

Anvendelse af 'Design til Adskillelse' i eksisterende bevaringsværdigt byggeri

**Arkitekt cand. arch. Sidsel Sander
Ingeniør Lars Brunn Overgaard**

**Afrapportering
F2021 FoU BGB I**



Indhold

Indledning	3
Forord.....	4
01. Formål.....	4
02. Problemformulering.....	4
03. Behov og relevans.....	4
04. Metode	5
05. Materialer	5
06. Afgrænsning og definitioner	7
07. Projektet	7
08. Resultater og diskussion.....	8
09. Principper og grundlag for projektet.....	9
10. Uddrag fra præsentationen	10
11. Perspektivering	11
12. Konklusion	12
Referencer	13

Indledning

Ved at renovere bygningerne fremfor opføre nyt, kan opnås 45-55 pct. Co2-besparelser ved renovering, viser rapport fra Rambøll (Rambøll, 2020). Der peges også på at i totaløkonomiske beregninger (LCC) i udvalgte scenarier, vil det økonomisk typisk være mere end dobbelt så dyrt at bygge nyt, fremfor at foretage omfattende renoveringer på tag, ydervæg og installationer (TYI, se bilag 5) over en betragtningsperiode på 50 år (Rambøll, 2020).

Rambøll rapporten er baseret på cases, hvorfor rapporten er et brugbart, aktuelt og vedkommende sammenlighedsgrundlag i vores egne eksperimenter i nærværende rapport 'Anvendelse af 'Design til Adskillelse i eksisterende bevaringsværdigt byggeri'. Ved at sammenligne udvalgte scenarier med egne eksperimenter kan vi trække data ud af eget materiale og høste ny data, samt udvikle ny viden.

Herved indføres projektet i diskursen om den Cirkulære Byggeri, fordi projektet stiller essentielle spørgsmål til bæredygtig renovering, og kan italesætte parametre der er indgået som ikke målbare egenskaber, fx tekstur og faktur. Et andet ankerpunkt i projektet har været den sociale dimension: Ved udnyttelse af eksisterende bevaringsværdige bygninger midlertidigt, vil bygningsmassen også indgå bæredygtigt som et kulturelt aktiv, fremfor fremstå i byen som tomgangsbygninger, dvs. bygningen BBR 61 kan komplementere byen eksisterende væv i nye sociale parametre, og lokale naboskaber.

Sidsel Sander, cand. arch

Lars Bruun Overgaard, civilingeniør

Forord

EA projektet 'Model for byggeri baseret på den cirkulære økonomi' - EA Viden' afsluttes Maj 2021.

Nærværende FoU (Forskning og udvikling) projektbeskrivelse af den 31. maj 2021 ligger i forlængelse af afrapporteringen E2020 'Reduce-Reuse-Recycle', samt erfaringer fra FoU F2020. Analyse viser et behov for mobile løsninger, hvis midlertidige anvendelse er baseret på et økonomisk og cirkulært design, samt et fleksibelt design der kan tilpasses i den eksisterende bevaringsværdige bygningsmasse, i bygningen BBR61.

Vi vil gerne sige tak til Maglemølle og Ressource City for godt samarbejde. Zealand har i løbet af perioden fået ny og aktuel viden om praksis der indgår i undervisningen, og styrket vores lokale netværk i markedet.

01. Formål

At udvikle mobile enheder til lokale erhvervsdrivende (SMK), hvis 'Design til Adskillelse' høster dels genbrugsmaterialer fra Næstved Kommune, og dels indfører ny bæredygtig teknologi.

02. Problemformulering

Hovedspørgsmål: Hvis eksisterende bevaringsværdige ejendomme genbruges og nye mobile enheder indføres, hvilken bæredygtige, empiriske parametre og data træder frem?

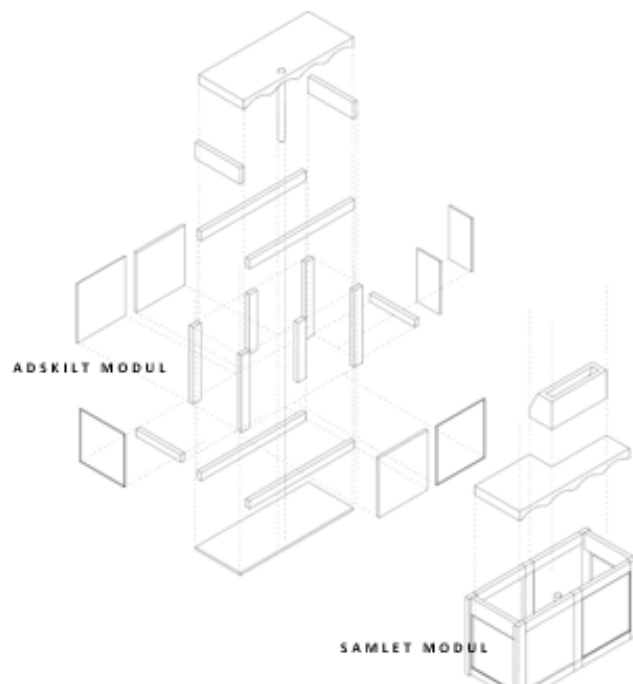
Underspørgsmål: Hvis cirkulær 'Design til adskillelse' og materialepas er tektoniske betydningsbærere, hvilken data former projektet?

03. Behov og relevans

Eksisterende bevaringsværdig bygningsmasse er udfordret af tekniske krav ved renovering og restaurering, direkte genbrug (Teknologisk Institut, 2017), samt ved behov for ny anvendelse, fx kontor eller bolig, hvorfor det er fornødent at udvikle nye tilgange og viden om at udnytte eksisterende kvadratmeter.

Ved udvikling af mobile enheder med materialepas, kan opstilles forskellige scenarier, hvor materialet udforskes.

Nærværende projekt indgår således i anvendt forskning og cirkulært byggeri indenfor kategorien 'design



Figur 1 Modul, designet til adskillelse

for adskillelse' (Design for Disassembly). Ethvert materiale har forskellige materialeregenskaber, afhængigt hvilken materiale, at der er tale om. Fx murværk opført efter ca. 1960, anvendes i nedknust tilstand, fx til vejfyld, fordi kalkmørtler fra dette tidspunkt og fremefter blev erstattet af cementrige mørtler, dvs. materialerne mørtel og mursten, er ikke længere til at adskille, som førhen '60. Abelone Køster, Teknologisk Institut, siger 'Her skal vi altså gentænke den mørtel, vi anvender, så vi opnår kalkmørtlens egenskaber i forhold til adskillelse, og styrken fra cement i mørtlen på samme tid. Brug af kalkmørtler i dag har den udfordring, at styrkeudviklingen foregår langsomt sammenlignet med en cementsholdig mørtel, og dette er en afgørende faktor i dagens byggeri, hvor tid er penge, og byggeriet skal skride hurtigt frem' (Institut, 2017).

Behovet for ny viden om at genanvende eksisterende ejendomme, samt ny viden om design til adskillelse kan konstateres relevant, dels ny viden om LCA, LCC og EPD, ikke mindst fordi den for nyligt introducerede 'Den bæredygtige Frivilighedsklasse' bliver et krav ved ansøgning om byggetilladelse 2023 (Plan og Bolig Styrelsen, 2021). I kommende BR23. tillægges også et særligt fokus på udledning af materialers CO2, hvorfor nærværende rapport har samlet data herom i endeligt design af modul til adskillelse, se bilag 1.

04. Metode

Data høstes ved hjælp af vedvarende, samt gentagne eksperimenter, og hvorfor ny data fremkommer på baggrund af nye erfaringer, eller ny viden. Som tilgang i nærværende projekt er som forlæg brugt Yasser Mahgoub, Architectural Research Methods, hvor 'eksperimentet' som tilgang antages at trække mest mulig data ud af materialet (Mahgoub, 2009):

Ontologisk, antages at viden skabes ved at udvikle og teste teorie der gælder for projektet 'Design til adskillelse'. Her inddrages den tyske arkitekt Gottfried Semper (1803-1897), hvis studier og tektoniske teoridannelse indenfor arkitektur teori har 'indføjjet termen ny betydning' (Beim, 2004). Sempers tektoniske teoridannelser og studier er ideen om grundform (kernform) og kunst-form (kunstform). Semper inddrages som teoretisk grundlag fordi vi antager ny viden at træde frem med ny drejning, fremfor rene data (LCA). Ved at iagttage nærværende eksperimenter og materialets fremtræden i lyset af Semper, trækkes mest mulig data ud.

Epistemologisk Objektiv observation og indsamling af data, af anvendte beklædninger og flader, vil systematisk evalueres for at frembringe ny viden. Ved at trække viden ud af høstet data, kan materialet genererer nye tektonisk viden af flade og beklædning. Til dette formål trækkes på logiske positivisme, hvor 'al viden begrænset til sansedata og kan kun opnås gennem metodisk og objektiv videnskabelig observation af virkeligheden (Fuglsang, Olsen 2004, 56).

Naturvidenskab Eksperimentet indføjtes i diskursen med naturvidenskabelig tilgang i arkitektvidenskaben.

Forskningsmål Forskningens mål er anvendt forskning, at identificere årsagssammenhæng; frembringe årsagsforklaring; og at udvikle testteori, hvis resultater kan anvendes i praksis

Orientering Metodisk orienterer eksperimentet sig mod induktion, dvs. observation af materiale og indsamlet empiri, og derefter analyse af resultater for til formål at fremsætte hypotese og/eller teori.

Gyldighed, pålidelighed, bias test af nulhypotese Eksperimenter testes gentagne gange for herved at opnå et gyldigt og pålideligt resultat. Ideelt opnår eksperimentet hypotetisk en 'nulhypotese', hvis ikke, fremsættes et alternativ. Variabler Indskrevet data tilknyttet enkelte materiale og bygningsdele i eksperimenterne er

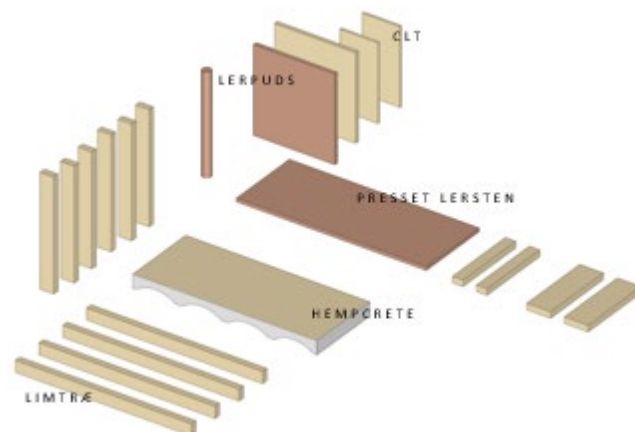
forudbestemt data, fordi EPD'er og LCA, og hvis ikke inddrages generiske data til formålet.

Kontrol og sammenligninger Fornødne, fordi herved fremtræder ny viden.

Deltagere I eksperimenterne vurderes ikke ingen behov for deltagere

Forskerens rolle I forsøgene, søges at være

Arkitektoniske eksempler Eksperimenterne indfører sig i diskursen med materiale test, ny teknologi og cirkulære materialer



Figur 2 Materialer

05. Materialer

01.1. Konstruktion

Limtræ, DS/EN 386, og certificeret DK

Mål: 185x200

Type: Høvlet, gran

Lim: Ureallim

Samlinger: Fingerskarring, bestemt af konstruktion

Fugtindhold: 12% (v. lev.)

Genanvendelse: Høj/direkte genbrug

CLT

Type: Fyrretræ

Genbrug: Ingen data

Stål

Genanvendelse: Høj/direkte genbrug

01.2. Beklædning

CLT

Genanvendelse: Ingen data

01.3. **Ler**

Kiselsyre SiO_2 - R:63.2%/G49.6%

Lerjord Al_2O_3 - R:17.9%/G14.2%

Jerntveilt Fe_2O_3 - R:7,1%/G19,8%

Kalk CaCO_3 - R:0,5%/G19,8%

Magnesia MgO - R:1,3%/G1,4%

Aklier - R:2,9%/G2,9%

Organiske stoffer - R:7,1%/G7,0%

R = Rødbændende ler %

G = Gulbændende ler %

Presset lersten

Moræneler: 10/20% ler, samt sand, grus og sten

Genanvendelse: Høj/direkte genbrug

01.4. **Overflader**

Lerpuds

Ler og sand, hvor ler er bindemiddel

Genanvendelse: Høj/direkte genbrug

Kalk

Råkalk CaCO_3 - CO_2

Brændt Kalk CaO - H_2O

Læsket kalk $\text{Ca}(\text{HO})_2$ + CO_2

Hærdet puds CaCO_3 + H_2O

Hydraulisk kalk: Knust, brændt kalksten og vand

Luftkalk Knust: Brændt kalksten og vand

Genanvendelse: Høj/direkte genbrug

Gips

Ikke hydraulisk bindemiddel fremstillet af gipssten, calciumsulfat ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$). Gips opvarmet til over 200grader, genoptager ikke vand.

Biprodukt fra kulfyrede kraftværker

Genanvendelse: Høj/direkte genbrug

Naturmaling

Vand, linolie, marmorpulver, evt. andre stoffer

Genanvendelse af træ malet med naturmaling:

Høj/direkte genbrug

Lermaling

Lerpulver, kasein, krit, marmorpulver, soda

Vand, linolie, marmorpulver, evt. andre stoffer

Genanvendelse af træ malet med naturmaling:

Høj/direkte genbrug

Kalkmaling

Kalk, evt. andre stoffer

Uproblematisk ved bortskaffelse

Glas

Genanvendelse af glas Høj/Fx celleglas til isolering

Isolering

Korkplade

Bark fra Kork egen

Kompostering eller genanvendelse

Træfiberplade

Rest træ, kan laves med eller uden lim

Afbrænding, kompostering eller genanvendelse

Papirgranulat

Granuleret genbrugspapir, typisk tilsat brandhæmmer, fx borsyre eller aluminium hydroxid

Direkte genbrug, afbrænding, kompostering

Hørbat

hørfibre og akrylbinder

Genbrug eller afbrænding

Hampebat

Hampefibre og akrylbinder

Genbrug eller afbrænding

Papirbat

Papir og akrylbinder

Genbrug eller afbrænding

Træfiberbat

Træfiber og plastbinderfiber

Direkte genbrug, komposteres eller afbrænding

Værk til døre/vinduer

Hør, tjære

Direkte genbrug, komposteres eller afbrænding

Celleglas gradulat til terrænisolering

Opskummet affaldsglas

Downcycling

Hempcrete

Kalk, vand og hanpeskærver

Direkte genbrug, komposteres eller afbrænding

Komposteres eller bruges til jordforbedring

Vinduer

System leverance, Velfac Classic, eller tilsvarende (Velfac, 2021)

Design til adskillelse

Træ (32,4 %)

Aluminium (4,4 %)

Aluminium (4,4 %)

Metaller (3,8 %)

93% genanvendelse

01.5. Udfaldskrav og ydeevne

01.6. Ikke målelige egenskaber

'Mens de målelige krav hører under bygningsfysikken, er veldefinerede eller ville kunne defineres når kriterier og metoder er fundet, omfatter funktionsanalysen også en lang række ikke-målelige vilkår og krav' (Byggeriets Materialer, 2011):

Struktur og tekstur, samt fakturⁱ

lagttagelse vha. syn og berøring, undergivet iagttagerens skøn.

Ikke-målelige vilkår og krav

Fysiologiske og psykologiske krav, fx termisk klima, lyd, æstetik, sociale, økonomiske etc

Det termiske klima

Varme og ventilation, til stede ud fra den viden der ligger til grund om adfærd

Lydklima

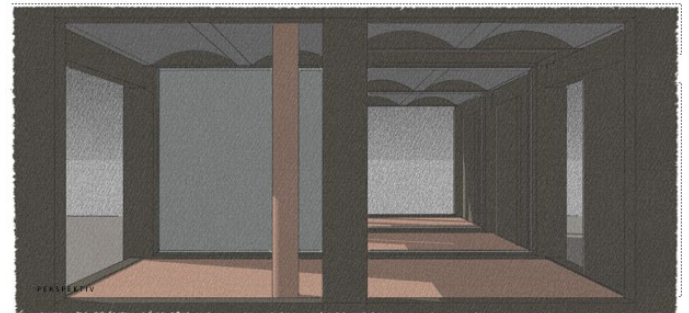
Opstår gennem menneskelig aktivitet. Frekvens og bølgelængde, og beregning ud fra middelreduktionstal. Uagtet gode målepunkter, vil

støj være afhængig 'modtagers reaktion overfor lysfrembringer' (Byggeriets Materialer, 2011)

06. Afgrænsning og definitioner

- Generisk design, 3D, og kun Modul
- Ingen mockups opbygges
- Manglende viden på området, fx egenskaber, EPD'er m.v.
- Kun fokus på CO2 udledning, data
- Ingen fugtstrategi, modul
- Ingen beregninger, eksisterende/ny konstruktion
- Miljøpåvirkningskategorier og definitioner anvendt i pyramiden, (se bilag II)

07. Projektet



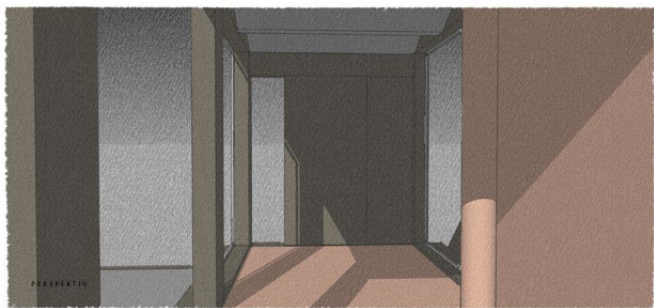
Figur 3 Figur 3 Modul i fase III, generisk model (3D). Perspektiv

Materialitet Her ses hvordan hempcrete er brugt som loftcasetter, samt gulvbelægning, fx stampet ler. Infill i bærende konstruktion, kan fx være insitu lermasse, med knust gals som isoleringsmateriale, se afsnit materialer.

Fase I (jan-medio marts) Indledende fase planlægger modul, hvorfor udnyttelse af kvadratmeter, lys, indeklima m.v. studeres i 3D, samt data herom indhentet E2020. Det fastlægges at modul skal indeholde alle fornødne dele, fx også ventilationsopkobling, således at det kan fx stables.

Fase II (medio marts-medio april) Generelle moduldesigns indenfor stabling og standarder studeres, samt principper for design til adskillelse, fx innobygs idékatelog samt Circle House. Principper stilles op for videre design, se bilag II.

Generelle erfaringer i feltet afprøves i egne eksperimenter (3D), hvorfor det viser sig at design træder frem i data, samt ikke målelige egenskaber, se afsnittet materialer. Det besluttet at forkaste data og materialer, og revurdere form og egenskaber.



Figur 4 Modul i fase III, generisk model (3D). Perspektiv

Naboskaber sikres i modulerne, fordi moduler kan stables i højden, bredde, samt længde. Herved kan de indgå i forskellige vis uafhængig den eksisterende ramme og vilkår, der sættes i form af den enkelte bevaringsværdige bygning.

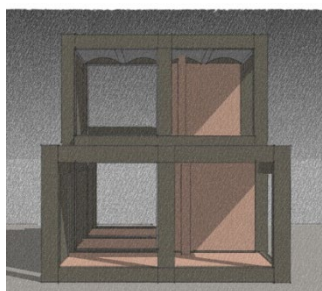
Fase III på baggrund af høstet erfaringsbaseret viden om data, udføres nyt modul baseret på nye materialer. Nyt design vægter to løsninger - 1 modul der kan stables, og 1 modul, hvis 5. facade kan indføjes enkeltstående eller øverst i stabling, hvis lysindfald øges.

I øvrigt nye designtiltag, er at standardmål på komponent 'skibscontainermodul' forkastes, idet nærværende konstruktion er limtræ, hvorfor containermodulmålet antages overflødig i denne sammenhæng.

Alle materialer indføres i et katalog hvis egenskaber iagttager 'Design til Adskillelse', hvorfor designet kan sammenlignes med principperne for et bindingsværkshus. Remme og stolpeværk kan adskilles fx lerklinet væg eller tavl, og samles på ny andetsteds.

Sidste fase udfordrer bevidst materialets tektoniske egenskaber, fx romerdæk som indvendige loftbeklædning minimerer omfang af materiale (hamcrete), men øger arkitekturen.

Fasen understøttes med 1:1 undersøgelser af materialer og egenskaber 1:1, hvis kvalitet i sin helhed vurderes relevante for nærværende forskningsprojekt og eksperiment (Egen Vinding og Datter, 2021)



Figur 5 Modul i fase III, generisk model (3D). Perspektiv

Koblinger Her ses modul hvor langsgående væg er glas, samt sidestillet/koblet med 1 øvrigt modul, vha. skive er udenladt og tillader niveaufri adgang mellem modulerne.

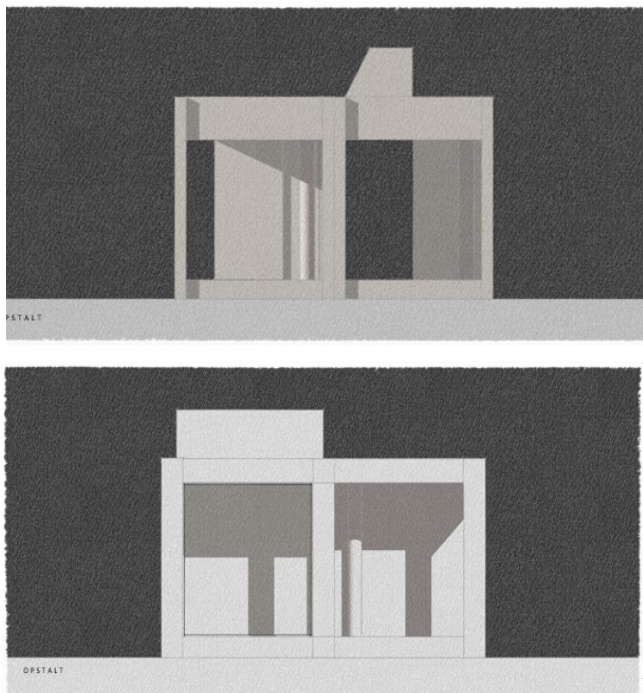
08. Resultater og diskussion

At inddrage Semper skaber et udgangspunkt for et diskussionsgrundlag af eksperimentets resultater. Herved inddrages og fremtræder immaterielle kvaliteter, hvis data synes svært tilgængelige at omsætte kvalitativt i en digital datadreven omstillingstid.

Byggeriets Materialepyramide udviklet af CINARK (CINARK, 2019) er aktuel i nærværende debat om bæredygtighed og tilgange, bl.a. i kritik for entydigt at have fokus på materialet og deslige, hvorfor fejltolkning til følge. Eksempelvis, inddrages levetid eller mængder? Data og potentiale, og hvis designs fremkommer på rene data - er kommenteret i debatindlæg, Politiken Monitor (Signe Kongebro, Jacob Strømmand-Andersen, 2021). Andre parametre er fx om pyramiden kan forårsage ensidige materialevalg og fejltolkning, idet der fx kun fokus på indledende faser? (se definitioner, bilag II) (Di Byg, 2021)

I nærværende rapport blev som afgrænsning sat at kun CO2 vægtes, fordi omfang af samtlige bygningsdele vil ikke være pålideligt i LCA pga. manglende information om eksisterende bygning, BBR61, EPD'er. Erfaringer fra E2020 er bekendt med dette, hvorfor ny anvendt forskning afgrænses til modulets CO2 aftryk. Som nævnt, udleder og skaber ny viden om data, nye designtilgange og idegrundlag.

09. Principper og grundlag for projektet



Figur 6

Opstalter

Modul 1 - uden lysindfald i form af taghætte

Modul 2 - 5. facade i form af taghætte til ovenlys monteret, ellers identisk med modul 1.

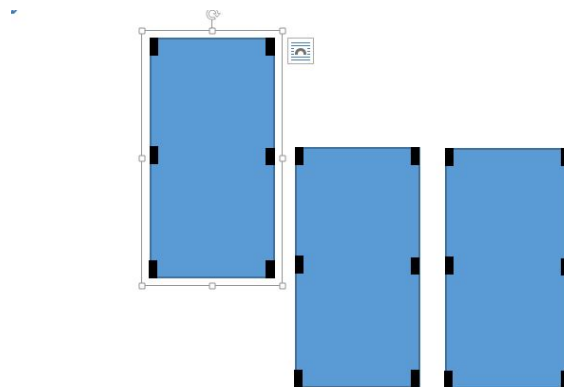
Modul indretning

- Endegavl I - skydedør
- Endegavl II - glasgavl sikre udsyn på omgivelserne
- Langside I - valgfri materiale til beklædning, fx CLT, eller komposit af ler
- Langside II - valgfri materiale til beklædning, fx CLT, eller komposit af ler

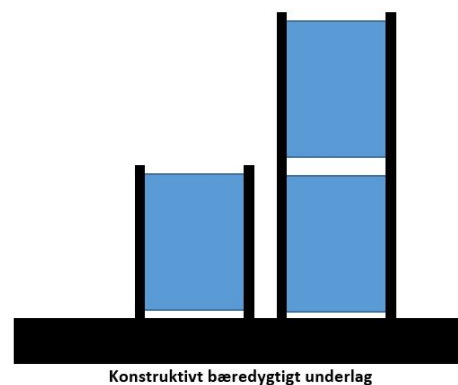
Flexibilitet

Alle modulsider kan åbnes op til sidemoduler, herved er antal kvm modulære (max 149 kvm).

- Porotherm-blokke skal sikres et konstruktivt forsvarligt underlag at stå på /stabiliseres til.



Plan



Konstruktivt bæredygtigt underlag

Snit

Figur 7

Kontor modul - de konstruktive principper samt LCA/LCC-vurdering af renovering vs nybyg, BBR 61:

Konstruktivt princip, anbefalinger (se figur 1, nedenfor):

- Unit-form med lodret bæring (søjler) i hjørner samt på midte af langsider (6 støttepunkter i alt pr unit). Dette giver en robust struktur med ensartede dimensioner.
- Bjælker i alle kanter. Enheder sættes ovenpå og ved siden af hinanden. Alle bjælker og søjler er udført af limtræ.
- Stabilisering sker med kryds (ikke vist), figur 1 eller med CLT-skiver (ikke vist, figur 1).
- Hvis CLT-dæk udelades grundet anden gulvopbygning f.eks. med lergulve på muslingeskaller på eksisterende dæk, så skal unit-strukturen sikres med tværbjælke ml. de midterste søjler for robusthed.

Klimaaftryk og omkostninger til etablering af eksempelvis fjernvarme på Maglemølle /BBR 61 er ikke medtaget. Betydningen af forurening af bygningsdele med PCB, asbest, bly m.m. er heller ikke betaget.

Klimaskærm, omhandlende varme, ventilation og lyd, anbefalinger

- CLT på de vandrette dæk samt alt limtræ og CLT i øvrigt skal sikres med fugt-strategi.
- (Harvard Center for Green Buildings and Cities, 2021)

Princip, hulrum mellem units, lodret og vandret, anbefalinger:

Benyttes til installationer og fyldes med papiruldisolering så vidt muligt (måske 300-500 mm).

Se "Præfab_inspirationskatalog_04.09.2014_web"

Komparativ analyse af co2udledning (LCA) og totaløkonomi (LCC) for renovering vs. Nybyg (se figur 2, nedenfor)

Da BBR61 er en kompleks og kun sparsomt dokumenteret tung etagebygning uden tilslutning til ekstern varmekilde såsom fjernvarme, benyttes *** til at lave en kvalificeret vurdering af potentialerne ved at renovere bygning via indeklimasikrede kontor-units indplaceret på etager og bevare den udvendige klimaskærm mod vind og vejrs. nybyg af hele bygningen med kontorindretning.

Case 6, 8-14 samt 16 i "Komparativ analyse af co2udledning og totaløkonomi i renovering og nybyg, Rambøll 2020, med bilag til rapport om renovering vs nybyg, Rambøll 2020" synliggør dette for tungt etagebyggeri og nedenfor ses gennemsnitlige data:

Bemærk at klimaaftryk og omkostninger til etablering af eksempelvis fjernvarme på Maglemølle /BBR 61 er ikke medtaget. Betydningen af forurening af bygningsdele med PCB, asbest, bly m.m. er heller ikke betaget. Endvidere er betydningen af tilstandsvurdering af de eksisterende bærende konstruktioner ikke inddraget.

BBR61 er på 2760 m², så det samlede potentiale ved renovering over 50 år er 411.240 kg Co₂ samt 25.546.560 kr beregnet som nutidsværdi i dag med ovennævnte forbehold.

10. Uddrag fra præsentationen

Ud af den samlede Co₂ opgørelse for en typisk TYI-renovering som er vurderet i kapitel 9 for BBR61, ses af nedenviste figur, at materialevalget for den enkelte kontorenhed bidrager med en reduktion.

Reduktionen opstår, som det ses, på grund af de valgte træprodukters indlejrede Co₂. Af næste figur de enkelte valgte materialer rangorden i forhold til deres Co₂ belastning

Case ***)	LCA		LCC	
	kg Co ₂ /m ²		Nutidsværdi (DKK/m ²)	
	TYI-renovering	Nybyg	TYI-renovering	Nybyg
6	330	450	10.000	22.000
8	220	470	17.000	27.000
9	280	220	5.000	13.500
10	280	500	5.500	13.500
11	160	250	8.500	14.000
12	230	410	5.000	13.300
13	190	300	18.000	28.000
14	280	550	19.000	27.000
16	260	420	26.000	39.000
Gennemsnit	248	397	12.667	21.922

Potentiale: TYI-renovering vs. nybyg	149	9.256
--------------------------------------	-----	-------

Figur 8

Byg Bedre! - Lav din egen pyramide

væg materialer i pyramiden (klik) for at medtage dem i beregningen.
Se datagrundlaget for materialerne ved at dobbeltklikke på materialet i pyramiden.

vis resultat i pyramiden ↑		nulstil beregningen		Eksempel på co2 opgørelse for unit alene		m ²	
	materiale	gruppe	miljøpåvirkning / m3	volumen [m3]	areal [m2]	gødetykkelse [mm]	resultat
1	 Limtræ	træ	-610.0 kg CO2eq/m3	1 m3		m2	-610.0 kg CO ₂ eq
2	 Krydslamineret træ (CLT)	træ	-664.0 kg CO2eq/m3	1.2 m3	12 m2	100 mm	-796.8 kg CO ₂ eq
3	 træfiberisolering	biobaseret	-173.1 kg CO2eq/m3	7.2 m3	48 m2	150 mm	-1.246.3 kg CO ₂ eq
4	 Lerpuds	mineralisk	93.2 kg CO2eq/m3	0.12 m3	12 m2	10 mm	11.2 kg CO ₂ eq
5	 Stampede lervægge	mineralisk	9.3 kg CO2eq/m3	1.2 m3	12 m2	100 mm	11.2 kg CO ₂ eq
6	 rude, 2-lags glas	komponenter	266.1 kg CO2eq/m3	0.1 m3	12 m2	8 mm	25.5 kg CO ₂ eq
7	 Hamp fleece / PE	biobaseret	19.2 kg CO2eq/m3	2.4 m3	m2	mm	46.1 kg CO ₂ eq
8	 Ubrændte lersten	mineralisk	93.6 kg CO2eq/m3	2.4 m3	m2	mm	224.6 kg CO ₂ eq
							-2.334.6 kg CO ₂ eq

Figur 9

BYGGERIETS MATERIALEPYRAMIDE

om
pyramiden



Figur 10

Som det ses, er der rig mulighed for at reducere en ombygning Co₂-aftryk ved at vælge særligt træbaserede materialer. Træbaserede materialer skal benyttes byggeteknisk korrekt, bl.a. ved udarbejdelse af fugtstrategi og drift- og vedligeholdelsesplaner.

11. Delkonklusioner:

- TYI-renovering hvor unit-baseret indretning indgår rummer stort potentiale fremfor nedrivning og nybyg.
- Maglemølle er en materialebank for tunge materialer
- Transformation af BBR61 fra 1960 sikre at bygningen kan opnå lang levetid fremadrettet.
- Mobile moduler til adskillelse af biobaseret materialer, viser hvordan man kan udnytte bevaringsværdige tomgang bygninger midlertidigt - over en given periode.
- Design til adskillelse baseret på bæredygtige materialer, materiale kompas, pas og indføjjet genbrug, og indføjjet i ejendommen - konkluderes her at være den mest oplagte løsning.

12. Perspektivering

Ekspirer planlægges indledningsvis som mockups, men ideen forkastes pga økonomi og ressourcer. Fx den termiske masse af knust glas, lermasse, lagvist

opbygges på fx midlertidigt platform/fundament er givende i praksis fremfor generisk, digitalt og 3D.

Anvendte materialekasse med bæredygtige materialer (Egen Vinding og Datter), billeder af anvendte materialer, se bilag I, gav projektet 1:1 erfaring med stoffet. Nærværende projekt viser at en kombination af fx metodiske test af anvendelsen af materialerne, udvikler ny viden der støtter op om den generiske model (3D), og værdien af at høste nye dataudtræk, er tæt på egenskaberne. At projektet ikke havde mulighed for et lab til at udvikle nye materialer, og kun formidlet i 3D, blev således en større begrænsning end først antaget.

13. Konklusion

Hovedspørgsmål: *Hvis eksisterende*

bevaringsværdige ejendomme genbruges og nye mobile enheder indføjes, hvilken bæredygtige, empiriske parametre og data træder frem?

At indføjet modul 'designet til adskillelse', sætter et negativt aftryk (se bilag II) jf. byggeriets materialepyramide, konkluderes at være et pålideligt resultat.

Bygningsdele er aflæselige i overflade og ikke tektonisk, hvorfor anvendt teori af Semper udfordrer proces, samt formsprog i 'grund-' og 'kunst-form'.

At inddrage arkitekturteoretikeren Semper viser sig derfor til at være givende i proces og i udtræk, samt høst af data, fordi arkitekturteoriens 'grundform' og 'kunstform' udfordrer kombinationen af form og materialepyramidens data. Immaterielle kvaliteter træder frem i udtryk og egenskaber, fx tagdæk i form af 'romerdæk' i hampcrete, samt udforsker ny viden om beklædning, hvis taktile kvaliteter i form af termisk masse er baseret på fx lagvis ler og knust genbrugs glas lokalt forankret, Maglemølle.

Underspørgsmål: *Hvis cirkulær 'Design til*

adskillelse' og materialepas er tektoniske betydningsbærere, hvilken data former projektet?

At anvende materialepyramiden til fremme afkast af data, og fremsætte et negativ CO2 udledning, konkluderes at være givende, som metode. Dels fordi pyramiden er katalysator for ny anvendelse af ny teknologi eller bæredygtigbrug af materiale(r). At materialepyramiden kun bruges i inddelende faser, som vist, konkluderes i nærværende omfang at være dels gavnlig og dels hensigtsmæssig.

Referencer

- Beim, Anne. 2004.** Tektonik i Arkitektur - At forme konstruktionen. *Tektoniske visioner i Arkitektur*. København : Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag, 2004, s. 196.
- CINARK. 2019.** Byggeriets Materialepyramide. København, DK, DK : CINARK, samt Jan Schipull Kauschen fra Vandkunsten, 01. 01 2019.
- Di Byg. 2021.** Klimaet taber, hvis andre også fejllæser Materialepyramiden. København, DK, DK : s.n., 21. 01 2021.
- Egen Vinding og Datter. 2021.** Bæredygtig Materialekasse. Haslev : s.n., 2021.
- Institut, Teknologisk. 2017.** Udfordringer ved genbrug af byggematerialer. 04. 12 2017. Byg Tek.
- Mahgoub, Dr. Yasser Osman M. 2009.** Academia. *Architectural Research Methods*. [Online] 07. 11 2009.
https://www.academia.edu/1733899/Architectural_Research_Methods_%D8%B7%D8%B1%D9%82_%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AD%D8%AB_%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%D9%89.
- Plan og Bolig Styrelsen. 2021.** DEN FRIVILLIGE BÆREDYGTIGHEDSKLASSE. 1577 København V, DK, DK : s.n., 18. 02 2021.
- Rambøll. 2020.**
<https://www.renoveringpaadagsordenen.dk/wp-content/uploads/2020/10/Komparativ-analyse-af-CO2udledning-og-totaloekonomi-i-renovering-og-nybyg-3.pdf>. 10 2020.
- Signe Kongebro, Jacob Strømmand-Andersen. 2021.**
Henning Larsen forsvarer Materialepyramiden: Et hus af halm hjælper ikke, hvis det er designet med hovedet under armen. København, DK, DK : s.n., 08. 02 2021.
- Teknologisk Institut. 2017.** Udfordringer ved genbrug af byggematerialer. 04. 12 2017. Byg Tek.
- Beim, Anne. 2004.** Tektonik i Arkitektur - At forme konstruktionen. *Tektoniske visioner i Arkitektur*. København : Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag, 2004, s. 196.
- CINARK. 2019.** Byggeriets Materialepyramide. København, DK, DK : CINARK, samt Jan Schipull Kauschen fra Vandkunsten, 01. 01 2019.

- Di Byg. 2021.** Klimaet taber, hvis andre også fejllæser Materialepyramiden. København, DK, DK : s.n., 21. 01 2021.
- Egen Vinding og Datter. 2021.** Bæredygtig Materialekasse. Haslev : s.n., 2021.
- Institut, Teknologisk. 2017.** Udfordringer ved genbrug af byggematerialer. 04. 12 2017. Byg Tek.
- Mahgoub, Dr. Yasser Osman M. 2009.** Academia. *Architectural Research Methods*. [Online] 07. 11 2009.
https://www.academia.edu/1733899/Architectural_Research_Methods_%D8%B7%D8%B1%D9%82_%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AD%D8%AB_%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%D9%89.
- Plan og Bolig Styrelsen. 2021.** DEN FRIVILLIGE BÆREDYGTIGHEDSKLASSE. 1577 København V, DK, DK : s.n., 18. 02 2021.
- Rambøll. 2020.**
<https://www.renoveringpaadagsordenen.dk/wp-content/uploads/2020/10/Komparativ-analyse-af-CO2udledning-og-totaloekonomi-i-renovering-og-nybyg-3.pdf>. 10 2020.
- Signe Kongebro, Jacob Strømmand-Andersen. 2021.**
Henning Larsen forsvarer Materialepyramiden: Et hus af halm hjælper ikke, hvis det er designet med hovedet under armen. København, DK, DK : s.n., 08. 02 2021.
- Teknologisk Institut. 2017.** Udfordringer ved genbrug af byggematerialer. 04. 12 2017. Byg Tek.

...



Om potentialer for cirkulær økonomi på Maglemølle

BÆREDYGTIG GRØN BYUDVIKLING (BGB I)
FORSKNINGSPROJEKT BBR61
MAGLEMØLLE

Sidsel Sander
Lars Bruun Overgaard

Denne aktivitet er en del af projektet Mærk Næstved – Bæredygtig Grøn Byudvikling, som får støtte fra EU Regionalfond. Læs mere om projektet på ressourcecity.dk/bgb

DEN EUROPÆISKE UNION

Den Europæiske Fond
for Regionaludvikling



Vi investerer i din fremtid

Fase III

BÆREDYGTIG GRØN BYUDVIKLING BGB I
FORSKNINGSPROJEKT BBR61
MAGLEMØLLE



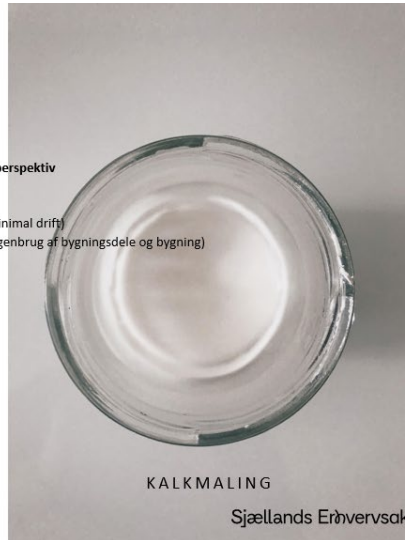
Om 3. fase: Etiske grundvilkår

At forme materialet er baseret ud fra tilgange baseret på et minimalt resourceperspektiv

Høste (data) - Reducere (vha. programmering, adfærd, levetid)

Frembringelse - Genbrug (reuse): Fx tagsten, mursten, døre, vinduer etc (vha. minimal drift)

Direkte affald - Genvinding /genindvinding (bygningens genanvendelse, direkte genbrug af bygningsdele og bygning)



Zealand

Om 3. fase: 'Eksisterende' // Tekniske grundvilkår

Vilkår, grundlæggende

Levetider

—Murstensfacader med luftkalkmørtel kan holde i 850 år

—rudeglas i 400 år

—Essesmedet smedejern i 400 år

—Støbejern i 250 år

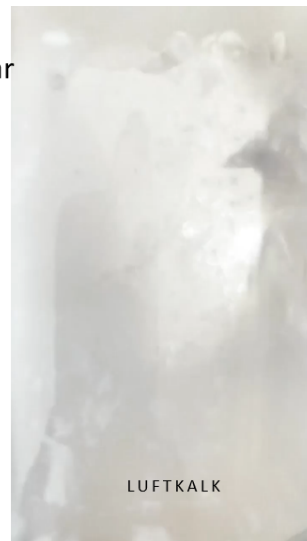
—Udvendigt puds af luftkalk i 150 år

Udfordringer i praksis

—Digitale opmålinger og registrering af eksisterende

—Tilstandsvurdering af de bærende konstruktioner, ubekendt

—Data på forurening, ubekendt



Zealand

Om 3. fase: Ny indføjeing i eksisterende // Tekniske grundvilkår

Vilkår, grundlæggende

- **Design til adskillelse** At udarbejde modul, som indføjes med minimalt LCC aftryk (LCC)
- **Dimensioner** der primært hviler på industrielle standarder
- **Minimum** Mindst mulig forarbejdning af materiale
- **Reversible samlinger** (design til adskillelse)
- **Enkel konstruktion**
- **Standard komponenter**, om muligt
- **Tektoniske principper**
- **Termiske egenskaber**

[Kilde: håndbog om design-for-disassembly.pdf \(ecob.dk\)](#)

Zealand



PRESSET LERSTEN 10-20%
LER, SAMT GRUS, SAND
OG STEN

Sjællands Erhvervsakademi

Om 3. fase: Analyser og løsningsforslag // Designgreb

Cirkulære principper

- **Materialer** så vidt mulig med EPD/materialepas med særlig fokus på gunstig Co2 klimaaftrek (indlejret)
- **Design for adskillelse**
- **Fokus på genbrug** jf. butterfly-modellen

Struktur og indeklima

- **Konstruktion** Bærende konstruktioner og ydre klimaskærm bevares (givet)
- **Selektiv nedrivning** Kun installationer og udvalgt produktionsudstyr fjernes. Der forudsættes forsatsrude i eksisterende vinduer i eksisterende facader for at sikre mest mulig dagslys Evt. etableres nye lysskakte efter aftale.
- **Modulbaserede kontorenheder** Opbygges af fladeelementer, eller som digital produktion
- **Indeklima** uafhængigt af industribygningen:
 - Decentral ventilation sikrer luftskifte direkte til det fri
 - Varme sikres via ventilationsanlægget baseret på varmepumpeteknologi (grøn strøm)

Materialerne

- **Træbaserede materialer**
- **Genbrugsbaserede materialer**
- **Isolering af genbrugsmaterialer**
- **Naturmaterialer**

Zealand



LERPUDS
MØRTEL HVOR LER
ER BINDEMIDDEL

Sjællands Erhvervsakademi

Om 3. fase: Analyser og løsningsforslag // materialer

Moduler - designet til adskillelse

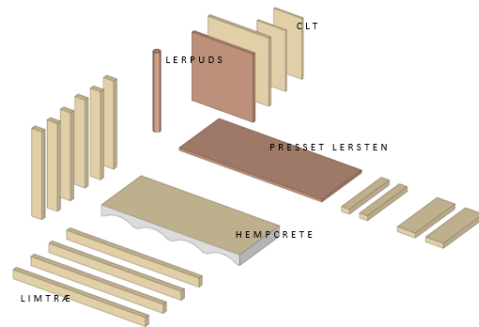
—Træbaserede materialer (fugtstrategi):

Limtræ, CLT og træplader baseret på genbrugsmaterialer eller fx presset lersten, lerpuds, gips

—Genbrugsbaserede materialer af glas, stål og alu. (ikke virgine materialer)

—Isolering af genbrugsmaterialer som kork, træfiberplade, papirgradulat, hørbat hampebat, papirbat, træfiberbat, halm, hempcrete m.v.

—Maling Linoliemaling, naturmaling, linolie lermaling, kalkmaling, linoliebaseret spartelmasse



Zealand

Sjællands Erhvervsakademi

Design til adskillelse

—Modul – med el. uden 5. facade

—Træbaserede materialer

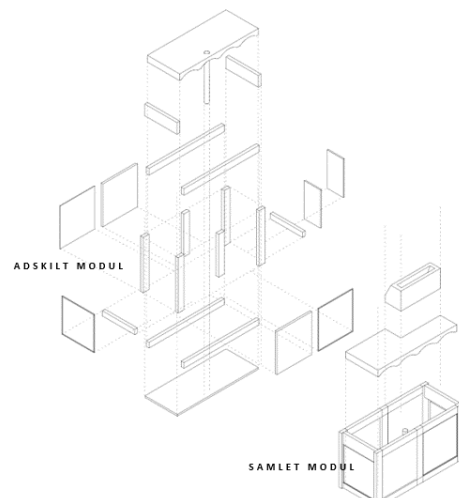
CLT
Formaldehydfri OSB plader baseret på genbrugsmaterialer
Krydslamineret træ

—Mineralske materialer Presset lersten, lerpuds, og/el. hydragisk kalk, luftkalk eller gengrug gipsplade

—Maling Linoliemaling, naturmaling, linolie, silikatmaling, lermaling, kalkmaling, linoliebaseret spartelmasse

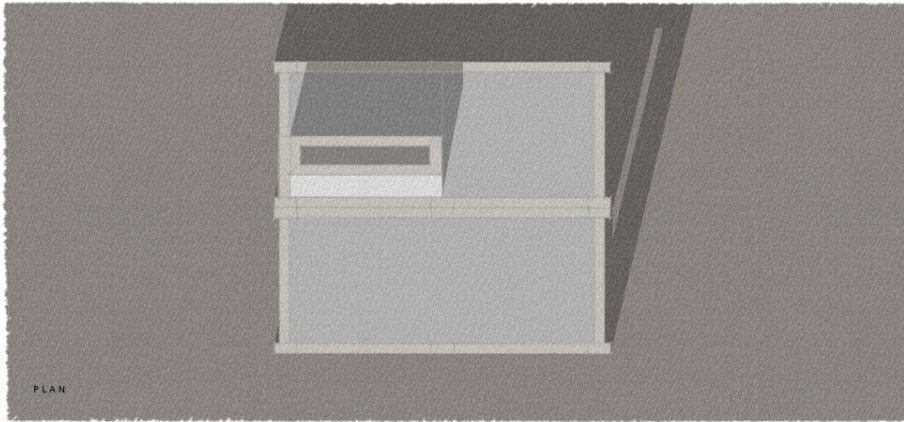
—Isolering Korkplade, træfiberplade, papirgradulat, hørbat, hampebat, papirbat, træfiberbat, halm (presset), ålegræs

—Celleglas til terrænisolering



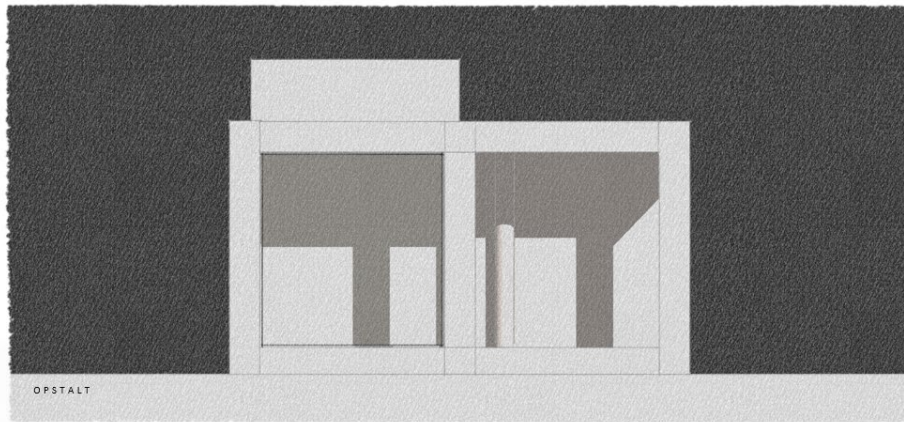
Zealand

Sjællands Erhvervsakademi



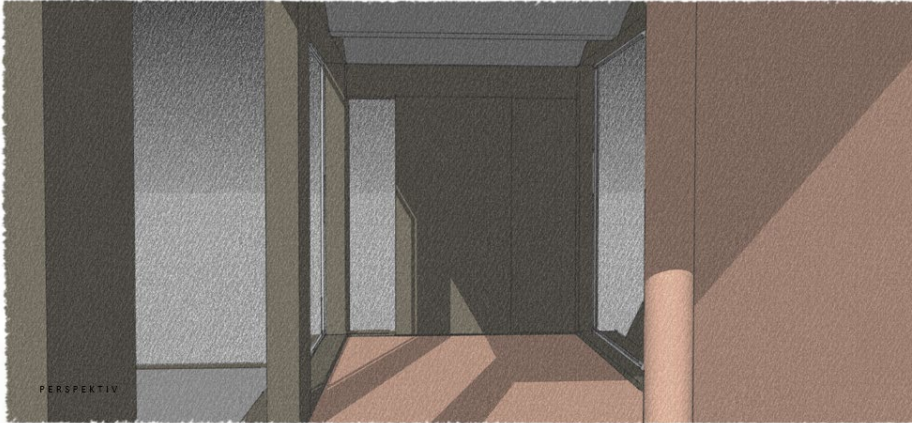
Zealand

Sjællands Erhvervsakademi



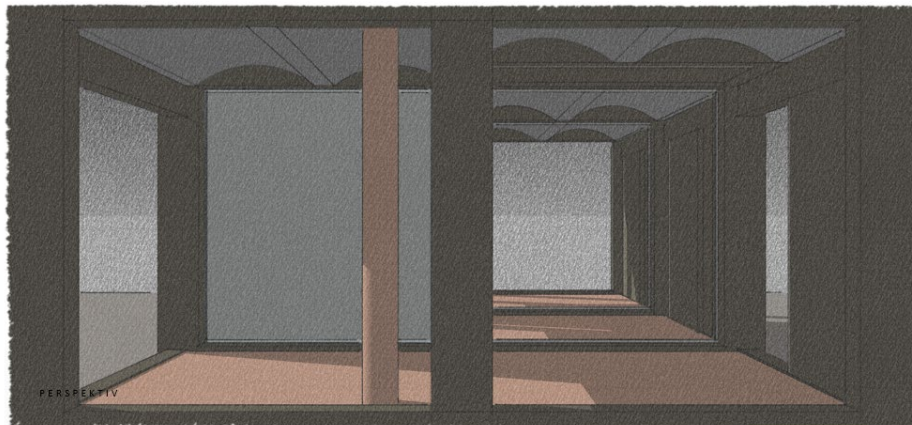
Zealand

Sjællands Erhvervsakademi



Zealand

Sjællands Erhvervsakademi



Zealand

Sjællands Erhvervsakademi

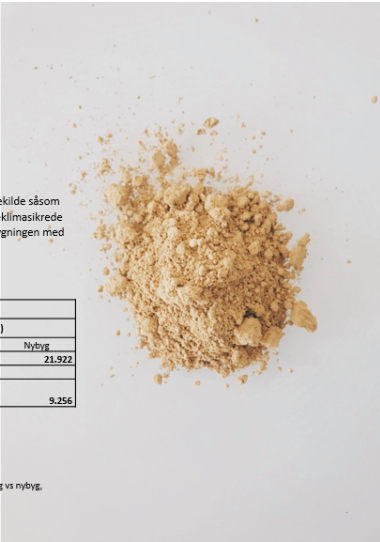
Om 3. fase – Analyser og løsningsforslag

Analyse af potentiale for TYI-renovering vs nybyg (EPD/CO2):
 — Renovering af tag, ydervægge og installationer.
 — Da BBR61 er en kompleks og kun sparsomt dokumenteret tung etagebygning uden tilslutning til ekstern varmekilde såsom fjernvarme, benyttes **) til at lave en kvalificeret vurdering af potentialerne ved at renovere bygning via indeklimasikrede kontor-units indplaceret på etager og bevare den uvendelige klimaskærm mod vind og vejr vs. nybyg af hele bygningen med kontorindretning.
 — Erfaringer fra 9 cases om tungt etagebyggeri over 50 år

	LCA		LCC	
	kg Co2/m2		Nutidsværdi (DKK/m2)	
	TYI-renovering	Nybyg	TYI-renovering	Nybyg
Gennemsnit, 9 cases *)	248	397	12.667	21.922
Potentiale: TYI-renovering vs. nybyg		149		9.256

— *): Komparativ analyse af co2udledning og totaløkonomi i renovering og nybyg, Rambøll 2020, med bilag til rapport om renovering vs nybyg, Rambøll 2020.

Zealand



Om 3. fase: Resultat og konklusion

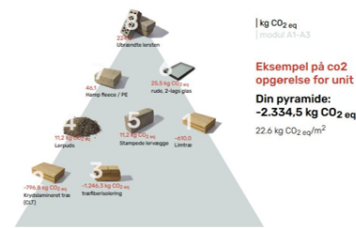
vis resultat i pyramiden i		nultil beregningen		Eksempel på co2 opgørelse for unit alone		m²			
materiale		gruppe	målepåblikning / m3	volumen [m3]	areal [m2]	godebetykelse [mm]		resultat	
1	Linstre	træ	-610.0 kg CO2eq/m3	1 m3	m2		mm	-610.0 kg CO2 eq	
2	Krydsblåstret træ (SLT)	træ	-644.0 kg CO2eq/m3	1.5 m3	12 m2	100	mm	-796.6 kg CO2 eq	
3	træflæskeristning	biobaseret	-173.1 kg CO2eq/m3	7.2 m3	48 m2	150	mm	-1.246.3 kg CO2 eq	
4	Lerpuds	mineralisk	93.2 kg CO2eq/m3	0.12 m3	12 m2	10	mm	11.2 kg CO2 eq	
5	Stampede lervægge	mineralisk	93.3 kg CO2eq/m3	1.2 m3	12 m2	100	mm	11.2 kg CO2 eq	
6	røde, 2-lags glas	komponenter	266.1 kg CO2eq/m3	0.1 m3	12 m2	8	mm	25.5 kg CO2 eq	
7	Hamp fleecy / PE	biobaseret	19.2 kg CO2eq/m3	2.4 m3	m2		mm	46.1 kg CO2 eq	
8	Ubrændte lersten	mineralisk	93.6 kg CO2eq/m3	2.4 m3	m2		mm	224.6 kg CO2 eq	
									-2.334.6 kg CO2 eq

Zealand

Sjællands Erhvervsakademi

Om 3. fase: Resultat og konklusion

BYGGERIETS MATERIALEPYRAMIDE



Zealand

Sjællands Erhvervsakademi

Konklusion

- Konklusioner:**
- **TYI-renovering** hvor unit-baseret indretning indgår rummer stor potentiale fremfor nedrivning og nybyg.
 - **Maglemølle** er en materialebank for tunge materialer
 - **Transformation** af BBR61 fra 1960 sikre at bygningen kan opnå lang levetid fremadrettet.
 - **Mobile moduler til adskillelse af biobaseret materialer**, viser hvordan man kan udnytte bevaringsværdige tomgang bygninger midlertidigt - over en given periode.
 - **Design til adskillelse** baseret på bæredygtige materialer, materiale kompas, pas og indføjte genbrug, og indføjte i ejendommen - konkluderes her at være den mest oplagte løsning.

Zealand

Sjællands Erhvervsakademi

Tak til

— Næstved Kommune/Ressource City
— Maglemølle
— Egen Vinning og Datter for materialekasse

Zealand

Sjællands Erhvervsakademi

Billag II

Definitioner

Miljøpåvirkningskategorier anvendt i pyramiden:

Potentielle skader for miljøet, økosystemer og helbredet kan kortlægges ved udførelsen af såkaldte livscyklusvurderinger - LCA. Da type og dimesion af de potentielle skader er grundlæggende forskellige er der udviklet metoder til opgørelsen af skader i miljøjøpåvirkningskategorier. Der er et stort antal miljøpåvirkningskategorier udover de 5 i pyramiden anvendte, som dog er det mest gængse i bygningsrelaterede LCA'er. Kategorierne som er relevante for byggeriet er angivet i den europæiske standard CEN/TC350.

Global warming Potential - Global Opvarmning (GWP):

Global Opvarmning bliver forårsaget af drivhusgasser, heriblandt den kemiske stofforbindelse CO₂. GWP bliver regnet i CO₂-ækvivalenter (CO₂eq), hvilket vil sige at CO₂, bruges som referencestof og indikatorenhed. Anvendelsen af "ækvivalenter" er gennemgående for alle miljøpåvirkninger, i det at der findes mange forskellige stofforbindelser som kan forårsage den samme skade for miljøet, økosystemer eller sundheden, men i forskellige størrelsesordner. F.eks. forårsager 1kg methan den samme potentielle skade som ca. 25kg CO₂ når udledt til atmosfæren. GWP er også det, som man omtaler "carbon footprint" i forbindelse med produkter.

Ozone Depletion Potential - Ozonlagsnedbrydning (ODP):

ODP er nedbrydningspotentiallet af ozonlaget. Her er der dermed inkluderet de kemiske forbindelser som har en indvirkning på nedbrydning af ozonlaget. Nedbrydning af ozonlaget medfører at intensiteten på UV-strålingen stiger og skader dermed planter og dyrearter. Som indikatoerenhed for ODP anvendes ækvivalenter af det kemiske stof freon (R-11eq).

Photochemical Ozone Creation Potentials - Fotokemisk Ozondannelse (POCP):

Under denne kategori beskrives dannelsen af fotokemisk smog. Ozon kan i høje koncentrationer påvirke både helbred hos mennesker og naturen og påvirke især vejtrækning. POCP måles i ethen-ækvivalenter (C₂H₄eq) som indikatoerenhed. Miljøpåvirkningen stammer blandt andet meget fra flygtige organiske forbindelser (VOC), som kan forekomme i produktion og afbrænding af plastik og maling.

Acidification Potential - Forsuring (AP):

AP beskriver potentielle påvirkninger af syrer som bliver udledt til atmosfæren som gasform eller i jord og vand som substans. Forsuring kan medføre skader på økosystemet og især planter. I 1980'erne var der tit tale om "sur regn". Denne påvirkningskategori måles i indikatoerenheden svovldioxid-ækvivalenter (SO₂).

Eutrophication Potential - Næringssaltbelastning (EP):

EP betegner en for høj belastning med næringssalte som potentielt kan skade miljøet. Overernæring i jorden kan påvirke vegetationen og i sidste ende resultere i dens død, miljøpåvirkningen bliver også kaldt "ørkendannelse". Overernæring kan også have en modsat effekt, hvor det skaber optimale forhold for plantevækst, så det ender med planterne, udkonkurrerer andre levende organismer. Dette kan for eksempel ske i hav og søer, hvor det kan resultere i algevækst, som kan skade biodiversiteten. EP har fosfat som referencestof og beregnes i fosfat-ækvivalenter (PO₄eq).

SBI/BUILDs rapport "Bygningens Livscyklus" (SBI2015:09) og rapport "Klimapåvirkning fra 60 bygninger" (SBI2020:04)

EPD

Data anvendt i pyramiden stammer fra offentligt tilgængelige EPD'er som normalt materialeproducenter, materialeleverandører eller brancheorganisationer står for. EPD står for "Environmental Product Declaration" og er dermed en varedokumentation som beskriver materialets eller produktets potentielle miljøpåvirkninger. Der er anvendt EPD'er fra Danmark så vidt muligt, desuden er den tyske database Ökobau.dat blevet anvendt, samt EPD Norge som har et omfattende register af EPD'er for byggematerialer og byggevarer.

Livscyklusfaser A1-3:

Fra EPD'erne er anvendt data for livscyklusfaser A1 til A3 (jf. EN15978), dette svarer til materialeudvinding frem til produktionen ("cradle-to-gate"). Alle videre faser som forekommer i en livscyklusanalyse er udeladt, herunder transport til byggepladsen og indbygning (A4/5), anvendelse og udskiftning (B4/6), bortskaffelse (C3/4) og eventuel genbrug (D). Årsagen hertil er at materialepyramiden ikke er et værktøj til at regne LCA'er og alle faser udover A1-3 er afhængigt af det enkelte projekt og vurdering der foretages. Angivelsen af livscyklusfaser A1-3 er producentens ansvar jf. standarden. Et godt datagrundlag er dermed sikret og evt. usikkerheder, som i en LCA skal håndteres, er dermed ikke relevant for tal angivet i materialepyramiden.

Kilde: Byggeriets Materialepyramide

BUILD LCAByg Softwareprogram til at udregne LCA www.lcabyg.dk

Bilag III

	LCA	LCC
--	------------	------------

Bilag 4

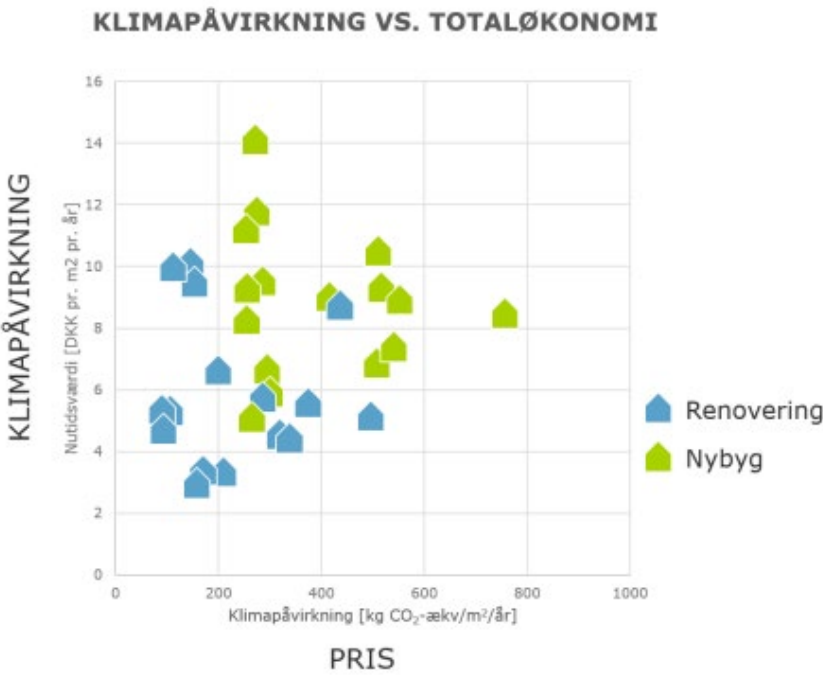
Type	Materiale	Hvad er der i?	Hvor produceres det?	Hvordan genbruges/sorteres det?	Hvad er det alternativ til?	Opmærksom på
TRÆSORTER	Krydslamineret træ	Fyrretræ, lim	Primært Østrig, lille dansk produktion	Nemt at genanvende, sorteres som træ	Beton	Dampdiffusionsmodstand
	Lærketræ		Bl.a. Danmark	Nemt at genanvende, sorteres som træ. OBS gammel maling	Trykimpregneret træ	Malet med plastikmaling holder det dårligere
	Douglasgran					
	Egetræ					
	Kernetræ	Kernetræ er det inderste træ i stammen. Langsomtgroet er stærkest		Nemt at genanvende, sorteres som træ. OBS gammel maling	Eksempelvis vinduer med plastrammer	
MINERALSKE MATERIALER	Formaldehydfri osb-plader	Træspåner og PU-lim	Bl.a. Tyskland	Nemt at genanvende, sorteres som træ	Spunplader, krydsfinér, osb-plader m. formaldehydafgassing	
	Presset lersten	Moræner: 10-20% ler samt sand, grus og sten. Mest almindelige jordart i Danmark	Bl.a. Danmark	Nemt at genanvende fx til lerpuds. Eller tilbage i jorden.	Brændte mursten	Tåler ikke direkte vandpåvirkning
	Lerpuds	Ler og sand – dvs mørtel hvor ler er bindemiddel		Nemt at genanvende. Eller tilbage i jorden.	Kalk eller cement som bindemidler	
	Hydraulisk kalk	Brændt og knust kalksten med lerindhold min 6%		Knuses til vejfyld e.l.	Cement	Arbejdsmiljø: basisk materiale
	Luftkalk	Knust, brændt kalksten og vand		Mursten kan genbruges hvis de er muret med kalkmørtel		
	Gipsplade	Naturligt forekommende hvidt mineral eller biprodukt fra kulfyrede kraftværker		Brugte gipsplader kan bruges til at lave nye gipsplader	Som bekledning af indervægge er det et alternativ til f.eks. pudsede vægge	

Type	Materiale	Hvad er der i?	Hvor produceres det?	Hvordan genbruges/sorteres det?	Hvad er det alternativ til?	Opmærksom på
MALING M.M.	Linoliemaling	Linolie, der udvindes fra hørfrø. Der kan være tilsat pigmenter og andre stoffer, f.eks. silikone	Bl.a. Danmark	Træ malet med linolie kan genanvendes	Plastikmaling, dvs maling med akrylbinder	Afgasser i 2-3 dage
	Naturmaling	Vand, linolie, marmorpulver og evt. andre stoffer		Træ malet med naturmaling kan genanvendes		
	Linolie	Presset hørfrø, findes rå, kogt, mv.		Træ malet med linolie kan genanvendes	Lak	Afgasser i 2-3 dage. Afgiver uskadelige lugte i længere tid
	Silikatmaling	Vandglas, mineralske pigmenter		Uproblematisk ved bortskaffelse	Bl.a. Facademaling til murværk med akrylbinder	Der findes mange producenter og forskelligartede produkter
	Lermaling	Lerpulver, kasein, kridt, marmorpulver, soda	Bl.a. Tyskland		Plastikmaling, dvs maling med akrylbinder, tyndpuds	
ISOLERING	Kalkmaling	Kalk, evt. andre stoffer	Bl.a. Danmark		Spartelmasse med akrylbinder	
	Linoliebaseret spartelmasse	Vand, linolie, marmorpulver og evt. andre stoffer				
	Korkplade	Bark fra kork-egen	Bl.a. Portugal	Afbrænding, kompostering eller genanvendelse	Hårde mineraluldsplader	
	Træfiberplade	Resttræ, kan laves med og uden lim	Bl.a. Norge		Hårde mineraluldsplader, undertagsprodukter	
	Papirgranulat	Granuleret genbrugspapir, typisk tilsat brandhæmmer f.eks. borsyre eller aluminiumhydroxid	Bl.a. i Danmark	Direkte genbrug, brændes eller komposteres	Mineraluld	
	Hørbat	Hørfibre og akrylbinder	Bl.a. Tyskland	Genbruges eller brændes		Skæres med vinkelsliber eller specialværktøj
	Hampebat	Hampefibre og akrylbinder				
	Papirbat	Papir og akrylbinder				
	Træfiberbat	Træfiber og plastbindefiber		Direkte genbrug, brændes eller komposteres		
	Halm – evt presset	Halm	Bl.a. Danmark			
	Ålegræs					
	Værk – til døre/vinduer	Hør, trætjære	Bl.a. Tyskland		Fugemasse	Kan have tilsat træetjære
	Celleglas granulat til terrænisolering	Opskummet affaldsglas	Tyskland og Norge	Knuses til vejfyld e.l.	EPS- /polystyren plader	
	Hempcrete	Kalk, vand og hampe-skærver	Bl.a. Danmark	Komposteres eller bruges som jordforbedring	Hårde mineraluldsplader	Arbejdsmiljø: basisk materiale

Bilag 5

Basis Case	Renovering			Nybyggeri
Niveau 0	Niveau 1: Tag (T)	Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)	Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)	Nybyg (N)
				
Basisbyggeri	Renovering foretages for taget.	Der udføres renovering af både tag og ydervægge inklusive udskiftning af vinduer.	Gennemgribende renovering af både tag, ydervæg, vinduer og installationer.	Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt.

Figur 1 Oversigt over den metodiske trinvis renovering samt nybyg-scenariet



Figur 4 Sammenligning af klimapåvirkningerne vs. totaløkonomien ved hhv. renovering og nybyggeri for de 16 bygningsscases

