

FORSVARLIG OMBRUK AV BYGGEVARER

DiBK FoU-prosjekt 2019



TEAM RESIRQEL

Lasse Kilvær, Olav W. Sunde, Martin S. Eid, Ole Rydningen, Henning Fjeldheim

Team Resirqel

Resirqel AS

Lasse Kilvær, Olav W. Sunde, Martin S. Eid

Skanska ASA

Henning Fjeldheim

Studio Oslo Landskap AS

Ole Rydningen

Prosjektnavn: Forsvarlig ombruk.

FoU-prosjekt, for Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) 2019

Resirqel As

www.resirqel.no

Forord

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) og deres utlyste FoU-prosjekt *Forsvarlig ombruk*. Forsvarlig ombruk har blitt levert i to faser: først en litteraturstudie som ble levert 1. juli, deretter denne rapporten, som inneholder en materialspesifikk del, en generell del, en ordliste, og en oppsummerende konklusjon med anbefalinger til veien videre.

Arbeidsgruppa vil gjerne sende en takk til: DiBK ved Hanne Prestmo og Ingunn Marton, referansegruppe ved Eirik Rudi Wærner, Anne Sigrid Nordby, Jan Karlsen, Jan Olav Hjermann, Carlos Myrebøe, Roja Modaresi, og takk til alle som har stilt seg positive til prosjektet og latt seg intervju: Kjetil Myhre (Norsk Stålforbund, NO), Olivier Delbrouck (SECO Group, BE), Sye Nam Heirbaut (SECO Group, BE), Christian Witterup (Lendager Group, DK), Anne Sigrid Nordby (Asplan Viak, NO), Wladimar Ørn Karlsson (Acusto, NO), Oddvar Steinsholt (Veidekke, NO), Ivar H. Hansen (Tret teknisk, NO), Carlos Myrebøe (Tret teknisk, NO), Knut Arne Midtstøl (Midtstøl AS, NO), Claus Juul Nielsen (Gamle Mursten, DK), Christian Engelsen (Sintef, NO)

Oppsummering

Forsvarlig ombruk undersøker hvorvidt og hvordan forsvarlig ombruk av byggevarer kan gjennomføres i Norge i dag, under dagens regelverk og med dagens rammevilkår. Byggevarerne må da være egnet til ombruk, det vil blant annet si at de ikke kan inneholde helse- og miljøskadelige stoffer over en viss grense, og må ha de egenskapene som kreves i bygget. Dokumentasjon på byggevarens egenskaper er nødvendig for å sikre dette. Det er også krav til dokumentasjon i regelverket, som skal sikre at byggene våre er sikre å oppholde oss i, blant annet ved egenskaper som brannmotstand, konstruksjonssikkerhet, vanngjennomtrengning og U-verdi.

Vårt fokus i rapporten har vært å jobbe grundig med noen utvalgte byggevarer for å vurdere konkrete løsninger, fremfor en bred, men overfladisk gjennomgang. Deretter har vi sett på regelverket slik det fungerer i forhold til ombruk av disse byggevarerne. Vi har også tatt for oss en mengde relativt nye, og hovedsakelig europeiske eksempler, og tekster som omhandler dette, for å belyse dagens praksis. For å grave dypere har vi også gjennomført intervjuer og trukket på egne erfaringer.

Litteraturstudien var den første og forberedende delen av rapporten *Forsvarlig ombruk av byggevarer*. De fleste tekstene i litteraturstudien er generelle tekster om ombruk av byggevarer. Noen av disse går i dybden rundt problemstillinger for flere materialer og vil kunne brukes i det videre arbeidet med disse materialene. Andre er mer generelle og mindre relevante for oss, men kanskje mer inspirerende og interessante som allment lesestoff. Retningslinjene for forsvarlig ombruk i dag ligger i det eksisterende regelverket for bygg og byggematerialer. I studien valgte vi å fokusere på de generelle forskriftene og forordningene Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), Byggevareforordningen og Byggteknisk forskrift (TEK17). Vi har også sett på interne notater og presentasjoner for å få et innblikk i intensjoner o.l.

Rapporten konkluderer med at det er mulig med forsvarlig ombruk i dag, men at det er store utfordringer. Usikkerhet rundt regelverk, standarder og prosedyrer utgjør et problem for ombruk i industriell skala. Krav om dokumentasjon kan også utgjøre et problem for dagens gråsonemarked. Arbeider knyttet til redokumentasjon er potensielt kostnadsdrivende, men dokumentasjon er en forutsetning for industrielt ombruk, noe som ofte vil innebære at man tar på seg et produsentansvar. Dette vil igjen sannsynligvis føre til økt spesialisering rundt utvalgte ombruksprodukter.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Oppsummering	4
Innholdsfortegnelse.....	5
Ordliste	9
1. Innledning	14
2. Utvalgte materialer og produkter	16
3. Redokumentasjon av brukte byggevarer	21
Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) og Byggevareforordningen	22
Ombruk av byggevarer og krav til dokumentasjon.....	24
Bruk av brukte byggevarer.....	26
Oppsummering redokumentasjon.....	27
4. Lastbærende stålkomponenter	29
Demontering av lastbærende stål	30
Mellomlagring av ombrukt stål.....	31
Bearbeiding av ombrukt stål.....	31
Redokumentasjon av ombrukt stål.....	33
Hvilke stålkomponenter er bedre egnet for gjenvinning?	40
Hvilke stålkomponenter er ikke egnet for ombruk eller gjenvinning?	42
Eksempler på ombruk av stål uten dokumenterte egenskaper	42
Oppsummering lastbærende stålkomponenter	43
5. Hulldekker i betong	44
Demontering av hulldekker	46
Mellomlagring av ombrukte hulldekker	47
Bearbeiding av ombrukte hulldekker	48
Redokumentasjon av ombrukte hulldekker	50

Hvilke betongprodukter er bedre egnet for gjenvinning?	55
Hvilken betong er ikke egnet for ombruk eller gjenvinning?.....	56
Eksempler på ombruk av hulldekker uten dokumenterte egenskaper	56
Oppsummering hulldekker i betong	56
6. Murstein av tegl.....	58
Demontering av murstein av tegl	63
Mellomlagring av murstein av tegl for ombruk	64
Bearbeiding av murstein av tegl for ombruk	64
Redokumentasjon av murstein av tegl	65
Hvilke typer murstein av tegl er bedre egnet for gjenvinning	69
Hvilke typer murstein av tegl er ikke egnet for ombruk eller gjenvinning	69
Eksempler på ombruk av murstein av tegl uten dokumenterte egenskaper	69
Oppsummering murstein av tegl	69
7. Vindu/glass	71
Demontering av glass og vinduer	73
Mellomlagring av ombrukt glass.....	73
Bearbeiding av ombrukt glass.....	74
Redokumentasjon av ombrukt glass.....	76
Hvilke vinduer/glass er bedre egnet for gjenvinning.....	76
Hvilke vinduer/glass er ikke egnet til ombruk eller gjenvinning.....	77
Eksempler på ombruk av vinduer/glass uten dokumenterte egenskaper	78
Oppsummering vinduer/glass	78
8. Trevirke	80
Demontering av trevarer	83
Mellomlagring av ombrukte trevarer	84
Bearbeiding av ombrukte trevarer	85
Redokumentasjon av ombrukte trevarer	85
Hvilke trevarer er bedre egnet for gjenvinning?	87

Hvilke trevarer er ikke egnet for ombruk eller gjenvinning.....	87
Eksempler på ombruk av treverk uten dokumenterte egenskaper.....	87
Oppsummering treverk	88
9. Ombruk av materialer uten dokumentasjon	89
Produkter	90
Mellomlagring.....	92
Omsetning	93
Forsøksområder.....	94
Oppsummering ombruk uten dokumentasjon	94
10. Byggevarer best egnet for gjenvinning	96
Aluminium	96
Stål	97
Trevirke.....	97
Gips	97
Isolasjon – glass- og steinull.....	98
Betong	98
11. Byggevarer uegnet for ombruk og gjenvinning	100
Byggevarer med helse- og miljøfarlig innhold	100
Engangsprodukter	103
Tekniske produkter	103
Utdaterte byggevarer som ikke lenger møter krav	104
Utilgjengelige byggevarer og fundamentering	104
Økonomisk ugunstige produkter	104
12. Hvordan byggevarer kan demonteres	105
13. Hvordan mellomlagring og transport av ombruksmaterialer kan løses	108
14. Ombruk, dokumentasjon og konsekvenser	109
15. Oppsummering og konklusjoner.....	113
Litteraturliste og intervjuer	120

Ordliste

Ord	Definisjon
As-built dokumentasjon	Dokumentasjon av et bygg eller anlegg når det er ferdigstilt. Dokumentasjonen viser hvordan bygget eller anlegget faktisk er bygget, som kan avvike fra tidligere/opprinnelige tegninger av og underlag for bygget/anlegget.
Byggevareforordningen	Byggevareforordningen fastsetter regler for omsetning og tilsyn av CE-merkede byggevarer. CE-merkede byggevarer kan omsettes i hele EØS-området. Byggevareforordningen (Europaparlaments- og rådsforordning (EU) nr. 305/2011) ble vedtatt i mars 2011, og trådte i kraft den 1. juli 2013 i EU og den 1. januar 2014 i Norge. Byggevareforordningen er implementert i norsk rett i DOK-forskriftens kapittel 2. Byggevareforordningen erstatter det tidligere Byggevaredirektivet.
CE-merke	CE-merking betyr at en byggevare er i samsvar med byggevareforordningen og kan fritt omsettes over landegrensene innen EØS/EU.
Design for ombruk	Å designe produkter eller bygg med tanke på å kunne bruke dem om igjen et annet sted. Dette inkluderer en plan for skånsom demontering, høy bestandighet, bruk av standardiserte dimensjoner og fleksible løsninger. En plan for oppbevaring og utvikling av materialsertifikater er også en del av <i>design for ombruk</i> .
Destruktiv testing / materialprøving	Samlebetegnelse for testing av ulike typer materialers egenskaper / motstandsevner ved hjelp av ulike mekaniske / fysiske metoder. Destruktive tester utføres ved belastning av materialet til det når sitt "bristepunkt", for å kunne forstå materialets egenskaper og oppførsel under ulike påvirkninger.
DOK - Forskrift om dokumentasjon av byggevarer	Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) inneholder regler for dokumentasjon og omsetning av produkter til byggverk, dvs. byggevarer. Byggevareforordningen er innført i norsk regelverket som kapittel 2 i DOK.
Energigjenvinning	Forbrenning av avfall hvor den frigjorte varmeenergien benyttes til produksjon av varme til distribusjon som eksempelvis fjernvarme eller til produksjon av elektrisitet.

European Assessment Document (EAD)	Et dokument godkjent av EOTA (European Organization for Technical Assessment) som beskriver metoder og kriterier for dokumentasjon av en byggevares sentrale egenskaper. Dette kan benyttes for å dokumentere egenskaper for byggevarer der det ikke foreligger en dekkende harmonisert standard. Dokumentasjonen etablert på bakgrunn av en EAD danner grunnlaget for en ETA (European Technical Assessment). Når det er utarbeidet en ETA for en byggevare, er det krav om et det også utarbeides et CE-merke på bakgrunn av denne.
EØS	Det europeiske økonomiske samarbeidsområdet. EØS-avtalen er hoved fundamentet i Norges samarbeid med EU. Den sikrer fri bevegelse for personer, varer, tjenester og kapital, og gir norske bedrifter adgang til EUs indre marked.
FDV	Vanlig forkortelse for forvaltning, drift og vedlikehold. FDV benyttes som en samlebetegnelse for aktiviteter og kostnader gjennom en bygnings eller et anleggs totale levetid, fra overtagelse etter nybygging til utrangering eller riving.
Flytegrense	Flytegrensen er den minste spenning som gir en tydelig og varig deformasjon i materialet (Metallurgisk ordbok 2003)
Gjenbruk	Gjenbruk er definert av Store norske leksikon (http://snl.no/gjenbruk) slik; "Gjenbruk, betyr at ting som er blitt overflødige/ unødvendige brukes på nytt i stedet for å kastes, dette til forskjell fra gjenvinning som betyr at ting plukkes fra hverandre til råvarer og settes sammen igjen til et nytt produkt. Nesten all slags produkter kan gjenbrukes; klær, møbler, bygningsmaterialer med mer. Gjenbruk er trinn to i avfallshierarkiet, og er en energi- og ressursbesparende måte å bli kvitt avfall på sett fra et miljøsynspunkt"
Gjenvinning	Gjenvinning er i veilederen "Prosjektering for ombruk og gjenvinning" (Rådgivende Ingeniørers Forening 2008 s.15) definert slik; "Utnyttelse av avfall slik at materialet beholdes helt eller delvis. Ved direkte gjenvinning brukes materialet som råstoff for tilsvarende produkter. Ved indirekte gjenvinning brukes materialet som råstoff til andre typer produkter."
Hardhet	Et materials evne til å motstå inntrengning.
Hardhetstest	En prøvningsmetode for å fastsette materialets evne til å <u>motstå</u> inntrengning. Utføres ved at man slår en spiss, kule eller kjegele inn i et materiale, en eller flere ganger, og måler den permanente fordybningen som følger av dette. Hardhetstester gir ikke i seg selv en egenskap ved materialet, men heller et empirisk resultat, hvor

	<p>resultatet må ses i sammenheng med den spesifikke testmetoden. Hardhetstester blir mye brukt for prosesskontroll og inspeksjon, og resultatet brukes til å estimere mekaniske egenskaper som strekkfasthet. Typer hardhetstest inkluderer Vickers, Brinell, Leeb, og Rockwell.</p>
Ikke - reversibel sammenføyning.	<p>Sammenføyning/innfesting av ulike materialer/byggevarer med festemidler som ikke lar seg demontere uten en form for destruktiv metode. Eksempel på slike festemetoder kan være liming, innstøping eller liknende.</p>
Ikke-destruktiv testing	<p>Samlebetegnelse for testing av ulike typer materialers egenskaper ved hjelp av ulike målemetoder som ikke innebærer destruktiv testing av materialet. Ikke-destruktiv testing kan utføres i laboratorier, i verkstedmiljøer eller ute på byggeplass. Det fins et stort utvalg av metoder, og et enda større utvalg i utstyr som kan knyttes mot hver metode. (engelsk: Non-Destructive Testing (NDT) eller Non-Destructive Examination (NDE))</p>
Karbonatisering	<p>Karbonatisering oppstår når betong er i kontakt med luft som sprer seg inn i betongen. Det oppstår en kjemisk reaksjon der betongen reagerer på karbondioksidet i luften, og det dannes kalsiumkarbonat. Betong har vanligvis høy pH-verdi som beskytter armeringen. Ved karbonatisering synker pH-verdien hvilket kan føre til korrosjon på armeringsstålet. Når stålet rustet, utvider det seg og betongen kan sprekke. (Kontrollrådet for betong. Betongens abc.)</p>
Konstruksjonsstål	<p>Stål benyttet i konstruksjoner, det benyttes både som komplette bæresystemer eller som sekundære elementer i forbindelse med andre materialer.</p>
Materialgjenvinning	<p>Materialgjenvinning, også kjent som resirkulering, er å gjenvinne avfall slik at materialer eller stoff kan benyttes som innsatsfaktor i nye råvarer/produkter.</p>
Nedsirkulering	<p>Nedsirkulering (downcycling på engelsk) er prosessen med å bryte ned et produkt til enkeltbestanddeler, for potensiell materialgjenvinning, energigjenvinning eller deponi. Innebærer som regel nedbrytning til et produkt av lavere verdi.</p>
Nedstrømsløsninger	<p>I rapporten er dette brukt som en fellesbetegnelse på ulike material- og energigjenvinningsløsninger for ulike materialer.</p>

Ombruk	Ombruk er i denne rapporten brukt i betydningen å bruke brukte byggevarer som byggevarer, om igjen. Det kan være til samme formål som det opprinnelig var, til en annen funksjon, og med eller uten bearbeiding. Ombruk inkluderer også demontering og flytting av hele bygg, bæresystemer, og lignende. Ombruk inkluderer ikke rehabilitering, destruktiv gjenbruk eller gjenvinning.
Oppsirkulering	Oppsirkulering (upcycling på engelsk) innebærer å benytte byggevarer/materialer eller deler av en byggevarer på en annen måte enn den opprinnelig var tiltenkt. Gjerne som del av et nytt produkt/byggevarer, som øker verdien på enkeltbestanddelene.
Plattendekker	Plattendekke er et prefabrikkert og ferdig armert betongdekke/-element som brukes som etasjeskiller. De prefabrikkerte betongdekkene blir fraktet til byggeplassen, hvor de så blir montert og støpt sammen til ett ferdig dekke på stedet. Plattendekker benyttes ofte for å spare tid på byggeplassen.
Prefabrikasjon	Prefabrikasjon eller prefabrikering beskriver en metode hvor større eller mindre bygningsdeler blir fremstilt på fabrikk, slik at arbeidet på byggeplassen kan reduseres.
Redokumentere	Skal i denne rapporten forstås som prosessen med å dokumentere egenskapene til en brukt byggevarer.
Resirkulering	Se materialgjenvinning og energigjenvinning.
Reversibel sammenføyning	Sammenføyning/innfesting av ulike materialer/byggevarer med festemidler som er mulig å demontere, gjerne mekanisk. Eksempel på slike festemetoder kan være skruer.
Skjærkraft	Kraft fra to motstående sider som virker på et materiales tverrsnitt (slik at det kan oppstå brudd), Naob, det norske akademias ordbok, bygg, fysikk.
Stempling	Stempling er avstiving eller sikring av eksempelvis konstruksjoner eller liknende for å hindre kollaps i forbindelse med reparasjoner, endringer eller andre arbeider.
Stemplingsplan	Stemplingsplan angir en plan for stemping av en gitt konstruksjon i forbindelse med arbeider.
Stålkonstruksjon	Stålkonstruksjon er en konstruksjon bygget opp av stålprofiler og stålplater. Stålkonstruksjoner settes sammen ved sveising eller med nagler, bolter eller skruer.

TEK - Byggteknisk forskrift	Forskrift om tekniske krav til byggverk trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge (DiBK). Gjeldende byggteknisk forskrift er TEK17, som trådte i kraft 1. juli 2017.
Utmatting	Utmatting er et fenomen som fører til brudd hos materialer som er utsatt for vekslende spenninger under materialets bruddfasthet. Utmatting skyldes gjentatt plastisk deformasjon i mikroskala, som fører til sprekkdannelse, oftest i overflaten. Sprekken forplanter seg siden progressivt inn i materialet. (Metallurgisk ordbok 2003)
Ytelseserklæring	En ytelseserklæring er et dokument fra produsenten som beskriver egenskapene og tilsiktet bruk av en byggevare. Ytelseserklæring er obligatorisk for produkter som er dekket av en harmonisert produktstandard eller der produsenten har skaffet seg en europeisk teknisk vurdering fra og med 01.07.2013 for Europa og 01.01.2014 i Norge. Ytelseserklæringen skal være på norsk, dansk eller svensk når byggevaren omsettes i Norge. (fra DiBK sine nettsider)

1. Innledning

Byggenæringen forbruker i dag en betydelig andel av uttaket av jordas ressurser. Samtidig er dagens praksis i bransjen basert på lineære prosesser hvor utgåtte byggematerialer i hovedsak blir avhendet som avfall eller til energigjenvinning ved rehabilitering og rivning. Dette skaper store mengder avfall og tap av ressurser. Dagens normer og regelverk er også basert på denne praksisen. Dette gjør det utfordrende å etablere en mer sirkulær praksis i bransjen, spesielt i forhold til at byggevarer ombrukes. Sett i lys av at bransjen må starte endringer nå, for å bidra til nasjonale og internasjonale målsetninger om lavere ressursforbruk og klimaavtrykk, må vi ta utgangspunkt i å finne muligheter innen dagens regelverk og normer. Samtidig må vi utfordre etablert praksis og lineære tankesett, slik at rammeverket for bransjen kan endres på sikt og tilpasses en mer bærekraftig virksomhet.

Sirkulær økonomi er for lengst et vedtatt satsningsområde i EU. Også den norske regjeringen har i sin nåværende plattform satt som mål å være en foregangsnaasjon hva kommer til sirkulærøkonomisk innovasjon og praksis¹. I 2015 la Europakommisjonen frem en pakke for å gjøre EU sirkulært som blant annet setter ambisiøse krav for materialgjenvinning². Norge har også inkorporert EUs pakke for sirkulærøkonomi gjennom EØS-avtalen, «I rammedirektivet om avfall er det i dag et mål om 70 prosent forberedelse til ombruk og materialgjenvinning av bygg- og anleggsavfall innen 2020.»³. Dette forutsetter skifte av fokus fra maskinell rivning til skånsom demontering og andre forberedende aktiviteter i forbindelse med ombruk og materialgjenvinning.

Byggenæringen står for en massiv andel av råvareuttak, energiforbruk og avfall. Det rives rundt 20 000 bygg i Norge på årsbasis. SSBs tall fra Norge i 2017 på avfall fra nybygging, rehabilitering og riving, er på 1 896 557 tonn⁴. For å ta tak i miljøproblemene knyttet til denne næringen er man nødt til å gjøre noe annet enn det vi gjør i dag. Omfattende ombruk av byggevarer er potensielt et egnet virkemiddel som gir umiddelbar effekt på både klimagassutslipp, råvaremangel og avfallsproblematikk. Å gjøre byggenæringen sirkulær adresserer alle disse problemene i ett grep. Rivestopp, rehabilitering og mer effektiv bruk av eksisterende bygg er den mest høyverdige måten å gjøre det på, men der det ikke er et alternativ, er avfallsreduksjon og ombruk en mulighet med et stort potensial.

For å kunne tilrettelegge for, og utvikle ombruk på et industrielt nivå, er det fortsatt en del uavklarte spørsmål. Det gjennomføres i dag en rekke ulike prosjekter i Norge med fokus på ombruk og design for fremtidig ombruk. Samtidig refereres det til stadig flere referanseprosjekter av betydelig størrelse internasjonalt. Hvordan ser egentlig rammen for forsvarlig ombruk ut i Norge anno 2019, og hvordan har

¹ Granavolden-plattformen (2019) s.86

<https://www.regjeringen.no/contentassets/7b0b7f0fcf0f4d93bb6705838248749b/plattform.pdf>

² Sirkulær framtid – omskiftet fra lineær til sirkulær økonomi, Ebba Boye, 2019

³ Meld. St. 45 (2016–2017) Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi. Om byggavfall pkt. 2.4.8

⁴ <https://www.ssb.no/statbank/table/09781/tableViewLayout1/>

prosjekterende og utførende blant annet Nederland og Danmark forholdt seg til de samme EU-reglene? Er dagens regelverk egnet for forsvarlig ombruk, eller må de eventuelt endres? Dette er et av spørsmålene vi ønsker å belyse og om mulig besvare i vår rapport.

Av bygg som rives i dag kan byggeår variere fra sent 1800-tall til innenfor det siste tiåret. Å fremskaffe den opprinnelige dokumentasjonen på bygningsselementer er ikke alltid rett frem. Lite er digitalt lagret, og få sentrale realregistre for produktdata er tilgjengelig. Byggevareforordningen ble først vedtatt i 2013. Kontrakter, tilbud, innkjøpsavtaler, FDV-dokumenter og tegningsmateriale plassert i perm på arkivrom i gamle bygg er fortsatt vanligere å møte på enn digitale arkiver når man skal finne dokumentasjon for riveklare bygg. Dette er litt av bakteppet og utfordringene en i dag står overfor i møte med formelle krav til dokumentasjon og kvalitetssikring ved forsvarlig ombruk av byggematerialer.

2. Utvalgte materialer og produkter

I denne rapporten har vi fokusert på et utvalg materialer og byggevarer med en produksjonsprosess som innebærer problematiske råvareuttak og signifikante klimagassutslipp. Vi har også basert utvalget på hva som er tilgjengelig av litteratur, som tidligere rapporter samt pågående utredninger. Dette er materialer og byggevarer som er energikrevende å produsere, produkter som har raskt omløp på tross av lang restlevetid, og/eller produkter som i mengde, volum og vekt utgjør betydelig andel av byggenæringens avfall, og produkter med nedstrømsløsninger som ikke tar vare på deres verdi i systemet.

I rapporten er det lagt vekt på å kunne gå mer i dybden på ombruksmuligheter for utvalgte materialer/byggevarer fremfor å utarbeide en generell oversikt over alle materialer. Konkrete eksempler og prosjekter har derfor vært viktig å identifisere, noe som har vært gjort i litteraturstudien og kartlegging av andre pågående prosjekter og hyppig brukte eksempler. Videre er det i industriell sammenheng viktig å se på materialer/byggevarer av volum (avfall/bruk) og hvor ombruk har vesentlig effekt/potensiale (fotavtrykk fra produksjon) samt andre mulige faktorer/muligheter/hindre for ombruk. Kriteriene for valg av materialer i denne rapporten er derfor basert på ett eller flere av følgende hovedkriterier:

1. Funn og hyppighet av eksempler og prosjekter for materialet/byggevarer fra *Litteraturstudien* og andre kjente pågående prosjekter.
2. Et vesentlig volum i byggavfall og/eller bruk
3. Byggevarer/materialet er energiintensiv å produsere, slik at ombruk for å forhindre nyproduksjon har en vesentlig effekt på energiforbruk og klimagassutslipp.
4. Andre forhold (muligheter/hindre) knyttet til ombruk av byggevarer, som mulighet for demontering, risiko for helse- og miljøfarlig innhold m.v.

Etter materialkapitlene kommer produkter som ikke egner seg for ombruk, men egner seg bedre for gjenvinning og produkter som ikke egner seg for gjenvinning samt nedstrømsløsninger for disse. Deretter følger generelle kapitler hvor vi diskuterer og oppsummerer funn angående redokumentasjon av egenskaper og CE-merking, bearbeiding, omsetting, mellomlagring. Avslutningsvis søker vi å trekke konklusjoner og oppsummeringer basert på funnene i rapporten.

Eksempelet Mustad og andre pågående prosjekter

Danske Lendager Group har på oppdrag for Mustad Eiendom utformet rapporten *Materialkartlegging av Lilleakerbyen*. Rapporten analyserer de ulike byggene i deres planlagte transformasjon av området fra Lysaker opp langs Lysakerelven til og med CC-Vest kjøpesenter. Rapporten baserer seg på

tegningsgrunnlag, og stedlige befaringer. Det er fokusert på syv hovedkategorier av materiale med ombruksmateriale fra eksisterende bygningsmasse: *Betong, murstein, glass, konstruksjonsstål, aluminium og metallplater og interiør, (bla trevirke.)*

De samme materialgruppene trekkes frem og peker seg ut i en rekke funn i litteraturstudiet og underbygger disse materialenes relevans i klimaperspektiv og ombruksammenheng. Vi har av flere årsaker valgt å fokusere mer på andre rapporter i vår litteraturstudie, underbygget av utførte og pågående praktiske eksempler, og dernest eget materiale fra ombrukskartlegging og gjennomføring av direkte ombruk. Hovedårsaken er at Lendagers strategi med oppsirkulering av brukte materialer innebærer produksjon av nye produkter med gamle materialer som medvirkende komponenter. Det er etter alle solemerker innovativt, samtidig som de med denne metoden løser en del juridiske utfordringer. Men, det er ikke direkte ombruk, og faller dermed litt på siden av det overordnede målet med denne rapporten. Vi referer allikevel til deres prosjekter og forsøk og utdypet i denne rapporten nærmere om våre funn rundt deres praktiske arbeid og litteratur.

I Norge foregår det i dag utredninger og konkrete testprosjekter med ombruk av lastbærende stål og betong hulldekker, mens det i Danmark er konkrete eksempler på arbeid knyttet til ombruk av murstein av tegl. Vi har på bakgrunn av litteratur, referanseprosjekter og pågående FoU valgt å fokusere på et fåtall konkrete produkter, innenfor hver av de materialene og byggevarer det er rettet mest fokus på og fulgt dem opp i hver sitt kapittel.

Avfall fra byggeaktivitet

Ifølge SSBs *Avfallsstatistikk for 2017* skaper bygg- og anleggsnæringen nesten 3 millioner tonn avfall årlig, som tilsvarer 25 % av alt avfall⁵. Andelen fra bygg- og anleggsnæringen er antagelig høyere, da mange

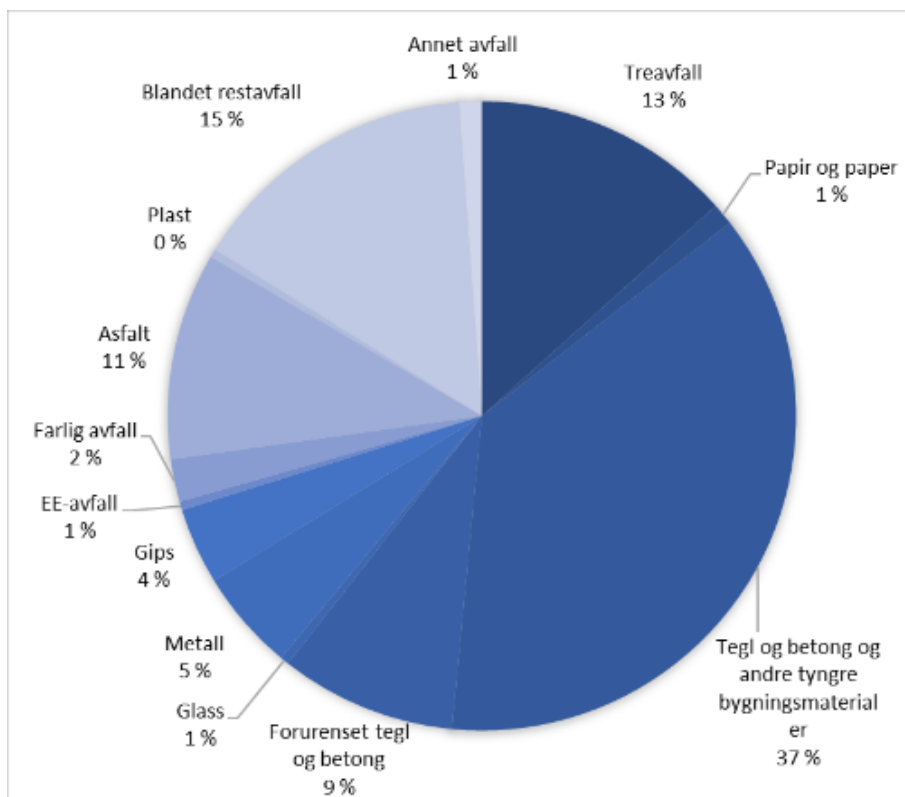
Byggevarer og produkter blant avfall fra nybygg

Dette er ikke ombruk, men det har mange av de samme fordelene som ombruk, og har stort potensiale. Det finnes store mengder fullt dokumenterte pent brukte og nye produkter, som avfallshåndteres på lik linje med brukte materialer. Disse vil ikke kreve redokumentasjon. Avfall fra nybygg utgjør årlig 34,7 % av alt byggavfall (SSB tall fra 2017). Ved å ekstrahere disse produktene fra en tenkt avfallsprosess, hvor gjenvinning og energiutvinning er 'best practice', reduseres avfall, begrenses råvarebehov, tilgjengeliggjøres karbonnøytrale produkter, karbonbindende materialer og reduseres CO₂-emisjoner som genereres ved forbrenning og materialgjenvinning. Det vil kanskje ikke kunne omtales som ombruk, men det er i aller høyeste grad avfallsreduksjon, og materialforvaltning i tråd med sirkulære prinsipper.

⁵ SSB Avfallsregnskapet 2017, <https://www.ssb.no/avfregno>

prosjekter er unntatt rapporteringsplikt på grunn av tiltakets størrelse og inngår derfor ikke i SSB sitt tallgrunnlag. En kartlegging utført av NOMIKO viser at det er betydelig mengder som går utenom SSB sin statistikk⁶. Bransjen operer selv ofte med at 40 % av alt avfall på globalt nivå kommer fra bygg- og anleggsnæringen.

Avfallet fra byggeaktivitet (nybygg, riving og rehabilitering) utgjorde ca. 1,9 millioner tonn i 2017⁷ og fordeler seg som vist i figur 1. Det er noen materialer som skiller seg tydelig ut i statistikken som betong og tegl, trevirke og metall.



Figur 1: SSB, genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving, fordeling i prosent av total. Totalt avfall fra byggeaktivitet i 2017 i statistikken er 1 896 557 tonn.

⁶ <http://www.byggemiljo.no/ny-rapport-fra-nhp-nettverket/> - Kartlegging av materialstrømmer fra små og mellomstore bygge-, rive- og rehabiliteringsprosjekter, Nomiko for Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (2018)

⁷ SSB Avfall fra byggeaktivitet 2017, <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl>

Basert på en samlet vurdering er det i rapporten valgt å fokusere på følgende materialer og byggevarer:

1 Lastbærende stålkomponenter

Ombruk av stål er beskrevet som en lavhengende frukt, som kan gi relativt store utslippskutt, spesielt i utviklede økonomier som i Nord-Europa. Stålbransjen i Nord-Europa er i ferd med å utvikle prosedyrer og systemer for ombruk av bærende stålkonstruksjoner. Dette arbeidet er pågående, og vi har tatt med noen av de nyeste og viktigste i litteraturstudien. En generell trend er at problemstillingen rundt CE-merking blir ansett som løst gjennom gjeldende regelverk, men at det foreløpig mangler praktiske eksempler på gjennomførte prosjekter.

2 Hulldekker betong

Betong er en av de store avfallspostene som i masse, volum og vekt står for en betydelig andel av byggenæringens, og dermed verdens, CO₂-utslipp. Betong blir brukt i stor utstrekning, blant annet i form av plasstøpte dekker, bærende søyler, dragere, veggelementer og etasjeskiller. Det pågår nå ulike FoU-prosjekter rundt om i Europa, for å se på ulike måter å ombruke og materialgjenvinne betong, i tillegg til en rekke forsøk med ulike måter å redusere CO₂ ved produksjon. Her i Norge pågår det nå målrettet arbeid med å demontere, kvalitetssikre og ombruke betonghulldekker.

3 Murstein i tegl

Murstein i tegl er et typisk ombruksprodukt som er solid og modulært, og det norske eksempelet fra Lilleborg er svært godt dokumentert. Gjennom intervjuer med Gamle Mursten i Danmark, som tester og redokumenterer ombrukt murstein i teglsten, og Lendager Group, som tar ut felter av nyere, brukt murstein og lager fasadekomponenter av dem, har vi dokumentert ombruk av murstein i tegl.

4 Vindu/glass

Glass er energikrevende å produsere, og ombruk av hele glass/vinduer kan derfor potensielt bidra med positiv effekt i et miljøregnskap for et prosjekt fremfor å benytte nye. Glass benyttes i hovedsak i vinduer som inner-/delingsvegger og som fasademateriale, men også til andre bruksformål som eksempelvis dører, gulv, rekkverk og støyskjermer. Glassprodukter er også i stor utstrekning standardiserte produkter av høy verdi som kan gjøre ombruk interessant fra et teknisk/praktisk og økonomisk perspektiv. Det er flere eksempler på ombruk av glass og vinduer

fra litteraturstudien både i og utenfor Norge. Glass og vinduer er også en byggevare som i hovedsak er demonterbar, og demonteres elementvis og relativt skånsomt i forbindelse med rive- og rehabiliteringsprosjekter.

5 Trevirke

I Norge ble det i 2017 registrert ca. 250.000 tonn treverk til avfall fra bygg- og anleggsnæringen og 700.000 tonn totalt (SSB stat 2017). Treverk er som avfallsfraksjon betydelig og blir i Nord-Europa i all hovedsak benyttet til energiutnyttelse ved oppflising og forbrenning. Noen nye tiltak rettet mot materialgjenvinning og produksjon med flis av rent treverk i for eksempel platemateriale er under uttesting, men det er minimalt eller intet registrert ombruk av treverk i nyere tid.

6 Ombruk uten dokumentasjon

I dette kapitlet diskuteres ombruk av materialer som ikke krever noen form for bearbeiding eller redokumentasjon. Det vil si *naturstein, marktegl, betongstein og betongheller, elementer av betong og metall og vinduer*. Det er et særskilt fokus på landskapsprodukter fordi disse produktene som generelt er slitesterke og i liten grad er tekniske, ofte kan brukes om igjen og forholdsvis enkelt kan vurderes i forhold til kvalitet. Skulle disse produktene svikte, er det ofte heller ikke samme fare for liv og helse som for eksempel i et bæresystem. Estetikk er en viktig faktor for slike produkters ombrukbarhet så dette diskuteres også. Videre diskuteres også mellomlagring og omsetning med eksempler.

3.Redokumentasjon av brukte byggevarer

Det er en rekke faktorer som påvirker mulighetene og potensialet for ombruk. Flere av dem er også potensielle hindre som eksempelvis innhold av helse- og miljøfarlige stoffer eller andre egenskaper ved byggevaren som klassifiserer den som mer eller mindre egnet i forhold til muligheter for skånsom demontering, transport/lagring osv. Det å kunne dokumentere egenskapene til brukte byggevarer (eller «ombruksvaren») blir av mange sett på som nøkkelen til et effektivt og profesjonelt ombruksmarked. Utfordringen knyttet til dokumentasjon er i realiteten todelt:

1. Utfordringer knyttet til dokumentasjon i forbindelse med selve salget/omsetningen⁸ av den brukte byggevaren. Hva skal til for å kunne omsette?
2. Utfordringer knyttet til brukerens informasjons-/dokumentasjonsbehov i forhold til om ombruksvaren faktisk kan brukes i nybygget. Det vil si om den brukte byggevaren tilfredsstillere kravene til bygget.

I praksis betyr det at man kan ha en brukt byggevare med dokumentasjon som lovlig kan omsettes (i henhold til regelverket), men ikke kan tas i bruk/brukes i et bygg fordi den ikke tilfredsstillere kravene til bygget. For en rekke brukte byggevarer kan dermed det reelle hinderet/problemstillingen for ombruk være knyttet til å tilfredsstillere de tekniske kravene til bygget og den som skal ta varen i bruk (samme problemstilling kan for så vidt også gjelde nye byggevarer). I kapitlene om utvalgte materialer ser vi nærmere på mulighetene for ombruk knyttet spesifikt til disse materialene. Dette kapitlet vil ta utgangspunkt i en mer generell gjennomgang av gjeldende regelverk.

Dagens regelverk, standarder, prosedyrer og praksis er ikke utformet med tanke på tilrettelegging for ombruk. De senere årene har vi likevel sett at ombruk stadig trekkes frem som en integrert del av ambisjoner og målsetninger knyttet til bærekraft og overgang til en mer sirkulær praksis. Både på EU-nivå og nasjonalt nivå pekes byggenæringen ut som et av flere satsningsområder for sirkulærøkonomi, og fokus på ombruk som en del av løsningen. Også byggenæringen selv har spesielt de siste årene i økende grad sett på mulighetene i ombruk. Ombruk adresseres i flere prosjekter og på en rekke arenaer i bransjen. Det kan ta tid før ombruk er hensyntatt i regelverket, noe som betyr at ombrukspraksis må forholde seg til gjeldende regelverk i nærmeste fremtid.

For å kunne anvende brukte byggevarer i nye bygg, må man kunne dokumentere at de oppfyller dagens krav. Disse kravene er beskrevet hovedsakelig i to regelverk: *Byggteknisk forskrift* (TEK17), og *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer* (Byggevareforskriften, DOK), som *Byggevareforordningen* er den del av. Så hvilke krav gjelder til hva, og hva skal til for å oppfylle de kravene som gjelder?

⁸ Omsetning i denne sammenheng omfatter også det å avhende eller å gi bort byggevaren.

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) og Byggevareforordningen

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) inneholder regler for dokumentasjon og omsetning av produkter til byggverk, dvs. byggevarer. Byggevareforordningen fastsetter regler for dokumentasjon, omsetning og tilsyn av CE-merkede byggevarer og legger til rette for omsetning av byggevarer i hele EØS/EU. Byggevareforordningen er gjennomført i det norske regelverket som kapittel II i *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)* og ble gjeldende fra 1. januar 2014.

CE-merking og ytelseserklæringer

Ifølge Byggevareforordningen er det to veier til CE-merking av byggevarer:

1. Finnes det en harmonisert produktstandard for byggevaren, skal byggevaren CE-merkes (plikt til å CE-merke).
2. Hvis det ikke finnes en harmonisert produktstandard for byggevaren, kan man gå gjennom en frivillig ordning for å CE-merke, basert på en ETA (European Technical Assessment, eller på norsk, europeisk teknisk bedømmelse)

De fleste byggevarer er omfattet av en harmonisert europeisk produktstandard⁹. Når det foreligger en harmonisert europeisk produktstandard eller en ETA for byggevaren, skal det utarbeides en ytelseserklæring (DoP) for produktet basert på standarden for produktet (eksempelvis NS-EN 771-1 for murstein av tegl). Byggevaren må da være påført CE-merket før den omsettes.

Frivillig ordning for CE-merking – EAD og ETA

For byggevarer hvor det ikke foreligger en harmonisert europeisk produktstandard, kan man gå gjennom en frivillig ordning for å kunne CE-merke, som innebærer utarbeidelse av en:

- EAD (European Assessment Document), et europeiske bedømmelsesdokument gjelder på produktgruppenivå og er gyldig for hele EU/EØS og utstedes av EOTA (European Organization for Technical Assessment).
- En produsent kan få utarbeidet en europeisk teknisk bedømmelse (ETA) for et produkt på bakgrunn av et europeisk bedømmelsesdokument (EAD). En ETA gjør det mulig for en produsent å CE-merke byggevaren.

Når det foreligger en ETA for produktet/byggevaren, kan og skal byggevaren CE-merkes. EAD skal ikke koste noe å utarbeide (gjøres av EOTA), men en ETA kan være kostbart avhengig av kompleksiteten på

⁹ <https://dibk.no/byggeregler/dok/byggevareforordningen/artikkel-17-harmoniserte/>

produktet. Dette kan også være en tidkrevende prosess. En søkbar liste over utstedte ETA kan finnes hos EOTA¹⁰.

Et eksempel på en brukt byggevare som søker å CE-merke sine produkter gjennom den frivillige ordningen (EAD/ETA) er brukt murstein av tegl fra bedriften *Gamle Mursten*. Gamle Mursten startet prosessen med utarbeidelse av EAD/ETA for 3 år siden¹¹. En EAD er pr. utgangen av september 2019 ikke sitert i Official Journal. Dette innebærer at den til nå ikke er en gyldig teknisk spesifisering og man kan derfor heller ikke CE-merke produkter etter denne enn så lenge. Se nærmere om dette i kapitlet om Murstein av tegl.

Byggevareer ikke omfattet av harmonisert standard eller frivillig ordning (ETA)

For byggevareer som ikke er omfattet av en harmonisert standard eller hvor det ikke er utarbeidet en EAD/ETA, er reglene definert i DOK kapittel 3. Dette kapitlet gjelder for byggevareer som ikke er CE-merket. Ifølge § 11 skal den som omsetter en byggevare «sørge for at vesentlige egenskaper til byggevareer er dokumentert og at tilfredsstillende produktdokumentasjon er tilgjengelig før byggevaren omsettes, markedsføres, distribueres eller brukes i et byggverk»¹².

Kravene til dokumentasjon i kapittel 3 er en del enklere enn for byggevareer som skal CE-merkes, og man trenger ikke dokumentere flere produkt egenskaper enn de som strengt tatt er nødvendig for å vurdere byggevarens egnethet til bruk i et byggverk. Ifølge § 10 stilles følgende krav:

«Byggevareer som ikke er CE-merket skal ha slike egenskaper som, når byggevaren er forsvarlig benyttet, medvirker til at byggverk tilfredsstiller grunnleggende krav til:

- a) Mekanisk motstandsevne og stabilitet
- b) Brannsikkerhet
- c) Hygiene, helse og miljø
- d) Sikkerhet og tilgjengelighet ved bruk
- e) Vern mot støy
- f) Energiøkonomisering og varmeisolering
- g) Bærekraftig bruk av naturressurser.

¹⁰ <https://www.eota.eu/pages/etassessments/default.aspx>

¹¹ Intervju med Claus Juul Nielsen (4002)

¹² Den som omsetter er i forskriftsteksten definert som «Produsent, dennes representant, importør og distributør»

Vesentlige egenskaper skal dokumenteres i den grad de er nødvendig for vurdering av byggevarens egnethet til bruk i byggverk. Minst én egenskap skal alltid dokumenteres.».

Unntak fra krav om ytelseserklæring

Det er enkelte byggevarer som er unntatt krav om ytelseserklæring og CE-merking i byggevarereforordningen. Dette innebærer at det ikke er nødvendig med tredjepartsvurdering fra tekniske kontrollorgan¹³. Unntaket omfatter i hovedsak tre tilfeller:

Offentlig vernede byggverk

I restaureringsprosjekter kan eldre materialer ha stor verdi, eksempelvis koblede vinduer med ujevne glassflater og enkeltkrummet takstein av tegl¹⁴. I restaureringsprosjekter av vernede bygg vil materialene i noen tilfeller kunne omsettes og ombrukes uten dokumentasjon av egenskaper, etter unntak iht. artikkel 5, punkt 3 i Byggevarereforordningen:

Byggevaren er produsert på tradisjonelt vis eller på et vis som egner seg for bevaring av kulturarven og i en ikke-industriell prosess med sikte på hensiktsmessig rehabilitering av byggverk som er offisielt vernet som del av et fredet miljø eller på grunn av sin særskilte arkitektoniske eller historiske verdi, i samsvar med gjeldende nasjonale regler.

Spesifikt produserte varer

Spesifikt produserte byggevarer er unntatt, etter unntak iht. artikkel 5, punkt 1 i Byggevarereforordningen:

Byggevaren er individuelt produsert eller etter mål i en prosess som ikke innebærer serieproduksjon, for en bestemt ordre, og installeres i et enkelt, identifisert byggverk av en produsent som er ansvarlig for sikker innbygging av varen i byggverket, i samsvar med gjeldende nasjonale regler og under ansvaret til de som er ansvarlige for at byggverket oppføres på en sikker måte etter gjeldende nasjonale regler.

Byggevaren er produsert på byggeplassen

Byggevarereforordningen gjelder ikke byggevarer produsert på byggeplass av ansvarlig foretak i en byggesak.

Ombruk av byggevarer og krav til dokumentasjon

Ombruk eller omsetning av brukte byggevarer er ikke spesielt hensyntatt i byggevarereforordningen (eller DOK) og var heller ikke en målsetning i forbindelse med arbeidene med forordningen. Den er åpenbart

¹³ DiBK - <https://dibk.no/byggeregler/dok/veiledning-til/15.-byggevarer-som-er/>

¹⁴ Innspill fra Wærner, E. R. 2019

utarbeidet med formål å regulere nye produkter, men det er uklart om og i hvilken utstrekning brukte byggevarer er omfattet. I forordningen er en byggevare definert på følgende måte:

«byggevare» enhver vare og ethvert byggesett som er produsert og bragt i omsetning med sikte på å inngå permanent i byggverk eller deler av byggverk, og hvis ytelse påvirker byggverkets ytelse når det gjelder de grunnleggende krav til byggverket,»

Byggevareforordningen skiller på ulike roller eller markedsdeltakere i omsetningskjeden for byggevarer, som produsent, importør og distributør. Hvor produsent er den som fremstiller byggevaren i henhold til byggevareforordningen, og har det primære ansvaret for å utarbeidelse av dokumentasjonen for byggevaren (teknisk dokumentasjon, ytelseserklæring og påføring av CE-merke). Kravene for dokumentasjon til produsent tar blant annet utgangspunkt i produksjonsprosessen for byggevaren og kvalitetssikring av denne. Det er problematisk hvis brukte byggevarer omfattes av byggevareforordningen i og med at en selger av brukte byggevarer vil kunne bli omfattet av regelverket som produsent (se også nærmere om dette nedenfor). Som produsent legges det til grunn serieproduksjon og med standarder, kvalitets-, test- og kontrollsystemer utarbeidet for produksjonsfasen. Det er derfor usikkert hvordan dette regelverket skal etterleves for brukte byggevarer (ombruk).

Samtidig vil sannsynligvis de fleste brukte byggevarer som planlegges ombrukt i dag, være produsert og omsatt før byggevareforordningen trådte i kraft 1. januar 2014. Ifølge byggevareforordningens artikkel 66 (overgangsbestemmelser) skal en byggevare som oppfylte dokumentasjonskravene da den ble bragt i omsetning, anses å oppfylle kravene i byggevareforordningen. Det stilles ikke noen ytterligere dokumentasjonskrav til en produsent av en byggevare etter at byggevaren første gang ble omsatt eller «gjort tilgjengelig» på markedet.

Når det gjelder å omsette/ombruke byggevarer fra før byggevareforordningen ble gjeldende, blir det derfor i første omgang viktig å vite om det var dokumentasjonskrav i det dagjeldende regelverket og i så fall hvilke dokumentasjonskrav som ble stilt og finne den tilhørende dokumentasjonen for byggevaren (hvis det var et dokumentasjonskrav). Det å finne den tilhørende dokumentasjonen for byggevaren vil i mange tilfeller kunne være utfordrende. En neste utfordring er at byggevaren kan ha endret egenskaper i forhold til opprinnelig egenskaper og dokumentasjon. En byggevare kan endre egenskaper over tid (etter at den første gang ble omsatt) eller det kan være nødvendig/ønskelig å gjøre endringer på byggevaren før omsetning, som gjør at byggevarens egenskaper ikke lenger samsvarer med opprinnelig dokumentasjonen. Det er altså ikke alene nok å finne tilhørende dokumentasjon og at denne tilfredsstillende dagjeldende regelverk. Egenskapene til den brukte byggevaren må også samsvare med dokumentasjonen.

En byggevare fra før byggevareforordningen trådte i kraft kan således omsettes basert på dagjeldende dokumentasjon (hvis det var dokumentasjonskrav), hvis følgende betingelser er oppfylt:

1. egenskapene til byggevaren ikke er endret¹⁵,
2. byggevaren skal selges under opprinnelig produktnavn og
3. byggevaren skal selges med opprinnelig dokumentasjon.

I mange tilfeller med eldre byggevarer vil et eller flere av ovenstående punkter være vanskelig å oppfylle samtidig som det i mange tilfeller vil være ytterligere behov/krav som stilles i forbindelse med oppfyllelse av tekniske krav fra en kjøper/byggverket som byggevaren skal benyttes i.

I de tilfeller hvor man som selger av en brukt byggevare ønsker å gjøre endringer på den, deklarerer (nye) egenskaper, selge under eget produktnavn eller byggevaren har endrede egenskaper enn opprinnelig dokumentert, vil selger måtte innta rollen som produsent i henhold til byggevarerforordningen.

Bruk av brukte byggevarer

Det at en byggevare kan omsettes i henhold til DOK/byggevarerforordningen betyr nødvendigvis ikke at den kan brukes i et bygg, da omsetning og bruk reguleres i to forskjellige forskrifter. Tekniske krav til byggverk reguleres i Byggteknisk forskrift. Den nyeste forskriften er TEK17, som trådte i kraft 1. juli 2017.

Forskrift om tekniske krav til byggverk

Byggteknisk forskrift (TEK17) regulerer alle minimumskrav til byggverk som oppføres i Norge. Forskriften skal sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming, og ikke minst slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi.

Tabell 1: Fra Fjeldheim (2019)¹⁶

TEK 17 § 2-1
angir at det skal dokumenteres at krav i forskriften er oppfylt i det ferdige bygget. Det aksepteres at prosjekterings- og utførelses-standarder fravikes uten at det krever dispensasjon, men det må dokumenteres at de valgte ytelsene oppfyller funksjonskravene i forskriften på minst samme nivå som de preaksepterte. Krav til konstruksjonssikkerhet kan altså dokumenteres på annen måte enn ved å bruke Eurokodene, men dette er svært krevende og i praksis lite aktuelt. Ansvarlig prosjekterende må da dokumentere i byggesaken at det oppnås minst samme konstruksjonssikkerhet som om Eurokodene ble lagt til grunn. (Direktoratet for byggkvalitet, 2019)
TEK 17 § 2-3 (1)

¹⁵ I hvilken grad dette må dokumenteres eller sannsynliggjøres er foreløpig et åpent spørsmål

¹⁶ Ombruk av stålelementer på nye Ånestad kontrollstasjon, Enovaprojekt, Fjeldheim, H. (2019)

angir at det skal dokumenteres at de prosjekterte løsningene og produktspesifikasjonene oppfyller de fastsatte ytelsene. Alternativt kan løsninger dokumenteres i hvert tilfelle ved prøvning eller beregning etter standardiserte metoder. Dersom det ikke finnes relevante standardiserte metoder, kan det benyttes andre anerkjente metoder eller gjøres en dokumentert fagkyndig vurdering. (Direktoratet for byggkvalitet, 2019)

TEK 17 § 3-1 (2)

angir at det skal dokumenteres at produktene har de egenskapene som er nødvendige for at det ferdige byggverket skal tilfredsstillere kravene i forskriften.

I § 9-5. *Byggavfall* er det satt uttalte krav om produkter som kan inngå i en sirkulær økonomi:

(2) Det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning.

Kravet gjelder nybygg, men er ikke ansett som et operasjonalisert krav, og det er oss bekjent aldri blitt håndhevet. Det ligger en mulighet til å kreve mer ombrukbarhet her.

Andre relevante forskrifter

Det er også andre forskrifter og regelverk som kan være relevante i forhold til ombruk av byggevarer, som *Byggesaksforskriften (SAK10)*, *Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø* samt krav til *avfallsbehandling*. Disse er ikke nærmere gjennomgått i forhold til denne studien.

Oppsummering redokumentasjon

I forhold til redokumentasjon eller krav til dokumentasjon av brukte byggevarer er det spesielt to overordnede problemstillinger man står overfor:

1. Kan den brukte byggevaren redokumenteres for å tilfredsstillere krav for omsetning?
2. Kan den brukte byggevaren redokumenteres i forhold til de egenskaper som kreves for bruk i bygget den er tiltenkt omsatt til?

For å få til ombruk av en byggevare må man kunne redokumentere byggevaren i forhold til begge de to ovenstående punktene. Omsetning og bruk av byggevarer reguleres i to forskjellige forskrifter, henholdsvis *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)* som *Byggevareforordningen* er den del av, og *Byggteknisk forskrift (TEK17)*.

Byggteknisk forskrift (TEK17) regulerer alle minimumskrav til byggverk som oppføres i Norge. Tar man utgangspunkt i at den brukte byggevaren man ønsker å bruke ble produsert og omsatt flere år tilbake, kan nye tekniske krav være det reelle hinderet for ombruk eller at byggevarens ytelse/egenskaper reduseres over tid. Likevel vil det kunne være byggevarer som nødvendigvis ikke opplever en slik utvikling i økte krav og samtidig beholder sine egenskaper/ytelse godt over tid, eller som kan brukes eller kompenseres på andre måter i et nytt bygg.

I forhold til å kunne omsette en brukt byggevare vil det være nødvendig å avklare:

1. Når ble byggevaren først omsatt på markedet og hvilke krav til dokumentasjon var gjeldende for byggevaren på det tidspunktet?
2. Kan man fremskaffe opprinnelig dokumentasjonen i henhold til kravene for byggevaren fra når den ble først omsatt (hvis det var krav om dokumentasjon)?
3. Er byggevarens egenskaper uendret i forhold til de egenskaper som opprinnelig er dokumentert¹⁷?
4. Skal byggevaren selges med opprinnelig dokumentasjon og under opprinnelig produktnavn?

Det vil kunne være utfordrende å avklare eller imøtekomme alle ovenstående punkter for omsetning og samtidig kunne tilfredsstille kravene til bruk i nytt byggverk. Etter hvert som ulike prosjekter prøver ut dette i praksis vil det vises i hvilken grad man klarer å gjennomføre redokumentasjon. Får man til dette for enkelte byggevarer, vil det kunne danne praksis for tilsvarende.

Det problematiske med gjeldende regelverk er at en selger av brukte byggevarer vil kunne bli omfattet av regelverket som produsent i henhold til Byggevareforordningen, hvor dokumentasjon er basert på serieproduksjon med tilhørende systemer og testing. Det er usikkert hvordan dette regelverket skal etterleves for brukte byggevarer (ombruk).

¹⁷ I hvilken grad dette må dokumenteres eller sannsynliggjøres er foreløpig et åpent spørsmål

4. Lastbærende stålkomponenter

Ombruk av stål er beskrevet som en lavhengende frukt, som kan gi relativt store utslippskutt, spesielt i utviklede økonomier som i Nord-Europa. Stålbransjen i Nord-Europa er i ferd med å utvikle prosedyrer og systemer for ombruk av bærende stålkonstruksjoner. Dette arbeidet er pågående, og vi har tatt med noen av de nyeste og viktigste i litteraturstudien. En generell trend er at problemstillingen rundt CE-merking blir ansett som løst gjennom gjeldende regelverk, men at det foreløpig mangler praktiske eksempler på gjennomførte prosjekter.

Utslipp og potensielle besparelser

Nytt stål produsert fra malm (jomfruelig stål) har et tilknyttet utslipp på ca. 2,8 kg CO₂ ekv./kg stål. For et stål laget kun på nedsmeltet gjenvunnet stål er utslippet på ca. 1,35 kg CO₂ ekv./kg stål. Tallene er basert på produksjon, fabrikkasjon, montering og riving, inklusiv transport. Ombrukt stål vil til sammenligning ha et utslipp på ca. 0,24 kg CO₂ ekv./kg stål. Sammenlignet med resirkulert stål er det en reduksjon på ca. 82 %. Sammenlignet med malmbasert stål er reduksjonen på ca. 91 %. I virkeligheten vil stålbygg oftest bestå av en blanding av malmbasert og gjenvunnet konstruksjonsstål, men dette avhenger av stålverk.

Litteratur fra bransjen

I litteraturstudien ble det funnet tre grundige rapporter av nyere dato, som fokuserer på ombruk av bærende stålkomponenter. Alle er tydelige på at ombruk av stål er mulig innenfor dagens regelverk.

I den svenske teksten, *Återbruk av Stålkomponenter* (heretter *Återbruk*), beskriver at bærende stålkomponenter er egnet for ombruk. Det konkluderes med at ombruk av stålkomponenter er tillatt fordi ikke-standardisert stål kan brukes iht. SS EN 1090-1¹⁸, hvis det testes og dokumenteres.

¹⁸ ¹⁸ SS står for Svensk Standard, BS står for British Standard, og NS står for Norsk Standard. Det kan være små ulikheter for eksempel i form av nasjonale tillegg fra land til land, men det aller meste er likt.

I den norske rapporten, *Ombruk av stål og tilknyttede materialer*¹⁹ (heretter *Ombruk*), slås det fast at bærende stålkonstruksjoner er svært egnet for ombruk, men at det i dagens situasjon er store hindre på flere nivåer. Det konkluderes med at disse hindrene kan løses eller allerede ble løst under arbeid med rapporten.

I den britiske teksten, *Protocol for reusing structural steel* (heretter *Protocol*), som blant annet er utkast til en testprosedyre for redokumentasjon, beskrives det konkret hvordan refabrikkert ombrukt stål, det vil si stål som tilpasses ny bruk, CE-merkes i henhold til BS EN 1090-1, og dermed omsettes og anvendes innenfor det gjeldende regelverk.

Demontering av lastbærende stål

I rapporten *Ombruk* anbefales det at det er stålmonterere som gjennomfører demontering av stålkonstruksjoner, fordi disse har nødvendig utstyr og kompetanse²⁰. I et oppfølgingsprosjekt planlegges samtidig opplæring i demontering under monteringskurs²¹. Det blir også anbefalt å se på skrudde stålkonstruksjoner først fordi disse er lettere å demontere skånsomt²².

I *Återbruk* beskrives det at demontering er mulig, men burde oppmuntres: «*Formella och praktiska hinder för återbruk är överkomliga men för att det ska bli vanligare krävs en större tillgång på återanvända produkter. Värdet hos inbyggda komponenter bör uppmärksammas mer så att demontering väljs framför rivning när detta är möjligt och befogat ur ekonomisk synpunkt.*»²³

Det blir også foreslått et krav om å inkludere en ombruksanalyse som en del av riveplan, for å få innvilget rivesøknad, noe som kan føre til økt ombruk²⁴. I første omgang vil de enkleste og mest lønnsomme produktene ombrukes. En mer effektiv prosess vil etter hvert gjøre flere produkter lønnsomme å ombruke. Spesielt testkostnader vil bli drastisk redusert ved mer ombruk skriver forfatterne²⁵.

¹⁹ *Ombruk av stål og tilknyttede materialer*. Rapporten ble utarbeidet i samarbeid med Design og Arkitektur Norge (Doga) med støtte fra Innovasjon Norge.

²⁰ *Ombruk av Stål* s.33

²¹ *Ombruk av Stål* s.61

²² *Ombruk av Stål* s.11

²³ *Återbruk av Stålkomponenter* s.84

²⁴ *Återbruk av Stålkomponenter* s.84

²⁵ *Återbruk av Stålkomponenter* s.84

Utfordringer rundt demontering for ombruk varierer fra bygg til bygg, men mer vil kunne løses etter hvert som bransjen utvikler erfaring. Det finnes mange eksempler på demontering av skrudde stålkonstruksjoner. Demontering er ikke et problem ift. dagens regelverk.

Mellomlagring av ombrukt stål

I *Ombruk* foreslås det i hovedsak to løsninger for mellomlagring enten på lokale tomter (gjerne midlertidige) i kombinasjon med en nettløsning, eller gjennom de tradisjonelle stålgrossistene.

Nettløsningen for omsetting av ombruksstål beskrives som et nettbasert system der rivesøknader utløser tilgjengeliggjøring av ombrukbare byggevarer på en plattform, hvor man kan søke på materialtype, dokumentasjon og avstand. Dette vil også kunne fungere som en generell ombruksløsning for byggevarer, ikke bare for stål. Avstand er viktig fordi noen materialer mister noe av bærekrafteffekten ved ombruk hvis de må transporteres langt, som betong. Materialene kan da kjøpes/reserveres, demonteres, og leveres, helst til byggeplass. De kan også mellomlagres på sentrallager eller midlertidig ledige plasser i nærheten, igjen for å unngå unødvendig transport²⁶. Imidlertid viste brukerundersøkelser at stålbyggere ønsker å kjøpe alt sitt stål fra et sted og helst gjennom vante kanaler og forbindelser. Derfor kan det være en løsning at stålgrossister også tar inn ombrukt stål enten ferdig dokumentert eller for å redokumentere dette og tilbyr dette i tillegg til sitt nyproduserte sortiment²⁷.

Mellomlagring av stål krever lavt prisede, lokale tomter, gjerne i kombinasjon med et nettbasert handelssystem, eller integrering hos eksisterende stålgrossister. Mellomlagring er en økonomisk og logistisk utfordring med gode muligheter til løsning.

Bearbeiding av ombrukt stål

I *Ombruk* beskrives det at hvis det er nødvendig med bearbeiding, bør dette gjøres på verksted. «Bearbeiding kan innebære *oppretting* av lange produkter, *kapping*, *sveising*, *rustfjerning*, *overflatebehandling* (*maling*, *brannmaling*, og *galvanisering*), *hulltaking*, etc. Alle disse innebærer

²⁶ *Ombruk av Stål* s.55

²⁷ *Ombruk av Stål* s.64

endring av «vesentlige egenskaper²⁸», og krever derfor CE-merking.» Det vil si at det ikke skal store bearbeidingen til, for å skape et krav om CE-merking.

Hvilken bearbeiding som skal til, avhenger av tidligere bruk og ny bruk. I noen tilfeller vil ingen bearbeiding være nødvendig. Hvis en bjelke skal ta samme spenn som før, er skrudd heller enn sveiset, ikke har deformasjoner som krever oppretting, og overflatebehandlingen er uten stoffer på REACH²⁹ og intakt, og også møter brannkrav og designkrav i nytt bygg, vil man ikke behøve noen bearbeiding. Bearbeiding på verksted vil påvirke krav om CE-merking, mens bearbeiding på byggeplass vil ikke det.

Når det gjelder overflatebehandling, er det visse miljøgifter som forekomme som er til hinder for ombruk. Fra *Ombruk*:

Det er ingen spesielle krav i kjemikalielovgivningen til malte stålkomponenter som inneholder sink, PAH eller bisfenol A.

- Asbestholdig maling kan ikke gjenbrukes
- PCB-holdig maling kan ikke gjenbrukes. Klorkautsjuk maling kan inneholde PCB og dermed være forbudt.
- Det er ikke tillatt å gjenbruke produkter som inneholder kortkjeda klorparafiner
- Kadmiumholdig maling kan ikke gjenbrukes, jf. krav i REACH vedlegg XVII post 23 nr. 2 dersom de malte konstruksjonene inneholder kadmium (uttrykt som Cd-metall) i en konsentrasjon lik eller høyere enn 0,1 vektprosent av malingen/lakken eller det malte produktet.
- Blyholdig maling kan gjenbrukes, men dersom materialene skal bearbeides slik at blyholdig maling frigjøres til omgivelsene må arbeidstakere bruke riktig verneutstyr og malingrester samles opp og leveres til godkjent avfallsmottak³⁰.

Det er gjort for lite arbeid på dette til å vite andel av stål som vil kreve bearbeiding, men det vil også påvirkes av designet av det nye bygget. Hvis man tar utgangspunkt i stålet som det er, og tilpasser designet rundt dette, vil man behøve mindre bearbeiding. Bygg designet for demontering og ombruk vil også kreve mindre bearbeiding.

²⁸ De egenskapene ved byggevaren som gjelder de grunnleggende krav til byggverk.

²⁹ EUs kjemikalierregelverk - omtalt som REACH (Registration, Evaluation, Authorization of Chemicals)

³⁰ *Ombruk av Stål* s.22

Redokumentasjon av ombrukt stål

Ifølge *Ombruk* er et av de største hindrene for ombruk nettopp mangelen på prosedyrer for ombruk. Einar Braathu og Lasse Kilvær har hatt ansvar for å utarbeide nye prosedyrer for testing og redokumentering for ombruk av stål, som skisseres i rapporten³¹. I ettertid er det utarbeidet en prosedyre i Storbritannia, som foreløpig ikke er 3. parts verifisert, og en rapport som tar for seg prosedyre for ombruk i Sverige. De tre tekstene har store likheter.

Redokumentering gjelder både det å vise til egenskaper som oppfyller TEK17 og for å kunne lage ytelseserklæring og CE-merking for å oppfylle kravene i byggevareforordningen.

Byggevareforordningen og produksjonsstandarder

Konstruksjonsstål som benyttes som bestanddeler i fabrikkerte stålkomponenter dekkes av harmoniserte standarder med obligatorisk krav til CE-merking, etter 1. januar 2014. Ved produksjon av nytt konstruksjonsstål blir stålet CE-merket etter disse standardene:

Åpne profiler:	<i>NS-EN 10025-1</i>
Hulprofiler, varmformede:	<i>NS-EN 10210-1</i>
Hulprofiler, kaldformede:	<i>NS-EN 10219-1</i>
Plater:	<i>NS-EN 10025-1</i>

Tilvirkede lastbærende stålkomponenter har blitt obligatorisk å CE-merke etter 1. juli 2014 etter bare én standard: *NS-EN 1090-1:2009+A1:2011: Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumkonstruksjoner - Del 1: Krav til samsvarsvurdering av lastbærende komponenter*

For ombrukte stålkonstruksjoner gjelder da denne siste standarden, NS-EN 1090-1. I denne standarden er det referert til produktstandarder som gjelder i dag, som er listet opp over. Det er også beskrevet at det er mulig å bruke andre stål dersom egenskapene dokumenteres.

I *Återbruk av Stålkomponenter* beskrives det at ved ombruk av stål der dokumentasjon er tilgjengelig og stålet er produsert etter gjeldende standarder, er ikke-destruktiv testing tilstrekkelig for å bekrefte

³¹ *Ombruk av Stål* s.25

samsvar med produktstandarden. For eldre stål eller stål som ikke har dokumentasjon, kan ikke-destruktiv testing brukes til å dele produktene i materialgrupper³². Mekaniske egenskaper kan da bestemmes endelig gjennom destruktiv testing³³.

I *Ombruk* skisseres en prosedyre for å redokumentere stål. Prosedyren er delt opp i forskjellige scenarier med ulik tilgang på dokumentasjon: et for tilfeller med full dokumentasjon og sporbarhet, et uten noen dokumentasjon, osv. Det er også utarbeidet en oversikt over stålstandarder brukt i Norge gjennom hele etterkrigstiden³⁴. Ved hardhetstest kan man bestemme sannsynlig stålstandard og dermed flytegrense³⁵. På grunn av en viss usikkerhet ved denne prosedyren må materialets karakteristiske flytegrense, Fy.k, beregningsmessig reduseres med 10 %.

*«Dagens stålbyggande är en industriell process som involverar många olika aktörer på en internationell marknad. God samordning mellan aktörerna är viktig. Därför har en hög grad av standardisering utvecklats vilket bland annat kräver omfattande dokumentation.»*³⁶

Gruppering av ombruksstål

Gruppering foreslås i alle tekstene som metode for å begrense destruktiv testing.

-I *Ombruk* er prinsippet for testing at man ved bruk av eksisterende dokumentasjon, analyse og ikke-destruktiv testing lager grupper med stål der en komponent kan testes mer utførlig ved destruktiv testing. Som ikke-destruktive tester er det foreslått Vickers hardhetstest eller XRF på alle komponenter og OES for å bestemme karboninnhold.

-I *Återbruk* slås det fast at for eldre stål eller stål som ikke har dokumentasjon, kan ikke-destruktiv testing som hardhetstest eller spektrometer (XRF og/eller OES) brukes til å dele produktene i materialgrupper. Hardhetsprøving beskrives som enkelt og noe som gir konsistente resultater med lite spredning. Metoden kan brukes til å raskt dele produktene inn i homogene materialgrupper.

³² Materialgrupper er grupper med sannsynlig like egenskaper, som søyler fra samme levering og samme produsent, med samme funksjon og samme hardhet. Materialgruppering brukes for å minimere ressurskrevende testing. Se *Återbruk av Stålkomponenter* s.10

³³ *Återbruk av Stålkomponenter* s.2

³⁴ *Ombruk av Stål* s.29

³⁵ *Ombruk av Stål* s.25

³⁶ *Återbruk av Stålkomponenter* s.22

-I *Protocol* er det sentralt å gruppere fundamentalt identiske komponenter (en batch), hvor destruktive tester utføres på en eller flere komponenter, som antas å være representative for resten av gruppen. Definisjon på en gruppe er ifølge *Protocol* (alle 3 betingelser må være oppfylt):

- De er hentet fra samme konstruksjon
- De har samme serienummer og funksjon (f.eks. bjelker, søyler)
- De har alle samme materialegenskaper bestemt ved ikke-destruktiv testing av hver komponent.

Ikke-destruktiv testing: Hardhetstest

Hardhetstester er en type test der man slår en spiss, kule eller kjegle inn i et materiale, en eller flere ganger, og måler den permanente fordypningen som følger av dette. Hardhetstester gir ikke i seg selv en egenskap ved materialet, men heller et empirisk resultat hvor resultatet må ses i sammenheng med den spesifikke testmetoden. Hardhetstester blir mye brukt for prosesskontroll og inspeksjon, og resultatet brukes til å estimere mekaniske egenskaper som strekkfasthet.

Ettersom standardene man produserer stål etter er begrenset, er det tenkelig å finne frem til sannsynlig standard, og dermed en rekke andre kvaliteter, ved å anslå strekkfasthet gjennom hardhetstest.

Typer hardhetstest inkluderer Vickers, Brinell, Leeb, og Rockwell.

Ikke-destruktiv testing: Spektrometertest

I flere av prosedyreforslagene er det beskrevet bruk av spektrometer, mer bestemt XRF og OES. Analyse av kjemiske sammensetning med XRF-instrumenter kan brukes til grov sortering av stålsort eller analyse av overflatebehandling, ifølge *Återbruk*. XRF står for X-Ray Fluorescence, eller røntgenfluorescens på norsk. Det er en type spektrometertest som ikke gir informasjon om karboninnholdet. *Återbruk* beskriver videre at for å finne karbonekvivalenten, kan OES-instrumenter analysere de manglende legeringsstoffene, altså de XRF ikke kan, som inngår i beregningen av den. OES står for Optical Emission Spectrometry, og er en type spektrometertest. Metoden er tillatt som en "rutinemetode" i produksjonen av bærende stålkonstruksjoner, og gir raske og pålitelige svar i daglig kontroll.

Dommermetoder, som er til for å gi sikrere svar, og som utføres sjeldnere, er bl. a. destruktiv testing som skal brukes til sertifisering. Disse er mer ressurs- og kostnadskrevende³⁷.

I *Protocol* er det krav om at alt stål som tas ut til ombruk, skal inspiseres og testes etter prosedyren som beskrives lenger ned i denne teksten.

CE-merking

Ifølge *Ombruk* kan ombrukt stål CE-merkes under standarden NS EN 1090-1. Dette er nødvendig både 1) hvis man omsetter stålet, og 2) hvis vesentlige egenskaper endres. For å CE-merke ombrukt stål må et sertifisert stålverksted (stålfabrikk) ha prosedyrer for dette, basert på dokumentasjon/ materialsertifikat. «Ved ombruk på stedet i et rehabiliteringsprosjekt vil brukte produkter ikke være rammet av loven³⁸, ettersom komponentene aldri når markedet, men ombrukes direkte av samme eier»³⁹. Ved omsetning av brukte byggevarer, vil krav om dokumentasjon iht. DOK kunne tre inn.

Noen har tolket det dithen at dokumentasjonskravene for ombruksmaterialer er de samme som for nye materialer. Viktige konsekvenser av dette vil være at ombruksmaterialer vil kunne bli svært kostbare og at «ombruksprosjekter» vil øke i kompleksitet. I praksis blir imidlertid disse kravene sjelden fulgt opp, i den grad det utføres ombruk i dag. Vi har foreløpig ingen dokumenterte eksempler på det⁴⁰.

På spørsmål om hva som skal CE-merkes svarer Kjetil Myhre, daglig leder i Norsk Stålforbund, slik⁴¹: «I Tyskland sies det at man ikke kan CE-merke brukt stål, da EUs Byggevareforordning (Byggevareforskriften) kun omfatter nye byggevarer, mens i Storbritannia sier man at man skal CE-merke ombrukt stål. Jeg er enig med britene, hvis man omsetter brukte lastbærende stålkomponenter med endrede vesentlige egenskaper, så skal de CE-merkes.»

Men det finnes unntak, der man ikke skal CE-merke iht. NS-EN 1090-1⁴²:

³⁷ Fra *Återbruk av Stålkomponenter* s. 66: «För verifiering av kemisk sammansättning hänvisar SS-EN 10025 till den tekniska rapporten SIS-CEN/TR 10261:2013 som listar europeiska standarder för bestämning av kemisk sammansättning för järn och stål. (...) Enligt SS-EN 10025 får tillverkaren välja en lämplig metod. I SIS-CEN/TR 10261:2013 delas metoder och standarder in i referee methods som används vid certifiering och routine methods som kan användas för daglig kontroll.»

³⁸ Loven refererer her til CE-merking. Alle andre krav, som kravene i TEK, gjelder fortsatt.

³⁹ Sørnes et. al.

⁴⁰ Les mer om Norsk Stålforbunds råd rundt CE-merking her: http://www.en1090.no/CE_merking_av_stalkonstruksjoner.htm

⁴¹ Intervju med Kjetil Myhre (4014), gjort 11. september 2019

⁴² Intervju med Kjetil Myhre (4014), gjort 11. september 2019

- Hvis stålet ikke er lastbærende, skal det ikke CE-merkes etter EN 1090-1. Noen av disse produktene skal CE-merkes etter andre standarder, som fasadeplater⁴³.
- *Ståltrapper og stålrekkverk* som ikke bidrar til den bærende konstruksjonen, er unntatt fra CE-merking, ifølge EU-kommisjonen.
- *Stålgjerder* skal ikke CE-merkes.
- Hvis man *ikke omsetter* stålkomponentene, men bruker dem selv.
- Hvis man *ikke endrer vesentlige egenskaper*, men kun flytter bygget, skal man ikke CE-merke.
- Det finnes mange flere unntak⁴⁴.

I *Återbruk* står det at CE-merking gjøres av sertifisert foretak. Byggevareforordningen og SS-EN-1090-1⁴⁵ stiller ingen krav til arbeid som utføres på byggeplass, og slikt arbeid kan utføres uten sertifisering iht. SS-EN-1090-1. Videre står det at «I SS-EN 1090-2, avsnitt 5.2 ges krav för identifiering, kontrollintyg och spårbarhet. Här anges att levererade ingående produkters egenskaper ska vara dokumenterade på ett sätt som medger att de kan jämföras med föreskrivna egenskaper.»

I *Återbruk* er det fire beskrevne prosedyrer, der man velger fremgangsmåte avhengig av kvalitet på dokumentasjon og når stålet ble produsert. Jo bedre dokumentasjon, jo mindre testing (fra s.80).

Den britiske *Protocol* bemerker at materialegenskaper erklært under CE-merking-prosedyrer er utformet for å sikre at materialet er som angitt i prosjekteringen. De forutsetter at ved bruk av ombrukt stål er designet av det nye bygget basert på materialegenskapene (testet eller konservativt anslått) til det ombrukte stålet, og man opprettholder dermed forholdet mellom prosjekteringsforutsetninger og materialkapasitet. Det er derfor hensiktsmessig at refabrikkert, ombrukt bærende stål kan bli CE-merket i henhold til EN 1090⁴⁶. (Dette betyr at man prosjekterer / dimensjonerer stålkonstruksjonene basert på de materialegenskapene som påvises (enten testede eller konservativt antatte). Ifølge *Protocol* kan man da CE-merke re-fabrikkert stål iht EN 1090-1.)

Som i den norske rapporten, slås det i britiske *Protocol* fast at refabrikkert (bearbeidet, tilpasset) bærende stål må CE-merkes før omsetting. BS EN 1090-2⁴⁷ forventer generelt at "nytt" stål brukes i byggverk som angitt i punkt 5.1 i standarden. Ombrukt stål må klart behandles annerledes, da det kan ha blitt produsert etter en utgått standard og mest sannsynlig ikke kan knyttes til materialsertifikatet fra produksjonstidspunktet.

⁴³ <https://dibk.no/byggevarer/>

⁴⁴ En komplett liste fra EU-kommisjonen over produkter som ikke skal CE-merkes iht. EN-1090-1 kan leses her: http://www.en1090.no/Liste_over_produkter_som_ikke_er_dekket_av_1090-1_revD.pdf

⁴⁵ SS står for Svensk Standard, BS står for British Standard, og NS står for Norsk Standard. Europeiske standarder (EN) er dokumenter som er ratifisert av en av de tre europeiske standardiseringsorganisasjonene (ESO), CEN, CENELEC eller ETSI. Det kan være små ulikheter for eksempel i form av nasjonale tillegg fra land til land, men det aller meste er likt.

⁴⁶ *Protocol for reusing structural steelwork* s.3

⁴⁷ BS står her for *British Standard*, tilsvarende NS for *Norsk Standard*

BS EN 1090-2 tillater bruk av andre materialer, som følger:

If constituent products that are not covered by the standards listed are to be used, their properties are to be specified. The relevant properties to be specified shall be taken from the following list:

- a) strength (yield and tensile);
- b) elongation;
- c) stress reduction of area requirements (STRA), if required;
- d) tolerances on dimensions and shape;
- e) impact strength or toughness, if required;
- f) heat treatment delivery condition;
- g) through thickness requirements (Z-quality), if required;
- h) limits on internal discontinuities or cracks in zones to be welded if required.

In addition, if the steel is to be welded, its weldability shall be declared as follows:

- i) classification in accordance with the materials grouping system defined in CEN ISO/TR 15608 or;
- j) a maximum limit for the carbon equivalent of the steel, or;
- k) a declaration of its chemical composition in sufficient detail for its carbon equivalent to be calculated.

EN 1090-2 krever at dokumentasjon (som kan være testrapporter, kontrollsertifikater eller samsvarserklæringer) må brukes til å deklare de relevante materialegenskapene.

Ombruksprosessen

-Protocol anbefaler datainnsamling, inspeksjon og testing for å sikre at ombrukt konstruksjonsstål kan brukes sikkert i en ny kontekst. Visse konservative antagelser om materialegenskapene kan gjøres, eller man kan destruktivt teste for å bestemme egenskapene med større nøyaktighet. Det anbefales at den

eneste modifikasjonen som er nødvendig for prosjektering, er å verifisere stålkomponentens kapasitet mot instabilitet ved å bruke $(\gamma) M1 = 1.15$.

Prosessbeskrivelsen i Protocol⁴⁸:

1. En bygning blir gjort tilgjengelig for ombruk av det bærende stålet⁴⁹. Man skal vurdere brukbarheten av stålet, demonteringen av konstruksjonen, økte kostnader for skånsom rivning (demontering) etc.
2. En avtale etableres mellom grossist og selskapet som er ansvarlig for rivning.
3. Viktige detaljer om det forventede uttatte stål registreres som beskrevet i avsnitt 4.1.
4. Uttatt stål er mottatt av grossist, gruppert og oppført som beskrevet i avsnitt 6.1. Den nødvendige grupperingen har en viktig innvirkning på omfanget av testingen som kreves⁵⁰.
5. Stålkomponentene blir inspisert og testet i samsvar med § 4 med informasjonen som følger med lagerdataene. Testregimet innebærer en kombinasjon av ikke-destruktiv testing og valgfri destruktiv testing med mulighet til å gjøre konservative antagelser om visse materielle egenskaper. Testing kan gjøres når man ønsker, men selgeren av stålet er ansvarlig for å erklære de nødvendige egenskaper når stålet selges.
6. Stålet er solgt, med tilhørende deklarasjon av materialeegenskapene, av innehaver av uttatt stål.
7. Prosjektering og komponentkontroll er fullført med visse modifikasjoner, som beskrevet i avsnitt 3.

Prosessbeskrivelse ifølge Norsk Stålforbund (NSF) ved Kjetil Myhre⁵¹:

1. Gruppere like materialer via ikke-destruktiv testing og en grov vurdering
2. Samtidig eller senere: Destruktiv testing av et utvalg fra hver gruppe (må spesifiseres i en prosedyre)

⁴⁸ Protocol for reusing structural steelwork s.3

⁴⁹ 'blir gjort tilgjengelig' vil her si at noen ønsker å ombruke bygget, og eier av bygget åpner for dette.

⁵⁰ Med dette menes at hvis man kan gruppere stålet etter type, med samme egenskaper, kan hver av disse gruppene testes mer grundig via en eller flere representanter, heller enn å teste hver enkelt komponent grundig.

⁵¹ Intervju med Kjetil Myhre (4014), gjort 11. september 2019

3. Den prosjekterende ingeniøren får oppgitt egenskapene og har ansvar for å vurdere dem opp imot prosjekteringsstandarder.
4. Hvis egenskapene er i samsvar med dagens standarder, kan de brukes som om de var nytt stål.
5. Hvis de ikke oppfyller dagens krav, kan de ikke brukes.
6. Stålkonstruksjonen dimensjoneres og et produksjonsunderlag utarbeides som brukes i utførelsen.

Testing er krevende og ikke minst svært fordyrende, men antall tester kan begrenses med en god prosedyre og prosessbeskrivelse. Testing og redokumentering av lastbærende stålkomponenter er mulig innenfor dagens regelverk.

Hvilke stålkomponenter er bedre egnet for gjenvinning?

Det er en del stål som i fysisk forstand, ikke er egnet for ombruk. Dette avhenger av tidligere bruk, tilstand, hvilken standard stålet er produsert etter og ikke minst når stålet er produsert. Den tiltenkte bruken er også nevnt som en begrensning for ombrukt stål. Dertil kommer det som ikke blir ansett som egnet for ombruk på grunn av krav om dokumentasjon.

Det aller meste av stål som ikke er egnet til ombruk, er egnet til omsmelting (resirkulering).

Konstruksjonsstål utsatt for dynamiske laster/utmatting

Utmatting er et fenomen som kan føre til brudd hos materialer som er utsatt for vekslende spenninger under materialets bruddfasthet. Utmatting skyldes gjentatt plastisk deformasjon i mikroskala, som fører til sprekkdannelse, oftest i overflaten. Sprekken forplanter seg siden progressivt inn i materialet⁵².

Vekslende spenninger kommer fra dynamiske laster, som i tårn, bruer, og kranbaner. Mikrosprekkene som oppstår er vanskelige å oppdage, og krever grundige undersøkelser. Derfor anbefaler verken *Ombruk* eller *Protocol* ombruk av stålkomponenter fra konstruksjoner utsatt for dynamiske laster, og

⁵² Metallurgisk ordbok 2003

anbefaler at dette stålet heller kan smeltes om. *Protocol* advarer også mot å bruke ombrukt stål i konstruksjoner utsatt for dynamiske laster. Dette gjelder ikke vanlige vind-, snø- og brukslaste.

Konstruksjonsstål malt med giftige stoffer

Giftstoffer i overflatebehandlinger er et problem når det gjelder ombruk av konstruksjonsstål. Noen av disse kan overmales, andre må enten sandblåses eller skilles ut ved nedsmelting og dermed uten ombruk. Ifølge *Ombruk* er det for eksempel ingen spesielle krav i kjemikalielovgivningen til malte stålkomponenter som inneholder sink, PAH eller bisfenol A, og blymønjealkyd som er nær umulig å fjerne. Disse kan enten bli værende på eller overmales med egnet maling. Kortkjedete klorparafiner er derimot ikke tillatt til ombruk, og PCB og asbest er forbudt å omsette.

Konstruksjonsstål produsert før 1965-70

Konstruksjonsstål produsert før 1970 blir ikke anbefalt for ombruk i *Protocol*, fordi partialfaktorene (sikkerhetsfaktorene) i prosjekteringsstandardene er basert på forskning som startet i 1970. I *Ombruk* blir stål fra før 1965 ikke anbefalt brukt, fordi dette stålet har dårligere sveisbarhet.

Ifølge Norsk Stålforbund har britiske SCI⁵³ vært enig i at eldre stål fra før 1970, som ikke er sveist, bare boltet, kan brukes.

Begrensninger i bruk: EXC 3 og 4 -bygg

I *Protocol* anbefales det ikke at ombrukt stål brukes til EXC 3 bygg. Vi kan anta at det også gjelder EXC 4, og offshore. EXC er en forkortelse for Execution Class (utførelsesklasse). Det er fire utførelsesklasser, fra EXC1 til EXC4, der graden av strenghet øker fra EXC1 til EXC4, som betegner hvilken konsekvens det vil være om konstruksjonen bryter sammen. Forskjellige foretak kan være sertifisert til forskjellige nivåer av EXC, for eksempel EXC 2.

⁵³ *Steel Construction Institute* står bak *Protocol for reusing structural steel*

Begrensninger i bruk: Konstruksjoner utsatt for dynamiske laster/utmatting

Ifølge *Ombruk og Protocol* skal ikke ombrukt stål brukes i konstruksjoner som er utsatt for dynamiske laster/utmatting.

I Norsk Stålforbunds rapport *Ombruk* anbefales ikke ombrukt stål for bruk i konstruksjoner som er utsatt for seismisk påvirkning, da dette krever garantert duktilitet. (Norsk Stålforbund vil her skille mellom lav, medium og høy seismisk påvirkning og akseptere ombrukt stål i konstruksjoner med lav seismisk påvirkning).

Hvilke stålkomponenter er ikke egnet for ombruk eller gjenvinning?

Konstruksjonsstål utsatt for radioaktiv stråling

Stål utsatt for høye doser av radioaktiv stråling er en av de få tilfellene der stålet ikke er egnet for nedsmelting og resirkulering.

Konstruksjonsstål i grunnarbeid og fundamentering

Det stål som brukes til grunnarbeid og fundamentering, som stålpeler og stålrør, har lav grad av resirkulering. Dette er fordi stål som er gravd ned, boret ned, drevet ned eller støpt inn i betong under bakke- eller havnivå, er vanskelig, dyrt og arbeidskrevende å hente ut igjen. Lite av dette er praktisk mulig å ombruke eller gjenvinne. Alternativet er å ombruke fundamentene der de er. Midlertidige spuntvegger er imidlertid vanlig å ombruke.

Eksempler på ombruk av stål uten dokumenterte egenskaper

I bilag A i *Ombruk* presenteres 10 relevante ombrukseksempler med stål. 9 av 10 er fra Nord-Amerika, og ingen er bygget under dagens CE-merkingsregime. Det er også vist eksempler på omsetting av ombrukt stål, blant annet på den engelske landsbygda uten noen form for testing eller redokumentering. Rapporten fraråder slik praksis hvis vesentlige egenskaper endres, og anser det da som i strid med gjeldende standarder og regelverk.

Oppsummering lastbærende stålkomponenter

Alt tyder på at det er mulig å ombruke lastbærende stålkomponenter i Norge i dag. Det er mulig å teste og resertifisere ombrukt stål innenfor dagens regelverk, det er mulig å omsette stålet i henhold til Byggevareforordningen, og det er mulig å ombruke lastbærende stålkomponenter til bygg. Det er noe ulikhet i akkurat hvordan dette skal gjøres, men det innebærer alltid en fastsettelse av tekniske egenskaper. Hvorvidt produktene skal CE-merkes, er det uenighet rundt. Noen land mener at ombrukte lastbærende stålkomponenter ikke skal CE-merkes, fordi de allerede er (lovlig) omsatt. Norsk Stålforbund har en mer nyansert posisjon, der ombrukte produkter hvor vesentlige egenskaper endres før omsetting, skal CE-merkes. Hvis produktene bare demonteres og flyttes eller ikke bytter eier, er det ingen krav om CE-merking. Det må likevel dokumenteres at de har de nødvendige egenskapene som er forutsatt i prosjekteringen.

- Stål kan ombrukes i dag.
- Det må først lages en plan rundt demonteringen, som bør gjennomføres av et montasjefirma.
- Lokal mellomlagring vil kunne kreve at byggebransjen selv, eller noen med tilgang på ledige tomter, slik som kommunen eller staten, bidrar.
- Egenskaper må dokumenteres der det ikke finnes dokumentasjon. Det vil etter hvert komme prosedyrer for dette.
- Sertifiserte stålverksted må utføre eventuell bearbeiding.
- CE-merking er mulig innenfor dagens regelverk, hvis og når det er påkrevet.

5. Hulldekker i betong

Betong er en av de store avfallspostene som i masse, volum og vekt står for en betydelig andel av byggenæringens, og dermed verdens, CO₂-utslipp. Betong blir brukt i stor utstrekning, blant annet i form av plasstøpte dekker, bærende søyler, dragere, veggelementer, og etasjeskillere. Det pågår nå ulike FoU-prosjekter rundt om i Europa for å se på ulike måter å ombruke og materialgjenvinne betong i tillegg til en rekke forsøk med ulike måter å redusere CO₂-utslipp ved produksjon. Her i Norge pågår det nå målrettet arbeid med å demontere, kvalitetssikre og ombruke betonghulldekker.

Hulldekker er i den nederlandske teksten *Reuse of hollow core slabs from office buildings to residential buildings*⁵⁴ (heretter *Reuse of HCS*) beskrevet som elementer med sammenføyninger som relativt enkelt kan brytes, noe som åpner for skånsom demontering. Hulldekker leveres i praksis som et ferdig produkt med nødvendige iboende egenskaper, og krever i motsetning til plattendecker ingen kompletterende etterarbeid for å oppnå nødvendig lastbærende funksjon. Vi har derfor valgt å fokusere på ombruk av betonghulldekker i vår rapport.



Hulldekke under heising, for montering. Illustrasjonsfoto.

Hulldekker er i utgangspunktet prefabrikkert i lange lengder som kuttet til elementer etter angitte mål, som transporteres i stabler, løftes på plass enkeltvis med innstøpte løfteskrokar og anordnes på bærende konstruksjon av betong eller stål (søyler, bjelker og/eller veggelementer). En av utfordringene med ombruk av brukte hulldekker fra eksisterende bygg er at disse vanligvis har ikke-reversible sammenføyninger som endeforankring, fugestøp, og påstøp.

⁵⁴ Reuse of HCS (2012)

I den norske rapporten *State of Art*⁵⁵, som viser erfaringer med demontering av betongelementer fra et prosjekt i Pilestredet i Oslo, er det beskrevet at det også finnes bygg med gulvelementer i prefabrikkert betong hvor det ikke er lagt påstøp, men at løftetroker i de fleste tilfeller fjernes/skjæres bort etter innheising¹. Dette gjør ifølge rapporten demontering og nedheising mer komplisert og avhengig av ressursbruk knyttet til utførelse og kvalitetssikring av nye løftepunkter og/eller produksjon og bruk av egnet spesialutstyr/løftebukker.

I den nederlandske rapporten *Reuse of HCS* ble det sett på ombruk av betonghulldekker fra kontorbygg til boligbygg. Det poengteres at det miljømessige aspektet ved ombruk av betonghulldekker er stort da byggenes brukstid ofte er kortere enn de bærende betongkonstruksjonenes levetid og at betongdekkenes masse, volum og vekt vil ha stor betydning for CO₂-reduksjon ved vellykket ombruk.

«Ved ombruk av betong hulldekker, fremfor gjenvinning, oppnår man et høyere formål iht. Avfallshierarkiet. Dette impliserer positive miljø- og klimaeffekter da ombruk resulterer i at mindre energi og færre ressurser må benyttes til å bryte ned betongen, og mindre energi og færre ressurser må utvinnes, foredles og formes for å bygge nytt.»

(Nader, Reuse of HCS 2012.)

Pågående og avsluttede prosjekter i Norge

- **Nytt regjeringsskvalertal.** Byggherre Statsbygg og riveentreprenør Veidekke, år 2018-2019 (heretter *Nytt RKV*). Her jobber riveentreprenør med å kartlegge, demontere og videreformidle et betydelig volum brukte hulldekker fra to bygg, til to etterspørrende prosjekter.
- **Kristian Augusts gate 13.** Entra, 2018-2019: Entra jobber i dette prosjektet med å teste og kvalitetssikre og bruke kompatible hulldekkelementer fra regjeringsskvalertallet i sitt ombruksprosjekt i Kristian Augusts gate 13.
- **Enovaprojekt knyttet til hulldekker fra RKV.** Her skal Skanska i samarbeid med en rekke aktører i verdikjeden utrede en prosess for ombruk av hulldekkelementer som beslutningsunderlag for investering og utvikling av industriell prosessering av hulldekker for omsetning og ombruk.
- **The Hub.** Betonmast, 2017-2018: Elementvis demontering av bygg med betongkonstruksjoner i Oslo sentrum. Prosjektet måtte pga. plassmangel og sikkerhet demontere et helt bygg

⁵⁵ State of Art (2002)

elementvis og har i så måte dokumentert prosess, prosjektering, tid- og ressursbruk ved demontering av elementer ⁵⁶.

Demontering av hulldekker

Normal riveprosedyre for hulldekker er destruktiv, med nedtygging⁵⁷ og knusing³. Ved elementvis demontering kreves det en mer systematisk tilnærming med klarering av endestykker, montering av løftekroker, eller hulltagning for stropping, deretter skråløftes elementene slik at de knekkes fra hverandre og dermed kan heises ned stykkevis/elementvis. Rivemetoden påfører bruddbelastning og erfaringsmessig ujevne kanter. Destruktiv rive-/demonteringsmetode kan påvirke styrke og kvalitet. Det er også usikkert om støp i langsgående glidesjikt/ kantprofil løsner ved demontering eller må bearbeides for ombruk

Begge disse fremgangsmåtene er i utgangspunktet destruktive og ikke nødvendigvis direkte overførbare til ombruk. Et nyere eksempler på demontering er *Betongmast* transformasjon av Clarion Hotel The Hub i Oslo sentrum. Betongkonstruksjonene ble enkeltvis demontert, noe som ble dokumentert med timelapse-video^[1]. Demontering av hulldekker i dette prosjektet kan gi et godt bilde av nødvendig prosjektering, tid og ressursbruk, men det er som nevnt ikke gitt at rivemetode som er brukt, gir eller kan gi brukbare elementer for ombruk.

I den norske rapporten *State of Art* finnes erfaringer fra Pilestredet med demontering av DT-elementer (forspente ribbeplater) uten støpte sammenføyninger og overstøp. Det poengteres i denne rapporten at opprinnelige løftekroker så godt som alltid kappes eller bøyes etter montering, noe som gjør det nødvendig med andre løsninger ved demontering og utheising enn den brukt ved montering⁶. Den påpeker samtidig at demontering krever nøye planlegging, detaljering og nøye vurdering av SHA (Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø) knyttet til støv, støy og krefter. Operasjonen som er beskrevet for å frigjøre elementene, krever manuelt verktøy med høyt støynivå, og det er viktig at hørselvern med kommunikasjonsutstyr benyttes for å kunne varsle om eventuell fare/risiko. (State of art 2002)

I den nederlandske teksten *Reuse of HCS* påpekes det at betongens koblinger til byggets øvrige konstruksjoner er lett å bryte⁷. For hulldekker med glide/fugestøp og påstøpt dekke beskriver den nederlandske teksten to aktuelle metoder for fjerning av påstøp enten ved bruk av pigghammer (pneumatic hammer) som denne rapporten anbefaler, eller ved bruk av betongsag med diamantblad (the diamond saw). Teksten sier videre at det kun er behov for å fjerne påstøp ned til topp av hulldekke og at separasjon av elementene deretter kan gjøres ved bruk av kile og hammer. For nedheising av

⁵⁶ Link til timelapsevideo: <http://www.bygg.no/article/1331435>

⁵⁷ Nedtygging: Riving ved knusing av betongkonstruksjoner med gravemaskin med grabb som kan knuse betong. (betongtygger)

hulldekkeelementer poengteres det igjen at opprinnelige løftekroker sjelden bevares, og det anbefales løftegafler (fork) eller løftebukk med klypeanordning for elementer med to fristilte langsider (bucket for core slabs). Bruk av løftegafler anbefales. Dette betinger imidlertid fri tilgang til hulldekkene fra en av sidene. Dette beskrives i detalj i rapporten, med prosessbeskrivelse og illustrasjoner, hvordan man kan demontere hulldekkene ved å fristille dem fra veggelementer med betongsag, skråløft av veggelementer og systematisk demontering og utheising av hulldekkene⁵⁸.

I Norge har Oddvar Steinsholt, prosjektleder i Veidekke på prosjektet *Nytt RKV*, vurdert metode for skånsom demontering for ombruk av hulldekkene der: *-Vår erfaring tilsier at metode for demontering må vurderes for hver situasjon. -I prosjektet Nytt RKV, løfter vi ned lange elementer som senere kappes til riktig lengde, derfor benytter vi wirer nærme kanten med avstandsholdere slik at vi ikke får klem på elementet. Denne delen kappes så bort etterpå.*

På bakgrunn av egne erfaringer og kjennskap til denne type prosjekter kan vi legge til at det utformes stimplingsplaner i forkant av denne type arbeid for å sikre demonteringen. Vi har besiktiget pågående prosess fra gateplan og kan bekrefte at hulldekkene er stemplet opp fra undersiden⁵⁹.

Det finnes eksempler på mer eller mindre skånsom demontering av hulldekker selv om dette ikke er vanlig praksis i dag. Det er etablert få forbildeprosjekter der hulldekkene faktisk ombrukes eller testes etter slik demontering. Derfor må det gjøres mer praktisk arbeid og analyse på dette feltet før vi kan konkludere med at demontering ikke er en hindring for ombruk av prefabrikkerte hulldekker i betong.

Mellomlagring av ombrukte hulldekker

Mellomlagring av betonghulldekker er ressurs- og plasskrevende og kan kreve tiltak for fuktsikring avhengig av karboniseringsgraden⁶⁰. Eldre hulldekker kan være gjennomkarbonisert, noe som resulterer i at PH-verdien i betongen synker, noe som igjen øker faren for korrosjon av armeringsstålet ved fukt. Det er også et poeng å begrense klimagassutslipp fra transport for å ivareta elementenes positive resultater i livsløpsammenheng⁶¹.

I den nederlandske rapporten *Reuse of HCS* vises det til to prosjekter.

- I prosjekt nummer en ble elementene merket, nummerert og stablet i rekkefølge ved demontering for enkel koordinering av remontering av elementer i riktig rekkefølge. Elementene ble transportert direkte fra demonteringsprosjektet til en ledig tomt i nærhet av planlagt nybygg. Disse elementene ble ombrukt i et boligprosjekt.

⁵⁸ Reuse of HCS 2012

⁵⁹ Eid, M. Resirqel 2019

⁶⁰ Ref SINTEF flytskjema + definisjon karbonatisering

⁶¹ Ref til transport utslipp

- I prosjekt nummer to ble det ikke gjort noen systematisk merking av elementene ved demontering, og dette ledet til en uoversiktlig logistikkprosess som igjen ledet til en endelig avgjørelse om å ikke bruke elementene i planlagt nybygg.

Det påpekes at en registrering av elementene i en database i forbindelse med demontering vil være et nyttig steg i retning av å effektivisere og tilgjengelig gjøre denne type elementer fra en demontør til potensielle kunder⁶².

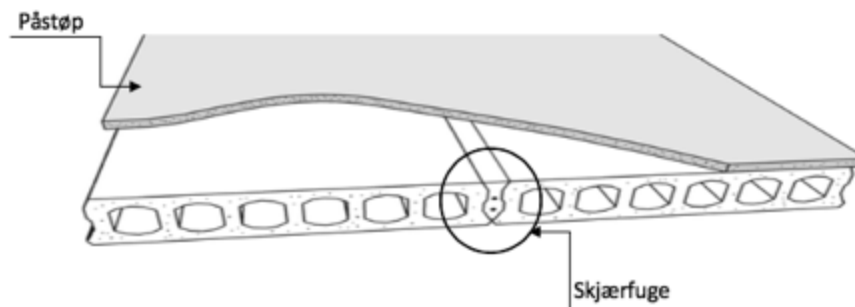
- **God merking, registrering og systematisk håndtering fra demonteringen, gjennom transport og lagringsfase, øker muligheten for vellykket remontering og ombruk.**
- **Det kan være nødvendig at elementene sikres mot regn og annen fukt ved demontering eller snarlig etter demontering, avhengig av karbonatiseringsgrad.**
- **Kortreiste elementer gir best klimaeffekt.**

Bearbeiding av ombrukte hulldekker

Vi finner lite om bearbeiding av hulldekker i litteraturen, men de norske prosjektene *KA13* og *Nytt RKV* har kartlagt følgende uavklarte forhold:

- **Påstøp:** Ved ombruk i *KA13* ønsker Entra i utgangspunktet å benytte hulldekkeelementer uten påstøp. Ved montering av Hulldekker, legges det stort sett alltid på et armert lag med påstøp oppå dekkene, og det er usikkert om påstøp løsner eller må fjernes ved bearbeiding før ombruk.
- **Fugestøp:** I langsgående skjøt har hulldekkeelementene en fuge/profil for å ta opp skjærkrefter mellom elementene etter montasje. Dette gjøres ved at fugen støpes ut etter innheising. Denne refereres til som skjærfuge i nedenstående bilde.

⁶² Reuse of HCS



Figur 2: Påstøp og skjærfuge

I den nederlandske rapporten *Reuse of HCS* antydes det at den begrensede styrken i det sand-/sementbaserte påstøpet, gjør at det mest sannsynlig løsner ved demontering, da nedkraning og stabling av hulldekker på annet underlag vil resultere i endring i dekkets spenn fra dets fastmonterte posisjon. Dersom påstøpet ikke løsner, foreslås det i teksten at dette etterarbeidet gjennomføres med kile og slegge/hammer⁶³.

Oddvar Steinsholt, som er prosjektleder for Veidekke på prosjektet, har følgende kommentar: - *Vedrørende påstøp og fuge er vår erfaring at det er tilfeldig om det løsner eller ikke. Men vi har gjort forsøk for å sjekke hvor godt det sitter med håndholdt tung elektrisk pigghammer med flat meisel.*

Det er som utgangspunkt gitt at de aller fleste monterte betonghulldekker har påstøp og fugestøp, Påstøp kan variere i tykkelse, type og om det er benyttet ulik armering, og både påstøp og fugestøp kan være støpt med ulik sement-/betongkvalitet. Dette påvirker behovet for bearbeiding da det kan variere fra tynne lag med påstøp som løsner lett til tykke lag med påstøp med armeringsnett som har heftet godt til hulldekkene. (*Reuse of HCS (2012)*)

Det er derfor nødvendig å anta at det må påberegnes bearbeiding av stort sett alle betonghulldekker for ombruk.

⁶³Reuse of HCS (2012)

Redokumentasjon av ombrukte hulldekker

Ved bruk av hulldekker i bærende konstruksjoner er dokumentasjon og kvalitetssikring av blant annet styrke, kvalitet og kjemisk sammensetning kritisk. I noen tilfeller finnes eksisterende dokumenter, i andre tilfeller kan manglende eller ingen dokumentasjon kreve full redokumentasjon. I begge tilfeller er testing og prøvetaking viktig for å sikre hulldekkeelementenes tekniske kvalitet.

I den norske rapporten *State of art* (2001) vises det til demontering og remontering av den svenske CM fabrikken hvor man hadde eksisterende dokumentasjon, og hvor det ikke var gjort endringer i tekniske beskrivelser fra byggeår 1986 til ombruksår 1996. Dette muliggjorde effektiv remontering uten tid- og kostnadskrevende resertifiseringer og tilpasninger. Prosjektet ble altså gjennomført før byggeveireforordningen tredde i kraft, og det er derfor ikke gjort vurderinger knyttet til CE-merking og forsvarlig omsetning⁶⁴.

I Entra-prosjektet i Kristian Augusts gate 13 (*KA13*) er det i regi av Futurebuilt etablert tverrfaglige samarbeid, i form av workshops, hvor blant andre Sintef, Kontrollrådet for betong, Stålforbundet, Rambøll (RIB i prosjektet), Resirqel, Insenti og Asplan Viak har utarbeidet forslag til prosedyrer for kvalitetssikring og dokumentasjon av brukt stål og betong. Bygget og byggets materialer skal kunne møte alminnelige krav iht. TEK17, så vel som krav i Byggevaredirektivet (DOK). Det er i samme prosjekt, ved hjelp av advokatfirmaet Kluge, utarbeidet et notat med tolkning av regelverket knyttet til ombruk, spesielt opp mot Byggevareforordningen. Kluge har også bistått Entra i utforming av avtaler knyttet til ansvarsforhold ved omsetning/kjøp av hulldekker og andre brukte byggevarer med ulik årgang og som har medfølgende eller ikke medfølgende dokumentasjon.

«Et viktig mål i KA13 er å utvikle prosedyrer for forsvarlig kvalitetssikring og dokumentasjon av brukte byggevarer og produkter basert på gjeldende krav. Prosedyrer og juridiske tolkninger som vi kommer fram til, skal kunne muliggjøre ombruk i dette og fremtidige prosjekter»

Anne Sigrid Nordby, Asplan Viak

⁶⁴ *State of art* (2002) s.

Prosjektet har blant annet utviklet prosedyrer for testing og dokumentasjon som vi vil beskrive nærmere under punktet *Ikke-destruktiv testing*. I den nederlandske rapporten *Reuse of HCS* stadfestes det at hulldekker ikke mister sin styrke ved normal bruk som etasjeskiller i bygg, men at det kun ved overbelastning er risiko for redusert styrke⁶⁵.

For blant annet å kjenne opprinnelig styrke behøver man opprinnelig dokumentasjon. I dag overleveres bygg ofte med utilstrekkelig dokumentasjon. BIM-modeller blir for eksempel sjelden oppdatert ved endringer etter prosjektering. I tillegg har ansvarlig foretak kun 5 års krav på å oppbevare produktdokumentasjon (SAK10 §12-6 (2)). I den nederlandske rapporten anbefales det en obligatorisk as-built dokumentasjon ved byggets ferdigstilling, for faktisk dokumentasjon av bygningens komponenter. Det vises til at det burde vært en felles database for as-built dokumentasjon.

For testing av brukte prefabrikkerte betongelementers egenskaper anbefales det i rapporten både destruktiv og ikke-destruktiv testing.

Destruktiv testing

Den destruktive testingen er iht. *Reuse of HCS* nødvendig for å nøyaktig bestemme/dokumentere de prefabrikkerte elementenes betongkvalitet, og destruktiv testing er også nødvendig for å bestemme/dokumentere kvalitet på armeringen. Den destruktive testingen må/skal utføres på et utvalg elementer i overensstemmelse med NS-ISO 2859. Med resultatene og dokumentasjonen av disse elementene vil resten av elementene kunne kvalitetssikres ved ikke-destruktiv testing.

Ikke-destruktiv testing

I KA13-prosjektet har arbeidsgruppen⁶⁶, ved hjelp av Tore Myrland Jensen fra Sintef utarbeidet et flytskjema for prosesser ved prosjektering, dokumentasjon og utførelse ved bruk av brukte hulldekkeelementer i nytt bygg. Flytskjemaet sammenstiller en kolonne med krav til produksjon av nye elementer og en kolonne med krav til ombruk av eksisterende elementer. Prosedyrer for kvalitetssikring ifm. produksjon av nye hulldekker skal utføres iht. EN-NS 1168 og kvalitetskrav til byggevarer som skal

⁶⁵ Reuse of HCS (2012) S.

⁶⁶ Intervju med Christian Wittrup (4011)

nyttiggjøres i bygg iht. TEK17. I tillegg til armeringsjernenes stål kvalitet vil også antall og plassering av armeringsjern i elementet måtte avklares/bestemmes/dokumenteres.

NYTT BYGG

EKSIST. HD-ELEMENTER / EKSIST. BYGG

A) GENERELLE YTELSESKRAV -
 Fastsettes for hvert enkelt HD-element:
 - Krav til bestandighet:
 - Dim. brukstid nytt bygg: t_{bruk} [år]
 - Eksponeringsklasse: XC1/XC3 (NS-EN 1992-1-1)
 - Krav brannmotstandsklasse: REI XX [min]
 - Bruksgrensekraft:
 - Maks nedbøyning: Δ_{max} [mm]
 - Egensvingefrekvenser: evt. ω_{min} [Hz]
 --> Krav til bøyestivhet: EI_{min} [Nmm²]

B) PÅFORTE DIM. LASTER OG LASTKOMB. -
 Fastsettes i ULS, SLS og ALS, inkl. beregning av tilhørende lastvirkninger for hvert enkelt HD-element i ULS og ALS:
 - Dim. momentvirkning: M_{Ed} [kNm/HD]
 - Dim skjærvirkning: V_{Ed} [kN/HD]
 (tilsv. prosjekter med bruk av tradisjonelle/nye elementer)

C) KRAV TIL DIM. KAPASITETER OG STIVHET -
 Fastsettes for hvert enkelt HD-element:
 - Krav dim. momentkapasitet: $M_{Rd} \geq M_{Ed}$ (ULS og ALS)
 - Krav dim. skjærkapasitet: $V_{Rd} \geq V_{Ed}$ (ULS og ALS)
 - Krav bøyestivhet: $EI \geq EI_{min}$ (SLS)
 $\Delta \leq \Delta_{max}$ (SLS)
 evt.: $\omega \geq \omega_{min}$ (SLS)

E) DETALJPROSJEKTERING -
 Utføres for eksisterende HD-elementer i nytt bygg, tilsvarende som ved tradisjonell prosjektering av nye HD-elementer:
 - Elementplaner (montasjeplaner)
 - Knutepunkter
 - Etc.

+ Definere plangeometri inkl. krav til toleranser (plan) for hvert enkelt HD-element i nytt bygg.

Merknad:
 Detaljering av avstivningssystem og sammenkobling av elementer (langs fuger, langs siderender og ved endeopplegg) må i tillegg tilpasset det som er praktisk mulig, se pkt. 10) og 11). Dette i tillegg til tilfredsstillelse av tilstrekkelig kapasitet i slike sammenføyninger (mht. skivekrefter og motvirkning av vertikale differansebevegelser mellom elementer i felt).

12) UTFØRELSE -
 RE-MONTERING AV HD-ELEMENTER I NYTT BYGG
 (tørr montasje)

1) FINNE EKSIST. BYGG / DE-MONTERTE HD-ELEM.

2) INNLEDENDE KARTLEGGING / VURDERING:
 - Fremskaffe eksisterende FDV-dokumentasjon
 NB! Tegninger (elementtegninger og elementplaner)
 - Generelt mht. miljøbelastning (eksponering) og alder

3) BEREKNING AV HD-ELEMENTETS YTELSE:
 - Dim. momentkapasitet: M_{Rd} [kNm/HD]
 - Dim. skjærkapasitet: V_{Rd} [kN/HD]
 - Bøyestivhet: EI [Nmm²]
 - Brannmotstandsklasse: RXX [min]

4) KONTROLL MOT YTELSESKRAV I NYTT BYGG

5) FYSISK KARTLEGGING (destruktiv/ikke-destruktiv):
 - Fastsette betongtrykkfasthetsklasse: BXX
 - Måling av karboniseringsdybder: D_{CO2} [mm]
 - Måling av kloridinnhold / kloridprofil: Cl [%]
 --> Beregning restlevetid (karbonatisering): t_{res} [år]

6) PROSJEKTERING - DE-MONTERING AV HD-ELEM.:
 - Tegning av sageplaner
 - Tegning av løftekrokar (innfesting og plassering)
 - Utarbeidelse av beskrivelser. NB! Hindre skade
 - Dokumentasjon av bæreevne i demonteringsfase:
 - Globalt for eksisterende bygg
 - Lokalt for hvert enkelt HD-element

7) UTFØRELSE - DE-MONTERING AV HD-ELEMENTER

8) ENDELIG KARTLEGGING AV HD-ELEMENTER:
 - NB! Oppmåling av HD-tverrsnitt:
 - Antall kabler, kabelareal og kabelplassering
 - Betong-/hulltverrsnitt
 - Kontrollere mot fremskaffet dokumentasjon (se pkt. 2)
 - NB! Kartlegging av evt. skader, inkl. rissdannelser

9) EVT. FULLSKALAPRØVING:
Merknad: Behov avklares i hvert enkelt tilfelle, avhengig av tilstand, utnyttelsesgrad, dimensjonerende bruddform, etc. Avhengig av tilgang på element kan dette evt. utføres som innledende kartlegging under pkt. 2).

10) PROSJEKTERING - TILTAK FOR HVERT HD-ELEMENT:
 - Metode for rehabilitering av eksisterende utstøpte fuger, etc.
 - Metode for evt. utbedring av skader (mekaniske reparasjoner)
 - Evt. tiltak for økt brannmotstand
 - Evt. tiltak for økt motstand mot karbonatisering (øke t_{res})

11) UTFØRELSE -
 KLARGJØRING AV HD-ELEMENTER FOR
 RE-MONTERING

Ikke OK

Kontroll

OK

Kontroll: $t_{res} \geq t_{bruk}$

OK

Ikke OK

Input

Evt. tilbake til pkt. 1)

Verifisering

Kalibrering av beregninger. Dokumentasjon ved kombinert prøving og beregning

6) og 7) kun aktuelt når HD-elementer ikke allerede er demontert (på lager)

CE-merking

CE-merking av nye hulldekker gjøres etter harmonisert standard for hulldekker. Dette innebærer at produsent, produksjonsprosesser, og produkt skal kvalitetssikres og merkes iht. den europeiske byggevareforordningen. For å avdekke om harmonisert standard gjelder for brukte hulldekker må det avklares hvilket år produktet ble produsert og hvilke krav og regelverk som var gjeldende på produksjonstidspunkt. Mer om dette finner du under det generelle kapittelet som tar for seg redokumentasjon.

I et nylig initiert FoU-prosjekt støttet av Enova vil Skanska, Statsbygg, Omsorgsbygg, OBOS, Veidekke, Contiga, Kontrollrådet for betong og NTNU se på prosessutredning for ombruk av hulldekkerelementer fra Regjeringskvartalet i nybyggprosjektene Oslo Storbylegevakt. Her kartlegges prosesser fra avhender Statsbygg, understøttet av riveentreprenør Veidekke, via betonghulldekkereleverandøren Contiga for kvalitetssikring, til Omsorgsbygg og Obos som planlegger oppføring av nybygg med brukte hulldekker.

-Dette kan danne grunnlaget for å implementere industrielt ombruk av hulldekkerelementer i byggebransjen i Norge. (Sitat Henning Fjeldheim, Skanska)

En ombruksprosess av hulldekker vil begynne med å finne og systematisere eksisterende dokumentasjon, enten fra bygget, ansvarlig prosjekterende, ansvarlig utførende, eller fra produsent. (Bygget er da å forstå som byggherre, det aktuelle bygget og dets mulige arkiver.) Herunder produksjonsår, produsent, tekniske krav fra produksjoner, snitt-tegninger.

Full redokumentasjon av hulldekker avhenger av om de skal CE-merkes eller ikke. Det er mulig å bestemme karboniseringsgrad, plassering av armering, stål kvalitet og kloridinntrenging ved ikke-destruktiv testing samt styrke og nedbøyning ved destruktiv testing. Man kan derigjennom oppfylle TEK. Det er imidlertid ikke beskrevet prosedyre for CE-merking av ombrukte hulldekker, og etter alt å dømme vil dette være svært vanskelig, om ikke umulig, da ordningen med CE-merking retter seg mot kvalitetssikring ved nyproduksjon og produksjonsrutiner.

Hvilke betongprodukter er bedre egnet for gjenvinning?

Knust betong som tilslag

I den danske teksten *Lendagers A changemaker's guide to the future*⁶⁷ (heretter *Changemaker's*) får vi et innblikk i deres forsøk med knust betong som tilslag i ny betong, i prosjekter som Upcycle Studios.

I den norske rapporten *State of Art* ser vi at knust, brukt betong som tilslag er møysommelig testet og dokumentert her i Norge blant annet i RESIBA-prosjektet, allerede i 1999-2000⁶⁸. I flere kommuner i Osloregionen og nasjonalt ble det testet bruk av knust betong som tilslag i plasstøpte konstruksjoner i en rekke offentlige bygg. Prosjektresultatene viser en positiv økonomi, gjennomførbarhet og kvalitet, men det er usikkert om klima hadde samme fokus da som nå og om man gjennomførte LCA-analyser for betong med tilslag av knust betong. Ytterligere analyse av resultatene av RESIBA-prosjektet vil være nyttig å gjennomføre for å vurdere blant annet CO₂-reduksjon.

I boken *Changemaker's* beskriver de i prosjektet *Upcycle Studios* eksperimentering med ulikt brukspotensiale for betong og har etter det vi kan finne, fokusert på ombruk av knust betong som tilslag i nyproduksjon av betongelementer, og plass-støpt betong til toetasjes boligbygg.

Dette har både et potensial til å redusere ressursforbruk og begrense avfall, herunder deponi. Det er usikkert om og heller lite sannsynlig at CO₂-regnskapet vil bli positivt påvirket dersom man erstatter alt tilslag med knust betong da dette i motsatt ende kan påvirke behov for sement med høyere styrke der betong skal tilfredsstille krav til styrke og kvalitet ved bruk i bærende konstruksjoner i bygg.

Dette er et komplekst tema som det er jobbet mye med i Norge siden 2000-tallet, og vi har etter samtaler med en av Sintefs spesialrådgiver Christian Engelsen latt oss fortelle følgende: *-Det er i utgangspunktet fullt mulig å oppnå gode resultater på kvalitet og CO₂-regnestykke med knust betong som tilslag i ny betong. Både kvalitet og CO₂-regnestykke avhenger av hvilken kvalitet den tilførte knuste betong har og hvor mye av det originale tilslaget som erstattes med knust betong. I motsatt ende er det avgjørende hva slags kvalitet den nye betongen skal inneha, hvilket bruksområde og misjon den skal ha og hvilke fasthetskrav den skal tilfredsstille.*

Materialgjenvinning av betong gjennom nedknusing til tilslag, gir mindre ressursforbruk og mindre avfall. Ved bruk av knust betong som tilslag, produserer man et nytt produkt med mulighet for dokumentert kvalitet, CE-merking og lovlig omsetning. Gjenvinning tar ikke vare på den investerte energien i betong slik ombruk vil, men det reduserer behovet for uttak av ny grus fra jomfruelig land

⁶⁷ A changemaker's guide to the future (2018) Lendager Group

⁶⁸state of Art (2001)

og for å gjøre endringer i naturen når man tilrettelegger for deponi, noe som i ytterste konsekvens kan medføre geologiske endringer i områder med unik natur.

Materialgjenvinning av betong er også berørt av problematikk rundt krom IV og andre tungmetaller. Det kan være en interessant løsning på denne problematikken, fordi stoffene bindes i nye produkter, men samtidig skal man være oppmerksom på at knusing øker faren for spredning av disse stoffene. Det er i dag satt gitte normverdier for innhold av ulike tungmetaller i betong. Dersom prøver viser verdier over normverdi, begrenser dette muligheten for bruk av knust betong til stedlige masser, og det krever avhending til godkjent deponi. Det kan i hvert enkelt tilfelle søkes Miljødirektoratet om tillatelse til å bruke knust betong med for høye normverdier, men det er etter hva vi kjenner ingen generell prosedyre for vurdering av dette. Det virker som om hver enkelt søknad behandles individuelt og at det vurderes utfra ulike kriterier som blant annet størrelse på avvik fra normverdi, tiltakets omfang, beliggenhet og tilretteleggelse for å hindre spredning, og klima- og miljøbelastning ved transport.

Hvilken betong er ikke egnet for ombruk eller gjenvinning?

Av de store mengdene betong som rives i dag er det svært mye som ikke kan ombrukes. Noe av dette kan gjenvinnes, som diskutert under eget punkt, mens resten krever andre nedstrømsløsninger, hovedsakelig deponi.

Så å si all betong inneholder tungmetallet krom 6. I Norge er den lovlige normverdien for dette tungmetallet lav, noe som begrenser utstrakt bruk av knust betong som fyllmasse.

Betong som verken kan ombrukes eller gjenvinnes inkluderer elementer med helse- og miljøfarlig innhold og/eller helse- og miljøfarlig overflatebehandling, betong i fundamentering eller på andre vanskelig tilgjengelig steder og betong som er blandet med andre produkter og på en ikke-adskillbar måte.

Eksempler på ombruk av hulldekker uten dokumenterte egenskaper

Det er ikke sett nærmere på ombruk av hulldekker uten dokumentasjon.

Oppsummering hulldekker i betong

Mye FoU er allerede gjennomført hva kommer til praktisk testing av ombruk av hulldekker i betong. I de ulike rapportene vi har studert, beskrives ulike prosjekter hvor man har testet de ulike prosessene fra

demontering, mellomlagring til bearbeiding, testing og remontering i nybygg. Fra disse eksemplene kan det hentes ut verdifulle tall og beregninger knyttet til økonomi, tid, kvalitet og klimaeffekt.

Noe av utfordringen vil ligge i å etablere repeterbare metoder for skånsom, tids- og kostnadseffektiv demontering.

Dernest vil håndtering og mellomlagring med kortest mulig transport måtte løses. Transport og mellomlagring på sentrale lagringsplasser er både ressurs- og plasskrevende, og det vil kreve vilje til å investere i sentrale ombrukslagre med nødvendig kapasitet. Her er det nærliggende å peke på at både private og offentlige aktører med eksisterende sorteringsanlegg for avfall kan og vil måtte ta en rolle.

Det finnes per i dag ikke standardiserte prosesser eller metoder for testing, kvalitetssikring og redokumentasjon av brukte hulldekker for å dokumentere egenskaper, både i forhold til tilfredsstillelse av byggetekniske krav for ombruk i nytt bygg og i forbindelse med omsetning. Men her vil det kunne komme viktige erfaringer fra pågående prosjekter.

6. Murstein av tegl

Murstein av tegl er et robust materiale med lang levetid. På grunn av en energikrevende produksjonsprosess har det et høyt utslipp av klimagasser per kvadratmeter fasade, sammenliknet med andre kledningsmaterialer⁶⁹. Dette, kombinert med at det er en standardisert byggevare, har murstein av tegl et stort potensial for ombruk.

Avfallsmengde

I avfallsstatistikken til SSB rapporteres tegl og betong kombinert. Som vist i Tabell 2 utgjorde kategorien «Tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer» til sammen 37 % av total byggavfall i Norge i 2017.

Tabell 2 Utdrag av byggavfallsstatistikk⁷⁰

	Avfallsmengde 2017 (tonn)	Andel av totalt byggavfall
Materialtyper i alt (totalt byggavfall)	1896557	100%
Tegl og betong og andre tyngre bygningsmaterialer	702325	37 %

Potensiell reduksjon av klimagassutslipp ved ombruk av murstein av tegl

Europeiske EPDer for murstein i tegl, i OneClick LCA, har et klimagassutslipp som spenner mellom 0,16-0,26 kg CO₂ ekv./kg murstein Dette inkluderer ikke transport. Ifølge Ecoinvent⁷¹ er klimagassutslippet fra gjennomsnittlig produksjon av murstein av tegl i Europa 0,244 kg CO₂ ekv./kg⁷² som stemmer overens med intervallet av EPDer. Ifølge Figur 4 er omtrent halvparten av dette forbundet med energiforbruk i forbrenningsprosessen. Ved behov for ombrenning i Danmark for å øke frostmotstandsevnen vil transport til Danmark vil utgjøre ca 0,043 kg CO₂ ekv./kg⁷³. Det er også muligheter for å redusere miljøbelastning fra transport og forbrenning ved å utnytte returtransport og

⁶⁹ Sørnes et. al. (2014)

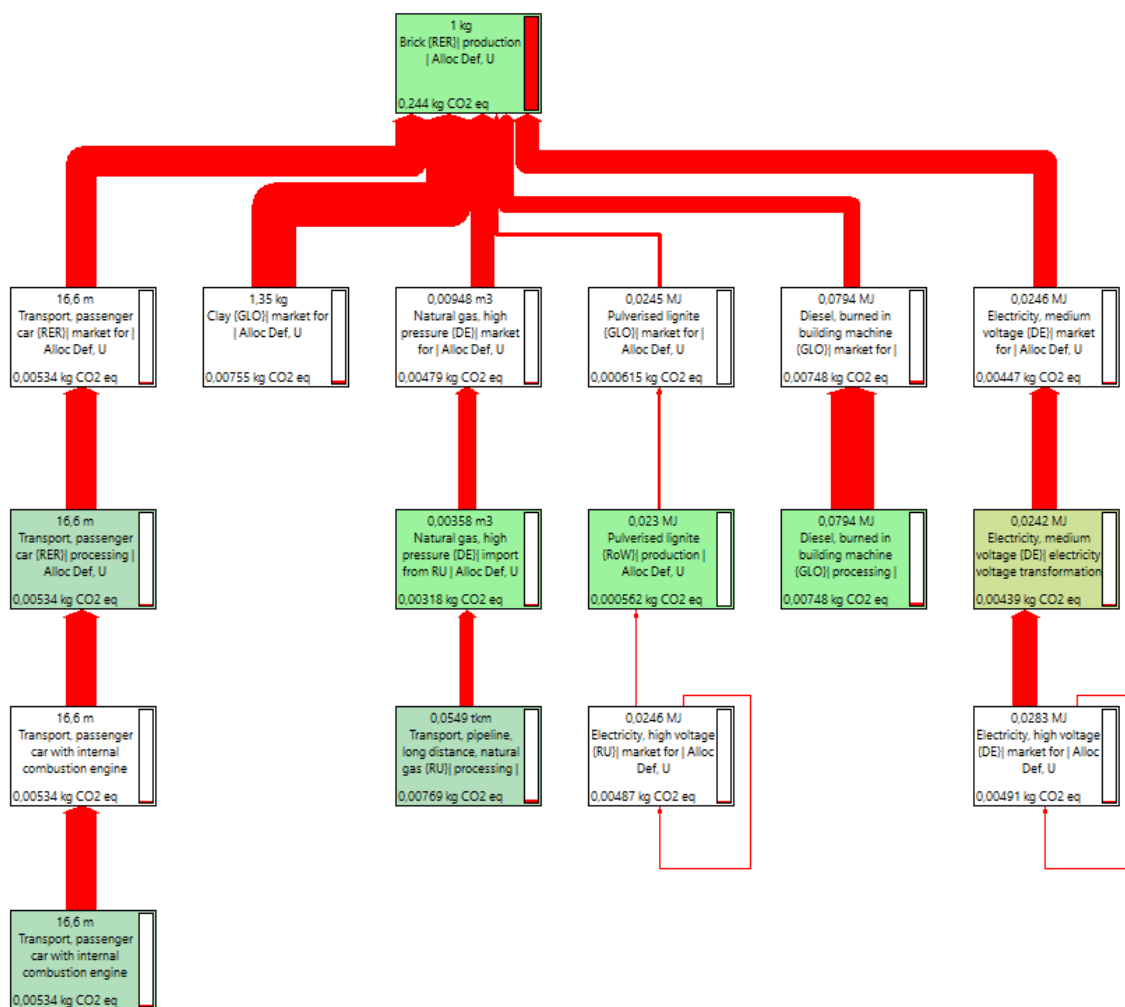
⁷⁰ SSB (2019)

⁷¹ Ecoinvent (2014)

⁷² Ecoinvent (2014)

⁷³ Ecoinvent (2014)

ledig kapasitet i ovnene⁷⁴. Anslagsvis vil klimagassutslipp fra ombrukstegl som rives i Norge og brennes på nytt i Danmark ha et klimagassutslipp på ca 0,211 kg CO₂ ekv./kg inkl. transport. I mange tilfeller kan det basert på tilgjengelige data svare seg miljømessig å ombruke tegl selv om den må transporteres tur/retur Danmark og brennes på nytt. Frostmotstandsevne og ombrenning er behandlet i større detalj under.



Figur 4: Illustrasjon av bakenforliggende prosessers bidrag til klimagassutslipp fra produksjon av murstein av tegl⁷⁵

⁷⁴ Gether og Gether (2000)

⁷⁵ Ecoinvent (2014)

Ombruksmurstein fra Gamle Mursten har i iht. deres EPD ⁷⁶ et klimagassutslipp på 0,0027 kg CO₂ ekv./kg inkludert behandling av rivningstegl samt maskinell og manuell rensning. Ved transport fra produsent ved Hedenehusene eller Svedborg til Norge kommer i tillegg 0,043⁷⁷ kg CO₂ ekv./kg murstein avhengig av hvor i Norge det skal. Tabell 3 oppsummerer estimat for klimagassutslipp ved ulike strategier for produksjon av murstein av tegl. Klimagassutslippene vises akkumulert samt fordelt på de ulike livsløpsfasene:

- Råvarer (A1)
- Transport til fabrikk (A2)
- Produksjon (A3)
- Transport til byggeplass (A4)

Tabell 3 Estimering av klimagassutslipp for ulike strategier for ombruk

	Ny tegl - import	Ombruk ved import fra Danmark	Ombruk ved ombrenning i Danmark	Ombruk internt i Norge uten ombrenning
	kg CO ₂ ekv./kg murstein	kg CO ₂ ekv./kg murstein	kg CO ₂ ekv./kg murstein	kg CO ₂ ekv./kg murstein
A1	-	0,000	0,003 ⁷⁸	0,000
A2	-	0,000	0,043	0,000
A3	-	0,000	0,122	0,000
A1-A3	0,244⁷⁹	0,003⁸⁰	0,168	0,003⁸¹
A4	0,043 ⁸²	0,043 ⁸³	0,043 ⁸⁴	0,000
A1-A4	0,287	0,046	0,211	0,003
Reduksjon av klimagassutslipp sammenlignet med nyproduksjon		84 %	27 %	99 %

⁷⁶ Gamle Mursten ApS (2017)

⁷⁷ Ecoinvent (2014)

⁷⁸ Gamle Mursten ApS (2017)

⁷⁹ Ecoinvent (2014)

⁸⁰ Gamle Mursten ApS (2017)

⁸¹ Gamle Mursten ApS (2017)

⁸² Ecoinvent (2014)

⁸³ Ecoinvent (2014)

⁸⁴ Ecoinvent (2014)

Ved ombruk av dansk murstein av tegl som kun krever rensing, er klimagassutslippet redusert med over omtrent 80 % sammenlignet med ny produksjon av tegl ved leveranser til Oslo-området. Tilsvarende reduksjon ved sourcing i Norge og ombrenning i Danmark er i underkant av 30 % og 99 % ved direkte ombruk i Norge. Det er også muligheter for å redusere miljøbelastning fra transport og forbrenning ved å utnytte returtransport og ledig kapasitet i ovnene.

Typisk levetid

Dersom murstein av tegl benyttes i konstruksjoner de er produsert for, har de i praksis meget lang levetid. For eksempel har frostbestandig tegl ved bruk som kledning i isolerte konstruksjoner lang levetid, og iht. Sintef Byggforsk⁸⁵ er det ikke behov for utskifting av selve mursteinen med mindre de får direkte mekaniske skader. Kun vedlikehold som regelmessig rengjøring og omfuging i gjennomsnittlige intervaller på 40 år er nødvendig. Hovedanvendelse av murstein av tegl er endret fra bærende konstruksjonsmateriale frem til 1960 til fasademateriale i dag.⁸⁶ På grunn av sin robusthet og lange tradisjoner i arkitektur er det foreløpig ingen tydelige tegn på at den vil tape sin relevans som kledningsmateriale som følge av teknologisk utvikling.

Murstein av tegl har meget lang levetid forutsatt at den benyttes i konstruksjoner de er produsert for.

Eksempler

Gjennom arbeidet med litteraturstudiet er det identifisert flere eksempler over ombruk av murstein av tegl er gjennomført:

- Ombruk av murstein av tegl fra eksisterende bygningsmasse i nye fasader på Lilleborg
- Gamle Mursten leverer ombruksmurstein av tegl.
- Lendager Group tar ut felter av nyere brukt murstein og setter disse sammen til fasadelementer. Denne fremgangsmåten viser en alternativ bruk av brukt murstein ved oppsirkulering til et nytt produkt.

⁸⁵ Sintef Byggforsk (2010)

⁸⁶ Gether og Gether (2000)

Lilleborg: ombrenning og impregnering

Basert på ombruksprosjektet på Lilleborg avsluttet i 2000 har man følgende erfaringstall på kostnad ved uttak av murstein av tegl:

- Riving og rensning: ca. 5,5 kr/stein
- Ombrenning av tegl med lav frostsikkerhet: ca. 3 kr/stein
- Nypris: ca. 3 kr/stein

Erfaringer fra samme prosjekt viser at på grunn av kostnader knyttet til prøveuttak og kvalitetskontroll bør ombruksvolum per riveobjekt helst være på minst 50 000 stein.

Resourcerækkerne: oppsirkulering/ombruk av murstein murt med sementmørtel

Resourcerækkerne er et leiegårdsprosjekt på Ørestad Syd i utkanten av København. Lendager vant konkurransen om prosjektet med et konsept der man så for seg urbanisering gjennom innflytting fra landet, hvor byggematerialene flyttet med inn til byen. Fordi murstein er et vanlig byggemateriale i Danmark, og man også der har gått over til en sementbasert mørtel på 1900-tallet, var det nødvendig med en ny løsning for ombruk av disse byggenes teglsten. Løsningen ble å skjære ut felter av mursteinsfasader fra riveprosjekter.

Christian Wittrup, Head of Commercial i Lendager Up, forteller: *Resourcerækkernes murstensfasader er utskåret i 1X1 m felter av rivningsbygg fra 3 forskjellige byggeplasser. De blir deretter satt på europaller og transportert til samarbeidspartner. Det er blitt gjennomført mange beregninger konstruksjonsingeniør, og tester ved eksternt test-institutt, omkring bakplate i betong samt mørtelen. Sandwichpanelene, som er det ferdige produktet, ble produsert hos en samarbeidspartner i Danmark, en betongelement-produsent. Alle kan kjøpe disse produktene, oppsirkulert av Lendager UP. Også prosjekter hvor Lendager ARC ikke er involvert⁸⁷.*

Byggherreleveranse, som ble brukt på teglfasadene i *Resourcerækkerne*, betyr at selv om det er en såkalt European Tendering Process⁸⁸, kan byggherren levere materialer selv for å kunne gjennomføre FoU-prosjekter, for å sikre innkjøp på forhånd. Mursteinslementene ble produsert hos

⁸⁷ Intervju med Christian Wittrup (4011)

⁸⁸ En European Tendering Process er en prosedyre som de europeiske institusjonene bruker for å anskaffe et bredt utvalg av varer, tjenester eller arbeider til støtte for sine EU-mål. Disse anbudsutfordringene resulterer i inngåelse av en offentlig kontrakt.

betongelementprodusent. Lendager gjorde testene med uavhengig tredjepart. Den første gangen måtte prosjektet kjøre murstein unødvendig langt, men nå er det bevist at denne prosessen fungerer. Neste gang vil de kunne hente murstein lokalt og bearbeide dem lokalt⁸⁹.

Demontering av murstein av tegl

Madsø⁹⁰ og Sørnes⁹¹ oppsummerer følgende om demontering av murstein av tegl:

- Ved ombruk av tegl på Lilleborg ble det testet to rivningsmetoder: selektiv og konvensjonell rivning. Ved selektiv rivning ble konstruksjonen demontert stein for stein, og stein fra ytter- og innervange ble sortert underveis. Ved konvensjonell rivning ble bygget revet maskinelt, og sorteringen ble gjennomført i etterkant. Erfaringen var at de to rivemetodene økonomisk kommer likt ut.
- Teglkonstruksjoner oppført før ca. 1925 er murt nærmest utelukkende med svak kalkmørtel. Denne mørtelen lar seg lett frigjøre fra rivingsteglen uten spesielt maskinelt utstyr, og konstruksjonene er enkle å demontere. Frem til ca. 1955 ble det fortsatt benyttet relativt svake blandinger i kombinasjon med våtlesket kalk. For murbygg oppført i perioden 1925 - 1955 kan det derfor fortsatt være mulig å frigjøre rivingstegl for mørtelrester, men det bør gjennomføres prøveuttak for kontroll av mørtelens fasthet og heft mellom mørtel og murstein av tegl.
- I perioden fra ca 1955 og fram til i dag er de fleste konstruksjoner oppført med sementblandet mørtel⁹². Dersom konstruksjonen er oppført med sementmørtel, er det sannsynlig at murstein av tegl vil bli ødelagt før de blir skilt fra mørtelen.
- Tegl må sorteres allerede ved riving ettersom det kan være forskjell på frostsikkerheten til tegl i inner- og yttervange. På tross av dette er det i praksis vanskelig å sikre at alle steinene i et parti eldre ombrukstegl er frostsikre, og man må påregne noe utskifting av ødelagt tegl ved utendørsbruk de første årene.
- Det er mulig å sage ned hele felter av tegl med diamantsag. Dette er aktuelt for bygninger hvor teglkonstruksjonen er utført med sementmørtel. Det krever saging, skånsom nedtaking, rengjøring, trimming til mål, forsterkning og innfesting av monteringsbeslag. Alle typer arbeider med PCB og andre miljøgifter skal utføres av selskap som har system og personell med riktig kompetanse.

⁸⁹ Intervju med Christian Wittrup (4011)

⁹⁰ Madsø (2001)

⁹¹ Sørnes et. al. (2014)

⁹² Gether og Gether (2000)

- Erfaringer fra Lilleborg viser at gjenvinningsgraden varierer mellom 5 % og 50 %, avhengig av rivemetode og mørtelkvalitet samt krav til begrensning av kant- og avskallingsskader på steinene.
- PCB ble tilsatt i elastiske fuger i perioden fra ca. 1940 til 1980 (Miljødirektoratet, 2019) for at elastisiteten skulle beholdes. Tegl som har konsentrasjon av PCB på over 0,01 mg/kg, må behandles på særskilt måte og kan dermed ikke ombrukes uten videre. Kun tegl som har vært i kontakt med elastiske fuger er utsatt⁹³. Konsentrasjonen av PCB må avgjøres ved prøvetaking.

Gamle Mursten⁹⁴ opplyser at de har gjort forsøk med demontering og remontering av felter av murstein med sementbasert fuger i Resourcerækkerne samarbeid med Lendager. De beskriver dette som kostbart og vanskelig å gjenta. Lendager selv beskriver prosessen som gjentagbar⁹⁵.

Det er svært vanskelig å demontere teglstein som er murt med sementbasert mørtel. Dette må i så fall gjøres ved demontering i felter, men dette har vist seg å være krevende. Demontering av enkeltstein er mulig dersom de er murt opp med kalkbasert mørtel.

Mellomlagring av murstein av tegl for ombruk

Detter er ikke spesifikt gjennomgått annet det som ellers er beskrevet i kapitlet.

Bearbeiding av murstein av tegl for ombruk

Ifølge Madsø⁹⁶ ble to alternative løsninger for frostsikring testet ut ved ombruk av murstein av tegl på Lilleborg:

- Overflateimpregnering av murstein av tegl med ulike silikat-baserte preparater
- Ombrenning av murstein av tegl

Impregneringen viste seg for dyr. Ombrenning i Danmark krever omfattende logistikk og er en prosess med betydelige klimagassutslipp. Forsøk har vist at det kan være utfordrende å ombrenne enkelte typer gul, kalkholdig murstein av tegl samt tegl med høyt innhold av kvarts, salter samt tegl med skader fra rivning.⁹⁷

⁹³Med kontakt menes stein med tilstøtende fuge.

⁹⁴ Intervju med Claus Juul Nielsen (4002)

⁹⁵ Intervju med Christian Wittrup (4011)

⁹⁶ Madsø (2001)

⁹⁷ Gether og Gether (2000)

Ifølge Gamle Mursten ⁹⁸ har mursteinen generelt sett høyere kvalitet i Danmark enn i Norge. Derfor har det ikke vært nødvendig for Gamle Mursten å ombrenne slik som ved ombruk på Lilleborg.

Den største utfordringen ved å ombruke tegl er å rense enkeltsteiner for mørtel etter riving⁹⁹. På Lilleborg hadde 3 - 4 personer jobben med utsortering, rensing og palling av ombrukstegl. All rensing foregikk manuelt, i knesittende stilling og kun med hjelp av murhammer og i relativt støvbelastet luft pga. oppvirvling av mørtelstøv fra rivemassene. Denne prosessen er ikke gjennomførbar iht. dagens arbeidsmiljølov.

- Tegl fra konstruksjoner oppført med svak kalkmørtel (typisk før 1925) er relativt enkle å rense
- Tegl fra konstruksjoner oppført med sementmørtel (typisk fra 1955 frem til i dag) er vanskelig å skille og rense. Bruk av murstein av tegl fra denne typen konstruksjoner vil kreve spesielt mekanisk rengjøringsutstyr som i dag ikke er tilgjengelig. Metoder for enklere å kunne fjerne sementbasert mørtel ved oppvarming er under utvikling gjennom samarbeid mellom Gamle Mursten og det danske *Teknologiske Institut* ¹⁰⁰

Bruk av felter av murstein av tegl oppført med sementmørtel vil etter saging og skånsom nedtaking kreve rengjøring, trimming til mål, forsterkning og innfesting av monteringsbeslag¹⁰¹. Dette er bedre beskrevet under 'Eksempler'.

Tegl som er murt med sementbasert mørtel, er svært vanskelig å skille og rense. Tegl som er murt opp med kalkbasert mørtel er mulig å rense manuelt. Dersom mursteinen ikke er frostbestandig er anvendelsen begrenset til bruksområder hvor denne egenskapen ikke er nødvendig. Eventuelt kreves bearbeiding som vil være betydelig fordyrende og reduserer miljøbesparelsen. Erfaring tilsier at ombrenning er mindre kostbart enn impregnering, men forutsetter at teglen helst har lavt innhold av kalk, kvarts, salter og få skader fra rivning.

Redokumentasjon av murstein av tegl

Tegl som skal benyttes i en pusset fasade, trenger ikke å være frostsikker. Tegl som skal benyttes som kledning i fasader, må være frostsikker. Skal den benyttes i teglfasade som går over flere etasjer, må den ha tilstrekkelig trykkfasthet, men dette er sjelden et problem iht. Madsø¹⁰². Ombrukstegl kan også

⁹⁸ Intervju med Claus Juul Nielsen (4002)

⁹⁹ Sørnes et. Al. (2014)

¹⁰⁰ Teknisk Ukeblad (2019)

¹⁰¹ Sørnes et. Al. (2014)

¹⁰² Madsø (2001)

benyttes i innvendige vegger som ikke er bærende, som et viktig tiltak for å øke den termiske massen. Frostsikker tegl kan også ha et stort potensial som marktegl.

Nye murstein av tegl skal dokumenteres iht. den harmoniserte standarden NS-EN 771-1, de sentrale egenskapene skal oppgis i en ytelseserklæring og CE-merke skal utstedes på bakgrunn av dette. Det innebærer blant annet dokumentasjon av motstandsevne mot frost, densitet og dimensjoner. Frostmotstandsevnen kan testes ved fryse-/tinesykluser i henhold til prøvestandarden NS-EN 772-22. Ettersom CE-merking ble innført i 2014 i Norge, var ikke dette en problemstilling ved ombruk av murstein av tegl på Lilleborg i 2001.

Det er ikke mulig å dokumentere ombrukte murstein av tegl iht. NS-EN 771-1 ettersom denne standarden spesifiserer et fabrikkkontrollsystem (FPC) som kun er relevant ved produksjonsprosesser for nye murstein av tegl og ikke ved ombruk¹⁰³. Det er derfor utarbeidet en EAD¹⁰⁴ som grunnlag for frivillig utarbeidelse av ETA og CE-merke for ombrukte murstein av tegl hvor det ikke kan dokumenteres samsvar med EN 771-1. Denne prosessen tok ifølge Gamle Mursten 3 år¹⁰⁵ i tillegg til tiden frem til publisering i EUs Official Journal som foreløpig ikke er formalisert. Denne EAD beskriver en tilvirkningsprosess og FPC som muliggjør bruk av den statistiske metoden for dokumentasjon av egenskaper definert i EN 771-1. EADen er den første i EU for ombrukte byggevarer og er i prinsippet identisk med den harmoniserte standarden for nye teglstein EN 771 (samme tester etc.), men det er spesifisert at den er gyldig for ombruksmurstein av tegl. EAD'en definerer:

- De sentrale egenskapene og refererer til relevante standarder for testing
- Kontrollsystem hos produsent
- Kontrollsystem hos kontrollerende

Gamle Mursten har dokumentert egenskapene for ombrukte murstein av tegl i hht. EAD'en og fått utarbeidet ytelseserklæringer med Dancert som Notified Body¹⁰⁶ og leverer på bakgrunn av dette spesifikke CE-merker for de ulike produktene deres¹⁰⁷.

Ved ombruk av murstein av tegl er det mulig å utarbeide nødvendig dokumentasjon for å tilfredsstille lovverket gjennom å basere fremstillingen på EAD for ombruk av murstein av tegl¹⁰⁸.

¹⁰³ Denne EADen er per 25.09.2019 ikke sitert i Official Journal. Dette innebærer at den til nå ikke er en gyldig teknisk spesifisering og man kan derfor heller ikke CE-merke produkter etter denne enn så lenge.

¹⁰⁴ EOTA (2017)

¹⁰⁵ Intervju med Claus Juul Nielsen (4002)

¹⁰⁶ Gamle Mursten (2019)

¹⁰⁷ Intervju med Claus Juul Nielsen (4002)

¹⁰⁸ EOTA (2017)

Under følger en tilpasset versjon av fremgangsmåte for ombruk av murstein av tegl basert på et utgangspunkt av Madsø¹⁰⁹ og EAD¹¹⁰ for ombruk av murstein av tegl:

Dokumentasjon av nåsituasjon:

1. Murstein av teglskonstruksjoner fra før cirka 1925 er påført med kalkmørtel som gjør at murstein av tegl fra disse byggene er relativt enkle å rense. Frem til ca. 1955 ble det fortsatt benyttet relativt svake blandinger i kombinasjon med våtlesket kalk. For murbygg oppført i perioden 1925 - 1955 kan det derfor fortsatt være mulig å frigjøre rivingstegl for mørtelrester, men det bør gjennomføres prøveuttak for kontroll av mørtelens fasthet og heft mellom mørtel og murstein av tegl.¹¹¹
2. Det vil derfor være vitalt å innhente kunnskap om byggets alder og oppføringsår som underlag for vurdering av om en teglbygning vil være aktuell for ombruk av tegl ved riving.
3. Konstruksjoner av murstein i tegl oppført etter 1960 er oppført med tegl som er frostsikker. Fra 1975 gjelder dette tilnæringsvis all murstein av tegl.¹¹²
4. Generelt sett kan man si at om teglen kommer fra en fasade, er den sannsynligvis naturlig testet gjennom frostprøving i løpet av bruksfasen, men man må påregne noe utskifting av ødelagt tegl ved utendørsbruk de første årene. Frostbestandigheten kan innledende bestemmes ved formel angitt i Figur 5. Murstein av tegl kan anses å ha tilfredsstillende frostmotstandsevne for utendørs anvendelse i norsk klima når $FM \leq 0,55$.¹¹³
5. Testing av myke fuger for innhold av PCB.
6. In situ tilstandsregistrering av eksisterende bygg/riveobjekt og ev. frostskaider i teglfasadene. Tidsbestemmelse. Konstruksjonsoppbygging (yttervegger, innervegger). Pusset / Upusset fasade. Teglkvalitet og frostmotstandsevne. Vurdere om ombrenning nødvendig.
7. Mørtelkvalitet og ev. rengjøringsproblemer. Konsekvens mht. valg av rivemetode. Rivemengder / Økonomiske rivemengder i fht. dokumentasjonskrav.
8. Ombruksalternativer (pusset/upusset, innvendig/utvendig bruk, bærekonstruksjon/ forblending)
9. Prøveuttak og kvalitetskontroll av murstein av tegl.
10. Prøveuttak på 1,2 % av murstein av tegl
11. Merking av stein ved uttaket.
12. For kvalitetskontroll og testing av sentrale egenskaper definert i EAD¹¹⁴

¹⁰⁹ Madsø (2001)

¹¹⁰ EOTA (2017)

¹¹¹ Madsø (2001)

¹¹² Gether og Gether (2001)

¹¹³ Madsø (2001)

¹¹⁴ EOTA (2017)

$$FM = 1.000 \cdot s_o^{0,5} \cdot p_f / \rho$$

hvor	s_o	=	teglsteinens minuttsg, målt på eksponert fasadeside/løperside	(kg/m ² · min.)
	p_f	=	teglsteinens porefyllingstall	(-)
	ρ	=	teglsteinens densitet	(kg/m ³)

Figur 5 Formel for innledende vurdering av frostbestandighet¹¹⁵

Riving

13. Rivemetoder og prosedyre for sortering av rivemasser.
14. Sortering og rensing av ombrukstegl
15. Tilrettelegging av rengjøringsprosessen. Maskinelt hjelpeutstyr. Arbeidsmiljøforhold. Sortering. Utsortering og rengjøring, merking, palling og lagring av ombrukstegl. Utsorteringskriterier. Krav til rengjøringsgrad.

Bearbeiding

16. Forbedring av ombruksteglens frostmotstandsevne
 - 16.1. Ombrenning. Innhenting av pristilbud. Tidsaspekt.
 - 16.2. Overflatebehandling. Preparater, priser og effekt. Miljøhensyn.

Prosjektering

17. Byggeteknisk utforming og resulterende miljøbetingelser for ombrukstegl.
18. Kriterier for utforming av teglfasader murt av ombrukstegl.
19. Vangetykkelser (½-stein, I-stein). Upusset/ Pusset I Slemmet/ Malt. Beslag og takutstikk. Krav til varmeisolering. Miljøklasse.

Byggeprosess

20. Mørtelvalg, kontroll av samvirke mørtel/ombrukstegl. Forvanning av murstein av tegl. Fasaderengjøring etter oppmuring.

¹¹⁵ Madsø (2001)

Hvilke typer murstein av tegl er bedre egnet for gjenvinning

Detter er ikke spesifikt gjennomgått annet det som ellers er beskrevet i kapitlet.

Hvilke typer murstein av tegl er ikke egnet for ombruk eller gjenvinning

Detter er ikke spesifikt gjennomgått annet det som ellers er beskrevet i kapitlet.

Eksempler på ombruk av murstein av tegl uten dokumenterte egenskaper

Detter er ikke spesifikt gjennomgått annet det som ellers er beskrevet i kapitlet.

Oppsummering murstein av tegl

Man kan dele inn potensielle ombruksobjekter for murstein av tegl i ulike grupper:

- Murstein av tegl fra teglskonstruksjoner som er oppført før ca 1925
 - Yttervange: sannsynligvis egnet for direkte ombruk uten viderebehandling utover rensning
 - Innervange: krever sannsynligvis etterbehandling utover rensning i form av etterbrenning eller tilsvarende for å øke frostmotstandsevne.
- Murstein av tegl fra teglskonstruksjoner som er oppført mellom ca 1925-1955
 - det bør gjennomføres prøveuttak for kontroll av mørtelens fasthet og heft mellom mørtel og murstein av tegl og sannsynliggjøring av potensial for ombruk
- Murstein av tegl fra teglskonstruksjoner som er oppført etter ca 1955
 - Bruk av murstein av tegl fra denne typen konstruksjoner vil kreve spesiell mekanisk rengjøringsutstyr som i dag ikke er tilgjengelig. Metoder for å enklere kunne fjerne sementbasert mørtel ved oppvarming, er under uttesting i samarbeid mellom Gamle Mursten og det danske *Teknologiske Institut*.
- Murstein av tegl fra teglskonstruksjoner som er oppført etter ca 1975
 - Murstein av tegl oppført etter 1975 er nesten utelukkende oppført med frostsikker murstein av tegl og sementbasert mørtel

Murstein av tegl som har vært i direkte kontakt med elastiske fuger som inneholder PCB, kan ikke benyttes og må avhendes som farlig avfall, eller ordinært avfall, avhengig av konsentrasjonen.

Ved ombruk av murstein av tegl som kun krever rensing, er klimagassutslippet redusert med over 80 % sammenlignet med ny produksjon av tegl ved leveranser til Oslo-området. Tilsvarende reduksjon ved sourcing i Norge og ombrenning i Danmark er i underkant av 30 % og 99 % ved direkte ombruk i Norge. Det er også muligheter for å redusere miljøbelastning fra transport og forbrenning ved å utnytte returtransport og ledig kapasitet i ovnene.

Det er utviklet en EAD for å dokumentere sentrale egenskaper ved ombrukte murstein av tegl og for frivillig utarbeidelse av ETA og CE-merke for disse. Denne EAD beskriver en tilvirkningsprosess og FPC som muliggjør bruk av den statistiske metoden for dokumentasjon av egenskaper definert i EN 771-1.

7. Vindu/glass

Glass er energikrevende å produsere, og ombruk av hele glass/vinduer kan derfor potensielt bidra med positiv effekt i et miljøregnskap for et prosjekt, fremfor å benytte nye. Glass benyttes i hovedsak i vinduer, som inner-/delingsvegger og som fasademateriale, men også til andre bruksformål som eksempelvis dører, gulv, rekkverk og støyskjermer. Glass-produkter er også i stor utstrekning standardiserte produkter av høy verd, som kan gjøre ombruk interessant fra et teknisk/praktisk og økonomisk perspektiv. Det er flere eksempler på ombruk av glass og vinduer fra litteraturstudien, både i og utenfor Norge. Glass og vinduer er også en byggevare som i hovedsak er demonterbar, og demonteres elementvis og relativt skånsomt i forbindelse med rive- og rehabiliteringsprosjekter.

Det er vanskelig å finne nyere, beskrevne eksempler på vinduer ombrukt likt som opprinnelig bruk, det vil si eksempelvis et yttervindu tatt ut og brukt om igjen på samme måte uten å delvis destruere og gjenoppbygge det eller som del av glassvegg. Dette kan ha sammenheng med problemstillingene beskrevet videre i denne teksten. De fleste beskrevne ombrukseksempelene innebærer endring av bruk eller en form for bearbeiding/upcycling, retrofitting eller liknende. Unntaket er *Svartlamon i Trondheim*¹¹⁶ der selvbyggere har brukt gamle vinduer i sine hjem, men dette prosjektet har unntak fra enkelte krav i TEK og derfor ikke veldig relevant for forsvarlig ombruk iht. regelverket.

Vinduer og glass er et hyppig brukt produkt eksempel i ombrukssammenheng. Det omsettes også brukte vinduer, men det er da i hovedsak snakk om gamle vinduer hvor det er spesielt glasset som er av interesse, eksempelvis på *gamletrehus.no* og *genbyg.dk*. Glass og vinduer inngår i ofte refererte ombruksprosjekter som *Circl* i Amsterdam (*ABN Ambros circular pavilion*)¹¹⁷ og *Europa Building*, Europarådets hovedkvarter¹¹⁸. I *Circl*-bygget er vinduer benyttet som innvendig glassvegger. I Europabygningen er det laget en fasadevegg med mosaikk av innsamlede vinduer fra ulike land i Europa. Det er likevel ikke funnet tekster eller andre kilder som nærmere beskriver hvordan ombruk i disse prosjektene faktisk ble gjennomført/dokumentert. Det er heller ikke i litteraturstudien funnet tekster som særskilt omhandler ombruk av glass og vinduer, men det er eksempler på at ombruk av glass finnes i enkelte av de generelle tekstene. Det er gjort intervjuer for å hente supplerende informasjon om disse.

¹¹⁶www.eksperimentboliger.no

¹¹⁷ <https://www.abnamro.com/en/about-abnamro/in-society/sustainability/our-focal-points/circular-economy/circular-construction/index.html>

¹¹⁸ <https://samynandpartners.com/portfolio/europa-new-headquarters-of-the-council-of-the-european-union/>

I teksten *Changemaker's*¹¹⁹ vises det til prosjektet *Upcycle Studios*, et byggeprosjekt hvor det ble brukt glass fra gamle vinduer som komponent i produksjon av nye vinduer i hele veggelementer. Eksemplet viser en alternativ vei for ombruk av glass, gitt utfordringene med ombruk av vinduer som de er.

Et annet eksempel på upcycling av vinduer er rehabiliteringen av NVE-bygget i Middeltunsgate 29 i Oslo. Rehabiliteringen ble ferdigstilt i 2011. Bygget ble tidligere på 2000-tallet fredet, noe som hadde betydning for hvordan arbeidene kunne gjennomføres. I bygget er det vinduer med teak-karmer. Disse ble beholdt i rehabiliteringsprosjektet, men glasset i vinduene ble byttet ut med nytt kryptonglass for å bedre U-verdiene på vinduene. I alt ble 2000 m² skiftet ut i prosjektet ifølge brosjyren *Det nye NVE-huset*¹²⁰.

I Powerhouse-prosjektet på Kjørbo, et av eksemplene beskrevet i teksten *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer (Anbefalinger)*¹²¹, ble glassfasaden i bygningene benyttet som innvegger og dører. I dette prosjektet var ombruk av glassfasaden et viktig tilskudd for å oppnå målsetningen i energiregnskapet til prosjektet. Prosjektet ble ferdigstilt i 2013.

Potensiell reduksjon av klimagassutslipp ved ombruk

Ved ombruk av glasskiver fra den eksisterende fasaden på Powerhouse Kjørbo som innvendig kontorfronter, ble klimagassutslippet konservativt vurdert omtrent 0,06 kg CO₂ ekvivalenter/kg for glasset isolert sett. Sammenlignet med Tabell 4 tilsvarer dette ca. 90 % reduksjon per kg.

Tabell 4 Klimagassutslipp for ulike typer glass basert på Ecoinvent v.3.01 (2014)

Impact category	Unit	Flat glass, coated {GLO} market for Alloc Def, S	Flat glass, uncoated {GLO} market for Alloc Def, S	Tempering, flat glass {GLO} market for Alloc Def, S
Global warming potential (GWP100a)	kg CO ₂ eq	1,1911772	1,0224778	0,17615197

¹¹⁹ Lendagers A changemaker's guide to the future, 2018.

¹²⁰ Det Nye NVE-huset (brosjyre), 2011.

¹²¹ Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer, 2014, s. 37.

Demontering av glass og vinduer

Generelt er glass og vinduer i stor grad modulbasert, i flere tilfeller mekanisk innfestet og lar seg demontere. I forbindelse med rive- og rehabiliteringsprosjekter demonteres også i stor grad vinduer og glass hele. Vinduer og glass demonteres av flere hensyn, både med tanke på å ivareta produkter som inneholder helse- og miljøfarlige stoffer, men også i forhold til avfallssortering.

Det kreves likevel særskilte hensyn i forhold til demontering for ombruk. Ifølge *Masteroppgave Nimbu, Moldekleiv & Mynors*, kreves det at vinduene må demonteres hele uten at glasset knuses for at ombruk skal være mulig. Det er også viktig å demontere vinduene forsiktig da knusing av glasset kan forårsake eksponering av de helse- og miljøfarlige stoffene.

I intervju med Valdimar Karlsson i Acusto¹²², som var involvert i arbeidene med ombruk av utvendig fasadeglass til innervegger/-dører i Powerhouse-prosjektet på Kjørbo, kommer det frem særskilte hensyn til demonteringsarbeider:

- Glasskiver bør inspiseres av kyndig personell ved demontering for å minimere svinn som oppstår etter transport og rengjøring.
- Ved levering til fabrikk av glass fra Kjørbo var det 25 % svinn på grunn av riper og matthet. Dette skyldes hovedsakelig alder, men noe kan også stamme fra demonteringsfasen.
- Det kan ikke stilles samme krav til gammelt og nytt glass, man må akseptere riper og mindre skader.

Mellomlagring av ombrukt glass

I Powerhouse-prosjektet på Kjørbo ble fasadeglassene demontert og satt på pall for videre prosess ifølge Valdimar Karlsson. Prosessgangen i prosjektet var i grove trekk som følger:

1. Demontering – satt på paller
2. Kjørt til vasking – satt på paller
3. Kjørt til Stange – kvalitetskontroll og montering i rammer

¹²² Intervju Valdimar Ørn Karlsson, Acusto (4013).

Erfaringen fra prosjektet var ifølge Valdimar Karlsson at transport ble ineffektiv på grunn av små mengder med kranbil kontra truck – én og én pall. Dette var fordi det var plassutfordringer og at det derfor kun ble demontert en etasje om gangen. Dette kan løses med etablering av telt.

Generelt om transportsikring

Opp til en viss størrelse kan vinduer/glass transporteres på pall med sikring og avstivning ved hjelp av planker skrudd i vinduene som holder dem sammen.



Transportsikring av vinduer transportstativ i stål (Foto: Resirqel 2018)

For glass og større vinduer kan ulike transportstativ i stål beregnet for transport av glass benyttes. Tilsvarende kan potensielt også lages av trevirke, eksempelvis ved å sette sammen flere paller.

Bearbeiding av ombrukt glass

Ombbruk av herdet glass i Powerhouse-prosjektet på Kjørbo

Ombbruk av herdet glass krever særskilt planlegging, da herdet glass ikke kan justeres til nytt bruk. I *Teknisk ukeblad 2013* ble erfaringer fra Powerhouse på Kjørbo beskrevet «Fasadeglasset er herdet, og kan dermed ikke justeres noe til nytt bruk. – Vi må bruke glasset som det er. Det fører til at skilleveggene må planlegges ut fra glasset, ikke motsatt».

Glassvegger i Upcycle Studio

Lendager Group gjennomførte i perioden 2015-2018 et rekkehusprosjekt Upcycle Studios i utkanten av København. Glassveggene i byggene består av nyproduserte karmen, men med ombruk av glassfelter. Anslagsvis 75 % av glasset i glassveggene er brukt glass. Med god planlegging så kan dette komme over 90 %, hevder Lendager UP. Glassfeltene ble testet av tredjepart og var i god stand¹²³.

I byggeprosjektet brukte man 2 lags glass fra gamle vinduer som komponent i produksjon av nye vinduer. Glassene ble tatt ut av de gamle vinduskarmene og satt i nye karmen hos en vindusprodusent. De «nye» vinduene ble igjen montert sammen som hele vegg-moduler med flere vinduer satt sammen i bredden og høyden. I tillegg består vegg-modulene av to lag med vinduer, slik at veggen har 4 lag med glass. Disse ny-gamle glassvegg-modulene ble det endelige produktet/byggevarer som ble benyttet i prosjektet¹²⁴.



Upcycle Studios. (Foto: Resirqel AS 2019)

Slik ombruk, ombruk av deler av byggevarer, kan også kalles oppsirkulering. Å lage nye produkter av deler av gamle byggevarer er generelt arbeidsintensivt og derfor kostnadsdrivende, men det har mange av de samme fordelene som ombruk av hele produkter. Det er et potensiale her til å få ned utslippene per byggevarer samt mindre avfall, mindre ressursuttak, og flere lokale arbeidsplasser.

¹²³ Intervju med Christian Wittrup (4011)

¹²⁴ Intervju med Christian Wittrup (4011)

Redokumentasjon av ombrukt glass

Ombruk av herdet glass som kontorfronter på Kjørbo

For sikkerhetsglass kan samsvar med krav i DOK og TEK dokumenteres gjennom samsvar med NS 3510 – Sikkerhetsruter i byggverk. Denne standarden omfatter dimensjonering og sammensetning/laminering. Leveranser av bestanddeler og glasskiver som blir en del av det ferdige produktet er omfattet av harmoniserte standarder og krever CE-merke.

- Det er kun enkle målbare parametere som er nødvendig for å dokumentere samsvar med NS 3510:
 - Herding
 - Laminering
 - Tykkelse
- Herdet glass kan ofte ha merker som dokumenterer denne egenskapen. Dette kan også enkelt testes ved å verifisere at glasset granulerer ved knusing.
- Det er ikke mulig å vurdere om et glass er laminert når det står i rammen – men klangen er dempet sammenlignet med glass som ikke er laminert.

«Ombruk» uten CE-merking

Veggmodulene fra Upcycle Studios, bygget med ombruksglass, ble klassifisert som en ny type byggevare, som det ikke finnes noen harmonisert standard for. De ble derfor ikke CE-merket. Disse produktene må likevel dokumenteres i forhold til tekniske kvaliteter. Dette har ifølge Christian Wittrup¹²⁵ i Lendager vært utført av eksterne i dette prosjektet. Tilsvarende har Lendager gjort i byggeprosjektet Ressourcerækkerne. Dette eksemplet viser en alternativ metode for ombruk av glass og andre produkter: som deler av nye produkter.

Hvilke vinduer/glass er bedre egnet for gjenvinning

Spesielt isolerglass vinduer kan være utfordrende og problematisk å ombruke, og disse kan derfor egne seg bedre til gjenvinning. Eldre årganger inneholder også helse- og miljøfarlige stoffer. Det er etablert

¹²⁵ Intervju Christian Wittrup

egne ordninger for retur av isolerglassvinduer for å håndtere disse på forsvarlig måte, hvor også deler av vinduene (spesielt glasset) går til gjenvinning. Se forøvrig nærmere nedenfor.

Skjerpede krav og begrenset levetid

Andre utfordringer knyttet til ombruk av vinduer er krav knyttet til isoleringsevne (energikrav) og andre tekniske krav som eksempelvis lydkrav til kontorvegger og sikkerhetskrav. I tillegg bør man også ifølge *Anbefalinger* ta med vinduers begrensede levetid i vurderingen av mulighet for ombruk.

Et alternativ kan være å vurdere ombrukmuligheter til funksjoner med lavere krav til kvalitet eller funksjon. I teksten *Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og tekniske installasjoner i bygg* beskrives det at «Det er vanlig ved ombruk at ny bruk skjer i sekundære funksjoner med lavere kvalitetskrav. For eksempel kan brukte vinduer flyttes fra yttervegg til innervegger som ikke har krav til U-verdi.»

Ombruk av vinduer kan være aktuelt når de tilfredsstillir dagens krav til ytelse, alternativt til sekundære funksjoner, samtidig som varen er klarert i forhold til eventuelt innhold av helse- og miljøfarlige stoffer. Dette vil i praksis begrense utvalget av ombrukbare vinduer.

Hvilke vinduer/glass er ikke egnet til ombruk eller gjenvinning

Det flere faktorer som gjør at ombruk av spesielt vinduer/isolerglassvinduer kan være problematisk eller utfordrende. Potensielle hindre kan være; innhold av helse- og miljøfarlige stoffer, endringer i energikrav, vinduets levetid, behov for retesting og dokumentasjon, produksjon basert på spesifikke mål samtidig som det er et relativt komplisert produkt som ikke er designet for vedlikehold eller oppgradering.

Helse- og miljøfarlige stoffer

Ifølge NHPs *Farlig Avfall – Vinduer* (2015) («*Veilederen*») inneholder nesten alle vinduer helse- og miljøfarlige stoffer og må håndteres på en forsvarlig måte. I mange tilfeller vil de også sortere som farlig avfall og må håndteres deretter. Dette gjør at mange isolerglassvinduer vil være uegnet for ombruk med hensyn til helse- og miljøfarlig innhold.

Helse- og miljøfarlige stoffer:

- PCB (norske vinduer 1965 - 1975, utenlandske vinduer til 1979) (www.ruteretur.no)
- Klorparafiner (norske vinduer 1976 - 1989, utenlandske vinduer 1980 -1989)
- Ftalater (1990 - ca. 2005)

Andre helse- og miljøfarlige stoffer:

- Asbest i «kitt» i gamle vinduer
- HKFK-gass i isolasjonsmaterialet polyuretan i fastfeltet i terrassedører og veggfelt
- PCB/klorparafiner i fugemasse mellom vindu og vegg.

Figur 6: Kilde: fra NHPs Farlig Avfall – Vinduer (2015)

En nærmere sortering av vinduer med isolerglass basert på produksjonsår finnes også i *Avfallshåndtering av bygningsglass*¹²⁶ (Teknisk rådgivning) utgitt av Glass- og fasadeforeningen i 2019.

Eksempler på ombruk av vinduer/glass uten dokumenterte egenskaper

I forhold til restaurering av eldre bygg er det et eget marked for og etterspørsel etter eldre glassvinduer på grunn av den spesielle kvaliteten/ujevnheten man har i glasset i disse vinduene. Dette gjelder for så vidt også andre deler som hasper og andre byggevarer som takstein. Disse vil kunne bli omfattet av unntaket fra ytelseserklæring og CE-merking i byggevareforordningen, jf. kapittel 3 dersom de brukes i offentlig vernede bygg.

Utover ovenstående er det ikke funnet eksempler hvor glass eller vinduer/isolerglass kan ombrukes i byggverk uten å redokumentere. For eksemplene nevnt innledningsvis, som Circle House i Amsterdam og European Building, er det heller ikke funnet nærmere beskrivelse av hvordan ombruk ble gjennomført, med tanke på om vinduene ble redokumentert eller ikke.

Oppsummering vinduer/glass

Ombruk av isolerglass-vinduer til samme funksjon er det per i dag utfordrende å få til på grunn av helse- og miljøfarlig innhold og teknisk krav. Ombruk av glass og vinduer gjøres i dag i ulike former som innebærer endring av bruksformål eller en form for bearbeiding/opsirkulering. Eksemplene viser til mulige veier for ombruk av glass hvor det er glass/glasskiver som ombrukes.

¹²⁶ https://www.glassportal.no/wp-content/uploads/2019/08/Avfallshandtering_av_Bygningsglass.pdf

Unntak finnes, men i prosjekter som ikke overholder dagens regelverk/har unntak. Det er også et marked for gamle vinduer/glass til restaurering av hus.

8. Trevirke

I Norge ble det i 2017 registrert ca. 250.000 tonn treverk til avfall fra bygg- og anleggsnæringen og 700.000 tonn totalt (SSB stat 2017). Treverk er som avfallsfraksjon betydelig, og blir i Nord-Europa i all hovedsak benyttet til energiutnyttelse ved oppflising og forbrenning. Noen nye tiltak rettet mot materialgjenvinning og produksjon med flis av rent treverk i for eksempel platemateriale er under uttesting, men det er minimalt eller intet registrert ombruk av treverk i nyere tid.

Fra rapporten «Anbefalinger» belyses følgende når det kommer til miljøgevinst ved ombruk av tre: “Det er kjent at tre er en fornybar ressurs som har høy verdi både som byggemateriale og som biomasse til energiutnyttelse. Biomasse anses å ha en helt nødvendig rolle som erstatning for fossilt brensel i overgangen til en fornybar økonomi og en oppbremsing av den globale oppvarmingen (IPCC 2014). Det kan derfor argumenteres for at energigjenvinning av brukt trevirke har en verdi som konkurrerer med verdien av ombruk, i større grad enn for de andre materialgruppene. Samtidig spiller trevirke en rolle i karbonsyklusen som en opplagring av karbon, mens nye trær vokser opp. Karbonet som er lagret i trevirket, slippes ut i atmosfæren når materialet brennes, og det er derfor ønskelig at trevirke lagres for eksempel i bygningsmassen så lenge som mulig. I tillegg er det mer ressursvennlig å ombruke om man inkluderer uttak, bearbeidelse og transport av trevirke inn i karbon-regnskapet.”



K-virke, panel og takstoler, synliggjort ifb. Riving av et bygg på holtet i Oslo i 2017. (Foto Resirqel AS.)

I den Norske rapporten «Anbefalinger» er treverk dedikert et eget kapittel. Den belyser at treverk som oftest står for ca. 30-40 % av samlet avfall ved riving og nybygging og at ombruk generelt sett er mulig for alle typer trevirke og trefiberprodukter. Rapporten viser til at trevirke i liten grad blir ombrukt i

Norge i dag til forskjell fra eksempelvis USA der "the reclaimed lumber industry" har vært en sentral bransjeaktør siden 1980-tallet, og hvor flere foretak har spesialisert seg på å selge "ombrukt" trevirke til bruk i innredning og konstruksjon. Rapporten nevner følgende trematerialer av særlig interesse: hele og stemplede lengder av konstruksjonsvirke, herunder takstoler, bjelker, stendere, tømmerammer og massivtreelementer. Videre er søyler, bjelker og dragere av limtre, herunder også diverse typer I-profiler, parallellfinér og andre splittede limtreetyper (element med asymmetrisk oppbygning av virke kvalitet) av stor verdi, særlig der det foreligger merking eller på annen måte dokumentert fasthet på bygningsdelene. Andre konstruktive bygningsdeler omfatter hele kryssfinerplater og diverse typer trefiberplater med intakt egenskap og form, herunder også vindsperreplater av trefiber og trykkfast trefiberisolasjon. Utover dette utgjør bygningens utvendige og innvendige kledning et stort volum og potensial for ombruk. Dører, enkelte typer trevinduskarmer og innredning, herunder kjøkkeninnredning og intakte overflateplater av finer, er iht. rapporten høyverdi produkter med stor interesse for ombruk. Rapporten poengterer at disse produktene som regel har lang levetid og kan demonteres relativt enkelt. Også ombruk av hele rommoduler blir nevnt, herunder brakker og bygningsmoduler¹²⁷.

I den norske rapporten *Utredning av muligheter og barrierer for ombruk i bygg* er treverk igjen utpekt som en av fire viktige avfallsfraksjoner å redusere ved å muliggjøre økt ombruk. Dette er i rapporten basert på materialenes miljøpåvirkning i produksjon, materialkvalitet/levetid, komponentenes omløpshastighet og andel av totalt genererte avfallsmengder. Treverk beskrives som særlig interessant for ombruk pga. treverkets evne til lagring av karbon. I den samme rapporten er det også referert til et tidligere arbeid, en simulering basert på byggeaktivitet og riveaktivitet fra 1900-2100. Resultatene indikerer at byggeaktiviteten vil fortsette å øke, mens rivningsaktiviteten vil mangedobles som følge av at bygg fra etterkrigstiden når sin funksjonelle levetid. For trevirke spesifikt viser simuleringen at rivningsvolumet vil øke og etter hvert komme på nivå med etterspørselen etter nytt trevirke frem mot 2100.

I rapporten *Circular economy in the Nordic construction sector*, som fokuserer på sirkulærøkonomien i byggeindustrien i Norge, Danmark, Sverige og Finland, blir treverk pekt ut som en av ressursene man anser som meget viktig å fokusere på ved å tilrettelegge for økt ombruk og materialgjenvinning.

I den danske rapporten *Building a circular future*, viser man til historisk byggeskikk, hvor demonterbare tømmerkonstruksjoner i vegger med synlig bindingsverk, er den mest utbredte byggemetoden i Danmark. Innfesting er ofte utført med tretapper, designet er fleksibelt og de ulike elementene kan i de fleste tilfeller prefabrikeres og konstrueres i modulære strukturelle systemer. Dette muliggjør enkle påkoblinger eller reduksjon av bygningsmasse uten å endre byggets overordnede karakter. Dette har gjennom historien også resultert i at en rekke bygninger har blitt demontert og remontert på ny lokasjon.

¹²⁷ Anbefalinger, Sintef 2014

Ombruk av tømmerkonstruksjoner er et klassisk eksempel på design for fremtidig ombruk og har vært brukt som vanlig praksis over store deler av verden i flere århundrer.

I den finske rapporten *The potential and limitations of re-using* refererer man til treverk som en betydelig andel av avfallet som genereres i Finland, nærmere bestemt 41%. De store mengdene treavfall omtales som et problem da de verken er ansett som egnet for materialgjenvinning eller ombruk. Den vanligste løsningen er å energigjenvinning noe man nå ser på som problematisk ettersom materialet går tapt, og fordi energigjenvinning ikke tilfredsstillere kravene og målene om materialgjenvinning i Europa.

For treverk er det ifølge rapporten *Anbefalinger* fra SINTEF nærmest alltid mer kostnadseffektivt å kjøpe nytt treverk fremfor å ombruke fra rivningsobjekter. Trevirke blir derfor i liten grad ombrukt i Norge i dag (Sørnes et al. 2014). Likevel lister rapporten opp følgende treprodukter med stort potensiale for direkte ombruk:

- Hele og stemplede lengder av konstruksjonsvirke
- Søyler, bjelker og dragere av limtre
- Splittede limtreetyper som I-profiler
- Trefiberlameller
- Parallellfiner med dokumentert fasthet på bygningsdelene
- Trefiberplater med intakt egenskap og form
- Bygningens utvendige og innvendige kledning
- Hele rommoduler

Utslipp og potensiale.

Ifølge Ann Margrethe Lia- Jonassen i Asplan Viak, er det i rapporten *Barrierer* sett på to ulike scenarier for beregning av potensialet for klimagassutslipp ved ombruk av treverk:

Scenario 1: Nasjonalt nivå – reduksjonspotensialet nasjonalt pr. I dag

Scenario 2: Prosjektnivå – reduksjonspotensialet pr. tonn ombrukt materiale

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i begge scenariene:

- Avfallsmengder fra SSB (2016) det må bemerkes at det her er gjort undersøkelser som viser at tallene er «undervurderte» og at total mengde avfall er større
- Antatt ombrukspotensial på 10 % av avfallsmengde
- Beregnet etterspurt materialmengder pr 1 år (tab1 s 22)
- Miljødata fra Ecolnvent

Resultater

Scenario 1: På nasjonalt nivå pr i dag gir scenariet med antatt 10 % ombruk av avfallsmengder et reduksjonspotensial av klimagassutslipp på 2 %. Årsaken til et relativt marginalt potensiale pr i dag er hovedsakelig forutsetningen om at kun 10 % av avfallsmengdene definert av SSB kan ombrukes direkte. Dette utgjør en svært liten andel av etterspurt materialmengde til nybygg og vedlikehold. Som nevnt er avfallstallene fra SSB muligens undervurderte. Ved en større avfallsmengde vil også ombrukspotensialet øke. Videre er rivningsaktiviteten forventet å øke betraktelig i årene som kommer. Dette betyr at også reduksjonspotensialet for klimagassutslipp ved ombruk vil øke med denne. Tilrettelegging for ombruk ved nybygg i dag blir derfor viktig.

Dersom lagring av biologisk karbon hensyntas øker reduksjonspotensialet noe.

Scenario 2: På prosjektnivå vil ombruk gi reduksjonspotensiale pr tonn lik 94 %. Dette er basert på antakelsen at man ved ombruk har klimagassutslipp kun fra noe prosessering og transport. Når det her henvises til forutsetninger gjelder dette fotnote 29 (prosessering for ombruk er antatt 5 % av produksjonsutslippet, samt transport ved ombruk er antatt 25 km). På prosjektnivå er det ikke inkludert separat resultat for lagring av biologisk karbon i trevirke, men dersom dette hensyn tas vil reduksjonspotensialet øke for trevirke.

Uttesting og erfaringer

Resirqels praktiske uttesting knyttet til innhenting og ombruk av treverk viser at tilgangen på usortert og styrkesortert trevirke er betydelig. Vår uttesting med redistribusjon viser samtidig at det finnes interesse og etterspørsel for denne typen materialer blant privat- og proffkunder både lokalt og utenfor våre landegrenser. Eksport av styrkesortert norsk ombrukstreverk kan potensielt imøtekomme forespørsler etter virke i en rekke land og bidra til å redusere uttak av trevirke fra utsatte skogområder underlagt naturvern av høy verdi for vårt felles klima. Eksport av styrkesortert ombrukstrevirke vil til sammenligning med oppflising kreve mindre energi og potensielt gi høyere inntekt enn nåværende nedstrømsløsning og bidra til at store volumer med karbon forblir lagret i trevirket. Uttestingen synliggjør et betydelig markedspotensial og samtidig noen utfordringer knyttet til effektiv innsamling og sortering.

Demontering av trevarer

Treverk er som hovedregel koblet med spiker eller skruer. Det er en fordel for skånsom demontering at det er skrudd.

I den norske rapporten *Anbefalinger* punkt 10.3 *Tekniske utfordringer* poengteres viktigheten av å definere en kvalitetssikret prosessbeskrivelse for uttak av rivingsvirke slik at virket beholder sin kvalitet

og brukbarhet. Ombruk forutsetter at rivingen foregår i kontrollerte former. Rivingsvirke for ombruk skal håndteres som nytt virke. Rivingsvirke som blir utsatt for slag eller på annen måte overbelastet i forbindelse med riving, kan få skade og brudd og følgelig miste sin fasthetsklasse. Spesielt er det vanskelig å oppdage stukebrudd (trykkbrudd) i trevirket. For eksempel har man erfaring fra takstoler under oppføring som har blåst over ende under montering og falt ned. Ved første øyekast kan trevirket se uskadd ut, men kan ha mindre brudd som ikke lar seg utsortere visuelt. Limtre er noe mer problematisk. Limtre stemples normalt ikke på kantsidene, men det kan i noen tilfeller sitte et merke på enden. Siden det ikke er mulig å ettersortere lamellene må man anta en lavere kvalitetsklasse (sortering til sikker side). Delaminering i limfugen må også kontrolleres (det vil si at krav til delaminering må spesifiseres). Videre er limtre vanligvis sammensatt at midtlameller med lavere fasthet, og det må man ta hensyn til. Dersom originalt tverrsnitt ikke passer og høyden må justeres ned når virket skal ombrukes, vil det redusere fastheten.

Mellomlagring av ombrukte trevarer

Vår erfaring er at transport og mellomlagring av treverk til ombruk krever store volumer for å være regningsvarende.

Ta for eksempel konstruksjonsvirke i dimensjonen 48x98, eller to-tom-fire som det tidligere ble kalt. To-tom-fire leveres som regel i styrkeklassifisering C24 og brukes ikke lenger i noen utstrakt grad til konstruksjoner. Den blir stort sett brukt til forskaling og/eller til midlertidige konstruksjoner og bygg uten krav til lastbærende egenskaper. Den er i mange tilfeller som ny da den avfallsorteres etter en gangs midlertidig bruk. Det kan av erfaring i mangt et nybyggprosjekt bli fulle pakker med ubrukte k-virke ala to-tom-fire til overs.

Vi har testet ut manuell innsamling, innhenting, lagring og redistribusjon av disse materialene over tid. Dette krever bil med plan og kran da materialene kan være opptil 6 meter lange, og totalvekten tilsier at maskinelt løft er eneste praktiske mulighet. Og fordi materialkostnaden på materialet er relativt lav kontra arbeidstid, transport og lagerkostnader, er en slik prosessering ikke regningsvarende. Vår erfaring er at det må akkumuleres nødvendig volum og tilgjengeliggjøres til etterspørrende avtagere direkte fra byggeplass. En mulig løsning vi jobber med er å automatisere denne innsamlingen, understøttet av nye tids- og kostnadseffektiviserende fysiske og digitale løsninger ¹²⁸.

¹²⁸ <http://www.bygg.no/article/1368586>



Foto: Resirqel AS

Bearbeiding av ombrukte trevarer

Normalt tilsier byggeskikken i Norge at trevirke festes mekanisk med spiker, stifter og skruer. Dette kan på den ene siden medføre at det går en del tid med å klargjøre materialet for ombruk, men samtidig er festemetodene og plassering av festene godt kjent av de som utfører arbeid på bygget både ved oppføring og avhending.

Redokumentasjon av ombrukte trevarer

Ifølge den norske rapporten *Anbefalinger* er eldre rivingsvirke sannsynligvis ikke styrkesortert i utgangspunktet. Det må i tilfelle ettersorteres i henhold til NS-EN INSTA 142. Såframt virket er i god stand og uten noen form for råte eller fuktskade, tyder erfaringer på at styrken ikke er vesentlig forringet. Det som eventuelt endres er seigheten til treverket: Trevirke mister duktilitet som en del av aldringsprosessen. Fastheten, som er den typisk dimensjonerende egenskapen for trekonstruksjoner, tenderer derimot til å øke.

Vi har intervjuet Carlos Myrebøe i Treteknisk Institutt vedrørende testing og styrkesortering av lastbærende treverk i Norge. Carlos svarer at styrkesortering av trevirke i dag gjøres på flere måter. De ordningene som er godkjent er:

- **Visuell styrkesortering**
En operatør som har bestått kurs i trelastsortering bedømmer trelasten basert på visuell vurdering.
- **Maskinell styrkesortering**
 - «Bøyebasert» - bygger på sammenheng mellom stivhet og styrke.
 - Akustisk styrkesortering – bygger på sammenheng mellom trevirkets egenfrekvens og fasthetsegenskaper.
 - Laserscanning av overflaten – bygger på sammenhengen mellom fibervinkel og densitet.

Dette sier Carlos Myrebøe om de utpekte materialene listet opp som spesielt interessante for direkte ombruk i Sintef-rapporten *Anbefalinger*:

- **Hele og stemplede lengder av konstruksjonsvirke**
Stemplingen er kun ment for førstegangs bruk og må ses bort fra ved ombruk - dersom lasten skal benyttes til bærende formål. Ombruk til bærende formål krever formell godkjenning av lasten. Per i dag er det ingen som har godkjenning for styrkesortering av ombrukslast.
- **Søyler, bjelker og dragere av limtre**
Må gjennom formell godkjenning dersom de skal benyttes til bærende formål. Det finnes per i dag ingen metode for å vurdere styrken på ombrukt limtrelast på en ikke-destruktiv måte.
- **Splittede limtrentyper som I-profiler**
Her er samme type utfordring. Ved ombruk til bærende formål må styrken dokumenteres/godkjennes. Ingen slik ordning eksisterer per i dag.
- **Parallellfiner med dokumentert fasthet på bygningsdelene**
Hvis dette refererer til LVL (*Laminated veneer lumber*) type kertobjelker, er det i så fall samme utfordring for dette materialet så lenge det er ment for bærende formål – må godkjennes, en styrketestingsmetode må godkjennes/utvikles først.
- **Trefiberplater med intakt egenskap og form**
Bør kunne ombrukes uten resertifisering så lenge de ikke benyttes til bærende formål – (plattformgulv etc.) hvor det er krav til styrkegodkjenning.
- **Bygningens utvendige og innvendige kledning.**
Her er det som regel ikke styrkekrav, men krav til at produktet er egnet for formålet. En tilpasset ytelseserklæring for ombruk burde være mulig å utarbeide.
- **Hele rommoduler**

Usikker på regelverk og tolking. Men brakkerigger/modulbygg har jo blitt benyttet lenge. Regner med at moduler ment for flergangsbruk har egen godkjenning for dette.

“Dokumentasjon er en nøkkelfaktor ved ombruk av treverk. Det har vel til alle tider blitt ombrukt tre, enten dette var laftetømmer, konstruksjonsvirke eller ulike kledningstyper. Utfordringen i dag er et krav om dokumentasjon av egenskaper – spesielt ved omsetning. Denne dokumentasjonen finnes ikke på ombrukte byggevarer og må utarbeides av en kompetent person, organisasjon, myndighet etc.”¹²⁹

Hvilke trevarer er bedre egnet for gjenvinning?

Alt av restmateriale som av ulike årsaker ikke kan benyttes ved ombruk er i utgangspunktet bedre egnet for gjenvinning. Ifølge den norske rapporten *Anbefalinger* er de viktigste spørsmålene man kan stille seg for å avgjøre om et treprodukt er egnet for ombruk disse:

1. Er den funksjonelle kvaliteten forringet av fukt eller annen ødeleggelse?
2. Er den strukturelle kvaliteten forringet av overbelastning eller annen ødeleggelse?
3. Er den estetiske kvaliteten forringet av festemidler, hakk, hull eller maling?
4. Er trevirket farlig avfall for eksempel CCA- eller kreosotimpregnert?

Hvis svaret er ja, er produktet ikke godt egnet, men kan energigjenvinnes.

Hvilke trevarer er ikke egnet for ombruk eller gjenvinning

I henhold til SSB sine tall for 2017 over avfall fra byggeaktivitet blir hele 99,7 % av trevirke levert til energigjenvinning i Norge. Det er kun en relativt ubetydelig andel som leveres deponi. Det er ikke sett nærmere på hva som er årsaken til at trevirke er levert til deponi.

Eksempler på ombruk av treverk uten dokumenterte egenskaper

Trevirke er et fleksibelt produkt med mange bruksområder og med betydelig bruksomfang. Det er flere eksempler på ombruk av trevirke både som hele bygg (laftekasser), som byggevarer eller materiale,

¹²⁹ Carlos Myrebøe, treteknisk institutt, intervju

spesielt i historisk sammenheng. I hvilken grad dette har vært dokumentert eller ikke kjenner vi ikke til, men i mange tilfeller sannsynligvis ikke. Som vi har vært inne på tidligere i dette kapitlet benyttes trevirke både i bygg, men også midlertidig i byggeprosessen. Med tanke på trevirkes mange bruksområder bør det være et potensiale for ombruk uten dokumenterte egenskaper, muligvis også til formål som byggevare. Vi har ikke sett nærmere på konkrete eksempler.

Oppsummering treverk

Treverk er både egnet og ønskelig å ombruke da det binder karbon og utgjør et betydelig volum av avfallet. Eksisterende nedstrømsløsning for treverk er energikrevende oppflising og CO₂-genererende forbrenning, hvor treflis deretter transporteres til forbrenningsanlegg innlands og eksporteres til anlegg utenlands. Treverk lar seg i mange tilfeller demontere helt og pent og har kjente ofte reversible skrudde innfestningspunkter. Redokumentasjon av treverk gjelder for produkter med en rekke ulike bruksområder, men dette er spesielt viktig for materialer som skal ha bærende egenskaper. Disse materialene skal styrkesorteres og godkjennes av sertifiserte kontrollører. Kontroll og testing av materialer spesifikt listet opp som interessante for ombruk i litteraturen vi henviser til, kan vise seg å være vanskelig å teste/kvalitetssikre uten destruktiv testing. Dette gjelder også limtre og andre lamellerte materialer. Det finnes per i dag ingen godkjenningsordning som inkluderer ombruk av treverk eller egen godkjenningsordning for ombrukstreverk.

9. Ombruk av materialer uten dokumentasjon

I dette kapitlet diskuteres ombruk av materialer som ikke krever noen form for bearbeiding eller redokumentasjon. Det vil si *naturstein, marktegl, betongstein og betongheller, elementer av betong og metall, og vinduer*. Det er et særskilt fokus på landskapsprodukter da disse produktene generelt er slitesterke og i liten grad er tekniske. I tillegg kan de forholdsvis enkelt vurderes i forhold til kvalitet og ofte brukes om igjen. Skulle disse produktene svikte, er det ofte heller ikke samme fare for liv og helse som for eksempel i et bæresystem. Estetikk er en viktig faktor for slike produkters ombrukbarhet, så dette diskuteres også. Videre diskuteres også mellomlagring og omsetning med eksempler.

Mengder

Selv om landskapsarkitekturen står for en relativt liten andel av det totale avfallet fra byggeaktiviteten, kan fagfeltet bidra med sin del og påvirke bransjen ved å gå foran som et godt eksempel. Hvert enkelt prosjekt kan også kutte betydelig i sitt utslipp og i sitt uttak av råvarer ved ombruk.

Kvalitet og estetikk

Materialer brukt i landskapsarkitekturen er robuste, hardføre og bestandige. Disse egner seg derfor i utgangspunktet godt til ombruk. Oppfatningen av slitte materialers estetiske kvalitet er subjektivt. Noen ser på slitasje som en uønsket prosess som ødelegger det rene og perfekte, mens andre ser på tidens tann som en berikelse og noe som tilfører en historisk dimensjon og dybde. Men samtidig kan man finne visse gjeldende skjønnhetsvurderinger som er relativt allmenne. Et materiale som eldes langsomt, uten at det truer dets funksjon, kan anses som mer generelt akseptert, og en bevissthet om at det funksjonelle er intakt skaper trygghet i nærmiljøet.

Materialvalg sier noe om samfunnets økonomiske forhold og ressursbruk. Lokale, enkle materialer som tømmer, håndverkssmidde stål og lokalt hugget stein, vitner om et samfunn med lav økonomi og begrenset geografisk mobilitet. Dette er materialer som varer lenge, og hvor tidens tann er en naturlig del av dets karakter. Velstående, moderne miljøer preges av importert og polert stein, maskinelt tilvirket rustfritt stål og eksklusive tresorter. Dette vitner om et globalisert samfunn der teknologien har kommet langt, og energiforbruket er høyt. Rust, oppsprukken maling og slitasje er mer eller mindre naturlig i det første eksempelet og er ikke nevneverdig skjjemmende. Men perfekte og glatte flater i det moderne uttrykket skal helst forbli rene og glinsende. En rustfri flate skal helst forbli rustfri, og glassflater skal være hele og rene. Her er det ikke rom for slitasje, men snarere evig ungdom som etterstrebes. Dette krever et høyt vedlikeholdsnivå og ytterligere ressursbruk.

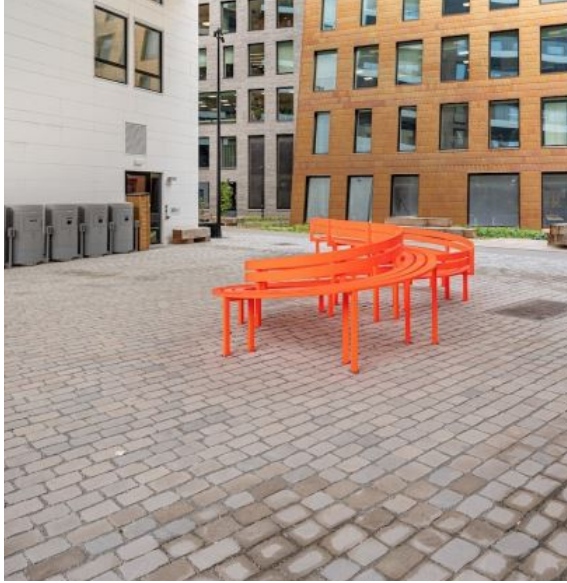
Formgivning med ombruk krever et bevisst forhold til kontrasten mellom det gamle og det nye, og dette kan utnyttes som et effektivt virkemiddel. Ved å fremheve kontrasten kan man forsterke de historiske

lagene og gi stedet en dybde med tydelig lesbarhet. Kontrasten kan også utnyttets rent visuelt for å skape spennende overganger og komposisjoner av ulike teksturer, farger og uttrykk. Eldre materialer kan ha en unik patina som tar mange år å oppnå, noe man ikke kan få ved kjøp av nye materialer. Dette er en kvalitet mange setter pris på og som beriker det visuelle uttrykket. Materialer som viser spor av menneskelig aktivitet, kan gi en estetisk opplevelse basert på sosiale verdier. Slitasje vitner om intensiv bruk og gir en oppfatning om at stedet er en arena for trygge og positive opplevelser. Materialer kan ha affeksjonsverdi i form av personlige minner og opplevelser som er knyttet til steder. Disse verdiene er umulige å kartlegge og vil gå tapt ved total renovasjon og fornyelse uten noe videreføring av eksisterende elementer.

Produkter

Naturstein

Kanskje den mest konvensjonelle formen for ombruk i landskapsarkitekturen i Norge er ombruk av gatestein og kantstein. Naturstein som granitt har meget lang levetid og kan brukes om igjen og om igjen. Elementer i murer og trapper av naturstein lar seg også ombruke. Felles for alle disse er at bruk av mørtel/semment kan komplisere ombruksprosessen. Om mørtelen er sterk, kan det bli vanskelig å demontere og rens steinen. Tørrmurer og dynamisk montert (uten mørtel) steindekke er derfor det letteste å ombruke. Knust naturstein kan også gjenvinnes som forsterkningslag i fundamenter, som tilslag i betong/asfalt eller som fyll i gabioner eller nettingkurver. Men knusingen er ressurskrevende og vil gi mindre gevinster i forhold til ombruk eller refunksjonering. Ombruk av naturstein er spesielt aktuelt da stort sett all ny stein som etableres i Norge. Pr. i dag importeres mesteparten av natursteinen som brukes som belegningsstein i Norge fra Kina eller India, som således krever store transportkostnader og bidrar til høye CO₂-utslipp.



Storgatestein ombrukt i nytt gårdsrom i Bispevika, Studio Oslo Landskapsarkitekter As, 2019.

Marktegl

Marktegl er belegningsstein av tegl og minner om murstein, men er mer slitesterke, bedre sikret mot brudd – og ikke minst frostsikre og velegnet til jordkontakt i vårt tøffe klima.

Tegl har en energikrevende produksjon med påfølgende store CO₂-utslipp, og det er derfor mange fordeler ved å forlenge materialets levetid enten ved ombruk eller gjenvinning. Marktegl som legges i Norge, legges i all hovedsak i løse masser og fuges med løsmasser. Dvs. at man ikke har utfordring med hardhet i mørtel som gjør at det er vanskelig å rense/fjerne mørtel fra marktegl før disse kan ombrukes. Marktegl kan også knuses og gjenvinnes i oppbygningen av veifundament, som dekke i gangveier eller som tilslag i betong eller andre fyllmasser. Men dette vil være nestbest i forhold til ombruk da mye av energipotensialet i mursteinen går tapt.

Betongstein og betongheller

Det etableres per i dag større arealer med betongstein og betongheller enn med marktegl, og i likhet med marktegl etableres disse på løsmasser uten bruk av betong. Disse kan med andre ord på en like enkel måte som med marktegl tas opp, ombrukes på stedet eller eventuelt mellomlagres for videresalg og ombruk på andre steder/prosjekter. De har også store utslipp ved produksjon.

Elementer av betong og metall

Elementer fra bygninger og uterom i betong og metall kan ombrukes som nye elementer i fremtidige landskapsprosjekter. Dette krever planlegging og stedstilpasset utforming, men kan være en viktig historiebærer i nye byggerier.

Vinduer

Lendager tar vinduer som er brukt, og bruker dem i småbygg uten samme krav, eller innvendig. Disse testes for gifter og lignende, men blir ikke redokumenterte utover dette. De samarbeider med 3-5 selskaper som gjør dette, og må gjøre tester for miljøgifter uavhengig av ombruk for å avhende sikkert. I tillegg samarbeider Lendager med større produsenter av vinduer om å bruke overskudd og feilproduksjoner. Lendager informerer byggherre om tilgjengelige skadede og feilproduserte vinduer, kjøper dem, og bruker dem i prosjekter. Dette siste er ikke ombruk, men det forhindrer avfall på samme måte¹³⁰

Nye formål

Byggevarer som blir brukt til andre formål enn bygg, og derigjennom slutter å være byggevarer, representerer et lite men allikevel eksisterende marked. Alternativ bruk hvor et materiale benyttes i kunst, til pynt og dekorasjon, møbler, i midlertidige installasjoner og montasjer eller andre kreasjoner som ikke omfattes av byggeregler er i så måte en type ombruk som ikke omfattes av de samme krav til dokumentasjon av egenskaper og ytelse.

Mellomlagring

Før hadde mange kommuner egne lager av gatestein etc. som man benyttet om igjen i nye kommunale prosjekter. Dette var en ressurs som ivaretok ombruk av materialer som var og er hardføre og bestandige og varige. Flere kommuner har imidlertid ikke lenger et slikt lager, og disse var heller ikke åpne for kommersielle aktører.

Videre har en del private aktører egne lagre som ikke er kommersielt tilgjengelige, men som allikevel vil kunne være tilgjengelig ved direkte henvendelse. Disse aktørene er bl.a. anleggsgartner som i løpet av en lengre periode har samlet materialer fra prosjekter som er revet og ikke minst overskuddsmateriell

¹³⁰ *Intervju med Christian Wittrup (4011)*

fra prosjekter man har utført. F.eks. ble all marktegl som ble fjernet ifm. renovering av Aker Brygge i 2012, plukket opp, lagt på paller og fraktet til entreprenørens lager. Store deler av denne markteglen ble siden ombrukt i nye prosjekter som f.eks Ammerudatriet av Fragment arkitekter og LaLa - Tøyen landskapsarkitekter.



Figur 7: Marktegl ombrukt i prosjektet Ammerudatriet, Lala Tøyen og Eriksen Skajaa Arkitekter (2015)

Omsetning

Ved offentlige anbud spesielt er det en utfordring at man ikke kan spesifisere utsalgsfirma i beskrivelser i henhold til norsk standard fordi at det skal være fri konkurranse mellom tilbydere. Dette kompliserer planleggingen og prosjekteringen ved bruk av slike ombruksmaterialer. Kanskje burde det vært åpnet for å kunne spesifisere slike bedrifter i beskrivelsene som et tiltak for å stimulere dette markedet og øke bruken av disse ombruksmaterialene. Dette setter større krav til beskrivelsene slik at de ønskede materialene blir brukt og ikke byttet ut med nye.

I Nederland har man en nettportal, Oogstkaart¹³¹ som samler info om tilbydere og utsalg av ombruksmaterialer. I Danmark finnes Genbyg¹³². Noe slikt kunne vært aktuelt i Norge også, noe som ville gjort det lettere for de som er interessert i å undersøke slike alternativer.

Forsøksområder

For at produkter skal kunne ombrukes som de er, uten dokumentasjon eller testing, krever dette unntak fra dagens regelverk. Dette utprøves blant annet i prosjekter med spesiell dispensasjon gjennom reguleringsplanen, som på Svartlamoen i Trondheim som har områder som er regulert som byøkologisk forsøksområde¹³³. Vi har ikke valgt å fokusere på Svartlamoen-prosjektene fordi de ferdigstilte prosjektene i liten grad har overføringsverdi til resten av byggebransjen nettopp fordi de ikke oppfyller dagens krav.

Oppsummering ombruk uten dokumentasjon

Mange materialtyper kan potensielt ombrukes uten at de må bearbeides eller redokumenteres. Ombruk av gatestein og kantstein er et veletablert ombrukstiltak innenfor landskapsarkitekturen, og det er utført prosjekter med ombruk av marktegl og betongstein i Norge samt «upcycling» av vinduer i Danmark.

Det er utfordringer knyttet til ressurskrevende rensing av steinen pga. mørtelens styrke, bearbeiding og for å øke ombruk av gatestein og kantstein bør man se på ulike typer mørtel og komme frem til en som er sterk nok, men som også er lett å fjerne i ombrukssammenheng.

Det trengs et bedre marked for aktører som driver med kjøp/salg av ombruksmaterialer. Det kan være aktuelt å se på muligheter for å gi disse aktørene noen fordeler for å stimulere markedet. Et annet virkemiddel kan være å 'premiere' ombruk av materialer i byggeprosjekter enten i form av tilskudd på samme måte som man får støtte til energiltak. Siden myndighetene stadig setter høyere krav og ambisjoner om å forebygge avfall, de bør kanskje gi disse bedriftene noen økonomiske eller praktiske fordeler.

¹³¹ <https://www.oogstkaart.nl>

¹³² <https://genbyg.dk/>

¹³³ Se Svartlamoens egne sider: https://svartlamon.org/wp-content/uploads/2013/10/1170113018_230_BESKRIVELSE.pdf

10. Byggevarer best egnet for gjenvinning

Noen byggevarer er bedre egnet for gjenvinning, eller resirkulering, enn for ombruk. Hvis byggevarer gjenvinnes til samme bruk, beholder vi ressursen i kretsløpet, det blir dermed mindre utarming av råvarer. Et eksempel på bedre egnet for gjenvinning kan være forsøket med å skjære remser av betonghulldekker til fasadebruk i *Nordic Built Component Reuse* prosjektet. Her viste det seg at prosessen med å skjære betongen (estimert) gav et utslipp av CO₂-ekvivalenter langt høyere enn produksjonen av en tilsvarende fasade i nye materialer. Det ville altså være bedre å produsere nye produkter, sett i lys av klimagassutslipp.

Under følger en liste over hvilke byggevarer som egner seg bedre for gjenvinning enn ombruk, samt kriterier for hva som gjør at en byggevarer egner seg bedre for gjenvinning.

Aluminium

Aluminium er korrosjonsbestandig og kan gjenvinnes om og om igjen. Gjenvinning av aluminium krever cirka 5 % av den energien som går med til å produsere primærmaterialet¹³⁴. Gjenvinningsprosessen er likevel problematisk, den krever tilførsel av ny aluminium, og den fører til utslipp av giftige gasser. I teorien svekkes ikke aluminium ved gjenvinning, og 75 % av alt aluminium som noensinne er produsert, er fremdeles i bruk¹³⁵. Problemet ligger i å samle inn materiale av samme renhet, for hvis leget aluminium blandes med rent eller har for mye urenheter som lakk, er det vanskelig å skille det ut igjen og vanskelig å finne bruksområder til dette. Brusbokser er et sånt eksempel¹³⁶. Selv om aluminium har gode egenskaper for energieffektiv gjenvinning, krever produksjonen av primæraluminium svært mye energi- det vil si at det krever mye energi å produsere aluminium første gang, men lite å smelte det om til nye produkter¹³⁷.

¹³⁴ <https://www.hydro.com/no-NO/om-aluminium/>

¹³⁵ <https://www.hydro.com/no-NO/om-aluminium/>

¹³⁶ <https://gemini.no/2015/07/resirkulering-en-boks-om-gangen/>

¹³⁷ Det er svært store variasjoner mellom produsenter: «*Gjennomsnittet i Norge var 2,2 tonn CO₂-ekvivalenter per tonn aluminium i 2008, mens kinesiske aluminiumsverk slapp ut 16,5 tonn CO₂-ekvivalenter per tonn aluminium.*» <https://naturvernforbundet.no/reduser-avfallet/derfor-bor-du-resirkulere-aluminiumsfolien-article34060-3653.html>

Stål

Det er en del stål som i fysisk forstand ikke er egnet for ombruk. Dette avhenger av tidligere bruk, hvorvidt det er utsatt for utmatting, stålets tilstand, hvilken standard stålet er produsert etter og ikke minst når stålet er produsert. Den tiltenkte bruken er også nevnt som en begrensning for ombrukt stål. Dertil kommer det som ikke blir ansett som egnet for ombruk på grunn av krav om dokumentasjon. Det aller meste av stål som ikke er egnet til ombruk, er egnet til omsmelting¹³⁸. Som for aluminium, er det for stål problemstillinger rundt renhet. Ifølge Sirkel AS vil mer enn to gram porselen per tonn stål, ødelegge en batch¹³⁹.

Trevirke

Trevirke er som beskrevet i eget kapittel, en avfallsfraksjon av betydelig volum. Av kjente og brukte nedstrømsløsninger er oppflising og energigjenvinning den dominerende løsning. Det er oss bekjent gjort ulike tidligere forsøk på bruk av treflis fra avfall i materialproduksjon, men dette har visse utfordringer og er enn så lenge ikke foretrukket løsning sammenlignet med bruk av ny flis. En av årsakene er renhet, da treflis fra avfall kan inneholde spor av annet materiale som spiker, maling, lim og fuger. Det er også poengtert fra fagmiljøet at tørrheten til brukt treverk genererer mye finstoff, som utløser behov for mer lim enn ved bruk av fersk flis fra nytt trevirke. Dette har igjen påvirkning på materialenes klimaavtrykk. På tross av disse oppfatningene pågår det arbeid med gjenvinning og produktutvikling med returtreverk. Geminor er en av aktørene som nå arbeider med materialgjenvinning av treavfall fra Grenlandsområdet. De beskriver eksport av returtre til Øst-Europa hvor dette benyttes i produksjon av sponplater til møbelproduksjon. Det er uvisst hvilke resultater som er oppnådd. Vi har i denne rapporten redegjort for og vist til beregninger og eksempler på hvorfor treverk er egnet for ombruk, og har et betydelig potensial for ombruk, og dernest at alt restmateriale som av ulike årsaker ikke er egnet for ombruk bør vurderes materialgjenvunnet, dernest som siste utvei energigjenvinnes.

Gips

Ifølge SSBs statistikk for avfall fra byggeaktivitet ble det kastet ca. 74 500 tonn gips i 2017. Dette utgjorde ca. 4 % av alt byggavfall. Gipsplater er utfordrende å ombruke da disse lett blir utsatt for skader, særlig i forbindelse med håndtering og logistikk/transport. Samtidig er ombruk av gipsplater

¹³⁸ Les mer om dette i kapittel 1 om lastbærende stålkomponenter

¹³⁹ <https://www.sirkel.no/en-porselenshank-kan-odelegge-for-ett-tonn/>

også utfordrende fra et kost-/nytteperspektiv med tanke på vekt/volum i forhold til lager, logistikk og håndtering generelt.

Over halvparten av gipsavfallet oppstår i nybygging slik at løsninger for avfallsreducerende tiltak er relevant å se på. Det meste av gipsavfallet har gått til deponi på grunn av mangel på alternative løsninger. I 2018 etablerte Norsk Gjenvinning en virksomhet i Holmestrand for gjenvinning av gips¹⁴⁰. Ifølge Norsk Gjenvinning har løsningen en høy gjenvinningsprosent, og materialet kan gjenvinnes flere ganger, noe som gjør gjenvinning til en god løsning for gips.

Isolasjon – glass- og steinull

Det er flere typer isolasjonsmaterialer og -produkter som brukes i byggenæringen. Isolasjonsmaterialer har også flere ulike bruksformål. Noen av isolasjonsproduktene inneholder helse- og miljøfarlige stoffer og skal følgelig behandles deretter¹⁴¹. Flere avfallsaktører jobber nå med produsentene for å finne løsninger som reduserer deponi og tilrettelegger for økt gjenvinning av steinull. Ragn Sells og Rockwool har etter sigende inngått samarbeid om gjenvinning av Rockwool og vil ifølge egen pressemelding gjennomføre pilotprosjekter innen kort tid¹⁴².

Betong

Materialgjenvinning av betong gjennom nedknusing til tilslag gir mindre ressursforbruk og mindre avfall. Ved bruk av knust betong som tilslag, produserer man et nytt produkt, med mulighet for dokumentert kvalitet, CE-merking og lovlig omsetning. Gjenvinning tar ikke vare på den investerte energien i betong slik ombruk vil, men det reduserer behovet for uttak av ny grus fra jomfruelig land og endringer i naturen når man tilrettelegger for deponi, noe som i ytterste konsekvens kan medføre geologiske endringer i områder med unik natur. Gjenvinning kan muligens også løse eventuell problematikk rundt krom VI og andre tungmetaller, fordi stoffene bindes i nye produkter, men man skal være obs på at knusing øker faren for spredning av disse stoffene og at noe betong går til deponi pga. krom VI-innhold. Regelverket har vært i endring og det gjenstår arbeid på området ¹⁴³.

¹⁴⁰ <https://www.ngggroup.no/presserom/produksjonen-i-full-gang-for-gjenvinning-av-gips/>

¹⁴¹ <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/gammel-isolasjon-fra-regjeringskvartalet-far-nytt-liv?publisherId=17832150&releasId=17871364>

¹⁴² <https://www.ragnsells.no/artikler/rockwool/>

¹⁴³ Les mer om dette i kapittel 2, om hulldekker i betong, i denne rapporten.

11. Byggevarer uegnet for ombruk og gjenvinning

Ombrukbarhet er et gradsspørsmål, og «alt» kan i prinsippet ombrukes. Noen egenskaper, så som kjemisk innhold, slitasje, utdaterte byggevarer, gjør dem likevel uegnet for ombruk i dagens situasjon. Etter hvert som et ombruksmarked utvikles vil vi kunne oppleve at også grensene for hva som kan ombrukes utvides. Selv om byggevarer ikke kan ombrukes per i dag, kan hele eller deler av denne være aktuell for upcycling eller gjenvinning. Det kan også være sekundære bruksformål utenfor byggenæringen.

Byggevarer med helse- og miljøfarlig innhold

Det første og muligvis et av de mest sentrale kriteriene for å definere byggevarer som uegnet for ombruk, er byggevarer med innhold av helse- og miljøfarlige stoffer. Noen av disse skal ut av bygg så snart de oppdages. Andre er det ikke hensiktsmessig å sende tilbake i et sirkulært system. Altså skal de ut når bygget rives eller rehabiliteres. Likevel kan noe helse- og miljøfarlig innhold potensielt være minst til skade der de er slik som flyveaske og 6-verdig krom i betong. Det kan også gjelde overflatebehandlinger som blymønjealkyd¹⁴⁴. På dette området er det også flere regelverk man må forholde seg til i arbeidet med og vurderingen av potensialet for ombruk.

Prioritetslisten¹⁴⁵ og REACH-forskriften¹⁴⁶

Norske myndigheter prioriterer utfasing av stoffer på den norske prioritetslisten (Miljødirektoratet) og kandidatlisten til REACH (EU). Disse listene definerer flere kjemikalier/stoffer som skal ut av kretsløpet, noe som setter en stopper for ombruk av byggevarer med slike stoffer/innhold.

REACH er en EU-forordning ((EF) nr. 1907/2006)) som i Norge er gjennomført i forskrift om registrering, vurdering, autorisasjon og begrensning av kjemikalier (Reach-forskriften). Stoffer på Reach vedlegg XVII

¹⁴⁴ <https://www.byggogbevar.no/enok/artikler/kaster-du-byggavfallet-riktig>

¹⁴⁵ <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/>

¹⁴⁶ Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/kjemikalier/regelverk/reach/>

begrensingslisten) har uakseptabel risiko for mennesker og/eller miljø. Disse stoffene er enten helt eller delvis forbudt å produsere, importere, omsette og/eller bruke.

Miljøkartlegging og miljøsaneringsbeskrivelse

Tilgangen av brukte byggevarer relevant for ombruk vil i de fleste tilfeller komme fra tiltak som rive- og rehabiliteringsprosjekter av en viss størrelse (større prosjekter). Alle tiltak må kartlegges for farlig avfall i henhold til avfallsforskriften § 11-2. Videre skal det i henhold til TEK17 § 9-7 punkt 2 utarbeides miljøsaneringsbeskrivelse for:

- Vesentlig endring, herunder fasadeendring, eller vesentlig reparasjon av bygningen dersom tiltaket omfatter mer enn 100 m² BRA av bygningen
- Oppføring, tilbygging, påbygging, underbygging, endring eller riving av konstruksjoner og anlegg dersom tiltaket genererer over 10 tonn bygg- og rivningsavfall.

For tiltak som krever miljøsaneringsbeskrivelse må det gjennomføres en miljøkartlegging av en rådgiver med nødvendig kompetanse. I forbindelse med denne kartleggingen utarbeides det som regel en miljøkartleggingsrapport. Rapporten er et godt utgangspunkt og grunnlag for å avklare om de ulike byggevarerne er uegnet i forhold til innhold av helse- og miljøfarlige stoffer. En miljøkartlegging vil nødvendigvis ikke avklare eller «frikjenne» alle byggevarer for helse- og miljøfarlige stoffer, og det vil derfor potensielt være nødvendig med ytterligere spesifikke tester avhengig av type byggevare og tilhørende risiko for uønsket/forbudt innhold.

Et utgangspunkt for vurdering av risiko for helse- og miljøfarlig innhold i byggevarer er DiBKs veileder for byggherrer, prosjekterende og utførende *Unngå helse- og miljøskadelige stoffer i bygg*¹⁴⁷. Denne oversikten er ikke uttømmende, men gir en oversikt over en rekke byggevarer, produkter og produkter brukt på eller i forbindelse med byggevarer.

Tabell 5: Aktuelle svært helse- og miljøskadelige stoffer som kan finnes i produktene

Produktgruppe	Aktuelle svært helse- og miljøskadelige stoffer som kan finnes i produktene	
Bygningsplater: himlingsplater, platematerialer, veggoverflater	<ul style="list-style-type: none">• Ftalater• Oktyl-/nonylfenoler• Formaldehyd	<ul style="list-style-type: none">• Dioktyltinnforbindelser (DOT)• Bromerte flammehemmere

¹⁴⁷ https://dibk.no/globalassets/miljo/publikasjoner/unnga-helse--og-miljoskadelige-stoffer-i-bygg_rev_des_2018.pdf

Fugefrie gulv Epoxy	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol A 	<ul style="list-style-type: none"> • Klorparafiner
Fugemasse, fugeskum o.l. fuge,-tette- og utfyllingsmidler	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol A • Ftalater • Krom • TCEP • Siloksaner (D5) 	<ul style="list-style-type: none"> • Klorparafiner • Pentaklorfenol • Oktyl-/nonylfenoler • Dibutyltinnforbindelser (DBT) • Bromerte flammehemmere
Gulv og tapeter (vinyl)	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol A • Ftalater • TCEP • PAH 	<ul style="list-style-type: none"> • Klorparafiner • Dioktyltinnforbindelser (DOT) • Bromerte flammehemmere
Gummilister, -gulv og -matter	<ul style="list-style-type: none"> • Klorparafiner 	
Impregnert trevirke (brukt i industri)	<ul style="list-style-type: none"> • Arsen 	<ul style="list-style-type: none"> • Krom
Innvendig maling, lakk og grunner	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol A • Ftalater • Kadmium • Klorparafiner • Krom 	<ul style="list-style-type: none"> • Oktyl-/nonylfenoler • Siloksaner (D5) • Blyforbindelser • TCEP (tris(2-kloretyl)fosfat) • Bromerte flammehemmere
Isolasjon: plastbasert, cellulosebasert, mineralbasert, cellegummi	<ul style="list-style-type: none"> • Siloksaner (D5) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bromerte flammehemmere
Kondenssperre (cellegummi)	<ul style="list-style-type: none"> • Triclosan 	<ul style="list-style-type: none"> • Bromerte flammehemmere
Lim	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol A • Klorparafiner • Krom 	<ul style="list-style-type: none"> • Oktyl-/nonylfenoler • TCEP (tris(2-kloretyl)fosfat) • Dibutyltinnforbindelser (DBT)
Membraner, primere, sparkelprodukter og avrettingsmasser	<ul style="list-style-type: none"> • Ftalater • PAH • Siloksaner (D5) 	<ul style="list-style-type: none"> • Blyforbindelser • Klorparafiner • Bromerte flammehemmere
Polykarbonat: fasadeplater, overlyskupler, solpaneler	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol A 	<ul style="list-style-type: none"> •
Takbelegg, takshingel o.l.	<ul style="list-style-type: none"> • Ftalater • PAH 	<ul style="list-style-type: none"> • Blyforbindelser
Utvendig maling, lakk og beis	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol A • Ftalater 	<ul style="list-style-type: none"> • Klorparafiner • Oktyl-/nonylfenoler

	<ul style="list-style-type: none"> • Kadmium • Krom • Siloksaner (D5) 	<ul style="list-style-type: none"> • TCEP (tris(2-kloretyl)fosfat) • Benzotriazolbaserte UV-filtre • Bromerte flammehemmere
Vinduer og ytterdører	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol A • PFOS/PFOA • Ftalater • Klorparafiner 	<ul style="list-style-type: none"> • Oktyl-/nonylfenoler • Kadmium- og blystabilisatorer • Bromerte flammehemmere
Våtromselementer	<ul style="list-style-type: none"> • Klorparafiner • Ftalater 	<ul style="list-style-type: none"> • Bromerte flammehemmere

Oppføring av bygg

I TEK17 § 9-2 er det beskrevet at «Det skal velges produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer.». Dette gjelder for både nye og ombrukte produkter.

Engangsprodukter

Byggevarer kan gjennom montasje, bruk eller demontering miste de nødvendige egenskapene. Typisk er støpte eller limte produkter og overflater som slites. Disse kan tenkes å kunne brukes til noe annet, men i liten grad i direkte ombruk. Eksempler på engangsprodukter er pålimt takpapp, listverk som fuges, beslag, keramiske fliser og dørkarmen. Hele baderomsmoduler er også et produkt som i stor grad benyttes i nybygg i Norge i dag. Baderomsmodulene er ofte bygget opp av metallkonstruksjoner og metallplater som flislegges innvendig. Dette gir lite rom for endringer, rehabilitering og fremtidig ombruk. Vår erfaring er at utstrakt bruk av denne type produkter resulterer i store mengder fremtidig avfall som vanskelig kan ombrukes, og bare med spesiell innsats kan forberedes for materialgjenvinning.

Tekniske produkter

Byggevarer hvor den teknologiske utviklingen og villet design for overflødighet og konstant utskiftning, gjør det teknisk urealistisk å bruke om igjen. Det kan være vannklosett med flottører som er ute av produksjon, heissystemer, ventilasjonsaggregater, lamper og belysning osv. Hvis man for eksempel hadde et arkiv av 3D-scannede flottører, ville man kunne 3D-printe reservedeler ved behov og utvidet vannklosettenes levetid betraktelig.

Utdaterte byggevarer som ikke lenger møter krav

Vinduer med for dårlige isolasjonsegenskaper, dører og kontorskillevegger i glass som ikke tilfredsstiller dagens krav til lydisolering, er blant produktene som havner i denne kategorien. Men kan de brukes til noe annet? I glass-kapitelet diskuteres ombruk av glass til annet bruk. Vinduer har vist seg å være problematisk. En løsning kunne vært å utvikle produkter som kan oppgraderes når nye krav eller ny teknologi kommer på banen.

Utilgjengelige byggevarer og fundamentering

Noen byggevarer er ikke praktisk mulig å hente ut, som peler og plasstøpt betongfundamentering. Disse vil mange tilfeller forbli der de er som et historisk vitne om vår sivilisasjons byggeskikk. Fordi utslippene tilknyttet grunnarbeid og fundamentering er store, bør slike monumenter begrenses i størst mulig grad, og fundamenter bør brukes om igjen der det er mulig ¹⁴⁸.

Økonomisk ugunstige produkter

Økonomi er ikke hovedfokus i denne rapporten, men i praksis er det avgjørende for ombruk. Svært mange produkter havner foreløpig i denne kategorien, også produkter som det ellers ville kunne være relativt enkelt å ombruke.

¹⁴⁸ Det er skrevet noe om temaet, men dette faller ikke innenfor denne rapportens omfang. Interesserte kan for eksempel se til *Reuse of foundations* (2007), Chapman, T; Anderson S; Windle J, (Ciria) UK.

12. Hvordan byggevarer kan demonteres

De ulike byggevarer vi har sett nærmere i denne rapporten har alle ulike funksjoner, kobling og/eller innfestning. Men felles for de alle er at de er demonterbare, uten behov for betydelige destruktive inngrep i selve produktet. Treverk blir i stadig større grad festet med skruer, mange stålkonstruksjoner har reversible sammenføyninger i form av bolter, vinduer demonteres i dag skånsomt for å unngå knusing av glass, og selv betonghulldekker har relativt enkle koblinger å bryte (påstøp og skjærfuge ref. kapittel 2). Det er utvilsomt en vei å gå fra tradisjonell riving med destruktiv tilnærming som betongtygging/knusing til skånsom demontering av elementer, men eksempler som The Hub (Betonmast), og Nytt RKV (Veidekke) viser at dette er både gjennomførbart, ønskelig og til og med regningsvarende i konkrete prosjekter.

Knut Arne Midstøl fra Midstøl AS, har lang erfaring med demontering, heising, lossing, transport, lagring og ulike nedstrømsløsninger for et bredt spekter av bygninger og byggematerialer.

Midstøl bidrar med innsikt i så vel tekniske utfordringer som formelle krav de må tilfredsstille og løse i sitt arbeid. De har nylig gjennomført et sammenliknbart prosjekt hvor de demonterte en hel fabrikkhall på 1000 kvm bit for bit:

Knut Arne Midstøl formidler følgende om prosjektet:

Prosjektering og prekvalifisering

Både foretak og mannskap måtte prekvalifiseres ved oversendelse av nødvendige godkjenninger. Herunder erklæring av ansvarsrett, innsyn i regnskap i 4 år, skatteattester, dokumentere og fremlegge sertifikater for de forskjellige arbeidene som skulle utføres, dokumentere at utførende håndverkere hadde nødvendig kompetanse samt byggekort for bygg- og anleggsbransjen

Prosjekteringen startet med innhenting av eksisterende tegningsmateriale og dokumentasjon. Vi fikk bistand med å spore opp tilgjengelig dokumentasjon da dette verken var å finne i offentlige arkiver eller byggherres arkiver. Opprinnelig entreprenør viste seg å besitte komplett arkiv over tegninger og prosjekteringsgrunnlag. Dette materialet var svært viktig i vårt arbeid med prosjektering for demontering. Gjennomgang av miljørapport ble gjort, samt vurdering av avstand til høyspent og av grunnen med hensyn til kraning. Tegninger ble gjennomgått grundig med tanke på bæring og hvordan betongsøyene var fundamentert. Det avgjorde hva vi måtte starte med og hva som var best å ta til slutt. Spesielt med tanke på at vi måtte flytte en 25 tonn stor traverskran som måtte løftes ut på et tidspunkt.

Det ble deretter utarbeidet fremdriftsplan, tiltaksplan, og en detaljert demonterings plan, Det ble laget egen SHA plan og tilpasninger i HMS rutineene for prosjektet. Av kritiske punkter var stabiliteten under demonteringen svært viktig og det faktum at hallen vi demonterte hang sammen med en annen del som skulle bevares. Det ble derfor laget stemplingsplan for betongsøyler for å få maksimal sikkerhet for bygget under demontering. Det ble også laget en festeanordning som ble flyttbar for arbeid i høyden. Videre ble alle søyler, dragere, ventilasjon, rørføringer, blikk, veggelementer, skyvedører, kabelgater med mer tatt bilder av og merket del for del.

Gjennomføring.

Forarbeidet besto av utkobling av brannalarm, elektrisk anlegg og stoppekran for vann. Selve demonteringen ble gjennomført ved bruk av mobilkran og stropper, lastebil med kran, manitou/ terrenggående anleggskjøretøy med lasteapparat med gaffel og en stor andel manuelt demonteringsarbeid med egnet verktøy.

Betongsøyler ble lagt ned horisontalt for så å bli fraktet på semitrailer. Disse ble sikret med strø hver andre meter under for å hindre knekkskader og sikret med kjetting.

Stål fagverksbjelker ble fraktet som spesialtransport i sin helhet, 20 meters lengder. De ble sikret med kjettinger og midtstøtter.

Paroc-elementer ble pakket på lange paller med jevnt trykk under, papp imellom hvert element, og plastret rundt. Disse ble transportert på skapbiler.

I prosjektet ble alt av materialer bortsett fra takpapp og betongdekke skånsomt demontert og klargjort for transport mellomlagring og kvalitetssikring for ombruk.¹⁴⁹ Resultatet er betydelig avfallsreduksjon, store kostnadsbesparelser, og betydelig reduksjon av CO₂-utslipp.

¹⁴⁹ Intervju, Knut Arne Midstøl 2019



Foto: Resirqel 2018, Skånsom demontering fabrikkhall.

13. Hvordan mellomlagring og transport av ombruksmaterialer kan løses

Ulike produkter krever naturligvis ulik prosess knyttet til transport og mellomlagring. Men som vi beskriver i rapporten, er grundig forarbeid, en vel gjennomtenkt gjennomføringsplan og riktig utstyr et godt utgangspunkt for videre transport og mellomlagring. Volum (mengde/antall), vareverdi og CO₂ fra transport er også medvirkende faktorer som avgjør om transport av ombruksmaterialer er regningssvarende og bidrar til klimagassreducerende tiltak.

Mellomlagring vil i de aller fleste tilfeller medføre større kostnader enn ved direkte transport til avtager/nytt prosjekt. Direkte koordinering uten mellomlagring krever erfaringsmessig tidlig kartlegging av tilgjengelige materialer, da prosjektering, kvalitetssikring, eventuell testing og sertifisering for forsvarlig bruk av materialene ofte er tidkrevende.

Vi har bedt Midtstøl dele noen av sine erfaringer knyttet til transport og mellomlagring av elementer fra fabrikkhallen:

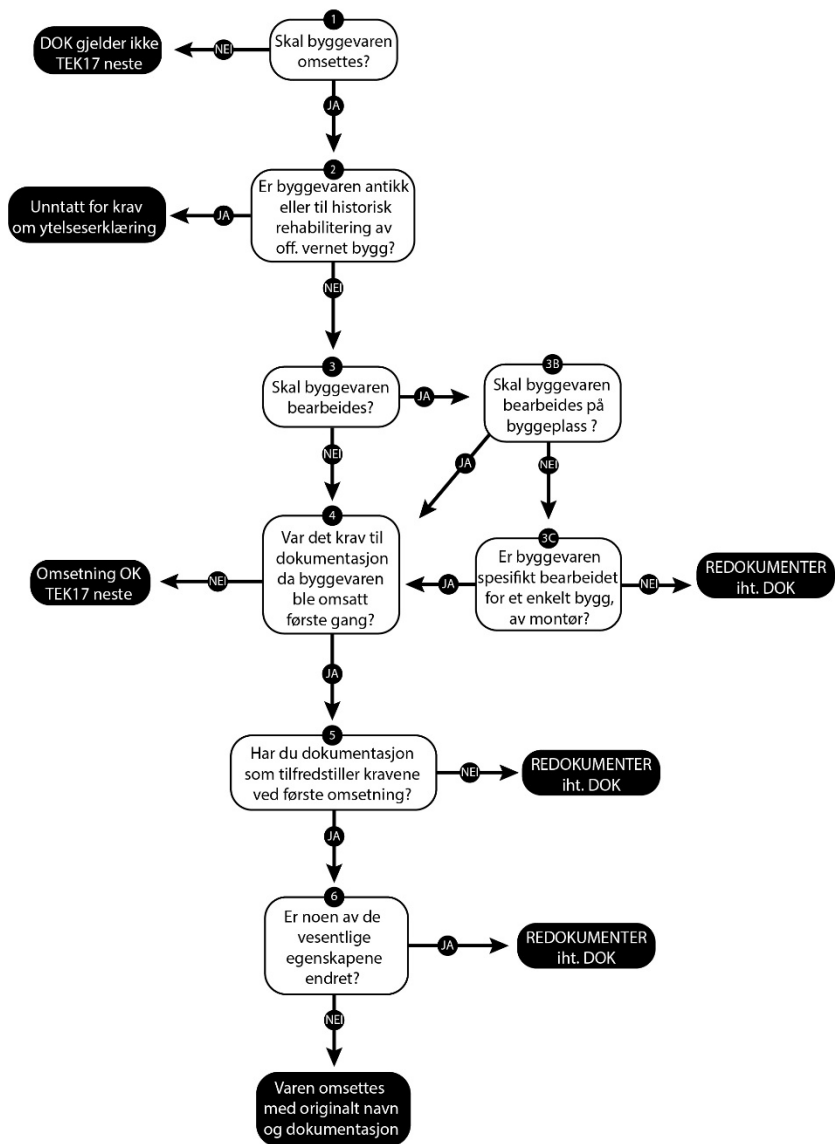
-Lettere elementer ble heist ned, stablet og fraktsikret på demonteringsplass mens større elementer som dragere og traverskran (25 tonns traverskran med 20 m spenn) ble losset rett på åpen lastebil og kjørt direkte til lagringsplass. Mellomlagring foregår på opparbeidet tomt, og produktene er sikret hensiktsmessig mot vær og vind frem til planlagt remontering¹⁵⁰.

¹⁵⁰ Knut Arne Midtstøl 2019

14. Ombruk, dokumentasjon og konsekvenser

Det kan være vanskelig å få oversikt over hvilket regelverk som gjelder når, hvilke tiltak som kan gjøres, og hvilke praktiske konsekvenser dette får. Under følger en ikke-autoritativ skisse som kan tjene til å gi et overblikk over hvilke hensyn og prosesser som spiller inn i forhold til regelverk i en ombruksprosess. Fordi mye av dagens ombruk skjer utenfor regelverket, kan det være positivt med i alle fall en overordnet forståelse av problemstillingene rundt dokumentasjon og omsetting.

OMBRUK & DOKUMENTASJON



1: Omsetning

Hvis man ikke skal omsette en byggevare, trer ikke kravene i DOK inn. Det oppstår likevel et nytt problem, fordi det ikke finnes alternative standarder for å redokumentere byggevarer slik at det tilfredsstiller byggetekniske krav (TEK).

Man kan, i noen tilfeller få erfaring med og oppnå noe ombruk i en overgangsfase, ved at det er samme eier av bygget som skal rives og det som skal oppføres. Hvis man må fortsette å gjennomføre ombruk uten å kunne omsette byggevaren, vil det være vanskelig å gjennomføre omfattende forsvarlig ombruk.

2: Historiske byggevarer

Ifølge byggevareforordningen artikkel 5 punkt 3, er byggevarer produsert på tradisjonelt vis eller på et vis som egner seg for bevaring av kulturarven og i en ikke-industriell prosess med sikte på hensiktsmessig rehabilitering av byggverk som er offisielt vernet som del av et fredet miljø eller på grunn av sin særskilte arkitektoniske eller historiske verdi, i samsvar med gjeldende nasjonale regler, unntatt fra krav om ytelseserklæring. Dette vil kunne gjelde særskilte bygg og byggevarer og ut fra dagens situasjon derfor ha et begrenset omfang.

3: Bearbeiding

Å ombruke uten bearbeiding er den reneste formen for ombruk. Ved slikt ombruk vil man, gitt at det finnes eksisterende dokumentasjon eller at det ikke var krav til dokumentasjon, kunne unngå å redokumentere produkter etter dagens regelverk som produsent. Hvis man ved bearbeiding endrer vesentlige egenskaper, produserer man i teknisk forstand et nytt produkt og må oppfylle dagens dokumentasjonskrav som produsent for å omsette byggevaren.

3 B: Bearbeiding på byggeplass

Byggevareforordningen omfatter ikke bearbeiding på byggeplass. Det er ikke en ønskelig utvikling at mer arbeid utføres på byggeplass. Det fører av erfaring til mindre demonterbare bygg og innebærer enn mindre kontrollert produksjon i forhold til vær og lignende. De samme tekniske kravene gjelder for byggevarer bearbeidet på byggeplass.

3 C: Spesifikt produserte varer

Spesifikt produserte byggevarer er unntatt krav om ytelseserklæring, etter unntak iht. artikkel 5, punkt 1 i Byggevareforordningen. Dette punktet gjelder ikke varer som alltid produseres med noe 'skreddersøm', som stålkomponenter.

Byggevaren er individuelt produsert eller etter mål i en prosess som ikke innebærer serieproduksjon, for en bestemt ordre, og installeres i et enkelt, identifisert byggverk av en produsent som er ansvarlig for sikker innbygging av varen i byggverket, i samsvar med gjeldende nasjonale regler og under ansvaret til de som er ansvarlige for at byggverket oppføres på en sikker måte etter gjeldende nasjonale regler.

4: Krav til dokumentasjon da byggevaren først ble omsatt

Hvis det ikke fantes krav til dokumentasjon da byggevaren først ble omsatt, er det ingen krav til dokumentasjon ved omsetting for ombruk - så sant man ikke endrer vesentlige egenskaper. Dette har ingen innvirkning på kravene til bruken av byggevarene, slik at byggevaren fremdeles må tilfredsstillere kravene til ytelse i bygget den skal brukes i.

5) Original dokumentasjon eller tilsvarende

Det er kravene til dokumentasjon som gjaldt da byggevaren først ble omsatt, som gjelder når man skal oppfylle dokumentasjonskravene til omsetting for ombruksvarer. For byggevarer omsatt første gang etter Byggevareforordningen ble innført, gjelder kravene i denne. Hvis man ikke har denne dokumentasjonen, må man redokumentere byggevaren.

6) Endring av vesentlige egenskaper

Hvis noen av de vesentlige egenskapene er endret under bruk, må byggevaren redokumenteres, som beskrevet i punkt 3.

Omsetting under originalt navn eller nytt navn

Hvis egenskapene ikke er endret, og alle ovenstående betingelser er oppfylt, kan byggevaren omsettes under originalt navn. Hvis man mot formodning vil endre navnet, må man redokumentere byggevaren iht. DOK, i den grad det er mulig.

Vurdering etter TEK17

Selv om de vesentlige egenskapene er oppfylt, betyr ikke det at kravene i TEK17 er oppfylt. For å bruke byggevaren i prosjekt må kravene i TEK17 dokumenteres oppfylt.

15. Oppsummering og konklusjoner

Det er mulig med forsvarlig ombruk i dag, men det er store utfordringer knyttet til gjennomføringen. Usikkerhet rundt regelverk, standarder og prosedyrer utgjør et problem for ombruk i industriell skala. Krav om dokumentasjon kan også utgjøre et problem for dagens gråsonemarked. Arbeider knyttet til redokumentasjon er potensielt kostnadsdrivende, men dokumentasjon er en forutsetning for industrielt ombruk, noe som vil kunne innebære at man som selger vil måtte påta seg et produsentansvar i henhold til dagens regelverk. På sikt, skal ombruk vokse i omfang, vil det sannsynligvis kreves en økt spesialisering rundt utvalgte ombruksprodukter og praktiske prosesser. Samtidig som det stiller krav til lagring av produktdokumentasjon, tilpassing av krav og regelverk, samt endring av hvordan aktører samhandler og kommuniserer.

I rapporten har vi belyst ulike problemstillinger og muligheter for å få til forsvarlig ombruk av byggevarer med et spesielt fokus på praktisk gjennomføring i henhold til gjeldende regelverk. Det er derfor valgt ut noen få byggevarer/materialer for å kunne gå mer dybden på de ulike aspektene knyttet til ombruk for hver enkelt av dem. I utvelgelsen av byggevarer er det blant annet lagt vekt på faktorer som at den er et hyppig brukt eksempel, at den utgjør et visst volum og at ombruk for å forhindre nyproduksjon har en vesentlig effekt på energiforbruk og klimagassutslipp. De utvalgte byggevarerne er på den bakgrunn:

- Lastbærende stålkomponenter
- Hulldekker betong
- Murstein i tegl
- Vinduer/glass
- Trevirke
- Byggevarer med potensiale for ombruk uten dokumentasjon (i hovedsak landskapsprodukter)

For de utvalgte byggevarerne har vi sett nærmere på ulike steg i ombruksprosessen som demontering, mellomlagring/transport, behov for bearbeiding og redokumentasjon av byggevaren. Det er også sett på forhold som gjør gjenvinning til en mer relevant løsning eller under hvilke forhold byggevaren ikke egner for ombruk eller gjenvinning. Redokumentasjon i forhold til regelverket, demontering og mellomlagring er også gjennomgått nærmere på generell basis som egne kapitler.

Ombruk av byggevarer og krav til dokumentasjon

I forhold til redokumentasjon eller krav til dokumentasjon av brukte byggevarer er det spesielt to overordnede problemstillinger man står ovenfor:

1. Kan den brukte byggevaren redokumenteres for å tilfredsstille krav for omsetning?
2. Kan den brukte byggevaren redokumenteres i forhold til de egenskaper som kreves for bruk i bygget den er tiltenkt omsatt til?

For å få til ombruk av en byggevare må man kunne redokumentere byggevaren i forhold til begge de to ovenstående punktene. Omsetning og bruk av byggevarer reguleres i to forskjellige forskrifter, henholdsvis *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)* som *Byggevareforordningen* er den del av og *Byggteknisk forskrift (TEK17)*.

Byggteknisk forskrift (TEK17) regulerer alle minimumskrav til byggverk som oppføres i Norge. Tar man utgangspunkt i at den brukte byggevaren man ønsker å bruke ble produsert og omsatt flere år tilbake, kan nye tekniske krav være det reelle hinderet for ombruk eller at byggevarens ytelse/egenskaper reduseres over tid. Likevel vil det kunne være byggevarer som nødvendigvis ikke opplever en slik utvikling i økte krav og samtidig beholder sine egenskaper/ytelse godt over tid, eller som kan brukes eller kompenseres på andre måter i et nytt bygg.

I forhold til å kunne omsette en brukt byggevare vil det være nødvendig å avklare:

1. Når ble byggevaren først omsatt på markedet og hvilke krav til dokumentasjon som var gjeldende for byggevaren på det tidspunktet?
2. Kan man fremskaffe opprinnelig dokumentasjonen i henhold til kravene for byggevaren fra når den ble først omsatt (hvis det var krav om dokumentasjon)?
3. Er byggevarens egenskaper uendret i forhold til de egenskaper som opprinnelig er dokumentert¹⁵¹?
4. Skal byggevaren selges med opprinnelig dokumentasjon og under opprinnelig produktnavn?

Det vil kunne være utfordrende å avklare eller imøtekomme alle ovenstående punkter for omsetning og samtidig kunne tilfredsstille kravene til bruk i nytt byggverk. Etter hvert som ulike prosjekter prøver ut dette i praksis vil det vises i hvilken grad man klarer å gjennomføre redokumentasjon. Får man til dette for enkelte byggevarer, vil det kunne danne praksis for tilsvarende.

Det problematiske med gjeldende regelverk er at en selger av brukte byggevarer vil kunne bli omfattet av regelverket som produsent i henhold til Byggevareforordningen, hvor dokumentasjon er basert på serieproduksjon med tilhørende systemer og testing. Det er usikkert hvordan dette regelverket skal etterleves for brukte byggevarer (ombruk).

Lastbærende stålkomponenter

Alt tyder på at det er mulig å ombruke lastbærende stålkomponenter i Norge i dag. Det er mulig å teste og resertifisere ombrukt stål innenfor dagens regelverk, det er mulig å omsette stålet i henhold til Byggevareforordningen, og det er mulig å ombruke lastbærende stålkomponenter til bygg. Det er noe ulikhet i akkurat hvordan dette skal gjøres, men det innebærer alltid en fastsettelse av tekniske egenskaper. Hvorvidt produktene skal CE-merkes, er det uenighet rundt. Noen land mener at ombrukte lastbærende stålkomponenter ikke skal CE-merkes, fordi de allerede er (lovlig) omsatt. Norsk Stålforbund har en mer nyansert posisjon, der ombrukte produkter hvor vesentlige egenskaper endres før omsetting, skal CE-merkes. Hvis produktene bare demonteres og flyttes eller ikke bytter eier, er det

¹⁵¹ I hvilken grad dette må dokumenteres eller sannsynliggjøres er foreløpig et åpent spørsmål

ingen krav om CE-merking. Det må likevel dokumenteres at de har de nødvendige egenskapene som er forutsatt i prosjekteringen.

- Stål kan ombrukes i dag.
- Det må først lages en plan rundt demonteringen, som bør gjennomføres av et montasjefirma.
- Lokal mellomlagring vil kunne kreve at byggebransjen selv, eller noen med tilgang på ledige tomter, slik som kommunen eller staten, bidrar.
- Egenskaper må dokumenteres der det ikke finnes dokumentasjon. Det vil etter hvert komme prosedyrer for dette.
- Sertifiserte stålverksted må utføre eventuell bearbeiding.
- CE-merking er mulig innenfor dagens regelverk, hvis og når det er påkrevet.

Hulldykker betong

Mye FoU er allerede gjennomført hva kommer til praktisk testing av ombruk av hulldykker i betong, fra demontering, mellomlagring til bearbeiding, testing og remontering i nybygg. Her kan det hentes ut tall og beregninger knyttet til økonomi, tid, kvalitet og klima.

Noe av utfordringen ligger i å etablere en repeterbar metode for skånsom, tids- og kostnadseffektiv demontering. Transport og mellomlagring må også vies særlige hensyn og kan være både ressurs- og plasskrevende.

Det finnes per i dag ikke standardiserte prosesser eller metoder for testing, kvalitetssikring og redokumentasjon av brukte hulldykker for å dokumentere egenskaper, både i forhold til tilfredstillelse av byggtekniske krav for ombruk i nytt bygg og i forbindelse med omsetning. Men her vil det kunne komme viktige erfaringer fra pågående prosjekter.

Murstein i tegl

Man kan dele inn potensielle ombruksobjekter for murstein av tegl i ulike grupper:

Murstein av tegl fra teglkonstruksjoner som er oppført før ca. 1925	<ul style="list-style-type: none">• Tegl fra yttervange: sannsynligvis egnet for direkte ombruk uten viderebehandling utover rensning.• Tegl fra innervange: krever sannsynligvis etterbehandling utover rensning i form av etterbrenning eller tilsvarende for å øke frostmotstandsevne til fasade.
Murstein av tegl fra teglkonstruksjoner som er oppført mellom ca. 1925-1955	<ul style="list-style-type: none">• Det bør gjennomføres prøveuttak for kontroll av mørtelens fasthet og heft mellom mørtel og murstein av tegl og sannsynliggjøring av potensial for ombruk.
Murstein av tegl fra teglkonstruksjoner som er oppført etter ca. 1955	<ul style="list-style-type: none">• Bruk av murstein av tegl fra denne typen konstruksjoner vil kreve spesielt mekanisk rengjøringsutstyr som i dag ikke er tilgjengelig. Metoder for å enklere kunne fjerne sementbasert mørtel ved oppvarming, er under uttesting i samarbeid mellom Gamle Mursten og det danske Teknologiske Institut.

Murstein av tegl fra teglskonstruksjoner som er oppført etter ca. 1975	<ul style="list-style-type: none"> • Murstein av tegl oppført etter 1975 er nesten utelukkende oppført med frostsikker murstein av tegl og sementbasert mørtel.
--	--

Murstein av tegl som har vært i direkte kontakt med elastiske fuger som inneholder PCB, kan ikke benyttes og må avhendes som farlig avfall, eller ordinært avfall, avhengig av konsentrasjonen.

Ved ombruk av murstein av tegl som kun krever rensing, er klimagassutslippet redusert med over 80 % sammenlignet med ny produksjon av tegl ved leveranser til Oslo-området. Tilsvarende reduksjon ved sourcing i Norge og ombrenning i Danmark er i underkant av 30 % og 99 % ved direkte ombruk i Norge. Det er også muligheter for å redusere miljøbelastning fra transport og forbrenning ved å utnytte returtransport og ledig kapasitet i ovnene.

Det er utviklet en EAD for å dokumentere sentrale egenskaper ved ombrukte murstein av tegl og for frivillig utarbeidelse av ETA og CE-merke for disse. Denne EAD beskriver en tilvirkningsprosess og FPC som muliggjør bruk av den statistiske metoden for dokumentasjon av egenskaper definert i EN 771-1.

Vinduer/glass

Ombruk at isolerglass-vinduer til samme funksjon er det per i dag utfordrende å få til på grunn av helse- og miljøfarlig innhold og teknisk krav. Ombruk av glass og vinduer gjøres i dag i ulike former som innebærer endring av bruksformål eller en form for bearbeiding/opsirkulering. Eksemplene viser til mulige veier for ombruk av glass hvor det er glass/glasskiver som ombrukes.

Unntak finnes, men i prosjekter som ikke overholder dagens regelverk/har unntak. Det er også et marked for gamle vinduer/glass til restaurering av hus.

Treverk

Treverk er både egnet og ønskelig å ombruke da det binder karbon og utgjør et betydelig volum av avfallet. Eksisterende nedstrømsløsning for treverk er energikrevende oppflising og CO₂-genererende forbrenning, hvor treflis deretter transporteres til forbrenningsanlegg innenlands og eksporteres til anlegg utenlands. Treverk lar seg i mange tilfeller demontere helt og pent og har kjente ofte reversible skrudde innfestningspunkter.

Redokumentasjon av treverk gjelder for produkter med en rekke ulike bruksområder, men dette er spesielt viktig for materialer som skal ha bærende egenskaper. Disse materialene skal styrkesorteres og godkjennes av sertifiserte kontrollører. Kontroll og testing av materialer spesifikt listet opp som interessante for ombruk i litteraturen vi henviser til, kan vise seg å være vanskelig å teste/kvalitetssikre uten destruktiv testing. Dette gjelder også limtre og andre lamellerte materialer.

Det finnes per i dag ingen godkjenningsordning som inkluderer ombruk av treverk eller egen godkjenningsordning for ombrukstreverk.

Byggevarer med potensiale for ombruk uten dokumentasjon

Mange materialtyper kan potensielt ombrukes uten at de må bearbeides eller redokumenteres. Ombruk av gatestein og kantstein er et veletablert ombrukstiltak innenfor landskapsarkitekturen, og det er utført prosjekter med ombruk av marktegl og betongstein i Norge samt «upcycling» av vinduer i Danmark.

Det er utfordringer knyttet til ressurskrevende rensing av steinen pga. mørtelens styrke, bearbeiding og for å øke ombruk av gatestein og kantstein bør man se på ulike typer mørtel og komme frem til en som er sterk nok, men som også er lett å fjerne i ombrukssammenheng.

Det trengs et bedre marked for aktører som driver med kjøp/salg av ombruksmaterialer. Det kan være aktuelt å se på muligheter for å gi disse aktørene noen fordeler for å stimulere markedet. Et annet virkemiddel kan være å 'premiere' ombruk av materialer i byggeprosjekter i form av tilskudd på samme måte som man får støtte til energiltak. Siden myndighetene stadig setter høyere krav og ambisjoner om å forebygge avfall, bør de kanskje gi disse bedriftene noen økonomiske eller praktiske fordeler.

Hvilke byggevarer er bedre egnet for gjenvinning?

Noen byggevarer er bedre egnet for gjenvinning eller resirkulering, enn for ombruk. I kapitlet nevnes produkter av aluminium, stål, trevirke, gips, isolasjon av glass og steinull og betong, som ofte kan gjenvinnes, og i visse tilfeller, der ombruk ikke er hensiktsmessig, heller bør gjenvinnes enn å ombrukes som de er. Hver av disse materialene har sine egne problemer rundt gjenvinning, som legeringsproblematikk rundt aluminium. Hvis byggevarer gjenvinnes til samme bruk, beholder vi ressursen i kretsløpet, det blir dermed mindre utarming av råvarer.

Hvilke byggevarer uegnet for ombruk og gjenvinning?

Noen byggevarer er ikke egnet for ombruk. I kapitlet nevnes byggevarer med helse- og miljøfarlig innhold, engangsprodukter, tekniske produkter hvor reservedeler ikke lenger er tilgjengelig, utdaterte byggevarer som ikke lenger møter krav og heller ikke kan oppgraderes, utilgjengelige byggevarer og fundamentering, og økonomisk ugunstige produkter. Ombrukbarhet er et gradsspørsmål, og «alt» kan i prinsippet ombrukes. Noen egenskaper, så som kjemisk innhold, slitasje og ikke minst ugunstig pris, gjør dem likevel uegnet for ombruk i dagens situasjon. Etter hvert som et ombruksmarked utvikles, vil vi kunne oppleve at også grensene for hva som kan ombrukes, utvides.

Selv om byggevaren ikke kan ombrukes per i dag, kan hele eller deler av denne være aktuell for oppsirkulering eller gjenvinning. Det kan også være sekundære bruksformål utenfor byggenæringen.

Hvordan byggevarer kan demonteres

De ulike byggevarerne vi har sett nærmere i denne rapporten har alle ulik funksjon, kobling og/eller innfestning. Men felles for dem alle er at de er demonterbare, uten behov for betydelige destruktive inngrep i selve produktet. I kapitlet gjengis blant annet erfaring fra Knut Arne Midstøl fra Midstøl AS, som har lang erfaring med demontering, heising, lossing, transport, lagring og ulike nedstrømsløsninger for et bredt spekter av bygninger og byggematerialer.

Hvordan mellomlagring og transport av ombruksmaterialer kan løses

Ulike produkter krever ulik prosess knyttet til transport og mellomlagring. Dette temaet er derfor behandlet på produktspesifikt nivå, under egne kapitler. I kapitlet spesifikt om dette temaet, gjøres noen generelle betraktninger, som at grundig forarbeid, en vel gjennomtenkt gjennomføringsplan og riktig utstyr et godt utgangspunkt for videre transport og mellomlagring, er sentralt. Volum (mengde/antall), vareverdi og CO₂-utslipp fra transport er også medvirkende faktorer som avgjør om transport av ombruksmaterialer er regningssvarende og bidrar til klimagassreducerende tiltak.

Veien videre

Det finnes mange muligheter til å gjennomføre forsvarlig ombruk av byggevarer i dag, innenfor dagens system. Internt ombruk med dokumentasjon av ytelse, ombruk med opprinnelig dokumentasjon som også tilfredsstillende byggetekniske krav og ombruk av lastbærende stålkomponenter er noen eksempler. Samtidig er det fortsatt få vellykkede forbildeprosjekter, og vi får signaler om at de som forsøker, mener at dagens regelverk er en bremsekloss.

Ombruk av byggevarer tilbyr lokale, grønne jobber, betydelige besparelser av råvarer, og kutt i klimagassutslipp. Teknisk sett er det vist at ombruk er gjennomførbart. Hvis dette får utvikle seg til et profesjonelt marked, vil det også være mulig å gjøre det med økonomiske besparelser og til samfunnsøkonomisk nytte. Når viljen i bransjen er der, og det er teknisk gjennomførbart, er mangelen på ombruk og den store produksjonen av avfall, symptomer på et system som henger etter. Store,

kompetente aktører sliter med å få gjennomført ombruk av byggevarer, etter egne uttalelser på grunn av regelverket, også Byggevareforordningen¹⁵².

Det pågår et arbeid i EU for å hjelpe frem et sirkulært, økonomisk Europa. I hvor stor grad dette vil lette forholdene for forsvarlig ombruk av byggevarer er uklart. Både på europeisk og nasjonalt nivå er det ambisjoner og vedtatt mål om overgang til en sirkulær praksis. Skal disse oppnås må forholdene legges til rette også innenfor dagens regelverk. Det gir myndighetene flere muligheter:

-Kartlegging og tid til demontering og omsetning er et viktig aspekt ved ombruk. Med for eksempel et krav om ombrukskartlegging som en forutsetning for rivetillatelse, ville det vært mulig å ombruke mer.

-Når det gjelder byggtekniske krav, kan myndighetene her i Norge være hjelpelige med å gi dispensasjoner for prosjekter som tar i bruk ombruksvarer, for å bygge erfaringer i kontrollerte former. Det burde også gjøres et arbeid med å legge til rette for å redokumentere byggevarer opp mot kravene i TEK.

-Byggevareforordningen: Det finnes få muligheter for norske myndigheter til selv å endre reglene i et EU-regelverk. Norske myndigheter kan likevel informere om muligheter og unntak som muliggjør ombruk i praksis, som unntakene i artikkel 5 i Byggevareforordningen.

Vi tror ombruk av byggevarer er nødvendig, mer enn bare ønskelig. Det er også nødvendig med et regulert marked som forholder seg til lover og regler, for at forsvarlig ombruk skal finne sted. I dag har et økt fokus på en bærekraftig, sirkulær byggebransje beveget tankegangen rundt ombruk fremover, mens regelverket har stått stille. Det har dermed blitt avslørt som gammeldags, lite gjennomtenkt, og upraktisk. Det er foreløpig et problem. Den nye, sirkulære verden må få hjelp og plass til å vokse frem, innenfor restene av den gamle.

¹⁵² Nå sist i «Håvar må takke nei til fullt brukbare byggematerialer: – Umulig å bruke på nytt hvis du skal følge reglene»: Artikkel om Entras prosjekt i KA13, TU.no Bygg, 15. NOV. 2019. <https://www.tu.no/artikler/havar-ma-takke-nei-til-fullt-brukbare-byggematerialer-umulig-a-bruke-pa-nytt-hvis-du-skal-folge-reglene-br>

Litteraturliste og intervjuer

3XN Innovation (2015) Building a Circular Future (ref. 1011)

Allwood, C.J.M., Kong, H. & Pole, N (2012) Sustainable Materials With Both Eyes Open (ref. 1010)

Arup (2016) The circular economy in the buildt environment (ref. 1015)

Brütting J, Desruelle J, Senatore G, Fivet C (2019) Design of Truss Structures Through Reuse (ref. 1021)

DiBK (2010) Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) (ref. 1024)

DiBK (2017) Byggteknisk forskrift (TEK17) (ref. 1019)

Ecoinvent. (2014). Ecoinvent 3.01.

Ecorys (flere forfattere) (2014) Resource efficiency in the building sector (ref. 1018)

Eirik Werner m.fl. / Hjeltnes Consult (2012) Økt materialgjenvinning av byggavfall - Innspill stil St. Mld. Om avfall 2012 (ref. 1040)

Eirik Werner m.fl. / Multiconsult (på oppdrag av NHP) (2019) Kartlegging av utvalgte typer farlig avfall (ref. 1042)

EOTA. (2017). EAD 170005-00-0305.

EU kommisjonen (2017) The Roadmap - Review of the Construction Products Regulation (ref. 1039)

EU/DiBK (2011/2013) Byggevareforordningen (ref. 1001)

Even Reinsfeldt Krogh (2014) Gjenbruk av materialer i landskapsarkitekturen (ref. 1034)

Gamle Mursten ApS. (2017). EPD MD-16007-DA.

Gamle Mursten ApS. (2019, oktober 28.). Ydeevnedeklaration. Hentet fra:
<http://gamlemursten.dk/media/1738/dopms0100-01-20081920190829133433.pdf>

Gether, H., Gether, J. J. (2000). Industriell tilnærming til ombruk av materialer «OMMAT-prosjektet»

Glass og fasadeforeningen (2019) Avfallshåndtering av bygningsglass (ref. 1036)

- Gorgolewski, M. et al (2006) Facilitating greater reuse and recycling of structural steel in the construction and demolition process. (ref. 1012)
- Hafner A., Ott S., Winter S. (2014) Recycling and End-of-Life Scenarios for Timber Structures. (ref. 1028)
- Henning Fjeldheim / Skanska (2019) Ombruk av stålelementer - Sluttrapport (ref. 1041)
- Kari Sørnes, Anne Sigrid Nordby, Henning Fjeldheim, Said Moqim Bani Hashem,
- Mads Mysen og Reidun Dahl Schlanbusch (2014) Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer (ref. 1008)
- Klima- og miljødepartementet (1981) Lov om vern mot forurensing og om avfall /Forurensingsloven (ref. 1025)
- Lendager group (2018) Lendagers Changemakers guide to the future. (ref. 1003)
- Linda Høiby; Henrik Sand (2018) Circular Economy in the Nordic Construction Sector (ref. 1006)
- Maya Sheidaei, Emmanuel Serwanja (2016) Evaluation of Recycling & Reuse of Building materials from Demolition: Cost feasibility and environmental impact assessment (ref. 1020)
- Metallurgisk ordbok 2003
- Miljødirektoratet. (2019, September 23). Betong og teglavfall. Hentet fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/betong--og-teglavfall/>
- Modekleiv & Mynors, Masteroppgave NMBU (2017) Gjenbruk av bygningskomponenter og - materialer (ref. 1005)
- Naber, N.R. (2012) Reuse of hollow core slabs from office buildings to residential buildings (ref. 1027)
- Natasja Kamp (2019) AdCo 25_12_01 Reuse of construction products (ref. 1017)
- Nordby A. S. / Asplan Viak (2018) Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og tekniske installasjoner i bygg (for NHP-nettverket) (ref. 1004)
- NVE og Entra (2011) Det Nye NVE-huset (brosjyre) (ref. 1035)
- P. Hradil, L. Fülöp & V. Ungureanu (2018) Assessment of reusability of components from single-storey steel buildings (ref. 1022)
- Paul Kamrath, Markus Kuhnhenne, Dominik Pyschny, Kevin Janczyk () Deconstruction, recycling and reuse of lightweight metal constructions (ref. 1023)

- SCI: Protocol for reusing structural steel (version 05), Storbritannia, 2019 (utkast) (ref. 1009)
- Severi Ojanen (2016) The potential and limitations of re-using and recycling of construction products from the perspective of circular economy (ref. 1013)
- Sintef Byggforsk. (2010). 700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler.
- Sivilingeniør Finn Madsø (2001) Gjenbruk av tegl (artikkel) (ref. 1029)
- Sivilingeniør Finn Madsø (2001) Lilleborg Gjenbruk av tegl Rapport del 1 (ref. 1030)
- Sivilingeniør Finn Madsø (2001) Lilleborg Gjenbruk av tegl Rapport del 2 (ref. 1031)
- Sivilingeniør Finn Madsø (2001) Lilleborg Rapportbilag del 1 (ref. 1032)
- SSB. (2019, September 23). Statistikkbanken. Hentet fra ssb.no/statbank/
- Stein Rognlien (2002) Gjenbruk i byggebransjen - State of art (ref. 1014)
- Tegnestuen Vandkunsten(Søren Nielsen), Genbyg AS, Asplan Viak AS, Hjeltness Consult AS, Malmö Tekniska Högskola (2014-2016) Nordic Built Component Reuse (ref. 1026)"
- Teknisk Ukeblad. (2019, September 23). En tur i mikrobølgeovnen gjør gamle mursteiner klare til gjenbruk. Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/en-tur-i-mikrobolgeovnen-gjor-gamle-mursteiner-klare-til-gjenbruk/414271>
- VVA Economics & Policy, Joint Institute for Innovation Policy med flere. (2018) Supporting Study for the review of the Construction Product Regulation: Evaluation (ref. 1037)
- VVA Economics & Policy, Joint Institute for Innovation Policy med flere. (2018) Supporting Study for the review of the Construction Product Regulation: Impact assessment (ref. 1038)
- Widenoja, E., Myhre, K., Kilvær L. (2018) DP118 Ombruk av Stål og tilknyttede byggematerialer (ref. 1007)
- William Husson, Ove Lagerqvist (2018) Återbruk av Stålkomponenter. Analys av muligheter och hinder før en økad återanvendig i dag (ref. 1002)

Intervjuer

ne Sigrud Nordby (Asplan Viak, NO)

Carlos Myrebøe (Tretetnisk, NO)

Christian Engelsen (Sintef, NO)

Christian Witterup (Lendager Group, DK)

Claus Juul Nielsen (Gamle Mursten, DK)

Ivar H. Hansen (Tretetnisk, NO)

Kjetil Myhre (Norsk Stålforbund, NO)

Knut Arne Midtstøl (Midtstøl AS, NO)

Oddvar Steinsholt (Veidekke, NO)

Olivier Delbrouck (SECO Group, BE), Sje Nam Heirbaut (SECO Group, BE)

Wladimar Ørn Karlsson (Acusto, NO)