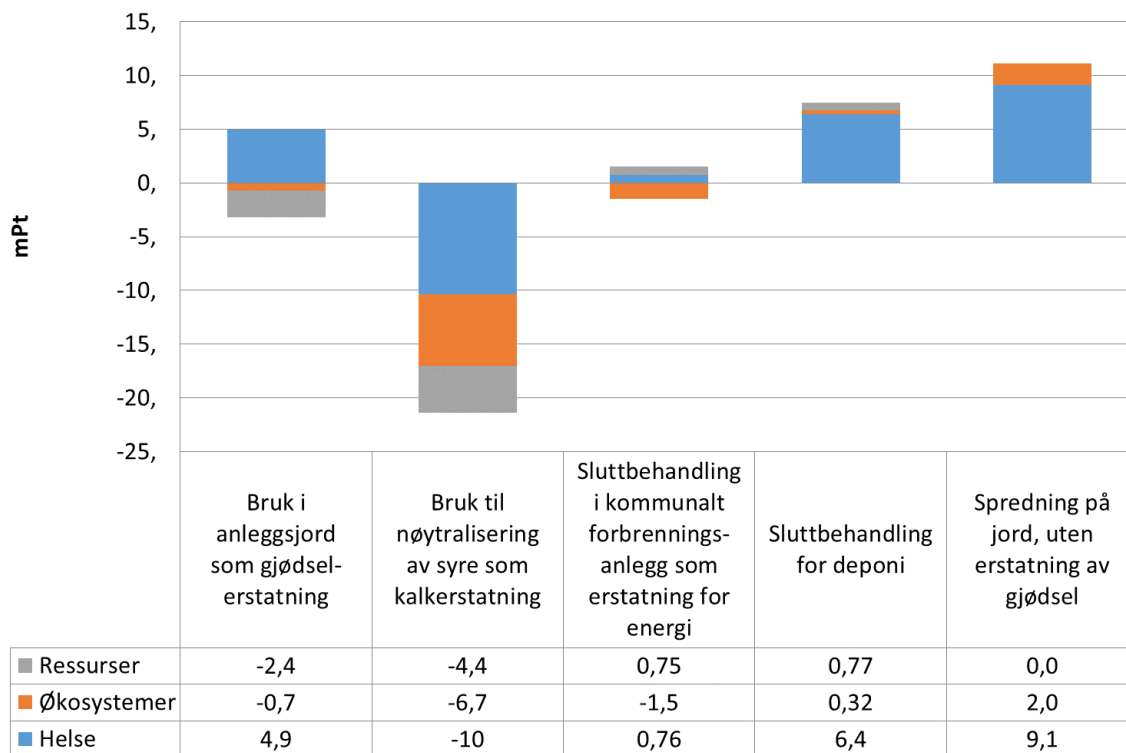
3.2.3 Livsløpspåvirkning

Livsløpspåvirkning er beregnet med bruk av ReCiPe Endpoint (hierarkisk verdigrunnlag), og med bruk av vekting for å forenkle sammenligningen. ReCiPe er en metode som har blitt utviklet for å harmonisere ulike modeller for livsløpspåvirkning (Goedloop m. fl., 2013). Sammenhengen mellom livsløpsregnskapet og livsløpspåvirkningen i denne metoden er illustrert i *Figur 11*.

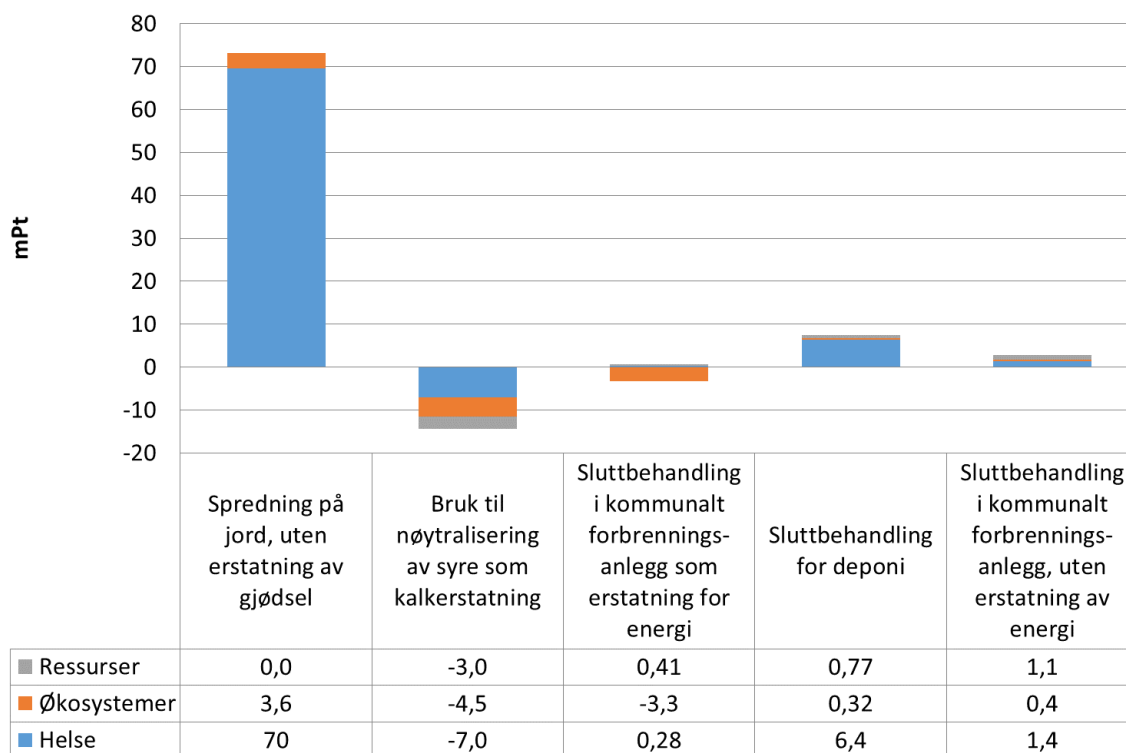


Figur 11: Sammenheng mellom livsløpsregnskap og indikatorene for livsløpspåvirkning i ReCiPe-metoden (Goedkoop m. fl., 2013).

Ved bruk av såkalte Eco-indikatorer for sammenligning av miljøpåvirkning benyttes gjerne den dimensjonsløse enheten *milli-point (mPt)*. Den absolutte verdien er ikke vesentlig fordi hovedhensikten er å gjøre en relativ sammenligning av ulike produkter og komponenter. Skalaen er valgt slik at 1 Pt er representativt for 1/1000 av den årlige miljøpåvirkningen på en gjennomsnittlig Europeisk innbygger. Skalaen leses slik at en høy verdi gir stor negativ miljømessig påvirkning. En negativ verdi medfører dermed en positiv miljømessig påvirkning. Resultatene for livsløpspåvirkningen ved alternativ bruk av bunnaske og flyveaske er vist i henholdsvis Figur 12 og Figur 13.



Figur 12. Potensiell påvirkning på helse, økosystemer og ressurser ved ulike behandlinger av bunnaske.



Figur 13. Potensiell påvirkning på helse, økosystemer og ressurser ved ulike behandlinger av flyveaske.

Resultatene for *bunnaske* viser at bruk for å nøytralisere syre har størst positiv effekt med hensyn til helse, økosystemer og bevaring av ressurser (*Figur 12*). Denne behandlingen kommer veldig bra ut fordi den ikke medfører noen direkte miljøbelastning, men bare ekstra miljønytte da den erstatter kalkproduksjon. Energigjenvinning har tilnærmet ingen belastning, da nytten av energien som blir gjenvunnet er tilnærmet lik belastningen fra forbrenning. Spredning på land uten erstatning av gjødsel, samt deponi, har størst negativ betydning for helse. Bruk i anleggsgjord har en betydelig nytte for bevaring av ressurser, men innholdet av kadmium og mangan gjør at påvirkningen på helse er større.

Resultatene for *flyveaske* viser at bruk til å nøytralisere syre har den beste effekten med hensyn til helse, økosystemer og bevaring av ressurser (*Figur 13*). Ved høye mengder karbon i askene kan også energigjenvinning være et gunstig alternativ.

4 Oppsummering og konklusjon

Behandlingen av treaske per i dag består hovedsakelig av deponering, noe som i utgangspunktet er den minst ønskede løsningen (jfr. Avfallshierarkiet, se kap. 1.2). Resirkulering av treaske som gjødsel eller jordforbedring praktiseres i noen grad, og så lenge dette oppfyller kravene i gjeldende forskrift (Gjødselvereforskriften, 2009), er dette en forbedring i forhold til dagens praksis. Flere askeanalyser har vist relativt høye verdier av uforbrent karbon, og i slike tilfeller kan energigjenvinning være aktuelt. Ombruk (jfr. *Figur 1*) anses ikke som relevant med tanke på treaske.

Det beste alternativet i henhold til avfallshierarkiet vil derimot være å redusere askemengden. Bark inneholder cirka 10 ganger så mye aske som flis, noe som betyr en betydelig reduksjon av askemengden dersom det er mulig for produsenter av biobrenselbasert varme å heller brenne flissortimenter. Dette har også fordeler i og med at det som regel vil føre til renere utslipp til luft. Det er samtidig viktig å være klar over at det er designmessige begrensninger på ristfyrte forbrenningsanlegg med tanke på at disse skal kunne fungere optimalt, blant annet i forhold til partikkelstørrelsen på flissortimentene og trefuktigheten.

En overgang fra bark til mer bruk av flis i biobrenselanleggene forutsetter også at de økonomiske rammevilkårene for omsetning av bark er bedre enn for flissortimentene. Eksempelvis vil produksjon av varme fra celluloseflis (som før forbrenning kan gi en rekke andre oljebaserte produkter eller benyttes i papirproduksjon) i utgangspunktet være en dårlig utnyttelse av et høyverdig produkt. Bruk av bark til å erstatte torv i jordprodukter kan derimot ha et stort potensiale for vesentlig reduksjon av klimagassutslipp, da torv regnes som en fossil ressurs.

Flyveasken, som utgjør cirka 10 % av askemengden, har for høye nivåer av tungmetaller til å anvendes i henhold til gjødselvereforskriften, mens analysene viser at det er hensiktsmessig for miljøet å gjenvinne dette til nøytralisering av syrer i avfallsbehandlingen på Langøya. Miljømessig er det også gunstig å sende bunnaske til nøytralisering av syrer, men det vil ikke være mer økonomisk lønnsomt enn dagens løsning.

Kommersialisering av bunnaske ser ut til å ha størst nytte der det erstatter konvensjonelt gjødsel og kalkstein i jordbruk og anleggsjord. I skogbruk er det liten anvendelse av slike næringsstoffer i dag, men det kan være en potensiell anvendelse for dette ved økt uttak av GROT eller i skog som trenger kalking. Anvendelse i anleggsjord vil redusere deponiavgiften med cirka 500 kroner per tonn, mens det også kan redusere kostnadene for gjødsel tilsvarende 500 kroner per tonn. Samfunnsøkonomisk vil dette gi en besparelse på 1000 kroner per tonn aske som blir brukt i anleggsjord sammenlignet med deponi. Lovverket åpner for å anvende bunnaske som et gjødsel- eller kalkingsprodukt, men det er registreringspliktig hos Mattilsynet, og må dermed oppfylle krav til innhold av tungmetaller. Bruk av varedeklarasjoner som kan dokumentere egenskapene av askeproduktet kan være et nyttig virkemiddel for å fremme kommersialiseringen.

5 Litteraturliste

Althus, H.-J., Hirsch, R., Osses, M., Primas, A., Hellweg, S. Jungbluth, N. & Chudacoff (2007). Life Cycle Inventories of Chemicals. Final report ecoinvent data v2.9 No. 8. EMPA, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, Online-Version under: www.ecoinvent.org

Baumanns, K. (2010). *The contribution of ash recycling to the sustainability of bioenergy from forest biomass: An analysis of Götaland, Sweden*. MSc thesis. Lund University, Sweden.

Doka, G. (2009). Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. econinvent report No. 13. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2009.

EU (2011). Technical guide LCT and LCA for waste experts and LCA practitioner.

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. D., Struijs, J. & van Zelm, R. (2013). ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition (revisited) Report I: Characterisation.

Miljødirektoratet (2016). Norske utslipp. Landbasert industri. www.norskeutslipp.no

Nordhagen, E. & Gjølshjøl, S. (2013). Flis og flisegenskaper. En undersøkelse av brenselflis i det norske flismarkedet. *Rapport fra skog og landskap 13/2013*.

Norsk Fjernvarme (2016). Bioenergi 2014. Hentet fra: www.fjernkontrollen.no

Olsson, S., Kärrman, E., Rönnblom, T. og Erlandsson, Å. (2008). Skogsbränsleaska som näringsressurs eller konstruksjonsmaterial. Miljøeffekter av ulike hanteringsalternativ. *Miljøriktig anvendig av askor, rapport 1068*. Stockholm: Värmeforsk.

PRé (2010) SimaPro 7. Database Manual. Methods library. Report version 2.4. Pré Consultants, the Netherlands.

Regjeringen (2016). Skog – klimatiltak. Statsbudsjettet 2016. Hentet 29. januar, 2016, fra: <http://www.statsbudsjettet.no/Statsbudsjettet-2016/Statsbudsjettet-fra-A-til-A/Skog---klimatiltak/>

Sathre, R., Gustavsson, L. & Bergh, J. (2010). Primary energy and greenhouse gas implications of increasing biomass production through forest fertilization. *Biomass and Bioenergy*, 34, 572-581.

SSB (2012). Statistikkbanken Tabell: 08604: Industriavfall. Generert mengde avfall, etter næring (SN2007), materialtype og behandlingsmåte (1000 tonn).

Tellnes, L. G. F., Flæte, P. O. & Nyruud, A. Q. (2011). Material flows in the Norwegian sawmilling industry. *Proceedings to the 7th meeting of the Nordic-Baltic Network in Wood Material Science and Engineering (WSE)*. October 27-28, Oslo, Norway.

Varmeforsk. (2016). Hentet fra: www.varmeforsk.se/forskningsprogram/askprogrammet.

Yara (2013). Gjødseleksproduksjon i Norge - viktig for norsk landbruk. Hentet 15. januar, 2016, fra: <http://www.yara.no/gjodsel/Tools-and-Services/gjodselaktuelt/gjodselaktuelt-2013-1/Gjodselproduksjon-i-Norge-viktig-for-norsk-landbruk.aspx>