

Avfallsbasert fjernvarme og klimagassutslipp

Allokering av utslipp fra
forbrenning av avfall som inngår
i fjernvarmeproduksjon

FUTURE
BUILT

*Notat 30.04.2025, FutureBuilt-
arbeidsgruppe*

*Red. Eivind Selvig, Civitas og
Stein Stoknes, FutureBuilt*

Organisering av arbeidet

Notatet og beregningseksemplene er utarbeidet av en arbeidsgruppe med følgende deltagere:

Stein Stoknes, prosjektleder/redaktør, FutureBuilt
Eivind Selvig, redaktør, Civitas
Eirik Resch, NTNU og Reduzer
Arnkell Jonas Petersen, NMBU
Per Kristian Rørstad, NMBU

Arbeidet er fulgt av en ressursgruppe med representanter for byggenæring og kommuner.

Prosjektet er finansiert som et spleiselag med bidrag fra flere av virksomhetene i arbeidsgruppen og ressursgruppen, bla Skanska, Mustad Eiendom, NMBU, NTNU, Reduzer, Civitas og FutureBuilt.

Synspunkter og anbefalinger i notatet er arbeidsgruppens/forfatternes, og representerer ikke nødvendigvis de ulike virksomhetenes/bidragstyernes offisielle syn.

Innhold

KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....	3
1 INNLEDNING	5
2 KLIMAFOTAVTRYKK FOR BYGG OG DAGENS METODER	5
3 KLIMA- OG NATURAVTALENE, AVFALL OG SIRKULARITET	7
4 UTVIKLING OG MÅL FOR SLUTTBEHANDLING AV AVFALL I NORGE	11
5 MATERIALSTRØMMER, SIRKULÆRE VERDIKJEDER OG EU	12
6 AVFALLSHÅNDTERING I EUROPA.....	16
7 FJERNVARMESYSTEM I EUROPA	18
8 AVFALLSFORBRENNING I DANMARK OG SVERIGE	20
9 ENERGIKILDER OG UTVIKLING I FV-SEKTOREN.....	23
10 FORSLAG TIL ALLOKERINGSPRINSIPP OG ALLOKERINGSFAKTORER	24
11 KONKURRANSEFLATE FOR AVFALLSBASERT FJERNVARME	25
12 DISKUSJON OG KONSEKVENSER AV ANBEFALT ALLOKERING	27
13 REFERANSER.....	29

Konklusjoner og anbefalinger

En omstilling til et arealnøytralt og ressurseffektivt netto nullutslippssamfunn, jf. Parisavtalen og Naturavtalen, er et omforent politisk mål i Europa. Endring fra lineære til sirkulære verdikjeder er avgjørende for å husholdere med knappe ressurser, både fornybare og ikke fornybare. Omstilling til sirkulære verdikjeder er en forutsetning for å oppnå klimanøytralitet – et netto nullutslippssamfunn.

Erfaringene indikerer at dagens allokeringspraksis med null utslipp til energi som produseres ved forbrenning av avfall (jf. NS3720), ikke gir utbyggere og brukere av bygningene et godt nok beslutningsgrunnlag for valg av løsninger som bidrar til omstilling til et sirkulært lavutslippssamfunn. Det gir heller ikke incentiver til en omstilling av avfallssektoren og fjernvarmesektoren bort fra forbrenning av materialer og over til ombruk og materialgjenvinning og bruk av fornybare energikilder og omgivelsesvarme.

I dette notatet drøftes hvordan de overordnede mål i klima- og naturavtalene, samt målet om omlegging til sirkulær økonomi, kan danne grunnlaget, sette rammer og føringer for hvordan utslipp fra avfallsforbrenning bør allokere når avfallet inngår i energiproduksjon.

Det pekes i flere publikasjoner på at det ikke finnes en objektiv, vitenskapelig sannhet knyttet til allokering av utslipp fra avfallsforbrenning når det inngår i energiproduksjon, og det skal anvendes i livsløpsanalyser (LCA). Problematikken har blitt diskutert av fageksperter over lengre tid, både internasjonalt og nasjonalt, uten at konsensus har blitt oppnådd. Flere peker på at formålet til en LCA, og hvilken samfunnsutvikling som ønskes, definerer valg av allokeringsmetode. I dette spørsmålet må det derfor tas en politisk beslutning i lys av de overordnede samfunns mål og -hensyn. Og denne beslutningen danner et rammeverk rundt hvordan LCA-analyser utformes.

Vår anbefaling er et allokeringsprinsipp bygget på:

1. En utvikling av sluttbehandling av avfall i tråd med klima- og naturavtalene der en forutsetning er omstilling til sirkulære verdikjeder (økonomi).
2. At noe avfall alltid må forbrennes på grunn av helse- og miljøskadelige stoffer og annen forurensning som gjør det helt uegnet til materialgjenvinning.
3. At ombruk og materialgjenvinning gir mindre miljøbelastning og bedre ressursutnyttelse, enn forbrenning med energiutnyttelse og substitusjonseffekter.

Basert på vår vurdering og etablering av en ønsket utvikling i sluttbehandling av avfall (kap. 3), har vi estimert følgende allokeringsfaktorer for et bygg som står ferdig i 2030, 2050 og 2100:

- Allokeringsfaktoren 0,6 for et bygg som tas i bruk i 2030 (beregningsperiode 2030-2080)
- Allokeringsfaktoren 0,4 for et bygg som tas i bruk i 2050 (beregningsperioden 2050-2100).
- Allokeringsfaktoren 0 for et bygg som tas i bruk i 2100 eller senere.

Bygninger som tas i bruk mellom 2030 og 2050 får en allokeringsfaktor mellom 0,6 og 0,4, og bygg som tas i bruk mellom 2050 og 2100 får en allokeringsfaktor mellom 0,4 og 0. Verdier i intervallene bestemmes ved lineær interpolasjon.

Allokeringsfaktorene for utslipp fra avfallsforbrenning gjelder uavhengig av andel avfallsforbrenning som inngår i FV-system og uavhengig av om det er etablert anlegg for karbonfangst og lagring (CCS).

Begrunnelsen for allokeringsfaktor mindre enn 1 er at noe avfall alltid må forbrennes (punkt 3 over), begrunnelsen for avtagende allokeringsfaktor er en forutsetning om at mindre og

mindre av det avfallet som kan materialgjenvinnes blir brent (punkt 1 og 2), og at det i 2100 er kun nødvendig forbrenning av avfall som gjenstår. Nødvendig forbrenning resulterer i reell spillvarme som bør energiutnyttes i f.eks. et FV-system.

Innfasing av karbonfangst og -lagring (CCS) vil redusere utslippene fra avfallsforbrenning, og utslippsfaktor for forbrenning av avfall blir dermed vesentlig lavere i anlegg med CCS, enn de uten. Dette påvirker imidlertid ikke allokeringsprinsippet.

Skal samfunnet oppnå en rask omstilling må alle virkemidler tas i bruk, selv om det kan være vanskelig å slå fast og kvantifisere de direkte sammenhengene mellom virkemiddel A og effekt B. I dag er det et komplekst sett av virkemidler, generelle priser, andre incentiver og faktorer som påvirker både produsentene og kundenes valg. Det er derfor vanskelig å avdekke og fastslå de enkelte virkemidlenes betydning. Erfaringene viser at det er nødvendig med flere ulike virkemidler for å oppnå ønskede resultater og samtidig unngå eller dempe utilsiktede negative virkninger. Det må tas i bruk både lover, forskrifter med krav og grenseverdier, ulike økonomiske virkemidler (skatter og avgifter), samt gi muligheter for unntak, fritak, dispensasjoner og overgangsordninger. Allokeringsprinsipp for klimagassutslipp fra forbrenning av avfall er likevel et viktig virkemiddel, selv om det kun er et av flere i dette komplekse systemet.

Det kan ikke med sikkerhet fastslås i hvor stor grad det anbefalte allokeringsprinsippet vil bidra til et mer sirkulært lavutslippssamfunn, men vår vurdering, basert på det underlaget som er drøftet i dette notatet, er at en slik allokering vil kunne være et substansielt bidrag for å flytte utviklingen i retning dette overordnede samfunns målet.

1 Innledning

En omstilling til et arealnøytralt ressurseffektivt netto nullutslippssamfunn, jf. Parisavtalen og Naturavtalen, er et omforent politisk mål i Europa. Endring fra lineære til sirkulære verdikjeder er avgjørende for å husholdere med knappe ressurser, både fornybare og ikke fornybare. Omstilling til sirkulære verdikjeder er en forutsetning for å oppnå klimanøytralitet – et netto nullutslippssamfunn.

I dette notatet drøftes hvordan de overordnede mål i klima- og naturavtalene, samt omlegging til sirkulær økonomi setter rammer og føringer for hvordan utslipp fra avfallsforbrenning bør allokeres når avfallet inngår i energiproduksjon.

Avfall brukes i dag som energikilde i en rekke fjernvarmesystemer (FV) i Norge. Utslippene fra forbrenningen inngår imidlertid ikke i utslippsfaktoren til fjernvarmesystemene. Dette er i tråd med Norsk Standard, NS 3720:2018, der energiproduksjon fra avfallsforbrenning anses som spillvarme. Ved denne regnemåten vil en bygning som varmes opp med avfallsbasert FV få et ufullstendig klimagassfotavtrykk fra sin energibruk. Byggets eiere og brukere får dermed ufullstendig og missvisende informasjon om miljøkonsekvenser av et høyt energiforbruk. Regnemåten gir dermed ingen incentiver for redusert energibruk hos byggeiere og brukere, og heller ikke signal til FV-selskapene om å redusere avfallsforbrenningen og gå over til andre varmekilder med lavere utslipp.

Det er nødvendig med åpne og ærlige beregningsmetoder slik at både forbrukere og produsenter gis incentiver som gir reell reduksjon i klima- og naturpåvirkningen. Forfatterne av dette notatet vil hevde at dagens regnemåte for utslipp fra avfallsbasert FV, ikke gir de incentiver som er nødvendig for å oppnå en rask omstilling til et sirkulært lavutslippssamfunn.

2 Klimafotavtrykk for bygg og dagens metoder

I dagens metode for klimagassberegninger for bygninger (NS3720) allokeres alle utslipp til avfallshåndtering og null til energiproduksjonen.

Hvis utslipp allokeres 100 prosent til avfallshåndtering og null til energiproduksjon kan bygget anvende avfallsbasert FV og få et lavt CO₂-fotavtrykk uansett hvor mye energi som anvendes. Det gis ikke utslippsgevinster ved å velge energieffektive løsninger, den eneste fordel er en noe lavere energikostnad i en driftssituasjon. Byggherre og leietakere får i en slik situasjon ikke signal om at redusert energibruk vil redusere klimabelastningen og byggets klimafotavtrykk.

Fjernvarmeleverandøren får dermed et forretningsmessig incitament til å opprettholde en høy andel billig varme fra avfallsforbrenning i systemet, og å opprettholde et avfall med høy brennverdi

NS3720:2018 - Metode for beregning av klimagassutslipp for bygninger

(her forenklet beskrivelse.)

Utslipp knyttet til energibruk i drift av bygninger er beskrevet i kapittel 7.5 og spesifikt om fjernvarme/kjøling i 7.5.4 i NS3720.

Beregningene tar utgangspunkt i levert energi til bygget i form av elektrisitet, brensler og termisk energi (varme/kjøling) (def. i SN/TS 3031). Hvis det leveres brensler til bygget så skjer utslippet ved forbrenning i/ved bygget (i fyrkjel, kaminer, vedovner, mm.) (Scope 1). Hvis det leveres elektrisitet eller termisk energi til bygget så skjer produksjonen annet sted enn der bygget står og utslippene beregnes hos produksjonsanlegget.

Det er angitt at det skal anvendes minst to scenarier for produksjon av hhv. elektrisitet og fjernvarme gjennom levetiden til bygget (beregningsperioden). For elektrisitet er dette forenklet sagt «norsk forbruksmiks» og « europeisk forbruksmiks».

For fjernvarme skal de nevnte to el-scenariene anvendes hvis elektrisitet inngår som en vesentlig andel av innført energimiks. I FV-scenariene skal det også vurderes hvordan FV-selskapet har planlagt framtidig utvikling i energimiksen i levetiden til bygget. Planene må være vedtatte/forpliktende avtaler, hvis ikke så anvendes dagens miks i to ulike varianter, dvs. de to el-scenariene.

I NS 3720 er det også angitt at avfallsforbrenning som inngår i FV-miksen gis utslippsallokering i henhold til gjeldende PCR (Product Category Rules) for elektrisitet, varme og kjøling. I PCRen allokeres alt forbrenningsutslippet fra avfallet til avfallshåndteringen og null utslipp til energiproduksjonen.

(et avfall med høyt innhold av fossilt avfall, f.eks. plastprodukter). Dermed gis ingen signal eller motivasjon til mottaker av avfallet (renovatør/avfallsmottaker) til å jobbe aktivt for reduksjon i avfallsmengdene og øke grad av kildesortering til ombruk og materialgjenvinning.

Erfaringene fra FutureBuilt-prosjekter der det tidligere er anvendt både 100 og 50 prosent allokering av utslipp fra forbrenning av avfall til energiproduksjon, viser at allokeringsmåten har hatt betydning både for byggherre, eier og/eller leietakeres valg av energisystemløsninger. I noen grad også at energieffektiviseringstiltak er prioritert. I FutureBuilt-kommunene er det indikasjoner på at dette allokeringsprinsippet har hatt innvirkning på fjernvarmeprodusentenes strategier, prioriteringer og investeringsvalg knyttet til energikilder og energibærere, f.eks. at ved utbygging av ny kapasitet så er det prioritert varmepumper basert på sjøvann og geotermiske brønner. Det er et komplekst sett av virkemidler, generelle priser, andre incentiver og faktorer som påvirker både produsentene og kundenes valg, og det er derfor vanskelig å avdekke og fastslå de enkelte faktorenes betydning. Erfaringene indikerer at allokeringsprinsippet i FutureBuilt-prosjekter og -kommuner har hatt en markedspåvirkning. Det har dessverre ikke vært systematisk innhenting av data som kan underbygge disse observasjonene.

Et sentralt spørsmål er om allokeringsprinsippet hvor hele eller deler av utslippet allokeres til energiproduksjonen, har påvirket eller vil påvirke de relative prisene mellom «avfall som energiressurs» og «avfall som materialressurs». Det er en indirekte effekt som er vanskelig å avdekke og dokumentere, men det er sannsynlig at prisforholdet påvirkes og «avfall som ressur» på lang sikt vil få økt verdi og at andelen som går til ombruk og materialgjenvinning vil øke og graden av sirkularitet i materialstrømmene vil øke. (jf. Ekvall, 2020)

Videre opp i verdikjedene kan det påvirke produktdesign og produsenter både innenfor forbrukssektoren og byggsektoren, i retning av avfallsminimering og sirkulære løsninger. F.eks. vil arkitekter og entreprenører kunne stimuleres til å utvikle bygningsmessige løsninger som er demonterbare, separerbare, letter å sortere og ombruke. Bygningene blir dermed materialressurser og materialbanker det investeres i i dag, og som det kan høstes gevinster av i framtiden.

I dag er det et komplekst sett av virkemidler, generelle priser, andre incentiver og faktorer som påvirker både produsentene og kundenes valg. Erfaringene viser at det er nødvendig med ulike virkemidler for å oppnå ønskede resultater og samtidig dempe utilsiktede negative virkninger. Rask omstilling krever at det tas i bruk både lover, forskrifter med krav og grenseverdier, ulike økonomiske virkemidler (skatter og avgifter), men samtidig at det gis muligheter for unntak, fritak, dispensasjoner og overgangsordninger. Spesielt må det tas hensyn til og kompenseres for økonomiske og sosiale fordelingseffekter.

Det ble i dansk lovgivning i 2023 innført grenseverdier for klimafotavtrykk for bygninger som inkluderer utslipp knyttet til materialer og energibruk i drift. I Sverige blir dette innført i 2025, og det pågår forberedende arbeid og undersøkelser som vurderer en mulig innfasing av også i Norge (Dibk). Lignende diskusjoner pågår flere EU-land.

Det er avgjørende med enighet om godt funderte forutsetningene for beregningene når lovfestede/forskriftsfestede grenseverdier fastsettes, f.eks. verdier som må oppfylles før en byggetillatelse gis. Fotavtryksberegninger brukes allerede i dag ved miljøsertifisering av bygningene, jf. BREEAM NOR.

Et klimafotavtrykk for en bygning, viser hva alle innsatsfaktorene medfører av direkte (scop 1) og indirekte (scope 2 og 3) klimagassutslipp, og uavhengig av om disse utslippene er avgiftsbelagt eller ikke, innenfor eller utenfor kvotesystemer. Alle innsatsfaktorenes

klimafotavtrykk skal i prinsippet inkluderes. Hensikten med livsløpsberegningene er ikke at klimafotavtrykket for enkeltbygg skal summeres opp til samlet regnskap for en hel kommune, et land eller globalt. Dobbelttelling er derfor ikke en problemstilling i slike analyser som benyttes i f.eks. FutureBuilt, FME ZEN eller ved sertifiseringsordninger som BREEAM NOR.

Det er med andre ord ulike formål, systemgrenser og kontekst, når klimagassberegningene utføres og sammenstilles for f.eks. en virksomhet, en bygning, en kommune eller et land.

Det er derfor helt avgjørende å klargjøre formål og forutsetninger for analysen før resultatene anvendes.

Det er mange prinsipper, metodevalg og virkemidler som påvirker f.eks. ressursbruk, arealbruk, klimagassutslipp og annen miljøbelastning. Det kan være konsesjonsbetingelser, teknologikostnader, råvareutvinningskostnad i stort, grunnrenteskatt, CO₂-avgift, deponiavgift, forbud/restriksjoner/avgifter på eksport og import av avfall, forbud mot deponering av avfall, forbud mot oljefyring, karbonfangst og -lagring (CCS) i ulike varianter, osv. Se blant annet Martínez, J.H., Romero, S., Ramasco, J.J. *et al.*, 2022.

Årsak – virkning?

Det er ingen enkle og direkte årsakssammenhenger her, og det er mange virkemidler både i avfallspolitikken, energipolitikken og klimapolitikken som påvirker utfallet.

Kan en mulig årsak-virkningskjede være som følger?

- Byggeier og brukere ønsker lavt klimagassfotavtrykk for sin bygning/portefølje og gjennomfører energieffektivitetstiltak og etterspør energiforsyning med lavt klimagassfotavtrykk.
- For å være konkurransedyktige mht. klimagassutslipp/miljø, reduserer fjernvarmeprodusentene andelen fossil energi.
- Hvis utslipp fra avfallsforbrenning kun tilordnes avfallshåndtering så trenger ikke FV-produsent å redusere denne andelen i FV-systemets energimiks,
- Hvis utslippene allokteres til energiproduksjonen så må FV-produsenten redusere andelen avfall for å være konkurransedyktig
- Dette vil påvirke de relative prisene på «avfall som ressurs» og «avfall som energivare», og det vil medføre at større andel avfall går til ombruk og materialgjenvinning og bidra både til å redusere total avfallsmengde, redusere ressursbruk og naturbeslag, og redusere forbrenning av avfall
- Byggene får økt verdi som materialressurs og de foretrukne løsningene ved demontering (riving) vil være ombruk og materialgjenvinning, og sirkulariteten i byggebransjen øker i retning av «full sirkularitet».
- Produktdesign innen både forbrukssektoren og byggsektoren dreies i retning avfallsminimering og sirkularitet.

3 Klima- og naturavtalene, avfall og sirkularitet

Det overordnede målet er et arealnøytralt netto nullutslippssamfunn. Konsekvensene av klimaendringer, naturbeslag, redusert naturmangfold og ressursknapphet er alvorlige. Skal effektene og konsekvensene dempes og de alvorligste forhindres, så viser forskningsbasert kunnskap at det er nødvendig med rask reduksjon i klimagassutslipp, arealbeslag, tap av biologisk mangfold og ressursbruk, jf. blant annet Parismålet og Naturavtalen. Dette krever en rask omstilling av dagens praksis og over til et samfunn med minimal destruksjon av materialressurser gjennom forbrenning og høy grad av sirkularitet i alle materialkretsløp. Ved å anvende back casting som metode utforsker vi hva som må til. Back casting forklares kortfattet i tekstboks på neste side.

Omstilling til en mer sirkulær økonomi anerkjennes som en nødvendighet for å oppnå målene om 90-95% utslippsreduksjon og økt opptak, dvs. netto null utslipp innen 2050 (FNs klimapanel). EU-kommisjonens siste forslag er at Europa bør oppnå dette innen 2040.

Klimautvalget 2050 slår fast at politikken bør utformes etter UFF-prinsippet, dvs. først unngå forbruk, deretter flytte forbruket til løsninger/produkter som har lavere klimafotavtrykk og som siste mulighet forbedre løsningene/produktene ved lang levetid, reparere, materialgjenvinne.

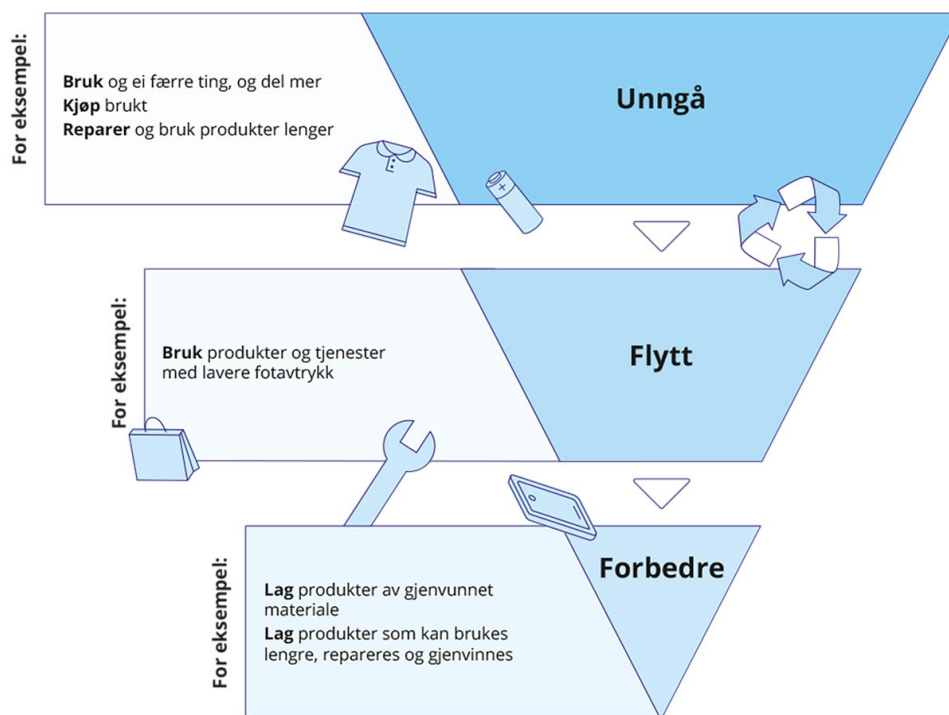
Prinsippene er de samme som i den omvendte avfallspyramiden som ligger til grunn for norsk og europeisk avfallspolitikk og virkemiddelutforming, og i metoder og prinsipper knyttet til [konsekvensutredninger](#), jf. Figur 1 og Figur 2 der det er en illustrasjoner hentet fra Klimautvalget2050 (øverst) og en fra Miljødirektoratet (nederst). Ønsket utvikling er å hindre at avfall oppstår, redusere avfallsmengder ved f.eks. ombruk, deretter sortere og materialgjenvinne, og så overgang til sluttbehandling som gir lavest utslipp. Prinsippene og anbefalt prioritering bygger blant annet på at ulik sluttbehandling av avfall gir ulike mengder klimagassutslipp. I tillegg illustrer og beskriver utvalget prinsippene for verdikjedene i et sirkulært samfunn, jf. Figur 3.

Backcasting

Backcasting er en planleggingsmetode som tar utgangspunkt i en ønsket fremtid og jobber bakover for å identifisere nødvendige handlinger og virkemidler for å nå dette målet. Metoden ble introdusert av John B. Robinson ved University of Waterloo (Robinson, 1982). Hovedspørsmålet er: «Hvis vi ønsker å nå et bestemt mål i fremtiden, hvilke tiltak og teknologier kreves for å komme dit?»

I motsetning til prognoser (forecasting), som bygger på ekstrapolering av nåværende trender, starter backcasting med et framtidsbilde og analyserer hvilke endringer som må skje for å realisere det (Holmberg & Robèrt, 2000). Innen teknologisk utvikling brukes backcasting til å definere hvilke krav og bærekraftskriterier fremtidig teknologi må oppfylle, og dermed hvilke utviklingsbaner som er nødvendige (Jansen, 1994).

[Redigert versjon av Wikipedia beskrivelse]



Figur 1: Prinsippene for prioritering av tiltak og løsninger ved omstilling til et sirkulært lavutslippssamfunn. Hentet fra Klimautvalget 2050.

AVFALLSHIERARKIET

Avfallsforebygging
Hindre at avfallet oppstår

Ombruk
Bruke gjenstander om igjen

Materialgjenvinning
Bruke materialer fra avfall til å lage nye produkter

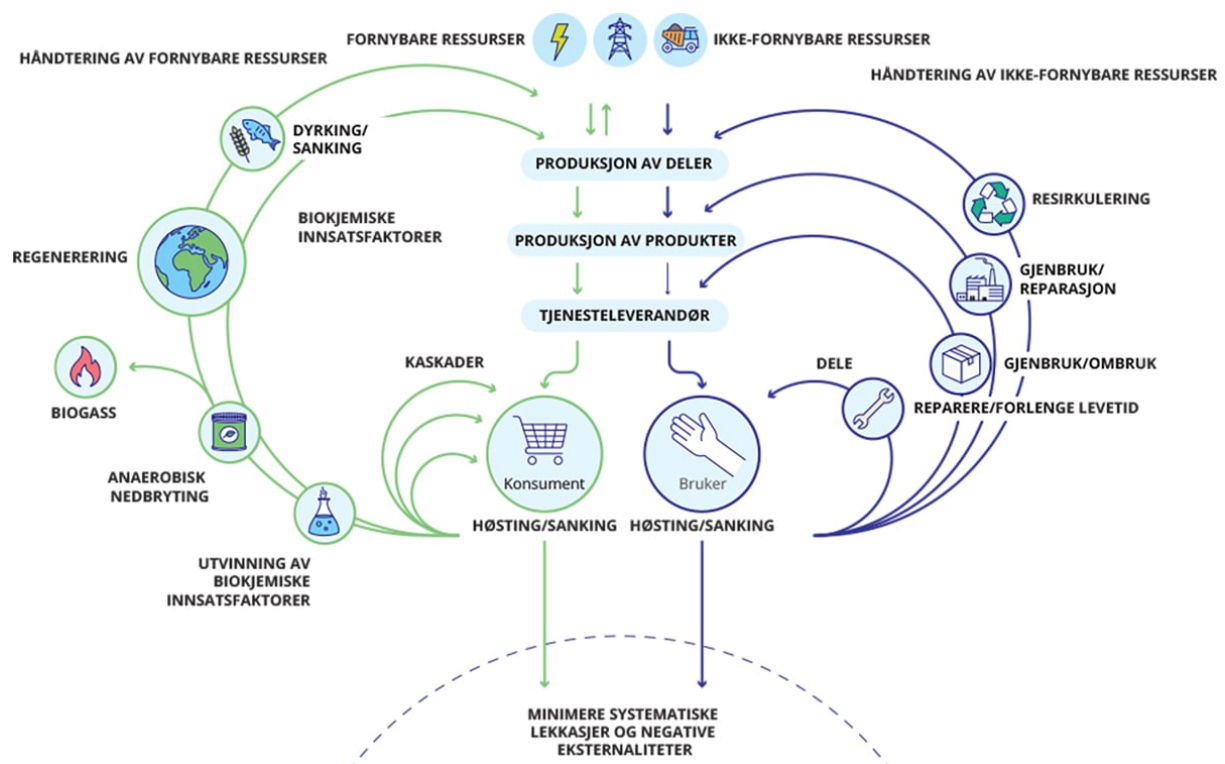
Energiutnyttelse
Brenne med energiutnyttelse

Sluttbehandling
Brenne uten energiutnyttelse
Legge på avfallsdeponi



Kilde: Miljødirektoratet 2016 / Miljøstatus.no

Figur 2: Avfallshierarkiet - prioritering av tiltak og løsninger ved håndtering av avfall. Hentet fra Miljødirektoratet/Miljøstatus.no.

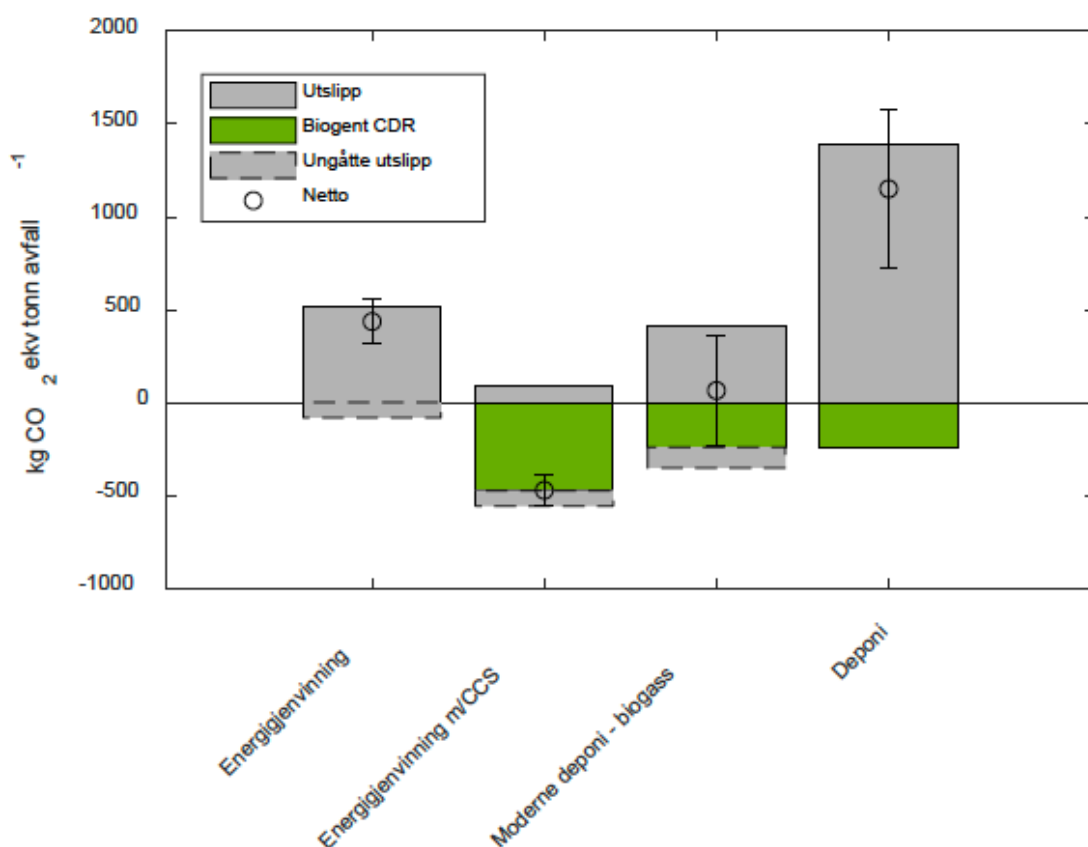


Figur 3: Illustrasjon av prinsippene om sirkularitet i økonomien. Kilde: Klima2050. Basert på Ellen Macarthur Foundation, ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram

Forenklet sagt gir deponering høyest utslipp, så forbrenning, så materialgjenvinning og ombruk. Imidlertid er det en rekke varianter og forutsetninger som kan rokke rekkefølgen. Oppsamling av deponigass og forbrenning av denne med energiutnyttelse, enten el- og varmeproduksjon eller som drivstoff, medfører at deponiutslippet reduseres. Avfallsforbrenningen kan energiutnyttes (el- og varme) og dermed substituere fossil energibruk, og det kan i tillegg kobles på karbonfangst og lagring (CCS). Samlet sett kan dette gi negative utslipp hvis innholdet av biokarbon i avfallet er høyt.

Rangeringen av sluttbehandlingsmåter i klimaperspektiv er drøftet og belyst i blant annet Næss, J.S., et al, 2024, som har oppsummert en rekke internasjonale studier av klimagassutslipp ved ulike sluttbehandling og kombinasjoner. Figur 4 viser eksempler på utslipp fra behandling av 1 tonn blandet avfall, og antyder en rangering av løsningene som er vurdert. De løsninger/teknologier som er vurdert her er avfallsforbrenning med energigjenvinning, avfallsforbrenning med energigjenvinning koblet med karbonfangst og lagring (CCS), moderne deponi med metanoppsamling for biogassproduksjon, og deponi uten metanoppsamling.

De unngåtte utslippene er substitusjonseffekter, dvs. bortfall av utslipp fra varme levert via varmepumper og forbrenning av fossil naturgass for varmeproduksjon. Langtidslagring av biogent karbon fjernet fra atmosfæren (Biogent CCS) er markert i grønt.



Figur 4: Klimagassutslipp fra sluttbehandling av 1 tonn blandet avfall. Usikkerhetsstolper representerer to standardavvik i en Monte Carlo simulering. (Kilde: Næss, JS, et al. 2024)

Selv om klimagassutslippene fra sluttbehandling av avfall kan reduseres vesentlig gjennom energiutnyttelse og CCS, vil det likevel være slik at omfattende destruksjon av avfall og materialressurser gjennom deponi eller forbrenning i liten grad kan sies å være forenlig med målene om sirkulære materialkretsløp og arealnøytralitet.

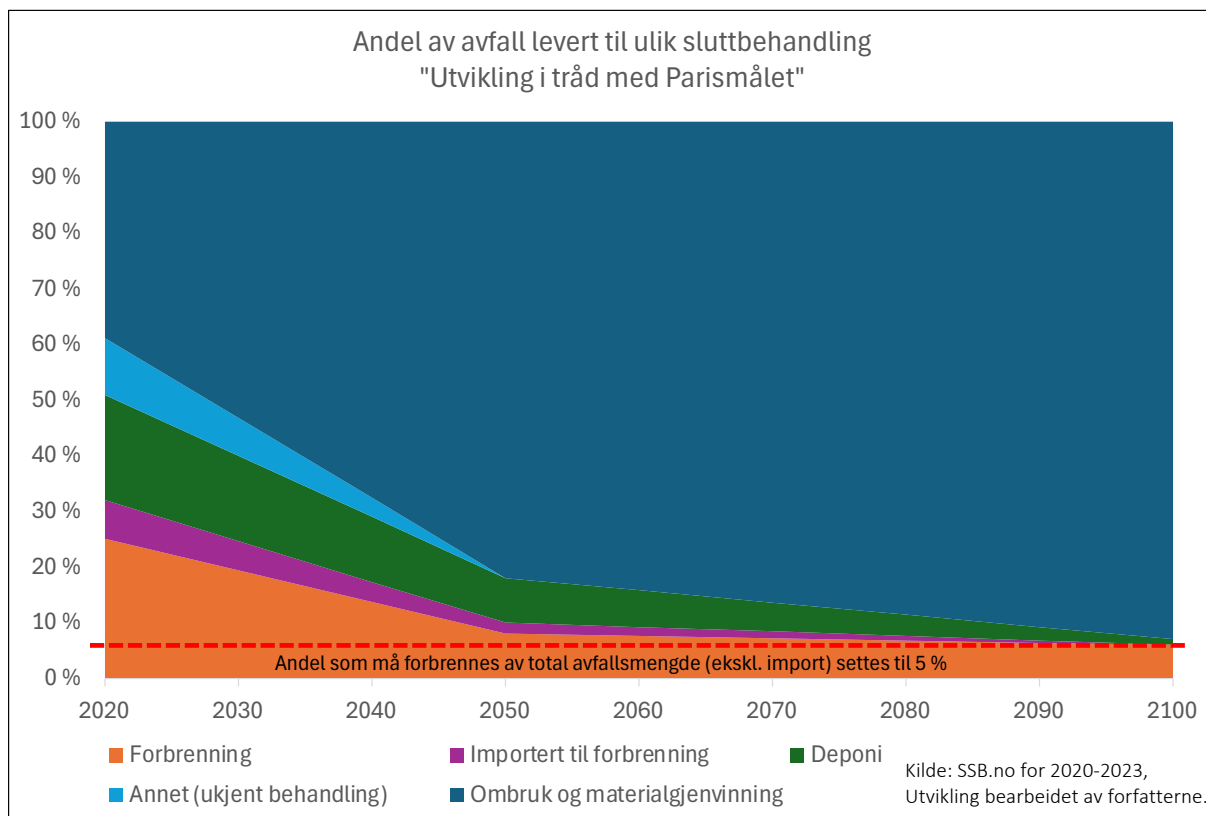
4 Utvikling og mål for sluttbehandling av avfall i Norge

Vi har i Figur 5 skissert et mål og estimert en ønsket bane for sluttbehandling av avfall i Norge. Denne er basert på prinsipper, prioriteringer og kunnskap om utslipp ved ulike sluthåndtering av avfall og blant annet Klimautvalget 2050 sine anbefalinger om en omstilling til et sirkulært samfunn (kapittel 3). Hvis Norge følger denne banen vil det medføre en reduksjon i klimagassutslipp, naturbeslag og ressursutnyttelse i tråd med målene i klima- og naturavtalene, og målet for en omlegging til en sirkulær økonomi.

Dagens situasjon (2020 i Figur 5) baserer seg på SSBs materialstrøms- og avfallsstatistikk for 2020 til 2023 (SSB.no). Av det totale avfallet som sluthåndteres i Norge forbrennes i overkant av 30 prosent, inklusiv import. Utviklingsforløpet fram til 2050 og 2100 er skjønnsmessig angitt (lineær interpolasjon) for å være i tråd med den omlegging som er nødvendig for å nå de overordnede målene i klima- og naturavtalene.

Det vil trolig alltid være en avfallsrest som må sluttbehandles, fordi dette er farlig avfall som må destrueres eller er umulig å materialgjenvinne (med kjent teknologi). Pr i dag er forbrenning trolig den beste sluttbehandlingen for denne avfallsresten og vi forutsetter her at dette også gjelder i framtiden, selv om det trolig vil komme nye teknologier. Skjønnsmessig er andelen satt til 5 prosent av total avfallsmengde eller 20 prosent av avfall som i dag leveres til forbrenning. Det er valgt å holde denne andel av totalt avfall konstant fram til 2100, selv om total avfallsmengde reduseres.

Import av avfall til forbrenning bør/vil utgå som følge av omlegging til en sirkulær økonomi i EU. Mengden importert avfall som hentes inn til forbrenning, reduseres derfor fra dagens 7 prosent av totalt avfall til sluthåndtering, til 2 prosent i 2050 og videre til 0 prosent i 2100.



Figur 5: En utvikling i andeler av ulike avfallsbehandlingsmetoder som vil være i tråd med Klima- og naturavtalene. Andel som må forbrennes av total avfallsmengde settes til 5%. Dette tilsvarer 20% av det avfallet som forbrennes i dag. Y-aksen viser andeler/prosent. Kilde: SSB.no, bearbejdet.

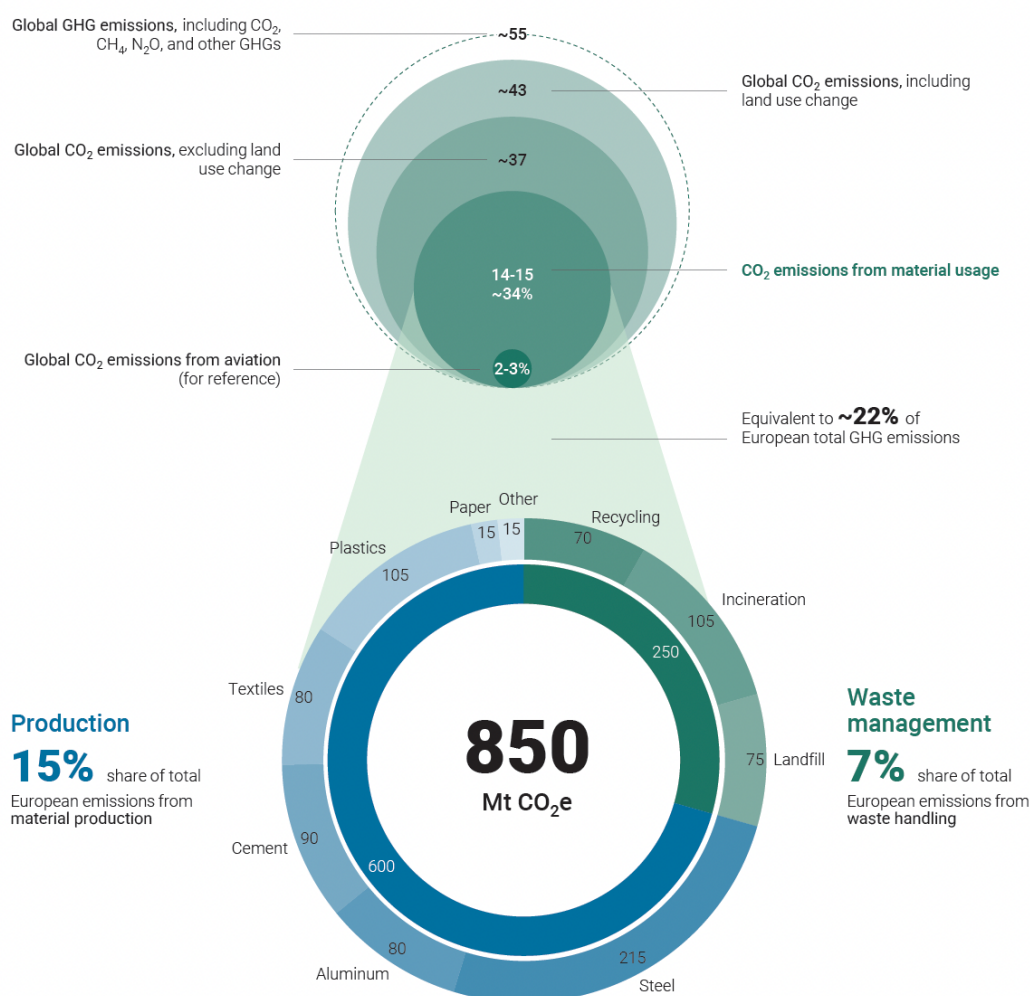
5 Materialstrømmer, sirkulære verdikjeder og EU

Materialproduksjon står for ca. 1/4 av de globale utslippene (Hertwich, E.G., 2021). Inkluderes også avfallshåndtering i de totale materialstrømmene bidrar det globalt til ca. 1/3 og i Europa med ca. 1/5 av klimagassutslippene. Figur 6 illustrerer utslippsbidrag fra materialstrømmer, som utgjør 34 prosent av de globale klimagassutslippene (Se Figur 6, Summa Equity, 2023).

I Europa er andelen klimagassutslipp fra materialstrømmene ca. 20 prosent av samlet europeisk utslipp, fordelt med 65 prosent fra utvinning, foredling og produksjon av ulike materialer (resirkulering inngår her) og 35 prosent fra avfallshåndtering ved forbrenning av forbrenningsanlegg og deponier.

Material accounts for around one-third of global CO₂ emissions

Global GHG emissions¹, 2019 (Gt)

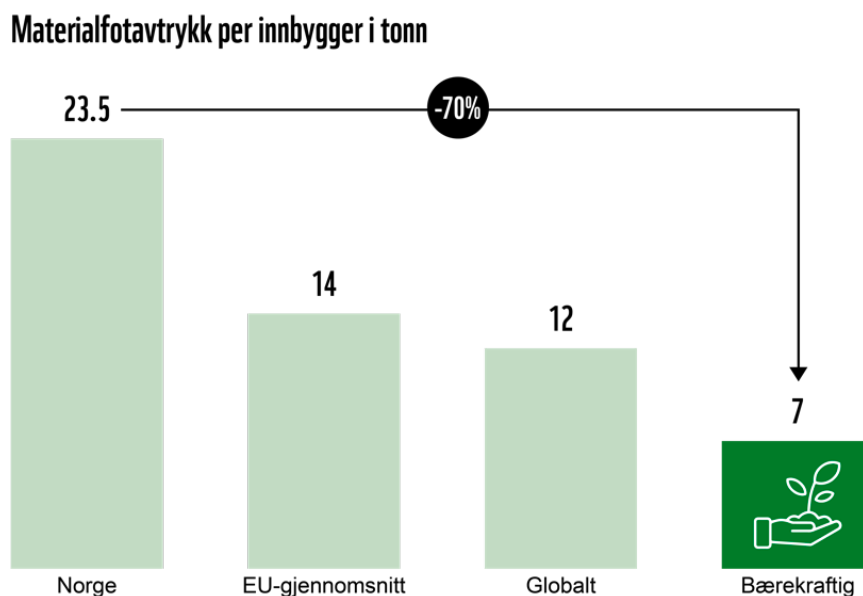


1. Including production emissions generated outside EU27+UK for materials imported to and consumed within the EU27+UK
Source: Global emissions: UNEP Gap Report 2019, CIOERO. European emissions: Summa Equity analysis building on multiple sources²¹

Figur 6: Estimat på utslippsbidrag på 34 prosent fra materialstrømmer til de globale klimagassutslippene. Summa Equity, 2023.

UNEPs ressurspanel (2024) har i sine analyser kommet fram til at det globale forbruket tilsier at hver person i gjennomsnitt bruker 13,2 tonn materialer per år, mens det for femti år siden var på 8,4 tonn per år. (<https://www.resourcepanel.org/no/rapporter/globale-ressursutsikter-2024>)

Det er imidlertid store forskjeller og for Norge er det beregnet at gjennomsnittlig forbruk i 2023 hele 41,5 tonn per person. (<https://www.sustainabledevelopmentindex.org/>). I en rapport fra EY på oppdrag fra WWF-Norge er det beregnet at gjennomsnittlig forbruk per år er 23,5 tonn per person og der ca. 50 prosent er brennbare ressurser, se Figur 7.

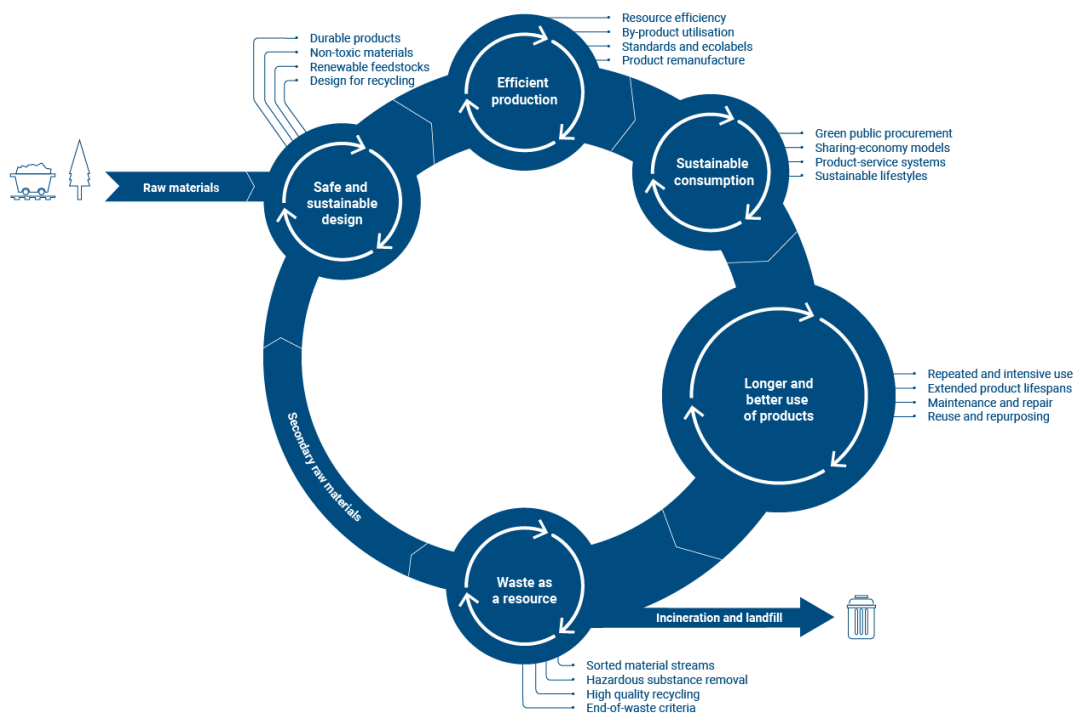


Figur 7: Hentet fra EY (2024) *Naturen har grenser, Hvordan redusere Norges materialfotavtrykk.*

Sammensetningen av materialbruken på global skala har også endret seg i tråd med overgang fra jordbruks- til industrisamfunn, og en økning i forbruket av de ikke fornybare materialressursene og energisystemene. Miljøpåvirkning fra materialstrømmene har økt og øker i absolutte tall og er ikke bærekraftig, verken mht. klimagassutslipp eller natur- og biomangfold.

Reduksjon i ressursbruk/materialbruk kan oppnås gjennom effektivisering, ombruk, gjenbruk og materialgjenvinning, og anses som nødvendig for å oppnå tilstrekkelig reduksjon i materialstrømmenes bidrag til globale klimagassutslipp og bruk av knappe ressurser. Andelen materialer/ressurser (tidligere omtalt som avfall) som forbrennes og/eller blir deponert må raskt gå mot null, dvs. i løpet av 15-25 år. Verken i Europa eller globalt har «man råd til», i vid forstand, å fortsette med dagens lineære materialstrømmer.

EU har integrert/koblet omstilling til en mer sirkulær økonomi til sin klimapolitikk. Figur 8 illustrerer konseptet. I Europakommisjonens handlingsplan for sirkulær økonomi [fra 2020](#) (COM(2020) 98 final) anerkjennes sammenhengene og det understrekes at sirkularitet er en forutsetning for klimanøytralitet. Dette gjenfinnes blant annet i [retningslinjer](#) for oppdatering av nasjonale energi- og klimaplaner. Medlemsstatene må i sin rapportering «integre og modellere den sirkulære økonomiens bidrag til klimaomstillingen».



Figur 8: The circular economy concept. Kilde: <https://www.eea.europa.eu/publications/capturing-the-climate-change-mitigation>

De fleste initiativene fra EU som gjelder sirkularitet har betydning for Norge gjennom EØS-avtalen. EUs handlingsplan vil derfor være sentral i overgangen til en mer sirkulær økonomi i Norge. Det er allerede kommet, og vil komme, en rekke endringer av norsk regelverk i tråd med endringer i regelverket fra EU. Blant annet sier ENOVA at de tar hensyn til alle EU-regler fordi de er omfattet av statsstøttereglene, selv om Norge ikke har implementert regelverket.

Materialstrømmene i Europa er i hovedsak fortsatt relativt lineære. I 2021 gikk ca. 60 prosent til deponi eller forbrenning, ca. 40 prosent til ombruk, resirkulering og nedsirkulering (Figur 9). Lineære verdistrømmer betyr at det utvinnes og produseres nytt etter hvert som produkter ikke lenger er gode nok til videre bruk, fordi man ønsker nytt utseende eller fordi det f.eks. skal fortettes eller gis plass til annen type arealbruk.

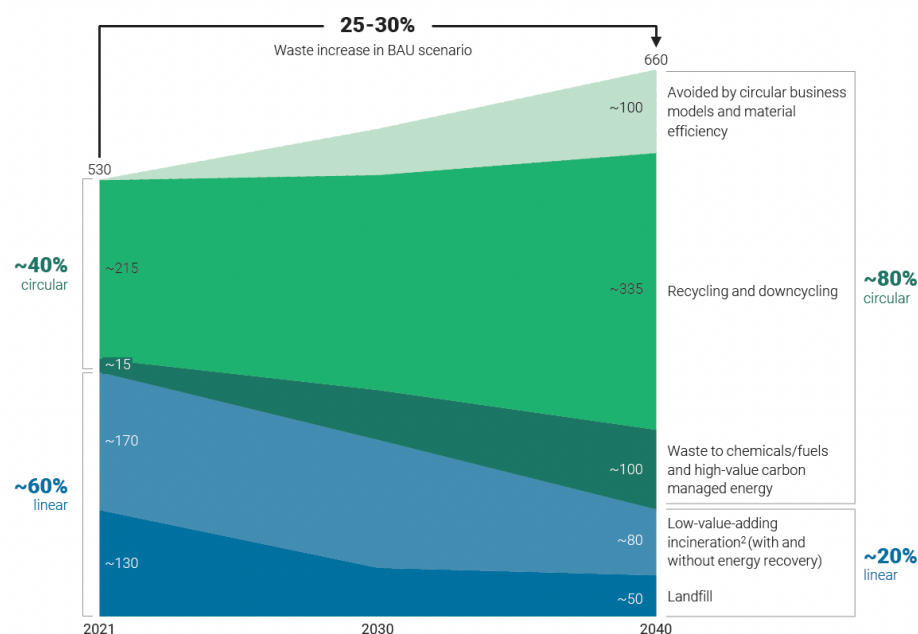
Summa Equity trekker opp scenarier for 2040 i rapporten "Investing in a circular and waste-free Europe, 2023" (<https://summaequity.com/>). Figur 9 og Figur 10 er hentet fra denne studien og viser blant annet at selv om avfallsmengden øker med ca. 5 prosent så reduseres andelen avfall som går til deponi og forbrenning med hhv. ca. 60 og 50 prosent. Ikke alt avfall kan forhindres, og noe må fortsatt forbrennes eller deponeres i 2040. Målet er imidlertid å redusere denne resten så mye som mulig. De foretrukne alternativer til både forbrenning og deponi er avfallsreduksjon og ombruk, resirkulering og materialgjenvinning samt produksjon av drivstoff fra kjemikalieavfall.

Scenarioet beskriver en utvikling i tråd med europeisk klimapolitikk og omstilling til en mer sirkulær økonomi. Dette er en ønsket utvikling og scenarioet indikerer utviklingen i omfanget av avfallsproduksjon og utviklingen i omfang av ulik sluttbehandling av avfall. Basis for vurderingene er hvilken sluttbehandling som gir minst miljøbelastning. Bildet er tydelig, forbrenning av avfall skal reduseres ned mot det som er helt nødvendig og deponi skal reduseres til et minimum ned mot det som er helt nødvendig (primært uorganisk materiale).

Scenarioet går kun fram til 2040, men peker ut en retning som forventes å videreføres mot 2050 og 2100. Scenarioet gir samme utvikling som vårt estimerte mål for Norge (kap.3).

A circular economy scenario for Europe by 2040

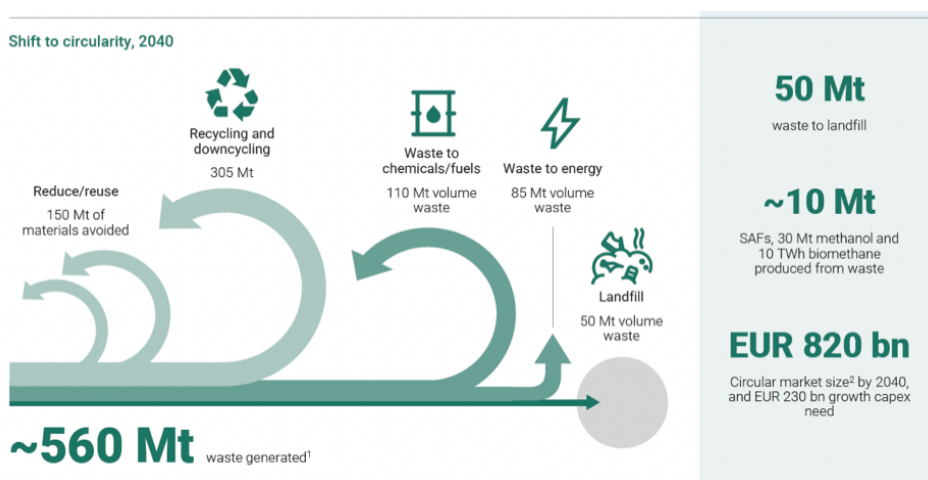
Development of end-of-life treatment in a circular scenario, EU27+UK (Mt¹)



- ~15% waste avoided through reduce and reuse initiatives
- ~100 Mt waste avoided through sharing platforms, product design for lightweighting, efficient construction, digital systems for waste reduction
- From ~40% to 60% of waste volumes are collected for recycling (including downcycling and exports of secondary material)
- 120 Mt increased recycling volumes by 2040, mainly driven by steel, and plastics
- Plastics and textiles go from almost fully linear system (<12% and <1% closed-loop recycling, respectively) to 40 to 60% recycled content in new production
- From ~3% to ~20% of waste volumes to other value recovery
- Potential to produce 10 Mt SAFs, 30 Mt green methanol, and 10 TWh from biomethane
- From ~30% to 15% of waste volumes—a reduction of ~90 Mt
- From ~25% to 10% of waste volumes to landfill—a reduction of ~80 Mt

1. Not including hazardous waste, concrete aggregates, WEEE
2. We define low value-add as incineration with low conversion efficiency and/or resulting in substantial fossil CO₂ emissions
Source: Summa Equity circularity analysis

Figur 9: Omstilling fra lineært til et sirkulært samfunn illustrert ved at «avfallet» dels reduseres og dels omgjøres til ressurser fra «et business-as-usual (BAU)» til «et sirkulært» scenario 2040. (Kilde Summa Equity, Investing in a circular and waste-free Europe, 2023. <https://summaequity.com/>)



Figur 10: Scenario for 2040 – omstilling til et sirkulært samfunn. (Kilde Summa Equity, Investing in a circular and waste-free Europe, 2023. <https://summaequity.com/>)

Disse tallene samsvarer godt med tall og vurderinger i bakgrunnsdokumenter for utforming av EUs grønne giv (https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en). Se også EEA <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling>.

Hvilke virkemidler som skal til for at reduksjonen på hhv. ca. 60 og 50 prosent i andelen av avfall som går til forbrenning og deponi skal oppnås, er ikke detaljert beskrevet. Det er gitt noen stikkord nederst i Figur 9. I rapporten understrekes det blant annet at staten ved lovgivning og virkemidler er de som må peke ut kursen for systemendringen som ønskes. Virkemidlene må bidra til å skape like konkurransevilkår for de «nye» sirkulære løsningene sammenlignet med de etablerte lineære løsningene. Stat og kommune må bidra både økonomisk, faglig og med egne handlingsprioriteringer, for å få etablert de nye sirkulære forsyningskjedene og mobilisere til endring.

Mobilisere til endring (omstilling) skjer blant annet gjennom å gi riktig informasjon og incentiver til markedene slik at aktørene legger om til sirkulære løsninger og ikke gjør nye investeringer i lineære løsninger som øker risikoen for «lock in effekter». Lock in effekter beskriver en situasjon der en blir bundet til å fortsette å bruke en løsning på grunn av høye byttekostnader eller mangel på alternativer. (se f.eks. Bauer et al., 2023. <https://portal.research.lu.se/en/publications/petrochemicals-and-climate-change-powerful-fossil-fuel-lock-ins-a>). Investering i og oppgradering av forbrenningsanlegg, med eller uten CCS, med en kapasitet som forutsetter at avfallsmengder til forbrenning vil opprettholdes eller fortsette å vokse i de neste tiårene kan føre til ytterligere «lock ins» eller «stranded assets», dvs. eiendommer eller anlegg som ikke vil oppfylle fremtidige standarder og forventninger knyttet til miljø. Slike eiendommer eller anlegg har stor risiko for å bli utsatt for tidlig økonomisk foreldelse og bli til tapsprosjekter.

Det betyr ikke at fjernvarmerinfrastrukturen er «tapt». Denne kan fortsatt benyttes til å distribuere varme fra en rekke andre energiresurser, f.eks. ulike VP-løsninger sentralt, lokalt varmeoverskudd fra kjøling av bygg, direkte sjøvann som lokale VP kan utnytte, solvarmeanlegg mm.

6 Avfallshåndtering i Europa

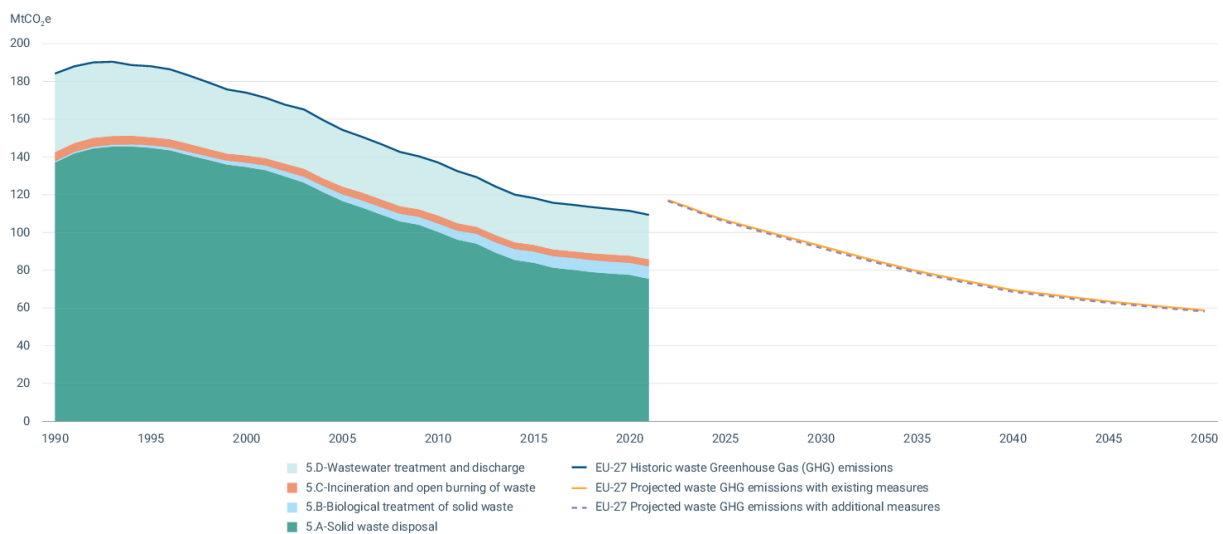
Klimagassutslipp fra avfallshåndtering i Europa er redusert i perioden 1990 til 2020. Figur 11 viser også en framskrivning av utslippene til 2050 som forutsetter gjennomføring av EU-landenes innrapporterte klimahandlingsplaner.

Utslippsreduksjonene er imidlertid ikke tilstrekkelige, og det foreslås innføring av ytterligere virkemidler som skissert i *Capturing the climate change mitigation benefits of circular economy and waste sector policies and measures* ([European Environment Agency, 2024](#)), der det legges stor vekt på omlegging til sirkulære verdikjeder og holde ressursene i «omløp».

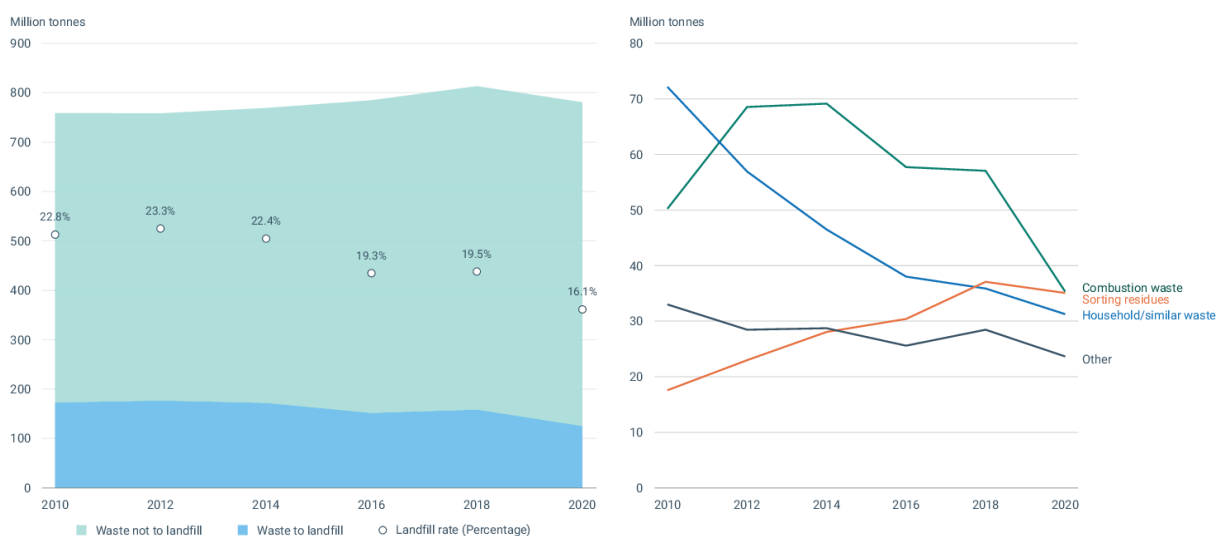
Kun en svært liten andel av det som i dag defineres som avfall, skal i framover gå til forbrenning og deponi. EUs mål er at kun 10 prosent skal til deponi i 2035, med videre reduksjon til 2050 og 2100. Det er store forskjeller mellom landene i Europa. Nord Europeiske land har lave andeler til deponi, mens syd- og østeuropeisk land har høye andeler til deponi. (Figur 12 og Figur 13). Også forbrenning skal begrenses, men her er det foreløpig ikke satt europeiske mål. I tråd med Parisavtalen skal imidlertid forbrenning reduseres mot null fram

mot 2050 og 2100 innen alle sektorer. <https://www.eea.europa.eu/publications/capturing-the-climate-change-mitigation>

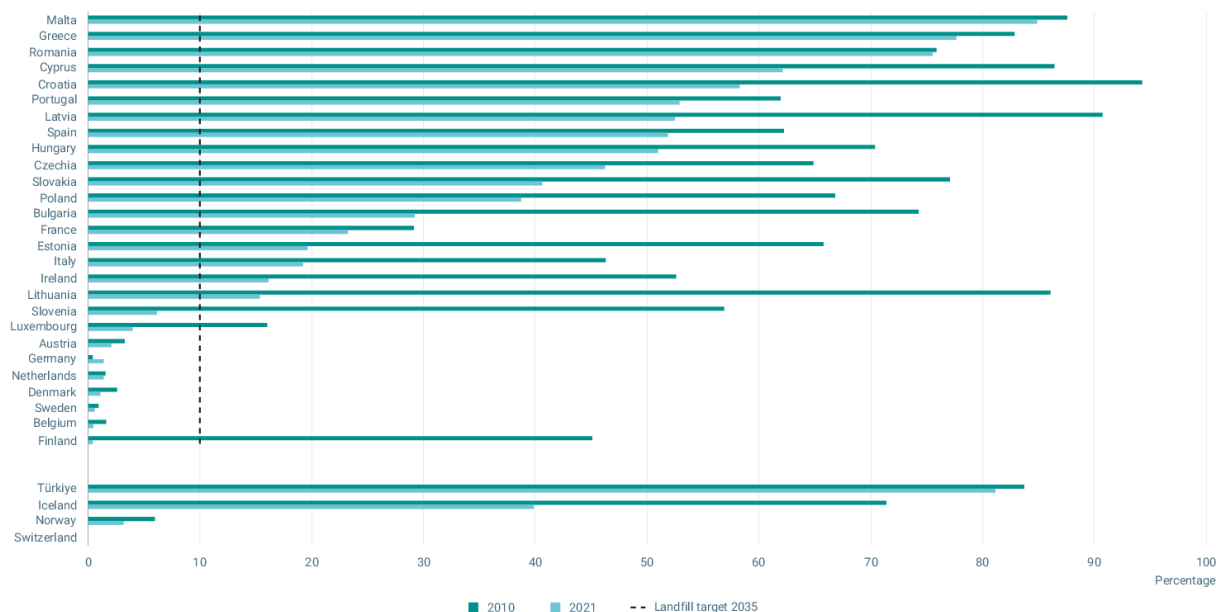
Andelen avfall som ble sendt til deponi i Europa gikk ned fra 23 % til 16 % mellom 2010 og 2020 (EU-27), selv om den totale mengden avfall fortsatte å øke noe (Figur 13). Det er opplagt for mye utslipp fra deponier i Europa som helhet og derfor er det satt et EU-mål om å redusere andelen avfall som går til deponier til 10% innen 2035. Det er per i dag store forskjeller mellom landene (Figur 13), men utviklingen indikerer at deponi er i ferd med å fases ut som avfallshåndteringsmetode. I de nordiske landene og Nord Europa, blant annet Nederland, Tyskland og Østerrike, har dette vært prioritert i flere år og alle er i dag godt under 10 % målet. Figur 13 viser også at sortering og materialgjenvinning er de sluttbehandlingsmåtene som vokser sterkt i perioden 2010 til 2020.



Figur 11: Klimagassutslipp fra Europas avfallshåndtering fra 1990 til 2021 og framskrivninger til 2050 gitt dagens planer i EU-27. Kilde EEA, 2024 <https://www.eea.europa.eu/publications/capturing-the-climate-change-mitigation>



Figur 12: Europeisk avfall som går til deponi er redusert fra 23 til 16 prosent fra 2010 til 2020. Målet er å komme ned til under 10 prosent innen 2035. Kilde EEA, 2024:



Figur 13: Andel som går til deponi i land i Europa. Norge er under 5 prosent, men det er høyere enn i våre naboland (f.eks. Danmark og Sverige). (Årsaken til at denne er såpass lav sammenlignet med SSBs avfallsstatistikk (ovenfor) er ulike definisjoner av avfall). Kilde EEA, 2024

7 Fjernvarmesystem i Europa

Utbygging og bruk av fjernvarmesystemer (FV) har historisk sett gitt mange fordeler. Sentralisering, store forbrenningsanlegg med gode renseteknologier drevet av profesjonelle, reduserte behovet for små fyrkjeler, koks-og vedovner i hvert enkelt bygg i sentrumsområder av byene. Det reduserte problemene med dårlig lokal luftkvalitet spesielt på kalde vinterdager. FV-systemene ga også muligheten for å bruke sekundære energikilder og brenslersom ellers ville være vanskelig å utnytte.

Sekundær energikilder er overskuddsvarme produsert for eksempel gjennom industrielle prosesser, termiske kraftverk, overskuddsvarme fra store strømforbrukere (f.eks. datasentre) og avfallsforbrenning. Disse energikildene kan utnyttes hvis de er tilgjengelig i nærheten av FV-systemets distribusjonsnett. Avfallet transporteres imidlertid til et forbrenningsanlegg slik som andre brenslers (olje, naturgass og biobrenslers), derfor er det en utstrakt handel med avfall både internt i Norge og til/fra andre land.

I noen tilfeller kan varme fra avfallsforbrenning anses som overskuddsvarme, men det må anses som en «betinget overskuddsvarme». Betingelsen er at avfallet ikke har noen alternativ anvendelse og sluttbehandling med bedre miljøytelse. Først da kan varme fra forbrenning av dette avfallet anses som overskuddsvarme. Hvis ikke den betingelsen er oppfylt bør avfall anses som en hvilken som helst annen energiressurs eller brensel med tilhørende utslipp av blant annet klimagasser. Sammensetningen av avfallet avgjør både brennverdi og utslipp av klimagasser. Anlegg for røkgassrensing inkl. karbonfangst og lagring, reduserer også utslippene per energienhet.

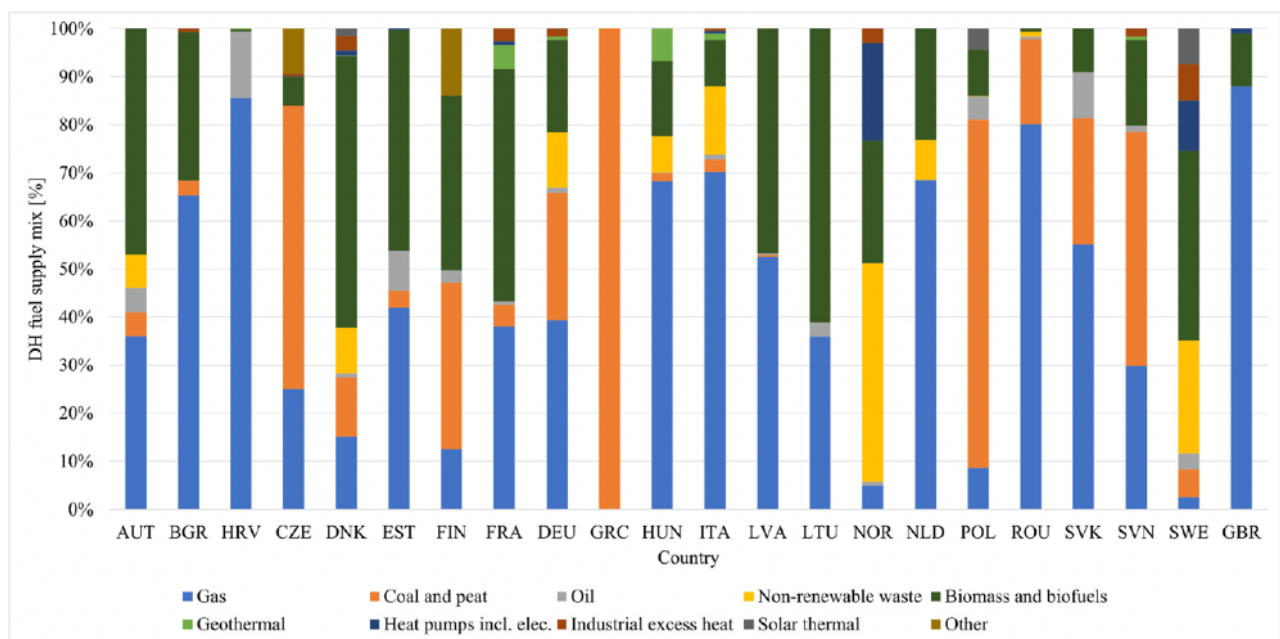
Det som i dag omtales/betegnes som avfall er en vesentlig materialressurs. I mange tilfeller består «avfallet» av produkter som f.eks. kan ombrukes direkte, repareres og ombrukes, sorteres og materialgjenvinnes som råstoff for nye produkter.

I et framtidig sirkulært nullutslippssamfunn vil produkter og materialer i størst mulig grad ombrukes og materialgjenvinnes, og svært lite ende som «avfall» og sluttbehandles ved

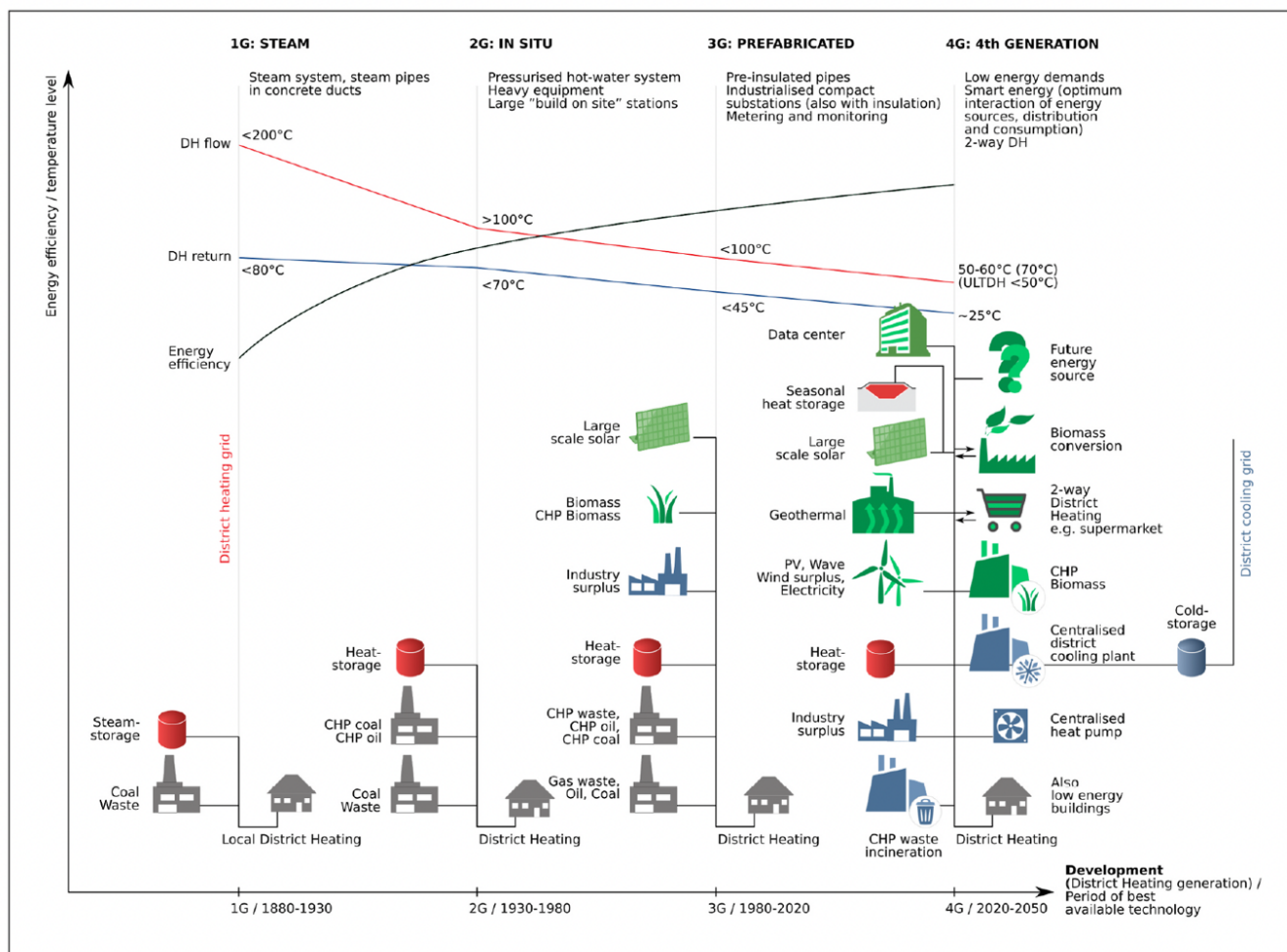
forbrenning eller deponering. Den lille resten kan eventuelt forbrennes med varmegjenvinning, men også f.eks. gjennomgå pyrolyse med varmeutnyttelse og karbon som restprodukt som videre kan brukes som innblanding i betong eller jord og bindes (et langtidslager).

Fjernvarmeproduksjonen i mange land i Europa har en god andel ikke-fornybart avfall og biobasert avfall i energimiksen (Figur 14). Samtidig har det vært en stor teknisk utvikling i FV-sektoren i Europa, og det er tatt i bruk en rekke varmekilder og alternativer til forbrenning. Figur 15 illustrer utviklingen fram til fjerde generasjon, men utviklingen av femte generasjon pågår for fullt. Dette er en styrt og ønsket politikk som forsterkes i EUs avfallsdirektiv (sitat):

Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive or WFD) establishes the legal framework for treating waste in the EU. For example, as part of a package of measures on the circular economy, the WFD has been amended to set new municipal-waste-recycling targets, increasing the share of municipal waste prepared for reuse or recycled to 55% of all municipal waste generated by 2025, 60% by 2030 and 65% by 2035. The amendment also encourages EU countries to introduce charges and restrictions for the incineration of waste to provide economic incentives for waste prevention and recycling.



Figur 14: The state of district heating and cooling in Europe - A literature-based assessment. Muncan et al, 2024.



Figur 15: The state of district heating and cooling in Europe - A literature-based assessment. Muncan et al., 2024

8 Avfallsforbrenning i Danmark og Sverige

Forventet politikkutforming i Norge som følge av EØS-relevant politikk kan vi allerede se gjennom hva som skjer på dette området i EU-medlemslandene Danmark og Sverige.

I **Danmark** er det det en tverrpolitisk enighet om hva som er målet for avfallspolitikken (inkl. forbrenning):

«Med aftalen sætter aftaleparterne visionen om, at affaldssektoren skal være klimaneutral i 2030, og 80 pct. af den danske plast skal være udsorteret fra forbrændingen i 2030.»

Det innebærer enighet om å legge ned avfallsforbrenningskapasitet (vår understrekning) i tråd med forventet nedgang i innenlands avfallsmengder som følge av omlegging til en sirkulær økonomi (<https://www.regeringen.dk/media/9591/aftaletekst.pdf>). Lykkes ikke de «frivillige» tiltakene og endringene vil sterkere virkemidler tas i bruk (avgifter, vurdere forbud mot import av avfall til forbrenning, osv.). Reglene for mottak av tilsyn ved forbrenningsanlegg endres, slik at forbrenningsanleggene fra 2025 er forpliktet til å avvise avfallscontainere som inneholder så mye resirkulerbart avfall at den totale avfallsmengden klassifiseres som resirkulerbar. Samtidig er forbrenningsanleggene forpliktet til å gi tilbakemelding til relevante myndigheter slik at disse kan inspisere avfallet hos den aktuelle avfallsprodusenten eller avfallsinnsamleren. Miljøstyrelsen utarbeider retningslinjer som sier at forbrenningsanlegg kun skal behandle avfall som faller under en minimumsgrense for

innhold av resirkulerbart avfall. Dette gjøres for å sikre at forbrenningsanlegg kun behandler avfallsmengder som ikke eller i en svært begrenset grad, har potensial til å gjenbrukes.

(<https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2020/jun/bred-politisk-aftale-sikrer-groen-affaldssektor-i-2030>)

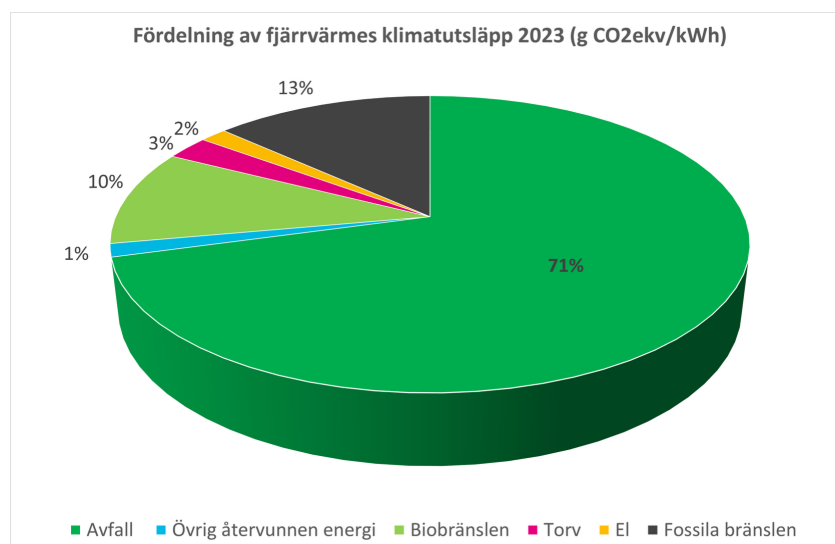
I **Sverige** er det to innflytelsesrike ordninger for å evaluere miljøpåvirkningen av fjernvarme; «Värmemarknadskommitténs avtale» og «Sertifisering av bygninger i miljøsertifiseringssystemet Miljöbyggnad». (jf. Överenskommelse i Värmemarknadskommittén 2023)

Värmemarknadskommitténs avtale er mellom den svenske fjernvarmeforeningen og de store bransjeorganisasjonene for eiendommeiere i Sverige. Tanken med avtalen er at vurderingen av klimapåvirkning og ressurseffektivitet av fjernvarmeproduksjon skal gjøres på en ryddig og felles måte for alle fjernvarmenett i Sverige. Reglene håndteres av Värmemarknadskommittén, hvor representanter for energiprodusenter, FV-selskaper og eiendommeiere deltar.

Miljöbyggnad er et veletablert og hyppig anvendt system for sertifisering av bygninger i Sverige, utviklet eksklusivt for svenske forhold. Et av vurderingskriteriene i sertifiseringssystemet er energiproduksjon, der brensel som brukes til oppvarming har stor innvirkning. I begge systemene regnes avfall som ethvert annet brensel som brukes til FV-produksjon. Selv om det under avfallsforbrenning tilbys to samtidige tjenester – avfallsbehandling og energigjenvinning. Avfall blir sett på som en blanding av tre og kull, som fyres for å møte FV-etterspørselen.

Energiforetagen beregner og informerer på sine nettsider om hva som er gjennomsnittet for Svensk fjernvarme (sjablongverdier), Figur 16 og

Tabell 1 og 2. (<https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/miljovardering-av-fjarrvarme/>)



Figur 16: Energikilder knyttet til fjernvarmesystem i Sverige. Kilde: Miljøvurdering av fjärrvärme. Energiföretagen, 2024.

Tabell 1 og 2: Primærenergifaktorer og utslippsfaktorer knyttet til fjernvarmesystem i Sverige. Kilde: Miljøvurdering av fjärrvärme. Energiföretagen, 2024.

Genomsnittliga miljövärden för Sverige 2010-2023

	Primär energi [kWh använd energi/per kWh levererad fjärrvärme]	Utsläpp förbränning [gCO ₂ ekv/kWh levererad fjärrvärme]	Utsläpp transport och produktion av bränslen [gCO ₂ ekv/kWh levererad fjärrvärme]	Andel fossilt [-]	Utsläpp förbränning, transport och produktion gCO ₂ ekv/kWh levererad fjärrvärme
2010	0,29	81,3	9,9	13,2	91,23
2011	0,30	77,3	9,3	12,0	86,6
2012	0,27	71,2	8,9	10,0	80,1
2013	0,25	69,6	8,6	9,0	78,2
2014	0,21	65,0	7,4	6,6	72,4
2015	0,20	58,6	7,2	6,2	65,8
2016	0,20	58,7	7,5	7,0	66,2
2017	0,16	57,5	6,3	4,4	63,8
2018	0,17	63,3	6,8	5,1	70,1
2019	0,14	53,3	5,9	3,6	59,2
2020	0,11	48,8	5,0	1,0	53,7
2021	0,11	46,1	5,9	2,2	52,0
2022	0,10	45,8	5,6	1,9	51,4
2023	0,18	47,7	5,8	2,2	53,5

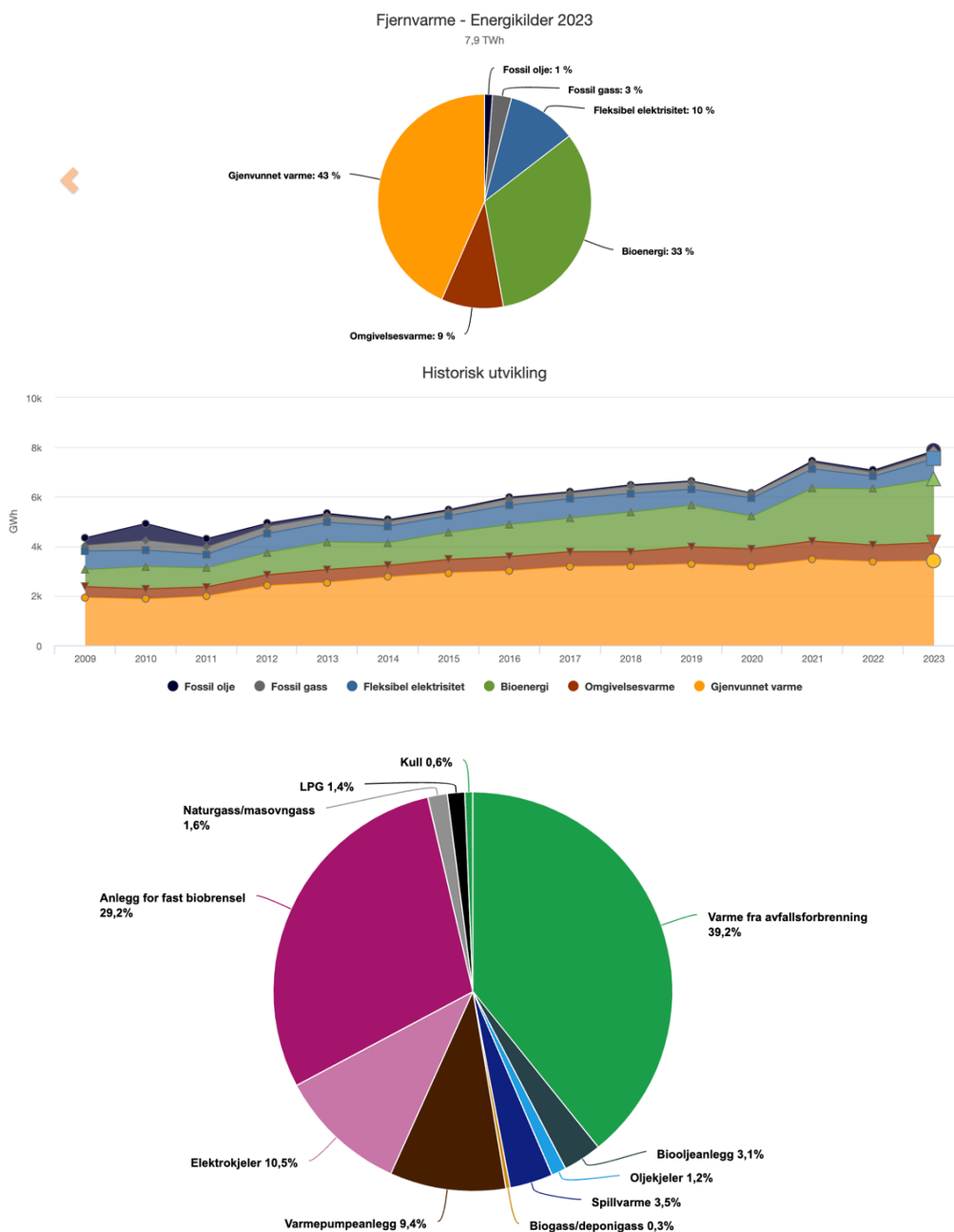
	Resurseffektivitet, Primärenergifaktor	Koldioxidekv energiomvandling [g CO ₂ ekv/kWh]	Koldioxidekv produktion och transport av bränslet [g CO ₂ ekv/kWh]	Andel fossilt
Stenkol	1,15	370	14	1
EO1	1,11	268	22	1
EO2	1,11	275	22	1
EO3-5	1,11	275	22	1
Naturgas	1,09	200	45	1
Övrigt fossilt	1,11	275	22	1
Industriell spillvärme	0	0	0	0
Avfall	0,04	157,6	3	0
Deponi- och rötgas	0,15	0,2	12	0
Avfallsgas från stålindustrin	0	0	0	0
Primära trädbränslen	1,05	4	34	0
Sekundära trädbränslen	0,03	4	7	0
RT-flis	0,05	4	3	0
Pellets, briketter och pulver	0,11	4	14	0
Bioolja	0,04	1	4	0
Tallbeckolja	0,04	1	4	0
HVO slaktavfall	0,46	1	113	0
HVO used cooking oil	0,14	1	42	0
HVO rapsolja	1,54	1	219	0
HVO tallolja	0,20	1	19	0
RME	1,27	11	86	0
Biogas	0,16	0	22	0
Övriga biobränslen	1,05	1	34	0
Torr (fjärrvärme och el)	1,02	385,1	39	0
Värme från värmepump minus el till värmepump	0	0	0	0
El (Nordisk residual)	2,1	468		0,64
Köpt hetvatten, ospecificerat bränsle	1,11	275	22	0

Från "Överenskommelse i Värmemarknadskommittén 2023"

<https://www.energiforetagen.se/4af4dc/globalassets/energiforetagen/statistik/fjarrvarme/miljovurdering-av-fjarrvarme/hjalp-vid-berakning/vmk-overenskommelse-2023.pdf>

9 Energikilder og utvikling i FV-sektoren

Norge har en relativt godt utviklet fjernvarmesektor spesielt i de større byene. FV-systemene i Norge anvender et bredt spekter av energivarer, se Figur 17 som viser samlet innfyrt energi for alle systemene i Norge. Nasjonalt består «gjenvunnet varme» av varme fra avfallsforbrenning (39,5 %) og spillvarme fra industriprosesser (3,5%). Det er imidlertid store forskjeller mellom systemene, og i f.eks. Porsgrunn utgjorde spillvarme fra industriprosesser 100% av varmen. (Kilde: SSB og Fjernkontrollen.no)



Kilde: 09469: Nettoproduksjon av fjernvarme, etter varmesentra, Statistisk sentralbyrå.

Figur 17: Fjernvarmeproduksjon i Norge i 2023 og historisk utvikling. Det som er angitt som «Gjenvunnet varme» er nasjonalt i all hovedsak varme fra avfallsforbrenning (39,5 %), men består også av spillvarme fra

10 Forslag til allokeringsprinsipp og allokeringsfaktorer

På grunnlag av en framskrevet utvikling i avfallshåndtering i tråd med Parismålet, Naturavtalen, EU-politikk og Klimautvalget 2050 sine anbefalinger om en omstilling til et sirkulært samfunn (som vist i kapittel 4), kan vi med en forenklet metode utlede en allokeringsfaktor for avfallsbaserte FV-system i Norge. Prinsippet og allokeringsfaktoren er uavhengig av systemenes avfallsandel i energimiksen og om det etableres karbonfangst og lagring på forbrenningsanlegget. Prinsippet bygger på at Norge som helhet kun skal forbrenne det avfallet som må destrueres på grunn av helse- og miljøskadelige stoffer eller andre forhold som gjør avfallet fullstendig uegnet til materialgjenvinning.

Vårt forslag er et allokeringsprinsipp basert på:

1. En utvikling av sluttbehandling av avfall i tråd med klima- og naturavtalene der en forutsetning er omstilling til sirkulære verdikjeder (økonomi).
2. At ombruk og materialgjenvinning alltid gir mindre miljøbelastning og bedre ressursutnyttelse enn forbrenning.
3. At noe avfall alltid må forbrennes på grunn av helse- og miljøskadelige stoffer og annen forurensning som gjør det helt uegnet til materialgjenvinning.

Allokeringsfaktoren bestemmes av forholdstallet mellom det som må forbrennes og det som leveres til forbrenning. Før andelen som forbrennes er kommet ned til 5 prosent av total avfallsmengde, så skal deler av utslippet fra avfallsforbrenningen tilordnes energiproduksjonen. Utslipp fra avfall som må forbrennes (5 prosent) allokeres i sin helhet til avfallshåndteringen. Utslipp fra øvrig avfallsforbrenning allokeres i sin helhet til energiproduksjonen.

For hver 50 års periode kan det beregnes en gjennomsnittlig utslippsallokeringsfaktor mellom avfallshåndtering og energiproduksjon, med utgangspunkt i den utvikling som er vist i kapittel 4. I perioden 2030-2080 blir f.eks. forholdet ca. 0,39, økende til 0,63 for perioden 2050-2100.

På denne bakgrunn har vi estimert følgende allokeringsfaktorer for et bygg som står ferdig i 2030, 2050 og 2100:

- Allokeringsfaktoren 0,6 for et bygg som tas i bruk i 2030 (beregningsperiode 2030-2080)
- Allokeringsfaktoren 0,4 for et bygg som tas i bruk i 2050 (beregningsperioden 2050-2100).
- Allokeringsfaktoren 0 for et bygg som tas i bruk i 2100 eller senere.

Bygninger som tas i bruk mellom 2030 og 2050 får en allokeringsfaktor mellom 0,6 og 0,4, og bygg som tas i bruk mellom 2050 og 2100 får en allokeringsfaktor mellom 0,4 og 0.

Begrunnelsen for allokeringsfaktor mindre enn 1 er som tidligere nevnt, at noe avfall alltid må forbrennes (punkt 3 over). Begrunnelsen for avtagende allokeringsfaktor er at mindre og mindre av det avfall som kan materialgjenvinnes, brennes (punkt 1 og 2), og i 2100 er det kun helt nødvendig forbrenning av avfall igjen. Nødvendig forbrenning (anslått til 5% av den totale avfallsmengden) kan da sies å resultere i reell spillvarme som bør energiutnyttes i f.eks. et FV-system. Det tilsier allokeringsfaktor 0 i 2100. Det kan imidlertid være andre hensyn som vi i dag ikke kjenner til, som tilsier en annen allokering.

11 Konkurransflate for avfallsbasert fjernvarme

Allokering av utslipp fra avfallsforbrenning til energiproduksjonen endrer utslippsgrensesnittet eller konkurranseforholdet mellom avfallsbasert fjernvarme og andre energiforsyningsløsninger.

I våre beregninger har vi lagt inn tre systemer for varmeproduksjon (til romoppvarming):

- varmepumpeløsning basert på omgivelsesvarme
- direkte elektrisitet
- 100 prosent avfallsbasert fjernvarme

Resultatene som er presentert i Figur 18 og Figur 19, illustrer hvordan skjæringspunktet mellom systemene endrer seg ved endringer i forutsetninger; endringer i varmepumpens virkningsgrad (COP), endring i allokeringen og endring i utslippsfaktor for elektrisitet.

Det understrekes at utslippsfaktoren for FV-systemet, som her er satt til på 175,9 kg CO₂/MWh (kun avfallsforbrenning), endrer seg hvis energimiksen i fjernvarmesystemet endres slik at andel avfall blir lavere og/eller det etableres en CCS-løsning på anlegget.

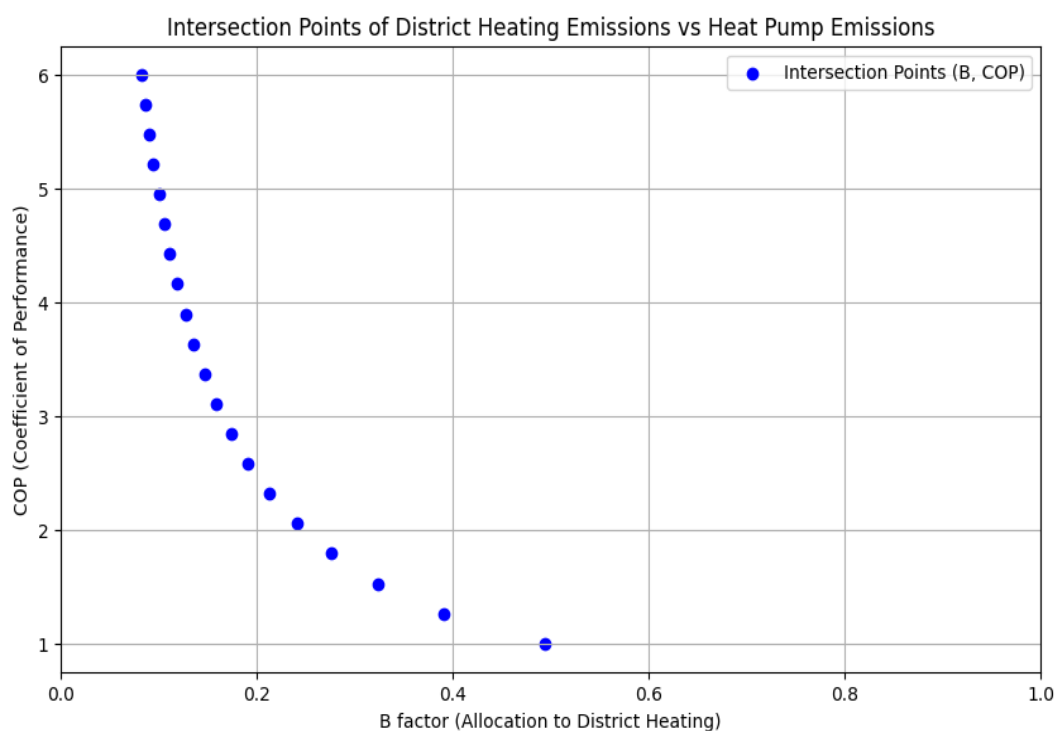
Figur 18 viser at jo bedre virkningsgrad (høyere COP) jo lavere må FV-utslippet være for å utslippsmessig kunne konkurrere. Det kan oppnås på ulike måter f.eks. skifte fra avfall til andre energikilder, etablere CCS-anlegg eller ev. regneteknisk allokere en del eller alle utslippene fra avfallsforbrenning til avfallshåndtering slik det i dag gjøres i NS3720.

Hvis vi kun endrer allokeringen viser beregningseksempelet at når varmepumpens COP varierer mellom 1 og 6, så må B være mellom 0,47 og 0,08 for å være «utslippsmessig» bedre. Ved en COP=1 tilsvarer det direkte el-opppvarming.

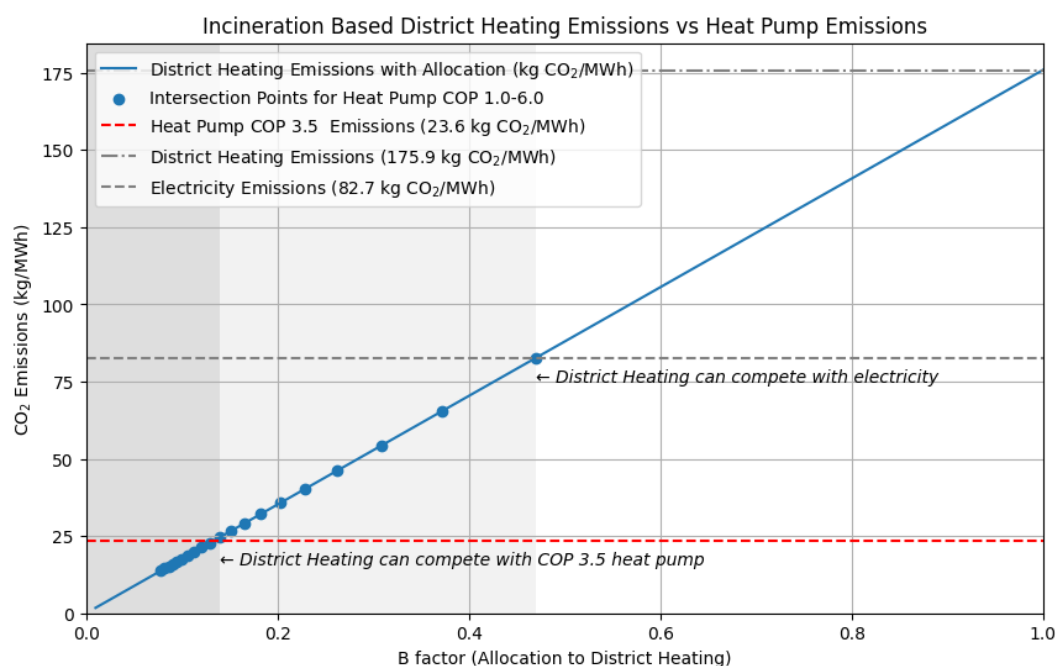
I Figur 19 vises den utslippsmessige konkurranseflaten mellom ulike alternativer. Der energileveransen gjelder for perioden 2025 til 2075 (gjennomsnittlig utslippsfaktor for en 50-års beregningsperiode), og utslippsfaktorene er basert på FutureBuilt ZERO v3 og inkluderer teknologiutvikling og tidsvekting.

Langs den blå linjen endres utslippsfaktoren (Y-aksen) for avfallsbasert FV som følge av ulik allokering av utslipp til energiproduksjon. Allokeringsfaktoren B (x-aksen) varierer mellom 0 og 1, dvs. mellom 0 og 100% allokering).

Utslippsfaktorer (Y-aksen) for direkte elektrisitet (gråstiplet strek) som gjennomsnitt for kommende 50 års periode (EU27+Norge), og ulike varmepumpeløsninger med ulike virkningsgrader (COP 1-6) (blå prikker) og varmepumpe med COP 3,5 (rødstiplet strek).



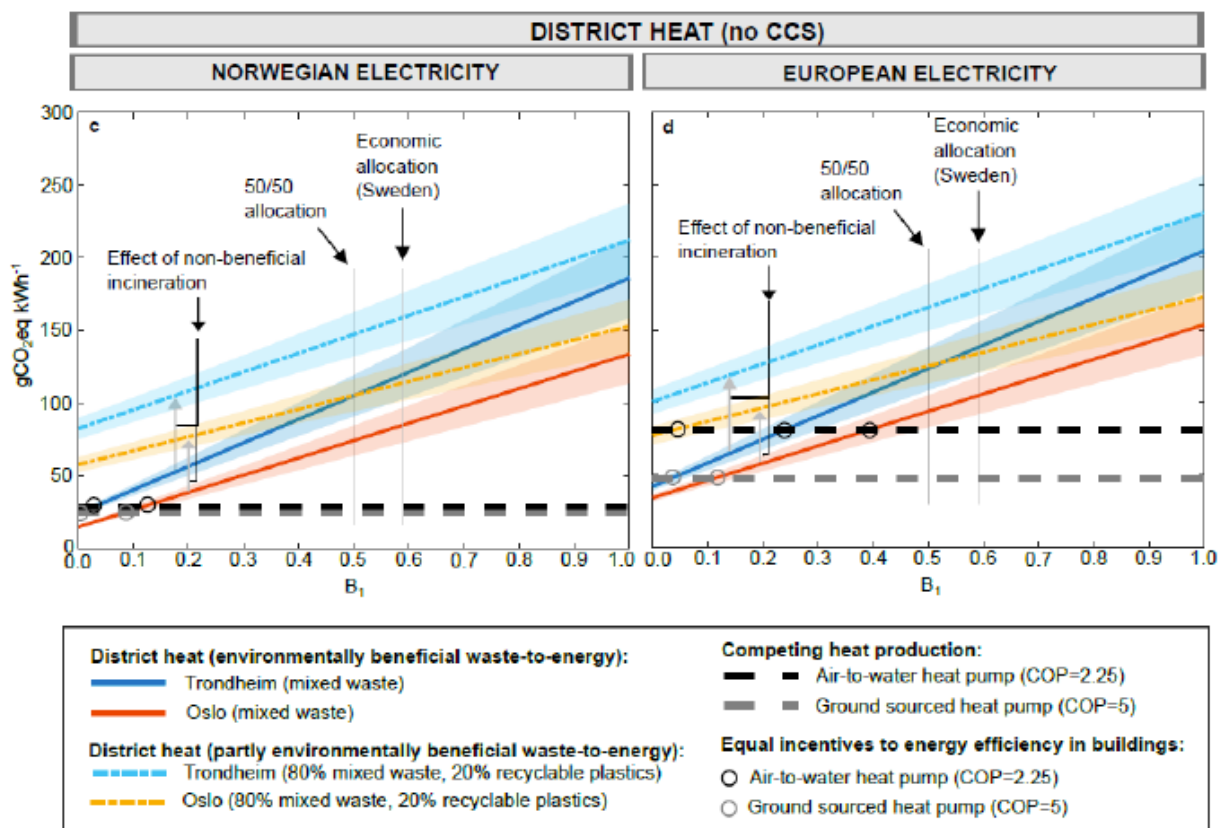
Figur 18: Illustrasjon av skjæringspunktene mellom utslipp fra avfallsbasert fjernvarme (FV) og varmepumpe (VP)-systemer ved varierende COP (Coefficient of Performance). (Kilde: FutureBuilt/Eirik Resch)



Figur 19: Utslippsfaktorer for avfallsbasert fjernvarme (FV) med ulik allokering av utslipp. (Kilde: FutureBuilt/Eirik Resch)

Næss, J.S., et al (upublisert/i trykk 2025) har vist hvordan ulike allokeringsfaktorer påvirker konkurranseforholdet mellom to avfallsbaserte FV-system og luft-vann VP med COP 2,5 og Bergvarme VP med COP 5. Systemene er hhv. Oslo og Trondheim. (Figur 20). I begge tilfeller er fire alternativer utforsket, to ulike elektrisitetssmikser og to alternativer hhv. med og uten gjenvinnbart plastavfall. Det er tatt utgangspunkt i dagens tilgjengelige kapasiteter for materialgjenvinning og avfallsforbrenning i de to områdene.

Resultatene viser det samme som våre beregninger at en allokeringsfaktor på 0,5 (50%) eller mer, i alle tilfeller er tilstrekkelig til at VP-løsningene utkonkurrerer FV-systemet med mye avfall. Beregningene viser at VP-løsningene i alle tilfeller med $B=0,4$, gir lavere klimagassfotavtrykk enn FV-systemene.



Figur 20: Figuren viser hvordan konkurranseflater mellom avfallsbasert FV og VP-løsninger endrer seg ved valg av ulike allokeringsfaktorer.. Figur er hentet fra Næss et al. 2025(under publisering).

12 Diskusjon og konsekvenser av anbefalt allokering

Et arealnøytralt, sirkulært nullutslippssamfunn er nødvendig for å møte de globale klima- og naturutfordringene og er etablert som et viktig samfunns mål både i norsk og europeisk politikk.

I vår analyse tar vi disse målene på alvor og benytter «back casting metodikk» for å etablere en framskrivning av framtidig avfallshåndtering som er forenlig med disse målene. Dette innebærer i praksis at destruksjon av materialressurser gjennom «avfallsforbrenning» gradvis må minimeres. Avfall (materialressurser) må i stadig større grad inngå i sirkulære materialkretsløp.

På bakgrunn av dette foreslås allokeringsprinsipper for utslipp fra avfallsbasert fjernvarme til bruk i LCA for bygg og byområder.

Det finnes ingen objektiv og vitenskapelig sannhet knyttet til allokering av utslipp fra avfallsforbrenning når det inngår i energiproduksjon, og det skal anvendes i livsløpsanalyser (f.eks. klimagassfotavtryksberegninger for bygg- og områdeutvikling). I dag benyttes allokeringsfaktorer langs hele spennet fra 0 til 1. Problematikken har blitt diskutert av fageksperter over lengre tid uten at konsensus har blitt oppnådd. I denne analysen legges det

til grunn at det ved fastsetting av metode for valg av allokeringfaktor, er viktig å se på formålet til en gitt LCA og hvilken overordnet samfunnsutvikling som ønskes. Et grunnleggende premiss er at allokeringfaktor som virkemiddel skal bidra til å nå både overordnede klima-, natur- og sirkularitetsmål.

Foreslåtte allokeringsprinsipp hvor utslipp fra «unødvendig» avfallsforbrenning tillegges energiproduksjonen/fjernvarmen, vil gi et reelt bilde av byggenes og byområdenes klimafotavtrykk knyttet til energibruk. Utbygger vil da kunne ta informerte valg om bygningsutforming, energieffektivisering og valg av energiløsninger som samlet sett gir lavest mulig klimafotavtrykk for bygget/området.

Det vil trolig medføre lavere etterspørsel etter avfallsbasert fjernvarme som blir et incentiv for FV-produsentene om å endre energimiksen i sine system for å være konkurransedyktige med andre varmekilder, f.eks. ulike VP-løsninger.

Videre vil det endre etterspørselen etter avfallsressurser til forbrenning/energigjenvinning, slik at det blir mer lønnsomt å materialgjenvinne i forhold til å forbrenne avfallet/materialressursene. (Endret etterspørsel vil gi endrede priser på materialene som ressurs og endrede priser på avfallet som brensel). I neste runde vil disse prissignalene kunne påvirke produktdesign i retning avfallsreduksjon og sirkulære løsninger både innenfor forbruks- og byggsektoren.

Fjernvarmeprodusent og eier av avfallsforbrenningsanlegg (produsenter) må gis informasjon om hva som er overordnede samfunns mål, sannsynlig politikktutforming og utvikling for å oppå sirkulære materialstrømmer. I tillegg til allokeringsprinsippene foreslått her, vil det kunne være innføring av miljøkrav, reguleringer, forbud og avgifter.

Forbrukere må gis informasjon om hvilke klimagassutslipp som er knyttet til energi produsert ved forbrenning av avfall. Både produsenter og forbrukere av fjernvarme vil på denne måten få et kunnskapsgrunnlag for sine langsiktige valg og ikke bli sittende med «stranded assets», dvs. redusert økonomisk verdi av sitt produksjonsanlegg eller bygning/eiendom/infrastruktur.

For en byggeier (utbygger) der fokuset er å redusere klimagassutslipp fra alle innsatsfaktorer, betyr det foreslåtte allokeringsprinsippet at FV som i hovedsak er basert på avfall, er lite ønskelig og vurderes som dårligere enn FV basert på f.eks. elektrisitet i kombinasjon med gode varmepumper i geotermiske brønner og/eller lokale varmepumpeløsninger. Hvis de lokale løsningene kombineres med ulike typer energi- og varmelagre (døgn- og ukelager), så vil det dempe kapasitetsproblemet og risikoen for økt press på elektrisitetsnettet.

Effektproblemet kan også styres med andre virkemidler (feks krav til maksimalt effektuttak) for å hindre kapasitetsproblemer og behov for utbygging av dyr effektkapasitet.

13 Referanser

Bauer et al., 2023. *Petrochemicals and climate change: Powerful fossil fuel lock-ins and interventions for transformative change*. Fredric Bauer, Joachim Peter Tilsted, Carolyn Deere Birkbeck, Jakob Skovgaard, Johan Rootzén, Kersti Karltorp, Max Åhman, Guy David Finkill, Luisa Cortat, Theo Nyberg. Environmental and Energy Systems Studies Department of Political Science IVL Swedish Environmental Research Institute The Graduate Institute Geneva.

<https://portal.research.lu.se/en/publications/petrochemicals-and-climate-change-powerful-fossil-fuel-lock-ins-a>

Brattebø, Helge, Magnus Korpås, Laurent Georges, Edgar Hertwich, Jan Sandstad Næss, Hanne Kauko, Marianne Kjendseth Wiik, Inger Andresen, 2025. *Anbefalt metode for beregning av utslipp fra strøm og fjernvarme. Oppsummering og anbefaling på tvers av studier i FME ZEN*. ZEN MEMO No. 65 – 2025.

Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive or WFD)

EEA, 2024. The circular economy concept.

<https://www.eea.europa.eu/publications/capturing-the-climate-change-mitigation>

EEA, 2024. Waste and recycling. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling> og spesielt <https://www.eea.europa.eu/publications/capturing-the-climate-change-mitigation>.

Ekvall, T. (2000). A market-based approach to allocation at open-loop recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 29(1-2), 91-109.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344999000579>

Energiföretagen, 2024. Miljövärdering av fjärrvärme.

<https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/miljovardering-av-fjarrvarme/>

EU, 2020. *Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe*.

(Europakommisjonens handlingsplan for sirkulær økonomi fra 2020 (COM(2020) 98 final) og [retningslinjer](#) for oppdatering av nasjonale energi- og klimaplaner som innrapporteres til FN-konvensjonen.)

EU, 2024. *The European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent*.

https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

EY (2024) *Naturen har grenser, Hvordan redusere Norges materialfotavtrykk*.

FutureBuilds prosjektoversikter. <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter>

Gómez-Sanabria, A., Kiesewetter, G., Klimont, Z., Schoepp, W., & Haberl, H. (2022). *Potential for future reductions of global GHG and air pollutants from circular waste management systems*. *Nature Communications*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27624-7>

Hertwich, E.G. *Increased carbon footprint of materials production driven by rise in investments*. *Nat. Geosci.* **14**, 151–155 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00690-8>

Holmberg, J. & Robèrt, K.H. 2000, "Backcasting from non-overlapping sustainability principles: a framework for strategic planning", *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 74, 291–308.

Klima-, energi- og forsyningsministeriet, Danske Regjering, 2020. *Bred politisk aftale sikrer grøn affaldssektor i 2030*. <https://www.regeringen.dk/media/9591/aftaletekst.pdf> og <https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2020/jun/bred-politisk-aftale-sikrer-groen-affaldssektor-i-2030>

Korpås, Magnus, Ove Wolfgang, Helge Brattembø, 2024. *Regneregler for utslipp knyttet til strøm. Prinsipper og regler for allokering av klimagassutslipp til strømforbruk og kompensasjon fra strømproduksjon i ZEN*. ZEN MEMO No. 52 – 2024

Martínez, J.H., Romero, S., Ramasco, J.J. et al. *The world-wide waste web*. *Nat Commun* **13**, 1615 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28810-x>

Muncan et al, 2024. The state of district heating and cooling in Europe - A literature-based assessment. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132191>

NVE, 2010. *Klimagassutslipp fra fjernvarme: Tiltak og virkemidler*. Innspill og underlag til Klimakur 2020. Håvard Hamnaberg og Asle Selfors, m.fl., NVE, 2010.

Næss, Jan Sandstad, Kim Rainer Mattson, Helge Brattembø and Edgar Hertwich (in prep 2025). *Claiming-based allocation for waste-to-energy in district heating for life cycle assessments of buildings*. Department of Architecture and Technology, Norwegian University of Science and Technology. Industrial Ecology Programme, Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology. (jan.s.nass@ntnu.no)

Næss, Jan Sandstad, Kim Rainer Mattson, Baptiste Giroux, Ida Rustad, Helge Brattembø og Edgar Hertwich, 2024. *Allokering av klimagassutslipp fra avfallsforbrenning med energigjenvinning i livsløpsanalyser*. ZEN REPORT no. 61 – 2024.

Robinson, J.B., "Energy Backcasting: A Proposed Method of Policy Analysis", *Energy Policy*, Vol.10, No.4 (December 1982), pp. 337–345. [http://dx.doi.org/10.1016/0301-4215\(82\)90048-9](http://dx.doi.org/10.1016/0301-4215(82)90048-9)

SSB, 2025. www.ssb.no: *Energistatistikk, Avfallsstatistikk*.

Summa Equity, *Investing in a circular and waste-free Europe*, 2023. <https://summaequity.com/>

Jansen, L., "Towards a Sustainable Future, en route with Technology", pp. 496–525 in Dutch Committee for Long-Term Environmental Policy (ed.), *The Environment: Towards a Sustainable Future* (Environment & Policy, Volume 1), Kluwer Academic Publishers, (Dordrecht), 1994.

UNEPs ressurspanel (2024). *Global Resources Outlook 2024*. <https://www.resourcepanel.org/no/rapporter/globale-ressursutsikter-2024>.

Yeates, L.B., *Thought Experimentation: A Cognitive Approach*, Graduate Diploma in Arts (By Research) Dissertation, University of New South Wales, 2004.

Värmemarknadskommittén 2023. *Överenskommelse i Värmemarknadskommittén med referanse til «Värmemarknadskommitténs avtale» og «Sertifisering av bygninger i miljøsertifiseringssystemet Miljöbyggnad»*.

www.fjernkontrollen.no