



Figur 1: Livsløpet for byggevarer og bygninger (Eureka)

# MUR, BETONG OG MILJØDOKUMENTASJON

Tekst: Silje Wærp og Christian J. Engelsen, SINTEF Byggforsk

Illustr.: SINTEF, Norcem AS, Eureka, byggutengrenser.no

Byggematerialene medfører ressursbelastning i hele bygningens livsløp; i produksjon, i bruksperioden og ved avhending. I hele livssyklusen medgår det energi i en eller annen form, og aktivitetene medfører utslipp til luft, vann og jord.

For å kunne gjøre miljømessig riktige materialvalg er man avhengig av standardisert, livsløpsbasert miljødokumentasjon. Miljødeklarasjoner (EPD) er utviklet til formålet. Mur og betong vil, som andre byggematerialer, i større grad bli møtt med disse kravene til dokumentasjon i fremtiden.

I denne artikkelen ser vi nærmere på miljødeklarasjoner og på ulike egenskaper ved betong over livsløpet. Temaer som tas opp er miljøforbedrende tiltak i sementproduksjon, potensiell energisparing ved f. eks

passiv kjøling i betongbygg og gjenbrukspotensialet for betongavfall etter riving. Enkelte av disse temaene inngår ikke i miljødeklarasjoner pr. i dag.

Miljødeklarasjoner hjelper oss å gjøre den riktige vurderingen. For å kunne gjøre miljømessig riktige materialvalg er man avhengig av standardisert livsløpsbasert miljødokumentasjon.

Ved å benytte en miljødeklarasjon (EPD) får man en vurdering av miljøegenskapene gjennom hele materialets livssyklus. I dag gjøres slike vurderinger etter standardiserte metoder i henhold til internasjonale standarder (ISO 14025 og ISO 21930). Med slike metoder kan ressurs- og miljøbelastningene beregnes på en entydig

måte gjennom hele verdikjeden til et materiale.

Standarder for miljøvurderinger av bygg er også under utarbeidelse.

Det understrekes at ved en sammenligning av miljøbelastningene for to byggematerialer, kreves det at alle fasene i byggets levetid medregnes, se figur 1. Videre skal ressurs- og miljøbelastningene uttrykkes ved samme funksjonelle enhet. Eksempelvis kan man sammenligne en konstruksjonsdel av ulike materialer med samme funksjon, eller et bygg med samme energikrav. Materialer som dekker ulike funksjoner kan ikke sammenlignes, og det er derfor ikke riktig å sammenligne kg materialer.

SINTEF Byggforsk har utarbeidet en veileder for utarbeidelse av miljødeklarasjoner – se [www.sintef.no](http://www.sintef.no). Det finnes i dag EPD for flere byggematerialer. En oversikt over norske EPDer finnes på [www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no). «ECOproduct» er et verktøy for miljøriktig produktvalg. Miljøvurderingene i dette verktøyet baserer seg på miljødeklarasjoner/EPD. Verktøyet finnes på [www.bygggtjeneste.no](http://www.bygggtjeneste.no).

Sementproduksjon og muligheter. Sement er bindemiddelet i betong og også i stor grad i murverk. Både mur og betong består i all hovedsak av naturmaterialer.

I produksjon av betong kommer ca. 90 % av CO<sub>2</sub>-utslippet fra sementproduksjonen, der en blanding av finmalt kalkstein, kvarts, aluminium- og jernoksider brennes ved høy temperatur (1450 °C) til sementklinker i såkalte roterovner. Utslipp av CO<sub>2</sub> kommer primært fra fossilt brensel som brukes til å oppnå den høye temperaturen og fra klinkerprosessen der CO<sub>2</sub> spaltes av når den nedmalte kalksteinen passerer 700 °C, en såkalt kalsineringsreaksjon. Klinkeren avkjøles og nedmales til det vi kjenner som sement under tilsats av gips og evt. flyveaske.

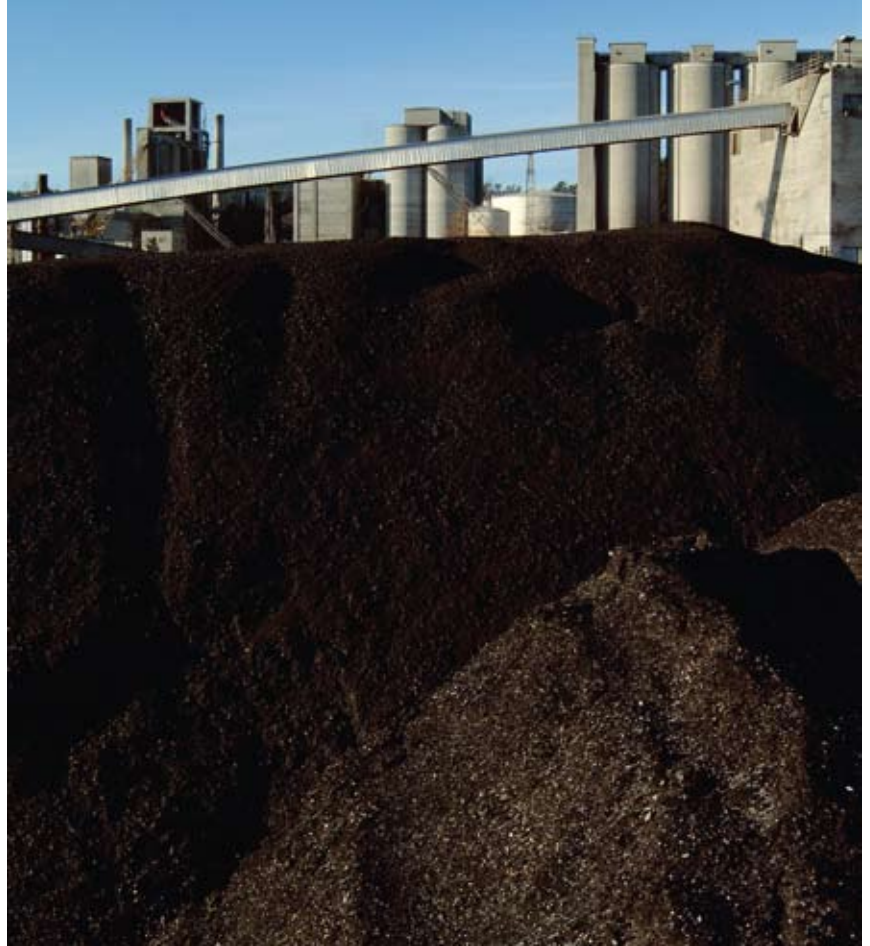
Etter konklusjonene i den siste offisielle rapporten til FNs klimapanel er det i dag stor oppmerksomhet rundt

energieffektivisering og reduksjon i klimagassutslipp i alle industrisektorer. Kontinuerlig vektlegging av energieffektivisering har imidlertid vært et tema for energikrevende produksjonsindustri i Norge gjennom flere tiår. Sementindustrien har også systematisk arbeidet for å redusere både energiforbruket og utslippet av blant annet CO<sub>2</sub>. Utslippene fra sementproduksjonen de siste 20 årene er imidlertid redusert med mer enn 20 % på grunn av en mer effektiv produksjon og redusert klinkerandel i sementen. Samtidig har andelen CO<sub>2</sub>-nøytralt brennstoff økt betydelig (ref: Norcem).

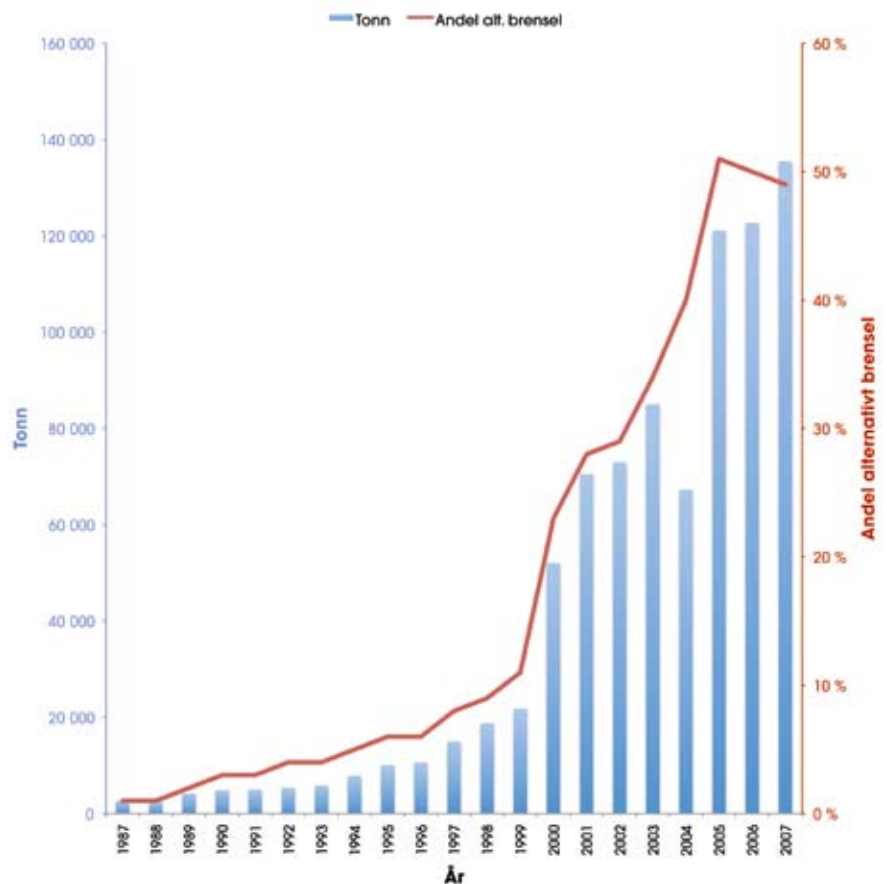
Ved fabrikken til Norcem AS i Brevik ble det i 2007 benyttet nesten 50 % avfallsbasert brensel. Av dette var 70 % biomasse og således CO<sub>2</sub>-nøytralt. Figur 2 viser økningen i alternativt brensel de siste 20 årene. Totalt ble det benyttet over 135 000 tonn avfall, noe som nesten tilsvarer det årlige restavfallsvolumet til Oslos befolkning. Av dette var over 34 000 tonn spesialavfall. Energien til avfallet utnyttet som brenselenergi samtidig som avfallet destrueres på en sikker måte uten rester.

Ved å benytte CO<sub>2</sub>-nøytralt brennstoff i stor skala reduseres utslippene fra produksjonen. Dette medfører også en potensiell CO<sub>2</sub>-reduksjon ved at avfallet ikke destrueres i vanlige forbrenningsanlegg som i tillegg til CO<sub>2</sub>-utslipp og energiforbruk under forbrenningsprosessen gir restavfall (aske).

Denne teknologien tas også i bruk andre steder i verden. Gjennom et treårig prosjekt ledet av SINTEF skal det tilrettelegges for bruk av denne teknologien i kinesisk sementindustri som er verdens største (Karstensen og Justnes, 2007). Reduksjonspotensialet er enormt i dette prosjektet – større enn det Norge har behov for av kvotekjøp i hele Kyoto-perioden (2008–2012). Tall fra 2006 viser at utslippene i den norske sementindustrien utgjorde cirka 2.8 % av det årlige totale CO<sub>2</sub>-utslippet i Norge på 43 millioner tonn.



Ved Norcems sementfabrikk i Brevik har avfallsbasert brensel erstattet ca halvparten av det fossile brenselet. (Årlig forbruk tilsvarer restavfallsvolumet til Oslos befolkning.)  
Foto: Norcem/Jørn Steen



Figur 2: Andelen alternativt brensel benyttet i perioden 1987–2007 hos Norcem AS Brevik



Bygningers bruksfase utgjør en stor andel av energiforbruk og miljøbelastning for bygg. (Illustrasjonsfoto. Arkitekt: Meland og Lundberg). Foto: Trond Opstad, Informasjonspartner

## Bygningers energiforbruk – utnyttelse av termisk masse

For bygninger er bruksfasen den energikrevende fasen. I et livsløpsperspektiv forbrukes 90 % av energien i denne fasen (oppvarming, kjøling, vedlikehold etc.). Resten av energiforbruket kommer i det vesentligste fra materialproduksjon og avhending.

I en marginalbetragtning for Nord-Europa utgjør kullkraft den marginale kraftproduksjonen. Dermed vil tiltak som reduserer elektrisitetsforbruket i bygninger direkte bidra til reduksjon av kullkraft og således utslipp av CO<sub>2</sub>. I bruksfasen gir selv små reduksjoner av energiforbruket store miljøgevinster.

### Naturlig energi

En måte å redusere bygningers energibehov på er passiv klimatisering; å utnytte naturlig energi og minimere kjøpt energi. Dette inkluderer blant annet utnyttelse av passiv kjøling og oppvarming. Passiv kjøling forutsetter god varmelednings- og varmelagrings-

evne for materialene som eksponeres mot oppholdssonen. Betong er særlig egnet til passiv kjøling; god varmeledningsevne gjør at sjiktet som utveksler varme med oppholdssonen blir relativt dypt. I tillegg har betongen god varmelagringssevne, slik at store mengder nyttbar kjøle- og varmeenergi kan lagres.

Simuleringer av cellekontorer med innervegger i lett gipsutførelse og tung murkonstruksjon har vist at den tunge løsningen reduserer kjølebehovet med 25 %. I tillegg reduseres oppvarmingsbehovet med 2–6 %, avhengig av fasadens retning.

Nye energikrav til bygg ble vedtatt ved revisjon av Teknisk forskrift (TEK) 26.01.06. Disse utgjør en skjerping i forhold til dagens krav på ca 25 %. Innføring av nytt EU-direktiv for energieffektivitet i bygninger vil bl.a. gi minstekrav til bygningers energieffektivitet samt en energimerkeordning for bygg.

## Gjenbrukspotensialet for mur og betong

Statens vegvesen har i samarbeid med blant andre SINTEF Byggforsk gjort undersøkelser som har vist at gjenbruk av betong i knust tilstand kan benyttes som erstatning for pukk og grus i forsterkningslaget til vei. Det er ikke funnet økt risiko for avgivelse av miljøfarlige stoffer til jord og grunnvann. Ved å gjenbruke mur og betong spares deponiplass og uttak av jomfruelige materialer.

I dag gjenbrukes rundt 30–40 vektprosent av mur- og betongavfallet, og det er en klar målsetning å øke denne andelen. I Danmark gjenbrukes over 90% rivemasser av mur og betong. Ofte gjenbrukes de på stedet eller i nærområdet hvor byggeaktivitet pågår slik at kostnadene til materialtransport blir lave – se bilde 3.

Økt gjenbruk av betongen i nedknust tilstand gir også andre miljøfordeler som økt CO<sub>2</sub>-opptak gjennom den velkjente betongaldringsprosessen; karbonatisering. Dette er den motsatte reaksjonen av den som finner sted under brenning av kalkstein (kalsinering) i sementovnen. Reaksjonen er langsom, men i et livsløpsperspektiv vil betongen oppta ikke uvesentlige mengder CO<sub>2</sub>.

I et nordisk samarbeidsprosjekt ble det beregnet at ca 33% av avgitt CO<sub>2</sub> fra produksjonen (kalsinering) i Norge vil gjenopptas ved karbonatisering, dersom et livsløp på 100 år legges til grunn. Det ble forutsatt en bruksfase på 70 år, en gjenbruksfase på 30 år og et gjenbruksnivå tilsvarende det vi har i dag. Ut fra årlig betongproduksjon tilsvarer dette omtrent 220.000 tonn CO<sub>2</sub>. Ved en økning av gjenbruksandelen for betong vil andelen gjenopptatt CO<sub>2</sub> øke, på grunn av nedknusing og større eksponert overflate.



Bilde 3: Bruk av knust betong i forsterkningslaget i veg i forbindelse med utbyggingen av E6 syd (Assurtjern-Taraldrud-Oslo grense). Betongen er knust på stedet og hentet fra et gammelt veidekke av betong i umiddelbar nærhet. Foto: SINTEF Byggforsk

### Mur og betong for fremtiden

Høy byggeaktivitet i Norge – og spesielt i andre befolkningsrike steder i verden (Kina, India og Midtøsten) – har ført til at materialforbruket har økt kraftig, noe som øker ressursbelastningen.

Det er imidlertid ingen tvil om at egenskapene til mur og betong (utnyttelse av termisk masse, økt gjenbruk etc.) kan utnyttes i enda større grad enn tilfellet er i dag. Dette krever kontinuerlig forskning og utvikling i hele verdikjeden, noe som bl.a. gjøres i Concrete Innovation Centre (COIN). Dette er et senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI), initiert og støttet av Norges forskningsråd, med 10 av de mest innovative industriforetakene i betongbransjen som partnere, og hvor SINTEF Byggforsk er vertsinstusjon med NTNU som forskningspartner. Her arbeides det med ytterligere re-

duksjon av energibruk og CO<sub>2</sub>-utslipp i sement- og betongindustrien over hele verdikjeden.

I dagens miljødeklarasjoner er hverken opptak av CO<sub>2</sub> (karbonatisering) eller utnyttelse av termisk masse (passiv klimatisering) inkludert. Gjenbruk av knust betong og murverk ved endt livsløp vil vanligvis bli omfattet av neste produktsystem. Det vil si at de som tar i bruk nedknust betong og murverk i sitt produkt, vil få redusert miljøbelastning for dette produktet.

Det skjer en utvikling innenfor metoder for livsløpsvurdering av byggematerialer og bygg, der man ser på hvordan ulike parametere kan inkluderes i en livsløpsvurdering. Det er avgjørende at miljøriktige materialvalg gjøres med metoder som er omforent i hele byggindustrien.

### Kilder

Oppdragsrapport: Miljømessige aspekter ved bruk av betong. Kommentarer til «et klimavennlig Norge», NOU 2006: 18. SINTEF Byggforsk 2007

Karstensen, K. H. and Justnes H. (2007). Environmentally Sound Management of hazardous waste and industrial waste in cement kilns in China. International Conference on the Sustainability in the Cement and Concrete industry, Lillehammer, Norway.

Nettsteder for mer informasjon

[www.epd-norge](http://www.epd-norge) (EPS-informasjon)

[www.sintef.no](http://www.sintef.no) (Byggforsk)

[www.bygggtjeneste.no](http://www.bygggtjeneste.no) (ECOproduct)

[www.byggemiljo.no](http://www.byggemiljo.no) (byggebransjens nettsted for miljø)

[www.sintef.no/coin](http://www.sintef.no/coin)