



Husbanken

Sivilark. Bente Nuth Leland

PROSJEKTERING FOR OMBRUK OG GJENVINNING



Sivilark. Bente Nuth Leland
PROSJEKTERING FOR OMBRUK OG GJENVINNING

ISBN 978-82-91510-87-3
1. utg. mars 2008

RIF – Rådgivende Ingeniørers Forening
e-post rif@rif.no
internet www.rif.no

Forord

Veilederen er forfattet av sivilarkitekt MNAL Bente Nuth Leland, Berkana as og kvalitetssikret av Bjørn Larsen, sivilarkitekt MNAL (eget firma)
Prosjektleder har vært miljøpådriver Eirik Wærner, RIF.

Referansegruppen for veilederen har hatt følgende deltagere:

Steinar Amlo, Norconsult
Kirsti Gimnes Are, Rambøll
Bjørn Berge, GAIA Lista
Erik Daleng, Kartro
Ellen Devold, ECOBOX
Louise Engan, ex. NORSAS
Fredrik Gaustad, Veidekke
Thor-Erik Kolsrud, Olav Thon
Trygve Krogsæter, Arkitektbedriftene
Anne Sigrid Nordby, NTNU
Petter Nøstdal, Veidekke
Camilla K. Maktabi, Kokkersvold
Sigrid Strand-Hansen, Norconsult
Jarle Svanæs, Treteknisk Institutt

Arbeidet med veilederen er avsluttet i februar 2008.

Vi takker Husbanken og Byggemiljø som har støttet prosjektet økonomisk.

Oslo, mars 2008

INNHold

BAKGRUNN	6
Om veilederen.....	7
Sammendrag.....	8
DEL I BASIS	11
1.1 Bakgrunn.....	11
1.1.1 Hvorfor ombruke og gjenvinne	11
1.1.2 Økologi	12
1.1.3 Gjenbrukshierarkiet	13
1.2. utfordringer ved prosjektering for ombruk og gjenvinning	13
1.2.1 Fremdrift	13
1.2.2 Økonomi	14
1.3 Rammebetingelser	14
1.4 Begreper.....	15
DEL II NØKKELPRINSIPPER	16
2.1 Levetidsvurderinger	16
2.1.1 Miljømessig forsvarlig levetid	17
2.1.2 Bestandighet	17
2.2 Prosjektering for endringsdyktighet.....	21
2.2.1 Generalitet.....	21
2.2.2 Fleksibilitet	22
2.2.3 Elastisitet.....	22
2.2.4 Mobilitet.....	23
2.3 Prosjektering for demontering	25
2.3.1 Valg av materialer	25
2.3.2 Lagdelt struktur	26
2.3.3 Enkel demontering og remontering	27
2.3.4 Mekaniske forbindelser	28
2.3.5 Informasjon	29
2.4 Gjenbrukspotensialet for materialer og komponenter.....	30
2.4.1 Grunnleggende forutsetninger.....	30
2.4.2 Konstruktive materialer.....	31
2.4.3 Ikke-bærende materialer	35
2.4.4 Bygningskomponenter.....	39
2.4.5 Tekniske installasjoner	39
DEL III ARBEIDSMETODIKK	41
3.1 Strategi og Arbeidsplan	41
3.1.1 Tverrfaglig samarbeidsmodell	41
3.2 Strategiske valg	43
3.2.1 Miljøplan	43
3.2.2 Demonteringsplan	44
3.3 Dokumentasjon i byggefasen	44
3.3.1 Avfallsplaner.....	44
3.3.2 Miljøsanering	45
LITTERATUR.....	46
DEL IV EKSEMPLER	47
4.1 The suitcase house	48
4.1 The suitcase house	48
4.2 Klosterenga Økologiboliger	50
4.3 Gjenbruk av prefabrikkert betong i Berlin.....	51
4.4 Ombruk av betongelementer i nytt kontorbygg	53
4.5 B-camp – gjenbruk av boligbrakker	55

4.6 Marnadal elementhus.....	56
4.7 Naturbasemodul – Rauli barnehage	58
4.8 Massivtre fra Valdres tremiljø	60
4.9 Byggesystem for lite hus med halmvegger	62

BAKGRUNN

Gjennom nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP), ønsker BA -næringen å gjøre en innsats for felles miljø og ressurser. Ett av næringens mål i NHP1 (2001-2005) var blant annet at bygg som ble oppført innen utgangen av 2005 skulle være planlagt og tilrettelagt med tanke på gjenbruk av materialer og miljøriktig riving. Dette målet lot seg ikke oppfylle innen fristen. Problemstillingen er komplisert og krever en helt ny prosjekteringsmetodikk.

NHP er revidert i NHP2 (2007-2012). Her legges det frem nye, konkrete forslag til løsninger knyttet til byggenæringens virksomhet. Næringens hovedmål er her:

- Alt farlig avfall skal tas hånd om på en forsvarlig og sikker måte
- Alt bygg- og anleggsavfall skal søkes minimert og sikres høyeste mulig gjenvinning og forsvarlig håndtering
- Innen 01.01.2012 skal minst 80% av byggavfallet gå til gjenvinning.

Det mest miljøvennlige avfallstiltaket som kan gjennomføres på lengre sikt, er å hindre at avfall oppstår. Evner man å utnytte en ressurs flere ganger i løpet av dens levetid, har man redusert avfallet til et minimum. Dette vil være spesielt viktig der man forbruker lagerressurser og energiintensive ressurser.

Ved å prosjektere og bygge løsninger som øker bygningers og materialers ombruks- og gjenvinningspotensial, vil en oppnå reduksjon av avfallsmengder og miljøbelastninger fra byggenæringen.

Denne veilederen tar for seg tilrettelegging for fremtidig ombruk og gjenvinning i planleggings- og prosjekteringsprosessen og i mindre grad kostnads- og miljøaspekter ved råvarefremstilling, materialproduksjon og transport. Den tar heller ikke for seg hvordan en kan oppnå lavt energibruk i en bygning i driftsfasen, eller vurderinger om hva som gir lavest energibruk over livsløpet – riving eller ombruk. Resultatet av et slikt regnestykke vil erfaringsmessig variere fra prosjekt til prosjekt.

Rapporten bygger på liknende internasjonale rapporter samt norske erfaringer og litteratur innen feltet.

Om veilederen

Hensikt

Det er behov for økt fokus på miljø gjennom bevisstgjøring og veiledning om tiltak som bidrar til en mer miljøvennlig byggenæring. Byggets levetidsegenskaper bestemmes i planleggingsfasen, gjennom valg av materialer, konstruksjoner og utforming.

Hovedmålet er å stimulere relevante aktører til å prosjektere med tanke på endringsdyktighet og gjenbruk for bygningen.

Målgruppe

Veilederen er skrevet for aktører innen planlegging, gjennomføring og drift av byggeprosjekter:

- Byggherrer som selv skal drifte det ferdige bygget
- Byggherrer som bygger for salg
- Myndigheter
- Prosjekterende; arkitekter og rådgivere
- Entreprenører og byggmestere
- Byggevarereprodusenter
- Forvaltere

Hvordan bruke veilederen

Veilederen er laget i fire hoveddeler:

Del I Basis; tar for seg grunnleggende aspekter som økologiske og økonomiske aspekter samt rammebetingelser for dagens praksis for avfallshåndtering.

Del II Nøkkelprinsipper; her beskrives prinsipper og egenskaper for endringsdyktige bygg og for konstruksjoner og materialer som kan demonteres og gjenvinnes.

Del III Arbeidsmetodikk; presenterer strategiske vurderinger og valg som bør inngå i planleggingsfasen samt til dokumentasjon for bygget og prosjektet.

Del IV Eksempler; viser konkrete eksempler på gjennomføring av de ulike nøkkelprinsippene.

Sammen drag

Byggenæringen skaper en stor del av alt avfall i Norge. Nybygging, rehabilitering og riving gir årlig 1,24 millioner tonn avfall. Jo mer som ombrukes av hele bygg eller komponenter, jo mindre avfall går til deponi og jo mindre forbrukes av materialer og energi med påfølgende reduksjon av utslipp av klimagasser som CO₂.

En forutsetning for at prosjektering for ombruk og gjenvinning skal være gjennomførbart, er at det settes av tilstrekkelig tid til prosjekteringen. Sammenliknet med dagens konvensjonelle byggeteknikk, kan det gi høyere investeringskostnader, men langsiktige økonomiske fordelene for hele livsløpet og gjennom oppfyllelse av økte krav til riving og avfallsbehandling. Forskriften om krav til avfallsplaner som gjelder fra 2008, krever at minimum 60% av avfallet skal kildesorteres og at miljøfarlig avfall skal kartlegges før rivingsarbeidet starter.

Når man planlegger en ny bygning, bør det gjøres en vurdering av forventet levetid for bygget. For bygninger som skal ha lang levetid, er det en forutsetning at materialer og konstruksjoner har god bestandighet, at byggets utforming kan gi rom for endret bruk og at komponenter med kortere levetid enkelt kan skiftes ut. Byggets antatte levetid bør vurderes i forhold til en miljømessig forsvarlig levetid for de materialene det består av.

Forutsetninger for byggets bestandighet er kvalitet på materialene, konstruksjonen, ytre påvirkninger som klima, kjemiske påvirkninger eller fysisk slitasje og grad av vedlikehold.

Endringsdyktige bygg defineres som bygg som kan tilpasse seg annen bruk enn den som lå til grunn da bygget ble planlagt og oppført og kan planlegges for generalitet, fleksibilitet, elastisitet eller mobilitet.

Ved prosjektering for demontering er det viktig å benytte:

- færrest mulig materialer og komponenter.
- materialer som kan ombrukes eller gjenvinnes.
- komponenter med få typer av bestanddeler (monomaterialer).
- komponenter av moderat størrelse og lett vekt.
- komponenter med standard dimensjoner/moduler.
- bestandige materialer som tåler gjentatt demontering og montering.
- mekaniske forbindelser som også er demonterbare fremfor liming, sveis og støp.
- få typer av forbindelsesmidler og antall festepunkter
- utforming av demonteringspunktene bør i størst mulig grad være "selvinstruerende" og ikke kreve avansert verktøy/spesialverktøy

Unngå:

- overflatebehandlinger som vanskeliggjør gjenvinning og ombruk.
- giftige og farlige materialer.

Andre viktige kriterier:

- skill bærekonstruksjonen fra de øvrige bygningselementene.
- elementer med kort levetid plasseres slik at de er lett tilgjengelig for utskiftning.

- sørg for tilgjengelighet med nok plass for enkel og uskadet demontering med tilgang til skruer, bolter etc og beregn gode toleranser på sammenføyningene.
- sørg for at de ulike delene i en konstruksjon er identifiserbare. Sørg for at det foreligger en demonteringsplan sammen med FDV-dokumentasjonen.

De materialene som er mest aktuelle for ombruk/gjenvinning vil være materialer med en høy råvarepris, lang teknisk levetid og som ut ifra en miljøvurdering bør ha en lang levetid før materialet avhendes.

Metaller som stål og aluminium har en svært energikrevende produksjon med store CO₂ utslipp. Det er derfor nødvendig at metallkomponentene utformes for demontering og ombruk og ikke planlegges brukt som komponenter for begrenset tidsom.

Betong har en svært energikrevende produksjon, og betongelementer bør derfor planlegges for demontering og remontering. Det er nødvendig å utvikle demonterbare metoder for avstiving av konstruksjonene. Betong kan også knuses og brukes som tilslag, men knusing vil være nestbest i forhold til ombruk da mye av energipotensialet i betongen går tapt.

Tegl og lettklinker har en energikrevende produksjon, og er egnet for ombruk dersom den er murt med mørtel som er svakere enn teglsteinen. Steinen kan også knuses til tilslag, men knusing vil være nestbest i forhold til ombruk da mye av energipotensialet i mursteinen går tapt.

Trevirke kan ombrukes, gjenvinnes eller energiutnyttes. Trekonstruksjoner, kan ombrukes forutsatt at trevirkets opprinnelige kvalitet kan dokumenteres og at demontering er mulig. Unngå spiker og skruer som ikke tåler gjentatt demontering/remontering og minimer bruken av impregnerte materialer.

Plassbygde innvendige vegger av trestendere eller tynnplateprofiler av stål og kledd med gips eller bygningsplater av trebasert materiale, kan ombrukes dersom de er festet mekanisk med skruer, klikksystemer e.l. som tillater demontering uten å skade platen eller stender/svill.

Mesteparten av isolasjonen går i dag til deponi. Det er mulig å ombruke isolasjon forutsatt at den er uten skader og fukt, men det blir lite gjort i praksis. For å øke gjenvinningsandelen er det nødvendig at produsentene opparbeider fungerende returordninger også for brukt isolasjon. Trebaserte isolasjonsmaterialer kan også være aktuelt for energigjenvinning i forbrenningsanlegg med røykgassrensing.

Av takbelegg/taktekking som tretak, takstein og –skifer og metalltak, er det gode erfaringer med ombruk av takstein av tegl og av skifer.

Dører og vinduer kan ombrukes i eksisterende bygg dersom de har minst like gode tekniske egenskaper som de komponentene de erstatter. Glass kan ombrukes, omsmeltes eller blåses til skumglass.

Tekniske komponenter har vanligvis kort levetid og hyppig utskiftning. Installasjonene er ofte vanskelig tilgjengelig, og det kan også være vanskelig å få garanti tilsvarende nye komponenter. Derfor vil ombruk av

tekniske komponenter være mest aktuelt i private prosjekter. Tekniske installasjoner må planlegges nøye for enkelt vedlikehold og utskiftning.

Prosjektering for ombruk og gjenvinning inngår i miljøriktig prosjektering og krever en egnet arbeidsmetodikk med fokus på hele livssyklusen. Det er nødvendig med tverrfaglig samarbeid gjennom hele arbeidsprosessen der ulike tekniske og arkitektoniske problemstillinger løses integrert.

I prosjektets tidligfase bør det lages en miljøplan med miljømål for hele bygget og med delmål for bl.a. prosjektering for ombruk og gjenvinning. I byggefasen vil det bli utarbeidet obligatoriske avfallsplaner og miljøsaneringsplan. Demonteringsplanen med oversikt over materialer, bygningselementer og med instruksjon for demontering/selektiv riving, vil følge bygget i FDV-dokumentasjonen. Planen distribueres til alle parter ved overtagelsen av bygget, som eieren, arkitekten og entreprenøren.

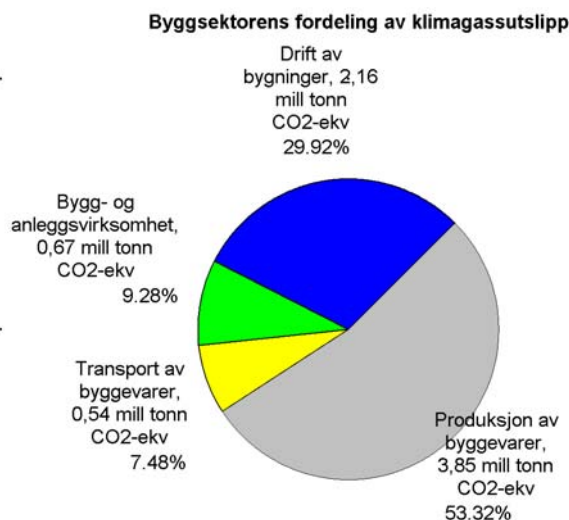
Eksemplene til slutt i veilederen viser ulike prinsipper knyttet til prosjektering for ombruk og demontering.

DEL I BASIS

1.1 Bakgrunn

1.1.1 Hvorfor ombruke og gjenvinne

Byggebransjen utgjør en viktig brikke i et globalt miljøregnskap og har et samfunnsansvar vi ikke kan se bort i fra. Bransjen bidrar til en stor del av alt avfall i Norge. Nybygging, rehabilitering og riving skaper årlig 1,24 millioner tonn avfall. Byggavfallet inneholder mange produkter som regnes som farlig avfall som asbest, PCB, kvikksølv, bromerte flammehemmere osv.



Figuren viser byggsektorens fordeling av klimagassutslipp med tall fra Byggenæringens miljøsekretariat¹ (des.2006). Byggebransjens største utslipp av CO₂ er fra produksjon av byggevarer. De største utslippene kommer fra produksjon av sement, ferrolegeringer og aluminium.

Vi vet at store deler av bygge- og anleggsavfallet har et gjenbrukspotensial. I dag gis det stor oppmerksomhet mot den faretruende økningen i CO₂ utslipp.

I USA er det gjort estimat på at 27% av eksisterende bygninger i år 2000 vil bli erstattet av nybygg innen år 2030. Da vil 50% av alle stående bygg være bygget etter år 2000. Denne enorme mengden av bygninger som skal bli konstruert, kan enten bli enorme mengder av avfall etter 2030, eller de kan prosjekteres for ombruk og gjenvinning.

Byggebransjen har gjennom Nasjonal Handlingsplan for Bygg- og Anleggsavfall 2000-2005 (NHP1) definert følgende hovedmål:

"Bygg som oppføres skal innen utgangen av 2005 skal være planlagt slik at:

¹ Når elektrisitetsproduksjonen er beregnet i tråd med kalkulasjonsmåten i Kyotoavtalen hvor den i hovedsak baseres på CO₂ fri vannkraft. Det kan diskuteres hvor riktig denne kalkulasjonsmåten er.

- Kildesortering hvor det er mulig, inngår som en integrert del av byggutførelsen
- Alle bygg skal tilrettelegges med tanke på gjenbruk av materialer og miljøriktig rivning".

Det bør således være et unisont mål for oppdragsgivere og prosjekterende å skape bygg og byggeprosjekter som tilrettelegger for bedre utnyttelse av materialenes og byggenes potensial, i et levetidsperspektiv. Planlegging og prosjektering for ombruk og gjenvinning er nødvendige tiltak for å skape bygg med fleksibelt brukspotensial, forenklet rehabilitering og lengre levetid.

1.1.2 Økologi

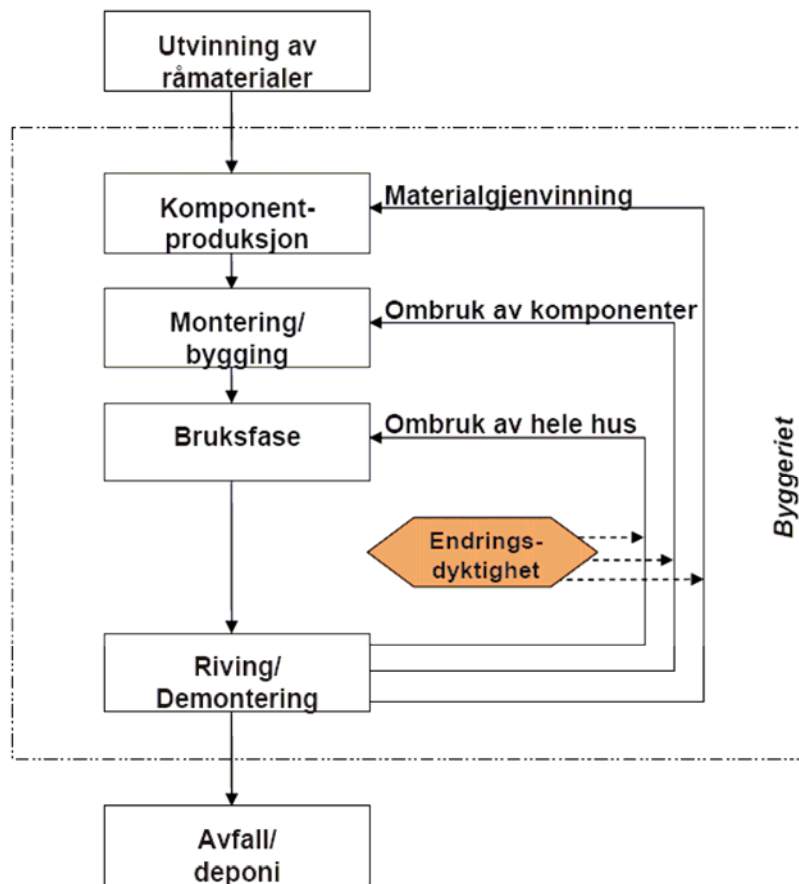
Når vi ønsker å lage et miljøvennlig produkt, må vi vurdere økologiske prinsipper og kretsløp. De ulike materialene er produsert av råvarer som kan inndeles i fornybare ressurser og lagerressurser.

En fornybar ressurs kan høstes og fornyes regelmessig og har en naturlig rytme for utvinning, fornyelse og nedbrytning. Et tre f. eks., vil ha en naturlig livssyklus fra den er et frø til et fullvokst tre, og en hastighet til forråtnelse tilbake til jord. De fornybare ressursene er alle basert på fotosyntesen. Lagerressursene fornyer seg ikke, eller de fornyer seg i en syklus som tar flere millioner år som f. eks. metaller og naturolje. Byggenæringen er en storforbruker av lagerressurser. Et mål for fremtiden vil være en reduksjon av forbruket av lagerressurser.

Et annet miljømål vil være redusert energibruk og miljøbelastning fra materialutvinning og produksjon, transport, vedlikehold under driftsfasen og avhendingssituasjon. For å vurdere disse forholdene, må man vurdere ressursen sitt totale kretsløp fra "vugge til vugge".

Et mål for veilederen er at prosjekteringen tilrettelegger for reduserte avfallsmengder slik at materialressursene kan utnyttes over et lengre livsløp, med minst mulig energibruk og miljøbelastning.

1.1.3 Gjenbrukshierarkiet



Diagrammet viser materialflyten gjennom de ulike fasene av en bygnings livsløp. Nordby/Berge/Hestnes: Byggematerialer; klimabelastning, miljømessig forsvarlig levetid og design for gjenbruk. (Byggekunst 1-07).

Ved gjenbruk inngår byggematerialer i kretsløpet slik at det blir mindre avfall og mindre behov for nye ressurser inn i byggeriet. Jo mer som ombrukes av hele bygg eller komponenter, jo mindre avfall går til deponi og jo mindre forbrukes av materialer og energi.

1.2. utfordringer ved prosjektering for ombruk og gjenvinning

1.2.1 Fremdrift

En forutsetning for at prosjektering for ombruk og gjenvinning skal være gjennomførbart, er at det settes av tilstrekkelig tid til prosjekteringen. Et ønske om hurtig gjennomføring kan ofte komme i konflikt med grundig prosjektering for bra miljøløsninger. Det må derfor settes av nok tid for dette allerede i femdriftsplanen for prosjekteringen.

1.2.2 Økonomi

Når man planlegger en ny bygning, vil investeringskostnadene beregnes og budsjetteres før bygging. Drifts- og vedlikeholdskostnader er imidlertid ikke like vanlig å budsjettere. Å bygge for senere ombruk og gjenvinning kan gi høyere investeringskostnader enn for bygg med konvensjonell byggemetodikk. De langsiktige økonomiske fordelene for hele livsløpet kan da være en motivasjonsfaktor for prosjektering for ombruk og gjenvinning.

Prosjektering for ombruk og gjenvinning gir:

- Reduserte drifts- og vedlikeholdskostnader ved enkel utskifting av bygningselementer
- Reduserte kostnader ved riving med kildesortering
- Reduserte kostnader for behandling av bygningsavfall
- Samfunnsøkonomiske gevinster som reduksjon av klimagassutslipp som CO₂, energibruk og andre miljøbelastninger.

1.3 Rammebetingelser

Myndighetene har et ansvar for å sette rammebetingelser for BA-næringen.

Veiledning til Teknisk forskrift gir følgende føringer i § 8-5:

"Bygge- og anleggsavfall utgjør en stor del av landets genererte avfallsmengde. Byggeavfall oppstår ved nybygging, rehabilitering og riving. Mest mulig av avfallet bør ombrukes, materialgjenvinnes eller energitnyttas.

Ombruk av bygninger, framfor riving og nybygging, reduserer avfallsproduksjonen og belastningen på miljøet. Prosjektering for ombruk vil kunne sikre at en bygning kan demonteres og brukes igjen uten at nevneverdig avfall oppstår.

Med hjemmel i forurensningslovens § 81 er kommunene gitt myndighet til å kreve opplysninger om disponering av avfall i større bygge- og rivesaker. Slike opplysninger gis i avfallsplan som godkjennes av kommunens avfallsmyndigheter."

Med hjemmel i forurensningsloven har et 30-talls kommuner (tall fra 2007) innført høye krav til dokumentasjon gjennom avfallsplaner før det gis rivetillatelse.

Det er nå vedtatt en forskrift om krav til avfallsplaner for alle landets kommuner. Denne forskriften trår i kraft fra 2008. Minimum 60% av avfallet skal kildesorteres og miljøfarlig avfall skal kartlegges før rivingsarbeidet starter.

Fra 2009 kommer et forbud mot deponering av organisk avfall, og det medfører bl.a. at trevirke ikke kan sendes på deponi.

Med slike krav vil riving og avfallsbehandling bli dyrere enn det er i dag, dersom bygget ikke er planlagt for ombruk og gjenvinning.

Det er etablert mottaksapparat for de vanligste fraksjoner av BA-avfall, selv om mottak av betong for eksempel kan være noe mangelfullt på enkelte steder.

1.4 Begreper

Typiske, allment aksepterte begreper.

Ombruk:	Ny utnyttelse av et produkt i sin opprinnelige form
Gjenvinning:	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.
Gjenbruk:	Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved både ombruk og gjenvinning.
Resirkulering:	Se definisjon for gjenbruk ²
Generalitet:	Beskriver struktur som uten bygningsmessige inngrep kan brukes for flere funksjoner.
Fleksibilitet:	Beskriver struktur som med enkle bygningsmessige inngrep kan endres innenfor hovedramme.
Elastisitet:	Beskriver struktur som kan krympe/ vokse i hht nye funksjoner.
Endringsdyktighet:	Samlebegrep for strukturer som innehar generalitet, fleksibilitet eller elastisitet.
Mobilitet:	Bygningsstrukturer som kan demonteres og monteres for samme bruk på et annet sted.
Funksjonell levetid:	Bruksmessig livstid for en komponent eller bygning. Kan begrenses av tekniske, økonomiske eller estetiske årsaker.
Teknisk levetid:	Livstid knyttet til teknisk holdbarhet for en komponent eller bygning
Miljømessig forsvarlig levetid:	Den levetiden som forsvaret miljøbelastninger for et materiale. ³
Universell utforming:	Fysisk utforming av bygning eller omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten tilpasning og spesiell utforming.
Oppdragsgiver:	Juridisk enhet som kontraherer arkitekt, rådgiver og entreprenør.
Tiltakshaver:	Den person som er ansvarlig i forhold til offentlig byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven).
Byggherre:	Den som er entrepriserettslig ansvarlig ovenfor arkitekt, rådgivere og entreprenører.

² Designstrategi for bruk av gjenbruksmaterialer. Statsbygg (2002).

³ Nordby/Berge/Hestenes: Byggematerialer; klimabelastning, miljømessig forsvarlig levetid og design for gjenbruk. Byggekunst 1-07.

DEL II NØKKELPRINSIPPER

2.1 Levetidsvurderinger

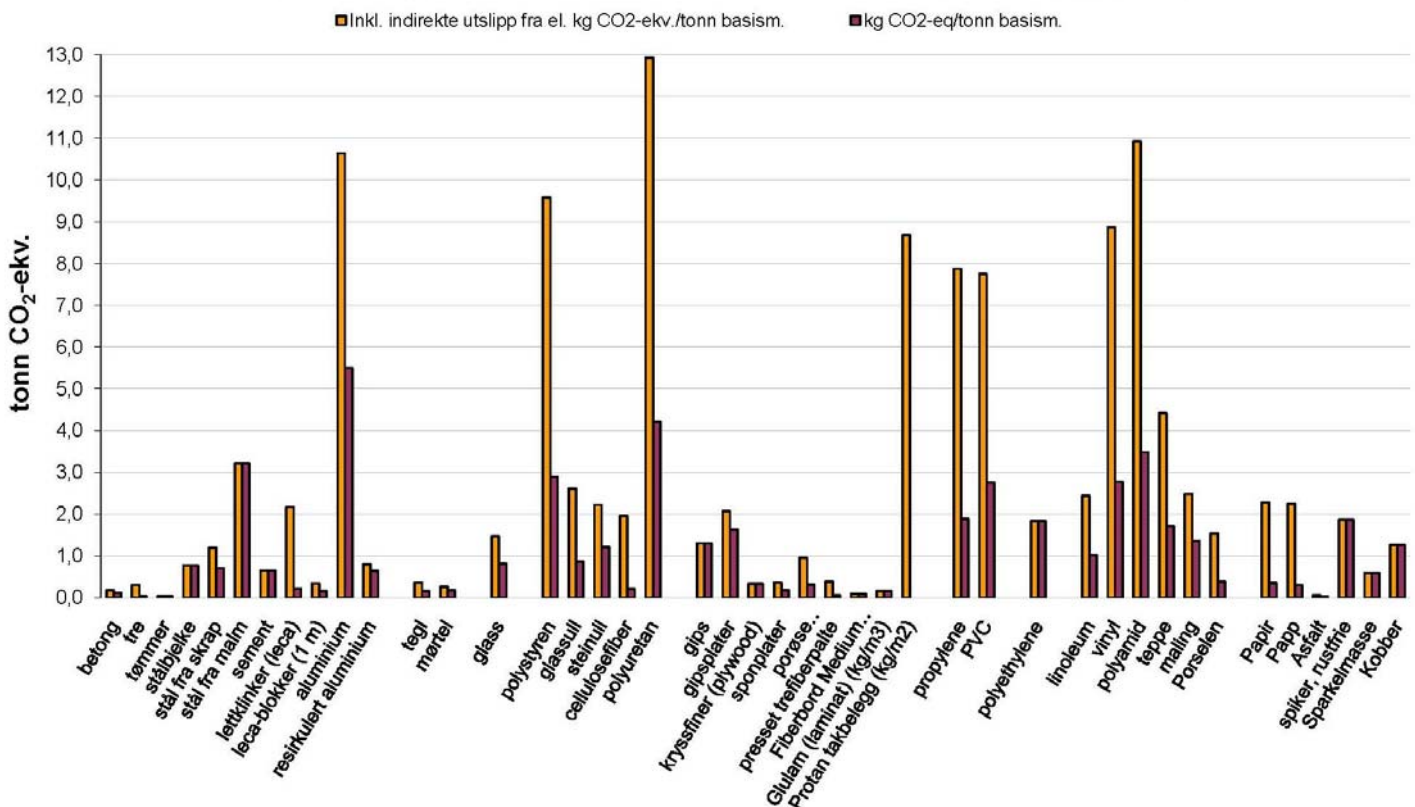
Bygg som bygges i dag, kan ha en levetid mellom noen få år og flere hundre år. Vi ser nå en tendens til at levetiden synker. I løpet av de siste 7-8 årene var 25% av alle leilighetshus som ble revet i Sverige yngre enn 30 år!

Når man planlegger en ny bygning, bør det gjøres en vurdering av forventet levetid for bygget. En bygning som man setter en rask omløpstid for, vil få en annen materialbruk og konstruksjon enn en bygning man regner med skal stå lenge.

For å oppnå at bygninger har en lang levetid, er det en forutsetning at materialer og konstruksjoner har en god bestandighet, at byggets utforming kan gi rom for endret bruk og at komponenter med kortere levetid enkelt kan skiftes ut. Byggets antatte levetid bør vurderes i forhold til en miljømessig forsvarlig levetid for de materialene de består av.

Figuren nedenfor er fra rapporten Klimagassregnskap (Civitas, Statsbygg 2007) for utbyggingsprosjekter. Den viser CO₂-ekvivalenter pr tonn vare. En må her gjøre en korrigering for hvor stor vektprosent de ulike materialene utgjør i den ferdige konstruksjonen. det kun vektas utslipp av klimagasser, vil det nødvendigvis ikke dekke alle miljøpåvirkninger, men det er en viktig og en ofte brukt indikator.

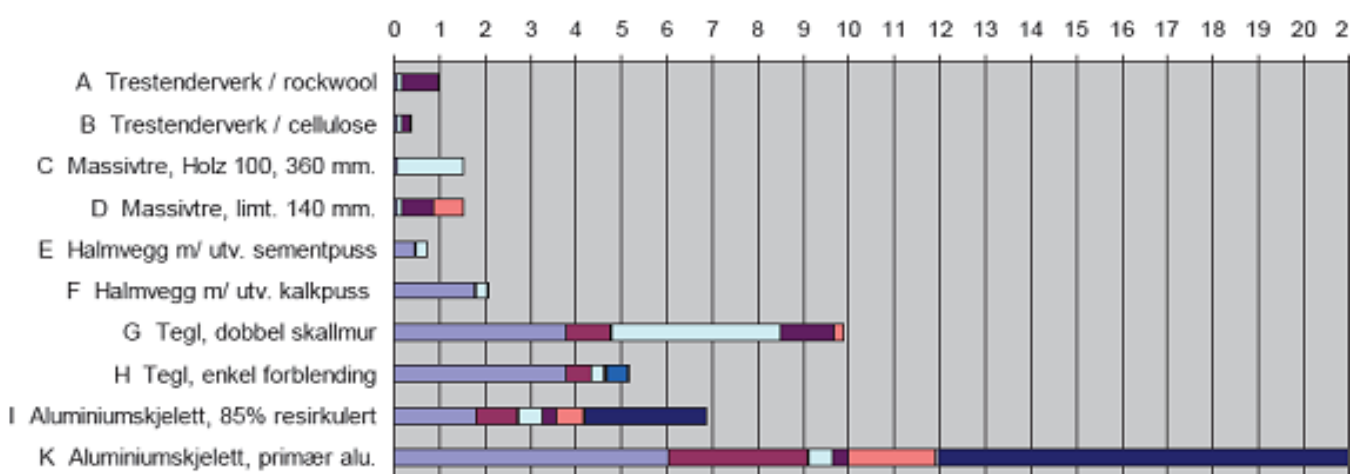
Klimabelastning fra produksjon av materialer - tonn CO₂-ekv. per tonn vare (inkl. utslipp fra elektrisitetsbruk, men ekskl. transport til byggeplass)



2.1.1 Miljømessig forsvarlig levetid

Produksjon av ulike materialer kan ha svært ulik grad av miljøbelastning over en livssyklus. Det er flere måter å beregne denne belastningen på. Kyoto-avtalen fokuserer på nødvendigheten av en reduksjon av klimagasser, i første rekke CO₂.

Ut ifra et miljøperspektiv vil den beste løsningen være å bruke materialer med liten klimabelastning. En kan spørre seg om det overhodet er miljømessig forsvarlig å bygge med materialer med svært høy miljøbelastning. Den nestbeste løsningen vil imidlertid være prosjektering for ombruk og gjenvinning av disse materialene ved at de er demonterbare og helst av standard dimensjon og utforming. Dersom det velges materialer med høy miljøbelastning, bør de også ha en lang teknisk holdbarhet.



Figuren illustrerer miljømessig forsvarlig levetid målt i CO₂ ekvivalenter fordelt på antall husgenerasjoner for 10 ulike ytterveggskonstruksjoner. Nordby, Byggematerialer: klimabelastning, miljømessig forsvarlig levetid og design for gjenbruk (Nordby, Byggekunst 01.07).

Som et referansepunkt kan vi gi en trestendervegg som er isolert med mineralull, en miljømessig forsvarlig levetid på 50 år – eller en 1-husgenerasjon. Med dette referansepunktet vil den miljømessig forsvarlige levetiden for tegl være på 5-10 generasjoner (250 –500 år), for en omsmeltet og resirkulert aluminiumskonstruksjon på 7 generasjoner (350 år) og for en konstruksjon av primæraluminium på 21 generasjoner (over 1000 år) – en levetid som vel er temmelig urealistisk.

2.1.2 Bestandighet

Levetiden for et bygg er i gjeldende standarder definert som den "tiden som bygget - eller dets deler - oppfyller krav til (ønsket) funksjon".⁴ Målbare materialytelser som kan være kritiske for levetiden, kan være bruddstyrke eller overflatens glans. Bestandighet vil være relativt og må sees i forhold til ønsket funksjonalitet.

⁴ Byggforskseriens blad 700.307 – Definisjoner, etablering og bruk av levetidsdata for bygg og bygningsdeler

Forutsetningen for byggets bestandighet:

- Materialenes struktur og kjemiske sammensetning
- Konstruksjonen
- Ytre påvirkninger som klima, kjemiske påvirkninger eller fysisk slitasje
- Vedlikehold
- Skjerpede ytelseskrav (som offentlige krav til varmeisolering, klimapåkjenninger osv)

Materialer

Ofte er erfaringer og observasjoner grunnlaget for en vurdering av materialets holdbarhet. For å videreføre denne erfaringen, er det nødvendig at de ytre faktorene er noenlunde like. En ytterkledning vil f. eks. ikke nødvendigvis ha samme holdbarhet i et værhardt kystklima som i innlandet.

En del materialer som tre og stein har vært i bruk i Norge over århundrer. Noe annet er mer moderne materialer som plastprodukter. Her er det samlet lite erfaring over lengre tid. Laboratorietestene gir sannsynligvis et forenklet bilde. Produsentenes garantitid kan også gi en indikasjon på materialets antatte levetid.

Det er i liten grad gjort et systematisk arbeid med å samle erfaringer for levetid. Ofte har byggforvaltere sitt eget system for å samle slike opplysninger. For produkter som har miljødeklarasjon, vil levetid fremgå av deklarasjonen. For produkter som ikke har miljødeklarasjon, vil en måtte lytte til lokal erfaring.

- Velg materialer som erfaringsmessig har vist seg bestandige og som tåler de klimapåkjenningene de over tid blir utsatt for
- eller velg materialer med miljødeklarasjon og antatt lang levetid.

Konstruksjonen

Konstruksjonen skal sørge for at materialene kun utsettes for påkjenninger den normalt skal tåle. De statiske og fysiske påkjenningene skal ikke bli urimelig store og klimapåkjenningene skal holdes innenfor materialets ytelsessone.

Samvirket mellom ulike materialer er ofte svært avgjørende. Som eksempel har en hoveddel av registrerte skader for mur, sin årsak i svinn og temperaturbevegelser. Vurdering av bestandighet for en sammensatt konstruksjon må gjennomgås og vurderes i prosjekterings- og utførelsesfasen.

Det er også viktig at de delene av konstruksjonen man erfaringsmessig vet trenger hyppig utskiftning, er lett tilgjengelig for vedlikehold/utskiftning uten at man må rive de øvrige delene av konstruksjonen.

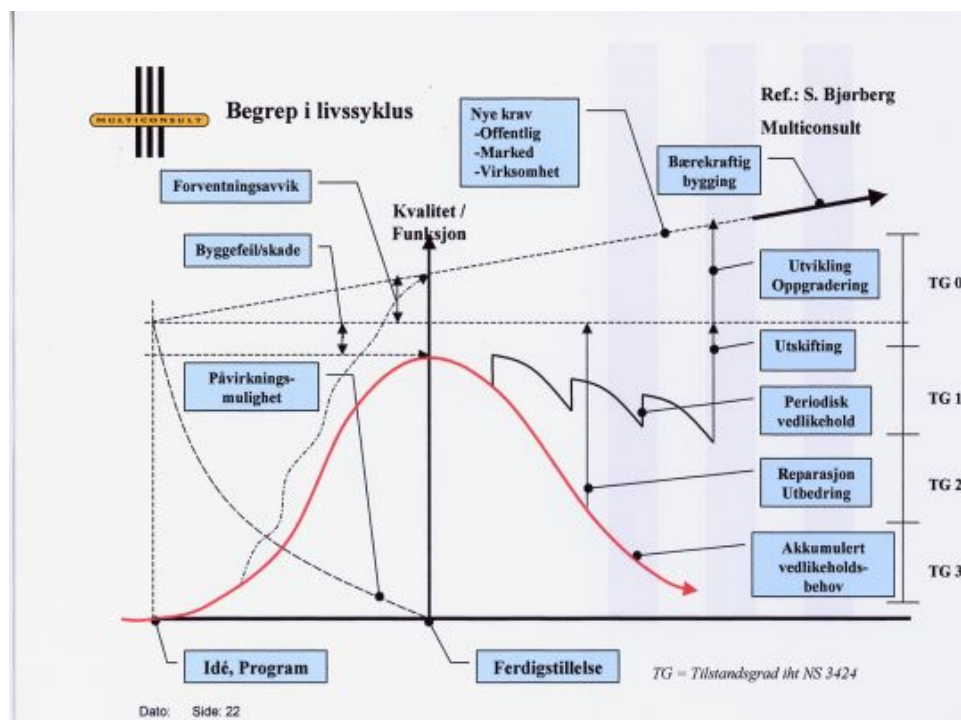
- Vurder samvirket mellom de ulike materialene i en konstruksjon.
- Tilrettelegg for å skifte det svakeste leddet når forventet levetid er oppnådd.
- Velg riktige materialer og konstruksjon i forhold til de påkjenninger bygget blir utsatt for.

Ytre påvirkninger

Ta hensyn til klimafaktorer som påvirker levetiden for et materiale:

- Solstråling. UV-stråling kan ha en nedbrytende effekt i organiske materialer.
- Temperatur. Høye temperaturer setter i gang nedbrytningen i organiske materialer. Plast kan fryse og smuldre opp ved lave temperaturer. Tegl og porøst murverk kan få frostsprengning av hyppige fryse og tine-sykluser.
- Fuktighet påvirker forråtnelse og nedbrytning. Den kan gi gode levevilkår for mugg og sopp.
- Vind og nedbør sammen blir slagregn. Fuktighet kan trenge inn i konstruksjonene, og sterk vind kan gi alvorlige slitasjer, skader og brudd.
- Store snømengder kan gi uventede belastninger på tak og føre til brudd.
- Kjemikalier. Salt i sjøluft kan føre til korrosjon på plast, glass og metaller. I områder med trafikk- og industriforurensning kan aggressive gasser føre til nedbrytning av ulike materialer som betong og naturstein.
- Grunnforholdene. Setninger, mangelfull drenering og endring av grunnvannstand kan gi alvorlige skader.

Vedlikehold



Figuren viser byggets funksjonalitet gjennom livsløpet (Bjørberg, Multiconsult)

Uten regelmessig vedlikehold, vil funksjonaliteten avta pga nedbrytning som følge av f. eks. fuktsskader. Vedlikeholdet kan være forebyggende (periodisk vedlikehold) eller først når behovet for reparasjon eller utbedring har oppstått. Mangel på forebyggende vedlikehold er et problem og fører til unødvendig forfall av bygningsmassen vår.

Intervallene og grad av nødvendig vedlikehold varierer etter klima- og miljøpåkjenninger og grad av bestandighet på materialer og konstruksjoner. For å klarlegge behov for regelmessig vedlikehold på de ulike delene av bygningen, er det nødvendig med en vedlikeholdsplan som angir hvilken type av vedlikehold som er nødvendig for de ulike delene med angitte vedlikeholdsintervaller.

- Velg bestandige materialer som trenger lite vedlikehold
- Foreta nødvendig forebyggende vedlikehold
- Utarbeid en vedlikeholdsplan som følger byggforvalteren. Bør foreligge ved ferdigstillingen av bygget.
- En LCC-plan kan illustrere kost/nytte av forebyggende vedlikehold.



Bilde viser Luratunet eldreboliger i Os kommune. (Bjerk & Bjørge arkitekter 2001). Natursten, ospekledning og skifer på tak er bestandige og vakre materiaer. Foto ved arkitekten.

2.2 Prosjektering for endringsdyktighet



Foto: Nordby

Endringsdyktige bygg defineres som bygg som kan tilpasse seg annen bruk enn den som lå til grunn da bygget ble planlagt og oppført.

Endringsdyktighet er ofte en naturlig forutsetning i tradisjonell byggeskikk. Laftekonstruksjonen f. eks. er forberedt for utskiftning av enkeltelementer, ombygginger og flytting av hele hus. Dessverre har vi ennå ikke klart å overføre endringsdyktighet som prinsipp til moderne byggeindustri.

Vi lever i en tid med store og gjennomgripende forandringer, det være seg teknologi, familiemønstre, omstrukturering av næringslivet, endring av bosettingsmønstre osv.

Økt levestandard fører også til at folk ønsker å følge med i de siste interiørtrendene, noe som gir hyppigere utskiftninger av innredningen.

Bygningsmaterialene har også gjennomgått en eksplosjonsartet utvikling. Da murgårdsbebyggelsen ble oppført for 120 år siden hadde vi rundt 50 byggematerialer. I dag er det flere titalls tusen tilgjengelige materialer!

Ta f. eks. boligens utvikling i de siste par generasjonene. Den har endret seg radikalt i størrelse og innhold. Mange faktorer skaper disse endringer som endringer i kjønnsrollemønsteret, nye hjelpemidler som bil, tv og pc og nye krav til inn klima og energisparing. Levestandarden har økt, og vi bor i dag på mer areal enn tidligere. Arealforbruket til boligformål var i 1967 29 m² pr person mens det i 2000 var på 51 m² pr person. Når vi legger til befolkningsøkningen, blir resultatet at det samlede boligarealet har blitt firedoblet siden 1950.

Kilde statistikk: Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (2007-2012).

Størstedelen av bygningsmassen i Norge er bygget etter år 1900. I store deler av denne perioden har tanken om at form skal følge funksjon vært gjeldene. Idealet har vært at en skal kunne se hvilken funksjon bygningen har, hvordan den er konstruert og hvilke materiale som er benyttet. Tilpasning har vært tema i enkelte perioder f eksempel innenfor strukturalismen der det ble åpnet for en addisjon av liknende deler eller bygningskropper. Fleksibilitet har også vært tilstrebet ved flyttbare innvendige konstruksjoner som veggelementer.

Få bygg har likevel vært tilrettelagt for en helt ny og annen bruk, uten svært omfattende ombygginger. Bygningene har derimot vært planlagt for å romme en definert aktivitet, uten tanke på at denne aktiviteten kunne endre seg, eller opphøre helt. Tilpasning er da ikke alltid lett verken arkitektonisk, funksjonelt eller teknisk. Konklusjonen kan bli riving selv om bygget teknisk sett kunne vært en god stund til.

2.2.1 Generalitet

Generalitet er et uttrykk for en struktur som uten bygningsmessige inngrep kan brukes for flere funksjoner.

Det innebærer at planløsningen og rommene er utformet slik at de kan brukes på forskjellig måte over en tidssyklus, det være seg et døgn, en uke – eller 30 år, uten vesentlige bygningsmessige endringer.

En måte å få til generalitet over korte tidssykluser, er å tilrettelegge for flerbruk.

I den vestlige verden er vi vant til å tenke at bestemte aktiviteter legges til ulike rom i huset. I andre kulturer som i tradisjonell japansk arkitektur for eksempel, bygde man generelle rom som ble brukt ulikt over døgnet. Sovemattene ble rullet ut om kvelden og sammen igjen om morgenen.

Universell utforming kan også sees som en form for generalitet da det bidrar til at bygningen/omgivelsene er tilgjengelig for alle uansett livsfase og fysisk førlighet.

Bygninger har en generalitet når:

- Rommene er utformet slik at de kan brukes til flere formål.
- Det innebærer gjerne at funksjonsmål er gitt med "romslig monn", både i planløsning og med hensyn til romhøyder.

2.2.2 Fleksibilitet

Fleksibilitet er et uttrykk for en struktur som med enkle bygningsmessige inngrep kan endres innenfor hovedramme.

Når en bygning er fleksibel, vil det være lett å flytte på vegger og bygge om bygningen til ny bruk, evt. slå sammen to mindre enheter til en eller motsatt. For å oppnå dette, må skillevegger være ikke-bærende, og vinduer må være utformet slik at det er mulig å flytte på vegger og fremdeles oppnå brukbare dagslysforhold i rommene. Videre må funksjoner som krever rørføringer etc plasseres strategisk for å tillate endringer i den øvrige planstrukturen

Fleksible bygg innebærer:

- Bærende konstruksjoner med lang levetid og tilstrekkelige spennvidder.
- Strategisk plassering av tekniske installasjoner som rør til vann- og avløp, elektrisitet, ventilasjon mv.
- En byggedybde som gir mulighet for gode dagslysforhold for forskjellige aktiviteter.

2.2.3 Elastisitet

Elastisitet er et uttrykk for en struktur som kan krympe eller vokse i hht nye funksjoner.

I boken "How buildings learn" av Steward Brand, hevder forfatteren at det er en universell regel at alle bygninger vokser. Hvis de er omfattet av regler som hindrer at den vokser i høyden eller ut i frontfasaden, vil den vokse mot baksiden eller ned under bakken.

Bygningens mulighet til å vokse utover sine grenser, er bygningens elastisitet. Det kan være ved påbygg, innredning av loft, tilbygg eller utvidelse nedover i kjelleren og under bakken.

Elastisitet innebærer også at bygningen kan tilpasse seg reduserte arealbehov, dvs at enhetene kan deles opp til slik at f. eks. en enhet i perioder kan leies ut eller brukes som f. eks. en generasjonsbolig.



Foto: Parasit Rotterdam – bygging på tak i industriområde (Korteknie Stuhlmacher architecten).

Bygninger har potensiale for elastisitet når:

- Den har enheter som kan brukes sammen eller hver for seg
- Planløsning, bærekonstruksjon og arkitektur er utformet og dimensjonert med tanke på fremtidige utvidelser.
- Dette kan innebære en overdimensjonering av bærekonstruksjonen for å gi rom for økt belastning i form av påbygg eller aktiviteter som gir større belastninger i fremtiden.

2.2.4 Mobilitet

Mobilitet er et uttrykk for strukturer som kan demonteres og monteres for samme bruk på et annet sted.

Det første mobile huset var teltet. Nomadenes første telt var bygd av et rammeverk av tre og dekt med blader eller dyrehud.. Den lette vekten på rammeverket gjorde dem lette å håndtere og transportere, selv for en person.

Fra vår tid kjenner vi utstillingspaviljongen og brakka for militære anlegg eller bygningsanlegg. Fra USA kjenner vi mobile homes, komplette boliger som enkelt kan flyttes.

En bygning er mobil når:

- Den kan demonteres og monteres. Se forøvrig pkt 2.3.3 for viktige prinsipper for å oppnå dette.
- Delt opp i transportable enheter.



Bildet viser nybygde boliger av utrangerte boligbrakker fra offshoresektoren er satt sammen på nye måte. Boligene er bygget på Buøy i Stavanger og tegnet av arkitektkontoret Helen & Hard. Foto: Leland.

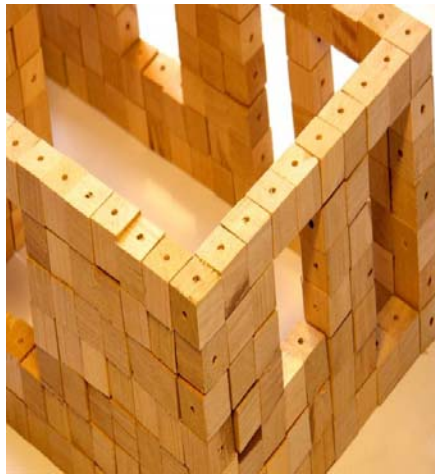
2.3 Prosjektering for demontering

Dette kapitlet tar for seg hva de prosjekterende må ta hensyn til i utformingen og valg av materialer og komponenter dersom det skal bli enklere å demontere og dermed gjenbruke deler eller hele bygget.

2.3.1 Valg av materialer

Følgende prinsipper bør ligge til grunn ved utforming av et bygg eller deler av et bygg for tilrettelegging for demontering/ selektiv riving.

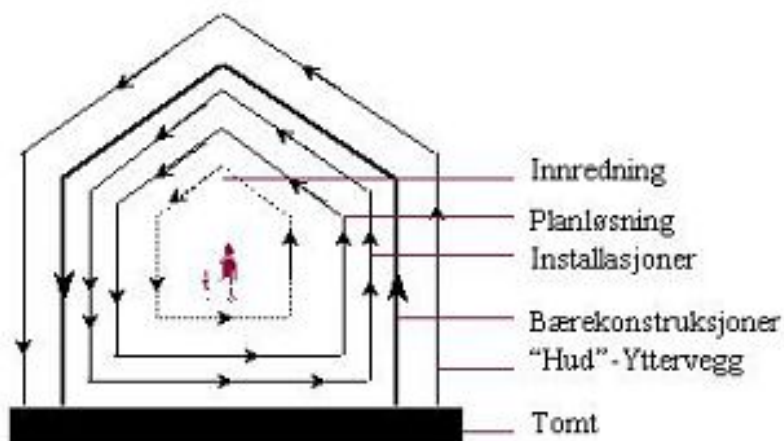
- Benytt færrest mulig materialer og komponenter.
- Benytt materialer som kan gjenbrukes.
- Benytt komponenter med få typer av bestanddeler (monomaterialer). Begrenset materialutvalg forenkler sortering, muliggjør kvalitetskontroll og ombruk.
- Benytt komponenter av moderat størrelse og lett vekt.
- Benytt komponenter med standard dimensjoner/moduler. Byggesystemer kan muliggjøre ombruk ved at deler kan demonteres og monteres inn i andre bygg. .
- Benytt bestandige materialer som tåler gjentatt demontering og montering.
- Unngå overflatebehandlinger som vanskeliggjør gjenvinning og ombruk
- Unngå giftige og farlige materialer. Dersom giftige materialer ikke kan unngås, bør enkelt kunne identifiseres og demonteres.



Illustrasjonen viser et modellfoto av klimablokken, et forslag til byggesystem av massivtre fra GAIA Lista. Blokken er en massiv kubisk bygningsblokk som er presset sammen av krysslagte bordsjikt og sammenholdt med tredybler. Det kan benyttes rivningsmaterialer i blokkproduksjonen. Det er ikke nødvendig med tilleggsisolasjon, dampsperre eller innvendig kledning for å innfri forskriftsmessige krav⁵. Et hus av Klimablokken vil være lett å demontere og remontere. Blokken er ikke satt i industriell produksjon. Systemet viser imidlertid et interessant prinsipp med små og håndterlige blokker av gjenvunnet materiale.

⁵ Etter den gamle forskriften (TEK 97).

2.3.2 Lagdelt struktur



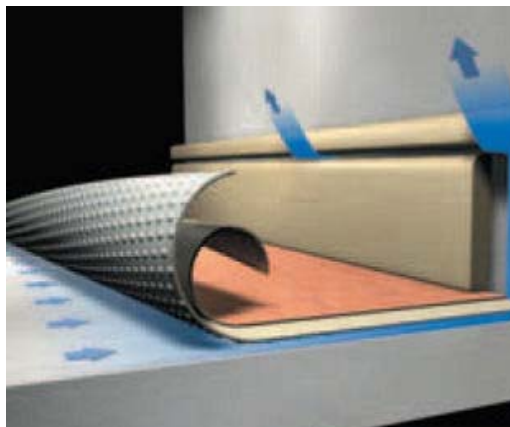
Figuren over bygningens lagdelte struktur er opprinnelig laget av Steward Brand (How Buildings learn). Den er fornorsket og tegnet om av Byggforsk.

I en bygning vil de ulike delene ha ulik omløpshastighet.

Bærekonstruksjoner har gjerne lengst levetid mens tekniske komponenter og innredning gjerne er utdatert etter 5-10 år. Manglende tilgang til bygningselementer og tekniske installasjoner er en av de største hindre for demontering, vedlikehold, og utskiftning. Det er derfor viktig å tilrettelegge bygget slik at de komponentene som oftest vil trenge utskiftning eller vedlikehold, også er lettest tilgjengelig.

Vi kan si at bygningen består av ulike lag hvor delene innenfor et lag erfaringsmessig har samme omløpshastighet. De ulike lagene kan arrangeres i forhold til forventede funksjonelle og tekniske livssykluser for de ulike komponentene:

- Skill bærekonstruksjonen fra de øvrige bygningselementene.
- Elementer med kortest levetid plasseres slik at de er lettest tilgjengelig for utskiftning som tekniske elementer.
- Sørg for tilgjengelighet med nok plass for enkel og uskadet demontering med tilgang til skruer, bolter etc.



Illustrasjon viser gulvbelegg som festes til en stabil underlagsmatte og som derfor ikke trenger å limes til gulvet. Belegget kan således lett demonteres når det er tid for utskiftning.

Kilde: C. Thormark



2.3.3 Enkel demontering og remontering

Gjennom lafteteknikken har vi lange tradisjoner med en byggeteknikk som har sammenføyninger som lar seg demontere. Dagens bebyggelse har imidlertid i liten grad vært bygget med tanke på at bygget skal være lett å demontere.

Foto til venstre viser demontering av et nyere kontorbygg av betongelementer. Riveprosessen tok svært lang tid siden bygget ikke var planlagt for demontering. Betongelementene måtte skjæres løs fra avstivningsstøpen og avrettingen før de kunne løftes ned. Bygget kunne ikke klippes ned på vanlig måte pga at dette ville kunne skade den bakenforliggende konstruksjonen, som skulle bli stående. I følge Veolia Miljø Entreprenør tok likevel ikke demonteringen nevneverdig lenger tid enn det ville tatt å klippe den ned. (Foto: Wærner)

For lettere å kunne demontere og remontere:

- Benytt mekaniske forbindelser som også er demonterbare fremfor liming, sveis og støp. Aktuelle mekaniske forbindelser er bolter, og låser (f. eks. klikk-systemer). Unngå spiker i konstruksjoner som skal demonteres. Forbindelsene må kunne tåle gjentatt montering/remontering.
- Beregn gode toleranser på sammenføyningene. Gjentatt montering/demontering kan slite på sammenføyningene og dermed kreve bedre toleranser.
- Minimer antall forbindelsesmidler og – typer for at demonteringen skal være enkel å forstå.
- Bruk lette materialer og komponenter for at de skal kunne håndteres enkelt og risikofritt.
- Minimer antall festepunkter slik at demontering kan skje raskere.
- Unngå sammenføyninger som krever avansert verktøy/spesialverktøy.
- Ved bruk av mørtel i murverk - bruk en mørtel som er svakere enn mursteinen.



Illustrasjonen viser en ny type "glidelåstape" for skjøter mellom gipsplater. Tapen er utviklet i USA og enkel å rive slik at eventuelle skruer blir avdekket og kan skrus ut.

Kilde: www.lifecyclebuilding.org.

2.3.4 Mekaniske forbindelser

Vi kan her skille mellom forbindelser som benyttes i plassbygde konstruksjoner, og forbindelser som er utviklet innenfor bestemte byggesystemer.

Forbindelsesmidler i plassbygde konstruksjoner av tre er spiker, skruer og bolter. Dersom materialet skal brytes ned til materialgjenvinning, som omsmelting av stål eller fibrering av trevirke, kan fremmede forbindelsesmidler som spiker og skruer skilles ut i gjenvinningsprosessen. Dersom komponenter skal brukes om igjen i opprinnelig form eller med en tilsaging av dimensjonen, er det viktig at forbindelsesmiddelet er fjernet, dvs at det er reversibelt som bolter og selvborende skruer.

Når det gjelder forbindelser i ulike byggesystemer, er det flere eksempler i dagens marked som låser av metall eller tre. Demontering går da lett. Dersom de skal monteres, må de forbindes til en bygningsdel fra det samme byggesystemet for å kunne bruke låsen.

Trenagler brukes i noen massivtre-systemer som elementene fra Holz100. Disse naglene må bores ut ved demontering. Det er foreløpig lite erfaring med remontering av slike elementer.

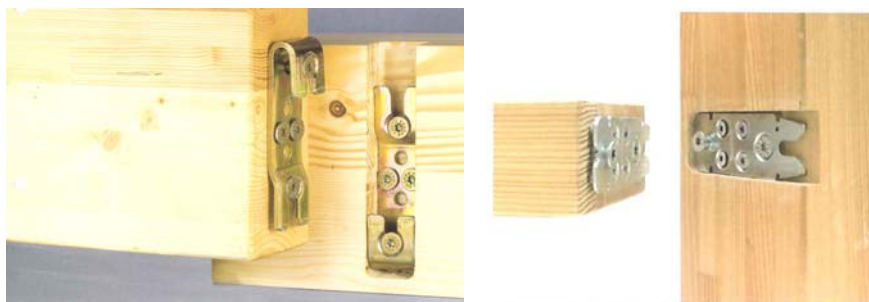
Eksempler fra noen byggesystemer som er på markedet i dag:



Fagverksbjelke av tre (Vanse skole). Limte forbindelser er erstattet med bolter av metall. Foto og arkitekt: GAIA Lista/ Berge.



Bildet viser forbindelsespunktet i prekappet reisverk (Klikk byggesystem). Her er forbindelsespunktene i reisverket svanehalser som er presisjonsfrest på sagbruket. På byggeplassen blir komponentene satt sammen som byggeklosser i et system med stor nøyaktighet. Systemet har også klikkvinduer som passer inn i konstruksjonen. Reisverket er i følge produsenten mulig å demontere.



Låsesystem av metall fra en tysk produsent (Knapp). Låsene er dokumentert til å kunne bære reisverk og svært enkle å montere og demontere.



Spikerfritt klikksystem for vinduslister med foringer fra Norgestre as. Lister av MDF bestilles etter mål på vindusåpningen, tilpasses på fabrikk og monteres på stedet. Det benyttes imidlertid et 2-komponent lim for å feste foringene i not-sporet. Det er å håpe at dette eller lignende systemer kan utvikles slik at de blir limfrie og fullt ut demonterbare.

2.3.5 Informasjon

Dersom teknikkene for demontering/remontering er innenfor tradisjonelle håndverksteknikker, vil det være mindre behov for informasjon. Mange byggesystemer og komponenter krever spesiell montering/demontering:

- Sørg for at det foreligger en demonteringsplan (se for øvrig pkt 3.2.2) med oversikt over bygningselementer og instruksjon for demontering og selektiv riving.
- Sørg for at det foreligger oppdaterte "som-bygget" tegninger, materialbeskrivelser og FDV-dokumentasjon (se tabell 3.1).
- Utforming av demonteringspunktene bør i størst mulig grad være "selvinstruerende". Dersom det er nødvendig med monteringsveiledning, må den foreligge i demonteringsplanen.
- Sørg for at de ulike delene i en konstruksjon er identifiserbare. F. eks. kan de ulike delene nummereres.
- Utarbeid og oppbevar informasjon om materialer, deklarasjoner, festepunkter og "som bygget" tegninger i FDV-manual.

2.4 Gjenbrukspotensialet for materialer og komponenter



Kontorstol av gjenvunne flaskekorker.
(Foto: Håg)

Ulike materialer kan ombrukes eller gjenvinnes på ulike måter. For utdypende gjennomgang av mål og muligheter for industriell gjenvinning av de ulike store materialfraksjonene, vises til NHP2.⁶

Gjennom pilotprosjekter nasjonalt og internasjonalt, er det i dag høstet en god del erfaringer på hvilke materialer som er egnet for gjenvinning.⁷ Produktenes miljøegenskaper må også vurderes sammen med muligheten for senere gjenvinning. ECO-produkt er et verktøy for vurdering av produktenes miljøegenskaper basert på miljødeklarasjonen (EPD) eller HMS-datablader. Over tid vil databasen over produkter som er vurdert i ECO-produkt, bli omfattende⁸.

I tråd med skjerpede offentlige krav til økt gjenvinning av riveavfallet, arbeides det kontinuerlig med å finne bedre løsninger for returordninger og gjenvinning for de ulike materialgruppene. I andre bransjer som bilbransjen, gjelder prinsippet om at produsenten er ansvarlig for å ta tilbake produktet etter endt liv. I industridesign innføres Øko-design i stor skala med bl.a. minimering av antall komponenter og materialer, gjenvinnbare materialer merket for enkel sortering og ved at produsenten har et system for produktinnsamling for gjenvinning.

I dag betraktes tiltak for ombruk og gjenvinning i byggenæringen ofte som en merkostnad. Hvis man imidlertid ser på kostnadene i hele livsløpet (LCC) og ikke bare på investeringskostnadene, vil dette bildet endre seg. Andre faktorer som endret råvaretilgang, økte energipriser, endringer i avgiftspolitikken med bl.a. økt krav til kildesortering, utvikling av bedre metoder og innsamlingsordninger for gjenvinning, mindre kostnader i riveprosessen ved bedre planlegging av fremtidens bygg, endrede avskrivningsregler osv, vil også bidra til at tiltak for ombruk og gjenvinning kan bli god økonomi i et livsløpsperspektiv.

- Ta stilling til om det prosjekteres for ombruk eller gjenvinning.
- Sjekk markedsmuligheter for ombruk og gjenvinning
- Lær av andre bransjer

2.4.1 Grunnleggende forutsetninger

De materialene som er mest aktuelle for ombruk/gjenvinning vil være materialer med en høy råvarepris og med lang levetid både teknisk og miljømessig forsvarlig. Grunnleggende forutsetninger for om et materiale kan egne seg for ombruk eller gjenvinning vil være:

- Hvor lett vil det være å separere materialet?
- Hvor skadet er det?

⁶ Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (2007-2012). Her gjennomgås muligheter for gjenvinning av de store materialgruppene som betong, tegl, gips, tre, glass, plast, isolasjonsmaterialer, takbelegg, farlig avfall og EE-avfall.

⁷For utdypende informasjon og eksempler på ombruk vises til "Boligdesign – gjenbruk og omforming" (Leland/Svendsen 2006)

⁸ ECO-produkt er utviklet av NAL|ECOBX og SINTEF og forvaltes nå av Norsk Byggjeneste.

- Hvor rent er det (overflatebehandlinger etc)?
- Innebærer det noen helsemessig risiko ved å ta det ut eller bearbeide materialet?
- Foreligger det relevant dokumentasjon av materialet eller konstruksjonen (brann, varmeisolering, lydisolering, konstruktive krav osv)?

2.4.2 Konstruktive materialer

Stål og annet metall



Bildet viser Aluminium Centre i Houten (arkitekt Micha de Haas). De fleste bygningsdeler i bygget er av aluminium. Ifølge arkitekten er de 100% dekomponerbare. (Foto: Nordby)

Av metaller til konstruktivt bruk regnes stål og aluminium. Produksjonen av metaller er svært energikrevende med store CO₂ utslipp. Det er derfor nødvendig at metallkomponentene utformes for demontering og ombruk og ikke planlegges brukt som komponenter for begrenset tidsom.

- Stålkomponenter som bjelker og søyler, er egnet for ombruk forutsatt at stålet ikke er deformert eller er korrosjonsskadet.
- Stål og annet metall som uegnet for ombruk, kan omsmeltes til bruk i nye produkter. Omsmelting er imidlertid energikrevende og bør vurderes først når ombruk ikke er aktuelt.

Betong

Betong sammen med tegl, utgjør den største avfallsfraksjonen i bygge- og anleggsektoren. Produksjon av sement gir også store CO₂ utslipp. Ut ifra dette vil det være et viktig mål å gjenbruke betong.

Når betong knuses for å brukes om igjen, vil betongen til en viss grad rekarbonatisere, dvs at den tar opp i seg CO₂ som ble sluppet ut under produksjonen. Men for at dette skal ha noen effekt, må betongen knuses

ned til 1 – 8 mm størrelse. Da vil mellom 60% og 80% av utslippet tas opp igjen. Vanlig knusing til 32 mm eller større vil ha liten effekt.



Bildet viser ombruk av betongelementer i Stockholm. Et parkeringshus ble revet (se i nederkant av bildet). Elementene ble brukt i et nytt bygg som vises øverst på bildet. Kun søyler og trapperom ble revet på vanlig måte.

- Demontering og ombruk av betongkonstruksjoner er lettest å gjennomføre med betongelementer som er produsert for demontering.
- Det er nødvendig å utvikle monterbare metoder for avstiving av konstruksjonene som skruer, bolter etc. I dag er det vanlig å støpe fast betongdekkelementer i endene for avstiving, en løsning som vanskeliggjør demonteringen.
- Knust betong er egnet for gjenvinning som tilslag i ny betong i konstruksjoner med moderat spennvidde, i bærelag og drenerende masser etc. Før gjenvinning må det sjekkes om det er PCB i betongen (kan være tilsatt betong fra 1960-80 åra). Siden betongen må separeres fra armering må den knuses før gjenvinning. Mye av betongens lagrede energi går imidlertid tapt i knusingen, så knusing vil være nestbest i forhold til ombruk, jfr gjenbrukshierarkiet pkt. 1.1.3.
- Det er viktig at betongens kvalitet dokumenteres i prosjekteringsfasen, og at det planlegges for maksimal utnyttelse av dets ombruk- og gjenvinningspotensial.

Murverk

Murverk kan f. eks. være av granitt, lettklinkerblokker eller tegl.

Tegl



Foto til venstre viser forskjellig murverk på gammel bygning (foto: Nordby). Bilde til høyre viser ombruk av tegl i Liverpool (foto: Larsen).

Erfaring fra riving av eldre og nyere teglbygg, viser at det er nær umulig å rive enkeltstein i en murvegg murt med sementmørtel. Dersom det er brukt kalkmørtel, er det mulig å banke bort mørtelen med håndverktøy eller maskinelt utstyr slik at enkeltsteinen kan ombrukes. Sementmørtelen ble alminnelig rundt 1920 og har etter den tid blitt brukt i bortimot all murverk. Dersom murverk skal rives for ombruk, er det imidlertid nødvendig å bruke en mørtel som tillater en selektiv riveprosess. Kalkmørtel kan være en mulighet, men bruken av den er begrenset. Den kan kun brukes i konstruksjoner som ikke har store påkjenninger i form av fukt eller større mekaniske påkjenninger. Hydrauliske mørtler er også aktuelt.

Det foregår i dag internasjonal forskning på mørteltyper som er mindre energikrevende enn sementmørtel. En mørtel bestående av metakaolin og kalk, evt blandet med sand, gir en mørteltype som kan erstatte de fleste bruksområdene til sementmørtelen. Metakaolin er en pozzolan som utvinnes av kaolin, en leire som også blir brukt i keramikk.

Sammenliknet med ren kalkmørtel, kan denne mørtelen være mekanisk sterkere, mindre vannabsorberende og mer elastisk. Den vil også tørke raskere enn kalkmørtel. Det antas at den også kan brukes i murverk som skal kunne dekonstrueres.

Kilde: Eco-efficient Mortars with Enhanced Mechanical, Durability and Bacterial Performance. Aires, Camões, Jalai, University of Minho, Portugal
Lime- metakaolin mortars –properties and applications. Velosa, Veiga, LNEC, Portugal.

Tegl har en energikrevende produksjon og påfølgende store CO₂ utslipp, og det er derfor stor interesse for å utnytte tegl for ombruk og gjenvinning. Tegl brukt på riktig måte, kan være et bestandig element i et ellers endringsdyktig bygg.

For å kunne rive en teglkonstruksjonen for å sortere ut enkeltstein, er det imidlertid nødvendig å bruke en mørteltype som er svakere enn steinen. Sementmørtel kan ikke benyttes for murkonstruksjoner hvor steinen skal ombrukes.

Da det er relativt arbeidskrevende å rive og rense teglstein, har ombruk av tegl til nå vist seg lite økonomisk attraktivt og er derfor mest aktuelt i mindre, private prosjekter.

- Kalkmørtel vurderes som alternativ til sementmørtel for å muliggjøre riving for ombruk av enkeltstein.
- Tegl som skal ombrukes i fasader må være frostsikker. Det kreves spesielle riveteknikker for å sortere frostsikker tegl fra annen tegl ved riving.
- Tegl er også egnet for knusing og gjenvinning som tilslag, fyllmasse, dekke i gangveier osv. Mye av teglsteinens lagrede energi går imidlertid tapt i knusingen, så knusing vil være nestbest i forhold til ombruk, jfr gjenbrukshierarkiet pkt. 1.1.3.

Lettbetong

Konstruktive lettbetonger har sement som en viktig bestanddel og har dermed en energikrevende produksjon. Elementene kan være av gassbetong, lettklinkerbetong eller pimpsteinbetong og med ulike dimensjoner. Blokker og elementer er vanlig i kjelleryttervegger. De er også benyttet i øvrige vegger og konstruksjoner. Det er i dag vanlig å benytte sementmørtel i muring av lettbetong, noe som gjør at murverket er vanskelig å rive uten å skade blokkene. I mindre utsatte konstruksjoner kan benyttes svakere mørteltyper slik at blokkene kan demonteres og gjenbrukes.

- Svakere mørteltyper vurderes som alternativ til sementmørtel for å muliggjøre riving for ombruk av enkeltstein.⁹
- Større lettbetongelementer som gulvelementer, kan festes mekanisk med bolter.
- Lettklinker er også egnet for knusing til fyllmasse.

Trekonstruksjoner



Bildet viser gjenbruk av trebjelker i Gjenbrukshuset I Trondheim. (Foto: Wiger)

- Trekonstruksjoner, f.eks. takstoler og bjelker, kan ombrukes forutsatt at trevirkets opprinnelige kvalitet kan dokumenteres og at demontering er mulig.
- Ubehandlet trevirke hvor kvaliteten ikke kan dokumenteres, kan skjæres til og benyttes til ikke-bærende bygningsdeler som listverk, vindusrammer osv.

⁹ Da blokkene gjerne brukes i grunnmurer og andre fuktutsatte konstruksjoner, vil kalkmørtel muligens være uegnet til denne bruken. Det er behov for utprøving av alternative mørteltyper, (kfr murverk av tegl).

- Trevirke som inneholder mye spiker og skruer er erfaringsmessig vanskelig å skjære til. Unngå derfor spiker og skruer som ikke tåler gjentatt demontering/remontering.
- Trevirke som ikke kan ombrukes og som er uten tungmetallimpregnering, er mest aktuelt for energiutnyttelse.
- Impregnert trevirke som ikke kan ombrukes, går til deponi. Minimer bruken av impregnerte materialer og søk trematerialer som er av robust virke kvalitet som eik og malmfuru, eller som er behandlet på en miljøvennlig måte med varmebehandling eller modifisert med biobaserte kjemikalier.

2.4.3 Ikke-bærende materialer

Innvendige vegger og plater

Plassbygde innvendige vegger kan bygges opp av trestendere eller tynnplateprofiler av stål. Vanlige kledninger er plater av gips, ulike treprodukter som kryssfiner, spon eller trefiber.

Generelt gjelder at disse ulike komponentene kan ombrukes dersom de er festet mekanisk med skruer, klikk-systemer e.l. som tillater demontering uten å skade platen eller stender/svill.

Gipsplater

Ombruk av gipsplater er aktuelt dersom platene demonteres uten skade. Gipskapp og knust gips kan gjenvinnes til bruk i nye gipsplater, men mulighetene er begrenset.

I Norge finnes det et mottakssted i Fredrikstad som drives av danske Gips Recycling. De tar i mot gipskapp fra nybygging og rivningsgips med tapet, glassfiber, maling, spiker og trelister, forutsatt at det er tørt. Gyproc gjenvinner gipsen til nye plater, men de vil helst kun ha kapp fra nybygging da det er renere materiale og billigere å gjenvinne. Transport av tung gips er kostbart, så dette er kun aktuelt alternativ for det sentrale Østlandet.

Isolasjon

Av isolasjonsprodukter kan nevnes:

- mineralull
- skumplast (EPS og XPS)
- trebasert isolasjon som bl.a. celluloseisolasjon
- tekstilfiber
- lettklinker (ekspandert leire)
- cellegummi
- skumglass

I dag er det antatt at mesteparten av all brukt isolasjon går til deponi, bortsett fra 1,5% mineralull som blir returnert til produsent. Det er mulig å ombruke isolasjon forutsatt at den er uten skader og fukt, men det blir lite gjort i praksis. For å øke gjenvinningsandelen er det nødvendig at produsentene har fungerende returordninger også for brukt isolasjon. Trebaserte isolasjonsmaterialer kan også være aktuelt for energigjenvinning i forbrenningsanlegg med røykgassrensing. Vi tar her for oss de mest aktuelle isolasjonsproduktene brukt i bygninger:

Mineralull

Mineralull, en fellesbetegnelse for glassull og steinull, leveres som matter, plater og løsfyll. Mineralullfibrene har vært klassifisert som mulig kreftfremkallende, men i det EU-direktivet som Norge følger, er mineralullen regnet som ikke kreftfremkallende. Hjelpesoffer er tilsatt for å forbedre produkttegenskapene. Mesteparten av den brukte mineralullen transporteres i dag til deponi.

Det finnes etablerte retursystemer for mineralullkapp fra nybygg. Å levere kapp til retur er imidlertid dyrere enn å levere det som blandet avfall. Produsent eller renovatør må finne andre produksjonssystemer eller avsetningsmuligheter før gjenvinning av mineralull er særlig aktuelt.

Materialgjenvinning av brukt mineralull er det ingen ordninger for, da det er vanskelig å sortere ut den mineralullen som er skadet av f. eks. fukt. Energigjenvinning er lite aktuelt. Mineralullen kan eventuelt gis bort til private prosjekter.

Skumplast

Det finnes i dag gode avsetningsmuligheter for skumplast¹⁰. En del skumplastprodukter har imidlertid vært tilsatt farlige stoffer (bromerte flammehemmere og KFK) som må destrueres som farlig avfall. Kjemikalier brukes i varierende grad i fremstilling av skumplastprodukter.

- Sjekk at skumplasten ikke inneholder farlige stoffer i miljødeklarasjonen.
- Unngå å feste skumplast i andre produkter. Skumplast som er støpt eller limt til andre materialer som asfalt, takbelegg og betong blir forurensset og må deponeres.

Trebasert isolasjon¹¹

Trebasert isolasjon finnes som løsfyll, matter og trefiberplater og er laget av returpapir, sagflis, høvelspon eller defibrert tremasse. De ulike produktene

Av trebasert isolasjonsmateriale er celluloseisolasjon som er laget av returpapir, noe brukt i Norge i dag. Øvrige trebaserte isolasjonsmaterialer tilvirket av trevirke, er tilgjengelig på det europeiske markedet men i liten grad tatt i bruk i Norge i nyere tid. I eldre bebyggelse har vi hatt sagflisisolering siden 1700-1800 tallet. I Tyskland har nå trebaserte isolasjonsprodukter en markedsandel på 5 %.

De fleste moderne trebaserte produktene har en teknisk godkjenning som gjør dem anvendelige i Norge. Transporten til Norge gjør dem imidlertid miljømessig betenkelig. Lokal produksjon i Skandinavia vil imidlertid løse dette problemet da det er rikelig av råvarer her. Disse isolasjonsproduktene er attraktive med hensyn på ombruk og gjenvinning, og er derfor beskrevet her. Dette er en utfordring til lokale produsenter om å se markedsmulighetene i disse produktene. Dersom en foretar en miljøevaluering for ulike typer av trefiberbaserte produkter og tilsvarende mineralull og glassull, vil spesielt trebaserte løsfyllprodukter uten tilsetning av borater, være å foretrekke. Dersom det benyttes resirkulert trevirke, er det nødvendig å tilsette limstoffer da treets naturlige ligning kun er aktivt i ferskt trevirke.

¹⁰ Jfr Plastretursystemet. Det er etablert en stor gjenvinner av skumplast i Stavangerområdet, og det finnes også flere mindre gjenvinnere andre steder i landet.

¹¹ Informasjonen i dette avsnittet er fra rapporten Isolasjonsmaterialer av trevirke, Gaia Lista v/ Bjørn Berge (2007)

er som regel tilsatt hjelpestoffer som lim, fuktavvisende stoffer, sopp- og brannhemmende midler. Disse stoffene har ulik miljøpåvirkning. Det er derfor nødvendig å sjekke miljødeklarasjonen der den foreligger.

- Løsfyll som cellulose, kutterspon eller defibrert tremasse kan ombrukes da det lett lar seg suge opp med egnet utstyr.
- Trefiberbaserte isolasjonsmatter kan ombrukes forutsatt at elastisiteten er intakt. Det mangler imidlertid erfaringer for dette.
- Trefiberplater kan ombrukes forutsatt at de er skrudd fast eller klemt med lister.
- Gjenvinning er teoretisk mulig, men det er nødvendig at produsenten har fungerende returordninger
- Energigjenvinning er aktuelt, men kun i forbrenningsanlegg med røykgassrensing dersom produktene har forurensende tilsetningsstoffer.

Tekstilfiberisolasjon

Et nytt produkt har kommet på markedet i 2007, Ultimat. Dette er en isolasjonsmatte laget av kasserte klær og andre tekstiler av ull, bomull og litt nylon. Av det tekniske databladet til produsenten framgår det at det ikke tilsettes noen helse- og miljøfarlige stoffer, men i en artikkel sier direktøren at den brannhemmende delen av produksjonen tilsettes uorganiske salter. Dette er formodentlig bor, som også brukes i celluloseisolasjon, og som SFT har på sin OBS-liste over stoffer de ønsker redusert bruk av.

Lettklinker

Lettklinker er kuler av ekspandert, brent leire. Kulene har en energikrevende produksjon. Kulene kan brukes som løsfyll eller støpes i blokker med bindemiddel av sement.

Løs lettklinker kan ombrukes da det lar seg suge opp med egnet utstyr.

For valg av isolasjonsprodukter:

- Velg produkter som i hovedsak består av resirkulert materiale
- Sjekk at produsenten har fungerende og økonomisk interessante returordninger
- Velg isolasjonsprodukter som ikke er belagt/ har belegg da det vanskeliggjør gjenvinning
- Dersom det er mulig, velges produkter som ikke inneholder farlige/giftige stoffer som hindrer gjenvinning etter avhending.
- Unngå faststøping eller liming av isolasjonen.

Takbelegg/taktekking

Takspon/bordtak

Ulike trematerialer for tak leveres ofte som trykkimpregnert, men de kan også leveres ubehandlet dersom de er skåret av egnet trevirke som f. eks. malmfuru. Vanlig festemåte er stifter. Ombruk er normalt ikke aktuelt pga festemåte og slitasje på materialet. Materialene som er impregnert må deponeres pga tilsetningsstoffene.



Ombruk av takstein av tegl på enebolig, Hvaler, bygd i 2000. Foto: Leland

Takstein og takskifer

Takstein kan være av tegl eller betong. Det er gode erfaringer med ombruk av skifer og takstein av tegl såfremt den er uskadd.

Betongtakstein har overflatebelegg av f. eks. akryl med granulat og har en noe kortere levetid enn tegltakstein da belegget slites av over tid. Ombruk av eldre betongtakstein vil derfor være mindre aktuelt.

Takstein har ulike dimensjoner og profiler, og det er viktig å sortere disse ved demontering. Ødelagt takstein og skifer kan knuses og brukes som fyllmasse og til drenering.



Ombruk av skifer fra tak- til veggkledning i Vinkelkroken barnehage, Trondheim. Foto: Leland

Metalltak

Vanlige platetak er korrugerte plater av stål eller aluminium. Disse har begrenset varighet da overflatebehandlingen slites av, og er derfor mindre aktuelt for ombruk. Taktekking av kobber, sink og bly er av metaller med høye råvarepriser og normalt aktuelt for omsmelting.

Alle metalltak bør kunne demonteres for omsmelting.

2.4.4 Bygningskomponenter

Dører og vinduer

Dører og vinduer kan ombrukes i eksisterende bygg dersom de har minst like bra egenskaper som komponentene de erstatter (som krav til brann, lyd og isolasjon).

Glass

Glass benyttes bl.a. i vinduer/dører inne og ute. Det er også i mindre grad brukt som kledning. I dag er det et rekke krav til glassfunksjonen som gjør at det ofte velges spesialglass som laminert glass og belagt glass.

Glass kan ombrukes, omsmeltes eller blåses til skumglass. Omsmelting er imidlertid en energikrevende prosess.

- Velg glasstyper som ikke er komposittglass (laminert glass, filmbelagt glass regnes som kompositter)
- Velg dimensjoner på glassfelt som muliggjør utskiftning og demontering uten stor risiko for knusing eller yrkesskade.

Fast innredning

Innredning som skap og kjøkkeninnredning er egnet for ombruk, men varierer i kvalitet. Her er ofte levetiden begrenset av motesvingninger mer enn slitasje.

- Velg innredning av en kvalitet som tåler å bli demontert og remontert.
- Sørg for at den plasseres slik at det er unødvendig med bygningsmessige inngrep ved demontering. Det kan være forhold som å la gulvbelegg og himling gå innunder innredningen, sørge for at døråpninger og trapper har en dimensjon slik at innredningen kan bæres ut osv.

Metallkomponenter

Metall som ikke brukes konstruktivt i bygningen kan være jern, stål, aluminium, kobber, sink, bly. Metall har som tidligere nevnt, en svært energikrevende produksjon med påfølgende stort CO₂-utslipp, og de fleste har også en høy råvarepris slik at de er svært aktuelle å ombruke eller gjenvinne.

- Metallkomponenter som rekkverk, dørvidere, beslag, trapper, hengsler etc. er aktuelle ombruksprodukter, dersom de er uskadd og lette å demontere.
- De er også egnet for omsmelting, men det er også energikrevende.

2.4.5 Tekniske installasjoner

Tekniske komponenter er elementer med vanligvis kort levetid og hyppig utskiftning. Typiske tilførsler det må planlegges for;

- varme – varmeovner, rør for varmtvann for oppvarming, røykpiper, solpanel og – celler, varmepumper osv.
- ventilasjonsanlegg og varmevekslere
- vann – rør for varmt og kaldt vann, varmtvannstanker, avløpsrør.
- sanitæranlegg
- belysning, elektriske kabler og utstyr
- svakstrøm som tele og data
- brannvarsling

- alarmer
- transportsystemer som heiser og rulletrapper.

Tekniske installasjoner er ofte vanskelig tilgjengelig for demontering. Det kan også være vanskelig å få garanti tilsvarende nye komponenter. Derfor vil ombruk av tekniske komponenter være mest aktuelt i private prosjekter.

Utstyr og komponenter som kan være egnet for ombruk er:

- Sanitærutstyr som vasker, klosett
- Ventilasjonskanaler
- Nyere belysningsutstyr.



Bildet ovenfor viser ombruk av en radiator. Det er tatt i Miljøvernforbundets lokaler i Ludeboden i Bergen, og radiatorene er opprinnelig fra Philipsbygget i Oslo. Radiatorene ble sandblåst og lakkert på nytt, totalkostnad 300 kroner (2006), nye ville kostet det mangedoble. Foto: Wærner.

Tekniske installasjoner må planlegges nøye for enkelt vedlikehold og utskiftning.

- Bruk av naturlig ventilasjon, passiv kjøling (bruk av termisk masse etc) og solskjerming vil redusere behovet for mekanisk utstyr.
- Elementer og ledninger bør være strategisk plassert og lett tilgjengelig for utskifting og rengjøring.
- El-installasjoner bør ideelt sett ikke ombrukes, da slike produkter fort blir utdatert av nye løsninger. El installasjoner er EE-avfall og sorteres som egen fraksjon.
- Varmekilder; vedovner, peiser, ovnsrør o.l. er egnet og populært for ombruk. Disse må imidlertid tilfredsstille kravene i teknisk forskrift i PBL
- Heiser kan ombrukes dersom den er i god teknisk stand og er CE-merket



Bilde til venstre: Gjenbruk av lampe fra det gamle rikshospitalet til Parkhuset i Pilestredet Park. Foto: Leland

DEL III ARBEIDSMETODIKK

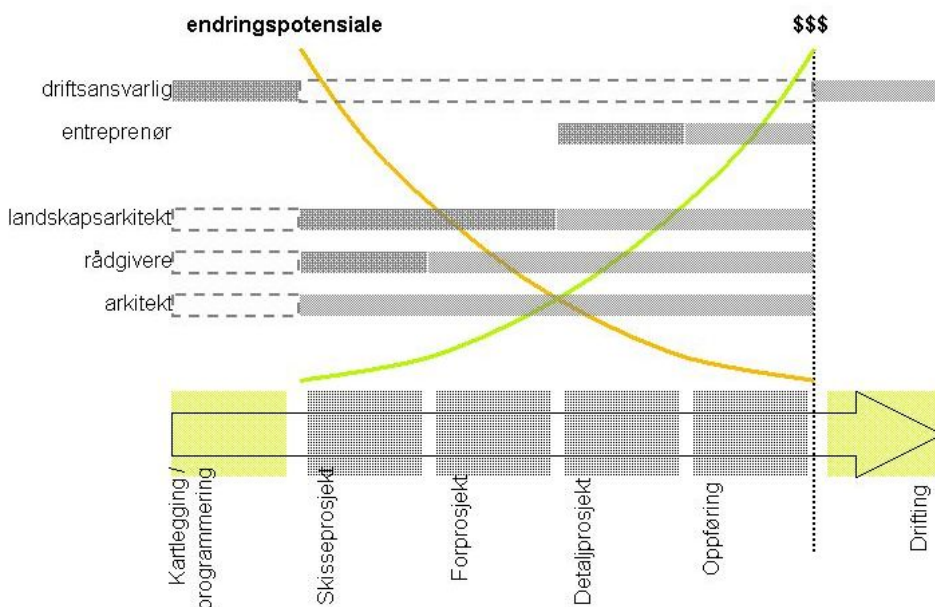
3.1 Strategi og Arbeidsplan

Prosjektering for ombruk og gjenvinning inngår i miljøriktig prosjektering og krever en egnet arbeidsmetodikk med fokus på hele livssyklusen. Det er nødvendig med tverrfaglig samarbeid gjennom hele arbeidsprosessen der ulike tekniske og arkitektoniske problemstillinger løses integrert.

Det er i dag tilgjengelig flere fremstillinger av hvordan denne prosessen kan legges opp som f. eks. i ECOBOX startpakke og program for miljøprogrammering¹²

3.1.1 Tverrfaglig samarbeidsmodell

Da prosjektering for ombruk og gjenvinning retter oppmerksomheten mot nye arbeidsprosesser og fordrer en materialkunnskap som ikke alltid er tilstede i tradisjonell prosjektering, er det naturlig at dette tar tid før det er innarbeidet i de faste rutinene og beslutningsprosedyrene i bedriftene. Det vil også være en fordel med medvirkning fra utførende allerede i prosjekteringsfasen da påvirkningsmulighetene er størst i tidlig fase i et prosjekt.



Figuren illustrerer en modell hvor rådgiverne er med allerede tidlig i prosjekteringsfasen da endringspotensialene i denne fasen er store og de økonomiske konsekvensene mindre. Kilde: NAL|ECOBX sin startpakke.

¹² Se for øvrig www.ecobox.no og www.miljoprogrammering.no.

Statsbygg har for øvrig initiert en metode for beregning av klimagassutslipp. Den er tilgjengelig på www.klimagass.no.

Tabell 3.1 Arbeidsplan for prosjektering for ombruk og gjenvinning (POG)

Arbeidsfaser/ Tema	Oppdragsgiver	Prosjekteringsgruppe	Entreprenør/ Utførende	Driftsansvarlig
Tidlig fase (programmering og gjennomføringsstrategi)	• Initier en miljøplan med mål for POG* • etabler prosjekteringsgruppe positiv til POG* • finn utførende som er villig til POG • utarbeid en kontrakt med prosjekterende som beskriver aktørenes forventede praksis og ansvar mht POG samt utarbeidelse av demonteringsplan (se pkt 3.2.2).	• Skaff kunnskap om POG • informer kunden om POG, praksis og konsekvenser • utarbeid en miljøplan i samarbeid med oppdragsgiver • definer aktuelt nivå og strategi for POG som en del av miljøplanen. • definer hvilke tiltak, bygningselementer og materialer som er mest kostnadseffektive for POG • påse at kontrakten definerer nødvendige aktiviteter for POG.	• Gjennomgå egen praksis for demontering og selektiv riving • skaff kunnskap om POG.	• Gjennomgå egne erfaringer for - bestandige materialer og konstruksjoner - utskiftning av bygningselementer og komponenter.
Forprosjekt	• Kommunikasjon med prosjekteringsgruppen og entreprenør; og sikre at POG blir innarbeidet i prosjektet.	• Diskutere mulige gjenbruksmaterialer med entreprenør • vær i dialog med tiltakshaver om ulike alternativer for gjennomføring av POG.	• Diskuter alternative POG-løsninger med prosjekteringsgruppen.	• Definer behovet for forebyggende vedlikehold for de ulike komponentene og materialene • påse at komponenter som trenger hyppig utskiftning blir lett tilgjengelig og av en håndterlig størrelse.
Anbudsgrunnlag	• Sjekk med prosjekterende at de spesifiserte løsninger tillater og beskriver POG som planlagt.	• Tegninger og beskrivelse skal inneholde prinsipper og anvendte løsninger for gjenvinning og demontering • still krav til at utførende lager en demonteringsplan som tilfredsstiller prosjektets mål.	• Sjekk at kravene til gjenvinning og demontering er oppfylt i anbudsgrunnlaget.	• Sjekk at løsningene og valg av materialer og komponenter fremmer lang levetid og mulighet for utskiftning av deler med kortere levetid.
Utførelse	• Sett av tid i fremdriftsplanen til å bygge for demontering • overlever FDV-dokumentasjon og "som bygget" dokumentasjon til sluttbrukeren samt til arkitekten og den utførende.	• Vær i dialog med utførende om løsninger • ajourfør tegninger og beskrivelse slik at det foreligger "som bygget" dokumentasjon.	• Identifiser gode løsninger for fremtidig gjenvinning og demontering og i dialog med prosjekteringsgruppen • utarbeid demonteringsplan • informer underleverandører om POG	• Lag en FDV-plan som også inkluderer demonteringsplanen. • skaff "som bygget" - dokumentasjon
Drift/ Vedlikehold	• Påse at de som skal utføre vedlikehold kjenner til FDV-dokumentasjonen.	• Registrer erfaringer over tid, knyttet til vedlikehold, ombygginger etc., hvis mulig.	• Registrer erfaringer over tid, knyttet til vedlikehold, ombygginger etc., hvis mulig.	• Følg FDV-planen og utfør angitt periodisk vedlikehold. • formidle erfaringer.
Avhending	• Påse at de som skal planlegge og utføre riving er kjent med byggets demonteringsplan.	• Plan for avfallshåndtering hvor mulig ombruk og gjenvinning av materialer og komponenter er angitt. •	• Demontering, kildesortering og avhending i hh til demonteringsplanen og avfallsplanen.	• Evt ta vare på komponenter som kan benyttes til utskiftning i andre tilsvarende bygg.

* POG – forkortelse for prosjektering for ombruk og gjenvinning.

3.2 Strategiske valg

3.2.1 Miljøplan

I prosjektets tidligfase er det viktig at det lages en miljøplan med miljømål for hele bygget samtidig som aktørene vurderer byggets bruk opp mot levetid. Dette er mål en oppdragsgiver kan sette ut over de krav som er stilt i lover og forskrifter. Se også tabell 3.1 som viser de ulike aktivitetene gjennom hele byggets planlegging og levetid.

Ulike miljømålsettinger kan være i strid med hverandre. Da er det viktig med en overordnet miljøplan som gir grunnlag for prioritering.

I miljøplanen settes delmål for de ulike temaene som omfattes av miljømålene, og prosjektering for ombruk og gjenvinning vil ha sin naturlige plass med mål for byggets endringsdyktighet, bruk av gjenvunne materialer/konstruksjoner og grad av gjenvinnbarhet ved avhending.

Det ferdigprosjekterte bygget vil være et resultat av om det bygges i hovedsak for:

A: Endringsdyktighet/ombruk og maksimal levetid av bygningen

- Krever prosjektering for generalitet, fleksibilitet og/eller elastisitet. I tidlig fase fastlegges hvilke av disse kriteriene som er viktigst, avhengig av forventet levetid av bygget, design osv.
- Bestandige materialer og bygningskomponenter.

B: Ombruk av konstruksjoner, materialer og komponenter

- Skal hele bygningen kunne flyttes til en ny tomt?
- Skal deler av bygget kunne demonteres for ombruk et annet sted?
- Skal elementer av bygget kunne fjernes for vedlikehold/utskiftning? (som f. eks et fasadeelement, glassfelt, dør, teknisk komponent etc)
- Kartlegg mulighetene for å benytte gjenbruksmaterialer.
- Tilpass design og konstruksjon slik at det i størst mulig grad kan benyttes gjenbruksmaterialer.

C: Velge materialer som kan gjenvinnes

- Dersom ombruk ikke er prioritert, velges materialer som kan gjenvinnes.
- Konstruksjonen må tillate at de ulike materialene kan sorteres ut etter demontering.
- Unngå materialer med overflatebehandling, lim etc.
- Se pkt 2.4 for oversikt over hvilke materialer som kan gjenvinnes.



Bildet er fra anlegging av en plass i Pilestredet Park, Oslo. Her ombrukes gatestein, og det benyttes brukt knust tegl og betong som fyllmasse (foto: Leland)

3.2.2 Demonteringsplan

Demonteringsplanen vil være en del av produktdokumentasjonen som følger bygget i FDV-dokumentasjonen. Planen distribueres til alle parter ved overtagelsen av bygget, som eieren, arkitekten og entreprenøren. Viktige punkter i en slik plan vil være:

1 Strategi og mål

- Sammendag av prosjektets miljø- og bruksmål. Her beskrives byggets forventede levetid og valg av strategi i forhold til endringsdyktighet, og gjenvinning.

2 Oversikt over materialer og bygningselementer

- Liste over byggets elementer, komponenter, festemidler og materialer inkludert produktbeskrivelser, dokumentasjoner, leverandører og garantier. Listen suppleres med nødvendige tegninger.
- Beskrivelse av materialkvaliteter og forventet levetid for materialer og komponenter.
- Beskrivelse av den antatt beste muligheten for ombruk, gjenvinning og avfallshåndtering for alle elementer

3 Instruksjon for demontering/selektiv riving

- Tegninger over forbindelser mellom elementer og komponenter.
- Beskrivelse av lokalisering samt rekkefølge og anbefalt metode for demontering.
- Beskrivelse av nødvendig verktøy og utstyr for demontering / riving
- Anbefaling av rutiner for beskyttelse, sortering, lagring og avhending for materialer/ elementer.
- Oversikt over evt. miljøfarlige stoffer i bygget som f. eks. fugemasser.

3.3 Dokumentasjon i byggefasen

3.3.1 Avfallsplaner

Fra 01.01.2008 er det krav om at det skal utarbeides avfallsplaner og miljøsaneringsbeskrivelser for alle byggeprosjekter (både bygg og anlegg) i

Norge.¹³. Reglene gjelder for nybygg over 300 m² og riving over 100 m², samt prosjekter som genererer mer enn 10 tonn avfall. Det blir også stilt krav om at det skal oppnås minst 60% kildesortering på byggeplass. Miljøkartlegging skal utføres av personer med relevant utdanning og erfaring. Avfallsplanen må være godkjent før det gis byggetillatelse, og sluttrapporten må være godkjent før det gis brukstillatelse.

Byggherren er i henhold til byggherreforskriften og forurensingsloven ansvarlig for avfallshåndteringen. Tiltakshaver skal derfor sørge for at det utarbeides avfallplan og miljøkartlegging ved riving og rehabilitering. Før det gis igangsettingstillatelse skal avfallsplanen med miljøsaneringsrapport være godkjent av kommunen. Sluttrapporten som dokumenterer all avfallshåndtering, skal være godkjent før det gis ferdigattest.

Skjemaer for avfallsplaner er digitalt tilgjengelig på SFTs hjemmesider: http://www.sft.no/artikkel_41973.aspx?cid=3304

3.3.2 Miljøsanering

Generelt

Planlegging for prosjektering for ombruk og gjenvinning forutsetter kjennskap til miljøsanering.

Hensikten er å identifisere og fjerne miljøskadelige stoffer og materialer, før riveprosessen igangsettes. Det endelige mål for miljøsanering er å sikre forsvarlig avhending av samtlige miljøskadelige stoffer og materialer, og påse at resterende materialer er "rene" og bl.a. er egnet for ombruk og gjenvinning.

Miljøkartlegging

Det skal foretas en miljøkartlegging i alle rive- og rehabiliteringsprosjekter hvor det stilles krav til avfallsplan. Miljøkartleggingen innebærer at alle komponenter med mulig innhold av helse- og miljøfarlige stoffer skal kartlegges. Dette vil også inkludere elektronisk avfall. Rapporten skal omfatte påvisning og metoder for fjerning av det farlige avfallet. Ved usikkerhet om innholdet av miljøfarlige stoffer, skal det tas prøver som dokumenteres i rapporten.

¹³ Kap 15 i avfallsforskriften.

LITTERATUR

Addis, W., Shouten J., *Principles of design for deconstruction to facilitate reuse and recycling*. CIRIA, London, 2004

Berge, B. *The Ecology of Building Materials*. Architectural Press. 2001.

Berge B. *Isolasjonsmaterialer av trevirke. Løsfyll, matter og plater*. GAIA Lista 2007.

Berge B. *Byggesystem for Ombruk. Hovedrapport*. Eikstein forlag 1996

Byggforsk 700.307. Definisjoner, etablering og bruk av levetidsdata for bygg og bygningsdeler.

Crowther, P. (2003). *Design for Disassembly. Thesis*, Queensland University of Technology.

Jacobsen, P.A. Bramslev.K. *Veileder - Miljøriktig bygg-prosjektering*. GRIP. 1998

King County/Resource Venture (B. Guy og N. Ciarimboli): *Dfd. Design for disassembly in the built environment*. Seattle 2006.

Leland, Bente Nuth. Svendsen, Sven Erik. *Boligdesign, Omforming og Gjenbruk*. Kommuneforlaget, 2006

Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007 - 2012 (NHP2). Utarbeidet av og for byggenæringen (2007)

Nordby/Berge/Hestnes. *Byggematerialer; klimabelastning, miljømessig forsvarlig levetid og design for gjenbruk*. Byggekunst 1-07.

Morgan, Chris. Stevenson, Fionn. *Design and Detailing for Deconstruction. SEDA Design Guides for Scotland: No.1, 2005*

Sakai, Koji. *Environmental design – State-of-the-art report, bulletin 28*. fib CEB-FIP.2004

Statsbygg. *Gjenbruk i byggebransjen – State of Art, Rapport 1*. 2002

DEL IV EKSEMPLER

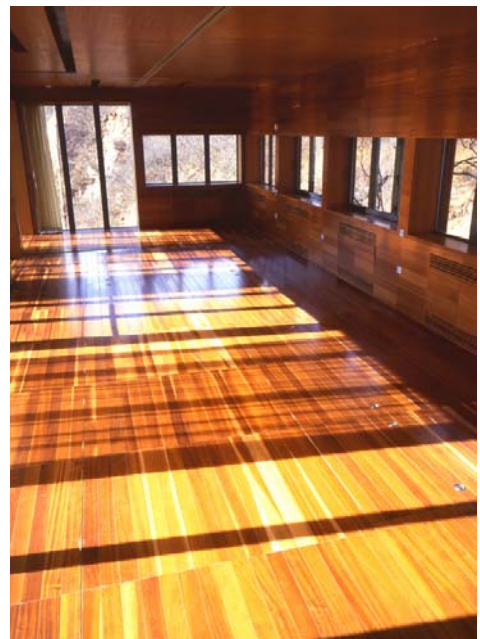
Eksemplene er vist fordi de viser gjennomføring av ett eller flere prinsipper som er beskrevet i veilederen. Ingen av dem har fasitsvaret på hvordan prosjektere for ombruk og gjenvinning. Få har ennå befattet seg med denne problemstillingen i utforming av bygninger, men vi håper at denne veilederen kan være ett skritt videre i å få flere bygg som er prosjektert og bygget ut ifra denne tankegangen. .

4.1 The suitcase house

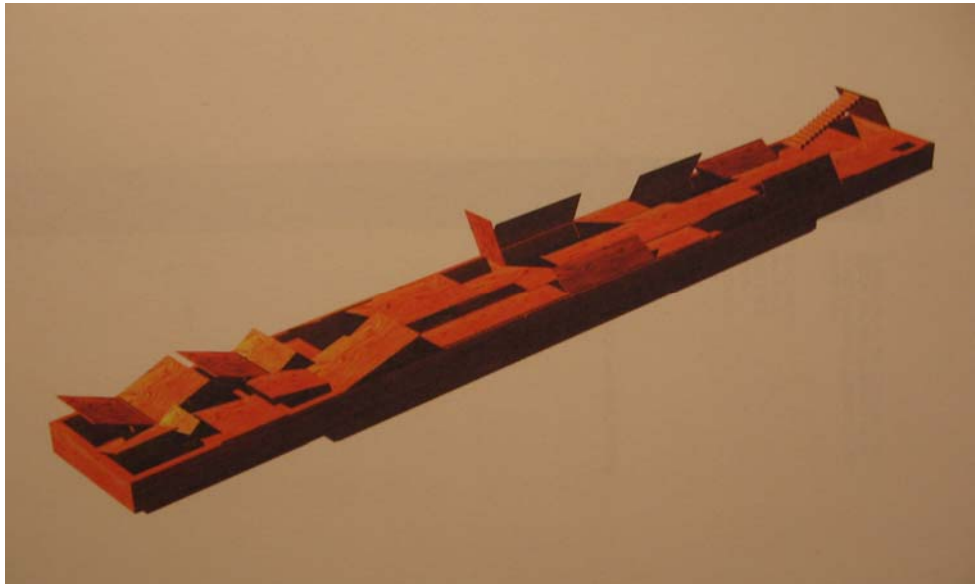


Prosjektet viser et bygg som har en ekstrem fleksibilitet. Huset utenfor Beijing er opprinnelig tegnet som en weekendbolig for diplomatiet. Den langsmale bygningen kan med et håndgrep endres fra å være en 5-roms leilighet med kjøkken, stue og soverom til ett stort rom. Endringene gjøres ved hjelp av paneler, skyvevegger og en nedfellbar trapp.

Bygningen har to plan, ett hovedplan og en nedfelt halvplan. Hovedplanet ligger øverst og er stedet for opphold, aktivitet og bevegelse. Planløsningen kan endre seg ved hjelp av skyvevegger og nedfellbare paneler. Rommet kan være ett stort rom eller mange små – alt etter behov. Det nedre planet rommer mer bestemte funksjoner: soverom, bad, kjøkken, meditasjonsrom, musikkrom, bibliotek og badstu.



Tanken bak koffertuset er født av den tette byen Hong Kong hvor plass er en mangelvare, og i en arkitekturtradisjon hvor man søker maksimal frihet gjennom bevegelige bygningsdeler. Det å leve i en slik bygning er som å bo i en gigantisk kinesisk eske, med endeløse muligheter som åpner seg uten anstrengelser.



Illustrasjoner ved arkitekt: Gary Chang

4.2 Klosterenga Økologiboliger

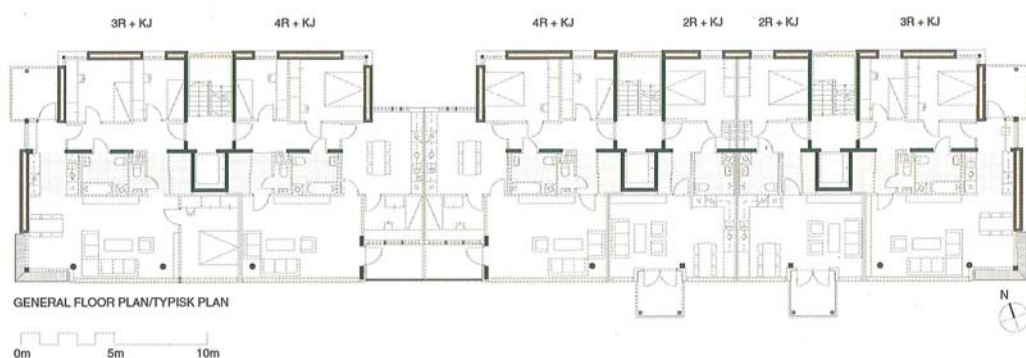


Økologiboligene er tatt med da de viser et byggesystem og en planløsning med en klar og tydelig organisering. Innenfor hovedkonseptet er det mulig å flytte vegger og romstørrelser når behovene endrer seg.

Byboligene er et nøkkelprosjekt i satsningen på miljøbyer. Boligblokken har til sammen 35 leiligheter, og den er mest kjent for sin løsning for reduksjon av energibruket.

Sentralt i denne løsningen er en dobbel glassfasade mot syd og en mer lukket fasade mot nord. Bad og tekniske rom er lokalisert i en langsgående sone midt i bygningskroppen. Soverom som kan ha en lavere temperatur er lagt langs nordfasaden mens oppholdsrommene er lagt langs sydfasaden. På denne måten nyttiggjør bygningen seg av den passive solinnstrålingen.

Bæresystemet er lagt opp med yttervegger i bærende tegl, langsgående bærevegg i betong og et søyle- og dragersystem i betong mot syd. Den klare organiseringen av tekniske rom og frittspennede dekker, gir mulighet til å flytte tversgående vegger etter behov. På denne måten blir boligene også et eksempel på en organisering og et bæresystem som gir en god fleksibilitet.



Illustrasjoner ved arkitekt: GASA arkitekter

4.3 Gjenbruk av prefabrikkert betong i Berlin

Prosjektet har gjennomført demontering og ombruk av eksisterende betongbygg som i utgangspunktet ikke er designet for demontering. Det viser noen problemstillinger og muligheter som ligger i ombruk av betongelementer.

I det tidligere Øst-Berlin rives 20 –30 år gamle boligblokker av prefabrikkert betong. I perioden fra 2000 til 2010 skal 310.000 leiligheter være revet. En hel industri er etablert rundt dette, bl. a. for å gjenvinne knust betong, det hele finansiert av statlige midler. Dette har medført at aktørene har vært mindre motivert for ombruk av hele bygningsdeler. Det tekniske universitetet i Berlin har imidlertid involvert seg i å se på mulighetene i å ombruke betongelementer fra tidligere boligbygg, og det er bygget pilotprosjekter med mindre boliger av brukte betongelementer. Konklusjoner fra disse eksperimentene:

Erfaring fra rivingen:

- Komponenter som kun kan ombrukes med sin geometri intakt, er vanskelig å ombruke (som badromsenheter, trapper, takkomponenter)
- Vegger som er tynnere enn 5 cm er vanskelig å demontere uten at de skades.
- Dekker og innvendige vegger har vist seg lette å ombruke (utgjør for 42% av hele bygningsmassen).
- Riving av bygg isolert med mineralull er komplisert da det må iverksettes spesielle sikkerhetstiltak for å beskytte bygningsarbeiderne mot helseskader ved riving av mineralull siden ullen er klassifisert som kreftfremkallende.

Det ble avholdt egne designseminarer med studenter og arkitekter, og det var slående hvordan deltakernes nysgjerrighet for å sette sammen elementene på nye måter, ble vekket. Det ble som å bygge med LEGO-klosser, og ga muligheter til en helt ny design til tross for begrensningene i tilgjengelige bygningsdeler.

Bearbeidelsesmuligheter:

- Utformingen ble bedre ved noen endringer av elementenes geometri (sage i elementene for justering av størrelse)
- Tilføyelse av nye komponenter som f. eks. trapper tilførte kvaliteter.
- Det å bruke elementer på en annen måte en opprinnelig (som å bruke dekkelementer som vegger) kunne gi gode løsninger.
- Det var fordelaktig at dekkene var av spennbetong med kontinuerlig heftforbindelse uten endeforankring. På grunn av dette kunne dekkene kappes uten tap av spennkraft. Det var tilsvarende for innvendige vegger. Disse var utelukkende levert med armering for transport og ringanker armering. Ved kutting måtte de sikres for at de fortsatt kan transporteres.
- Det ble laget et nytt system for reversible forbindelser mellom elementene.

I løpet av 2007 vil 9 mindre hus være bygget med ombrukte konstruksjoner.

Pilotprosjekt i Mehrow nær Berlin:

Dekke- og veggelementer ble fraktet 8 km. Demontering, bearbeiding og remontering skjedde i løpet av 12 dager. Boligen ble etterisolert utvendig og pusset. Boligen på 200 m² har 118 m³ ombrukt betong. (arkitekt: CONCLUS).



Pilotprosjekt i Schildow nær Berlin:

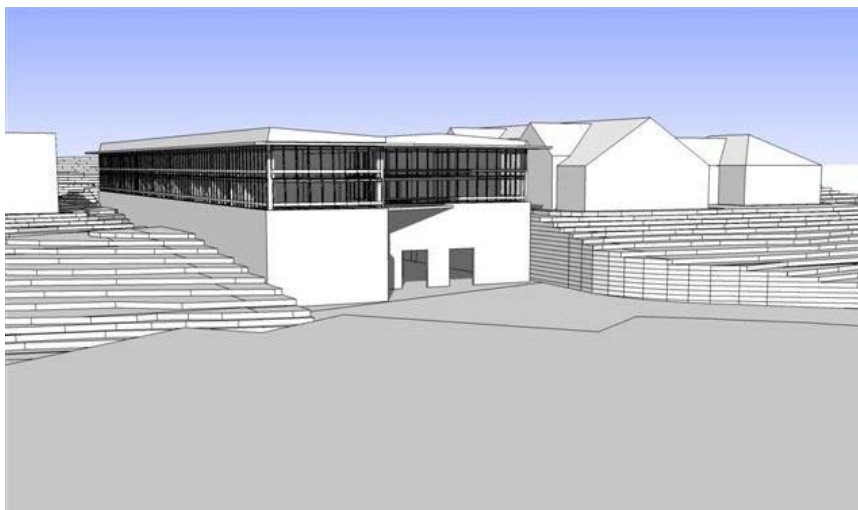
Betongelementene ble fraktet 33 km. Også saltaket ble bygd av ombrukte betongelementer. Boligene ble etterisolert utvendig og pusset. Bygningen med 280 m² boligareal har 245 m³ ombrukt betong. (arkitekt: CONCLUS)



Foto: C. Asam.

Kilde: C. Asam. Recycling prefabricated concrete components – a contribution to sustainable construction. (Sustainable construction, Lisboa 2007)

4.4 Ombruk av betongelementer i nytt kontorbygg



Prosjektet viser et prosjekt under planlegging på Borgekogen Industriområde i Stokke som har til hensikt å bruke om igjen betongelementer fra et lagerbygg. Prosjektet har allerede høstet noen erfaringer og kartlagt utfordringer fremover i prosjektet.

Det gamle lagerbygget av betongelementer var oppført i 1982 og skulle rives for å gi plass for ny fergeterminal. I anbudsprosessen for rivingen av bygget ble det hentet inn pris for riving og nedknusing av betongelementene parallelt med prising av demontering av betongelementene og frakt til lager. På dette tidspunktet ble bygningen annonsert til salgs i lokalavisen og på finn.no. under "lagerbygg til salgs". Bygget ble solgt til en pris som tilsvarte differansen mellom prisen for vanlig riving og merkostnaden ved å plukke det ned i deler. Betongelementene ligger nå lagret i påvente av nyoppføring.

Det opprinnelige bygget på 2 etasjer hadde en grunnflate på 2600 m² og etasjehøyder på 6-8 meter. Konstruksjonen besto av betongsøyler og – dragere, etasjeskiller av prefabrikkerte DT – elementer, tak av SDT – elementer og DT – elementer (dimensjonert for en nyttelast på 200 kg/m²/250 kg. snø pr. m²). Fasadene var av isolerte sandwichelementer av betong med overflate av frilagt singel og glatt betong, i kombinasjon med isolerte stålplatevegger med korrugerte plater. I tillegg var det bl.a. 8 lasteramper med porter.

Bygget var ferdig demontert på under 6 uker. Alle betongelementene ble løsnet fra opplegget i knutepunktene ved at sveisen mellom stålplatene i element og søyle ble brent av. Påstøpen på gulvet i 2. etasje ble skåret



igjennom med sag før elementene ble løftet ned med mobilkran ved hjelp av et spesielt åk utviklet og sertifisert for denne jobben. Byggets opprinnelige tegninger var svært nyttige i prosessen med å planlegge riving, rekkefølge på demonteringen og den nye bygningen. Hvert element ble merket med et nummer slik at det blir enkelt å finne riktig plassering når de skal settes opp igjen.

Nytt bygg

Det er planlagt oppført et nybygg ved hjelp av så mange som mulig av de gamle betongelementene, søylene og dragerne. Dette forutsetter at man benytter samme akseavstander som det gamle bygget hadde, og arkitekt Ole Martin Raugland hos Kokkersvold AS har designet et moderne bygg av de gamle elementene. Nybygget er foreløpig prosjektert som et kombinert lager/kontorbygg, med en ny kontoretasje samt en nedhengt mesaninetasje, grunnflate 2690 m², bruksareal 8500 m². Byggets innvendige utforming er ennå ikke endelig avklart. Se vedlagte og foreløpige illustrasjoner.

Det er nødvendig å supplere med nye dekkeelementer, en del nye søyler, samt veggelementer og fasader, da den opprinnelige stålfasaden ikke var mulig å gjenbruke. Det gamle bygget hadde få veggelementer i betong og de er planlagt benyttet under terreng hvor de ikke vil synes så godt.

Detaljprosjekteringen er i gang og vil pågå utover vinteren/våren 2008.

Utfordringer fremover:

- Det gamle betongtaket tilfredsstiller ikke vår tids krav til snølast, og det er derfor nødvendig med en dispensasjon for å bruke det om igjen. Statens Bygningstekniske Etat har gitt positive signaler til dette. Forutsetningen vil være at bygget har en fast eierstruktur som etablerer rutiner for snømåking i de tilfellene hvor snølasten overskrider 250 kg/m². Byggesøknaden til kommunen er ennå ikke ferdig behandlet.
- Det mangler erfaringer med kostnader forbundet med å transportere og montere betongelementer, og det er spørsmål om entreprenørene vil gi seg inn på en slik oppgave. Det knytter seg også stor usikkerhet til kostnader forbundet med å "renske og fikse" på elementene slik at de vil se bra ut i det ferdige bygget. Blant annet er ikke påstøp på gulv og takelementer fjernet da den satt svært godt fast, og elementene skal derfor monteres med påstøpen på.
- Det må gjøres en stor jobb med å detaljprosjekttere og beskrive løsninger for tilpasninger, justering av søylenes lengder, innfestingsdetaljer, forankring og fundamentering, monteringsrekkefølge osv.

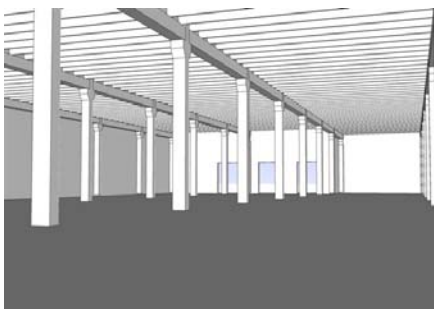


Foto og illustrasjoner: Kokkersvold as, Arkitekt og Rådgivende ingeniører MRIF.

4.5 B-camp – gjenbruk av boligbrakker



Prosjektet viser en nysgjerrighet og lekenhet i hvordan man kan gi ny verdi til utdaterte og i utgangspunktet kjedelige boligmoduler.

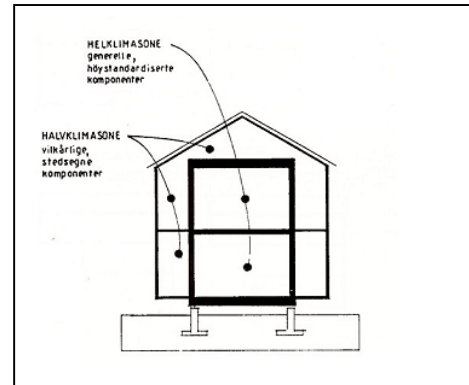
Av utrangerte små boligmoduler fra oljesektoren har arkitektkontoret Helen & Hard i Stavanger etablert boliger for ungdom på gårdsplassen til sitt arkitektkontor. Brakkene som er fra 1980-tallet, har dimensjonen 2,5 m x 3,6 m og ferdige våtrom. De er stablet og satt sammen til boliger på 25 – 35 m² for folk med lite penger og ungdommelig sinn. Brakkene blir utnyttet over to plan, med arbeidshems med flott utsikt på toppen. For bedre romfølelse er det åpnet opp med partier med store himlingshøyder. Takene har fått individuelle terrasser.

Enhetene er fått nye åpninger med ombrukte vinduer av nyere dato, fasadekledning av metallplater (overskuddsmateriale fra metallindustrien) og en kledning med korrugerte plastpaneler av resirkulerbar plast fra leverandør med returordninger. Boligene er etterisolert i takflaten.

(Foto: Arkitektkontoret Helen & Hard)



4.6 Marnadal elementhus



Et eksempel på et byggesystem for ombruk (BfO) er gjennomført i enebolig i Øyslebø i Vest-Agder. Byggesystemet som ble utviklet av Gaia Lista AS, besto av 88 spesialutviklede komponenter i tre og betong. Disse kunne settes sammen til ulike planløsninger i en og to etasjer. Bygget er bygget med bindingsverk av tre og isolert med celluloseisolasjon.

- De ulike sjiktene i bygningen er separate og uten spiker. Det gjelder interiør, planløsning, installasjoner, kledning og konstruksjon. Innenfor hvert sjikt kan komponentene lett bli demontert, og individuelle komponenter består av enhetlige materialer (monomaterialer) og har en standardisert form.
- Alle forbindelser har mekaniske forbindelsesmidler slik at de lett kan demonteres.
- Fundamentene består av dragere og pilarer av betong med resirkulert tilslag
- Systemet er basert på prefabrikkerte standardiserte komponenter som settes sammen til selvstendige moduler som igjen kan adderes til fullstendige bygninger. En størst mulig del av komponentene skal enkeltvis kunne demonteres og sorteres i hauger for ombruk uten videre bearbeiding. Det er utviklet fullisolerte helklimatemoduler på 3,6 x 3,6 x 2,4m og halvklimamoduler på 3,6 x 1,2 x 2,4 m som kan ligge som "vinger" på utsiden.



Omfanget av materialer som må deponeres er redusert til et minimum. I dette huset kan 78% av materialmassen (vekt) være tilgjengelig for ombruk i lokalområdet, 13% til materialgjenvinning mens 8 % av materialene må deponeres etter bruk (her må 1% sendes på kontrollert avfalls plass eller strengere mens 7% kan brukes til fyllmasser).

Forsøket viste at bygging ut ifra disse prinsippene, førte til noe økning av byggekostnadene i forhold til en bolig bygget på konvensjonell måte. Til gjengjeld vil kostnadene for senere endringsarbeider bli halvert, og i rivefasen vil man sannsynligvis kunne oppnå inntekter ved salg av komponentene. Dette betinger at systemet har fått en viss utbredelse. Det er imidlertid ikke bygget flere hus med dette systemet enn prøvehuset i 1996.



4.7 Naturbasemodul – Rauli barnehage

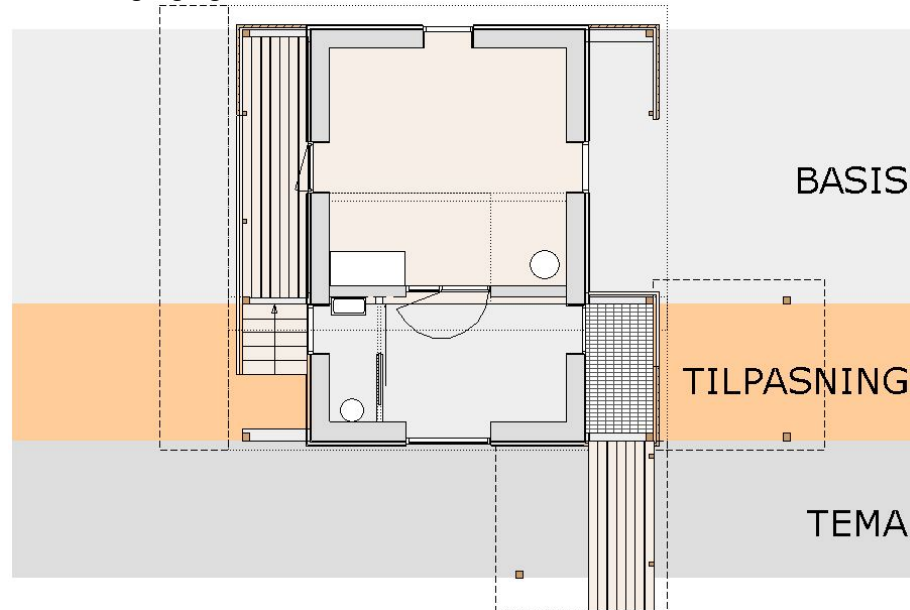


Barnehagen i Flekkefjord er en prototyp på et byggesystem som kan demonteres og som har stor tilpasningsdyktighet. Byggesystemet som er utviklet av Gaia Lista AS, er bygget av i massivtre-elementer (2005). Elementene er fra Holz100 og føyd sammen med mekaniske forbindelser i form av treplugger. Barnehagen organiseres i tre deler: Basisdel, Tilpasningsdel og Temadel. Basisrommet er et kvadratisk fullisolert oppholdsrom på 17,5 m². Rommet har gulv-, vegg og takelementer av massivtre. I Tilpasningsdelen ligger alle tekniske installasjoner som toaletter, tørreskap og beredere. Temadelen kan være helt eller delvis innbygget areal og innredes som et lite mikrokosmos ut ifra det tema som er valgt. I Rauli er temaet natur, og det er valgt et overbygget uterom på 9 m².

- Bygningen krever relativt små naturinngrep, slik at tomte kan tilbakeføres til naturlig tilstand etter demontering. Fundamenteringen er på pilarer og dragere av betong.
- Massivtre-elementene kan demonteres og transporteres til nytt sted. Det er nødvendig å benytte kran og lastebil for demontering, transport og remontering.
- Ved demontering er det lagt opp til at isolasjonsmaterialene kan taes først, deretter trevirket og betongkomponentene til slutt. Materialene er i hovedsak monomaterialer (ikke-sammensatte). Unntak her er vinduer,



innredning og lignende.



Bygningen har elastisitet da det er mulig å utvide det helklimatiserte arealet. Som tekniske komponenter er det valgt autonome løsninger for å redusere tomteinngrep og legge til rette for flyttbarhet. Løsninger som er valgt er:

- Vannforsyning er filtrert takvann til sisterne.
- Gråvann behandles i minirenseanlegg.
- Bioso.
- Ventilator for avtrekk og inntak av luft i samspill med temperatur- og fuktregulerende materialer. Lav-emitterende materialer for å forebygge høyere ventilasjonsbehov.
- Åpent elektrisk anlegg.



Foto: Hems i Basisdelen. Alle overflatet er kalklutet (dampåpen, giftfri og fuktregulerende overflatebehandling)

Alle foto og illustrasjoner: GAIA-Lista as v/ Bjørn Berge

4.8 Massivtre fra Valdres tremiljø



Flere fabrikanter i Europa og også i Norge, tilbyr i dag et byggesystem av massivtre. Det er en konstruksjonsmåte som egner seg for prefabrikkering og som innehar treets gode miljøegenskaper. Vi kan se det som en moderne utgave av laftehuset. I stedet for laftestokker, leveres det elementer som gjerne er av trevirke med lav kvalitet. Elementene skreddersyes på fabrikk og settes raskt sammen på stedet.

Dette eksemplet viser elementer fra Valdres Tremiljø, og de har trolig de første moderne massivtrehyttene i Norge. Elementene er satt sammen av 34 x 120 mm planker i fire lag som er skrudd sammen til en bredde på 360 mm. Elementene har not og fjær. De samme elementer benyttes i gulv, vegg og tak. Utvendig isoleres hyttene med trefiber, og de får ytterkledning av tre.



- De ferdige hyttene har et begrenset materialutvalg, noe som gjør sortering og gjenbruk lettere.
- Massivtre er et robust og solid materiale, et materiale som har vist å kunne vare i århundrer.
- Elementene er relativt smale, og har derfor en høy generalitet. De kan demonteres, tilpasses og monteres i en annen konstruksjon. Ved sammenlikning med andre typer av elementer, er disse av en moderat vekt.
- De er skrudd sammen med lange treskruer, og dermed er forbindelsene reversible.¹⁴

Massivtresystemet fra Valdres Tremiljø er ikke utviklet med tanke på gjenbruk, men på at hyttene skal være enkle å bygge. Da skal ikke elementene være for tunge. Dette gjør at de også har muligheter i seg til å være et byggesystem for ombruk.

Hytten som er avbildet i dette eksempelet, er bygget i Frosta i Nord-Trøndelag. Arkitekt er Landsbyarkitektene as.

Foto: Hytteliv.

¹⁴ Nordby/Berge/Hestnes Reusability of massive wood components, Portugal SB'07 Conference.

4.9 Byggesystem for lite hus med halmvegger



Ekseplet viser en bygning som er forløperen til utvikling av et byggesystem for halmhus. Ved sin klare struktur og atskillelse av ikke-bærende halmvegg og konstruktivt treverk med mekaniske forbindelser, er bygningen et godt eksempel på prinsippet om lagdeling. Hele bygget kan lett demonteres og ombrukes eller komposteres.

Halm er et rimelig byggemateriale med gode miljøegenskaper som kan være aktuelt i mindre bygg. I denne prototypen er halmen valgt brukt som ikke-bærende veggmateriale med leirpuss ute og inne. For å gi halmen beskyttelse mot vær og vind under bygging, er bærekonstruksjonen med tak bygget først. Deretter ble halmveggene bygget og pusset.

Som bærekonstruksjon i byggesystemet er valgt stolper og dragere av tre. Alle forbindelsene er boltet sammen, og konstruksjonen er fullt demonterbar. Det er valgt et begrenset antall dimensjoner. De bærende stolpene på 6"x 6" er synlige sammen med takkonstruksjonen. Taket er isolert med celluloseisolasjon og tekket med ombrukt takstein av tegl.



Prototypen har hovedmål på 5,1 x 7,1 m og er bygget som et anneks til boligen til arkitekten, Finn Østmo, på Nesodden. Mot syd er det bygget drivhus og bod. Glasset i drivhuset er av ett lag herdet glass og skrudd fast i metallklemmer. Glasset kan lett demonteres.

Østmo arbeider med å videreutvikle dette byggesystemet og arbeider nå med en hytte og en liten bolig. Da konstruksjonen er lett å demontere og av standard dimensjoner, vil komponenter og trevirket kunne ombrukes mens halm med leirpuss lett vil kunne komposteres ved endt livsløp.



Foto: Finn Østmo, Kato Johansen og Bente Leland