



25.02.2020

# Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen

Rapport 07-2020

Rapport nr. 07-2020 fra Samfunnsøkonomisk analyse AS

ISBN-nummer: 978-82-8395-073-1

Oppdragsgiver: Direktoratet for byggkvalitet

Forsidefoto: Ken Opprann, Statsbygg

Tilgjengelighet: Offentlig

Dato for ferdistilling: 25. februar 2020

Forfattere: Karin Ibenholt, Marte Marie  
Frisell, Lone Ross Gobakken,  
Atle Wehn Hegnes, Mikkel  
Myhre Walbækken

Kvalitetssikrer: Bjørn Gran

Samfunnsøkonomisk analyse AS

Borggata 2B  
N-0650 Oslo

Org.nr.: 911 737 752  
post@samfunnsokonomisk-analyse.no

## Forord

På oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) har Samfunnsøkonomisk analyse og NIBIO analysert de samfunnsøkonomiske kostnadene og nytten av å redusere avfallsmengder fra byggebransjen, herunder minimere generert avfall, øke ombruken av byggavfall og øke materialgjenvinningen.

Analysen bygger på tidligere analyser, komplettert med data innhentet fra aktører i byggebransjen, gjennom intervjuer og deltakelse på workshop. Vi vil takke alle som har stilt opp på intervjuer og møter, og som har delt av sin kunnskap og erfaring. Vi vil også takke våre kontaktpersoner i DiBK for gode innspill og diskusjoner underveis i prosjektet.

Oslo, 25. februar 2020

Karin Ibenholt  
Prosjektleder  
Samfunnsøkonomisk analyse AS



## Sammendrag

Byggenæringen er blant enkeltnæringene som generer størst andel av det samlede avfallet i Norge, og andelen har økt de siste årene. Gjennom livsløpet til en bygning har næringen et betydelig klimagassutslipp, fra produksjon av byggematerialer, i Norge og andre land, via selve byggeprosjektet og til behandling av avfall fra prosjektet og bygningen.

Betydelige mengder av materielle ressurser går inn i byggenæringen, og et bygg legger beslag på store ressurser gjennom dets levetid. Mye fokus, både fra nasjonale og internasjonale myndigheter og næringen selv, er rettet mot at ressursutnyttelsen i byggenæringen må bli bedre.

Mål om å øke utnyttelsen av ressursene i byggeavfallet

Nasjonale mål for avfall fra byggenæringen handler om at næringen i større grad skal bevege seg mot en sirkulær økonomi. Det vil si at det skal generes så lite avfall som mulig. Ved mer effektiv utnyttelse av ressurser, unngås det at byggematerialer i det hele tatt blir til avfall. Samtidig vil det ikke være verken mulig eller hensiktsmessig at det ikke genereres noe avfall overhode. Avfallet kan ombrukes og materialgjenvinnes fremfor at det legges på deponi eller går til energigjenvinning. En slik strategi vil gi et mer lukket materialkretsløp, hvor minst mulig går ut som svinn og minst mulig nytt og jomfruelig materiale går inn i kretsløpet. I dette ligger det at et bygg som skal rives, betraktes som et lager av verdifulle ressurser som kan utnyttes ved ombruk og materialgjenvinning.

Kostnadseffektivitet og samfunnsøkonomisk lønnsomhet er blant de syv prinsippene som ligger til grunn for den norske avfallspolitikken (Klima- og miljødepartementet, 2017). Det vil si at målene skal nås til lavest mulig samfunnsøkonomiske kostnad, og at den samlede nytten av politikken og tiltakene skal være høyere enn de samlede kostnadene.

Avfallet kan reduseres, ombrukes eller materialgjenvinnes

I denne analysen vurderes tre tiltak som kan bidra til å nå nasjonale mål for avfall i byggenæringen:

- 1) Redusere mengden generert avfall (avfallsminimering)
- 2) Økt ombruk
- 3) Økt materialgjenvinning

Vi har kartlagt hva de forskjellige aktørene i byggenæringen kan gjøre under hver av de overordnede tiltakene, og deretter gjort en forenklet samfunnsøkonomisk analyse hvor det vurderes hvilke av tiltakene som er mest samfunnsøkonomisk lønnsomme. Gjennom denne analysen har vi således forsøkt å avdekke hva som er de lavthengende fruktene. Analysen har en marginal tilnærming etter materialkategorier, det vil si at beregninger og vurderinger av lønnsomheten gjøres for endringer i ett tonn materialer som typisk inngår i bygg. I vurderingen av den samfunnsøkonomiske lønnsomhet er det vurdert både nytte og kostnad for aktørene i næringen, herunder utbygges kostnader, og de eksterne virkningene for samfunnet generelt, herunder endret utslipp av klimagasser og helse- og miljømessige konsekvenser.

### Avfallsminimering er mest samfunnsøkonomisk lønnsomt

Resultatene i den forenklede samfunnsøkonomiske analysen viser at avfallsminimering både er bedriftsøkonomisk lønnsomt (for utbyggere) og samfunnsøkonomisk lønnsomt, og har høyere lønnsomhet enn de øvrige tiltakene. Således er tiltak for å redusere mengden generert avfall den mest lavthengende frukten av de tre vurderte tiltakene, og det er her hovedtyngden av innsats bør legges. Avfallet fra byggeplasser kan for eksempel reduseres gjennom bedre planlegging i prosjekteringsfasen, økt bruk av prefabrikkerte elementer, salg av overskuddsmaterialer og endringer i byggeprosessen. Noen av disse tiltakene vil, i hvert fall på kort sikt, medføre økte kostnader for utførende og i prosjekteringen, men kan generere store besparelser både i materialinnkjøp og avfallsbehandlingen så vel som reduserte utslipp av klimagasser og andre miljømessige effekter.

### Ombruk er ikke lønnsomt for utbygger, og har store barrierer grunnet regelverk

Videre finner vi at ombrukstiltak i dag ikke er lønnsomme for utbygger. En samlet vurdering av klimagass-effekter og helse- og miljømessige konsekvenser av ombrukstiltak, er at disse isolert sett gir en samfunnsøkonomisk gevinst. Hvorvidt nytten av reduserte klimagassutslipp og andre miljømessige effekter oppveier de økte kostnadene for utbygger, er imidlertid svært usikkert. Videre er det store barrierer ved implementering av ombruk, ikke minst knyttet til regler om dokumentasjon av kvalitetskrav og mangel på en godt fungerende markeds plass. Med utvikling av markedsportaler for ombruk, standarder for dokumentasjon av ombruksprodukter og økt bruk av standardiserte moduler, vil ombruk på sikt bli mer lønnsomt.

### Materialgjenvinning kan gi reduserte utslipp av klimagasser, men gir få kostnadsbesparelser

Vi finner at materialgjenvinning i liten grad påvirker utbyggers kostnader, gitt antakelser og informasjon som ligger til grunn. Økt utsortering av avfall for å tilrettelegge for materialgjenvinning kan bety økt ressursbruk på byggeplassen, men den største barrieren for å øke utsorteringen ligger sannsynligvis i etablerte kulturer og praksis. Samlet sett tyder resultatene på at materialgjenvinning kan gi en klimagassgevinst, men for trematerialer kan materialgjenvinning fremfor energigjenvinning gi en negativ klimaeffekt hvis energiproduksjonen blir erstattet med fossil energi. For helse- og miljømessige effekter har materialgjenvinning sannsynligvis ingen effekt i Norge. Samlet sett vurderes det derfor at tiltak for økt materialgjenvinning gir en liten samfunnsøkonomisk gevinst. Dette henger sammen med at de materialene som det i dag er lønnsomt å materialgjenvinne, slik som stål og glass, allerede tilnærmet fullt ut går til materialgjenvinning. For øvrige materialer er det et potensial for økt materialgjenvinning, men netto nytte av dette er usikker.

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>III</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>IV</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Problemstilling	7
1.2 Avgrensninger og metodevalg	7
1.3 Leseveiledning	8
<b>2 Bakgrunn</b>	<b>9</b>
2.1 Norsk avfallspolitikk	9
2.2 Byggenæringen	10
2.3 Sentrale reguleringer	12
2.4 Avfall fra byggenæringen	12
2.5 Sirkulærøkonomi og klimagassutslipp	18
<b>3 Mulige måter å håndtere avfall (tiltaksbeskrivelse)</b>	<b>20</b>
3.1 Avfallsminimering	20
3.2 Ombruk	25
3.3 Materialgjenvinning	29
3.4 Barrierer for avfallsreduksjon	32
<b>4 Samfunnsøkonomisk vurdering</b>	<b>34</b>
4.1 Metode	34
4.2 Dagens håndtering av avfall	35
4.3 Tiltakene og deres virkninger	36
4.3.1 Avfallsminimering	37
4.3.2 Ombruk	38
4.3.3 Materialgjenvinning	39
4.4 Nytte og kostnader	40
4.5 Virkninger som påvirker utbyggers kostnader	41
4.5.1 Prissatte virkninger	41
4.5.2 Ikke-prissatte virkninger	44
4.6 Virkninger som påvirker samfunnet	46
4.6.1 Klimagassutslipp	47
4.6.2 Helse- og miljømessige konsekvenser	52
4.7 Vurdering av lønnsomheten	53
4.8 Usikkerhetsanalyse	53
4.9 Fordelingseffekter	54
<b>Referanser</b>	<b>55</b>
<b>Vedlegg Erichsen &amp; Horgen</b>	<b>58</b>

# 1 Innledning

Det er et nasjonalt mål at mengden generert avfall skal reduseres, og at det avfall som generes i større grad skal gjenvinnes eller ombrukes. Avfall fra byggenæringen har imidlertid vokst de siste årene, fra 1,8 millioner tonn i 2013 til 2,0 millioner tonn i 2017. I samme periode har materialgjenvinningen av dette avfallet blitt redusert fra 1 million tonn til 0,6 millioner tonn. Det betyr at utviklingen for byggavfall de siste årene har gått i motsatt retning av nasjonale og europeiske materialgjenvinningsmål.

Det er derfor behov for å vurdere tiltak som kan bidra til å redusere avfallsmengdene, og få til en bedre sirkulær økonomi i byggenæringen. For å vurdere tiltak er det viktig å kjenne til både de samfunnsøkonomiske og de privatøkonomiske kostnadene og nytten av avfallsminimering, gjenvinning<sup>1</sup> og ombruk av byggavfall.

Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) har derfor ønsket å få en vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved reduserte avfallsmengder og økt ombruk og gjenvinning av avfall fra byggeplasser.

## 1.1 Problemstilling

Problemstillingen som drøftes i denne rapporten er knyttet til samfunnsøkonomiske kostnader og nytte av

- ulike måter å redusere avfallsmengden ved nybygg (avfallsminimering),
- gjenvinning av byggavfall og
- ombruk av byggevarer.

Målsettingen er å finne hva som er mest samfunnsøkonomisk lønnsomt av de tre alternativene, og hvor det er størst mulighet for å hente ut en samfunnsøkonomisk gevinst.

## 1.2 Avgrensninger og metodevalg

For å besvare problemstillingen, har vi avgrenset analysen til å se på kostnad og nytte av å redusere avfallsmengden, eller øke gjenvinning/ombruk med 1 tonn. Dette betyr også at vi gjør en marginal betraktning, det vil si at vi forutsetter at det er mulig å for eksempel øke gjenvinningen av et spesifikt materiale med 1 tonn uten at det kreves nye investeringer i gjenvinningsanlegg. Hvorvidt det faktisk finnes kapasitet til denne type håndtering vil være gjenstand for en kvalitativ vurdering. Vi gjør dette for forskjellige type materialer. Den marginale betraktningen blir imidlertid komplettert med en vurdering knyttet til mengdene av de forskjellige materialene, i det dette har betydning for den totale samfunnsøkonomiske nytten.

Ettersom både kostnader og nytte av de forskjellige tiltakene vil variere med lokale forhold vil det mest sannsynlig ikke være mulig å fastslå at et av alternativene alltid er mer lønnsomt enn de andre. De tre alternativene kan heller ikke ses som selvstendige utelukkende alternativer. De er heller ikke alternativer hvis avfallsminimering kun skal benyttes for nybygg og tilsvarende at gjenvinning/ombruk kun skal benyttes for rehabilitering og riving. For de aller fleste bygg, enten det er nybygg, rehabilitering eller riving, vil det det være aktuelt med en kombinasjon av forskjellige behandlingsmåter.

<sup>1</sup> I konkurransegrunnlaget nevnes kun begrepet gjenvinning, som kan bestå av både material- og energigjenvinning.

Analysen bygger på tidligere analyser og studier av avfallshåndtering i byggebransjen, på data innhentet fra aktører i berørte bransjer (dvs. både bygg- og avfallsbransjen), på kostnadstall for bygging og på intervjuer mv. med berørte aktører.

Rehabilitering eller transformasjon av bygninger som omfatter ombruk av eksisterende bygningsmasse heller enn å rive og bygge nytt er ikke omfattet av denne rapporten. Med ombruk menes i denne rapporten byggematerialer og -moduler som tas ut av et bygg og brukes på nytt i eksisterende eller nytt bygg.

### 1.3 Leseveiledning

---

Rapporten starter med en beskrivelse av norsk avfallspolitikk og beregnede avfallsmengder fra byggenæringen, kapittel 2. Dette kapitlet har til hensikt å gi en god bakgrunn for analysen.

I kapittel 3 beskriver vi forskjellige metoder for å redusere mengden avfall som oppstår, øke ombruken av enkelte materialer eller fraksjoner (deler) og øke materialgjenvinningen. Vi drøfter også mulige barrierer som hindrer at løsninger som kan være bedrifts- eller samfunnsøkonomisk lønnsomme ikke implementeres i næringen.

I kapittel 4 presenterer vi vår samfunnsøkonomiske analyse av de i kapittel 3 beskrevne måtene å redusere avfallsmengder og øke ombruk/materialgjenvinning.



## 2 Bakgrunn

Byggenæringen er sammensatt, og mange forskjellige aktører er involvert i de forskjellige fasene av et prosjekt. For å forstå hvilke tiltak som kan gjøres for å redusere mengden generert avfall og øke ombruk og materialgjenvinning fra byggenæringen, er det nødvendig å forstå hvilke rammer som er førende.

### 2.1 Norsk avfallspolitikk

Hovedtrekkene i norsk avfallspolitikk ble utviklet på slutten av 80-tallet og begynnelsen av 90-tallet. Sentralt står følgende dokumenter:

- Meld. St. 45 (2016-2017) Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi<sup>2</sup>
- Stortingsmelding nr. 8 (1999-2000) Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets tilstand
- Stortingsmelding nr. 44 (1991-92) Om tiltak for reduserte avfallsmengder, økt gjenvinning og forsvarlig avfallsbehandling (Avfallsmeldingen)
- Stortingsproposisjon nr. 111 (1988-89) Om det videre arbeidet med spesialavfall

I 2013 lanserte Miljøverndepartementet en nasjonal avfallsstrategi, som stadfester norsk avfallspolitikk og peker ut noen prioriterte områder. Bygg- og anleggsavfall er at av disse områdene, knyttet til utfordringene for å nå målsetningene i EUs avfallsdirektiv, se nedenfor.

Hovedmålene i den norske avfallspolitikken er:

- Lavere vekst i avfallsmengdene enn i økonomien: Utviklingen i generert mengde avfall skal være vesentlig lavere enn den økonomiske veksten. Denne målsetningen er ikke oppnådd.

- Mer avfall til gjenvinning: mengden avfall til material- eller energigjenvinning skal være om lag 80 prosent.<sup>3</sup> For enkelte fraksjoner er det egne krav til henholdsvis material- og energigjenvinning.
- Forsvarlig håndtering av farlig avfall: Farlig avfall skal tas forsvarlig hånd om, og enten gå til gjenvinning eller være sikret tilstrekkelig nasjonal behandlingskapasitet. Samtidig skal mengden farlig avfall som genereres reduseres innen 2020 sammenholdt med 2005-nivå.

Det er syv prinsipper som ligger til grunn for den norske avfallspolitikken (Klima- og miljødepartementet, 2017):

- *Avfallshierarkiet*, som prioriterer avfallshåndtering med forebygging som høyeste prioritet og deretter i fallende orden ombruk, materialgjenvinning, energiutnyttelse og deponering (vist i Figur 3.1).
- *Føre-var-prinsippet*, som innebærer at «der det er vitenskapelig usikkerhet om risiko for alvorlig eller irreversibel skade på helse og miljø, skal ikke usikkerheten brukes som begrunnelse for å utsette eller unnlate å treffe tiltak» (s. 17).
- *Vugge-til-grav-til-vugge prinsippet* som betyr at produkters miljøeffekter skal vurderes gjennom hele livsløpet med et overordnet mål om ombruk eller gjenvinning etter kassering.
- *Prinsippet om at forurenseren skal betale* for de skader som påføres samfunnet eller for tiltakene for å hindre at skaden oppstår.
- *Styringseffektivitet*, det vil si at valgte virkemidler bidrar til at målene faktisk nås.

<sup>2</sup> <https://www.regjeringen.no/contentassets/4c45f38bddee47a7b7847af108894c0c/no/pdfs/stm201620170045000dddpdfs.pdf>

<sup>3</sup> Meld. St. 45 (2016-2017) sier at målet er at 80 prosent av avfallet materialgjenvinnes eller energigjenvinnes, mens kravet fra EUs rammedirektiv

om avfall er at 70 prosent av avfallet materialgjenvinnes eller energigjenvinnes (se <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/forurensning/miljomal-4.3/miljoindikator-4.3.2/>)

- *Kostnadseffektivitet*, det vil si at målene nås til lavest mulig samfunnsøkonomiske kostnad.
- *Samfunnsøkonomisk lønnsomhet*, det vil si at den samlede nytten av politikken og tiltakene er høyere enn de samlede kostnadene.

Ifølge den siste avfallsplanen for Norge (Miljødirektoratet, 2019) er de nasjonale målene på avfallsområdet for tiden under vurdering, for eksempel at regjeringen vil utrede konsekvensene av å supplere den nasjonale målsetningen for gjenvinning med egne mål for materialgjenvinning, og et arbeid med en nasjonal strategi for sirkulær økonomi.

Avfall er i Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) §27 definert som *løsbare gjenstander eller stoffer som noen har kassert, har til hensikt å kassere eller er forpliktet til å kassere*. Hvis noe har blitt definert som avfall kan det først opphøre å være avfall når det som minimum

1. har gjennomgått gjenvinning,
2. er alminnelig brukt til bestemte formål,
3. kan omsettes i et marked eller er gjenstand for etterspørsel,

4. innfrir de tekniske kravene som følger av de aktuelle bruksområdene og eventuelle produktkrav og -standarder, og
5. ikke medfører nevneverdig høyere risiko for helseskade eller miljøforstyrrelse enn tilsvarende gjenstander og stoffer som ellers kunne blitt brukt.

## 2.2 Byggenæringen

Byggenæringen består av virksomheter som driver med boligbygging, bygging av næringsbygg og formålsbygg, eller vedlikehold og restaurering av eksisterende bygg. I 2017 var det samlede byggemarkedet på 343 milliarder kroner i Norge (BNL, 2018), fordelt med 198 milliarder kroner på boliginvesteringer (nybygg og vedlikehold) og 145 milliarder kroner på investeringer i næringsbygg (nye næringsbygg og vedlikehold). Av de totale investeringene i byggenæringen ble det anslått at om lag halvparten var knyttet til nybygg og den andre halvparten var knyttet til vedlikeholds- og renoveringsarbeider (ROT).

Figur 2.1 Oversikt over fasene og aktørene i et typisk byggeprosjekt



Note: Figuren er utarbeidet for boligbygging, men faser og aktører er i prinsippet det samme for alle byggeprosjekter.  
Kilde: SØA, Multiconsult

I et byggeprosjekt er det mange ulike aktører involvert fra planleggingsstadiet til bolig- eller næringsbygget er ferdig innflyttingsklart. Dette har vi illustrert i Figur 2.1 med oversikt over fasene i byggeprosessen og hvilke aktører som er involvert. Et byggeprosjekt strekker seg ofte over mange år, og i løpet av denne prosessen er det blant annet involvert personer fra myndighetssiden (for eksempel kommunen i forbindelse med reguleringsarbeid og etablering av utbyggingsavtale) og utvikleren/byggherren kan engasjere en rekke aktører som reguleringsarkitekter, jordskifte kandidater, arkitekter, tekniske rådgivere for vurdering av for eksempel byggeteknikk og valg av energikilder, rådgivende ingeniører, meglere ved salg av boliger og entreprenører som har ansvar for bygging.

Selve byggearbeidet (entrepriseform) blir tradisjonelt inndelt i de to hovedformene, utførelsesentreprise og totalentreprise, der hovedforskjellen ligger i hvor ansvaret for prosjekteringen er plassert. I en utførelsesentreprise er det byggherren som står for hele eller de vesentlige delene av prosjekteringen (kan gjøre dette selv eller inngå kontrakter med andre aktører), mens entreprenøren utfører det arbeidet som er beskrevet. I en totalentreprise er det entreprenøren som tar på seg både å utføre prosjekteringen og arbeidet som er beskrevet i kontrakten.

Entreprisene kan også deles inn etter hvordan kontraktarbeidet er organisert, enten som delte entrepriser (avtaler med flere sidestilte entreprenører), hovedentreprise (én entreprenør påtar seg utførelsen av alle bygningsmessige arbeider, mens de installasjonstekniske arbeidene utføres i separate en-

trepriser). Arbeidet kan gjennomføres av store virksomheter som kan ta på seg mange og store arbeidsoppgaver eller mindre virksomheter og enkeltpersonforetak som gjør mindre oppgaver. Byggeprosjekter involverer gravere, tømrere, elektrikere, rørleggere, malere, taktekkere osv.

Figur 2.1 illustrerer et typisk prosjekt ved bygging av boliger, men de fleste av stegene og aktørene er også relevant for etablering av næringsbygg. Poenget med gjennomgangen er å illustrere at det er mange ulike aktører involvert i alle stegene av en byggeprosess. Det kan også ha betydning for muligheten for å implementere tiltak for avfallsminimering og økt gjenvinning og ombruk.

Aktørene i næringen er organisert i både store og små foretak. I statistikken ECON Nye boliger kartlegges alle store nyboligprosjekter<sup>4</sup> i Norge, og prosjektene følges fra de annonseres for salg til prosjektene er sluttsoilte. Per august 2019 er det registrert 1 514 prosjekter med til sammen 44 281 boliger. Disse boligene fordelte seg på 747 ulike utbyggere, og gir en illustrasjon over hvor mange aktører som er involvert i boligbygging i Norge. De to største utbyggerne (OBOS og Selvaag) utgjorde til sammen 12 prosent av markedet i Norge.

Aktørene i byggenæringen organiserer seg i ulike bransjeorganisasjoner. Den største interesseorganisasjonen for bedrifter og arbeidsgivere i byggenæringen i Norge er Byggenæringens landsforening (BNL). BNL består videre av 15 bransjeorganisasjoner for boligprodusenter, entreprenører, byggevareindustri, byggmestere, malermestere, anleggsgartnere, trevareindustri osv.

---

<sup>4</sup> Prosjekter med mer enn 15 enheter.

### 2.3 Sentrale reguleringer

Byggenæringen er regulert gjennom flere lover og forskrifter, hvor plan- og bygningsloven er den viktigste, og da spesielt byggesaksdelen med tilhørende teknisk forskrift (TEK17<sup>5</sup>).

TEK17 regulerer bestemmelser knyttet til miljøprestasjonen til bygg som blant annet har betydning for ressursbruk og avfallsbehandling. Forskriften stiller blant annet krav til at «Byggverk skal prosjekteres, oppføres, driftes og rives på en måte som medfører minst mulig belastning på naturressurser og det ytre miljøet. Byggavfallet skal håndteres tilsvarende» (§9-1). §9-5 omhandler byggavfall, og krever at det bygges slik at avfallsmengden over byggets livsløp begrenses til et minimum, og at det legges til rette for ombruk og materialgjenvinning.

Videre stiller forskriften krav til at det lages en avfallsplan som gjør rede for planlagt håndtering av byggavfall fordelt på ulike avfallstyper- og mengder for spesifiserte tiltak (blant annet dersom et nybygg overskrider 300 m<sup>2</sup> BRA). En avfallsplan bør bidra til å minimere mengden byggavfall som oppstår, noe som også er blant hovedmålene med regelen.<sup>6</sup> § 9-8 krever at minst 60 prosent av byggavfallet skal sorteres på byggeplass. Samtidig er det ingen krav fra myndighetenes side til øvre grense for mengden byggavfall som er akseptabelt at genereres (Nordby & Wærner, 2017).

Avfallsforskriften<sup>7</sup> regulerer deponering av avfall, og sier blant annet at det er forbudt å deponere biologisk nedbrytbart avfall, som blant annet trevirke og papir.

En rekke regulatoriske systemer og standarder er knyttet til avfall som går videre til energi- og materialgjenvinning. Disse regulerer gjerne kvalitet og innhold (for eksempel grenseverdier for kjemiske komponenter og ulike fraksjoner av farlig avfall) i avfallet som går videre inn i nye omdannede produkter eller som energi.

Ombruk av byggevarer i bygg utløser de samme kvalitets- og byggetekniske krav som ved bruk av nye materialer i nybygg. Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK<sup>8</sup>) stiller krav til dokumentasjon og omsetning av produkter til bygg. Byggevarereforordningen, som er en del av denne forskriften, regulerer CE-merking av byggevarer etter en harmonisert standard eller en europeisk teknisk bedømmelse av varen. Dokumentasjonskravet i DOK gjelder for brukte byggevarer som omsettes. Om man ombruker byggematerialer på stedet ved rehabilitering utløses ikke kravet siden materialet eller elementet ombrukes direkte av samme eier. Kravet til dokumentasjon i TEK17 gjelder for alle byggematerialer, også de som blir ombrukt på stedet.

### 2.4 Avfall fra byggenæringen

Avfall fra byggenæringen klassifiseres som næringsavfall. Ifølge forurensningsloven §32 skal den som produserer næringsavfall «*sørge for at avfallet blir brakt til lovlig avfallsanlegg eller gjennomgår gjenvinning, slik at det enten opphører å være avfall eller på annen måte kommer til nytte ved å erstatte materialer som ellers ville blitt brukt.*»

EUs avfallsdirektiv har en målsetting om at 70 prosent av avfallet fra bygge- og anleggsvirksomhet

<sup>5</sup> <https://dibk.no/byggereglene/byggeteknisk-forskrift-tek17/>

<sup>6</sup> Se <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840> og DiBKs veiledning til første ledd til § 9-6: <https://dibk.no/byggereglene/byggeteknisk-forskrift-tek17/9/9-6/>

<sup>7</sup> Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall, se [lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930)

<sup>8</sup> <https://dibk.no/no/byggeregler/dok/i/1/>

skal materialgjenvinnes innen 2020. Denne målsettingen omfatter ikke materialgjenvinning av farlig avfall, eller forbrenning med energiutnyttelse.

Alt av materialer som er igjen etter et byggeprosjekt og som leveres hos et avfallsmottak er byggavfall. Det vil si at en del materialer som blir avfall som følge av byggeaktivitet, ikke regnes som byggavfall. For eksempel vil alt som genereres av avfall ved produksjon av byggematerialer i fabrikk regnes som industriavfall, og ikke byggavfall. Videre er det ikke uvanlig at det bestilles større mengder betong enn strengt tatt nødvendig, slik at entreprenøren ikke risikerer kostbare byggestopp ved at det er for lite betong. Betong som ikke benyttes, kjøres tilbake til leverandør hvor det enten blir til avfall eller utnyttes i produksjon av ny betong.

SSB sammenstiller avfallsstatistikk med informasjon om genererte mengder avfall og håndteringen av dette for nybygg, rehabilitering og riving i byggevirksomhet, hvor sluttrapporter fra byggetiltak er datagrunnlag. Informasjonsgrunnlaget for statistikken begrenser seg dermed til prosjekter som leverer avfallsplan<sup>9</sup>, og inkluderer ikke avfall fra anleggsvirksomhet. Statistikken har flere usikkerheter og mangler (Skogesal, 2019).

Ifølge SSBs avfallsregnskap stod bygge- og anleggssektoren for 25 prosent av den totale mengden generert avfall i Norge i 2017, tilsvarende 2 975 tusen tonn. Av dette kommer drøye 1 800 tonn fra byggeaktivitet. Dette gjør næringen til en av enkeltkildene som generer størst andel avfall i Norge. Andelen har økt de siste årene.<sup>10</sup> Det skiller på type aktivitet innen byggevirksomhet: nybygg, rehabilite-

ring og riving. Ved nybygg består generert avfall for det meste av emballasje, kapp og andre rester av nye bygningsmaterialer. Ved riving er avfallet i hovedsak de materialene som var i konstruksjonen. Hoveddelen av generert farlig avfall kommer fra riving av byggematerialer med helse- og miljøskadelige stoffer. Avfall fra rehabilitering er en kombinasjon av riving og nybygg (Skogesal, 2019).

I 2017 sto riveaktivitet for 40 prosent av de totale avfallsmengdene fra BA-sektoren (Figur 2.2), og andelen har økt gradvis de siste årene. Avfall fra nybygg utgjorde 35 prosent og avfall fra rehabilitering 25 prosent. Førstnevnte har vært relativt stabil de siste årene, mens sistnevnte har gått ned.

Tyngre fraksjoner (tegl, betong og metaller) utgjorde rundt 50 prosent av den totale mengden generert avfall fra nybygg, rehabilitering og riving (Figur 2.3), blandet avfall sto for 15 prosent og asfalt og tre utgjorde henholdsvis 11 og 13 prosent.

NHP-nettverket har utarbeidet erfaringstall for generert mengde avfall i kg per kvadratmeter etter materialtype for forskjellige aktiviteter (nybygg, rehabilitering og riving) og type byggeprosjekter (små boliger, store boligbygg, næringsbygg og andre bygg). Datagrunnlaget er sluttrapporter for utførte byggeprosjekter i 2013. Det finnes ikke nyere tall, og det har sannsynligvis ikke vært store endringer i disse tallene.<sup>11</sup> For nybygg anses erfaringstallene å være representative, men for rehabilitering anses tallene å være veiledende da avfallsmengdene vil variere betydelig avhengig av graden av riving av tunge materialer. For rivetiltak anses tallene å være betydelig underestimerte, spesielt for større boligblokker og

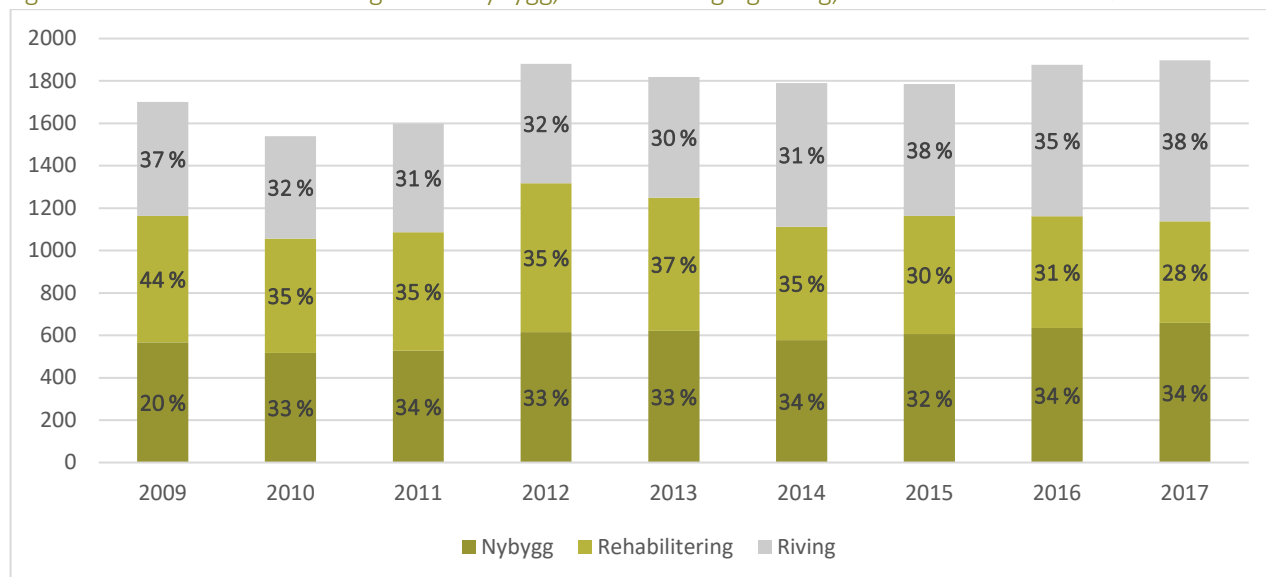
<sup>9</sup> Tiltak som etter TEK17 plikter å lage avfallsplan plikter også å levere sluttrapport, som sendes til kommunene i forbindelse med søknad om Ferdigattest.

<sup>10</sup> Ifølge SSBs avfallsregnskap for Norge

<sup>11</sup> Basert på informasjon fra NHP-nettverket ved Eirik Werner



Figur 2.2 Genererte avfallsmengder fra nybygg, rehabilitering og riving, i 1000 tonn. 2004-2017



Note: Prosentene angir aktivitetens andel av totalt generert avfall. I statistikken for byggeaktivitet er ikke avfall fra anleggsnæringen inkludert, kun byggenæringen.  
Kilde: SSBs statistikkbank, tabell 09247

næringsbygg hvor avfallsmengdene sannsynligvis er det dobbelte.<sup>11</sup>

Tabell 2.1 viser erfaringstall for totalt generert avfall i kg per kvadratmeter for forskjellige aktiviteter og type bygg. Riving generer mer avfall enn rehabilitering (og sannsynligvis betydelig mer enn tallene viser som diskutert over), og rehabilitering mer enn nybygg. Per kvadratmeter nybygg oppstår mest avfall ved næringsbygg og boligblokker, og minst ved små boliger. Ved rehabilitering og riving tyder erfaringstallene på at store boligbygg genererer minst avfall i forhold til de øvrige, som er omtrent på samme nivå.

Figur 2.4 viser at blandet avfall og treavfall utgjør hoveddelen ved nybygg av små boligprosjekter, mens det ved store boligbygg og næringsbygg hovedsakelig er blandet avfall, tre- og betongavfall. Ved riving er det hovedsakelig betong og i noe grad tre for alle typer prosjekter, mens små boliger har noe høyere andel blandet avfall enn store boligbygg

og næringsbygg. Rehabilitering er en kombinasjon av riving og nybygg, og avfallsfraksjonene er hovedsakelig blandet avfall, tre- og betongavfall. Ved rehabilitering har små boligprosjekter høyere andel blandet avfall og treavfall, mens næringsbygg har høyere andel av betongavfall og lavere andel blandet avfall. Generelt generer riving betydelig høyere andel betongavfall enn øvrige aktiviteter.

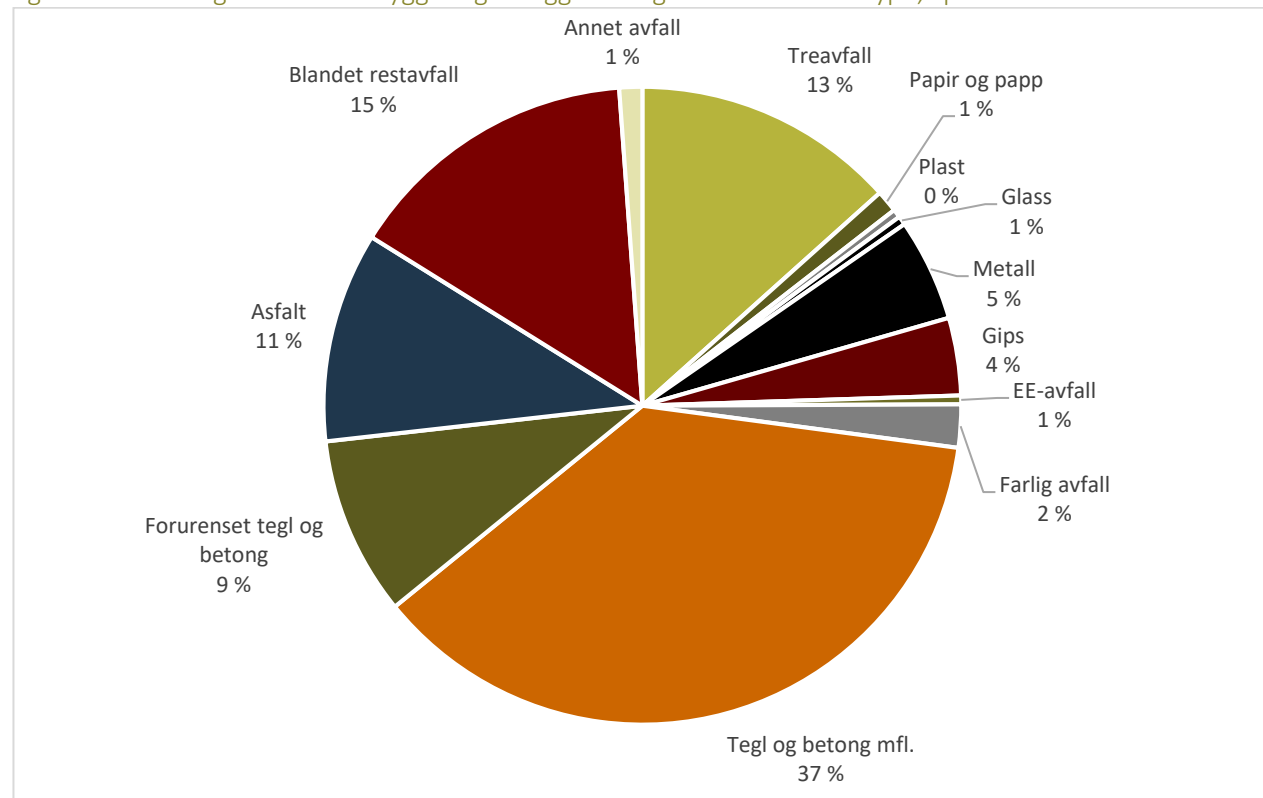
Av total avfallsmengde fra BA-sektoren i 2017, ble omtrent 36 prosent levert til deponi, 34 prosent ble levert til materialgjenvinning og 29 prosent gikk til energiutnyttelse (Figur 2.5). Omtrent en halv pro-

Tabell 2.1 Forventede avfallsmengder, kg/m<sup>2</sup>.

	Små boliger	Store boligbygg	Næringsbygg
<b>Nybygg</b>	38,3	64,3	65,4
<b>Rehabilitering</b>	132,1	90,0	132,6
<b>Riving</b>	743,0	622,9	732,0

Note: Tallgrunnlaget er fra 2013 og basert på sluttrapporter for utførte prosjekter. Farlig avfall er ikke med.  
Kilde: NHP-nettverket og SSB (2016)

Figur 2.3 Fordeling av avfall fra bygge- og anleggsnæringen etter materialtype, i prosent av totalt avfall. 2017



Note: Tallene gjelder for alle aktivitetstyper, både nybygg, rehabilitering og riving. I statistikken for byggeaktivitet er ikke avfall fra anleggsnæringen inkludert, kun byggenæringen.  
Kilde: SSBs statistikkbank, tabell 09247

sent gikk til annen/uspesifisert behandling. Asfalt, metaller og papp/papir er fraksjonene som har høyest materialgjenvinning. I 2017 ble 100 prosent av metall- og asfaltavfallet materialgjenvunnet. Tilsvarende for papir og papp var i overkant av 90 prosent. Godt over halvparten av glass og EE-avfall ble materialgjenvunnet, og litt over halvparten av gips. I totalvekt levert til materialgjenvinning, bidrar fraksjonene asfalt og tegl/betong/tyngre bygningsmaterialer mest.

Så å si alt generert tre- og restavfall går til energigjenvinning. Av generert plastavfall går om lag halvparten til energigjenvinning. Energigjenvinning krever lite forbehandling, mens materialgjenvinning av for eksempel tre krever sortering/opprydding, forbe-

handling og ny/endret industri for å produsere nye produkter, hvilket er aktiviteter som er minimalt etablert i Norge. Dette betyr at nesten 100 prosent av trevirket går til energiutnyttelse per i dag.

Av samlede avfallsmengder til deponi, utgjør tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer (over 60 prosent til deponi) og forurenset tegl og betong (100 prosent til deponi) den største andelen. Annet avfall går også i all hovedsak til deponi, mens noe under halvparten av gips og farlig avfall leveres til deponi. Tilsvarende for plast er 12 prosent.

Figur 2.4 Erfaringsstall, forventet generert avfallsmengde i kg per materialtype per kvadratmeter fra byggeaktivitet etter aktivitet, i 1000 tonn.



Note: Tallgrunnlaget er fra 2013 og basert på sluttrapporter for utførte prosjekter, og farlig avfall er ikke med da dette ikke kan fordeles etter aktivitet og type bygg på samme måte som avfallet inkludert i figuren.

Kilde: NHP-nettverket og SSB (2016)

Sortering og håndtering av byggavfall er i dag innarbeidet rutine i de fleste seriøse byggevirksomhetene, men det er geografiske forskjeller. Generelt kan man si at noen av de store byene, med Oslo i front, presterer bedre enn distriktene.

#### Næringenes egne ordninger og initiativ

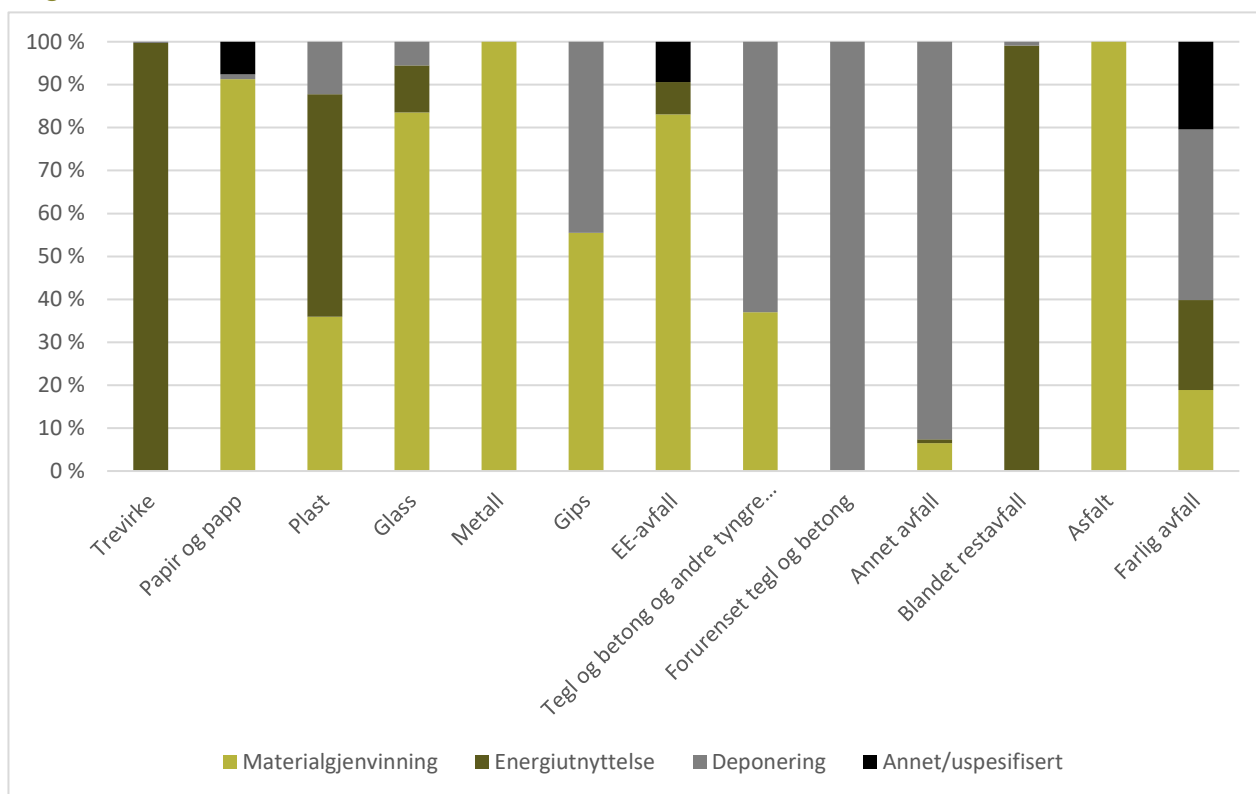
I tillegg til reguleringer og lovverk, er det flere ordninger og initiativ fra bygg- og avfallsnæringen som har som mål å redusere avfallsmengden og øke gjenvinning og ombruk.

I 2001 kom Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP1), hvor næringen skisserte mål og tiltak for å redusere avfallsmengden og bedre avfallshåndteringen. Krav til avfallsplaner ble pekt på som et viktig virkemiddel for å nå målene, og dette ble innført. En viktig del av arbeidet var også å få

oversikt over mengden byggavfall som blir generert, noe som siden er gjort i samarbeid med SSB. NHP-nettverket ble også etablert, som består av sentrale aktører i bygg og -avfallsnæringen, mens Direktoratet for byggkvalitet, Miljødirektoratet og SSB er observatører. Senere har det kommet flere oppdaterte handlingsplaner, og sist ute er NHP4, som har som hovedmål at bygg- og anleggsavfall skal minimeres både ved riving, rehabilitering og nybygg, og sikres høyest mulig gjenvinning og forsvarlig håndtering (NHP, 2017).

NHP-nettverket, Grønn Byggallianse og FutureBuilt er blant flere aktører i byggenæringen som er pådriverer for en mer sirkulær byggenæring. I tillegg er det mange byggherrer, entreprenører, arkitektkontorer og flere som stiller strengere krav til hvor mye avfall som kan genereres, hvor mye som skal om-

Figur 2.5 Andel av materialet som leveres til henholdsvis energiutnyttelse, materialgjenvinning og deponering, 2017



Kilde: SSB statistikkbanken, tabell 09781

brukes og materialgjenvinnes fra egne byggeprosjekter.

FutureBuilt, som har samlet 52 forbildeprosjekter i Oslo-regionen, har i et notat fremmet forslag til definisjoner, kriterier og krav for sirkulære bygg for å øke bevisstgjøring, forenkle implementering og motivere til ombruk og bruk av sirkulære prinsipper ved rehabilitering, rivning og nybygg (FutureBuilt, 2019). FutureBuilds kriterier for sirkulære bygg er fordelt over 5 tema:

1. Miljøbasert beslutning om rehabilitering eller rivning. Rehabilitering av bygg kan medføre lavere miljøbelastning enn rivning og nybygg, og en grundig vurdering før beslutning bør gjennomføres.
2. Ressursutnyttelse ved rivningsarbeider. Målet er å bevare mest mulig materialressurser intakt og på et høyest mulig nivå i avfallshierarkiet ved rehabilitering og/eller rivning.
3. Ombruk av materialer. Prosjektering med brukte bygningsdeler og materialer ved rehabilitering og nybygg kan redusere klimagassutslippet vesentlig, samtidig som uttak av nye ressurser begrenses og avfallsmengden reduseres.
4. Ombrukbarhet. Lang levetid. Materialer, komponenter og elementer kan sikres ved at man allerede i prosjekteringen tilrettelegger for ombruk ved en senere rehabilitering og rivning.
5. Endringsdyktighet. Prosjektering av bygg slik at de senere kan endre funksjon og uten større materielle inngrep vil sikre bygg en lengre levetid.

Målet for et sirkulært bygg er ressursutnyttelse på høyest mulig nivå og består av minst 50 prosent ombrukte og ombrukbare materialer og komponenter der minst 20 prosent av materialene baseres på ombruk og minst 20 prosent tilrettelegges for ombrukbarhet (FutureBuilt, 2019).<sup>12</sup>

Det finnes også flere frivillige miljøsertifiseringer som byggherre kan implementere. Blant de viktigste er BREEAM-NOR, som er mest utbredt, og Svane-merket. BREEAM-NOR gir poeng etter oppfyllelse av kriterier innen forskjellige områder, og avfall er en av ni hovedområder. Prosjektene som får flest poeng sertifiseres som BREEAM Outstanding, mens de fleste prosjektene sertifiseres som Very Good. Til sammen er 121 ferdigstilte bygg i Norge BREEAM-NOR sertifisert, hvorav rundt 30 i 2019.<sup>13</sup> Siden 2011 har det vært en trend i økende prosjekter som sertifiseres, og de fleste av prosjektene er lokalisert i Oslo- og Østlandsområdet.

## 2.5 Sirkulærøkonomi og klimagassutslipp

Aktivitet i bygg- og anleggsnæringen står for omtrent 2,5 prosent av det samlede klimagassutslippet fra Norge i 2018.<sup>14</sup> Dette inkluderer ikke klimagassutslipp fra andre aktiviteter som følge av aktivitet i bygg og anlegg, som for eksempel produksjon av byggematerialer.

Asplan Viak (2019) har kartlagt årlige klimagassutslipp som kan knyttes til aktivitet i bygg- og anleggssektoren både direkte og indirekte (for eksempel produksjon av materialer), og fra import og eksport. De finner at klimagassutslipp i andre sektorer som følge av aktivitet innen bygg og anlegg i Norge er

<sup>12</sup> Kriteriene er under revisjon i skrivende stund, og vil nok bli noe endret.  
<sup>13</sup> Grønn Byggallianse ved Viel Sørensen per epost 11.12.2019

<sup>14</sup> Samlet nasjonalt utslipp som følge av økonomisk aktivitet i Norge, omfatter alle næringer og husholdninger. Kilde: SSB statistikkbanken, tabell 09288.



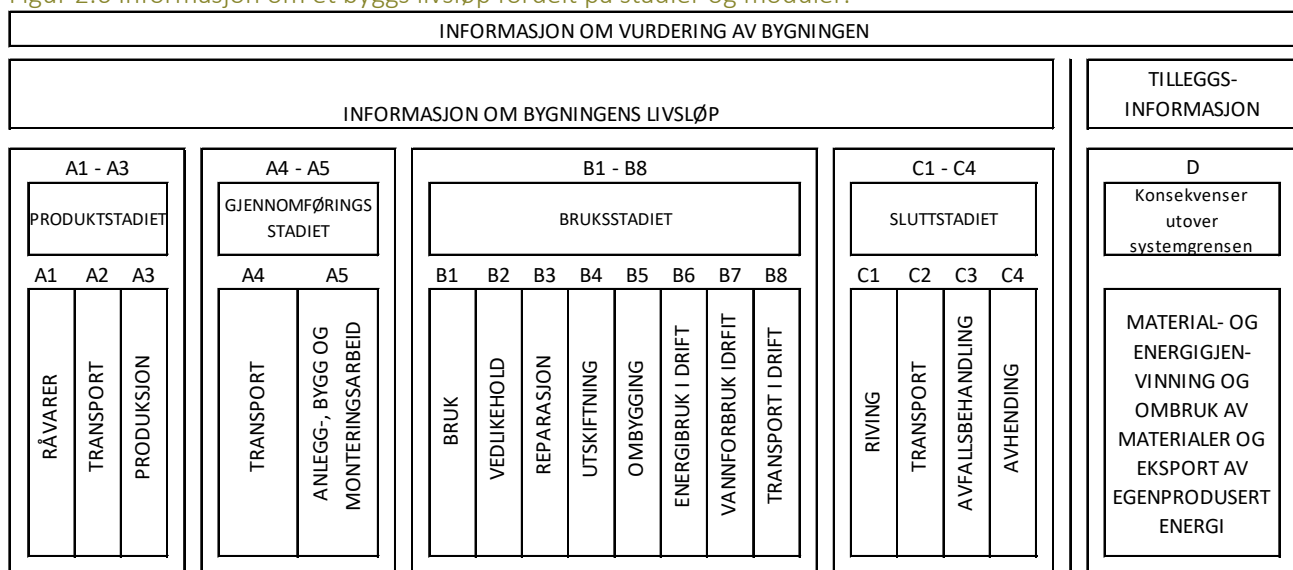
det viktigste elementet i det nasjonale klimabidraget til bygg og anlegg. Av dette er omtrent halvparten av bidraget fra produksjon av byggevarer i Norge (2 300 tusen tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter). Legger vi til import, bidrar produksjon av byggevarer i utlandet som knyttes til aktivitet i bygg- og anlegg i Norge med ytterligere 5 800 tusen tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, hvorav 52 prosent kommer fra produksjon av byggevarer, 18 prosent fra energi, 15 prosent fra primærnæringer, 8 prosent fra tjenester og 7 prosent fra transport (Asplan Viak, 2019, s. 9). Fra byggevarer (både produksjon i Norge og i utlandet) er produksjon av andre ikke-metallholdige mineralprodukter, som betongprodukter og flere isolasjonsprodukter, det største klimagassbidraget.

Omstillingsprosessen til et lavutslippsamfunn gir krav til dokumentasjon av klimagassutslipp i hele bygningens livsløp. Fellesnevneren for dokumentasjonen er EPDer (Environmental Product Declaration) for aktuelle produkter og materialer. EPDer baserer seg på livssyklusanalyser som er en metode for å kartlegge hvor stor den totale miljøpåvirkningen til et produkt er i hele dets livssyklus. NS

3720 Metode for Klimagassberegninger for bygninger (2018) er en metode for dokumentasjon ved klimagassberegninger for bygninger, og rivning, avfallshåndtering, avhending, materialgjenvinning og ombruk er inkludert (Figur 2.6).

Målet med denne standarden er at byggenæringen får et mer detaljert og pålitelig system for klimagassberegninger med hensyn til kvalitet på dokumentasjon av byggevarer, at beregningene er sammenlignbare og at underlaget for beregningene dokumenteres. Dette betyr at byggevarereprodusenter kan fremme sine produkter gjennom EPDer på like vilkår og at utførende får like konkurransevilkår når de kan basere tilbud på et omforent grunnlag. EN 15978 "Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøpåvirkning" er den internasjonale standarden NS 3720 bygger på. Imidlertid er NS 3720 betydelig klarere med hensyn på hva som skal inkluderes i beregningene for å muliggjøre sammenlignbarhet.

Figur 2.6 Informasjon om et byggs livsløp fordelt på stadier og moduler.



Kilde: Standard Norge (2018)

### 3 Mulige måter å håndtere avfall (tiltaksbeskrivelse)

Som beskrevet i kapittel 2 er norsk avfallspolitikk basert på prinsippet om å gi høyest prioritet til forebyggende tiltak for å hindre at avfall oppstår, for deretter å prioritere ombruk og materialgjenvinning, energigjenvinning og deponi. Denne avfallspyramiden er illustrert i Figur 3.1

For å optimalisere, tilrettelegge og gjennomføre avfallsminimering, ombruk og materialgjenvinning i en høyere grad, er det et stort behov for endring i prosjektering og planlegging ved bygging, rehabilitering og materialgjenvinning – i tillegg til mer kunnskap, ny industri og nye servicesystemer. Når vi nedenfor vurderer mulige måter å håndtere avfall på i Norge, er det en kombinasjon av etablert praksis, aktiviteter i oppstartsfase og aktiviteter som det per i dag ikke er regulatorisk praksis og servicesystem for, eller egnet industri. Ny innovasjon i mange ledd av verdikjeden vil være nødvendig.

I den samfunnsøkonomiske analysen av nytte og kostnader har vi fokus på eksisterende løsninger, men samtidig er det også nyttig å vurdere hvorvidt ny teknologi og innovasjoner kan bidra til å endre dette «regnestykket».

#### 3.1 Avfallsminimering

Avfallsforebygging og strategier som hindrer generering av avfall har høyest prioritet i avfallshierarkiet. Ved at den aktuelle ressursen blir optimalt utnyttet, sløses det mindre (det blir lite eller intet «kapp») og man sparer ressurser ellers benyttet til avfallshåndtering.

I noen situasjoner kan det være samfunnsøkonomisk mer lønnsomt å generere avfall eller praktisk umulig å ikke gjøre det. Det vil for eksempel på en byggeplass alltid være behov for tilpasninger av enkelte elementer som gjør at det genereres avkapp e.lign. Videre kan ulike former for emballasje bidra

Figur 3.1 Avfallshierarkiet

#### AVFALLSHIERARKIET

##### Avfallsforebygging

Hindre at avfallet oppstår

##### Ombruk

Bruke gjenstander om igjen

##### Materialgjenvinning

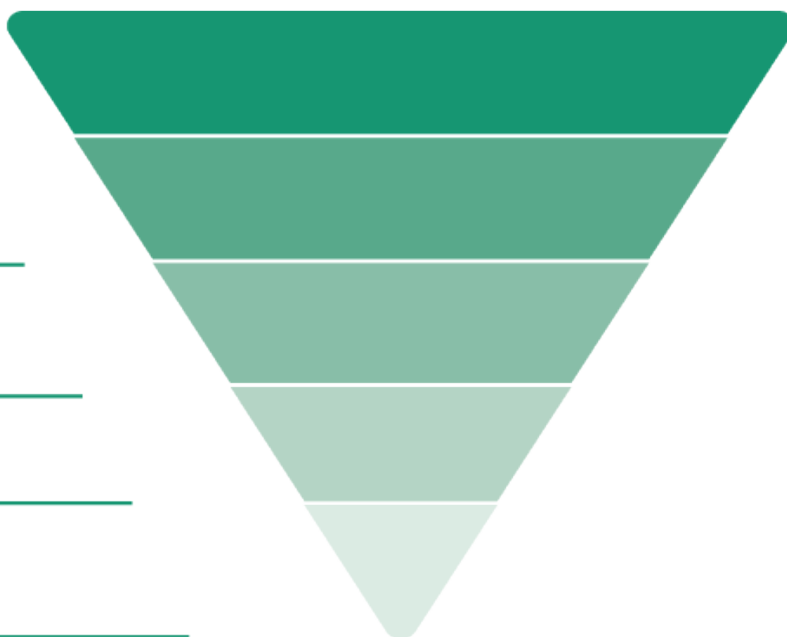
Bruke materialer fra avfall til å lage nye produkter

##### Energiutnyttelse

Brenne med energiutnyttelse

##### Sluttbehandling

Brenne uten energiutnyttelse  
Legge på avfallsdeponi



Kilde: Klima- og miljødepartementet (2017)

til nødvendig beskyttelse av et produkt under transport eller lagring. Med avfallsminimering forstås her at avfall ikke oppstår – ikke at avfallet ombrukes eller materialgjenvinnes. Disse alternativene omtales separat nedenfor. Det betyr at avfallsminimering er mest relevant ved nybygg, selv om det også kan være viktig ved bruk av nye materielle ressurser ved rehabiliteringer.

Mengden avfall som oppstår kan minimeres gjennom flere typer av tiltak. I det følgende beskriver vi avfallsminimering ved hjelp av

- Endringer i prosjektering og byggeprosesser
- Økt bruk av prefabrikkerte løsninger
- Salg av overskuddsmateriale (med dokumenterte egenskaper)

Prosjektering er planlegging av et byggeprosjekt, der det bestemmes hva som skal gjøres, hvem som skal gjøre det, og hvordan det skal gjøres. Prosjektet planlegges i henhold til rammeverk, som lover og forskrifter, og kundens ønsker. Prosjekteringsansvarlige (byggherre eller entreprenør/totalentreprise) har gjerne innarbeidede metoder og rutiner som følges i hvert prosjekt, kun med nødvendige tilpasninger for det individuelle prosjektet.

Som beskrevet i kapittel 2 er det som regel mange aktører involvert i et byggeprosjekt. Arbeidet kan gjennomføres av store virksomheter som tar seg av mange og store arbeidsoppgaver, eller det kan være mindre virksomheter og enkeltpersonsforetak som gjør mindre deloppgaver. Mangfoldet av virksomheter og aktører kan tenkes å fungere som en barriere med betydning for hvilke muligheter man har til å implementere tiltak for avfallsminimering i det enkelte prosjekt. Under prosjekteringen av en byggeprosess er det ikke uvanlig at det bestilles mer byggematerialer enn det er faktisk behov for. Dersom det skulle være for lite av noe, vil byg-

gestopp som inntreffer i påvente av ekstra leveranser være kostnadsdrivende.

Byggenæringen er fragmentert næring, der mange fagdisipliner bidrar i leveransene og samtidig finnes det mange ulike former for kontrakter og entreprisformer. En byggeprosess kan organiseres på ulike måter. Det som skiller ulike former for entrepriser og kontraktstyper er hvordan funksjonene fordeles mellom byggherre og entreprenør. Entreprisefor- men avgjør hvem som inngår kontrakter med hvem, hvordan prosjektet blir organisert og hvordan ansvar fordeles.

#### Endring i prosjektering

Eksempler på prosjekter som gjør avfallstiltak «utenom det vanlige» i prosjektering og byggeprosesser, er blant annet byggeprosjekter som er tilsluttet den frivillige sertifiseringsordningen BRE-EAM-NOR. Veilederen «Hvordan planlegge for mindre avfall» (Nordby & Wærner, 2017) peker på tiltak som kan gjøres i prosjektering og byggeprosesser som reduserer avfallsmengden, og som gir BREEAM-NOR-poeng.

Ett av tiltakene er å sette et godt begrunnet mål for hvor mye (lite) byggavfall prosjektet skal generere i kilogram avfall per kvadratmeter og med tilhørende konkrete tiltak for å nå målet. Andre tiltak er at det lages og innarbeides rutiner for å redusere avfall og nå målene, og målene forankres blant de ansatte og andre involverte aktører. Eksempler på slike rutiner er å gjøre avfall til et fast tema i ukentlige byggemøter, kontinuerlig overvåke avfallsproduksjonen for å kunne gjøre nødvendige grep, og ha en miljøansvarlig som følger opp avfallsrutinene. Mengden avfall som genereres på byggeplassen skal måles, og målene gjennomgås jevnlig. Disse tiltakene og målene blir oppfulgt av en utnevnt ansvarlig.

Digitale verktøy, for eksempel bygningsinformasjonsmodellering (BIM), gir mulighet til å planlegge

materialbehov og byggeprosess i detalj i prosjekteringsfasen. Da kan også avfallsmengden fra overbestillinger og feilbestillinger reduseres, samtidig som byggematerialer kan bestilles i riktige dimensjoner for å redusere behovet for avfallsproduserende tilpasning på byggeplassen.

For å kunne jobbe med å finne gode løsninger for å redusere avfallsmengden, er det også nødvendig å sette av nok tid til prosjekteringen.

#### Bedret kommunikasjon

Arkitekter kommer som regel inn tidlig i en byggeprosess, men hvor lenge arkitekten er med i den videre prosessen er avhengig av en rekke forhold. I noen tilfeller avsluttes arkitektens arbeid når bygningen er tegnet ut, mens arkitektene i andre tilfeller kan være med helt til bygningen er ferdig. Hvor lenge arkitekten følger prosjektet bestemmes blant annet av hvem som er byggherre og hvilken entrepriser- og kontraktsform som velges.

Godt samarbeid på tvers av de involverte fagpersonene, som arkitekter og ingeniører, sikrer at gode løsninger og ideer blir implementert. For at tiltak for avfallsminimering i prosjekteringen faktisk skal bli gjennomført som tenkt, må det være tilstrekkelig overlapp mellom prosjektering og entreprenør. Videre vil god kommunikasjon med alle ansatte på byggeplassen sikre gjennomføring av tiltak og forebygge unødvendig avfallsgenerering. På byggeplasser i Norge er mange arbeidere arbeidsinnvandrere, og da kan språk- og kulturbarrierer føre til unødvendige misforståelser. Informasjon fra workshop om avfallsminimering arrangert av NHP-nettverket 28. november tyder på at arbeidere på byggeplassen er flinke til å lære fra hverandre, men kanskje ikke spør sine ledere når de lurer på ting, og opplever å få lite instruksjoner om hvordan ting skal gjøres.

#### Stille krav til produsenter

Emballasje er en vesentlig del av byggavfallet fra nybygg. Ved å stille krav til produsentene av byggematerialer om at emballasje skal returneres, være gjenbrukbar eller at det skal være smartere emballasje som genererer mindre avfall, vil det bli mindre byggavfall. Ved at produsentene må ta emballasjen tilbake, regnes emballasjen ikke som byggavfall, men blir registrert som avfall fra fabrikken til produsentene. Det kan innebære at avfall bare flyttes fra ett avfallsregnskap til et annet. Samtidig motiverer dette produsentene til å finne nye løsninger for emballasjen slik at det blir mindre emballasjeavfall. Det kan for eksempel være at emballasje ombrukes, eller materialgjenvinnes inn i nye produkter. Emballasjeavfall av trevirke kan brukes til å lage sponplater («down cycle»).

På fabrikkene er det i større grad mulig å finne smarte og lønnsomme løsninger for bedre utnyttelse av materialer som ellers ville blitt avfall. Dette gjelder ikke bare emballasje. Intervjuer med aktører i bransjen tyder på at kapp og liknende brukes for å stabilisere pakker med byggematerialer som skal sendes fra produsent/fabrikk til byggeplass. Dette materialet blir da avfall på byggeplassen. Et mulig tiltak er å stille krav som sørger for at denne praksisen avsluttes.

#### Bedre logistikk på byggeplassen

På byggeplassen er det risiko for at byggematerialer får fuktskader, blir tilsmusset, skades ved flytting eller på andre måter forringes. En gipsplate som er utsatt for fukt kan ikke brukes. Sannsynligheten for at ubrukte materialer blir avfall er større på en «uorganisert og tilsmusset» byggeplass. Ved å prosjektere en byggeplass med god logistikk, gode rutiner og hensiktsmessig lagring av materialer, kan slikt avfall unngås.

## Prefabrikkerte løsninger

Teknologiene og prosessene som benyttes kan ha betydning for mengden avfall som genereres, og om det regnes som bygg- og anleggsavfall eller om det inngår i andre poster. Prefabrikasjon innebærer at større og mindre bygningsdeler blir fremstilt på fabrikk. Avfall som oppstår i forbindelse med denne produksjonen klassifiseres som industriavfall, og inngår dermed ikke i avfallsregnskapet i bygg- og anleggssektoren (Skogesal, 2019).

Prefabrikkerte løsninger er mer eller mindre klare til bruk når de kommer til byggeplassen. Prekapp innebærer at materialene er kappet og bearbeidet før de sendes til byggeplassen. Blant annet vil gipsplater levert i riktige mål gjøre at det blir mindre kapp på byggeplassen. Prekapp koster noe mer, men vil også bidra til lavere avfallskostnader og mindre arbeid på byggeplassen (Nordby & Wærner, 2017). Videre kan prefabrikata være elementsystemer, med større eller mindre elementer og komponenter. Bruk av store prefabrikkerte bygningselementer og moduler kan gi kort byggetid. Etterspørselen etter byggevarer som produseres på bestilling ('skreddersøm') øker, og dette reduserer avfallsmengden på byggeplassen betydelig (Rønning, Engelsen, & Brekke, 2016).

Ved å benytte prefab og prekapp flyttes en del av arbeidet som tidligere ble utført på byggeplassen inn på en fabrikk. Arbeidet utføres under tak og under kontrollerte forhold, og med tilgang på tilpasset verktøy og hjelpemidler. Tilpasning av HMS-rutiner og systemer for avfallsreduksjon er enklere under slike forhold. Det er også mindre risiko for at materialene som inngår i byggelementene blir tilsmusset, fuktige eller forringet på annet vis på en fabrikk

enn på byggeplassen. På fabrikk er det i større grad tilrettelagt for god logistikk og kvalitetskontroll.<sup>15</sup>

Selv om bruk av prefab og prekapp kan fordre at det brukes mer tid på prosjektering, viser erfaringer at det gir gevinster i form av en kortere byggeperiode og dermed også færre arbeidstimer på byggeplass. Totalt sett kan det lønne seg, og for å få til dette er det viktig å involvere relevante aktører tidlig i prosjektet, og låse designet og konstruksjonstype tidlig. Dette gir mindre fleksibilitet senere i prosjektet, og det er mindre rom for å gjøre justeringer på byggeplassen.

## Salg av overskuddsmateriale

Byggemateriale som ikke har blitt tatt i bruk på en byggeplass trenger ikke å bli avfall så lenge det har vært oppbevart på en hensiktsmessig måte. Ved å selge overskuddsmateriale fra et byggeprosjekt unngår man at materialet blir til avfall og heller kan benyttes inn i andre byggeprosjekter. Slikt salg er dermed også en måte å minimere avfallsmengden fra et byggeprosjekt på. Dette er egentlig en form for ombruk, men skiller seg fra ombruk som definert i denne rapporten, og som omfatter materialer som allerede er brukt, tas ut fra et bygg og brukes på nytt.

Et hinder for avfallsminimering gjennom salg av overskuddsmateriale kan være tekniske krav til materialet og at aktørene mangler oversikt over tilgjengelig overskuddsmateriale i sitt virkeområde.

Et mulig tiltak for å medvirke til økt salg av overskuddsmaterialer er opprettelsen av plattformer som kobler aktører som ønsker å kjøpe overskudds-

<sup>15</sup> Se for eksempel <https://www.tu.no/artikler/rapport-viser-store-gevinster-ved-bruk-av-prefabrikkerte-moduler/346423>



materialer med aktører som har overskuddsmaterialer å selge. I dag benyttes Finn.no og liknende tjenester til dette.

Nye plattformer som vil tilby dette er for eksempel GreenStock, som er en tjeneste som først og fremst eksisterer for aktører som ønsker å bruke materialer og inventar internt i sine virksomheter. I framtiden vil slike plattformer trolig også kunne fungere som digitale markedsplasser. Det fordrer imidlertid at byggaktørene har kjennskap til disse mulighetene og at handel med overskuddsmateriale (som ofte vil være i odde kvanta) lar seg gjennomføre uten forhindringsmessig store transaksjonskostnader.

Flere større initiativer er på gang for å endre bruken av byggematerialer fra en lineær økonomi, hvor nye produkter produseres fra jomfruelige materialer, som deretter brukes og til slutt kastes, til en sirkulær økonomi. BAMB er et EU-finansiert prosjekt som jobber med måter å øke verdien av byggematerialer slik at byggavfall reduseres og bruken av jomfruelige materialer reduseres, og dermed skape mer sirkulærøkonomi innen bygg.<sup>16</sup> Videre er Madaster en offentlig plattform for byggenæringen – et digitalt bibliotek over byggematerialer. Gjennom «materialpass», gis informasjon om hvert materiale, slik at bygninger kan betraktes som et lager av materialer med spesifikke verdier.<sup>17</sup>

En mulighet er også at utsalgssteder godtar retur av flere byggematerialer, og selger disse gjennom egne lokaler. Et eksempel på en virksomhet som gjør dette i dag er Gausdal landhandleri, med flere utsalgssteder på Innlandet. Slike småskalasyse-

mer for ombruk av byggevarer har også blitt opprettet på flere gjenbruksstasjoner.

Det finnes også andre eksempler på aktører og systemer for salg og alternative ombruksordninger for brukte byggevarer. En etablert aktører er *Gamle trehus*<sup>18</sup> i Oslo, som er en bygningsvernsbutikk som kjøper og selger historiske bygningsdeler fra 1720 til 1950. Resirquel<sup>19</sup> er et eksempel på en større kommersiell aktør som presenterer seg som en renndyrket spesialist på ombruk av byggevarer og overskuddsmaterialer.

Utenfor landegrensene kan man også nevne *Sydhavn-Genbrugscenter* i København. Ved denne danske gjenbruksstasjonen kan virksomheter, privatpersoner og organisasjoner kjøpe større mengder av gjenbruksmaterialer engros. Materialene selges i mange forskjellige kategorier, avhengig av hva som er innlevert. Internasjonalt eksisterer det også en internettbasert handelsplattform, *Opalis*, som er en katalog for entreprenører og andre som ønsker å anskaffe ombrukbart byggemateriale.

Uavhengig av systemene for kjøp og salg av overskuddsmateriell fra byggeplasser, vil omfanget være avhengig av det til enhver tid gjeldende regelverket som blant annet omfatter bruken av materialene. Både EUs regelverk for CE-merking, TEK17 og byggevarerforskriften (DOK) er barrierer for salg og bruk av ombruksmaterialer slik de er innrettet i dag. Dersom overskuddsmaterialer bevarer dokumentasjon for kvaliteter og egenskaper ved salg til andre utbyggere, vil det overnevnte rammeverket ikke slå inn som en barriere.

<sup>16</sup> Se <https://www.bamb2020.eu/>

<sup>17</sup> Se <https://www.madaster.com/en/about-us/vision-mission-aims>

<sup>18</sup> <https://www.gamletrehus.no>

<sup>19</sup> <https://www.resirquel.no>

## Avfallsminimering gjennom lang levetid og ombrukbarhet

Ved bruk av materialer, komponenter eller elementer med lang levetid vil man allerede ved byggingen bidra til å minimere framtidige avfallsmengder. I tillegg til å redusere behovet for utskiftning i løpet av byggets levetid, vil slike materialer også kunne ha en forventet restlevetid som gjør dem mer ombrukbare. Økt ombrukbarhet av materialene avhenger også av deres egenskaper og kvaliteter, i tillegg til restlevetiden.

Framtidig avfallsproduksjon kan også minimeres gjennom å velge materialer, komponenter eller elementer i dag som er egnet for framtidig ombruk. Det kan være materialer med en slik karakter at de kan benyttes direkte ved ombygging av det samme bygget, eller benyttes i andre byggeprosjekter (dvs. selges som ombruksmateriale). Det er allerede et mål i dag.<sup>20</sup>

Ombruk diskuteres mer utførlig i neste delkapittel.

### 3.2 Ombruk

Ombruk er en hensiktsmessig form for håndtering av flere typer avfall, men ikke alle. Rapporten *For-svarlig ombruk av byggevarer* (Kilvær, Sunde, Eid, Rydningen, & Fjeldheim, 2019) gir et bilde av dagens situasjon med hensyn på ombruk av byggevarer og til dels også materialgjenvinning av avfallsfraksjoner fra byggeplass og rivning. Det vises til denne rapporten for mer detaljinformasjon om de ulike materialfraksjonene som inngår i kapittel 3.2 og 3.3.

Et viktig forbehold tilknyttet ombruk, og til dels også materialgjenvinning (ref. KA13 m.fl.) er at timebruken ventelig vil øke betydelig i prosjekter der disse håndteringsformene får et særlig fokus. Dette forventes fordi planlegging og prosjektering vil ta mer tid, blant annet fordi det må settes av tid til «tilpassningsprosjektering» hvor det søkes etter passende ombruksmaterialer og -komponenter og justering av tegninger for å tilpasse bygget slik at ombruksmaterialene kan benyttes. Rivning og demontering må trolig også gjøres i mer forsiktige former, og under andre forutsetninger og prosedyrer, enn i dag. Brukt materiell må også testes og kvalitetssikres før ombruk.

#### Rivning, prosjektering og byggeprosess

Demontering, rivning, sortering og mellomlagring av materialer tiltenkt ombruk må gjøres mer forsiktig og under andre forutsetninger og prosedyrer, og dette er mer tid- og ressurskrevende enn rivningsprosjekter der ombruk ikke er hovedoppdraget. Videre kan selve logistikken, både på rivningsprosjektet og til/fra mellomlagring og ombruksprosjekt, være utfordrende slik at ekstra ressurser må allokeres til planlegging og for å sikre god gjennomføring.

Prosjektering og byggeprosess av nybygg eller rehabilitering må endres når ombruk skal inkluderes i et prosjekt. Erfaringer fra KA13-prosjektet (Shine, 2019) viser at det i prosjekteringsfase må inkluderes en material-/komponentsøksaktivitet. Videre vil det også være behov for aktiv ombruksprosjektering som går parallelt med detaljprosjektering og byggefase. Det blir prosjektert med materialer man tror man finner, men så viser det seg at det likevel ikke er mulig å få tak i disse materialene. Det er tidkre-

<sup>20</sup> Se veiledningen til TEK 17 §9-5, hvor det står «[...] Hvilke vurderinger som er gjort med hensyn til ombruk og materialgjenvinning må fremgå av prosjekteringen. [...]»

vende å finne brukte materialer som er passende og ønskelig til prosjektet. Under detaljplanleggingen og i byggeprosessen må derfor ofte nye materialsøk gjennomføres, og planer og tegninger endres.

Erfaringer fra byggenæringen, viser at det i liten grad er et effektivt marked for ombruksvarer i dag. Dette er en av årsakene til at salg og anskaffelse, samt prosjektering for dette, innebærer en høy merkostnad i dag. Kostnadsdrivende lagring pekes det også på. I den grad det i fremtiden kommer på plass gode markeder for omsetning og tilrettelegges for lagring av ombruksvarer, vil ombruk av byggevarer kunne bli mer attraktivt. Erfaringer fra sentrale aktører i næringen viser også at det i dag er liten betalingsvillighet for merkostnaden ved ombruk, for eksempel i kontorleie, mens investorer anser det som positivt. Endringer i holdninger til ombruk, sirkulær økonomi og samfunnsansvar kan føre til eventuelt økt etterspørsel av klima- og miljøvennlige bygninger og leielokaler, noe som kan drive fram mer økonomiske ombruksløsninger. Det samme gjelder dersom innsatsfaktorer som råmaterialer, energi og annet skulle øke i pris, for eksempel på grunn av høyere pris for klimagassutslipp eller større knapphet på råvarer.

#### Egnethet til ombruk

Kilvær m.fl. (2019) diskuterer materialer og komponenter som er egnet til ombruk i bygg, og har valgt å fokusere på følgende materialgrupper og komponenter; lastbærende stålkomponenter, hulldekker i betong, teglstein, glass og vindu, trevirke og materialer/produkter som ikke har behov for dokumenta-

sjon ved ombruk (for eksempel naturstein, heller med flere).

Bærende stålkonstruksjoner er dokumentert å være godt egnet til ombruk, imidlertid er det fremdeles en del barrierer som gjør at ombruken ikke er effektiv i dag. Mangel på kunnskap, mangel på forskrifter som regulerer ombruk av stål og hensiktsmessige tekniske løsninger blir av Widenoja m.fl (2018) pekt på som barriere for økt ombruk. Videre kreves det ekstra innsats og ressurser inn mot kvalitetssikring og testing ved ombruk av stålkomponenter. Logistikk og transport av stålkomponenter for videre ombruk kan også oppfattes som en barriere. Bærende stålkonstruksjoner som skal ombrukes har «mistet» CE-merkingen. Når stålet ikke har CE-merking, skal det testes for å sikre dets egenskaper. Da må det kappes av en del av hver bjelke, og kappet sendes til testing. I KA13-prosjektet, som er et omfattende ombruksprosjekt gjennomført av Entra, ble det brukt 80 tonn ombruksstål. Heller enn å kappe hver bjelke, ble karboninnholdet i ombruksstålet scannet, og en fant at alt var fra samme parti/produksjon. Da holdt det med å kappe og teste én bjelke. Slike løsninger kan føre til at barrierene for ombruk over tid blir mindre.

Tegl- og betongavfall utgjør den største andelen (i vekt) av BA-avfall. Deler av betongavfallet kan inneholde miljøgifter. For å legge til rette for økt ombruk må det tydeliggjøres når avfallet kan ombrukes uten tillatelse fra miljømyndigheter og når det er nødvendig med tillatelse. Miljømyndighetene har derfor de senere år videreutviklet og tilpasset regelverket med tanke på å øke nyttig og miljøforsvarlig bruk av avfall og lett forurensete masser.<sup>21</sup> Ombruk av hull-

<sup>21</sup> Miljødirektoratet sendte i november 2019 et forslag til «Ny regulering for håndtering og gjenvinning av betong og tegl fra rivingsprosjekter» til Klima- og miljødepartementet, se <http://www.byggemiljo.no/wp-con->

[tent/uploads/2019/11/Ny-regulering\\_gjenvinning-betong-tegl-rivingsprosjekter.pdf](tent/uploads/2019/11/Ny-regulering_gjenvinning-betong-tegl-rivingsprosjekter.pdf)

dekker i betong anses som en god strategi for ombruk av betong (Naber, 2012), og i Norge har oppmerksomheten om og interessen for ombruk av hulldekker økt kraftig de siste årene. Flere prosjekter gjennomføres nå med tanke på ombruk av hulldekkbetong, blant annet er det planlagt å bruke hulldekker fra R4-bygget i Regjeringskvartalet ved rehabilitering/ transformering av bygg i Kristian August gate 13 (KA 13), Oslo.

De økonomiske og miljømessige produksjonskostnadene ved framstilling av murstein i tegl er relativt høye. Teglstein har imidlertid lang levetid (avhengig av kvalitet) og er et modulært produkt som passer godt til ombruk. Opp gjennom tidene har man da også en tradisjon for ombruk av teglstein og takstein i Norge, om enn ikke i en stor skala. Som en av få material/produkttyper, er det via European Organisation for Technical Approvals utstedt en 'European Assessment Document (EAD) for ombrukt murstein av tegl som dermed vil gi grunnlag for en frivillig European Technical Assessment (ETA) og CE-merking (Miljøstyrelsen 2018). Denne er ennå ikke publisert og godkjent, men det er forventet at den vil bli det i nær framtid. Ombruk av murstein i tegl, som krever lite forbehandling (ikke ombrenning) og rensing, kan potensielt ha en stor miljøeffekt.

Glass og vinduer kan ofte demonteres som moduler og kunne potensielt ha en beskaffenhet som egner seg til ombruk. Innhold av helse- og miljøfarlige stoffer i vinduer gjør imidlertid at glass og vinduer vanskelig lar seg direkte ombruke. Teknisk forskrift stiller også skjerpede krav til isolasjonsevnen til vinduer som gjør det vanskelig med direkte ombruk. Ombruk av glass og vinduer foregår derfor i liten grad. Bearbeiding av glass og vinduer, blant annet ved at glasskiver skjæres ut for ombruk, er tilnærminger som krever økt kunnskap og innovasjon.

I Norge har vi en lang tradisjon for ombruk av tømmerkonstruksjoner, slik som tømmerlaft. Ulike typer

konstruksjonsvirke, limtre, krysslimt tre, ulike treprofiler, trekledning og trepanel som benyttes i mer moderne byggeri, har også stort potensiale for ombruk fordi materialene ofte kan demonteres hele. Demontering, transport, lagring og logistikk i forbindelse med rivning har likevel en rekke utfordringer på lik linje med andre materialer og komponenter. På grunn av innfesting med skruer og spiker, krever treverk en del tid for klargjøring. Før ombruk av treverk, må materialene kontrolleres med hensyn til kvalitet og styrke, samt at nødvendige godkjenninger og dokumentasjon må innhentes avhengig av bruksformål. Kilvær m.fl. (2019) viser til at det er interesse og etterspørsel etter usortert og styrketestet ombrukstreverk både nasjonalt og internasjonalt. Økt produksjon av ombrukbare/endringsbare elementer og moduler, hvor tre utgjør en hovedbestanddel, kan ha et stort potensial og øke ombruksgraden av tre betydelig. Stort fokus på element-/modulbygging ved bruk av krysslimt tre, limtre, og andre prefab-elementer de senere årene i Norge, kan gi en ombruksgevinst etter endt byggomløp.

Effektiv og tilrettelagt ombruk av byggevarer er utfordrende under dagens regelverk, og en tilpasning av regelverket slik at det harmoniserer mer med en sirkulær kvalitetsforståelse og ønsket fremtidig praksis vil være naturlig. Asplan Viak (2018) foreslår flere tiltak knyttet til kommunal forvaltning, endringer/justeringer i Teknisk forskrift og Byggevareforordningen, samt økt produsentansvar og tilrettelagt formell behandling av prosjekter som inkluderer brukte materialer og komponenter.

Ombruk innebærer ofte svinn, det vil si at det ofte ikke gir 1:1 utnyttelse av byggematerialet. Dersom bygg var konstruert med moduler, slik at et betongelement kunne ombrukes som «en LEGO-kloss», kunne ombruk gitt full utnyttelse av materialet. Samtidig er det få eller ingen bygg som er konstruert slik

i dag.<sup>22</sup> Ofte vil materialet måtte bli skåret ut av bygget, en del må bli kappet for å sendes til testing for å sikre materialets egenskaper, og materialet må kanskje tilpasses på nytt for å kunne ombrukes i et bygg igjen. Alt dette medfører svinn, slik at utnyttelsen blir lavere enn 1:1. Ved ombruk av materialer, kan det også være nødvendig å benytte ekstra av andre materialer som ellers ikke ville vært nødvendig dersom det heller ble brukt nye materialer. Det kan for eksempel være for å sikre at konstruksjonen er bærende og sikker, eller at vinduer som ombrukes skal kunne passe inn i bygget.

Ulike typer av økonomiske virkemidler kan være avgjørende for å endre bransjens tilnærming til ombruk i byggeprosjekter. Enova bidrar allerede med støtte til tiltak som reduserer klimagassutslipp, og en videreføring som inkluderer ombruk og sirkularitet i bygg, bør utredes som en mulighet. Andre virkemidler kan være avgifter på avhending av avfall, endring i beskatning og ulike støtteordninger som fremmer innovasjon innenfor ombruk.

Mange tiltak kan øke ombruken av byggematerialer, komponenter og elementer. Vi kan skille på lokalt ombruk, og omsetning av ombruksvarer.

Lokalt ombruk er når materialer tas ut fra og brukes på nytt i det eksisterende bygget som rehabiliteres. En variant av lokalt ombruk er når en og samme byggherre benytter materialer fra et bygg inn i et annet bygg, slik at ombruksmaterialene må transporteres til en ny byggeplass, som kan være i nærheten eller lang unna (internt ombruk). Poenget er at det er samme eier av de to byggene, og at ombruk dermed ikke blir sett på som omsetning av materialer. Det betyr at man ikke faller inn under det regelverket

som i dag er en barriere for omsetning av brukte byggevarer.

Økt ombruk av selve bygningskroppen – altså ved at ombygging og rehabilitering av eksisterende bygninger prioriteres fremfor rivning – er et tiltak som vil øke «ombruksgevinsten» betydelig. Dette faller imidlertid inn under rehabilitering/transformasjon, og er ikke et eget ombrukstiltak. Samtidig er det verdt å nevne. I prosjekter hvor det står mellom å rive deler av bygningskroppen, vil innsats for heller å «ombruke» bygningskroppen være et betydelig positivt tiltak for en mer sirkulær bruk av byggematerialer. Før rivning bør det vurderes om hele eller deler av bygget kan bestå og heller tilpasses ny bruk og nye behov ved ombygging og rehabilitering. Innføring av rettede økonomiske insentiver kan bidra til at byggherre motiveres til å utrede ombruk av bygg før en rivning er siste utvei. Krav til utredning av ombruk av bygg før rivning kan også inkluderes i for eksempel kommunale arealplaner for å sikre økt ombruk av hele eller deler av bygg. Ombruk av hele eller deler av bygg krever planleggere med kunnskap og evnen til nytenkning for å tilpasse eksisterende bygg til nye brukskrav og -behov.

Ombruk ved kjøp og salg (omsetning) av byggematerialer, er når materialer tas ut av rehabiliterings- og riveprosjekter og selges til andre prosjekter hvor de brukes på nytt i andre bygg. Dette kan for eksempel være at hulldekker fra et bygg tas ut, omsettes og ombrukes i et annet bygg. Da gjør de ovennevnte barrierene for ombruk seg spesielt gjeldende.

Tilrettelegging for ombruk av elementer eller komponenter av spesielt stål, betong og tre, anses å bidra til betydelig økning i ombruken. I dag er slik om-

---

<sup>22</sup> Basert på informasjon fra NHP-nettverket ved Eirik Werner

bruk kun benyttet i et begrenset omfang på grunn av flere forhold som er beskrevet over.

Kriteriene for sirkulære bygg som FutureBuilt (2019) presenterer gir et grunnlag og utgangspunkt for hvilke tiltak som kan gjennomføres for å øke ombruken.

Økt ombruk fordrer økte ressurser ved prosjektering, planlegging, byggefase, rivning/demontering, transport, lagring og logistikk. Nedenfor er det summert opp behov og virkemidler som er kommet frem, etter intervjuer med byggenæringen og gjennomgang av tilgjengelig litteratur:

- Tilpasning av rammevilkår – juridiske, regulatoriske og økonomiske – slik at rehabilitering av hele eller deler av bygg og ombruk av bygningsmaterialer/-elementer motiveres.
- Prosjektering og planlegging må tilpasses ombruk, og dette fordrer utviklingen eller tilpassningen av digitale verktøy som kan håndtere ombruksplanlegging/-prosjektering.
- Databaser og plattformer som er tilpasset kjøp og salg av byggematerialer, komponenter og elementer må etableres.
- Databaser og plattformer som håndterer materialtilgangen i pågående og fremtidige rivings-/demonteringsprosjekter må etableres
- Dagens kunnskaps- og teknologi/innovasjonsnivå i alle ledd i ombruksverdikjeden må økes, og også allment tilgjengeliggjøres.

### 3.3 Materialgjenvinning

Ved materialgjenvinning blir materialer og komponenter omarbeidet og benyttet som råstoff inn i nye produkter slik at ressursen fremdeles holdes i material-/råvarekretsløpet.

Flere regulatoriske systemer og standarder berører ulike typer avfall som går videre til materialgjenvin-

ning. Det er gjerne kvalitet og innhold slik som renhet, grenseverdier for kjemiske komponenter og helse- og miljøfarlige stoffer som reguleres. Videre er det nødvendig med normal kvalitetssikring av materialgjenvunnet råstoff inn i produksjonen av de nye produktene.

Fra figur 2.5 ser vi at det er stor forskjell i materialgjenvinningsgraden til de ulike materialfraksjonene. Papir/papp, glass, metall, EE-avfall og asfalt har en materialgjenvinningsgrad på over 80 prosent og viser at man langt på vei har funnet metoder og prosedyrer for å omarbeide disse fraksjonene til råstoff til bruk i nye produkter.

#### Materialer med lav materialgjenvinningsgrad

For å øke muligheten for å materialgjenvinne en stadig større andel av de ulike avfallsfraksjonene, er det viktig at demontering og rivning foregår på en slik måte at separering og sortering av materialer blir mindre ressurskrevende. Det er derfor viktig å prosjektere og planlegge for materialgjenvinning ved demontering/rivning. Som beskrevet i 3.1 er det følgelig også viktig under håndteringen av avfall under oppføring av bygg. Forringelse av kvaliteten til avfallet (for eksempel tilsmussing av treavfall) på byggeplass, kan vanskeliggjøre en effektiv materialgjenvinning.

#### Trevirke materialgjenvinnes i svært liten grad

Trevirke er den tredje største avfallsfraksjonen (i tonn). I dag materialgjenvinnes trevirke i svært liten grad, og da kun som råstoff i produksjon av trefiberplater. Hoennige (2018) utførte en mulighetsstudie der han så på muligheten for å materialgjenvinne en større andel av treavfallet til produksjon av trefiberplater. Plukkanalyser ble utført ved flere interkommunale renovasjonsanlegg i Sørøst-Norge, og det ble estimert at 20 prosent av treavfallet hadde en kvalitet som var egnet som råstoff til produksjon av trefiberplater. Videre estimerte Hoennige (2018) at



13 prosent hadde en kvalitet som egnet seg til produksjon av jorddekke/bioklipp.

Selv om studien til Hoennige (2018) er utført på treavfall mottatt på interkommunale renovasjonsanlegg, og ikke på treavfall mottatt fra BA-sektoren, gir den oss utvidet forståelse for potensialet til treverk.

Norge har rikelig med jomfruelig trevirke som går inn i produksjonen av trefiberbaserte produkter der man kan tenke seg at treavfall kunne være et råstoff. Motsetningen er Italia, der 90 prosent av råstoffet til produksjon av trefiberplater består av treavfall. I Norge er innslaget av treavfall nærmest fraværende i tilsvarende produksjon (EPF 2016), se figur 3.2..

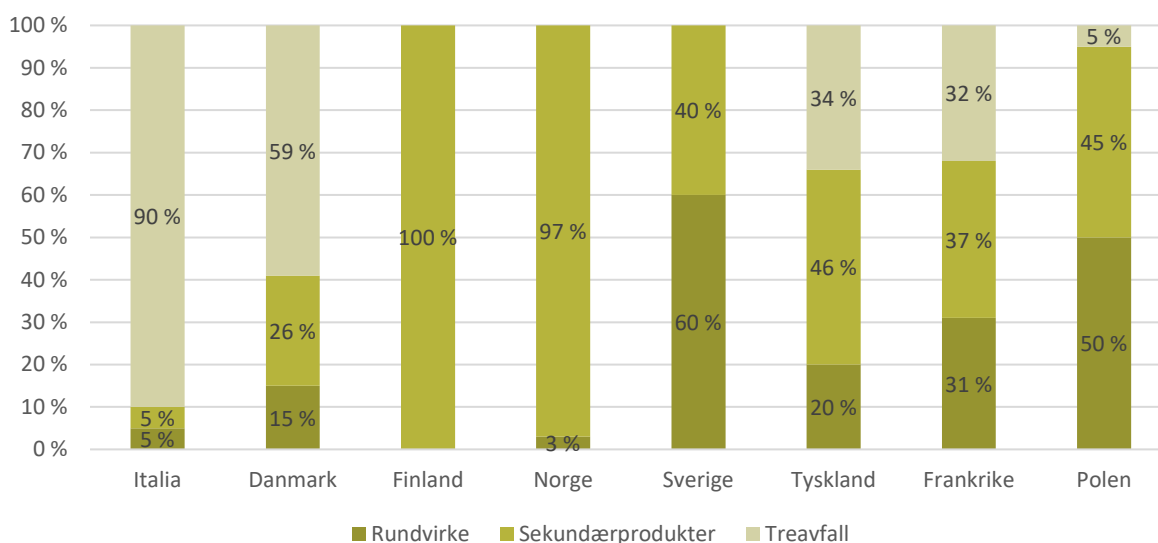
For å øke materialgjenvinningen av treverk, er det naturlig nok behov for ett mottaksapparat av treavfallet i form av en industri som kan omarbeide treavfall til for eksempel plater og isolasjon. I Norge er det kun en aktør som har prøveproduksjon av trefiberplater med innslag av treavfall i dag. Det er interesse blant de andre aktørene for å øke innslag av

treavfall i trefiberplateproduksjonen, men det kreves nyinvestering, produksjonsomlegging, innovasjon og tilrettelegging i hele verdikjeden. Eksport av oppfliset treavfall til plateproduksjon er også aktuelt, og per i dag blir flis eksportert til Polen, Tyskland og Storbritannia.

#### Betong – ikke forurenset

Betong kan gjenvinnes ved ubunden bruk som tilslag i grøfter, bærelag eller forsterkningslag, eller ved bunden bruk som tilslag i ny produksjon av betong. Det er flere krav til behandling og dokumentasjon til betong som skal rives: avfallsplanen skal inneholde informasjon om opprinnelsen til betongen og regulatoriske krav til dokumentasjon av kontroll, kartlegging av miljøgifter og miljøsanering må være oppfylt. SINTEF Byggforskserien 572.111 Resirkulert tilslag av tegl og betong (2015) omhandler blant annet egenskaper og viktige bruksområder for resirkulert tilslag av tegl og betong og inkluderer også krav til dokumentasjon, klassifisering og miljøegenskaper. I Norge blir cirka 90 prosent av den resirkulert

Figur 3.2 Råmaterialmiks i produksjon av trebaserte plater i ulike Europeiske land.



Kilde: European Panel Federation, 2016

lerte betongen benyttet til ubunden bruk (Jacobsen 2018).

Ved bunden bruk blir betong knust før den fungerer som tilslag ved produksjon av ny betong, og vil på den måten redusere behovet for bruk av ny grus. Erfaringer i Norge tilsier at man benytter cirka 10 prosent av den resirkulerte betongen inn i produksjon (Jacobsen, 2018).<sup>23</sup> Økt bruk av resirkulert tilslag kan imidlertid kreve økt bruk av sement eller andre tilsetningsstoffer, for å sikre herdighet og de ønskede kvalitetene. Innslaget av sement er det som har størst betydning for klimagassutslippene ved produksjon av betong (Jiménes, Dominquez, & Vega-Azamar, 2018), og økt sementbruk som følge av økt resirkulert betong betyr at utslippene av klimagasser ikke endres, eller til og med kan gå opp sammenlignet med ny betong.

Betongmasser kan potensielt i enda større grad erstatte pukk i bygge- og anleggsvirksomhet. Det er større restriksjoner ved bruk av betongmasser ved bygging av vei og som innslag i ny betong, men endret regelverk<sup>24</sup>, økt kunnskap og bedre teknologi kan være med på å løse disse utfordringene.

#### Økende omfang av materialgjenvunnet gips

Gips gikk inntil for få år siden hovedsakelig til deponi.

Nå er det imidlertid etablert produksjonsindustri, New West Gipsgjenvinning, som tar imot gips til materialgjenvinning – ved at gjenvunnet gips inngår i

produksjon av nye gipsplater og andre gipsholdige byggeprodukter.

Gipsprodusenten Gyproc Fredrikstad er også i gang med å etablere tilsvarende produksjon der de vil benytte gjenvunnet gips i nye produkter. Det forventes at materialgjenvinningsgraden på gips vil øke kraftig de nærmeste årene som et resultat av disse to nye anleggene.

#### Fra tradisjonell deponering mot materialgjenvinning av isolasjonsprodukter

Tradisjonelt har isolasjon, slik som glassull og steinull, blitt lagt på deponi. Imidlertid har Rockwool og RagnSells sammen utviklet en prosess for resirkulering av Rockwool-isolasjon fra byggeplasser, der RagnSells samler, sorterer og leverer isolasjonen til Rockwool som smelter den om før den benyttes som innsats inn i produksjon av ny steinull. Glassull blir laget av innsamlet glass og er i utgangspunktet et resirkulert materiale. Glava har for øvrig en returordning med kapp og rester fra byggekasser, som basert på en kvalitetsvurdering kan ende opp som blåseisolasjon. Brukt isolasjon fra rehabiliterings- eller rivingsprosjekter blir per i dag ikke gjenvunnet som byggematerialer, men Glava jobber for tiden med flere prosjekter for å gjenvinne materialet som en råvare til egen produksjon eller som innsatsstoff i et annet produkt.

#### Tiltak - materialgjenvinning

Det er flere tiltak som potensielt kan øke materialgjenvinningsgraden av byggematerialer, og produsenter av ulike byggematerialer har sammen med renovasjonsaktører, FoU-miljøer og andre kompe-

<sup>23</sup> En pilotstudie ved SINTEF viser at det er mulig å produsere betong med 100 prosent resirkulert tilslag av gravemasser (grus og pukk) og samtidig tilfredsstillende de samme fysiske kravene som tradisjonelle betongblandinger med naturlig tilslag (Mujica, Velde, Engelsens, & Nodland, 2019). Det resirkulerte tilslaget tilfredsstiller i stor grad normverdiene for forurenset grunn

angitt i Forurensningsforskriften. Se også <https://www.sintef.no/siste-nytt/gjenbrakte-gravemasser-kan-erstatte-naturlig-tilslag-i-betong/>  
<sup>24</sup> I forslaget til ny regulering av betong fra rivingsprosjekter anbefaler Miljødirektoratet bl.a. høyere grenseverdier for seksverdig krom, se <http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2019/11/Ny-regulering-gjenvinning-betong-tegl-rivingsprosjekter.pdf>

tanseaktører tatt initiativ til å endre og tilrettelegge for økt materialgjenvinning ved innovasjon. Økt materialgjenvinning av spesielt ikke-forurenset betong og treavfall vil potensielt gi en stor materialgjennvinningsgevinst, og bør vurderes prioritert ved forsterket innsats.

Virkemidler og behov som bør vurderes for å øke materialgjennvinningsgraden av byggavfall er:

- Tilpasning av rammevilkår – juridiske, regulatoriske og økonomiske – slik at materialgjenvinning og tilrettelegging for materialgjenvinning motiveres i byggebransjen, hos renovasjonsaktører og produksjonsindustri. Dette kan for eksempel være å utvide produsentansvarsordningene slik at produsentene for flere produkter enn i dag gis ansvar for produktene også når de har blitt avfall (Miljødirektoratet, 2019).
- Kunnskaps- og teknologi/innovasjonsnivå i alle ledd i verdikjeden må styrkes og motiveres for å nå et mål om optimal materialgjenvinning.
- Ny/endret industri tilpasset produksjon med resirkulert råstoff må etableres i Norge.
- Etablere en oversikt over produksjonsindustri i utlandet som benytter resirkulert råvarer og vurdere eksport.
- Tilpasning av lovgivning for eksport av resirkulerte råvarer.

### 3.4 Barrierer for avfallsreduksjon

Litteratur som undersøker avfallsminimering, ombruk og økt gjenvinning omhandler hovedsakelig hvordan dette bør gjøres, men ikke så mye om hvordan det faktisk foregår.<sup>25</sup> Hvordan dette praktiseres ute på byggeplasser handler også i stor grad om sosiokulturelle vaner og perspektiver. Disse vanene

og denne kulturen kan fungere som en barriere for å iverksette de ønskelige tiltakene.

Informasjon fra workshop med sentrale aktører i byggenæringen i forbindelse med dette oppdraget, peker på at kultur og ulike forståelser preger hvordan avfall blir definert og håndtert i praksis. Flere av deltakerne løftet frem ulike eksempler på hvordan kultur har betydning for hvordan avfall håndteres. Her følger noen få utvalgte sitater fra workshopen, for å belyse nettopp dette:

*Du kan ha bestilt så mye «precut» du vil, men hvis gutta har dårlig logistikk på byggeplass så tilpasser de på stedet, og da er det plutselig store leveranser som er feil kutta. Så det er utrolig mange ting du må gjøre på byggeplass. Du må ha god logistikk, du må ha merking, du må ha hengelås på restavfallscontaineren, og du kan forsøke å få til en sirkulær økonomi på mikroskala, men det er kultur det i bunn og grunn dreier seg om. Kultur og forståelse og få alle de språkene som er på en byggeplass til å forstå det som står på de ulike beholderne.*

Sitatet over viser til utfordringen mellom ideal og praksis og ulike kulturer i planlegging og utføring av byggearbeidet. Til tross for at planleggingen og idealet om lite avfall, vil det dukke opp forhold som gir mer avfall enn planlagt, i praksis. I sitatet fremkommer det samtidig at hver byggeplass kan forstås som en egen kultur og at denne formes av ulike språk og betingelsene for kommunikasjon rundt avfallshåndtering. Dette utdypes videre i sitatet under, hvor (skjev)forholdet mellom overordnet styring og det som faktisk skjer på en byggeplass påpekes.

<sup>25</sup> Se for eksempel Kilvær med flere (2019)

*Vi må gi tydelige retningslinjer til våre prosjekter for hva som skal med og hva som ikke skal med for at det skal bli sammenlignbart og likt håndtert. Det finnes ulike kulturer på ulike byggeplasser som gjør dette litt tilfeldig. Det er ikke våre premisser, men deres premisser som styrer det i større grad.*

I tillegg til det som skjer på byggeplassen, adresseres også kulturen for hvordan man skal nå målene som er satt for avfallshåndteringen. En av deltakerne i workshopen nevner dette på følgende måte:

*Det er mange ulike kulturer og en del entreprenører er opptatt av å mekke til tallene så vi når målene.*

Sitatet viser til at det kan være ulike måter å tilnærme seg rapportering av hvordan avfall blir håndtert. Implikasjonen av «tilpassing av tallene» kan være at den faktiske avfallshåndteringen tilsløres. Dette kan igjen gjøre det utfordrende å sette inn relevante tiltak, ettersom tallene ikke alltid vil gjenspeile de utfordringene som i praksis finnes.

## 4 Samfunnsøkonomisk vurdering

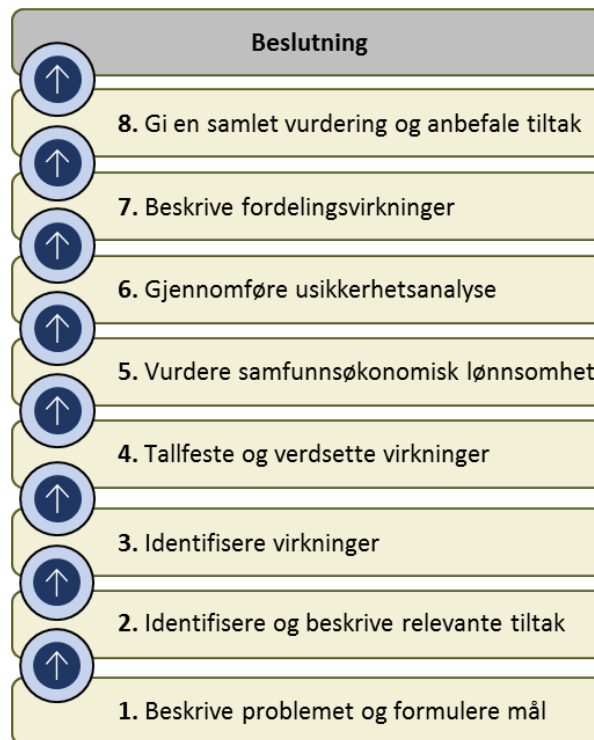
I dette kapitlet presenteres den samfunnsøkonomiske analysen av reduserte avfallsmengder fra bygg. Det er ikke gjort en fullstendig samfunnsøkonomisk analyse av de forskjellige tiltakene, men en forenklet marginalanalyse hvor metoden for samfunnsøkonomisk analyse ligger til grunn. Analysen begrenses til å vurdere de bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske konsekvensene av å redusere avfallsmengden eller øke gjenvinning eller ombruk av avfallet med 1 tonn. Noen tiltak er kanskje samfunnsøkonomisk lønnsomme, men ikke bedriftsøkonomisk lønnsomme, og da vil de heller ikke bli gjennomført. Dette er viktig å synliggjøre, siden det da bør vurderes å innføre virkemidler som kan motivere aktørene i markedet til å gjøre tiltak som er samfunnsøkonomisk lønnsomme.

I ulike byggeprosjekter vil noen materialer utgjøre en betydelig større andel av bygningsmassen enn andre materialer. For eksempel kan det være betydelig større andel betong enn isolasjon i et næringsbygg. Selv om tiltak for å redusere avfallsmengden av isolasjon kan være mest lønnsomt marginalt, kan tiltak for å redusere avfallsmengden av betong monne mer i det store bildet. Vi synliggjør derfor også de aggregerte effektene.

### 4.1 Metode

I analysen ligger metoden for samfunnsøkonomisk analyse til grunn. Dette er et viktig verktøy for systematisk identifisering og synliggjøring av virkninger og konsekvenser av ett eller flere tiltak. Et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom samlet betalingsvillighet for nyttevirkningene er høyere enn samlede kostnadsvirkninger.

Figur 4.1 Flytdiagram samfunnsøkonomiske analyser



Kilde: DFØ (2014)

Analysen gjøres i tråd med Direktoratet for økonomistyring (DFØ) veileder for samfunnsøkonomiske analyser<sup>26</sup> og Finansdepartementets rundskriv R-109/14: *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.*<sup>27</sup> Dette fordrer at analysen gjøres i 8 trinn, som illustrert i Figur 4.1. Trinnene sikrer at alle relevante virkninger og berørte grupper fanges opp gjennom et systematisk arbeid. Trinn 1 og 2, og delvis 3, er redegjort for i kapitlene over, og videre i dette kapitlet tar vi for oss de videre trinnene. Virkningene av tiltakene er endringen i forhold til nullalternativet, som er dagens

<sup>26</sup> Direktoratet for økonomistyring (DFØ, 2018)

<sup>27</sup> Finansdepartementet (2014)

produksjon og håndtering av avfall i byggeprosjekter. Dette er beskrevet i delkapittel 4.2.

Ifølge Finansdepartementets rundskriv R-109/2014 skal nytte- og kostnadsvirkninger verdsettes i kroner så langt det er mulig og hensiktsmessig (Finansdepartementet, 2014, s. 3). Virkningene verdsettes til en kalkulasjons- eller skyggepris som reflekterer verdien av ressursene i deres beste alternative bruk. I de aller fleste tilfeller brukes markedsprisen, eventuelt korrigert for eksterne effekter.<sup>28</sup> Identifiserte virkninger og tallfesting og verdsetting av disse (trinn 3 og 4) er beskrevet og forklart i delkapittel 4.3–4.6.

Virkninger som ikke er mulig å verdsette i kroner (innen rammene for dette oppdraget), må også synliggjøres og vurderes hvordan de påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten (Finansdepartementet, 2014, s. 5), og for dette benytter vi pluss-minusmetoden som beskrevet i DFØ (2018) og presentert i Tabell 4.1. Ikke-prissatte virkninger vurderes etter omfang og betydning, som til sammen utgjør en konsekvens (DFØ, 2018, s. 110). Omfang og betydning vurderes fra fire minuser (meget stor

Tabell 4.1 Konsekvensmatrise for ikke-prissatte virkninger

Omfang \ Betydning	Betydning		
	Liten	Middels	Stor
Stort positivt	+ / ++	++ / +++	+++ / ++++
Middels positivt	0 / +	++	++ / +++
Lite positivt	0	0 / +	+ / ++
Intet	0	0	0
Lite negativt	0	0 / -	- / - -
Middels negativt	0 / -	- -	- - / - - -
Stort negativt	- / - -	- - / - - -	- - - / - - - -

Kilde: DFØ (2018, s. 112)

<sup>28</sup> Eksterne effekter er virkninger som ikke reflekteres i markedsprisene, og som produsenten eller konsumenten dermed ikke tar hensyn til i sin tilpasning av produksjonen eller forbruket.

negativ konsekvens) til fire plusser (meget stor positiv konsekvens), og 0 er ubetydelig eller ingen konsekvens.

Usikkerhetsanalysen (trinn 6), fordelingsvirkninger og den samlede vurderingen er presentert i delkapittel 4.7–4.9. I usikkerhetsanalysen undersøkes resultatenes robusthet og følsomhet ovenfor endrede forutsetninger, for eksempel dersom klimagassutslipp vurderes ved en høyere kostnad. Dersom den samfunnsøkonomiske lønnsomheten er betydelig følsom ovenfor slike endrede forutsetninger, skal resultatene tolkes med varsomhet. Beskrivelse av fordelingsvirkninger synliggjør hvordan tiltakene påvirker ulike grupper ulikt, positivt eller negativt. Det kan for eksempel være at tiltak som er samfunnsøkonomisk lønnsomme kan ha negativ påvirkning på enkelte grupper og positiv på andre. Da bør det vurderes om de som påvirkes negativt skal kompenseres av de som påvirkes positivt.

## 4.2 Dagens håndtering av avfall

Dagens produksjon og håndtering av avfall er nullalternativet, som tiltakene måles mot. I kapittel 2 beskrives hvor mye avfall som genereres etter aktivitet (nybygg, riving og rehabilitering), type bygning (små hus, boligblokk, næringsbygg) og materialer. Videre beskrives hvordan generert avfall håndteres i dag: hvorvidt materialene materialgjenvinnes, energigjenvinnes, går til deponi eller annet/uspesifisert bruk. Dette er basert på best tilgjengelig informasjon, som er usikker. For eksempel er sannsynligvis mengdene generert avfall ved riving betydelig høyere enn rapportert, jf. kapittel 2.4.



### 4.3 Tiltakene og deres virkninger

Figur 4.2 viser hvordan vi operasjonaliserer materialkretsløpet, og hvor ulike tiltak vil kunne ha en effekt på den samlede avfallsgenereringen. Analysen er avgrenset til tiltak som reduserer mengden avfall som går ut fra en byggeplass, og hvilke virkninger som er forbundet med dette.

I forbindelse med byggeprosjekter generelt, og nybygg spesielt, vil man ved avfallsminimeringstiltak kunne redusere avfallsgenereringen ved å ta inn mindre avfall på byggeplassen, som beskrevet i kapittel 3.1. Når materialer allerede er på byggeplassen, eller man river hele eller deler av et bygg, kan endelig mengde avfall som genereres reduseres ved at man bruker om overflødig eller demonterte materialer. Alternativer, som representerer slutt-punkter for materialet, er tradisjonell avfallsbehandling som deponering og energigjenvinning. Material-

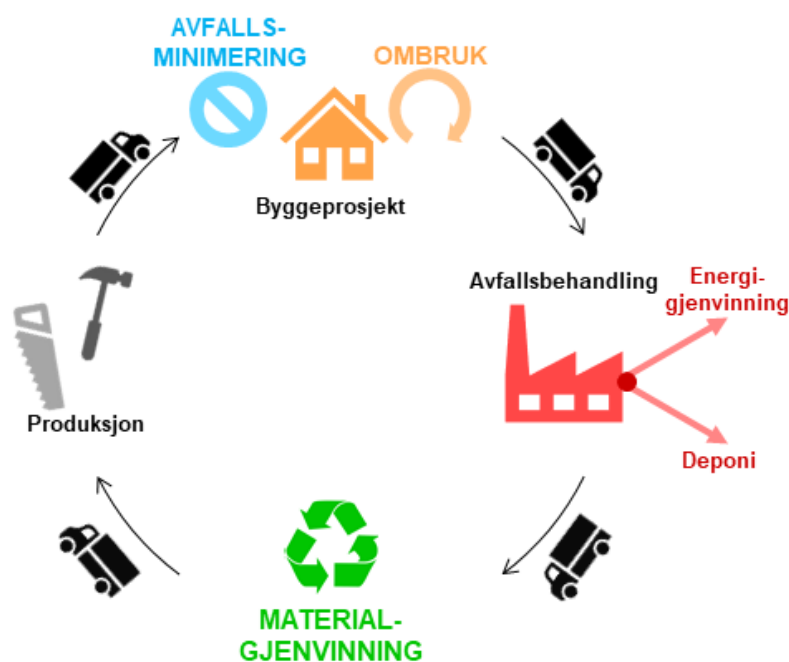
gjenvunnet materiale fortsetter sin ferd gjennom materialkretsløpet.

Hvorvidt tradisjonelt avfall genereres, bestemmes med andre ord av forekomsten av tiltak som motiverer til avfallsminimering, ombruk eller materialgjenvinning.

Hvert slikt tiltak har en rekke mulige virkninger. Enkelte virkninger er identiske for de tre tiltaksformene, mens andre ikke er det. Vi har kartlagt virkningene av tiltakene, det vil si de positive og negative effektene som oppstår som følge av tiltakene relativt til nullalternativet.

En god forståelse av tiltakenes virkninger er nødvendig for å kunne gjennomføre en hensiktsmessig samfunnsøkonomisk analyse. Vi går nærmere inn i virkningene til de tre avfallshåndteringstiltakene; avfallsminimering, ombruk av byggematerialer og materialgjenvinning.

Figur 4.2 Oppsummering av tiltakene og deres virkninger.



Kilde: SØA

Det er viktig å være klar over at vi i dette kapitlet ikke vurderer konsekvenser av materialets levetid, bare direkte virkninger i tidsperioden da tiltaket innføres. Materialer som går til ombruk eller gjenvinning vil kunne brukes flere ganger, det vil si at man kan få de beregnede gevinstene flere ganger. Men på grunn av svinn og kvalitetsforringelse i disse prosessene, vil gevinsten bli mindre for hver gang materialer ombrukes eller gjenvinnes. For byggematerialer vil i tillegg tidsrommet mellom hver gang materialet er aktuelt for ombruk eller gjenvinning være så langt at gevinsten i et samfunnsøkonomisk perspektiv blir svært liten. Det er likevel viktig å ha i mente at materialene/råvarene forblir i kretsløpet ved ombruk og materialgjenvinning, hvilket kun i begrenset grad er tilfelle for energigjenvinning og deponi.

#### 4.3.1 Avfallsminimering

Tiltak som minimerer mengden generert avfall vil i mange tilfeller implementeres allerede i prosjekteringsprosessen, det vil si i forkant av byggearbeidene.

Avfallsminimering som følger av slike planlagte tiltak kan i stor grad forventes å føre til at «overflødig» materialer (som i et senere ledd ville blitt avfall) ikke kjøpes inn i det hele tatt. Slike tiltak har dermed en sterk besparingseffekt, da materialene ikke trenger å bli produsert i utgangspunktet.

Design og implementering av slike tiltak vil troligvis lede til økt tid- eller ressursbruk i prosjekteringsfasen av et byggeprosjekt. Vi forventer derfor økte prosjekteringskostnader, i alle fall på kort sikt. Når

slike tiltak er en etablert rutine i et selskap, kan det tenkes at denne mertiden reduseres.

På grunn av effektivitetsgevinster forventes ressursbruken i byggeprosessen å bli redusert av avfallsminimerende tiltak. Det kan imidlertid tenkes at virkningen også kan være motsatt, for eksempel ved at det stilles særlige krav til hvordan materialer skal håndteres for ikke å bidra til svinn, kapp og annet som medfører ekstra tidsbruk.

Med et mindre avfallsomfang, forventes det også etterspørselen etter avfallstjenester vil avta. Ved at det ikke genereres avfall på byggeplassen, spares tid og kostnader forbundet med behandling, oppbevaring, sortering, transport og levering av avfall til avfallsanlegg. Aktiviteten videre i avfallets verdikjede bortfaller også.

Avfallsminimering vil bety at mindre avfall blir generert. Dette betyr at mindre avfall sendes til materialgjenvinning, energigjenvinning, ombruk eller til deponi. Alt annet likt, kan dette medføre både samfunnsøkonomisk nytte (som sparte klimagassutslipp) og kostnader (som at energiutnyttelse av trevirke erstattes av fossile energikilder for å opprettholde leveransen av for eksempel fjernvarme, som gir økte klimagassutslipp).

Innkjøpsprisen for byggematerialer for en entreprenør, skal reflektere de samlede bedriftsøkonomiske kostnadene ved å fremskaffe materialet. Denne prisen, pluss eventuelle eksterne effekter, antas å være skyggeprisen for den samfunnsøkonomiske kostnaden forbundet med byggematerialet i det det ankommer en byggeplass.<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Kostnaden for byggematerialene er antatt å reflektere knappheten på de råvarene som inngår.

I kapittel 2 fremgår det at av generert avfall som oppstår, leveres 34 prosent til materialgjenvinning, 29 prosent til energiutnyttelse og 36 prosent til deponering. Omtrent en halv prosent går til annen eller uspesifisert behandling. Dette varierer dog med materialkategori, som vist i Figur 2.5. Ved å redusere treavfall med én enhet, tyder Figur 2.5 på at treavfall til energiutnyttelse reduseres med én enhet (fordi tilnærmet 100 prosent av treavfall går til energigjenvinning). Tilsvarende for plast vil være at 0,52 enhet «spares» fra energiutnyttelse, 0,36 enhet «spares» fra materialgjenvinning og 0,01 enhet «spares» fra deponering.

#### 4.3.2 Ombruk

Ved et rehabiliterings- eller riveprosjekt, kan materialer som ellers ville gått ut av byggeplassen som avfall i enkelte tilfeller brukes på nytt, enten lokalt eller i andre bygg. Med ombruk mener vi altså både salg og kjøp (omsetning) av ombruksvarer så vel som lokalt ombruk og internt ombruk.

I verdsettingen avgrensner vi til verdien av brukte materialer, komponenter eller elementer fra

- 1) rivingsprosjekter som omsettes for ombruk,
- 2) rehabiliteringsprosjekter hvor materialer tas ut og brukes på nytt i samme prosjekt (lokalt ombruk) og
- 3) riving- og rehabiliteringsprosjekter hvor samme byggherre tar ut materialer fra ett prosjekt og bruker de på nytt i et annet prosjekt (internt ombruk)

Ombruk er omtalt i kapittel 3.2, og den videre oppsummeringen av virkninger fra ombruk baseres på gjennomgangen i kapittel 3.2.

Å øke omfanget av materialombruk marginalt vil trolig også øke flere relevante kostnader i en prosjekterings- og byggeprosess. I prosjekteringen må det planlegges for ombruk, blant annet ved å kartlegge

hvilke materialer og elementer som er i et bygg og hvorvidt de kan demonteres, transporteres og lagres (i forbindelse med rehabilitering eller riving).

Når materialer og elementer skal ombrukes, kan ikke bygget rives på tradisjonell måte. Materialer og elementer som skal ombrukes må isteden demonteres varsomt for å unngå skade. En riveprosess som hensyntar ombruksmulighetene forventes å kreve en annen type kompetanse og tidsbruk enn en tradisjonell riveprosess, det vil si at det er mer kostnadsdrivende å demontere heller enn å rive.

Ombruksmaterialer, uavhengig av hvorvidt de skal benyttes på samme byggeplass senere (for eksempel i forbindelse med rehabilitering) eller sendes til en annen byggeplass, vil i perioder måtte oppbevares på lager eller på en annen hensiktsmessig måte. Transport og lagring i denne forbindelse antas å være mer omfattende når materialene ikke skal ombrukes lokalt, men skal omsettes eller brukes internt i et annet prosjekt.

I de tilfeller hvor entreprenør ikke selv skal ta i bruk ombruksvarene, må man oppnå kontakt med mulige kjøpere. Det er per i dag ikke et effektivt marked for ombruksvarer i byggesektoren, og det finnes ingen plattform hvor kjøpere og selgere enkelt kan finne hverandre. Prosjekter som etterspør ombruksvarer, bruker ofte mye tid på å lete og kontakte rive- og rehabiliteringsprosjekter. Dette er kostnadsdrivende.

I tillegg kommer kostnader tilknyttet transport av ombruksmaterialer fra selger til kjøper.

Fraværet av et etablert marked for ombruksvarer skaper også stor variasjon og mye usikkerhet i prisingen av slike varer.

Det er også risiko tilknyttet reklamasjon av ombrukte varer. Det er ikke gitt hvem som skal ta an-

svaret for at ombruksvarene kan ha mangler, feil eller være ødelagt, eller hvis planlagt ombrukte materialer ikke overholder kvalitetskrav og liknende.

Ombruk gir ofte ikke en 1:1 utnyttelse av materialet, som omtalt i kapittel 3.2. Når materialet tas ut av bygningen, kan det være nødvendig å skjære/kappe for å ta det ut. For eksempel kan dette være nødvendig med plasstøpt betong. Videre innebærer ofte kvalitetssikring av materialet at noe må kappes av og sendes til testing for å sikre materialets egenskaper og bæreevne. For at materialet skal kunne inngå i et bygg på nytt (ombrukes), kan det være nødvendig å gjøre tilpasninger, i form av nye materialer. Dersom en eller flere av de ovennevnte er nødvendig, vil utnyttelsen av ombruksmaterialet være lavere enn 1:1, og det vil oppstå noe avfall. Dersom materialet kan tas ut av bygget nærmest som en «Lego-kloss», og en har løsninger som gjør at det ikke medfører svinn til testing og tilpassing, vil utnyttelsen kunne være tilnærmet 1:1.<sup>30</sup> Hva som faktisk vil være tilfellet, vil variere fra prosjekt til prosjekt, slik at det er vanskelig å si noe generelt om utnyttelsesgraden av materialet som ombrukes. Per i dag finnes det ingen erfaringstall vi kan legge til grunn for utnyttelsesgrad. Samtidig er det grunn til å forutsette noe svinn ved ombruk. I hovedalternativet legger vi til grunn at utnyttelsen er 90 prosent, det vil si at vi antar et svinn på 10 prosent. Dersom alternativet er at ombruksmaterialet blir avfall, spares dermed 90 prosent av det som ville blitt avfall. De «manglende» 10 prosentene vil som regel dekkes av nytt materiale.

Alternativet til at byggematerialer og -elementer brukes om, er at det blir byggavfall som må transporteres og leveres hos et avfalls-/gjenvinningsanlegg.

Videre erstatter ombruksvarene tilsvarende nye varer, og dermed også forbruk av råmaterialer og alt som ellers ville gått med til å produsere nye varer.

Ved omsetning av ombruksmaterialer, vil utbygger av et rehabiliterings- eller riveprosjekt kunne få en inntekt ved salg av ombruksmaterialet. Informasjon fra bransjen tyder dog på at det er vanlig at ombruksmaterialer gis bort, det vil si at disse materialene i dag ikke har en positiv pris. Eier av ombruksmaterialet vil likevel spare kostnader fra avfallshåndteringen.

#### 4.3.3 Materialgjenvinning

Flere typer byggematerialer blir i dag materialgjenvunnet. Dette gjelder særlig glass og metaller. For disse materialene er materialgjenvinningen såpass høy at det er lite å hente på å øke gjenvinningsgraden. Trevirke, gips og ulike typer betong og isolasjonsmateriale er derimot gode kandidater for økt materialgjenvinning, da omfanget av dette er relativt lite i dag.

For trevirke, som i stor grad går til energigjenvinning, vil trolig enhver marginal økning i materialgjenvinning medføre en tilsvarende reduksjon i energiproduksjon eller erstatning med andre energikilder. For betong og isolasjonsmaterialer er det ingen slike klare ulemper i dag, da alternativet er at det legges på deponi.

For alle materialtyper impliserer økt materialgjenvinning redusert bruk av jomfruelige råvarer til produksjonen av nye byggematerialer, men ikke nødvendigvis i et 1:1-forhold. Noe svinn og ineffektivitet ved materialgjenvinning må forventes. Det kreves også

---

<sup>30</sup> Eirik Werner i epost

ressursinnsats i forbindelse med gjenvinningen/omgjøringen til nye materialer eller produkter.

Sammenliknet med å deponere restmateriale og avfall, medfører materialgjenvinning troligvis noe økt ressursbruk i forbindelse med sortering på byggeplass, da det for mange gjenvinningsprosesser kreves en viss renhet i innlevert materiale.

Som for alle andre former for avfallshåndtering som medfører transport av avfallet, vil det selvsagt også være transport- og andre transaksjonskostnader forbundet med materialgjenvinning.

Basert på informasjon fra flere avfallsvirksomheter<sup>31</sup> er kostnaden ved å levere ett tonn med byggavfall av et materiale ofte den samme uavhengig av om det til slutt går til energigjenvinning, materialgjenvinning eller deponi.

Der økt innsats for avfallsminimering og ombruk av materialer, komponenter og elementer medfører en redusert etterspørsel etter typiske avfallstjenester, vil ikke økt materialgjenvinning gjøre dette. Alt annet likt vil tvert imot etterspørselen etter tjenester for materialgjenvinning øke, mens tjenester for annen avfallstjeneste (som materialet ellers ville gått til) vil gå tilsvarende ned. Samlet sett er etterspørsel etter avfallstjenester uendret.

#### 4.4 Nytte og kostnader

Ovenfor ble de positive og negative virkningene av tiltakene kartlagt. For å kunne vurdere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av tiltakene, er det nødvendig å verdsette virkningene av dem, og, når det ikke er mulig, på andre måter synliggjøre og vurdere hvordan de påvirker den samfunnsøkon-

omiske lønnsomheten. Dette har vi gjort for ulike materialtyper.

Vi har innhentet informasjon om priser og vurderinger av kostnadseffekter fra en rekke forskjellige kilder og aktører i næringen:

- Workshop, intervjuer og annet som har involvert byggherrer, entreprenører, byggarbeidere, arkitekter og produsenter
- Erichsen & Horgen har innhentet informasjon om priser av forskjellige byggematerialer og klimagassutslipp forbundet med disse materialene, se vedlegg 1.
- Norsk Gjenvinning, Ragn Sells og Lindum har bidratt med priser og annen informasjon om avfallstjenester.
- Litteraturgjennomgang

Dette utgjør grunnlaget for vurderingene av nytte og kostnad av de virkninger tiltakene er forventet å ha. Tiltakenes virkninger vurderes etter hvorvidt de påvirker utbyggers kostnader direkte, og samfunnet. Utbyggers kostnader gjenspeiler samfunnsøkonomisk ressursbruk og inngår også i den samlede samfunnsøkonomiske vurderingen, så hensikten med dette skillet er å synliggjøre hvordan effekten av tiltakene påvirker bedriftsøkonomiske forhold. I dette prosjektet har det kun vært mulig å verdsette noen virkninger. Gjennomgangen av nytte og kostnad skiller dermed på prissatte og ikke-prissatte virkninger. Nytte- og kostnadsvurderingene er dermed strukturert i fire deler:

<sup>31</sup> Norsk Gjenvinning, Ragn-Sells og Lindum

		Kapittel
Virkninger som påvirker utbyggers kostnader	Prissatte virkninger Ikke-prissatte virkninger	4.5
Virkninger som påvirker samfunnet	Prissatte virkninger Ikke-prissatte virkninger	4.6

Oppsettet er laget slik fordi det ikke har vært mulig å innhente nok informasjon til å gi ett samlet nytte-kostnadstall for hver av tiltakene. Resultatene presentert under gir ikke det samlede bildet for utbyggers og samfunnets kostnader – de viser partielle effekter, det vil si at de bør forstås som isolerte effekter fra hver av virkningene for hvert av tiltakene. Avslutningsvis gjør vi en samlet vurdering på grunnlag av alle prissatte- og ikke-prissatte virkninger, samt det samlede kunnskapsgrunnlaget som er innhentet gjennom prosjektet, men bør ikke anses som en «fasit». Det bør betraktes som den samlede samfunnsøkonomiske kostnaden *gitt* kunnskapsgrunnlaget som foreligger og forutsetningene som er gjort.

#### 4.5 Virkninger som påvirker utbyggers kostnader

Etter en grundig gjennomgang av mulige virkninger på utbyggers kostnader, finner vi at tiltakene påvirker seks underkategorier. Dette er kostnader ved:

- prosjektering, det vil si alt som inngår i planleggingen av byggeprosjektet
- innkjøpskostnader, det vil si prisen for byggematerialene
- transport, omfatter transport av materialer til byggeplass, av byggavfall til avfallstjenester og av ombruksmaterialer til lagring, videresalg med mer.

- byggeplass, her inngår alle kostnader knyttet til arbeidet på byggeplassen, som lønnskostnader for byggearbeidere
- administrasjon, som gjelder spesielt for ombrukstiltak, som medfører kvalitetssikring av ombruksmaterialer, lagring og omsetning av ombruksmaterialer med flere.
- kjøp av avfalls- og gjenvinningstjenester

Innkjøpskostnader og kostnadene for kjøp av avfalls- og gjenvinningstjenester er verdsatt i kroner, mens de øvrige er ikke tallfestede virkninger.

##### 4.5.1 Prissatte virkninger

Prissatte virkninger som har betydning for utbyggers inntekter og kostnader er oppsummert i Tabell 4.2. For alle materialene med unntak av glass har vi verdsatt både materialkostnaden og kostnaden ved å levere materialet som byggavfall til avfallstjenester. For glass har vi kun inkludert kostnader for sistnevnte.

Som diskutert i kapittel 4.3.3, er allerede materialgjenninningsgraden av metaller og glass høy, tilnærmet 100 prosent, slik at det ikke er hensiktsmessig å vurdere en marginal økning av materialgjenvinningen av disse materialene.

Slik materialene isolasjon og gips opptrer i bygninger i dag, er disse materialene lite egnet for ombruk, se Kilvær m.fl (2019). Gipsplater blir lett skadet, og isolasjon kan inneholde miljø- og helseskadelige stoffer. Disse materialene må derfor gjennomgå materialgjenvinning for å få de ønskede egenskapene.

##### Materialkostnader

Erichsen & Horgen har innhentet og beregnet generiske kostnader knyttet til typiske byggematerialer: betong, gips, isolasjon, stål, tre og tegl, se vedlegg 1. For de forskjellige materialene, er det ofte flere forskjellige overordnede materialkategorier. For ek-



sempel inneholder materialkategorien «tre» både trestendere, panel og bærende konstruksjoner (Utstøl & Marwig, 2019, s. 3). Kostnadene for hver materialkategori er beregnet ut fra gjennomsnitt av kostnader for ulike typer byggevarer med samme primære materiale.

Ved avfallsminimering og ombruk, spares kostnaden ved å kjøpe inn nytt materiale, mens dette ikke er tilfellet for materialgjenvinning. Ved omsetning av ombruksmaterialer forutsetter vi at selve materialet overtas kostnadsfritt. Kostnadene er imidlertid knyttet til demontering og logistikk som blir nærmere vurdert under ikke-prissatte virkninger. Dette er en

forenkling som muligens medfører at kostnadsbesparelsen ved ombruk er for høyt vurdert.

#### Avfallstjenester

Informasjon om kostnader ved å levere byggavfall til avfallsmottak har vi innhentet fra Norsk Gjenvinning, Ragn-Sells og Lindum (de to sistnevnte kun for trevirke). Kalkulasjonskostnaden som ligger til grunn for trevirke er et gjennomsnitt av prisen ved disse tre. Kalkulasjonskostnaden som ligger til grunn for avfallshåndteringen av glass er et gjennomsnitt av kostnaden for å levere 1 tonn glass med PCB, klorparafiner og glass uten farlige stoffer, basert på tall fra Norsk Gjenvinning. For de øvrige ma-

Tabell 4.2 Prissatte virkninger ved tiltakene. Kr pr tonn materiale (for hhv. innkjøp og avfallsbehandling).

		Tre	Stål	Isolasjon	Glass*	Gips	Betong
Avfallsminimering	materialkost	15 590	24 590	64 450	-	6 990	1 150
	avfallskost	770	- 1 000	1 000	4 500	750	350
	<b>Sum</b>	<b>16 360</b>	<b>23 590</b>	<b>65 450</b>	<b>4 500</b>	<b>7 740</b>	<b>1 500</b>
Lokalt og internt ombruk	materialkost	14 030	22 130	58 010	-	6 290	1 040
	avfallskost	690	- 900	900	4 050	680	320
	<b>Sum</b>	<b>14 720</b>	<b>21 230</b>	<b>58 910</b>	<b>4 050</b>	<b>6 970</b>	<b>1 360</b>
Omsetning av ombruksmaterialer**	materialkost	14 030	22 130		-		1 040
	avfallskost	690	- 900		4 050		320
	<b>Sum</b>	<b>14 720</b>	<b>21 230</b>	<b>Ikke relevant</b>	<b>4 050</b>	<b>Ikke relevant</b>	<b>1 360</b>
Materialgjenvinning	Materialkost	0		0		0	0
	avfallskost	0		0		0	0
	<b>Sum</b>	<b>0</b>	<b>Ikke relevant</b>	<b>0</b>	<b>Ikke relevant</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Note: Positive tall er sparte kostnader, mens negative er tapte inntekter. Resultatene i tabellen er ikke nettoeffekter, siden de kun viser kostnadseffekter for prissatte virkninger, og det er mange virkninger vi ikke har kunnet verdsette.

\* For glass har vi ikke tilgang på materialkostnad, kun kostnad for å levere til avfallshåndtering.

\*\* Ved salg av ombruksmaterialer fra et rehabiliterings- eller riveprosjekt vil utbygger kunne få betalt for ombruksmaterialet. Dette er ikke medberegnet i tabellen. Besparelsen i materialkostnad tilfaller den som ombruker materialet, hvor vi har antatt at selve materialet overtas kostnadsfritt, kostnader knyttet til demontering mv. behandles under ikke-prissatte virkninger.

Kilde: Erichsen & Horgen (2019), Norsk gjenvinning, Ragn-Sells, Lindum

materialene er kostnadene også innhentet fra Norsk Gjenvinning. Utbygger får betalt for å levere stål til avfallshåndtering, mens for de øvrige materialene vurdert her medfører det en kostnad.

Kostnaden for avfalls- og gjenvinningstjenester spares ved avfallsminimering og ombruk (både lokalt og salg av ombruksvarer), mens for materialgjenvinning er dette ikke tilfellet.

#### Vurdering av prissatte virkninger

Avfallsminimering og ombrukstiltakene sparer utbyggerne både for innkjøp av materialer og kostnaden ved å levere 1 tonn materiale til avfallshåndtering. Ved avfallsminimering og lokalt/internt ombruk vil utbyggeren redusere kostnader ved mindre innkjøp av nye materialer og begrenset behov for avfallshåndteringstjenester. Ved omsetning av ombruksmaterialer, vil besparelsen av å kjøpe inn nytt materiale tilfalle utbygger som kjøper ombruksmaterialet, mens besparelsen fra å unngå å levere materialet til avfallshåndtering tilfaller utbygger som selger ombruksmaterialet. For de to effektene, materialkostnad og kostnad ved avfallshåndtering, tilsvarende de sparte ressursene for samfunnet det samme som for lokalt og internt ombruk. Ved salg av ombruksmaterialer vil utbygger som selger kunne få betalt for ombruksvaren. Som tidligere diskutert, er det ikke et etablert, effektivt marked for ombruksvarer, noe som også innebærer at det er vanskelig å finne markedspriser for omsetning av ombruksvarer til bygg. Dette er dermed ikke medberegnet i de prissatte virkningene. Ettersom vi antar at utnyttelsesgraden ved ombrukstiltakene er 90 prosent, vil disse gi 10 prosent lavere besparelser i

produktkostnader og kjøp av avfallstjenester relativt til avfallsminimering.

Vi ser av Tabell 4.2 at avfallsminimering og deretter ombruk er de mest bedriftsøkonomisk lønnsomme tiltakene for materialene isolasjon, stål og tre. Betong er minst lønnsomt, men fremdeles lønnsomt. Kostnadsbesparelsene for glass vil være høyere enn rapportert i tabellen, da materialkostnaden for glass ikke er medberegnet.<sup>32</sup>

Ved materialgjenvinning spares ikke kostnadene ved innkjøp av materialet, ettersom materialene som sendes til materialgjenvinning nødvendigvis kommer fra byggeplassen. Basert på informasjon fra avfallshåndteringsvirksomhetene vi har vært i kontakt med, vil utbygger som leverer tre- og gipsavfall normalt betale det samme, uavhengig av om materialet til slutt går til energigjenvinning, materialgjenvinning eller deponi. For trevirke, betong, gips og isolasjon er ikke markedet «modent» for materialgjenvinning. Virksomheter som tilbyr materialgjenvinning av disse materialene, er relativt nye anlegg eller i form av forprosjekter. Signaler fra avfallsvirksomheter tyder samtidig på at det er et ønske om å utvikle marked for materialgjenvinning av disse materialene, og det er tro på at materialgjenvinning kan bli mer etterspurt og lønnsomt etter hvert. Samtidig vil det si at det for isolasjon og betong ikke er etablerte markedspriser for levering til materialgjenvinning. For alle materialene som er kandidater for materialgjenvinning, har vi antatt at det for utbygger ikke er noen endring i kostnaden ved å levere til avfallshåndteringsvirksomhetene. Av virkningene verdsatt her, medfører ikke material-

<sup>32</sup> Vi har ikke lyktes å finne materialkostnad for glass.

gjenvinning noen endring i inntekter og kostnader for utbygger.

#### Totaleffekter er forskjellige fra marginaleffekter

Samtidig er det viktig å bemerke at materialene sammenlignes på grunnlag av endringer i 1 tonn, noe som er en «kunstig» sammenligning ettersom de forskjellige materialkategoriene opptrer normalt i forskjellige mengder i et byggeprosjekt. For eksempel vil det i et boligbygg som regel være betydelig større mengder treverk enn glass og isolasjon, målt i vekt.

Statistikk for genererte mengder avfall etter materialkategori og type tiltak (nybygg, rehabilitering og riving) ble presentert i kapittel 2.4. Dette gir oss informasjon om gjennomsnittlige prosentvise mengder avfall som genereres av hvert materiale i byggeprosjekter. Prosentvist bidrag til totalt avfall generert etter materialkategori og byggetiltak er presentert i Tabell 4.3. Dette gir en pekepinn på hvordan de marginale kostnadseffektene (i 1 tonn per materialkategori) påvirker utbyggeres kostnader totalt sett. Denne statistikken gir ikke egne tall for isolasjon.

Over fant vi at avfallstiltakene marginalt sett er mindre lønnsomme for betong enn for de øvrige materialkategoriene (med unntak av ved salg av over-

skuddsmaterialer). Samtidig utgjør betong<sup>33</sup> en høy andel av den samlede avfallsmengden ved alle byggetiltak. Det samme gjelder for trevirke ved nybygg og rehabilitering. For utbygger vil det samlet sett kunne være mer å hente på å iverksette tiltak for å redusere avfallsmengden og øke ombruken av betong og tre enn av for eksempel glass.

#### Oppsummering

For materialkostnader og kostnader knyttet til kjøp av avfalls- og gjenvinningstjenester, har avfallsminimering og deretter ombrukstiltakene størst positiv effekt for utbyggeres kostnader. Per tonn av materialene, er spart kostnad høyest for isolasjon, stål og tre, som vist i Tabell 4.2. Samtidig utgjør betong og tre en større del av den samlede avfallsmengden. Generelt kan dermed reduksjon av betong- og treavfall, og økt ombruk av betong og tre, ha større positiv effekt for utbyggeres kostnader totalt sett.

#### 4.5.2 Ikke-prissatte virkninger

Her gjennomgås virkninger som ikke har vært mulige å verdsette, og som direkte påvirker utbyggeres kostnader. Disse virkningene er også vanskelige å tilskrive marginale endring for hvert enkelt materiale. For eksempel har vi ikke nok informasjon til å kunne finne ut om prosjekteringskostnaden øker

Tabell 4.3 Andel generert byggavfall etter materialkategori av total mengde generert byggavfall basert på erfaringstall for mengder generert avfall i 2017.

	Nybygg	Rehabilitering	Riving
Treavfall	17 %	19 %	6 %
Glass	0 %	1 %	0 %
Metall	4 %	6 %	6 %
Gips	7 %	4 %	1 %
Tegl og betong mfl.	17 %	31 %	59 %
Resterende	54 %	39 %	28 %
<b>Totalt</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Note: Isolasjon angis ikke som en egen materialkategori i statistikken, denne inngår i «resterende».

Kilde: SSB statistikkbanken, tabell 09247

<sup>33</sup> i statistikken angitt som tegl, betong og tyngre bygningsmaterialer

med X kroner dersom mengden treavfall reduseres med 1 tonn.

Betydningen av virkningene fra hvert tiltak er synliggjort ved hjelp av pluss og minus når det gjelder hvorvidt virkningen har en positiv eller negativ betydning på utbyggers kostnader (Tabell 4.4). På samme måte som med pluss-minus-metoden, benyttes inntil fire plusser for svært stor positiv betydning, og inntil fire minuser for svært negativ betydning, mens null angis når tiltaket ikke vurderes å ha noen virkning utover nullalternativet (som er å ikke redusere avfallet med 1 tonn, eller øke ombruk eller materialgjenvinning med 1 tonn). Vi vil likevel ikke kalle dette pluss-minus-metode – den fordrer en mer omfattende vurdering av samfunnsøkonomiske positive og negative betydninger og omfang. Det anses som ikke hensiktsmessig og lite egnet å bruke metoden for de direkte virkningene for utbyggers inntekter og utgifter. Pluss-minus-metoden fordrer også at omfang, i tillegg til betydning, vurderes med plusser og minuser. Vi har for lite informasjon om for eksempel hva som er omfanget av endrede prosjekteringskostnader, og hvordan det vil påvirke i et samfunnsøkonomisk perspektiv. Tabell 4.4 oppsummerer de økonomiske vurderingene av tiltakene for utbyggers kostnader.

Som beskrevet tidligere, skiller vi på lokalt ombruk, internt ombruk og salg av ombruksvarer. Med lokalt

ombruk menes ombruk av byggevarer og -elementer som tas ut fra det eksisterende bygget som rehabiliteres, og brukes på nytt i samme bygg. Ombruk som tiltak i denne sammenhengen inkluderer ikke «ombruk» av selve bygningskroppen – dette er rehabilitering/transformasjon av bygget og ikke ombruk. Med internt ombruk menes at samme utbygger tar ut byggematerialer fra et rehabiliterings- eller riveprosjekt, og ombruker dette i et annet byggeprosjekt/på en annen byggeplass. Med salg av ombruksvarer menes salg av byggematerialer som ellers ville blitt sendt til avfallsbehandling/gjenvinning.

#### Prosjektering

Endrede prosjekteringskostnader og byggekostnader er virkninger som ikke har vært mulig å verdsette gitt denne analysens ramme. Informasjon fra aktører i næringen tyder på at tiltak for å redusere avfallet medfører noe økte prosjekteringskostnader inntil den nye prosessen er innarbeidet og effektivisert, det vil si at det medfører en omstillingskostnad, mens på sikt vil merkostnaden bli null. I analysen legger vi til grunn av tiltakene er nye når de innføres, slik at merkostnaden er med i den samfunnsøkonomiske vurderingen.

Fra Entra har vi fått informasjon om at omfattende pilotombruksprosjekter som inkluderer lokalt ombruk (det vil si ombruk av materialer og elementer i det eksisterende prosjektbygget), kjøp av ombruks-

Tabell 4.4 Tiltakene og medfølgende virkningenes betydning for utbyggers inntekter og kostnader. Gjelder for alle materialkategorier.

	<b>Avfalls-minimering</b>	<b>Lokalt ombruk</b>	<b>Internt ombruk</b>	<b>Salg av ombruksmaterialer</b>	<b>Materialgjenvinning</b>
<b>Prosjektering</b>	-	--	--	--	0
<b>Transport</b>	+	+	-	-	0(-)
<b>Byggeplassen</b>	+	--	--	--	-
<b>Administrasjon m.m.</b>	0	-	--	---	0(-)

varer og bruk av ombruksvarer som byggherre selv har fra andre prosjekter, erfaringsmessig har en økt kostnad tilsvarende 150 prosent (det vil si at kostnadene øker med to og en halv gang) for hele prosjektet. Dette tyder på at ombruk medfører en svært høy merkostnad ved prosjektering og bygging. Samtidig er ombruksprosjekter svært forskjellige, blant annet i omfang, noe som gjør det lite hensiktsmessig å verdsette i kroner.

Det vurderes at både avfallsminimering og ombruk medfører økte prosjekteringskostnader, men betydningen av dette er større for ombruk enn for avfallsminimering.

#### Transport

Ved avfallsminimering og lokalt ombruk spares transport av byggematerialer som ellers ville blitt kjøpt inn og måttet blitt transportert til byggeplassen. Ved salg av ombruksmaterialer kan det medføre mellomlagring og transport av ombruksmaterialene.

For trevirke, betong, gips og isolasjon er ikke markedet «modent» for materialgjenvinning fordi aktørene som tilbyr dette er få, eller i utprøvningsfasen. For mange byggeprosjekter som har geografisk stor avstand til materialgjenningsanlegg av disse materialene, vil det medføre økte transporteringskostnader.

#### Byggeplassen

Gitt at tiltakene for avfallsminimering innebærer en bedre planlegging av byggeprosessen, blant annet ved utstrakt bruk av detaljprosjektering og skreddersøm som gir færre tilpasninger på byggeplassen, bør kostnader knyttet til selve byggingen gå ned.

Dersom utbygger skal gjøre tiltak for å øke materialgjenvinningen, kan det innebære økt sorteringsinnsats på byggeplassen, og at materialer som kan for-

ringes i kvalitet som følge av fukt og annet må oppbevares slik at dette ikke skjer.

#### Administrasjon m.m.

Både lokalt ombruk og salg av ombruksmaterialer kan medføre økte kostnader til administrasjon (i form av å finne en kjøper, sikre kvaliteter/dokumentere egenskapene til ombruksmaterialene osv.), lagring og transport. Det vurderes at betydningen er noe høyere ved salg av ombruksvarer enn ved lokalt ombruk.

Økt materialgjenvinning er i hovedsak tiltak som ligger hos avfallsbehandlingstjenestene. I den grad utbygger gjør tiltak for økt materialgjenvinning, innebærer det en økt innsats på byggeplassen som beskrevet over, og at det benyttes avfallstjenester som tilbyr materialgjenvinning av materialet. Det kan medføre noen administrasjonskostnader å finne en leverandør av avfallstjenestene som gjør dette, og endrede transportkostnader ettersom materialgjenningsanlegget kan være nærmere eller lenger unna.

#### Oppsummering

For de ikke-prissatte virkningene diskutert over, vurderes det at avfallsminimering er tiltaket som fra utbyggers perspektiv bør være mest attraktivt og ser ut til å være den «lavhengende frukten» av tiltakene. Ombruk vurderes å ha en risiko for å kunne være svært kostnadsdrivende, og lite attraktivt i et bedriftsøkonomisk perspektiv.

## 4.6 Virkninger som påvirker samfunnet

Tiltakene påvirker samfunnets nytte og kostnad hovedsakelig på to måter:

- Klimagassutslipp
- Helse- og miljømessige konsekvenser
  - Støy
  - Luftforurensning

Tiltakene har som virkning at de endrer mengden av klimagassutslipp. Klimagassutslipp har stor betydning for samfunnet ved at det forårsaker klimaendringer i form av global oppvarming, som innebærer en kostnad for verdenssamfunnet, se NOU (2012, s. 120). Når denne kostnaden ikke inngår i utslipperens beslutninger, altså ikke er priset i markedet, representerer utslippene en global eksterne-litet (s. 120). Endret klimagassutslipp er så langt det er mulig verdsatt i denne analysen.

Tiltakene kan også påvirke helse- og miljø gjennom blant annet endret transport til og fra byggeplass. Tiltak som kan medføre redusert transport, vil redusere støy rundt byggeplassen og øvrige utslipp/påvirkning fra transport som ikke er klimagassutslipp, for eksempel svevestøv. Helse- og miljømessige konsekvenser er av betydning for samfunnet gjennom at støy og luftforurensning påvirker folks helse og trivsel. Ettersom det ikke har vært mulig å kvantifisere endringer i støy og luftforurensning som følge av tiltakene, har det heller ikke vært mulig å tallfeste de helse- og miljømessige konsekvensene. Disse vil derfor vurderes kvalitativt. Helse- og miljømessige konsekvenser er lokale effekter, i motsetning til klimagassutslipp. Dette følger av at for eksempel redusert støy har en effekt for mennesker som er utsatt for støyen. Redusert uttak av råvarer og redusert produksjon av materialer kan også ha positive miljømessige effekter lokalt avhengig av hvordan og hvor disse prosessene gjennomføres. Noen av disse effektene vil i tillegg komme i andre land, men siden en samfunnsøkonomisk analyse begrenser seg til effekter i Norge har vi sett bort fra disse i denne analysen.

#### 4.6.1 Klimagassutslipp

Tiltakene påvirker klimagassutslipp i produksjon av byggeprodukter (inkluderer råvarer, transport og produksjonen), transport, bygge- og monteringsar-

beid, riving/demontering og avfalls/gjenvinningsbehandling.

Erichsen & Horgen har innhentet og beregnet gjennomsnittsverdier av klimagassutslipp for hver materialtype basert på generiske data og hovedsakelig tall for norske leverandører, med mindre det ikke finnes for den materialtypen. Denne informasjonen har vi for materialene betong, gips, glass, isolasjon, stål, tre og tegl. Vi har differensierte klimabidrag for hvert av materialene etter kilde: råvarer, transport og produksjon, byggeplasstransport, bygge- og monteringsarbeid, vedlikehold og utskiftning, riving og avfallsbehandling og effekter utover systemgrensen. Klimagasseffekter fra riving og avfallsbehandling er angitt samlet, men Erichsen & Horgen oppgir at utslippene fra riving og avfallsbehandling i all hovedsak er knyttet til transport og avfallsbehandling, og ikke riving. Effekter utover systemgrensen er for eksempel klimagassgevinsten (eller -tapet) ved å produsere nye materialer fra gjenvunnet heller enn jomfruelig materiale. For dette benyttes data fra Norsk Gjenvinning, ettersom vi der har data for alle materialer. Fra Norsk Gjenvinning har vi fått informasjon om sparte CO<sub>2</sub>-utslipp ved materialgjenvinning relativt til å benytte jomfruelig produsert materiale.

For å verdsette klimagassutslipp, multipliseres endringen i klimagassutslipp med kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp. Det er ikke opplagt hvilken kalkulasjonspris som bør brukes for klimagassutslipp.

Førende for verdsetting av virkninger er Finansdepartementets rundskriv R-109/14: Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv. (2014), som anbefaler at markedspris skal benyttes når det foreligger. Virkninger som ikke har markedspris, skal verdsettes ved hjelp av andre metoder eller synliggjøres og være med i vurderingen av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten. Det finnes dog flere markedspriser for klima-



gassutslipp, hvorav de mest relevante i norsk sammenheng er EUs kvotesystem for klimagassutslipp og den norske CO<sub>2</sub>-avgiften.

Hagen-utvalget er siste offentlige gjennomgang av rammeverket for samfunnsøkonomiske analyser. Utvalgets anbefaling for kalkulasjonspris for klimagassutslipp er at EUs kvotepriser bør legges til grunn for årene det foreligger (NOU 2012: 16, 2012, s. 139).

Multiconsult har analysert de samfunnsmessige ringvirkningene av Hywind Tampen havvindpark i oppdrag for Equinor (Multiconsult, 2019). De legger Hagen-utvalgets anbefalinger til grunn, og forutsetter at CO<sub>2</sub>-avgiften sammen med kvoteprisen i EU ETS gir skyggeprisen<sup>34</sup> for norske myndigheters mål for nasjonale klimagassutslipp.

Gjennomsnittlig pris for EU ETS (EUs klimagasskvoter) fra 1. januar 2019 til 16. desember 2019 er 24,7 euro per tonn CO<sub>2</sub> (Markets Insiders, 2019). I norske kroner blir dette 243 kroner per tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.<sup>35</sup> Den generelle avgiften på utslipp av klimagasser er 508 kroner per tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2019.<sup>36</sup> Antatt skyggepris for utslipp av klimagasser blir da 751 kroner per tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, etter samme oppsett som i Multiconsult (2019).

I dag er klimagassbidraget ofte internalisert i innkjøpsprisen av byggematerialer gjennom EUs kvotesystem eller den norske CO<sub>2</sub>-avgiften. Over 80 prosent av Norges samlede klimagassutslipp er ilagt avgift eller kvoteplikt (Finansdepartementet, 2019, s. 142). Når produksjonen av produkter er un-

derlagt klimagasskvote- og/eller CO<sub>2</sub>-avgiftssystemet, er klimagassbidraget som knyttes til produksjonen av produktet allerede internalisert i prisen for produktet. Norge er underlagt EUs kvotesystem for utslipp av klimagasser som omfatter hovedsakelig petroleumsvirksomheten, industri og luftfart.<sup>37</sup> Siden produksjon av de fleste byggematerialer, som metaller, trevirke, glass med flere, er kvotepliktige aktiviteter, antar vi i hovedalternativet at kvoteprisen for klimagassutslipp er internalisert i prisen på byggeproduktet.

De norske CO<sub>2</sub>-avgiften priser utslipp av fossilt karbon, og omfatter hovedsakelig mineralske produkter (som bensin og naturgass), petroleumsvirksomheten på kontinentalsokkelen og innenriks luftfart. Petroleumsvirksomhet, innenriks luftfart og bruk av naturgass i kvotepliktig industri er både underlagt EUs kvotesystem og den norske CO<sub>2</sub>-avgiften. Klimagassutslipp fra avfallsdeponier og -forbrenning er hverken omfattet av kvotesystemet eller CO<sub>2</sub>-avgiften (Finansdepartementet, 2019, ss. 145-6).

For byggematerialer som er produsert i Norge eller EU kan vi derfor anta at CO<sub>2</sub>-utslippene i denne produksjonen er internalisert i prisen. For materialer som er produsert i andre land, og for råvarer som er utvunnet i andre land, er det imidlertid mer usikkert om CO<sub>2</sub>-utslippene er internalisert gjennom avgifter e.lign. Vi har imidlertid ikke noen oversikt over hvor stor andel av byggematerialene som er importert fra land uten slike avgifter eller kvotesystem.

Dette innebærer at noen byggematerialer har internalisert både CO<sub>2</sub>-avgiften og kvoteprisen i prisen

<sup>34</sup> Skyggeprisen er den samfunnsøkonomiske prisen, som tar høyde for eksternaliteter (det vil si virkninger som ikke er priset i markedet/innregnet i markedsprisen for et gode).

<sup>35</sup> Beregnet fra gjennomsnittlig månedlig valutakurs de siste 12 månedene rapportert av Norges Bank: <https://www.norges-bank.no/tema/Statistikk/Valutakurser/?tab=currency&id=EUR>

<sup>36</sup> Se for eksempel [https://www.regjeringen.no/contentassets/e1ebc66904094926b9d42177fcb2e4e/faktaark\\_endringer\\_co2-avgiften.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/e1ebc66904094926b9d42177fcb2e4e/faktaark_endringer_co2-avgiften.pdf)

<sup>37</sup> Se for eksempel <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/klimakvoter/>

for produktet, andre kun en av dem, og noen har muligens hverken avgift eller kvote internalisert i prisen. Det samme gjelder for de øvrige kildene til klimagassutslipp dersom utslippene er forårsaket av for eksempel forbruk av fossile brensler, som ved at en anleggsmaskin bruker diesel (med unntak av klimagassutslipp fra avfallsdeponier og -forbrenning) som hverken er omfattet av kvotesystemet eller CO<sub>2</sub>-avgift. Det er dermed krevende å tallfeste samfunnskostnaden fra endret klimagassutslipp for hvert av materialene, ettersom det er usikkert hvilke klimagassutslipp som allerede er priset i materialkostnaden, og hvilke som ikke er det. Heller synliggjøres endringene i klimagassutslipp, og hva det koster samfunnet isolert sett. Det vil si at kostnadstallene for klimagassutslipp ikke kan legges sammen ved øvrige prissatte virkninger, da det utgjør en risiko for dobbelttelling.

Tabell 4.5 sammenstiller endring i klimagassutslipp for hvert tiltak etter forskjellige materialkategorier over byggets livsløp. Siden vi kun vurderer konsekvenser av tiltakene i tiltaksåret, vil ikke alle kilder til klimagassutslipp fra en LCA-tilnærming være relevante. For tiltak som reduserer mengden avfall med ett tonn ved nybygg, er klimagassutslipp forbundet med riving ikke relevant. Klimagassutslipp fra vedlikehold og utskiftning over byggets levetid er heller ikke relevant for noen av tiltakene.

Der vi har tall for hvor mye klimagassutslippet endres i forhold til nullalternativet, er dette angitt. Dataene for klimagassutslipp angir hva som ville skjedd dersom materialene blir produsert, tatt inn på byggeplass, og blir avfall. Derfor vil alle virkninger som innebærer at steg i materialkretsløpet unngås, innebære at det fulle klimagassutslippet fra dette steget blir spart. I disse tilfellene har vi dermed data for redusert klimagassutslipp. Dette er tilfellet for alle kilder til klimagassutslipp gjennom byggets levetid for avfallsreduksjon. Dette er også tilfellet for lokalt ombruk med klimagassutslipp fra uttak av rå-

varer, transport og produksjon og byggeplasstransport, og fra råvarer, transport og produksjon for de øvrige ombrukstiltakene. For ombrukstiltakene har vi antatt at utnyttelsesgraden er 90 prosent, altså at det er et svinn på 10 prosent (jf. kapittel 4.3.2). De *tallfestede* endringene i klimagassutslipp er verdsatt ved hjelp av kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp.

Der vi ikke har mulighet til å tallfeste endringen i klimagassutslipp, men kan angi hvorvidt klimagassutslippene spares, økes eller er uendret (0) relativt til nullalternativet, er dette angitt. Effekten av de ikke tallfestede endringene vil naturligvis ikke være inkludert i summeringen av klimagasseffekter. Det er dermed viktig å være oppmerksom på at de ikke tallfestede klimagasseffektene må sees i sammenheng med/vurderes på lik linje med de summerte effektene.

Tabell 4.5 viser at avfallsminimering isolert sett har størst positiv effekt for å redusere klimagassutslipp. Det følger av at avfallsminimering sparer klimagassutslipp fra alle steg i materialkretsløpet (klimagassutslipp fra riving/demontering er ikke relevant i sammenheng med avfallsminimering ved nybygg).

Ved ombruk er det usikkert hva den samlede klimagasseffekten er, siden ombrukstiltakene reduserer klimagassutslipp fra noen kilder, mens den øker for andre. For eksempel vurderes det at ombruks-tiltakene øker klimagassutslipp fra riving/demontering ettersom det er mer ressurskrevende å demontere for ombruk. For internt ombruk og omsetning for ombruksmaterialer innebærer det at byggeplasstransport både kan øke, være uendret eller reduseres, alt avhengig av om ombruksvarene som transporteres fra ett byggeprosjekt til et annet transporteres lengre, like langt eller kortere enn dersom det ble kjøpt nye byggematerialer. Samtidig ser vi at det største klimabidraget ligger i uttak av råvarer, produksjon og transport, som er klimagassutslipp som

spares ved alle ombrukstiltak. Det betyr at ombruk sannsynligvis samlet sett for effektene i Tabell 4.5 bidrar til å redusere klimagassbidraget relativt til nullalternativet. Reduksjonen i klimagassutslipp er likevel høyere ved avfallsreduksjon enn ved ombrukstiltakene.

Materialgjenvinning innebærer, i likhet med nullalternativet, at materialet blir produsert, at det er innom byggeplassen, og at det blir til avfall. For-

skjellen fra nullalternativet, er at materialer som blir avfall går til materialgjenvinning heller enn energigjenvinning/deponi. Videre forutsettes det at nye materialer dermed produseres med innslag av gjenvunnet råstoff heller enn av jomfruelige råstoff. Man unngår dermed utslipp i forbindelse med uttak av råvarer i andre rekke (sekundærproduksjon). Klimagasseffekten fra materialgjenvinning innebærer en reduksjon i forhold til nullalternativet, men en reduksjon som er lavere enn for avfallsminimering.

Tabell 4.5 Klimagasseffekter fra tiltakene etter kilde til klimagassutslipp, LCA-data.

		Endret utslipp av klimagasser gjennom byggets livsløp som følge av tiltakene. kg CO <sub>2</sub> -ekvivalent/tonn materiale				
		Råvarer, transport og produksjon	Byggeplass- transport	Bygge- og monte- ringsarbeid	Riving, demontering	Avfalls- behandling
Betong	Avfallsreduksjon	-132	redusert	reduseres	-	redusert
	Lokalt ombruk	-119	redusert	øker	øker	redusert
	Internt/omsatt ombruk	-119	endret utslipp**	øker	øker	redusert
	Materialgjenvinning	-	-	-	-	Endret utslipp*
Gips	Avfallsreduksjon	-250	-3	-33	-	-13
	Lokalt ombruk	-225	-3	øker	øker	-12
	Internt/omsatt ombruk	-225	endret utslipp**	øker	øker	-12
	Materialgjenvinning	-	-	-	-	Endret utslipp*
Glass	Avfallsreduksjon	-467	-2	-5	-	-24
	Lokalt ombruk	-420	-2	øker	øker	-22
	Internt/omsatt ombruk	-420	endret utslipp**	øker	øker	-22
Isolasjon	Avfallsreduksjon	-1 677	-4	-94	-	-34
	Lokalt ombruk	-1 509	-4	øker	øker	-31
	Internt/omsatt ombruk	-1 509	endret utslipp**	øker	øker	-31
	Materialgjenvinning	-	-	-	-	Endret utslipp*
Stål	Avfallsreduksjon	-1 973	-4	-69	-	-8
	Lokalt ombruk	-1 776	-4	øker	øker	-7
	Internt/omsatt ombruk	-1 766	endret utslipp**	øker	øker	-7
Tre	Avfallsreduksjon	-196	-5	-52	-	-90
	Lokalt ombruk	-176	-5	øker	øker	-81
	Internt/omsatt ombruk	-176	endret utslipp**	øker	øker	-81
	Materialgjenvinning	-	-	-	-	Endret utslipp*

Note: Materialgjenvinning av glass og stål er ikke relevant da graden av materialgjenvinning for disse er tilnærmet 100 prosent i dag. Omsetning av ombruksvarer er ikke relevant for gips og isolasjon. Derfor er disse ikke med i tabellen.

\* Det er uvisst om økt materialgjenvinning vil medføre netto økning eller reduksjon av klimagassutslipp fra avfallsbehandling.

\*\* Internt ombruk og omsetning av ombruksmaterialer kan innebære mer byggeplasstransport dersom ombruksmaterialene må transporteres lengre enn dersom det ble kjøpt nye materialer, men det kan også være likt eller redusert.

Kilde: Erichsen & Horgen (2019)

Klimagassutslipp er for de fleste materialer høyere ved produksjon med jomfruelige råvarer enn sekundærproduksjon (med gjenvunnet materiale). Hillman m.fl. (2015) ser på effekten på utslipp av klimagasser ved materialgjenvinning av enkelte materialer, og finner at gevinsten i form av reduserte utslipp sammenlignet med primærproduksjon ligger mellom 25 og 95 prosent. Gevinsten er størst for aluminium, hvor primærproduksjon genererer 11 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter pr tonn, mens sekundærproduksjon kun genererer 0,4 kg. Hillman m.fl. (2015) inkluderer ikke de materialtyper vi ser på i denne rapporten, med unntak av stål hvor gevinsten er 87 prosent (tilsvarende 2 100 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter pr tonn produsert), men det er allikevel sannsynlig at sekundærproduksjon gir en klimagevinst sammenlignet med primærproduksjon også om størrelsen på gevinsten er usikker.

Trevirke<sup>38</sup> er det eneste materialet av de som vurderes her som vanligvis går til energigjenvinning (se Figur 2.5). Alle tiltakene har som virkning at trevirket ikke går til energigjenvinning. Energigjenvinning av trevirke frigjør CO<sub>2</sub>, men dette regnes ofte ikke med i beregningene. Trevirke er et biologisk materiale og en del av naturens kretsloop ved at levende trær binder CO<sub>2</sub>. Frigjøringen av CO<sub>2</sub> fra treverk bidrar i denne analysen ikke til økt CO<sub>2</sub>-nivået i atmosfæren (Rønning, Lyng, & Vold, 2011, ss. 23-4). Vi legger til grunn at CO<sub>2</sub>-utslipp som følge av frigjøring av CO<sub>2</sub> fra trevirket ved energigjenvinning er klimanøytralt.

Like fullt, er det diskutabelt hvorvidt det er riktig å vurdere energigjenvinning av tre som karbonnøytralt. Rønning, Lyng og Vold (2011) påpeker at det er usikkerhet knyttet til opptak og utslipp av CO<sub>2</sub>

i skog, som blant annet avhenger av omløpstiden i skogen (s. 24). Uansett tar det mange tiår før CO<sub>2</sub> frigjort fra energigjenvinning av tre vil bli bundet opp av nye trær. I lys av global oppvarming og viktigheten av å redusere mengden klimagasser i atmosfæren i dag og de kommende årene, kan det argumenteres med at frigjøring av «fornybart CO<sub>2</sub>» også har en samfunnskostnad for de årene CO<sub>2</sub>-et ikke er bundet opp i biologiske materialer. Samtidig jobber flere energigjennvinningsanlegg med å utvikle karbonfangstteknologi, noe som vil kunne permanent ta ut CO<sub>2</sub> fra atmosfæren (Avfall Norge, 2019).

En virkning av at trevirke går til materialgjenvinning heller enn til energigjenvinning, er også (alt annet likt) at mindre energi blir produsert fra trevirke ved energigjennvinningsanlegget. Den «tapte» energien må da dekkkes av andre energikilder. Energi produsert ved energigjennvinningsanlegg går ofte til fjernvarme. I et samfunnsøkonomisk perspektiv er dette da en fordelingseffekt: inntekt fra energigjenvinning av trevirket tapes, mens inntekt fra oppvarming fra andre kilder tjenes, slik at nettoeffekten av disse to effektene isolert sett er lik null.

Hvilken energikilde som erstatter energien fra trevirket, vil ha betydning for klimagassutslipp. Deres samme mengde energi skal leveres, må den erstattes av annen bio- eller fossil energi, energi fra kraftnettet eller annet. Effekten av «tapt» energi fra trevirke, ved at det går til materialgjenvinning istedenfor energigjenvinning, kan være at klimagassutslippet økes dersom energien erstattes av fossile energikilder.

<sup>38</sup> Glass går også i noe grad til energigjenvinning, men dette er en liten andel, det vil si at det ikke er den vanlige utnyttelsen av glassavfall. Ut-

gangspunktet for vurderinger ift nullalternativet er hva materialene vanligvis ville gått til dersom tiltakene ikke ble gjort (jf. Figur 2.5)

#### 4.6.2 Helse- og miljømessige konsekvenser

Støy fra vegtrafikk utgjør et lokalt miljøproblem og kan virke negativt på folks helse, kan skape mistriivsel og oppleves som en plage (Statens vegvesen, 2018, s. 91).

Vegtrafikk medfører også lokal luftforurensning, det vil si utslipp av svevestøv/partikler, noe som kan ha helseskadelig effekt spesielt for de med luftveisproblemer og hjertekarlidelser (Statens vegvesen, 2018, s. 97). Statens vegvesen (2018) finner at mulige helseskadelige effekter fra eksponering av svevestøv kan være forverring av sykdommer som astma, KOLS og hjerte- og karlidelser, kan medføre lungekreft, påvirke nervesystemet, og medføre irritasjon, akutte og kroniske betennelsesreaksjoner og forverring av allergiske tilstander i luftveiene, samt plager og nedsatt trivsel (s. 97).

Tiltak som medfører en marginal reduksjon i transport-«etappene» i materialkretsløpet (Figur 4.2), vil dermed marginalt redusere støy og luftforurensning, som da er en positiv helse- og miljømessig konsekvens relativt til nullalternativet. På samme måte vil tiltak som medfører en marginal økning i transport, medføre en negativ helse- og miljømessig konsekvens.

Ettersom det ikke har vært mulig å kvantifisere endringer i støy og luftforurensning som følge av tiltakene, har det ikke vært mulig å tallfeste de helse-

og miljømessige konsekvensene. Det er i tillegg utfordrende å skulle sette en kalkulasjonspris for støy og luftforurensning som er relevant i denne sammenhengen. For å synliggjøre de helse- og miljømessige konsekvensene fra støy og luftforurensning som følge av tiltakene, benyttes en forenklet pluss-minus-metode på samme måte som i 4.5.2. Mens betydningen av de helse- og miljømessige effektene for samfunnet vurderes å være middels eller stor, vurderes det at omfanget fra en marginal endring er liten. Omfanget er forskjellig for de forskjellige tiltakene.

Avfallsminimering og lokalt ombruk medfører at alle transportsteg i materialkretsløpet spares. Dette medfører en marginal reduksjon i støy fra transport og byggeplassarbeidet tilknyttet materialet. Samlet sett vurderes det at omfanget av de positive helse- og miljømessige effektene er lite, men likevel har de en høyere effekt enn for de øvrige tiltakene.

Ombruk hvor det er nødvendig å transportere ombruksmaterialer til en annen byggeplass (internt ombruk i annet prosjekt og omsetning av ombruksmaterialer) medfører at transportsteg spares på samme måte som for avfallsminimering og lokalt ombruk, men medfører også mer transport ved at ombruksmaterialer må flyttes fra ett byggeprosjekt til et annet. De positive helse- og miljømessige konsekvensene er dermed lavere enn for avfallsminimering og lokalt ombruk.

Ved materialgjenvinning vurderes det at det ikke er noen endring i helse- og miljømessige konsekvenser relativt til nullalternativet. Tiltaket inkluderer transportstegene til byggeplass og fra byggeplass, i likhet med nullalternativet. Dersom alternativet til materialgjenvinning er at materialet deponeres i samme avfallsanlegg som mottar avfallet direkte fra byggeplassen, og materialgjenvinning medfører transport fra mottaksanlegget til et annet material-

Figur 4.3 Helse- og miljømessige konsekvenser

	Støy	Luftforurensning
Avfallsminimering	++	++
Lokalt ombruk	++	++
Internt ombruk	+	+
Omsetning av ombruksmaterialer	+	+
Materialgjenvinning	0	0

gjenvinningsanlegg, vil tiltaket kunne ha en marginal negativ helse- og miljømessig konsekvens.

#### 4.7 Vurdering av lønnsomheten

I kapittel 4.4 har resultater, vurderinger og diskusjoner rundt hvordan tiltakenes virkninger påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten blitt gjennomgått. Det har ikke vært mulig å tallfeste alle virkninger, og det er gjort en forenklet, og ikke en fullstendig samfunnsøkonomisk analyse. En utfordring ved å presentere prissatte tall for noen virkninger, men ikke for alle, er at de prissatte virkningene da vil synliggjøres i langt større grad. Det er imidlertid viktig å påpeke at de ikke-prissatte virkningene er like viktige i den samlede lønnsomhetsvurderingen.

Et annet viktig aspekt ved at noen virkninger er tallfestet i kroner, mens andre vurderes ved hjelp av andre metoder, er at det er utfordrende å sammenstille resultater og vurdere samlet samfunnsøkonomisk lønnsomhet. For noen tiltak er konsekvensen for samfunnsøkonomisk lønnsomhet mer entydige enn for andre.

Resultatene peker i retning av at avfallsminimering både er bedriftsøkonomisk lønnsomt (for utbyggere) og samfunnsøkonomisk lønnsomt, og har høyere lønnsomhet enn de øvrige tiltakene. Ettersom avfallsminimering (gitt antakelser og informasjon som analysen baseres på) er lønnsomt for utbyggere, er det også sannsynlig at tiltakene blir gjennomført ettersom utbyggere lærer om og utvikler prosesser for avfallsminimering.

For både tallfestede og ikke-tallfestede virkninger som påvirker utbyggers kostnader (kapittel 4.5) er en samlet vurdering at ombruks-tiltak ikke vil være lønnsomme for utbygger. En samlet vurdering av klimagasseffekter og helse- og miljømessige konsekvenser av ombruks-tiltak (kapittel 4.6), er at disse mest sannsynlig blir redusert, men det er usikkert i

hvor stor grad. Hvorvidt nytten av reduserte klimagassutslipp og andre miljømessige effekter oppveier de økte kostnadene for utbygger, er imidlertid svært usikkert.

Materialgjenvinning medfører færre endringer relativt til nullalternativet sammenlignet med de øvrige tiltakene. For utbyggers kostnader peker nytte- og kostnadsgjennomgangen på at materialgjenvinning i liten grad påvirker utbyggers kostnader, gitt antakelser og informasjon som ligger til grunn. Dersom tiltaket har en påvirkning på utbyggers kostnader, vurderes det at denne er negativ, men liten. For klimagasseffekter er det også usikkert hvorvidt materialgjenvinning har positiv eller negativ konsekvens, men samlet sett tyder resultatene på at materialgjenvinning kan gi redusert klimagassutslipp. Her vil det være store variasjoner mellom ulike typer av materialer, hvor det for noen er en klar klimagevinst og det for noen er mer usikkert. Materialgjenvinning har sannsynligvis ingen helse- og miljømessige effekter i Norge.

#### 4.8 Usikkerhetsanalyse

En usikkerhetsanalyse benyttes for å sjekke hvorvidt endringer i antakelser vil medføre endring i hvorvidt tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomme eller ei. Dette gjøres for kostnaden for klimagassutslipp.

##### Høyere kostnad ved klimagassutslipp

Som diskutert i kapittel 4.6.1, er det ikke opplagt hvilken kalkulasjonspris som bør legges til grunn ved verdsetting av endret klimagassutslipp, og det er ikke gitt at kalkulasjonsprisen som legges til grunn i hovedalternativet reflekterer den reelle samfunnsøkonomiske kostnaden ved utslipp av klimagasser. Klimaforandringer utgjør en betydelig risiko i fremtiden ettersom det er usikkert hvor alvorlige konsekvensene kan bli. Dette fordrer at det vurderes hvorvidt en høyere kostnad for klimagassutslipp



kan endre resultater fra at et tiltak ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt til at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Avfallsminimering er i hovedalternativet vurdert å være samfunnsøkonomisk lønnsomt, mens lønnsomheten er mer usikker for ombrukstiltak og materialgjenvinning.

Ombrukstiltakene medfører at nye byggeprodukter ikke trenger å bli produsert. Av alle klimagasseffekter gir dette den høyeste klimagassgevinsten, og denne vil være mer lønnsom dersom utslipp av klimagasser vurderes til en høyere kostnad. Samlet sett vil ombruk mest sannsynlig gi en klimagassgevinst. Ved å verdsette denne gevinsten til en høyere pris, kan nytten overveie kostnadene fra ombrukstiltak som påfaller utbyggere. I så fall er ombrukstiltak ikke lønnsomme for utbyggerne, mens de er lønnsomme for samfunnet samlet sett. Det samme gjelder for materialgjenvinning.

det vurderes om utbyggere skal kompenseres for kostnaden de bærer. Samtidig er det ikke mulig å slå fast at ombruk i dag er samfunnsøkonomisk lønnsomt gitt informasjon som har vært tilgjengelig i denne analysen.

#### 4.9 Fordelingseffekter

---

Fordelingseffekter i en samfunnsøkonomisk analyse beskriver hvordan virkningene av tiltakene fordeles seg mellom ulike grupper i samfunnet (DFØ, 2018, s. 145). Dersom nytten av et tiltak tilfaller en eller noen samfunnsgrupper, mens andre grupper må bære (en uforholdsmessig) kostnad, bør dette synliggjøres, og det bør vurderes hvorvidt grupper som nyter godt av et tiltak skal kompensere grupper som bærer kostnadene. Virkningene påvirker hovedsakelig to samfunnsgrupper: utbyggere og samfunnet/befolkningen generelt.

Avfallsminimering er tiltaket som mest sannsynlig er lønnsomt for både utbygger og samfunnet. For ombruks-tiltakene og materialgjenvinning tyder resultatene på at utbygger bærer en kostnad (spesielt ved ombruk), mens nytten tilfaller samfunnet. Dersom samfunnet «ønsker» at tiltakene gjennomføres, bør

## Referanser

- Asplan Viak. (2019). *Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp*. Oppdrag, Byggenæringens Landsforening . Hentet fra [https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp\\_bae\\_2019.pdf](https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf)
- Avfall Norge. (2019, januar 10.). *Flere vil fange CO<sub>2</sub>-utslipp fra forbrenningsanlegg*. Hentet fra Avfall Norge: <https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/flere-vil-fange-co2-utslipp-fra-forbrenningsanlegg>
- DFØ. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Direktoratet for økonomistyring.
- European Panel Federation. (2016). *Annual Report 2015–2016*. European Panel Federation (EPF) Annual General meeting, Venice, Italy 6-8 July 2016.
- Finansdepartementet. (2014). *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv*. Hentet fra [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r\\_109\\_2014.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2014.pdf)
- Finansdepartementet. (2019). *Proposisjon til Storinget (forslag til lovvedtak og stortingsvedtak)*. Prop. 1 LS (2019-2020).
- FutureBuilt. (2019). *FutureBuilt kriterier for sirkulære bygg*. FutureBuilt .
- Hermansen, H., & Haddeland, T. (2011). *Hvor mye energi sender haugesund fra seg i form av avfall?* Hentet fra <https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/bitstream/handle/11250/151901/HermansenHaddeland.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hillman, K., Damgaard, A., Eriksson, O., Jonsson, D., & Fluck, L. (2015). *Climate benefits of material recycling - Inventory of Average Greenhouse Gas Emissions for Denmark, Norway and Sweden* . TemaNord 2015:547. Hentet fra <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:839864/FULLTEXT03.pdf>
- Hoennige, A. (2018). *Identification of distinctive features for cascading wood waste in Eastern Norway. Master Thesis*. National School of Agricultural Sciences and Engineering, Bordeaux Aquitaine, France and Norwegian Institute of Bioeconomy Research.
- Jacobsen, S. (2018). Resirkulering og gjenbruk av betong. *Byggindustrien*(11).
- Jiménes, L. F., Dominquez, J. A., & Vega-Azamar, R. (2018). Carbon Footprint of Recycled Aggregate Concrete. *Advances in Civil Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2018/7949741>
- Kilvær, L., Sunde, O. W., Eid, M. S., Rydningen, O., & Fjeldheim, H. (2019). *Forsvarlig ombruk av byggevarer*. Resirqel.

- Klima- og miljødepartementet. (2017). *Avfall som ressurs - avfallspolitikk og sirkulær økonomi*. Meld. St. 45 (2016-2017). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/4c45f38bddee47a7b7847af108894c0c/no/pdfs/stm201620170045000dddpdfs.pdf>
- Markets Insiders. (2019, 12. 17.). *CO<sub>2</sub> EUROPEAN EMISSION ALLOWANCES IN USD – HISTORICAL PRICES*. Hentet fra Markets Insiders: <https://markets.businessinsider.com/commodities/historical-prices/co2-european-emission-allowances/euro>
- Miljødirektoratet. (2019). *Avfallsplan 2020-2025*. Miljødirektoratet, Rapport M-1582.
- Miljødirektoratet. (2019). *Avfallsplan 2020-2025, Status og planer for avfallshåndtering, inkludert avfallsforebyggingsprogram*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/c6a9a384d90c4af18bfd8458f3167708/avfallsplan-2020-2025.pdf>
- Mujica, H., Velde, E., Engelsen, C. J., & Nodland, M. (2019). Recycled aggregates from two different feedstock materials - applied in ready-mixed concrete. *Proceedings of RILEM Spring Convention*. Croatia.
- Multiconsult. (2019). *Hywind Tampen - Samfunnsmessige ringvirkninger*. Oppdrag. Hentet fra <https://www.equinor.com/content/dam/statoil/documents/impact-assessment/hywind-tampen/equinor-multiconsult-2019-hywind-tampen-samfunnsmessige-ringvirkninger.pdf>
- Naber, N. (2012). *Reuse of hollow core slabs from office buildings to residential buildings*. TU Delft. Master Thesis. . Hentet fra <http://resolver.tudelft.nl/uuid:a04416b7-e8c0-499d-81c7-48c51b5e7fda>
- NHP. (2017). *Handlingsplan 2017 - 2020*. NHP. Hentet fra <http://www.byggemiljo.no/nasjonal-handlingsplan-for-bygg-og-anleggsavfall-2017-2020-nhp4-er-klar/>
- NHP-nettverket. (2016). *Avfallshåndtering på byggeplass*. NHP-nettverket.
- Nordby, A. S., & Wærner, E. R. (2017). *Hvordan planlegge for mindre avfall*. Norwegian Green Building Council (NGBC). Hentet fra [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC\\_veileder\\_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC_veileder_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf)
- NOU 2012: 16. (2012). *Samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Finansdepartementet.
- Rønning, A., Engelsen, C. J., & Brekke, A. (2016). *Materialstrømsanalyse - byggavfall*. NHP-nettverket.
- Rønning, A., Lyng, K.-A., & Vold, M. (2011). *Kunnskapsplattform for beregning av klimabelastning fra bygg og byggematerialer*. Østlandsforskning. Hentet fra <https://www.ostfoldforskning.no/media/1186/0211.pdf>

- Shine, C. (2019). Erfaringer fra å jobbe med et ombruksprosjekt. *Frukostmøte: Erfaringer med sirkulære bygg*. Grønn byggallianse.
- Skogesal, O. (2019). *Statistikk over BA-avfall*. Mepex. Hentet fra <https://innovativeanskaffelser.no/wp-content/uploads/2018/12/nhp-statistikk-ba-avfall-20190123.pdf>
- Standard Norge. (2018). *NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger*. Standard Norge.
- Statens vegvesen. (2018). *Konsekvensanalyser*. Håndbok V712.
- Utstøl, S., & Marwig, A. (2019). *Kostnad og klimagassvurdering av byggevarer*. Erichsen og Horgen.
- Widenoja, E., Myhre, K., & Kilvær, L. (2018). *Ombruk av stål og tilknyttede byggematerialer*. Norsk stålforbund, DP118 .

## Vedlegg Erichsen & Horgen

## NOTAT RIM 01



## KOSTNAD OG KLIMAGASSVURDERING AV BYGGEVARER



## NOTAT RIM 01

<b>Oppdragsnavn:</b> Samfunnsøkonomisk analyse av avfallsminimering fra nybygg, gjenvinning av avfall og ombruk av byggevarer	<b>Dato:</b> 12.12.19
<b>Oppdragsgiver:</b> Samfunnsøkonomisk Analyse	<b>Oppdragsnummer:</b> 014456
<b>Utarbeidet av:</b> Simon Utstøl & Anna Marwig	<b>Dokumentnummer:</b> 01
<b>Sidemannskontroll:</b> Anna Marwig	
<b>Revisjonsnummer:</b>	<b>Revisjonsdato:</b>
<b>Sign:</b>	<b>Sign:</b>
<b>Distribusjon:</b> Marte Frisell, Samfunnsøkonomisk Analyse Mikkel Myhre Walbækken, Samfunnsøkonomisk Analyse	

## INNHOLDSFORTEGNELSE

1. OPPDRAGSBESKRIVELSE .....	3
2. METODE OG FORUTSETNINGER .....	3
2.1 Klimagassutslipp .....	3
2.2 Kostnader.....	3
2.3 Materialkategorier .....	3
3. RESULTAT .....	4
VEDLEGG 1 KLIMAGASSUTSLIPP LIVSLØP .....	5
VEDLEGG 2 DATAGRUNNLAG KLIMAGASSBEREGNING .....	6
VEDLEGG 3 DATAGRUNNLAG KOSTNADSBEREGNING .....	9

## 1. OPPDRAGSBESKRIVELSE

Erichsen & Horgen har på oppdrag fra Samfunnsøkonomisk Analyse foretatt en vurdering av klimagassutslipp og kostnader knyttet til materialkategoriene betong, stål, gips, trevirke, isolasjon, glass<sup>1</sup> og tegl.

## 2. METODE OG FORUTSETNINGER

### 2.1 Klimagassutslipp

Klimagassutslipp knyttet til materialkategorier er hentet fra miljøprogramvaren One Click LCA<sup>2</sup>. For alle materialkategoriene er materialer valgt ut etter følgende prioriterte rekkefølge:

1. Generiske data for Norge (e.g. bransjestandard Norsk Betongforening og Treindustrien)
2. Miljødeklarasjoner for spesifikke norske leverandører
3. Øvrige data fra Norden/ Nord-Europa (e.g. tegl)

Generiske data er prioritert ettersom disse representerer typiske verdier for materialtypen. Norske leverandører er prioritert ettersom resultatene skal reflektere det norske markedet. Øvrige data er inkludert dersom ikke data innenfor 1 og 2 over var tilgjengelig.

Klimagassutslipp gjennom materialets livsløp fra råvareuttak til avfallsbehandling og avhending fordeles iht. NS 15804 *Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer* i moduler (A-D). Systemgrensen A1-A3: Produktstadiet omfatter utvinning av råvarer, transport og produksjon og er påkrevd i miljødeklarasjoner for å samsvare med NS 15804.

Denne vurderingen er basert på A1-A3: Produktstadiet. Utslippene fra det fullstendige livsløpet er inkludert i Vedlegg 1.

### 2.2 Kostnader

Kostnader knyttet til materialkategoriene er beregnet ved å hente ut kostnader for representative elementer (materialer) i prisregister (2017) fra programvaren ISY Calcus<sup>3</sup>. Kostnadene inkluderer kun selve materialkostnadene (ikke monteringsarbeid). Kostnadene er presentert per tonn.

### 2.3 Materialkategorier

For å fremstille en representativ gjennomsnittlig verdi av klimagassutslipp for typiske overordnede materialekategorier i bygg er det valgt ut ulike typer byggevarer med samme primære materiale. E.g. inneholder materialkategorien 'Tre' både trestendere, panel og bærende konstruksjoner. For isolasjon og stål er det i tillegg benyttet underkategorier. Uttrekket av materialer innenfor de ulike materialkategoriene er deretter matchet mot et tilsvarende (men

---

<sup>1</sup> Kun klimagassutslipp

<sup>2</sup> Versjon 7.6

<sup>3</sup> Versjon 7.4.4

ikke identisk uttrekk) fra ISY Calcus. Datagrunnlaget for beregningen av klimagassutslipp og kostnader er inkludert i hhv. Vedlegg 2 og Vedlegg 3.

### 3. RESULTAT

Gjennomsnittsverdier av klimagassutslipp (i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter) og kostnader (i NOK) for ett tonn av den enkelte materialkategori er vist i Tabell 1. Klimagassutslippene omfatter systemgrensen A1-A3 (vugge til port).

Tabell 1 Klimagassutslipp og materialkostnad for ulike materialkategorier og underkategorier. Verdiene representerer gjennomsnittet av flere materialer innen samme kategori.

	Klimagassutslipp (kg CO <sub>2</sub> -ekv./tonn)	Materialkostnad (kroner/tonn)
<b>Betong</b>	<b>132</b>	<b>1 153</b>
<b>Gips</b>	<b>250</b>	<b>6 991</b>
<b>Glass</b>	<b>467</b>	
<b>Isolasjon</b>	<b>1 677</b>	<b>64 454</b>
EPS	4 148	69 413
Mineralull	831	47 041
XPS	3 504	103 777
<b>Stål</b>	<b>1 973</b>	<b>24 593</b>
Armering	1 089	17 896
Stålprofiler	2 238	31 290
<b>Tegl</b>	<b>58</b>	<b>6 712</b>
<b>Tre</b>	<b>196</b>	<b>15 588</b>

## VEDLEGG 1 KLIMAGASSUTSLIPP LIVSLØP

Klimagassutslipp (kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter/tonn) gjennom livsløp av et bygg (60 år) for ulike materialkategorier.

Materialkategori	Råvarer, transport og produksjon A1-A3	Byggeplasstransport A4	Bygge- og monteringsarbeid A5	Vedlikehold og utdiftingning B4-B5	Riving og avfallsbehandling C1-C4	Effekter utover systemgrensen D	Total
<b>Betong</b>	<b>132</b>						<b>132</b>
<b>Isolasjon</b>	<b>1 677</b>	<b>4</b>	<b>94</b>		<b>34</b>		<b>1 810</b>
EPS	4 148	7	167		29		4 350
Mineralull	831	3	70		38		942
XPS	3 504	7	141		14		3 665
<b>Stål</b>	<b>1 973</b>	<b>4</b>	<b>69</b>		<b>8</b>	<b>-744</b>	<b>1 310</b>
Armering	1 089	4	53		8	-431	724
Stålprofiler	2 238	4	74		8	-839	1 486
<b>Glass</b>	<b>467</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>493</b>	<b>24</b>		<b>990</b>
<b>Gips</b>	<b>250</b>	<b>3</b>	<b>33</b>		<b>13</b>		<b>300</b>
<b>Tegl</b>	<b>58</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>-13</b>	<b>54</b>
<b>Tre</b>	<b>196</b>	<b>5</b>	<b>52</b>		<b>90</b>	<b>-636</b>	<b>-293</b>

## VEDLEGG 2 DATAGRUNNLAG KLIMAGASSBEREGNING

Datagrunnlag fra LCA-databasen One Click LCA, etter materialkategorier benyttet i vurderingen.

Materialkategorier	Datakilde	Materialer
Stål	One Click LCA	Reinforcement steel (rebar), generic, 0% recycled content (only virgin materials)
		Reinforcement steel (rebar), generic, 100% recycled content
		Reinforcement steel (rebar), generic, 60% recycled content
		Reinforcement steel (rebar), generic, 80% recycled content
		Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content
		Reinforcement steel (rebar), generic, 97% recycled content (typical)
		Steel sheets, generic, 0% recycled content (only virgin materials)
		Steel sheets, generic, 100% recycled content
		Steel sheets, generic, 15% recycled content
		Steel sheets, generic, 20% recycled content
		Steel sheets, generic, 30% recycled content
		Steel sheets, generic, 60% recycled content
		Steel sheets, generic, 80% recycled content
		Steel sheets, generic, 90% recycled content (typical)
		Structural hollow steel sections (HSS), cold rolled, generic, 10 % recycled content, circular, square and rectangular profiles
		Structural hollow steel sections (HSS), cold rolled, generic, 15 % recycled content, circular, square and rectangular profiles
		Structural hollow steel sections (HSS), cold rolled, generic, 20 % recycled content, circular, square and rectangular profiles
		Structural hollow steel sections (HSS), cold rolled, generic, 30 % recycled content, circular, square and rectangular profiles
		Structural steel profiles, generic, 0% recycled content (only virgin materials), I, H, U, L, and T sections
		Structural steel profiles, generic, 100% recycled content, I, H, U, L, and T sections
		Structural steel profiles, generic, 15% recycled content (only virgin materials), I, H, U, L, and T sections
		Structural steel profiles, generic, 20% recycled content, I, H, U, L, and T sections
		Structural steel profiles, generic, 40% recycled content, I, H, U, L, and T sections
Structural steel profiles, generic, 60% recycled content, I, H, U, L, and T sections		
Structural steel profiles, generic, 80% recycled content, I, H, U, L, and T sections		
Structural steel profiles, generic, 90% recycled content (typical), I, H, U, L, and T sections		
Isolasjon	EPD Lavlambda EPS 80 isolasjon (trykkklasse 80) EPS-gruppen	EPS Insulation, T: 10-2400 mm, 600 x 1200 mm, 0.031 W/m <sup>2</sup> K, 16 kg/m <sup>3</sup> (EPS-gruppen)
		Glass wool insulation, unfaced, R= 1 m <sup>2</sup> k/W, 34 mm, 0.595 kg/m <sup>2</sup> , 17.5 kg/m <sup>3</sup> , Lambda=0.034 W/(m.K), Proff 34 (Glava)
		EPD Glava glass wool
		NEPD-322-185-NO EPS-isolasjon trykkfasthet-80 rev-June-2015 GK
		Insulation, EPS 80 (EPS Gruppen)
Sunde AS	NEPD-396-274-EN Sundolitt® XPS Insulation board, Brødr. Sunde AS	XPS Insulation board, 33 mm, 300KPa, 0.033 - 0.039 W/mK, 1185x585, Sundolitt (Sunde)
		Glass wool insulation panels, unfaced, generic, L= 0.031 W/mK, 25 kg/m <sup>3</sup> , (applicable for densities: 0-25 kg/m <sup>3</sup> )
	One Click LCA	



		Glass wool insulation panels, unfaced, generic, L= 0.032 W/mK, 50 kg/m3, (applicable for densities: 25-50 kg/m3)
		Glass wool insulation panels, unfaced, generic, L= 0.033 W/mK, 75 kg/m3, (applicable for densities: 50-75 kg/m3)
		Glass wool insulation panels, unfaced, generic, L= 0.034 W/mK, 110 kg/m3, (applicable for densities: 75-110 kg/m3)
		Rock wool insulation panels, unfaced, generic, L= 0.0346 W/mK, 50 kg/m3 (applicable for densities: 25-50 kg/m3)
		Rock wool insulation panels, unfaced, generic, L= 0.037 W/mK, 150 kg/m3 (applicable for densities: 100-150 kg/m3)
		Rock wool insulation panels, unfaced, generic, L= 0.039 W/mK, 200 kg/m3 (applicable for densities: 150-200 kg/m3)
<b>Betong</b>	<b>Norsk betongforening</b>	Betong bransjestandard B20
		Betong bransjestandard B25
		Betong bransjestandard B30
		Betong bransjestandard B35
		Betong bransjestandard B45
		Betong bransjestandard B55
		Betong bransjestandard B65
<b>Gips</b>	<b>EPD Glasroc H Storm™ – Sheathing Board Saint-Gobain Gyproc AS</b>	Sheathing board, 9.5 mm, 7.6 kg/m2, Glasroc H Storm (Gyproc)
	<b>EPD Gyproc Bris™ – Sheathing Board Saint-Gobain Gyproc AS</b>	Sheathing board, 9.5 mm, 7.2 kg/m2, Bris (Gyproc)
	<b>EPD Gyproc ROBUST® – Hard Plasterboard Gyproc AS</b>	Gypsum plasterboard, 12.5 mm, 11.7 kg/m2, Robust (Gyproc)
	<b>EPD Gyproc® Normal – Standard Plasterboard Saint-Gobain Gyproc AS</b>	Gypsum plasterboard, 12.5 mm, 9 kg/m2, Normal – Standard (Gyproc)
	<b>EPD Gyproc® Rehab Plasterboard Saint-Gobain Gyproc AS</b>	Gypsum plasterboard, 6.5 mm, 5.6 kg/m2, Rehab (Gyproc)
	<b>NEPD-112-177-EN, updated, Norgips Rehab type A (RHB)</b>	Gypsum plasterboard, 5.5 kg/m2, 6.5 mm +/- 0.5 mm, Rehab type A (RHB) (Norgips)
	<b>NEPD-113-177-EN, updated, Norgips Standard type A (STD)</b>	Gypsum plasterboard, 9 kg/m2, 12.5 mm +/- 0.5 mm, Standard type A (STD) (Norgips)
	<b>Norgips Hardboard/Hard type IR and Norgips Floorboard/Gulv type DIR, Norgips Norge AS</b>	Gypsum board, floor board, 12.5 mm (Norgips)
		Gypsum board, wall board, robust, 12.5 mm (Norgips)
	<b>Norgips Rehab type A (RHB), Norgips Norge AS</b>	Gypsum board, wall board, 6.5 mm (Norgips)
	<b>Norgips Standard type A (STD), Norgips Norge AS</b>	Gypsum board, 12.5 mm (Norgips)
	<b>Norgips Windliner-X/Utvendig-X type EH2 (GU-X), Norgips Norge AS</b>	Gypsum board, sheathing board, 9.5 mm (Norgips)
	<b>One Click LCA</b>	Gypsum plaster board, regular, generic, 6.5 - 25 mm, 10.725 kg/m2 (for 12.5 mm), 858 kg/m3
<b>Windliner - X/Utvendig - X type EH2 (GU-X), NEPD-109-177-EN, Norgips AS</b>	Gypsum plasterboard, 7.2 kg/m2, 9.5 mm +/-0.5 mm, Windliner - X/Utvendig - X type EH2 (GU-X) (Norgips)	
<b>Glass</b>	<b>Oekobau.dat 2017-I</b>	Window glass, single, 7.5 kg/m2
	<b>Oekobau.dat 2017-I, EPD Unbeschichtetes Flachglas, Verbund-sicherheitsglas und beschichtetes Flachglas</b>	Float glass, uncoated, 1 mm (Guardian)
	<b>One Click LCA</b>	Float glass, single pane, generic, 3 - 12 mm, 10 kg/m2 (for 4 mm), 2500 kg/m3
<b>Tegl</b>	<b>EPD Randers Tegl A/S</b>	Red bricks, masonry, from clay (Randers Tegl)
	<b>MD-14004-DA   Kalk- og Teglværksforeningen af 1893</b>	Red bricks, masonry, from clay (Kalk- og Teglværksforeningen)
	<b>Oekobau.dat 2017-I</b>	Adobe, 1200 kg/m3
		Facing brick, 1800.0 kg/m3
<b>Tre</b>	<b>Heltrepanel av lauvtre innvendig bruk, Foreningen Norske Lauvtrebruk 2015</b>	Timber lining (interior), broadleaf (Lauvtrebruk)
	<b>Sawn dried timber of spruce or pine, Norwegian Wood Industry Federation</b>	Dried timber, conifer (Treindustrien)
	<b>Solid softwood panelling for interior use, Norwegian Wood Industry Federation</b>	Timber lining (interior), conifer (Treindustrien)





	<b>Structural timber of spruce and pine, Norwegian Wood Industry Federation</b>	Planed timber, conifer (Treindustrien)
		Wood flooring, conifer (Treindustrien)
		Wooden stud framing system for external walls per sq. meter (incl. air gaps per m3), 48x98 mm, 600 mm spacing (Treindustrien)
		Wooden stud framing system for internal walls per sq. meter (incl. air gaps per m3), 39x66 mm, 600 mm spacing (Treindustrien)

## VEDLEGG 3 DATAGRUNNLAG KOSTNADSBEREGNING

Datagrunnlag fra ISY Calcus, etter materialkategorier benyttet i vurderingen.

Materialkategori	Nummer	Register	NS-kode	Tekst
Betong	02.2.3.1.0400	201702 (NP)	LG1.1432220	Betong i bjelker, B30
	02.1.6.0410	201702 (NP)	LG1.1943220	Betong i bunnplate, B35
	02.5.1.1.0400	201702 (NP)	LG1.1432220	Betong i dekker, B30
	02.6.1.1.0400	201702 (NP)	LG1.1632220	Betong i dekker/yttetak, B30
	02.1.6.0420	201702 (NP)	LG1.1132220	Betong i fundamenter B30
	02.1.6.0400	201702 (NP)	LG1.1943220	Betong i fundamenter B35
	02.5.2.0150	201702 (NP)	LG1.1232220	Betong i gulv på grunn, B30
	02.5.2.0160	201702 (NP)	LG1.1943220	Betong i heisgrube, B35
	02.4.1.1.0430	201702 (NP)	LG1.1532220	Betong i innervegg, B30
	02.2.2.1.0400	201702 (NP)	LG1.1332220	Betong i søyler, B30
	02.3.1.1.0410	201702 (NP)	LG1.1532220	Betong i yttervegg, B30
	02.5.1.2.0120	201702 (NP)	LW4.112	Hulldekker HD 265, bruksområde inntil 13,0 m
	02.5.1.2.0130	201702 (NP)	LW4.112	Hulldekker HD 265 tunge, bruksområde inntil 13,0 m, (12M)
	02.5.1.2.0140	201702 (NP)	LW4.112	Hulldekker HD 265 tunge, bruksområde inntil 13,0 m, (6 M tilpasningselement)
	Isolasjon	02.6.1.5.0100	201702 (NP)	SB1.321141
02.6.1.5.0110		201702 (NP)	SB1.321151	Isolasjon på tak, EPS, skråskåren, gj.sn. t = 180 mm, S80, 0,038 W/mK
02.6.1.5.0120		201702 (NP)	SB1.321065	Isolasjon på tak, EPS, skråskåren, gj.sn. t = 250 mm, S80, 0,038 W/mK
02.6.1.5.0130		201702 (NP)	SB1.321171	Isolasjon på tak, EPS, skråskåren, gj.sn. t = 300 mm, S80, 0,038 W/mK
02.6.1.5.0140		201702 (NP)	SB1.321165	Isolasjon på tak, EPS, skråskåren, gj.sn. t = 350 mm, S80, 0,038 W/mK
02.6.1.5.0150		201702 (NP)	SB1.321165	Isolasjon på tak, EPS, skråskåren, gj.sn. t = 450 mm, S80, 0,038 W/mK
02.6.1.5.0250		201702 (NP)	SB1.322126	Isolasjon på tak, XPS, t = 50 mm
02.1.6.0810		201702 (NP)	SB5.141141	Isolasjon under fundamenter, XPS, t = 100 mm
02.8.4.1.0210		201702 (NP)	SB1.322041	Isolasjon, XPS, trykkfast på takterrasser, t = 100 mm, klasse 37
02.1.6.0800		201702 (NP)	SB5.3126	Markisolasjon, XPS, t = 50 mm
02.1.6.0650		201702 (NP)	SB1.11726	Utvendig isolasjon på ringmur/kantbjelke for puss, XPS, t = 50 mm, 0,037 W/mK
02.3.2.1.0540		201702 (NP)	SB1.11147	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 170 mm, 0,035 W/mK
02.3.1.7.0400		201702 (NP)	SB1.11147	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 170 mm, 0,037 W/mK
02.3.2.1.0550		201702 (NP)	SB1.11161	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 200 mm, 0,035 W/mK
02.3.2.1.0560		201702 (NP)	SB1.11163	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 225 mm, 0,035 W/mK
02.3.1.7.0410		201702 (NP)	SB1.11163	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 225 mm, 0,037 W/mK
02.3.2.1.0570		201702 (NP)	SB1.11165	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 250 mm, 0,035 W/mK
02.3.1.7.0420		201702 (NP)	SB1.11165	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 250 mm, 0,037 W/mK
02.3.2.1.0580		201702 (NP)	SB1.11165	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 300 mm, 0,035 W/mK
02.5.1.5.0405		201702 (NP)	SB1.21141	Mineralull, i bjelkelag, t = 100 mm, klasse 37

	02.5.1.5.0410	201702 (NP)	SB1.21146	Mineralull, i bjelkelag. t = 150 mm, klasse 37
	02.5.1.5.0420	201702 (NP)	SB1.21161	Mineralull, i bjelkelag. t = 200 mm, klasse 37
	02.5.1.5.0422	201702 (NP)	SB1.21165	Mineralull, i bjelkelag. t = 250 mm, klasse 37
	02.5.1.5.0400	201702 (NP)	SB1.21128	Mineralull, i bjelkelag. t = 70 mm, klasse 37
<b>Gips</b>	02.3.2.1.1240	201702 (NP)	QK5.216222	Gipsplate, GU vindspærre, med vannavvisende overflate, t = 9 mm
	02.3.2.1.1200	201702 (NP)	QK5.212214	Gipsplate, GU vindspærre, t = 9 mm
	02.4.6.3.0100	201702 (NP)	QK5.31222	Gipsplate, på innervegg, t = 13 mm
<b>Stål</b>	02.2.3.3.0100	201702 (NP)	PB1.2199	Stålbjelker HEA / HEB / IPE- profiler
	02.2.3.3.0110	201702 (NP)	PB1.2199	Stålbjelker HEA / HEB / IPE- profiler - Enkle bygg med mer enn 50 tonn stål
	02.2.2.3.0300	201702 (NP)	PB1.139	Stålsøyler firkantformede hulprofiler
	02.2.2.3.0100	201702 (NP)	PB1.119	Stålsøyler, HEA / HEB / IPE-profiler
	02.2.2.3.0110	201702 (NP)	PB1.119	Stålsøyler, HEA / HEB / IPE-profiler - Enkle bygg med mer enn 50 tonn stål
	02.1.6.0300	201702 (NP)	LC1.1302	Armering av fundamenter
	02.2.3.1.0300	201702 (NP)	LC1.1302	Armering i bjelker
	02.5.1.1.0300	201702 (NP)	LC1.1302	Armering i dekker
	02.2.2.1.0300	201702 (NP)	LC1.1302	Armering i søyler
	02.2.2.1.0310	201702 (NP)	LC1.1902	Armering i søyler, rustfri
<b>Tegl</b>	02.3.5.1.0100	201702 (NP)	NB2.7173151	Teglforblanding, fuget, normal stein (rød)
	02.3.5.1.0120	201702 (NP)	NB2.7173151	Teglforblanding, Blockleys Black Mix
	02.3.5.1.0130	201702 (NP)	NB2.7173151	Teglforblanding, Petersen 51 Grå
	02.3.5.1.0140	201702 (NP)	NB2.7173151	Teglforblanding, Egernsund - bløtstrøken - grå
	02.3.5.1.0150	201702 (NP)	NB2.7173151	Teglforblanding ekskl. klimavegg, fuget, normal stein (rød)
<b>Tre</b>	02.3.1.5.0100	201702 (NP)	QB2.121998	Bindingsverk av tre, 48 mm x 248 mm, c/c 600 mm
	02.3.1.5.0110	201702 (NP)	QB2.121268	Bindingsverk av tre, 48 mm x 223 mm, c/c 600 mm
	02.3.2.1.0165	201702 (NP)	QB2.121258	Bindingsverk av tre, justert C24, 48 mm x 198 mm, c/c 600 mm
	02.3.2.1.0180	201702 (NP)	QB2.121248	Bindingsverk av tre, justert C24, 48 mm x 148 mm, c/c 600 mm
	02.3.2.1.0190	201702 (NP)	QB2.121188	Bindingsverk av tre, justert C24, 48 mm x 98 mm, c/c 600 mm
	02.6.1.4.0100	201702 (NP)	QB3.21225	Taksperrer av tre 48 mm x 198 mm, c/c 600 mm



# SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE