

## Respons til kommentarer på rapportutkast

### Om prosessen

Som en del av denne prosessen, har vi gått i tett dialog med flere aktører og fageksperter gjennom workshops og ved å sende rapportutkast ut til ekstern evaluering og kommentering. Dette har bidratt til at vi kunne vurdere et bredt spenn med faglige argumenter.

Vi mener at det ligger en verdi i å bevare faglig dialog. Samtidig, i tilfeller hvor det kan være uenighet mellom forfattere og andre om hvordan data skal tolkes, så vil økt åpenhet bidra til å vise at begrensninger har blitt tatt opp og diskutert. Eksterne fagfeller har derfor fått muligheten til å få sine kommentarer og respons til disse publisert som et supplerende vedlegg.

Merk at vi også hadde en intern revisjonsrunde etter denne eksterne runden med kommentarer. Endelig tekst kan derfor i noen tilfeller avvike fra sitater nedenfor.

### Respons til kommentarer

#### **Fagfelle(r) 1**

*[Tekst unntatt offentlighet etter forespørsel.]*

#### **Fagfeller 2**

Til Hafslund Oslo Celsio,

Vi takker for nyttige og konstruktive innspill til vårt rapportutkast mottatt via epost 22.11.23. Basert på mottatte kommentarer har vi endret parametersetting (inkludert ytelseskoeffisienten til luft-til-vann varmpumper og varmetap) og oppdatert resultater, gjort nye analyser på hvordan allokering påvirker insentiver gitt til energieffektivisering i bygg, forbedret kommunikasjonen av scenarioer for avfallsbehandling av fossilt polyetylen og gjort flere presiseringer i teksten. Respons til enkeltkommentarer er gitt nedenfor i blått.

Mvh,  
Jan Sandstad Næss

På vegne av Hafslund Oslo Celsio oversendes kommentarer og innspill til rapportutkastet Klimagassvekting av fjernvarme i livsløpsanalyser.

[Respons] Vi takker for hjelpsomme og nyttige kommentarer og innspill. Det har bidratt til at vi har kunnet forbedret vår metode, analyse og tekst.

Først og fremst er det svært bra at man her har tatt et mer helhetlig og realistisk perspektiv på hvordan avfallssystemet i dag fungerer internasjonalt, og da spesielt på at man her inkluderer det faktum at store mengder med avfall fortsatt havner på europeiske deponier, med dertil store klimagassutslipp og lokale miljøulemp. Et slikt perspektiv har sjelden vært trukket frem i Norge. I den sammenheng er det også viktig å påpeke at avfallsforbrenning i praksis ofte er den eneste behandlingsmetoden for å destruere miljøgifter, uønskede stoffer og smittefarlig avfall, og vil også være en god metode for sluttbehandling av materialer som ikke kan eller bør materialgjenvinnes, som f.eks. plast med lav kvalitet eller sammensatte produkter. Komplexiteten i avfallsstrømmen er i realiteten svært stor og lar seg selvsagt ikke modellere inn i en teoretisk analyse som her.

[Respons] Takk for positiv respons. Vi setter pris på at dere trekker frem vårt internasjonale perspektiv som en analytisk styrke.

Rapportens hovedformål er å diskutere hvordan utslipp skal avfallsforbrenning skal allokeres – enten til avfallsprodusenten, til fjernvarmekunden eller en mellomting. Når man anvender metoden på et nullutslippsområde, er det imidlertid kun i fase B6 (energibruk i drift) som man her ser på. All aktivitet som skjer innenfor nullutslippsområdet, både under bygging og drift er jo aktiviteter som av natur og i realiteten skaper avfall - hver eneste dag. Vi anbefaler at man fremover også inkluderer denne type grunnleggende aktiviteter i områdeanalyser – ikke minst for å få en enda mer helhetlig forståelse av hvordan avfall dannes og håndteres.

[Respons] Vi takker for innspillet om at alle avfallsskapende aktiviteter burde vurderes i områdeanalyser og tar innspillet med oss til videre vurdering i fremtidig arbeid.

Hafslund Oslo Celsio har følgende konkrete kommentarer og innspill (vi referer her til aktuelle linjenummer i rapportutkastet):

- 251-252: Det er korrekt av varmepumper ofte er det mest realistiske alternativet til fjernvarme. Det er dog ikke vanlig at varmepumpen alene klarer å dekke hele energibehovet, og aldri hele effektbehovet på kaldeste dag. Et vanlig oppsett er en varmepumpe som dekker 90 % av energibehovet og 50 % av effektbehovet. Resten dekkes av en el-kjel. SCOP på 3,0 er svært høyt – en studie utført av Multiconsult på 20 reelle anlegg viste en snittverdi på 2,13. Videre vil bruk av varmepumper med el-kjel som spisslast medføre et langt høyere effektbehov på kraftnettet i den kaldeste timen enn fjernvarme. Det vil igjen medføre nødvendige investeringer i mer kraftnett og bakenforliggende kraftproduksjon. Dette er momenter som bør vurderes tatt inn i analysen.

[Respons] Vi har nå justert ned ytelseskoeffisienten til 2,25 basert på denne kommentaren. Dette er midt i intervallet som er gitt for luft til vann varmepumper i litteraturgjennomgangen fra Sadeghi et al. (2022). Merk at vi også har vurdert en grunnvarmepumpe med COP på 5 for å sammenligne insentiver gitt til energieffektivisering via LCA ved bruk av fjernvarme basert på årlige utslippsintensiteter med andre teknologier (se senere kommentar).

Vi ser poenget med at man i mange tilfeller vil måtte bruke alternative produksjonsmetoder for å dekke topplast også med desentraliserte energisystemer. Vi har påpekt fordelene med marginalbetraktninger for energimiks og topplast i teksten (se senere kommentar). Vi mener allikevel det gir tilstrekkelig grunnlag for oss å bruke varmepumper som en proxy for konkurrerende energiproduksjon i vår analyse, om enn noe forenklet, og at vi kan konkluderer med B=0 basert på dette.

Sadeghi, H., Ijaz, A., & Singh, R. M. (2022). Current status of heat pumps in Norway and analysis of their performance and payback time. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 54, 102829. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102829>

- 277: Man bruker her utsortert fossilt polyetylen som eksempel på en gjenvinnbar plastfraksjon. Det er viktig å være klar over at det i realiteten krever flere trinn med sortering og forbehandling av blandet plastavfall før man sitter igjen med en fraksjon som faktisk lar seg materialgjenvinne mekanisk. Dette er prosesser som også krever ressurser, og som man kan utvide en LCA-analyse med på sikt.

[Respons] Takk for bemerkingen. Vi har spesifisert at vi gjør en forenkling.

*«Utsortert fossilt polyetylen brukes her forenklet som et eksempel på en gjenvinnbar plastfraksjon, men det bør bemerkes at i mange tilfeller vil blandet plastavfall måtte gå gjennom flere trinn med forbehandling før mekanisk materialgjenvinning er mulig (Al-Salem et al., 2009; Ragaert et al., 2017).»*

- 318: Varmetapet i Celsios fjernvarmenett er mellom 8 og 9 %, langt under 15 % som her er benyttet. Snitt-tap i Celsios nett er 8,8 % siste 10 år.  
[Respons] Takk for innspillet og primærdata. Vi har endret varmetap i nettet til 9 % som mest sannsynlig verdi og som grunnlag for alle hovedresultater, men har også brukt et videre spenn på 5-20 % i Monte Carlo simuleringer (påvirker usikkerhetsstolper i figurer).
- 322: Se kommentarer til 251-252.

[Respons] Oppdatert til COP=2.25.

- 376-378: Vi er kjent med denne kritikken. Imidlertid savner vi en god diskusjon rundt premisene her. Om et bygg velger varmepumper fremfor fjernvarme på grunn av utslipp fra avfallsforbrenning, vil det da i virkeligheten redusere mengden restavfall som må behandles i samfunnet, inkludert byggets egen avfallsproduksjon, og dermed redusere utslippene tilsvarende? Eller vil utslippene være de samme, men mengden spillvarme som utnyttes reduseres, og med økt kraftforbruk til varmepumper som resultat? Vi tror det siste, og savner en god begrunnelse for hvordan man kan si at utslipp fra avfallsforbrenning reduseres ved å ikke velge fjernvarme der man har muligheten. Hvor er koblingen mellom redusert fjernvarmeforbruk og redusert avfallsmengde?

[Respons] Takk for innspillet. Vi har latt påstanden stå med referanse til Resch et al. (2023) her for å reflektere debatten i litteraturen. Vi er allikevel enige i at behovet for å behandle avfall er i størst grad styrende for utslipp fra et avfallsforbrenningsanlegg og har nå påpekt dette i samme avsnitt.

*«[...] Andre har poengtert at absolutte utslipp fra et avfallsforbrenningsanlegg ikke påvirkes av energigjenvinning eller energieffektivisering og at spillvarme må utnyttes for å ikke gå tapt (H. Kauko et al., 2022). Avfall kan ikke lagres og avfallsopphopning må unngås (Martínez et al., 2022).»*

- 469 – 470: P.t. er det ca. 60 CCUS-prosjekter som planlegges på avfallsforbrenningsanlegg i Europa

[Respons] Det er et viktig poeng. Vi mener det er flere enn dette og har skrevet det inn.

*«Det er for øyeblikket 119 CCS prosjekter (inkludert karbonfangst med utnyttelse og lagring) under utvikling i Europa (Levina et al., 2023)»*

*Levina, E., Gerrits, B., & Blanchard, M. (2023). CCS in Europe – Regional Overview. Global CCS Institute. <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/ccs-in-europe-regional-overview/>*

- 551-554: Hvilke plastfraksjoner som skal sorteres ut er også regulert i lover og forskrifter, og som stadig omfatter flere sektorer enn før.

[Respons] Vi har nå påpekt dette i litteraturgjennomgangen med en referanse til Avfallsforskriften.

«Hvilke avfallsfraksjoner som skal sorteres ut reguleres typisk via lover og forskrifter (Lovdata, 2004, 2023).»

- 557-561: Litt vrient å skjønne de fire ulike punktene her  
[Respons] Takk for tilbakemeldingen. Vi har lagt til en ny tabell i metodekapittelet som vi håper gjør det lettere å forstå scenarioene for avfallsbehandling av fossilt polyetylen.

Tabell 1: Scenarioer for avfallsbehandling av fossilt polyetylen og konsekvenser utenfor systemgrensa. I alle scenarioer med varmeproduksjon for fjernvarme antas det at det eksisterer etterspørsel etter varmeenergi.

Scenario	Beskrivelse
Mekanisk resirkulering	Innsamlet fossilt polyetylen sendes til mekanisk resirkulering og erstatter primærproduksjon av polyetylen.
Avfallsforbrenning med energigjenvinning (overkapasitet)	Fossilt polyetylen sendes til avfallsforbrenning med energigjenvinning under overkapasitet i norske forbrenningsanlegg. Ingen fortrenging av avfall. Varmeproduksjon erstatter elkjel.
Avfallsforbrenning med energigjenvinning (underkapasitet), europeisk forbrenning	Fossilt polyetylen sendes til avfallsforbrenning med energigjenvinning med underkapasitet i norske forbrenningsanlegg. Blandet avfall erstattes og fortrenges til europeisk sluttbehandling via avfallsforbrenning med elektrisitetsproduksjon på marginen. Gjennomsnittlig elektrisitetsproduksjon erstattes i Europa.
Avfallsforbrenning med energigjenvinning (underkapasitet), europeisk moderne deponi	Fossilt polyetylen sendes til avfallsforbrenning med energigjenvinning med underkapasitet i norske forbrenningsanlegg. Blandet avfall erstattes og fortrenges til europeisk sluttbehandling via moderne deponier med metansamling på marginen. Oppsamlet metan erstatter naturgass i Europa.
Avfallsforbrenning med energigjenvinning (underkapasitet), europeisk deponi	Fossilt polyetylen sendes til avfallsforbrenning med energigjenvinning med underkapasitet i norske forbrenningsanlegg. Blandet avfall erstattes og fortrenges til europeisk sluttbehandling via deponier uten metansamling på marginen.

- 562-577: CO2-besparelsen ved å erstatte norsk elektrisitet med fjernvarme er her satt til en lav verdi. Dette er ryddig og transparent, men det er også verdt å nevne at man mange steder i landet begynner å «tom» for strøm, og spesielt rammer dette store bedrifter som ønsker å elektrifisere prosesser som i dag har fossil energiforsyning. Om fjernvarme kan frigjøre elektrisitet til slike formål vil substitusjonseffekten i praksis bli langt høyere.

[Respons] Takk for dette poenget. Vi har nå lagt til en setning i kapittel 4.5.

*«Kombinasjonen av ambisiøse energieffektiviseringstiltak og økt bruk av fjernvarme med energigjenvinning kan bidra til å senke effektopper i strømmettet når etterspørselen er størst (H. L. P. Kauko et al., 2023).»*

Et nytt avsnitt har blitt lagt til i kapittel 4.8 hvor studiens begrensninger diskuteres. Vi nevner mulige fordeler med marginalbetraktninger og har nevnt viktigheten av å se på frigjøring av elektrisitet til andre formål og spisslast (se understreket tekst).

*«Vi har brukt årlige gjennomsnittlige utslippsintensiteter for energiproduksjon, mens energimiksen i levert fjernvarme vil endre seg gjennom året (Dæhlin, 2018). Spesielt, så kan det å øke etterspørselen etter fjernvarme føre til økt bruk av andre energibærere for å dekke topplast på tider av året når forbrenningskapasiteten ikke er høy nok til å dekke etterspørselen etter varme. Om topplast dekkes av karbonintensive energibærere, som fossil olje eller naturgass, så kan dette føre til økt klimapåvirkning på marginen. I slike tilfeller, så kan marginalbetraktninger bidra til å gi innsikt om hvordan beslutninger om å knytte mer gulvareal til et fjernvarmenett vil påvirke miljøytelse av energisystemet. Om alternativet er å installere annen desentralisert energiforsyning som varmepumper, så vil dette også belaste elektrisitetsnettet. En marginalanalyse burde dermed også utforske hvordan økt etterspørsel etter elektrisitet påvirker effektbehov i kraftnettet, hvordan det påvirker spisslast på kalde dager og hvorvidt det påvirker muligheter for alternativ bruk av elektrisitet for å substituere fossil energi i andre prosesser (f.eks., industri, transport) (H. L. P. Kauko et al., 2023). Det er verdt å merke seg at på kort sikt er forbrenningskapasitet inelastisk til etterspørselen av fjernvarme, mens på lengre sikt så vil investeringer i forbrenningskapasitet påvirkes av etterspørsel etter fjernvarme, portavgifter som tas for å behandle avfall, energisalg og eventuelle politiske insentiver og føringer (Ekvall et al., 2021). Langtidseffekter av valg blir viktige når langsiktige klimamål skal oppfylles, slik som Parisavtalens mål om å begrense global oppvarming til under 2°C (Rogelj, Popp, et al., 2018). Beslutningstakere må dermed finne balansen mellom å benytte innsikt som kommer fra analyser gjort med forskjellige tidshorisonter. Både gjennom analyser gjort med fokus på kjappe utslippsreduksjoner for å frembringe kortsiktige miljøgevinster (Luderer et al., 2016) og scenarioanalyser som søker å identifisere gunstige langsiktige strategier (Gómez-Sanabria et al., 2022; Stegmann, Daiglou, Londo, van Vuuren, et al., 2022).»*

- 653-655: Se kommentarer til 251-252.

[Respons] Takk, se hovedsvar ovenfor.

- 691-701: Vi er ikke enige i at man ved å velge  $B = 0$  så skjuler man utslipp fra avfallsforbrenning. Alle forbrenningsanlegg rapporterer hvert år sine utslipp. Avfallsforbrenning er primært for å behandle restavfall, inkludert restavfall som fjernvarmekunden selv produserer og sender til forbrenning. I nyere klimagassrapportering skal f.eks. store bedrifter rapportere klimagassutslipp fra behandling av sitt eget avfall. Vi er også uenige i premisset om at ved å sette  $B = 0$  så har man ingen incentiver til energieffektivisering. Den aller viktigste driveren for å spare energi er å redusere energikostnader – og vi ser f.eks. en stor aktivitet innen energieffektivisering i Celsios kundemasse. Vi har også ansatt medarbeidere som kun har som oppgave å veilede og bistå kundene i dette. Celsio har også vært veldig tydelige på at ved CCS på avfallsforbrenning i Oslo, og dermed reelle negative utslipp, så skal disse allokere avfallssystemet og ikke til fjernvarmekunden (altså fortsatt  $B = 0$ ). I praksis betyr dette at spillvarmen fra avfallsforbrenning forblir karbonnøytral, også med CCS, i tråd med f.eks. EPD-systemets

regler. Vi savner en diskusjon av akkurat dette i rapporten. Argumentet om redusert incentiv for energieffektivisering mener vi altså er svakt begrunnet og gjenspeiler ikke realiteten.

[Respons] Takk for kommentaren. Vi har nå presisert at økonomiske insentiver og bygningsstandarder kan bidra til å motivere energieffektivisering i kapittel 4.5.

*«Energieffektivisering i bygninger kan motiveres både gjennom økonomiske insentiver, strengere bygningsstandarder og LCA-analyser.»*

I tillegg ser vi et behov for å gå dypere inn i dette og har nå lagt til en analyse hvor vi sammenligner insentiver for energieffektivisering fra levert fjernvarme (hele energimiksen) og fra konkurrerende energiproduksjon (varmepumper). Vi har definert en (enkel) indikator ( $I_{E,rel}$ ) som viser den relative styrken på insentivet til energieffektivisering gitt via LCA for en produksjonsmetode sammenlignet med en referanse konkurrerende produksjonsmetode:

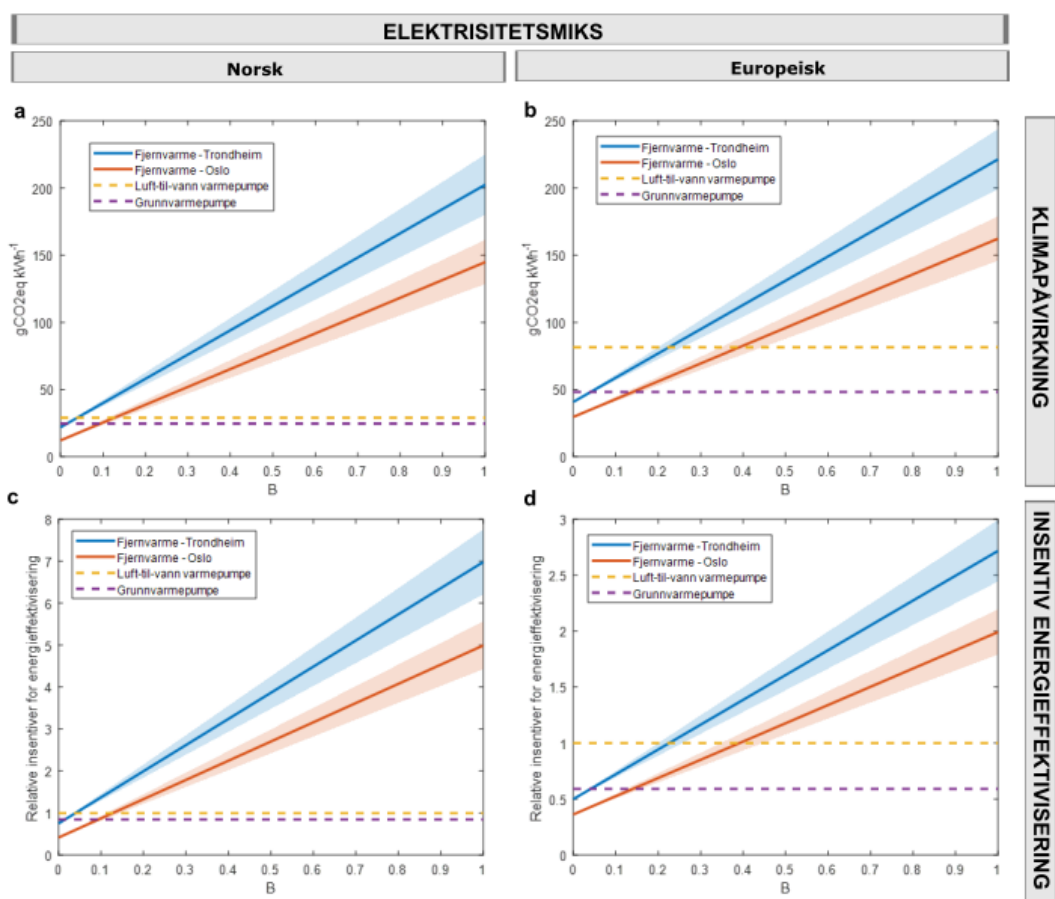
$$I_{E,rel} = \frac{E_t}{E_{ref}} \quad (R1)$$

Der  $E_t$  er miljøpåvirkninger av levert energi fra produksjonsteknologien som undersøkes og  $E_{ref}$  er miljøpåvirkninger av levert energi fra referanse konkurrerende produksjonsmetode i ligning R1.

Vi vurdert insentivstyrken for energieffektivisering gitt med ulik allokeringsfaktor B for fjernvarme i Trondheim og Oslo sammenlignet mot konkurrerende luft-til-vann varmepumper med en COP på 2.25 som referanse. I tillegg sammenlignet vi også høyeffektive grunnvarmepumper (COP=5) som et best-case mot referanseteknologien.

Vi finner at ved  $B=0$  gis det insentiver til energieffektivisering fra fjernvarme som er av omtrent samme styrke som varmepumper i Trondheim når norsk elektrisitetsmiksen ligger til grunn for beregningene (se oppdatert figur 5, kopiert inn nedenfor). I Oslo er insentivstyrken til energieffektivisering omtrent halvparten av en referanse luft-til-vann varmepumpe. Legges europeisk utslippsintensitet til grunn, så vil insentivstyrken gitt fra fjernvarme være om lag 40-50% av insentivstyrken til referanseteknologien, men sammenlignbar med en grunnvarmepumpe. Med  $B=0$  kommer insentivene fra topplasten i fjernvarmenettet og ikke fra avfallsforbrenninga. Uansett elektrisitetsmiksen, så vil en økning i faktor B lede til økte insentiver til energieffektivisering siden avfallsforbrenning begynner å bidra. Med 50-50 allokering er energieffektiviserings-insentivene sterkere med fjernvarme enn luft-til-vann varmepumpe. Med fullallokering til energi blir insentivstyrken mellom 2-8 ganger sterkere enn referanseteknologi avhengig av valgt elektrisitetsmiksen (Norge eller Europa) og energimiksen i topplast.

Basert på denne analysen konkluderes det nå med at insentiver for energieffektivisering fra fjernvarme i klimaregnskapet eksisterer fortsatt med  $B=0$ , men at dette nå kommer fra andre energibærere i topplasten. Styrken på insentivet kan dermed være sammenlignbart med andre alternative teknologier i omfang. Vi har påpekt dette i teksten og oppdatert analyse og diskusjon. Samtidig har vi slettet våre tidligere påstander om at det ikke gis insentiver til energieffektivisering ved  $B=0$ .



Figur 5. Klimapåvirkning fra varmepumper og fjernvarme i Oslo og Trondheim med varierende allokering til livsløpet som bruker fjernvarme ( $0 \leq B \leq 1$ ). (a) Klimapåvirkning med norsk elektrisitetssmi. (b) Klimapåvirkning med europeisk elektrisitetssmi. (c) Normaliserte insentiver for energieffektivisering med norsk elektrisitetssmi. (d) Normaliserte insentiver for energieffektivisering med europeisk elektrisitetssmi. Referanseteknologi satt til verdi 1 i (c-d) er luft-til-vann varmepumpe. Usikkerhetsintervall representerer to standardavvik i en Monte Carlo simulering.

Vårt hovedfokus i denne rapporten er på allokering av fossile klimagassutslipp. BECCS implementasjon gjøres for å fjerne CO<sub>2</sub> fra atmosfæren og ikke for å produsere energi. Uten at vi spesifikt evaluerer allokering av negative utslipp fra BECCS her så heller vi mot at kreditt bør gå til aktører som finansierer CCS, for eksempel via kjøp av negative utslippstillatelser. Energi bør bare gis kreditt om energikjøper er med og finansierer BECCS. Sikker finansiering av BECCS er essensielt for å sikre implementasjon (se e.g., Wähling et al. (2023)). Vi mener også at det kan være aktuelt å gi noe kreditt til bærekraftig produksjon av biomasse for BECCS, da bærekraftig tilgang på biomasse er begrenset.

Wähling, L. S., Fridahl, M., Heimann, T., & Merk, C. (2023). The sequence matters: Expert opinions on policy mechanisms for bioenergy with carbon capture and storage. *Energy Research & Social Science*, 103, 103215.

- 742-756: Se kommentar om 691-701. Det er også viktig å påpeke at energikravene i TEK gjelder for alle nye bygg og ved større rehabiliteringer, også for bygg som benytter fjernvarme. Energitytelsen til et bygg bestemmes også av energimerkeordninger etc.

[Respons] Vår nye analyse støtter at denne argumentasjonen må revurderes. Vi har derfor oppdatert disse linjene, men holder søkelyset på LCA.

«Ressurseffektivisering er viktig for å nå bærekraftsmål. Dagens praksis i LCA-metodikk for nullutslippsområder som allokere alle utslipp til livsløpet som sender materialer til forbrenning har



*blitt kritisert for å ikke gi tilstrekkelig insentiver for energieffektivisering. Vi har vist at insentiver for energieffektivisering eksisterer i klimagassregnskap for fjernvarme med en styrke som gjerne er sammenlignbar med en referanse konkurrerende energiproduksjon, men at bidraget da kommer fra energimiksen i topplasten til levert fjernvarme. Om topplasten avkarboniseres vil insentivet for energieffektivisering svekkes. De samme svekkede insentivene for energieffektivisering vil også sees i klimagassregnskap om karbonintensiteten til alternativ energiproduksjon synker, som f.eks. for desentraliserte varmepumper drevet av elektrisitet.»*

- 784-786: Dette stemmer overens med hva vår erfaring er med europeisk avfallshåndtering. I og med at mange land fortsatt har deponering, så er det naturlig at det er de dårligst drevne deponiene, med høyest utslipp, som først stanser sin drift om man kan sende avfall til et forbrenningsanlegg. B = 0 vil også sikre at mest mulig av materialgjenvinnbar plast faktisk sendes til materialgjenvinning – i tråd med prinsippene i den sirkulære økonomien.

[Respons] Takk for bekreftelsen!

- 798-799: Dette er også ihht. EPD-regelverkets prinsipper.

[Respons] Vi har lagt til en referanse til gjeldende PCR.

- 877-878: Se kommentarer for 691-701 og 742-756

[Respons] Vi er enige i dette poenget og har slettet denne setningen.

Celsio har ingenting i mot at våre innspill gjøres tilgjengelig.

[Respons] Vi takker igjen for nyttige og konstruktive kommentarer til vårt rapportutkast og setter pris på åpenheten.

### **Fagfeller 3**

Til NORSUS,

Vi takker for konstruktive innspill og positiv respons til vårt rapportutkast om klimagassvekting av utslipp fra avfallsforbrenning med energigjenvinning mottatt via epost 24. november. Respons til kommentarer er gitt nedenfor i blått.

Mvh,  
Jan Sandstad Næss

#### **Kommentarer til dokumentet:**

Jeg har lest igjennom, og vil først si at dere har gjort en grundig og god jobb. Litt sånn flisespikkeri vedrørende CFF først. Dette er ikke en konsekvensiell metode ifl. Schrijvers (2021). Jeg er klar over at Ekvall (2020) definerer CFF som en konsekvensiell metode, men etter mye testing selv og gjennomgang av artikkelen Schrijvers (2021) så er det klart at CFF ikke kan defineres som konsekvensiell LCA. Noe av årsakene til at CFF ikke er konsekvensiell er fordi den beholder massebalansen på tvers av livsløpene («Symmetri av materialstrømmer sikres») så fremt til at  $Q = 1$  (kvaliteten forblir uendret). Andre årsaker er at CFF inkluderer bare delvis markeds dynamikk samt mangler flere spesifikke aspekter som er relevant for konsekvensiell LCA (Schrijvers 2021). Ettersom CFF ikke dobbeltteller igjennom flere livsløp så mener jeg at den kan kategoriseres som en



«allokerings ved substitusjons-punkt metodikk» eller en form for 50/50 metodikk og passer da inn som attribusjonell allokeringsmetode.

[Respons] Takk for positiv tilbakemelding. Vi finner Schrijvers et al. (2021) overbevisende og har endret karakteriseringen i Tabell 3.

Vi har også lagt til følgende i kapittel 3.1:

*«[...] En annen mye brukt metode er Circular Footprint Formula hvor det differensieres både mellom materialtyper og materialkvalitet (European Commission, 2018). Circular Footprint Formula kan ha potensiale til å brukes konsekvensielt, men bør klassifiseres som en attribusjonell metode på grunn av manglende marginalbetraktninger, begrensninger i hvordan substitusjon kan modelleres og ufullstendig modellering av effekter av resirkulering når etterspørsel er begrenset (Schrijvers et al., 2021).»*

Forslag til tabell 2: Jeg foreslår at 100% avfallshåndtering (B=0 og A=0) også benevnes som End-of-life eller slutt-livs allokering iht. PAS 250 beskrivelse fra Allacker (2014). For 100% til energiproduksjon (B=1 og A=1) så anbefaler jeg også at den velkjente termen cut-off allocation benevnes (har ingen god norsk oversettelse på denne) i iht PAS250 etter beskrivelse fra Allacker (2014).

[Respons] Vi har nå påpekt at B=0/A=0 også kan kalles sluttlivsallokering i kapittel 3.1 (endringer understreket).

«Dagens dominerende praksis i Norge har vært å allokere alle utslipp til avfallshåndtering, som for eksempel gjort i den norske standarden NS 3720, som beskriver klimagassberegninger for bygninger (Standard Norge, 2018). Dette har også blitt kalt sluttlivsallokering (Allacker et al., 2014). Ved full allokering til avfallshåndtering argumenteres det for at handlingene som fører til avfallsgenerering er hovedproblemet og at avfallet som forbrennes allerede har blitt avvist høyere opp i avfallshierarkiet og ikke er egnet for gjenbruk eller materialgjenvinning»

Forslag til spesifisering av tittel: Klimagassvekting av fjernvarme fra avfallsforbrenning i livsløpsanalyser.

[Respons] Vi er enige i at tittelen kan forbedres og har endret tittelen.

### Svar til allokeringsregelen dere landet på:

Jeg støtter B=0 «at alle avfallsforbrenningsutslipp allokeres til avfallssystemet» metodikken som dere har konkludert med. B = 0 for energigjenvinning fra avfall er i hht. til praksis foreslått for avfallsforbrenning i "PCR for Electricity, steam and hot/cold water generation and distribution. Product category classification: un cpc 171, 173 kapittel A.5.2 Allocation of waste". I tillegg så er det spesifisert at B = 0 også for CFF i Zampori et al. (2019). Derfor vil jeg argumentere for at deres beslutning også har støtte for foreslått praksis til PEF systemet og allmenn praksis i EPD-systemet vedrørende energigjenvinning fra avfallsforbrenning.

[Respons] Takk for tilbakemeldingen. Vi har nå presisert dette i Tabell 3.

### Annet

Jeg støtter at det besluttes å benytte en attribusjonell metodikk hvor «Dobbeltelling unngås. Symmetri av materialstrømmer sikres, f.eks. samme byrder tildeles når et livsløp forlates og et annet livsløp kommer inn». Etter min vurdering er dette det viktigste prinsippet en bør følge om en velger

attribusjonell tilnærming. Sann som EPD systemet er lagt opp med modul D så er det ikke mulig å oppnå dette fullt ut, uten å bryte med allerede standardisert EPD praksis. Men, det er viktig å påpeke at en EPD ikke skal summeres utover A1 til C4, hvorpå allokering metodikken ( $B = 0$ ) unngår dobbelttelling.

[Respons] Vi har nå påpekt prinsippet om livsløpsomfang og at summen av allokerede utslipp skal være lik summen av uallokerede utslipp før allokasjon bør følges i kapittel 3.1.

*«Prinsippet om livsløpsomfang og at summen av allokerede utslipp skal være lik summen av uallokerede utslipp før allokasjon står sterkt i etablert LCA metodikk. Det tydeliggjøres både i vitenskapelig litteratur (Allacker et al., 2014, 2017; Ekvall et al., 2020; Ekvall & Finnveden, 2001) og etablerte standarder (CEN, 2019, p. 15; ISO, 2006b, p. 14044; Standard Norge, 2018, p. 372). Å avvike fra dette vil være kontroversielt.»*

Vi har også påpekt at unngåtte utslipp ikke må forveksles med negative utslipp i Figur 4.

*«Klimagevinsten fra resirkulering kommer fra unngåtte utslipp fra primærproduksjon av polyetylen og må ikke forveksles med faktiske permanente negative utslipp eller CO<sub>2</sub> fjerning fra atmosfæren når Figur 4 skal tolkes (Terlouw et al., 2021).»*

Jeg vil også påpeke at det er veldig fint og viktig det dere skriver på linene 845 og 546: «Det finnes ingen objektiv vitenskapelig sannhet i allokeringsspørsmål».

[Respons] Takk, vi mener det er viktig å erkjenne dette.

#### Kilder:

Allacker et al. (2014): Allocation solutions for secondary material production and end of liferecovery: Proposals for product policy initiatives

K. Allacker, F. Mathieux\*, S. Manfredi, N. Pelletier, C. De Camillis, F. Ardente, R. Pant

DOI: 10.1016/j.resconrec.2014.03.016

Schrijvers (2021): To what extent is the Circular Footprint Formula of the Product Environmental Footprint Guide consequential?

Dieuwertje L. Schrijvers a,b, Philippe Loubet b,\*, Bo P. Weidema

DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128800

Ekvall (2020):

Modeling recycling in life cycle assessment.

Tomas Ekvall, Anna Björklund, Gustav Sandin, Kristian Jelse, Jenny Lagergren, Maria Rydberg

ISBN: 978-91-7883-219-4

PCR for Electricity, steam and hot/cold water generation and distribution. Product category classification: un cpc 171, 173 kapittel A.5.2 Allocation of waste. Lenke: <https://www.datocms-assets.com/37502/1617181375-general-programme-instructions-v-4.pdf>.

Zampori et al. 2019:

Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method.

DOI: 10.2760/424613