

# Højhuse i træ i Danmark

- et FoU-projekt på EASV



ERHVERVS  
AKADEMI  
SYDVEST

Bygningskonstruktøruddannelsen

# 1 Indhold

2	Resume .....	1
3	Rapportens opbygning .....	1
4	Baggrund for projektet .....	2
4.1	InnoBYG spireprojekt.....	3
4.1.1	Rapport: State of the art.....	4
4.1.2	Rapport: Brandforhold.....	5
4.2	Tre temaer .....	5
5	Problemformulering.....	6
6	Metode.....	7
6.1	Deskresearch og opbygning af netværk.....	7
6.2	Projekteringsmetodik .....	7
6.3	Eksempler på tilpasset projekteringsmetodik .....	8
7	Aktiviteter.....	9
7.1	Indsamling af Viden .....	9
7.1.1	Workshop .....	9
7.1.2	Konference .....	11
7.1.3	Studietur .....	11
8	Historie & byggeskik .....	14
9	Fokusområder.....	16
9.1	Brand.....	16
9.1.1	Udfordring ift. brand og projektering:.....	17
9.1.2	Vidensgrundlaget:.....	17
9.1.3	Eksempel på løsning af udfordringer:.....	18
9.1.4	Brand, delkonklusion .....	21
9.2	Lyd:.....	22
9.2.1	Udfordring ift. lyd og projektering: .....	22
9.2.2	Vidensgrundlaget:.....	23
9.2.3	Eksempel på løsning af udfordringer:.....	25
9.2.4	Lyd, delkonklusion .....	26
9.3	Fugt: .....	27
9.3.1	Udfordring ift. fugt og projektering:.....	27
9.3.2	Vidensgrundlaget:.....	28



9.3.3	Løsning af udfordringer:.....	29
9.3.4	Fugt, delkonklusion.....	29
10	Konklusion:.....	30
11	Perspektivering:.....	32
12	Implementering og vidensdeling.....	34
12.1.1	Udlandsophold New York .....	34
12.1.2	Valgfag i Højhuse i træ i Danmark .....	34
12.1.2.1	Artikler .....	37
12.1.2.2	Foredrag.....	38
14	Bibliografi.....	39
15	Bilag .....	41

## 2 Resume

Denne rapport beskriver resultaterne af projektet ”højhuse i træ i Danmark”, udarbejdet på Erhvervsakademi Sydvest (EASV) i Perioden fra 1. februar 2019 til 1. december 2021.

Projektet har haft til formål at indsamle viden og erfaringer som kan bidrage til at vores bygningskonstruktører opnår bredere kendskab til nye, bæredygtige byggemetoder og hvordan man via en tilpasset projekteringsmetodik kan inkludere nye byggetekniske løsninger i dansk byggeri.

Brand, lyd og fugt bliver ofte tillagt skylden for at man ikke kan opføre højhuse i træ i Danmark: Træ kan brænde, træ er et let materiale og dæmper ikke lyd, træ er organisk og vil rådne i det danske klima.

Ingen af de ovennævnte postulater er usande, men nærværende projekt viser, hvordan man kan forebygge at problemerne opstår ved at gennemtænke byggeriet og forholde sig aktivt til de aktuelle risici.

## 3 Rapportens opbygning

I denne rapport vil der indledningsvis blive redegjort for **baggrunden** for projektet ”Højhuse i træ i Danmark” og der vil være en kort gennemgang af konklusionerne fra det InnoBYG spireprojekt, som dette projekt udspringer af.

Derefter bliver projektets hovedspørgsmål ridset op i **problemformuleringen**

I Metodeafsnittet beskrives, hvordan den vidensindsamlingen er foregået og der redegøres for den **projekteringsmetodik** bygningskonstruktører sædvanligvis anvender, når de projekterer, samt hvordan man nødvendigvis må arbejde på en anden måde, når man skal benytte nye materialer og byggetekniske løsninger i sit byggeri.

Der er efterfølgende en kort beskrivelse af **projektets aktiviteter**, illustreret i en tidslinje. Tidslinjen viser, hvordan de forskellige spor i projektet hænger sammen, blandt andet, hvordan den viden der er blevet opbygget via projektet, løbende er blevet integreret i undervisningen på EASV. Der er også en mere uddybende redegørelse for, hvordan indsamlingen af viden er foregået.

Afsnittet **”Historie og byggeskik”** beskriver, hvordan måden man bygger på i Danmark har ændret sig gennem historien. Det skal give en forståelse for den kontekst man arbejder i som projekterende og hvordan de forskellige byggetekniske løsninger er opstået og udviklet.

I afsnittet **”Hovedtemaer”** behandles temaerne ’brand’, ’lyd’ og ’fugt’ i dybden i hvert sit afsnit. Først ridses problemstillingen for det enkelte tema op. Derefter redegøres for, hvilke rammer, krav og vidensgrundlag, der danner grundlag for arbejdet med emnet i dag og efterfølgende beskrives et eksempel på, hvordan man kan adressere de udfordringer der måtte være, med

udgangspunkt i viden og produkter fra udlandet. Efter hvert afsnit samles der op i en delkonklusion og perspektivering.

I afsnittene ”**Konklusion**” og ”**Perspektivering**” samles op på projektet som helhed.

I afsnittet **Implementering og vidensdeling** beskrives, hvordan den viden der er opbygget i løbet af projektet er blevet implementeret i undervisningen og delt.

## 4 Baggrund for projektet

I takt med den globale opvarmning og øget fokus på klimaforandringerne er det nødvendigt, at vi tænker anderledes i den danske byggesektor.

Dansk byggeri står alene for 40 % af udledningen af CO<sub>2</sub> [1]. Tidligere har der især været fokus på energioptimering af nye og eksisterende bygninger ift. drift og vedligehold. I takt med indførelsen af energikrav i bygningsreglementet er fokus flyttet mere over på anvendelsen af ressourcer med henblik på nedbringelsen af CO<sub>2</sub> og ressourceforbruget generelt.

En undersøgelse fra Deloitte viser at 75% af virksomhederne i bygge- og anlægsbranchen har kendskab til bæredygtighed og FN's verdensmål. Mange af virksomhederne i bygge- og anlægsbranchen bruger imidlertid ikke for alvor verdensmålene i deres forretning i det daglige – i gennemsnit svarer 61%, at de sjældent eller aldrig diskuterer emner relateret til bæredygtighed på virksomhedens ledelses- og bestyrelsesmøder. Dog er der stor forskel på svarene for virksomheder af forskellige størrelser - 35% af virksomheder med over 100 ansatte svarer, at de diskuterer emner relateret til bæredygtighed ofte, meget ofte eller altid, mens dette tal kun er 7% for virksomheder med 5-10 ansatte. [1]

Der findes intet andet almindelig brugt byggemateriale, der kræver så lidt energi, og dermed CO<sub>2</sub>, at producere, som træ. Træ produceres nemlig takket være træernes fotosyntese, som gør træerne i stand til at optage CO<sub>2</sub> fra luften og forbinde det med vand fra jorden, så de producerer træ. Energien får træerne gratis fra solen.

Træet i sig selv koster derfor ikke noget at lave rent energimæssigt. Dog skal der bruges energi til at fælde og forarbejde træet til anvendelige produkter, men den energimængde er meget lille sammenlignet med, hvad det koster at producere stål, beton og plastic.

I og med at træ består af kulstof, der er optaget fra luften, så kan træprodukters nettoudledning af CO<sub>2</sub> være negativ. Dvs. når man bruger træ, så fjerner man CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. For andre materialer er det omvendt – de udleder CO<sub>2</sub> til atmosfæren [3]

I vores nabolande – Sverige, Norge, Finland og England ses en stadig stigende andel af fleretagers huse, der er bygget i træ. Alene i Sverige har man på få år set en stigning af fleretages træhuse [3]. Denne udvikling har indtil nu ikke sat sit præg på byggeriet i Danmark, om end der blandt myndigheder og aktører i byggebranchen er stor interesse for bæredygtigt byggeri. Samtidigt taler arkitekter, bygherrer og offentlige myndigheder alle varmt for at anvende

træ i byggeriet, men i praksis er anvendelsen i Danmark begrænset – specielt når vi ser på etagebyggeri.

Erfaringer og generel viden om at bygge højhuse i bæredygtige materialer er meget sparsomme i Danmark sammenholdt med vores nordiske naboer.

***Det overordnede formål med dette projekt er derfor at indsamle mere viden og flere erfaringer med højhuse i træ, som kan bidrage til at både undervisere og bygningskonstruktørstuderende opnår bredere kendskab til nye og byggemetoder og materialer, der kan gøre byggeriet i Danmark mere bæredygtigt. Samtidigt vil projektet komme med et bud på, hvordan man via en tilpasset projekteringsmetodik kan inkludere nye løsninger i dansk byggeri.***

Projektets ramme ligger indenfor FN's verdensmål 12 – At sikre bæredygtigt forbrug og produktionsformer [4].

En væsentlig del af projektet har bestået i at opbygge et netværk af interessenter, der kan bidrage med viden og samarbejde inden for emnet. Der har under arbejdet været inddraget følgende samarbejdspartnerne:

- Nationale og Internationale virksomheder.
- Videns institutioner i Danmark
- Bygningskonstruktørstuderende på EASV.
- Studerende fra andre uddannelsesinstitutioner i Danmark
- Undervisere fra bygningskonstruktørstudiet på EASV.
- Undervisere fra andre ud uddannelsesinstitutioner i Danmark

De enkeltes aktørers roller vil blive uddybet i de efterfølgende afsnit

## 4.1 InnoBYG spireprojekt

Nærværende projekt udspringer af InnoBYG-spireprojektet *"Fleretagers Træhuse i Danmark – Er det muligt og hvad mangler?"*, der blev færdiggjort i februar 2017. Projektet blev faciliteret af Teknologisk institut og EASV deltog i netværkssamarbejdet.

Netværket bestod af en række interessenter fra byggebranchen og formålet med det var at afdække de barrierer der var/er for at der i Danmark opføres højhuse i træ. Netværket skulle være med til at afklare, hvor der kunne sættes ind for at skabe mulighed for, at der på sigt kunne opføres højhuse i træ og gøre træ i fleretagers byggeri til et mere naturligt valg blandt byggebranchens parter i Danmark. Netværkets aktiviteter bestod i netværksmøder, workshops samt studieture. Nogle af de spørgsmål der blev opstillet til afklaring var:

- Hvorfor er det interessant for en bygherre?
- Kan det betale sig?
- Udførelse og håndtering på byggepladsen

- Grundlag for udvidelse af eksempelsamlingen for brandsikring af bygger, eksempelvis for byggerier op til 8 etager
- Miljøpåvirkninger og bæredygtig
- Arkitektoniske muligheder
- Hvad er CLT og andre byggemetoder
- Statik og andre bygningsfysiske forhold
- Lydforhold
- Uddannelse og undervisning [2]

InnoBYG projektet resulterede i to publikationer: ”Fleretagers træhuse – State of the art” [3] samt ”Fleretagers træhuse – Brandforhold” [4]. InnoBYG projektet har nu udviklet sig til ”Netværksgruppen for træbyggeri”<sup>1</sup> faciliteret af Teknologisk institut.

De to publikationer samler op på de væsentligste barrierer for, at der bygges højhuse af træ i Danmark.

#### 4.1.1 Rapport: State of the art

Rapporten ”Fleretagers træhuse, State of the Art” giver en status på fleretagers træbyggeri rundt omkring i verden. Rapporten giver blandt andet et tilbageblik på danske byggetraditioner og de historiske begivenheder, der har haft indflydelse på vores byggeskik og hvordan især brand har haft stor betydning for de byggemetoder og -materialer vi anvender i dag.

Den har en gennemgang af forskellige elementtyper og eksempler på internationale gennemførte projekter. Disse bruges som eksempler på hvordan man har løst mange af de problemstillinger som anses for hindringer i Danmark.

Effektivisering, økonomi, brand, fugt, bygherreovervejelser, miljø, lovgivning samt manglende erfaring og viden er hovedtemaerne i rapporten.

Rapporten konkluderer, at der ikke er lovgivningsmæssige begrænsninger for at bygge træhuse som er højere end 4 etager.

Det er snarere manglende viden og erfaring, som er de væsentligste årsager til at man ikke er nået længere. Blandt byggeriets parter bliver der generelt givet udtryk for en stigende interesse for at anvende træ i fleretagers træhusbyggeri, men den manglende erfaring med materialet og usikkerhed i forhold til myndighedskravene angives som en barriere – især for bygherresiden.

*”Vi bliver mere og mere positive ved tanken, men det kræver noget mere viden på området, før vi tør at sætte et stort byggeprojekt i gang med træ. Ingen har prøvet det før i Danmark, og derfor er du på ”usikker grund” for eksempel i forhold til hvilke brandkrav du vil møde”, siger Nicolai Hommelhoff, udlejningschef og partner, Domis Ejendomme A/S 1. [1]*

Risikoen for øget behandlingstid, som følge af introduktion af løsninger som er ”nye” for myndighederne, er også et opmærksomhedspunkt blandt bygherre. Det kan også fra bygherrens synsvinkel ses som et begrænsning ift. at introducere mere innovative løsninger i byggeriet. [3]

---

<sup>1</sup> Nicolai Hommelhoff, udlejningschef og partner, Domis Ejendomme A/S

## 4.1.2 Rapport: Brandforhold

Rapporten "Fleretagers træhuse – Brandforhold" beskriver, hvilke forhold der er vigtige at have fokus på, når man skal brandsikre fleretagers bygninger. Brand anses blandt byggeriets aktører som en af de største barrierer for at bygge højt i træ, og derfor har emnet blevet behandlet selvstændigt i en rapport.

I rapporten gives en kort gennemgang af danske regler og anvisninger vedrørende brandforhold for fleretages byggeri af træ. Desuden gennemgås de forskellige generelle metoder, der kan anvendes til at dokumentere brandsikkerheden for en bygning med bærende trækonstruktioner.

I rapporten gentages konklusionen om, at der ikke findes lovmæssige begrænsninger for at bygge træhuse i Danmark, som er højere end 4 etager – heller ikke i relation til brand.

## 4.2 Tre temaer

Erfaringerne fra InnoBYG projektet samt netværkssamarbejdet ligger til grund for, at der blev opstartet et projekt for at udvikle viden og undervisningsmateriale vedrørende fleretages træbyggeri. En af konklusionerne fra InnoBYG spireprojektet var, at der er behov for mere fokus på at bygge i træ på uddannelsesinstitutionerne:

*Der er ingen af de overordnede tekniske krav, som stiller hindringer i vejen for at anvende træ i fleretagers byggerier, men manglende eksempler samt "huller" i beregnings- og dokumentationsmetoder for nyere produkter, som eksempelvis CLT, kan give udfordringer ift. eftervisning af egenskaber. Dette kombineret med en lav grad af fokus på træ og trækonstruktioner i uddannelsesleddet, specielt inden for arkitekt- og ingeniørfagene gør, at kompetencerne inden for projektering og anvendelse af træ er begrænsede. [3]*

I dette projekt udfoldes tre af de temaer, som ofte dukker op når man skal bygge i træ: Brand, Lyd og Fugt. En del af projektet består af eksempler på, hvordan man i projekteringen og planlægningen af et byggeri kan arbejde for at imødekomme de barrierer, der eksisterer for at vælge at bygge højt i træ.

InnoBYG rapportererne giver en kort beskrivelse af de fugttekniske forhold der skal tages højde for når der arbejdes med træ kontra beton. Lydforhold er ikke behandlet selvstændigt i rapportererne, men nævnes i perspektiveringens som et fokusområde der skal arbejdes med og er derfor også behandlet i denne rapport som et væsentligt fokusområde.

En stor del af projektet har bestået i at indhente viden og erfaringer fra andre lande, hvor man har mere erfaring med at bygge højt i træ.

Der er ingen tvivl om, at en omstilling til mere anvendelse af bæredygtige materialer og løsninger er vejen frem hvis vi skal løse klimaproblemerne med aftryk fra byggesektoren.



## 5 Problemformulering

Som beskrevet ovenfor er de emner, som ofte omtales som barrierer for at bygge højt i træ Brand, Lyd og Fugt: Træ kan brænde om end det er svært at antænde; Træ kan rådne og angribes af skimmel ved stadig påvirkning af fugt; Træ er et let materiale og har ikke densitet til at dæmpe lyd.

Derfor her disse emner også haft det væsentligste fokus i projektet med at fremskaffe ny viden. Afledt af dette er følgende undersøgelsesspørgsmål fremkommet:

### Brand

- Hvordan kan vi med udgangspunkt i bygningsreglementets brandkrav og teknisk fælleseje finde byggetekniske løsninger med afsæt i udenlandske eksempler
- Hvad er udfordringen ved at bygge højt i træ i forhold til brand?
- Hvad giver de funktionsbaserede brandkrav os af muligheder for at bygge højt i træ?

### Fugt

- Hvordan kan vi med udgangspunkt i bygningsreglementets fugtkrav og teknisk fælleseje tage højde for fugtproblemer i træbyggeri?

### Lyd

- Hvordan kan vi med udgangspunkt i bygningsreglementets lydkrav og teknisk fælleseje finde byggetekniske løsninger med afsæt i udenlandske eksempler
- Hvad er udfordringen ved at bygge med lette konstruktioner og materialer i forhold til lyd?

## 6 Metode

### 6.1 Deskresearch og opbygning af netværk

For at svare på ovenstående er der indsamlet viden via artikler, rapporter, fagblade, websider, konferencer, studieture, interviews samt netværkssamarbejde.

Artikler og rapporter er anvendt til at følge op på nyeste udvikling og til inspiration til netværk.

Fagblade og websider fra virksomheder bruges til inspiration i forhold til konstruktioner og konstruktionssamlinger.

Build in wood Konferencerne har været med til at skabe et solidt netværk nationalt og internationalt. De primære kontakter er skabt internationalt med blandt andet producenter. Via netværket blev der skabt basis for en studietur, hvor en stor del projektets viden kommer fra. Studieturen har været vigtig for at se fabrikationen af elementer og forstå processen og generelt skabe en kontakt til de aktører som har viden og erfaring med emnet.

### 6.2 Projekteringsmetodik

”Traditionelt byggeri” defineres i denne rapport som byggeri der er udført med kendte løsninger og i materialer, som er velafprøvet og dokumenteret og hvor der igennem mange års byggetraditioner og erfaringsopsamling er opbygget meget viden. Den viden er til rådighed gennem det vi kalder ”Alment teknisk fælleseje”. Alment Teknisk fælleseje defineres som:

*”...et sæt hjælpemidler inden for god kvalitetssikringskik. De omfatter summen af praktiske erfaringer, faglitteratur, undersøgelsesteknikker og rutiner på de enkelte tekniske områder. BYG-ERFAs erfaringsblade, SBI’s anvisninger samt Træinformations publikationer er for eksempel en del af det almene tekniske fælleseje. Byggeriets parter har pligt til at være bekendt med alment teknisk fælleseje. Man kan vælge at bruge andre løsninger, end dem som alment teknisk fælleseje beskriver. Men så skal man dokumentere, at man træffer et velbegrundet valg. Man har dermed en særlig bevisbyrde, hvis der viser sig problemer med de løsninger, man har valgt”. [5]*

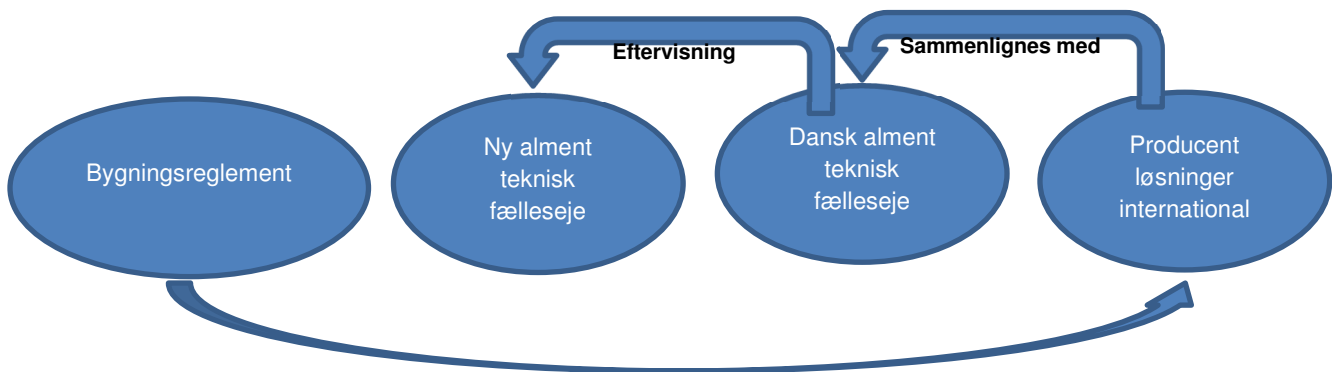
Når bygningskonstruktører i projekteringsfasen af et byggeri skal analysere valg af byggetekniske løsninger foregår det traditionelt som illustreret i fig. 2. Her undersøges, hvilke krav der stilles ift. den enkelte bygningsdel eller område i byggeriet. Kravene analyseres op mod alment teknisk fælleseje, hvor de bygningsfysiske forhold klarlægges. Det er væsentligt at den projekterende undersøger den viden der allerede er ift. den givne problemstilling og herved undgår at begå de fejl der allerede er begået. Producenters eksempler, som ofte tager afsæt i deres egne produkter, er med til at danne løsningen men skal altid holdes op mod krav og alment teknisk fælleseje.



Figur 1, Den traditionelle projekteringsmetodik

Når et byggeri indeholder nye materialer eller nye byggetekniske løsninger vil der ikke være udarbejdet anvisninger, vejledninger eller andet materiale, der kan betragtes som Alment teknisk fælleseje. Der findes altså ikke noget materiale, som beskriver 'best practice' og som kan danne grundlag for beslutningerne om, hvilke typer løsninger der skal anvendes i det konkrete tilfælde. Det betyder, at projekteringsprocessen må gribes an på en anden måde.

En måde at løse dette på er at man gør brug af international litteratur og løsningsforslag som holdes op mod danske krav og analyseres op mod den kendte bygningsfysik fra traditionelt byggeri. Alt afhængig af problemstillingen kan det være nødvendigt at der udføres eftervisning via beregninger, simuleringer og prøvningsmetoder af ex. bygningsdele for opnåelse af dokumentation til godkendelse. En proces som kan være omkostningsfuld og fordyrende for projektet ift. traditionelt byggeri med allerede godkendte løsninger. Processen er skitseret i grove træk på fig. 2.



Figur 2, Projekteringsmetodik ved højhuse i træ

Da der endnu ikke findes Alment teknisk fælleseje der beskriver de løsninger, der vil skulle bruges i forbindelse med et etagebyggeri af træ, vil det være denne metode man anvender.

## 6.3 Eksempler på tilpasset projekteringsmetodik

I kapitel 9 behandles de tre temaer Brand, Lyd og Fugt hver for sig. For hvert tema vil der blive gennemgået et eksempel på, hvordan man med udgangspunkt i løsninger fra udlandet kan møde de krav, der stilles til etagebyggeri i Danmark -også når man bygger i træ.

## 7 Aktiviteter

- Forår 2019: Indledende møder, forundersøgelser, Indsamling af empiri
- Efterår 2019: Netværksmøder, behandling af empiri og data, Interview, workshop, studietur
- Forår 2020: Netværksmøder, behandling af interview, dialog med erhvervslivet
- Efterår 2020: Opsummering af det samlede datagrundlag
- Forår 2021: Oplæg til valgfag plus udarbejdelse af undervisningsmateriale af emnet i bygningskonstruktøruddannelsen.
- Tidslinje for implementering af emnet i bygningskonstruktøruddannelsen.
- Den indsamlede viden vil løbende blive indarbejdet i undervisningen.

Projektets aktiviteter er visualiseret i tidslinjen på modstående side. Som det fremgår, er den indsamlede viden løbende blevet implementeret i undervisningen på EASV. I det følgende er der redegjort mere indgående for de forskellige vidensindsamlingsaktiviteter. Der henvises til afsnit 7.1.4. projekttidsplan for Højhuse i træ i Danmark.

### 7.1 Indsamling af Viden

Det indsamlede materiale er løbende blevet behandlet og implementeret som en del af undervisningsmaterialet på EASV. Siden opstarten af projektet er den indsamlede viden blevet anvendt på de årlige studieture til New York og senest i valgfaget "Højhuse i træ i Danmark" som første gang blev udbudt i efteråret 2020. Dette er beskrevet særskilt i afsnittet "Implementering og vidensdeling".

Det har været vigtigt for projektet at der løbende har været en implementering af materialet i undervisningen da hovedformålet har været vidensdeling.

#### 7.1.1 Workshop

I foråret 2019 blev der i samarbejde med Teknologisk Institut, Frøslev Træ, Aarhus Arkitektskole samt VIA arrangeret en workshop med fokus på uddannelse i at anvende mere træ i byggeriet.

I forhold til punktet uddannelse og viden var det væsentligt at få klarlagt behovet for viden og hvordan vi kunne påvirke uddannelserne til at fokuserer mere på at bygge mere bæredygtigt.

En afklaring af fokusområderne ville være med til at målrette vores udvikling af videns materialet til byggesektoren. Workshopens program var sammensat af en generel præsentation af materialet træ faciliteret af Frøslev Træ og herefter fokus på bidrag fra de repræsenteret brancher via studerende. Dette bidrag blev opdelt i to dele herunder en individuel spørgeundersøgelse og derefter en gruppeorienteret undersøgelse. De to undersøgelser var udarbejdet i samarbejde ved VIA.

For at få igangsat tankeprocessen blandt de 30 respondenter blev udarbejdet en individuel digital spørgeundersøgelse. Undersøgelsen er vedlagt som bilag 1

Undersøgelsens resultat, viste en signifikant enighed om at mere anvendelse af træ i byggeriet ville have en positiv effekt og at der skulle være mere fokus på temaet i de forskellige uddannelser. Ligeledes gav undersøgelsen en klarhed over flere af de fokusområder, hvor der var/er mangel på viden eller mere klarhed ift. emnet skal give en mindre spredning på svarene.

Ved gruppespørgsmålene var formålet at sætte de faglige relationer i spil for at se hvordan bidragene og samarbejdet mellem brancherne kunne medvirke til at styrke udbredelsen af viden og ændre på de faglige barrierer der ofte ses i byggeriet.

Gruppernes sammensætning var disponeret med studerende fra arkitekt, bygningskonstruktør og ingeniøruddannelserne så dette afspejlede en repræsentativ gruppe som i "det virkelige liv".

Grupperne skulle svare på følgende spørgsmål:

1. Hvordan mener I, at de grupper hvorfra I kommer, kan byde ind på at løfte opgaven med at udføre højhuse i træ med uddannelse og udførelse inden for jeres felter.
2. Hvor ligger potentialerne I at samarbejde på tværs af uddannelser, om at løfte opgaverne med at udvikle træs anvendelse i byggeriet?
3. Hvordan mener I at vi kan få mere træ ind i byggeriet? Nævn min. 3 punkter
4. Ser I muligheder i at udviske/ optimere de etablerede fagskel mellem tømrere, konstruktører, ingeniører og arkitekter. Bring dine egne erfaringer i spil her.
5. Hvordan griber vi det øgede fokus om brugen af træ, der er lige nu? Sagt med andre ord: Hvordan motiverer vi til mere brug af træ.
6. I hvor stor udstrækning er der undervisning i højhuse i træ på jeres uddannelse?
7. Gider man høre mere om emnet hos jer studerende?
8. Hvad skal der til på de enkelte udd. institutioner for at emnet forbliver interessant og for at forøge jeres viden?

Undersøgelsen viste et klart behov for samarbejde og vidensdeling mellem de forskellige faggrupper og hvordan bidragene kunne komme i spil fra hver faggruppe. Fx var et af svarene *"Hver faggruppe har sit område, hvor man har hvert sit input. Fx ingeniør laver beregninger, konstruktørerne har med regler, arkitekter tegner byggeriet. Den ene faggruppe kan ikke uden den anden."* En klar tydeliggørelse af behovet for at alle parter er lige vigtige og at den bidragede viden vil være med til at fremme bæredygtig byggeri.

Også vigtigheden af klare retningslinjer og eksempler var tydelige. Ved spørgsmål 3 Flere af grupperne så det som en nødvendighed af mere litteratur og mere viden, klare retningslinjer m.v. Noget som vil den primære del via uddannelse og efteruddannelse. Dog viste svarene i spørgsmål 6 at der på nuværende tidspunkt blev gjort at for lidt ud af at undervise i træ på de enkelte uddannelser.

Den manglende undervisning og vidensdeling afspejles også i spørgsmål 8, hvor der generelt svares at det er den manglende viden og undervisningsmateriale som er grundlaget for at der ikke undervises i temaet.

Den generelle konklusion på undersøgelserne viser nødvendigheden af at vi må fremme vidensdelingen i forhold til at demontere de usikkerheder der måtte være for at anvende træ og andre bæredygtige materialer i fremtidig byggeri.

Uddybningen af de øvrige spørgsmål kan ses via bilag 2

## 7.1.2 Konference

Da der ikke er nogen fortilfælde af højhusbyggeri i træ i Danmark, er det begrænset, hvad der findes af national vidensmateriale. Derfor er den primære empiri fundet via internationale virksomheder som har stor erfaring med konstruktioner og byggeri i træ generelt. Kontakten med disse virksomheder er fremkommet via besøg på Build in Wood konferencen i København foråret 2019.

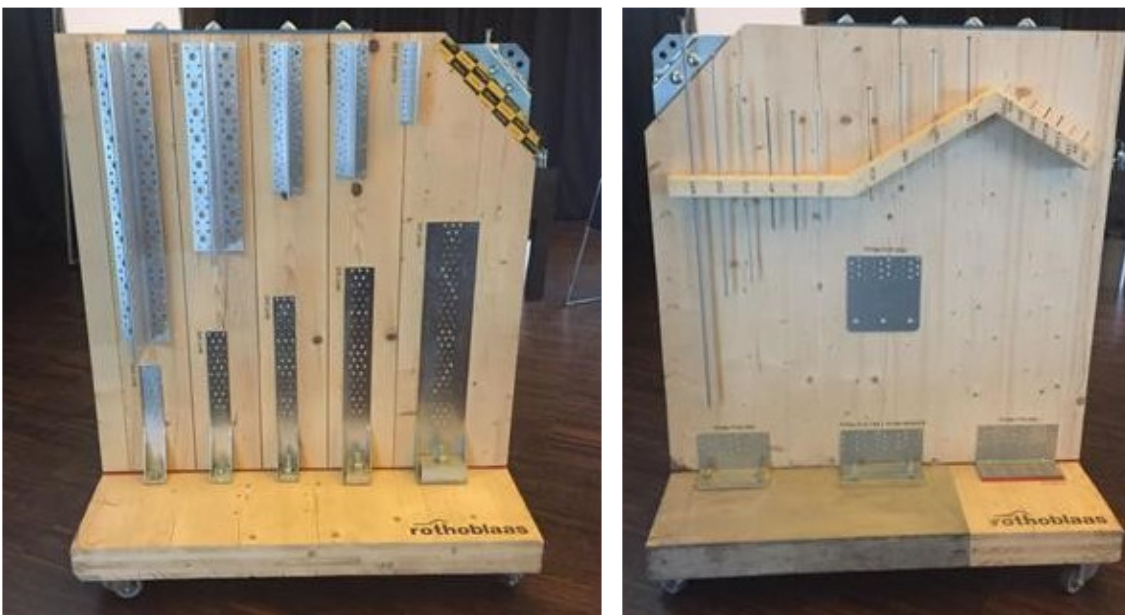
Da der kan være forskelle på lovgivning og standarder fra land til land lægges der stor vægt på, kritisk anvendelse af internationale løsninger samt forståelse for at dette skal tilpasses til danske forhold.

## 7.1.3 Studietur

Som udløber af de kontakter, der blev opnået på Build in wood Konferencen 2019 blev der tilrettelagt en studietur med det formål at besøge de virksomheder som har erfaring med anvendelsen af træ-elementer i højhusbyggeri.

Målet med de enkelte besøg var dels at få viden om produktionsmetoder samt generelt viden om deres måde at takle de udfordringer som var/er hindringer for at vi ikke endnu har opført et højhus i træ i Danmark.

Vi har efterfølgende haft stort udbytte af vores besøg og kontakt med disse firmaer som udover deres bidrag med viden også har sponsoreret materialeprøver og mockups jf. nedenstående billede.



Figur 3, mockup fra Rothoblaas

Udover de fysiske materialeprøver har vi fået brochuremateriale samt viden om og adgang til firmaernes hjemmeside, hvorfra vi høster en stor del af vores viden-materiale til brug i undervisningen. Nedenfor ses et udvalg af de anvendte hjemmesider.:

Eksempler fra udlandet:

<https://www.trae.dk/artikel/hoejhus-syv-etager-trae-paa-toppen/>

Søjle- Dragesystem:

<http://www.dagensbyggeri.dk/artikel/93837-verdens-hojeste-traehus-opfores-i-norge>

<https://ing.dk/artikel/verdens-hoejeste-traehus-bliver-44-meter-hoejere-214346>

<https://www.trae.dk/artikel/forskere-og-branchefolk-i-debatsvar-trae-er-noeglen-til-baeredygtigt-byggeri/>

CLT:

<https://www.traeinfo.dk/clt-de-mange-fordele-ved-et-byggesystem-i-massivtrae/>

<http://waughthistleton.com/projects/>

<http://flexwood.dk/menu/produkter/produkter/clt/>

<https://www.trae.dk/leksikon/clt/>

<https://www.klh.at/en/references/>

<https://www.binderholz.com/bauloesungen/reithallefohlenhof-ebbs-oesterreich/>

<https://arkitektforeningen.dk/arkitekten/clt/>

<https://www.lilleheden.dk/b%c3%a6redygtighed/b%c3%a6redygtigt-byggeri>

Spændviddetabel CLT:

[https://www.binderholz.com/fileadmin/user\\_upload/pdf/bbs-da.pdf](https://www.binderholz.com/fileadmin/user_upload/pdf/bbs-da.pdf)

[https://www.crosstimbersystems.com/wp-content/uploads/2014/11/CTS\\_bros.pdf](https://www.crosstimbersystems.com/wp-content/uploads/2014/11/CTS_bros.pdf)

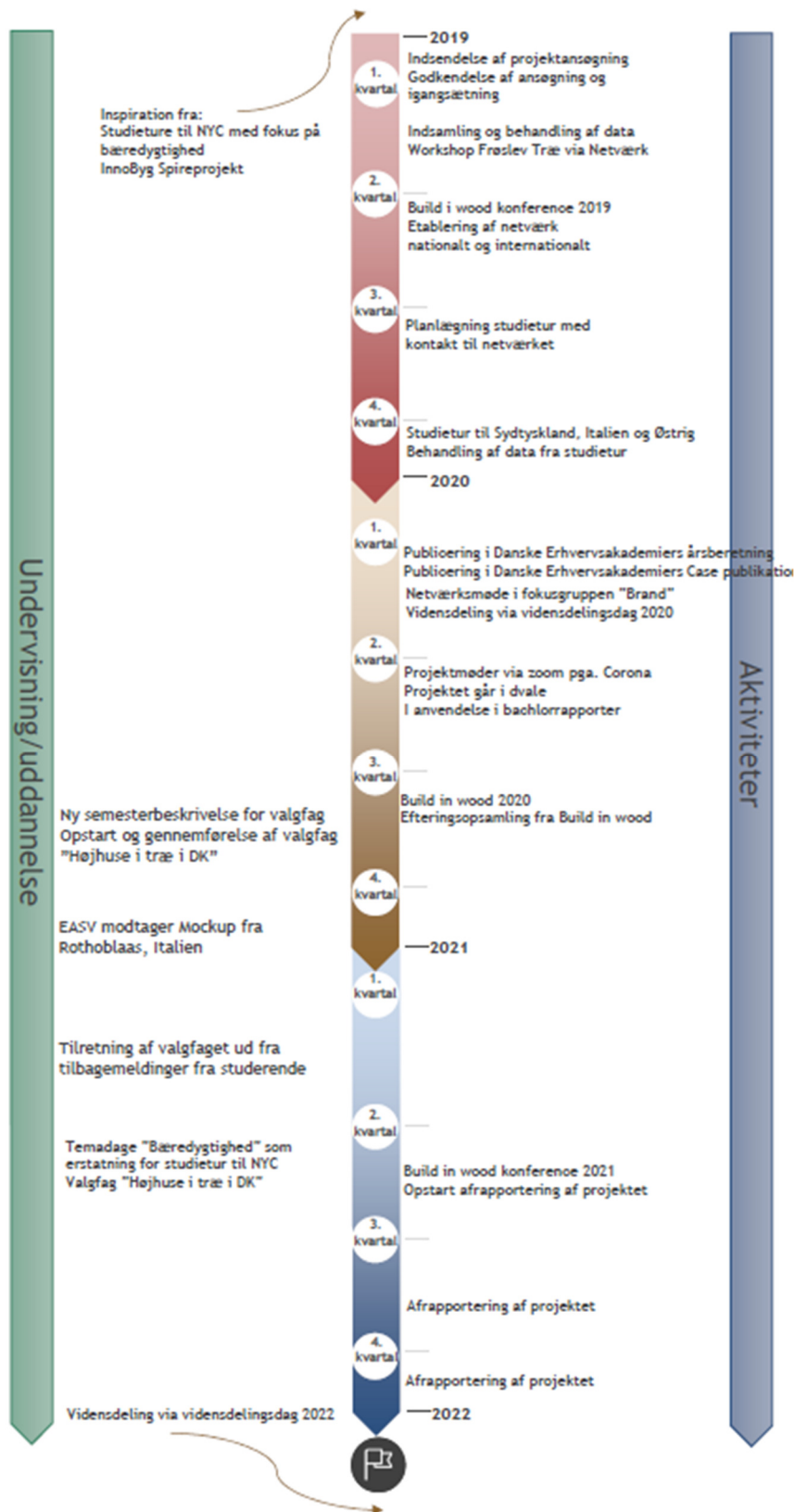
<http://www.lilleheden.dk/Files/Files/Produkter/CLT/Technical-brochure-CLT-EN.pdf>

Hybrid konstruktioner:

<https://www.metsawood.com/global/news-media/references/Pages/building-d-emountable.aspx>

<https://www.creebyrhomborg.com/system/>

## 7.1.4 Projektplan for Højhuse i træ i DK





## 8 Historie & byggeskik

Den følgende gennemgang baserer sig på Fleretagers træhuse [1] - State of the art og den store danske [8].

De danske byggetraditioner og skikke er meget fastforankret i historien og den udvikling som byggeriet har gennemgået. Specielt op gennem industrialiseringen har byggeriet udviklet sig men er dog stadigvæk et af de områder som halter håbløst bagud ift. andre industrielle områder.

Dette afsnit vil beskrive byggeriets historie og de traditioner som gør at byggeriet er præget af en stærk konservatisme og i nogen grad "frygten" for at ændre på de gængse byggemetoder.

Træets historie som byggemateriale strækker sig langt tilbage i vores historie dog uden at tilgængeligheden af materialet i Danmark har været stor. I år 1700 udgjorde det danske skovareal kun ca. 2% af landets areal, og den danske byggetradition har været præget af "træmangel" helt indtil i dag."

Godt 15% af Danmarks areal er i dag dækket af skov og arealet er stigende . Der er i dag nettotilvækst i skovene både i DK og på resten af den nordlige halvkugle, og træ er derfor ikke længere en mangelvare, hverken i DK eller i de lande vi importerer størstedelen af vores træ fra

Brandene i København i år 1728 & 1795 bliver skelsættende for byggeskikken i hele Danmark på daværende tidspunkt og frem til nu. Husene var på daværende tidspunkt primært er udført i træ.

Den første brand i 1728 opstod i en beboelsesejendom nær Vesterport og havde så voldsom et omfang af det meste af indre by brændte ned herunder 1670 af 4087 huse samt seks kirker og flere offentlige bygninger.

Brandens omfang og katastrofale følger gjorde at blev indført nogle ændringer i bybilledet ved at gaderne blev rettet ud og myndighederne ønskede tillige at stille krav om at de fremtidige huse skulle være grundmurede, men måtte frafalde dette krav pga. økonomiske grunde.

Også ved branden i 1795 skete der omfattende skader på byen hvor i alt 945 huse, rådhuset, Nikolaj Kirke og Vaisenhuset nedbrændte. Branden opstod i flådens tømmeroplagsplads på gammelhavn og udviklede sig voldsomt samt spredte sig over Holmens kanal og fik herved branden til at sprede sig til kvarteret omkring Nikolaj Kirke og derfra bredte sig til den sydlige del af den gamle by.

Konsekvenserne fra branden gjorde at man igen skærpede kravene ved nyopførelsen hvor husene skulle være grundmurede (uden bindingsværk), gaderne skulle rettes ud og hushjørnerne skulle skråt afskæres for mere effektiv brandbekæmpelse.



Figur 4, Københavnerbranden,  
Kilde: Københavns Brandforsikrings billedsamling

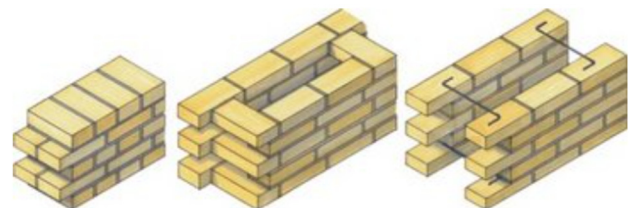
Igen ved bombardementerne i 1807 blev København igen genstand for store ødelæggelser som følge af de voldsomme brande.

Disse brande i København var begyndelsen til udviklingen af de Præskriptive brandregler, som er blevet ændret op gennem tiden og senere er blevet en del af byggelovgivningen.

## Etageboligbyggeriets 5 grundtyper

For at forstå den meget fastforankret byggeteknik som i nogen grad også præger modstanden til forandring gives der et historisk blik på måden hvordan etagebyggeriet igennem tiden har ændret sig med fokus på ydervægge og etageadskillelser.

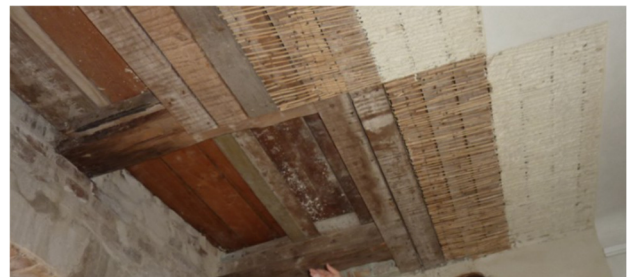
Den danske byggeskik har ændret sig gennem historien i takt med nye materialer og byggemetoder er fremkommet. Hvor man i starten så facader primært var opført i bindingsværk og senere blev fuldmuret (massiv mur) til i dag hvor ydervægge typisk er hulmure grundet udviklingen i



Figur 5, Udvikling af ydervægge gennem tiden, kilde

bygningsfysikken og behovet for isolering, som for alvor blev stort under og efter oliekrisen i 70'erne [9].

Den samme udvikling skete også for etageadskillelserne som i starten bestod af et bjælkelag som bærende del og herpå planker som gulvet. Mellem brædderne var der typisk indskudsbrædder hvorpå der blev udlagt ler indskud som dels udgjorde lydisolering men også var brandsikringen. Under bjælkerne blev der monteret forskalling med rør på tråd hvorpå man pudsede med mørtel



Figur 6, Etageadskillelse, kilde [22]

Gennem 50'erne, 60'erne og 70'erne så man en øget industrialisering inden for byggesektoren. I takt med at flere rykkede fra landet ind mod byerne blev behovet for boliger større og man så stor udvikling i elementbyggeriet, hvor store etageejendomme skød op i forstæderne til de større byer i Danmark.



Figur 7, Betonbyggeri fra 70'erne, kilde [23]

Behovet for flere boliger i en fart medførte øget fokus på mere effektive produktionsmetoder i byggeriet. Her blev betonelementerne og modulbyggeriet fremherskende og har siden denne tid været dominerende i dansk byggeri. Kvaliteten af byggerierne og betonelementerne var meget forskellige set ift. nutidens krav. Også her er der løbende sket en udvikling i takt med øget fokus på energikravene samt bedre viden om betonens og armeringens egenskaber ift. de bygningsfysiske forhold.

Som det ses af ovenstående beskrivelse af bygningstyper har byggeriet ændret sig hen mod en mere industriel fremstilling af byggekomponenter dog uden at dette har ændret produktiviteten i større grad siden 1970'erne [9].

I takt med at bygningernes arkitektur og udformning har ændret sig er der også sket en markant udvikling i anvendelsen af forskellige materialer. Hvor man i de første typer byggerier arbejdede med få forskellige typer materialer herunder træ, tegl, mørtel, glas, beton og jern m.v. har man i dag væsentlig flere materialer og nye kommer til hver dag [9].

## 9 Fokusområder

Brand, Lyd og Fugt bliver som tidligere nævnt ofte tillagt skylden for at man ikke kan opføre højhuse i træ i Danmark: Træ kan brænde, træ er et let materiale og dæmper ikke lyd, træ er organisk og vil rådne i det danske klima.

Ingen af de ovennævnte postulater er usande, men vi kan forebygge at problemerne opstår ved at gennemtænke byggeriet og forholde os aktivt til de aktuelle risici.

At udarbejde et byggeri, hvor hovedparten er udført i træ er en kompleks opgaveligesom traditionelt byggeri og skal løses af flere fagområder herunder, statikere, brandrådgivere, arkitekter, bygningskonstruktører m.fl. som på hver deres felt er eksperter.

De efterfølgende afsnit vil beskrive de enkelte problemstillinger hver for sig. For hvert fokusområde beskrives 1) udfordringen, 2) de rammer, krav og vidensgrundlag, som regulerer byggeriet indenfor dette felt i Danmark, og 3) et eksempel på, hvordan eksisterende løsninger fra udlandet kan benyttes. Der vil være en opsamling og en delkonklusion efter hvert fokusområde.

### 9.1 Brand

På baggrund af rapporterne fra InnoBYG spireprojektet blev nedenstående spørgsmål identificeret i relation til brand:

- *Hvad er udfordringen ved at bygge højt i træ?*
- *Hvordan kan vi med udgangspunkt i bygningsreglementets brandkrav og teknisk fælleseje finde byggetekniske løsninger med afsæt i udenlandske eksempler*
- *Hvad giver de funktionsbaserede brandkrav os af muligheder for at bygge højt i træ?*

Som tidligere beskrevet har den historiske udvikling haft stor indflydelse på lovgivningen og dermed også på brandområdet. De danske brandkrav er beskrevet i Bygningsreglementet 2018 (BR18) kap. 5 og dertilhørende bilag.

Alle ved at træ kan brænde og bidrage til en brand. Brand opfattes som en af de primære barrierer for opførelse af etagehuse i træ, hvilket til dels også har været rigtig indtil indførelsen af de funktionsbaserede brandkrav.

I rapporten 'Brandforhold' (henvisning) beskrives det, hvordan det i Danmark er den generelle opfattelse, at bygninger over 4 etager (gulv i øverste etage er over 9,6 m over terræn) ikke kan opføres med bærende trækonstruktioner i Danmark. Dette forhold gør sig imidlertid kun gældende såfremt EBB anvendes som dokumentation. [4]

I projektperioden for InnoBYG (2016 – 2017) var EBB stadigvæk en del af brandkravene i Bygningsreglementet BR95 og derfor også en begrænsning i forhold til at bygge højere end 4 etager.

Med afløsning af Bygningsreglementet 2018 (BR18) indførtes der imidlertid 16 bilag som vejledninger til, hvordan brandsikkerheden kunne opfyldes

§ 85 Dokumentation for, at byggeri opfylder kravene i kapitel 5, skal ske i henhold til Bygningsreglementets vejledning til kapitel 5 - Brand - eller på en anden måde, som på tilsvarende vis dokumenterer, at kravene er opfyldt.

### **9.1.1 Udfordring ift. brand og projektering:**

Generelt vil det være et behov for at den projekterende uddannes så de kan medvirke til at projektere byggerier efter certificeringsordningen dog med de begrænsninger der er ift. den aktuelle brandklasse hvortil der kræves en certificeret brandrådgiver.

På trods af denne udfordring og begrænsningen i at projektet primært skal udføres af certificeret rådgiver, er det nødvendigt at den projekterende har en indgående forståelse for begreber og udfordringer forbundet med at projektere ift. brand. Det er som i traditionelt byggeri nødvendigt at projektet formes ud fra bidrag fra byggeriets forskellige ekspertområder herunder ingeniørerne, arkitekter, producenter, leverandører m.v.

I forhold til emnet Højhuse i Træ er, at der ikke er tilgængeligt nationalt materiale om eksempler på konstruktioner, bygningsdele og bygningsfysikken generelt.

Som nævnt i BR18 kan brandkravet opfyldes på anden måde end ved anvendelse vejledningerne dog skal dette ske ved brandteknisk dokumentation. Denne dokumentation vil typiske bestå af prøvninger, brandsimuleringer, beregninger, komparative analyser m.v. og skal udføres af en certificeret brandrådgiver.

Udfordringen er dog at viden om konstruktioner og de brandmæssige forhold i Danmark er sparsomme og derfor er det relevant at finde den nødvendige viden fra internationale kilder.

### **9.1.2 Vidensgrundlaget:**

Siden 2004 har brandkravene i bygningsreglementet været funktionsbaserede, hvor der ikke er specifikke krav til, hvordan brandsikringen i en given bygning skal udføres. Før 2004 bestod brandkravene af en eksempelsamling med præskriptive løsninger, hvilke også kan anvendes til at brandsikre en bygning i dag.

Anvendes Eksempelsamlingen tilføjes blot nogle begrænsninger for byggeriet, bl.a. at der ved materialeklasse D-s2,d2 maks. kan bygges op til fire etager og at en bygning i træ højere end fire etager derfor ikke kan brandsikres jf. Eksempelsamlingen om brandsikring af byggeri. [7]

I stedet skal de funktionsbaserede brandkrav overholdes, hvilket kræver mere dokumentation fra bygherre og dennes rådgivere ved ansøgning om byggetilladelse. I de funktionsbaserede brandkrav er der ingen begrænsninger på udformning af byggeriet, det skal blot bevises, at visse acceptkriterier er overholdt, således personer har mulighed for at blive reddet sikkert ud af bygningen. Dette kræver flere ressourcer for bygherre at bevise, og da der ikke er meget erfaring med etagebyggeri i træ i Danmark, kræver det endnu flere at være blandt de første. [4]

Siden indførelsen af de funktionsbaseret brandkrav er det altså muligt at bygge huse som er højere end 4 etager så længe man blot dokumentere at brandsikkerheden overholdes. Dokumentationen af denne type byggerier vil typisk ske via en certificeret brandrådgiver og afhængig af bygningstype, etager og anvendelseskategori så vil den certificerede rådgiver være godkendt til behandling af denne type byggerier. For yderligere oplysning om certificeret brandrådgivers virke henvises til Bygningsreglementet 18 (BR18) § 545 - § 551.

Ved projektering ift. brandkrav anvendes BR18 med tilhørende vejledninger og bilag, SBI 272 – anvisning om bygningsreglementet 2018. Eksempelsamlingen om brandsikkerhed i byggeri er ikke længere gældende.

### **9.1.3 Eksempel på løsning af udfordringer:**

En brandsektion

f.eks. en bærende væg i en bygning I bygninger, med gulv i øverste etage mere end 12,0 m og højst 45,0 m over terræn, skal de bygningsdele, som afgrænser en brandsektion, udføres med en brandmodstandsevne, som mindst bygningsdel klasse EI 60 / A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 60].

Her skal den projekterende finde en løsning som kan opfylde ovennævnte krav. Det vil umiddelbart ikke være muligt at finde en konstruktionsløsning som kan opfylde ovenstående da konstruktionen skal være af u brændbare materialer da der indgår træ i konstruktionen.

Den projekterende vil via international litteratur finde en tilnærmelse til den konstruktion der kan anvendes og via simuleringstværværktøjer beregne bandbeskyttelsen

Som eksempel kan nævnes anvendelsen af et CLT-element (Cross Laminated timber) så vil man næppe opfylde kravet hvis elementet fremstår ubeskyttet. Til at beregne brandmodstandstandsevnen kan KLH's [8] designværktøj bruges.

EGENSKAPER | NORMAL
EGENSKAPER | BRANN

?
↓
🖨️
⤴️

Overflatekvalitet: IVQ

Paneltype: TL

KLH panel: KLH 5s 120 TL

Varihet for brannmotstand: REI 120

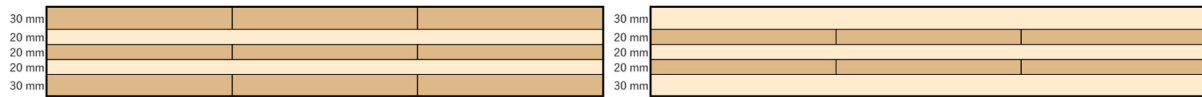
Overflate Eksponert side 1: 2x12.5 Gt-A

Overflate Eksponert side 2: 2x15 Gt-F

ETA
FRA

🇩🇰
🇳🇴
🇸🇪
🇩🇪
🇫🇮
🇵🇱
🇨🇪
🇮🇹
🇪🇸
🇵🇹
🇬🇷
🇨🇾
🇮🇸

### Grafisk fremstilling



### Stivhet og tverrsnittsdata for EDB-basert analyse

Stivhetsegenskaper for modellering av KLH element som skjær-fleksibel platestruktur ved bruk av FEM		Normal temperatur		
		b = 1m		
		X	Y	
EJ	Bøystivhet	1.520	208	kNm <sup>2</sup> /m
GJ	Torsjonsstivhet	58,4		kNm <sup>2</sup> /m
GA	Skjærstivhet	10.200	4.420	kN/m
EA	Aksialstivhet	960.000	480.000	kN/m
GA2	Skjærstivhet i planet	40.500		kN/m

Stivhetsegenskaper for modellering av KLH element som ortotrop plate ved bruk av FEM		Normal temperatur		
		b = 1m		

Figur 8, KLH designverktøy Brand

Ovenstående eksempel tager udgangspunkt i et CLT-element men de samme gælder fro anvendelsen af skeletkonstruktioner samt hybrid-elementer.

Det er vigtigt at understrege at valget at bygningskonstruktionen ud fra en brandteknisk designanalyse ikke står alene da konstruktionen, som tidligere nævnt, ikke er u brændbar. Her vil den projekterende skulle tage stilling til yderligere brandtekniske tiltag som skal indgå i den samlede analyse.

Det væsentlige ved metoden er at den projekterende opnår viden om de muligheder og begrænsninger der er ved anvendelsen af træ som bærende konstruktion og mest af alt at det er muligt at bruge, hvis de rigtige analyser og foranstaltninger udføres.

Dette fremgår også af afrapporteringen af InnoBYG spireprojektet, hvor følgende brandtemaet belyses.

Hvad enten man bygger lavt eller højt byggeri, er det i princippet de samme brandmæssige forhold, der skal dokumenteres. Dog stiger kompleksiteten for især evakuering og redningsberedskabets indsats med stigende bygningshøjde. Og jo længere tid der er nødvendig for evakuering og indsats, jo længere brandmodstandsevnetid vil det være nødvendigt at kræve af de bærende konstruktioner. Denne sammenhæng gælder dog uanset om de bærende konstruktioner er brændbare eller u brændbare og gælder således ikke specifikt for trækonstruktioner.

Konsekvensen ved brand i en høj bygning vil alt andet lige være større end for en lav bygning. For at opnå samme brandsikkerhedsniveau (risikobillede) i en høj bygning kan det derfor være nødvendigt at indbygge større robusthed i de brandtekniske løsninger. Robustheden kan fx tænkes ind i valget af sikkerhedsmargener (fx længere brandmodstandsevnetid) eller i valget af

brandsikringstiltag (fx kombination af passive og aktive brandsikringstiltag). Dette forhold er uafhængigt af materialevalget.

Opsummerende kan man sige at der ikke er nogen større brandtekniske udfordringer ved at bygge høje huse med bærende konstruktioner af træ (sammenlignet med andre materialer som beton og stål), så længe trækonstruktionerne beskyttes af et til formålet egnet passivt brandbeskyttelsessystem. Udfordringerne ligger derfor primært i at dokumentere tilstrækkelig brandsikkerhed, hvis trækonstruktionerne skal fremstå synlige (og dermed uafdækkede).

Uanset valget af metode for brandteknisk dokumentation (jf. Tabel 1) anbefales det, at der lægges særlig fokus på følgende forhold, når der anvendes synlige bærende trækonstruktioner i fleretagers bygninger: [4]

Tabel 1, Fokuspunkter ved brandsikring af fleretagers bygninger med bærende trækonstruktioner. Tabellen er ikke udtømmende og beskriver risici og afhjælpende tiltag, som også er gældende for andre typer bygningsmaterialer, [4]

Forhold	Beskrivelse af risici	Eksempler på afhjælpende tiltag
Risikoen for personer i rummet, hvor branden opstår	Ubeskyttede træoverflader vil bidrage til brandens udvikling og kan potentielt medføre en kortere tid til der opstår kritiske forhold og overtænding i rummet.	Brandimprægnering kan medvirke til at reducere træets energibidrag i det tidlige brandforløb. Dog kan brandimprægnering medvirke til øget røgproduktion. Energibidrag fra træets overflader kan ligeledes reduceres ved at installere et sprinkleranlæg. Vandet vil køle røggasserne, hvorved varmetilførslen til træet reduceres væsentligt.
Risikoen for personer i øvrige rum i bygningen	Hvis en brand får mulighed for at udvikle sig, vil der på et tidspunkt ske gennembrænding i de svageste bygningsdele, hvorved branden kan sprede sig til andre rum i bygningen og medføre kritiske forhold i disse. De kritiske områder for personer i bygningen er især flugtvejsgange og flugtvejstrapper. Brandspredning i bygningen kan også ske udvendigt langs facaden, især hvis facaden har brændbar overflade.	Brandadskillende konstruktioner (vægge, døre, etageadskillelser, samlingsdetaljer m.m.) kan designes til at modstå gennembrænding i et bestemt tidsrum herunder er det særligt vigtigt, at bygningens flugtvejsgange og –trapper er brandmæssigt adskilt fra øvrige rum. De brandadskillende konstruktioner kan være helt eller delvist udført af træ. Et sprinkleranlæg kan medvirke til at køle både røglag og væg- og loftoverflader. Derved kan overtænding som regel undgås, hvilket væsentligt reducerer risikoen for brandspredning til andre rum i bygningen. Brandalarmanlæg kombineret med varslingsanlæg kan medvirke til hurtigere at få personer i bygningen ud i flugtvejssystemet og ud af bygningen, inden branden spreder sig fra det brandramte rum til andre rum (herunder til flugtvejene).

Målet er at der på sigt vil komme erfaringsmateriale som kan danne grundlag for den viden som er nødvendig for at de projekterende kan projektere mere "troværdigt" ift. brand herunder eksempler på vægge, dæk og tag m.v. som er brandtestet og f.eks fremgå af materialet fra SBI eller TRÆ-information.

#### **9.1.4 Brand, delkonklusion**

Udfordringen ved at bygge højt i træ er primært den manglende viden om hvordan man skal takle brandproblematikkerne da der ikke er national erfaringsmateriale tilgængeligt. Herved stilles den projekterende og bygherre overfor mange usikkerheder som skal afklares det samlede overblik for bygningen er klarlagt. Sammenlignet med traditionelt byggeri så er de anvendte løsninger kendte og afprøvet og derved er risikoen væsentlig mindre og mere motiverende af anvende.

Manglende viden og eksempler på løsninger som vi kender det fra traditionelle løsninger gør at vi er nødt til at kigge ud over landets grænser for at finde løsninger på hvordan man har løst brandproblematikker. Det er dog ikke muligt at løsningerne direkte kan adapteres ind i den danske kontekst. Det er her væsentligt at de valgte løsninger kan dokumenteres så de opfylder kravene jf. bygningsreglementets krav om brand. Her kan det være påkrævet/nødvendigt at der udføres et grundigt analysearbejde med afsæt i krav og alment teknisk fælleseje. Ydermere kan yderligere dokumentation være nødvendigt herunder prøvning af nye konstruktioner og bygningsdele.

De danske brandkrav er ufrivillige og skal overholdes. Opfattelsen har været at det kun er muligt at bygge op til 4 etager i huse af træ. Med indførelsen af de funktionsbaseret brandkrav åbnes der op for muligheden for at man kan bygge højere end 4 etager så længe man dokumentere at sikkerhedsniveauet er i overensstemmelse med bygningsreglementets krav. Dette vil kræve at der skal tilknyttes en certificeret brandrådgiver for at løse og godkende brandsikkerheden.

Generelt er brand ikke en hindring for at bygge i højden. Udfordringen er mere den manglende erfaring og viden samt eksempler på at løse de byggetekniske udfordringer ift. brand. I takt med at der kommer mere fokus og pres på at bygge bæredygtigt vil der også komme et pres på at der udvikles mere viden inden for området og herved vil vi i fremtiden se nationale eksempler på løsninger kan udføres så de opfylder bygningsreglementets krav.

Det er dog vigtigt at påpege at, hver bygning er unik og skal behandles unik ift. brandkrav men at bygningsdelene og konstruktionssamlingerne ofte kan være de samme.



## 9.2 Lyd:

Følgende spørgsmål blev formuleret i forhold til lyd:

- Hvad er udfordringen ved at bygge med lette konstruktioner og materialer i forhold til lyd?
- Hvordan kan vi med udgangspunkt i bygningsreglementets lydkrav og teknisk fælleseje finde byggetekniske løsninger med afsæt i udenlandske eksempler?

Lyd opfattes forskelligt og kan være generende i større eller mindre omfang. Man kan vænne sig til forskellige lyde så det ikke påvirker ens hverdag og velvære.

Kilder til støj fra en bygnings omgivelser kan fx stamme fra vejtrafik, flytrafik, jernbaner, virksomheder, vindmøller og støj i nabolaget. Kilder til støj inde fra bygninger kan fx stamme fra ventilationssystemer, kontormaskiner, maskiner i hjemmet og naboaktiviteter.

Den væsentligste kilde til støjbelastning i Danmark er trafikstøj, og herunder særligt vejtrafikstøj. Miljøstyrelsens nyeste kortlægning fra 2012 viser, at ca. 723.000 boliger er udsat for vejstøj på mere end 58 d(B), der er den vejledende grænseværdi for vejstøj. Af disse er ca. 141.000 boliger stærkt støjbelastet med et støjniveau på 68 dB eller mere.

Støj i det eksterne miljø er normalt ikke så kraftig, at den giver høreskader, men støjen kan være generende og kan have uønskede virkninger som forstyrrelse af samtale, nedsat indlæring og forstyrrelse af søvnen. Langtidsudsættelse for støj fra vejtrafik er vist at øge risikoen for blivende effekter som forhøjet blodtryk og hjerte-kar-sygdom.

WHO har i 2011 estimeret, at mindst 1 mio. sunde år tabes årligt i Vesteuropa pga. trafikrelateret støj. Det skyldes hovedsageligt søvnforstyrrelser og støjgener som følge af vejtrafikstøj. [9]

### 9.2.1 Udfordring ift. lyd og projektering:

Vi er hele tiden omgivet af lyde som vi skal forholde os til i større eller mindre grad, bevist eller ubevist. Det væsentlige er, at vi som mennesker har brug for ro da undersøgelser ellers viser at længere tids støjpåvirkning kan have sundhedsmæssige konsekvenser. Boligen er vores base og stedet hvor vi skal restituere og få kræfter til de gøremål og udfordringer vi møder i vores hverdag.

Derfor er det vigtigt at boligen konstrueres så der sikres mest optimale forhold for ro og restitution.

En af de store udfordringer ved at anvende træ ved et etagebyggeri er, at træ ved sammenligning med beton har nogle dårligere egenskaber i forhold til lyd grundet den reduceret densitet.

Massivt træ ændrer ikke de lydabsorberende egenskaber, på trods af dimension og vægt, hvilket skyldes at træet har en lav massefylde. En løsning på problemet med lyd kunne være, at der bliver tillagt konstruktionen en yderligere masse. Denne løsning har dog ulempen at den medfører øget dimensioner på den konstruktion, hvilket reducerer volumen og arealet for det enkelte rum.

## 9.2.2 Vidensgrundlaget:

Lydkrav til boliger er beskrevet i Bygningsreglementet 2018 kap 17. Løsninger for overholdelse af lydkrav kan f.eks. findes i SBI anvisning 237 Lydisolering mellem boliger – Nybyggeri. Heri findes eksempler konstruktioner og bygningsdele, som opfylder kravet til lydisolering herunder luftlyd og trinlydniveau.

Bygningsreglementet med dertilhørende vejledninger beskriver de krav der skal overholdes ift. nogle givne kvalitetsniveauer.

Som det ses af figur 10 er der ligeledes krav til lette konstruktioner herunder lejlighedsskel. For at opfylde kravene vi den projekterende søge viden i relevante SBI-anvisninger og andet alment teknisk fælleseje.

Der er dog manglende viden om de nye konstruktionsmetoder, hvor der primært anvendes massive trækonstruktioner eller hybridelementer og her er det en udfordring at finde løsningsmuligheder. Som det ses af nedenstående tabeller og figurer så findes der adskillige eksempler på løsning af traditionelle konstruktioner.

### Supplerende vejledning [3]

For at forebygge gener ved lave frekvenser anbefales

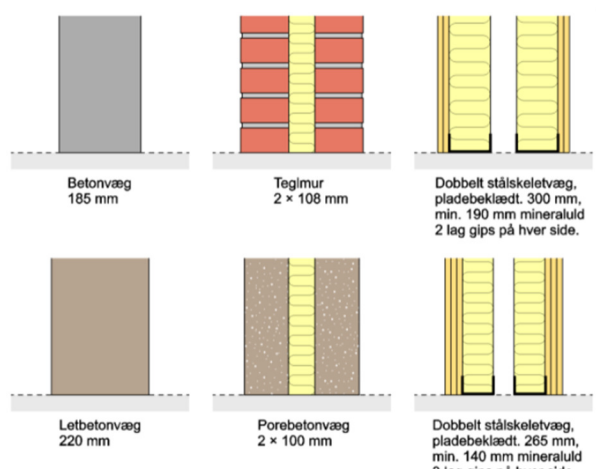
- a) for lette <sup>1)</sup> konstruktioner i lejlighedsskel: Luftlydisolation,  $R'_{w} + C_{50-3150} \geq 53 \text{ dB}$
- b) for lette <sup>1)</sup> konstruktioner i lejlighedsskel: Trinlydniveau,  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 53 \text{ dB}$

Figur 9, lydkrav for lette konstruktioner i lydklasse C jf. BR18

## Vægge:

Tabel 2, Bygningstype 1. Boligadskillende vægge i murværk, beton og letbeton, som kan forventes at overholde krav til luftlydisolation  $R'_{w} \geq 55 \text{ dB}$ ., jf. SBI 237.

Vægopbygning	
Anbefalet fladevægt, min. ca.	440 kg/m <sup>2</sup>
Eksempler på vægge og tykkelser	
Beton (rumvægt 2400 kg/m <sup>3</sup> )	185 mm
Letbeton (rumvægt 2000 kg/m <sup>3</sup> )	220 mm
Teglmur (rumvægt 1260-1800 kg/m <sup>3</sup> )	350 mm



Figur 10, Eksempler på boligadskillende tunge enkeltvægge, tunge dobbeltvægge og lette pladebeklædte dobbeltvægge., kilde SBI 237

Bygningstype 1 angives som bygning med tunge etagedæk og tunge enkeltvægge i lejlighedsskel [10]

## Etageadskillelse:

Tablet 3, Boligadskillende etageadskillelser i beton og letbeton, som kan forventes at overholde krav til luftlydisolation  $R'_{w} \geq 55$  dB og trinlydniveau  $L'_{n,w} \leq 53$  dB.jf. SBI 237.

Opbygning af etageadskillelse, gulv/dæk	Gulvgruppe 1 $\Delta L_w \geq 17$ dB $\Delta R_w \geq 0$ dB	Gulvgruppe 2 $\Delta L_w \geq 20$ dB $\Delta R_w \geq 3$ dB	Gulvgruppe 3 $\Delta L_w \geq 25$ dB $\Delta R_w \geq 7$ dB
Anbefalet fladevægt af dæk, min. ca.	550 kg/m <sup>2</sup>	440 kg/m <sup>2</sup>	310 kg/m <sup>2</sup>
Eksempler på dæk og tykkelser			
Betondæk	230 mm	185 mm	150 mm
Betonhuldæk		340 mm	220 mm
Betonhuldæk m. betonafretning/-påstøbning	340 mm + 40 mm	220 mm + 55 mm	
Letbetondæk (rumvægt 2000 kg/m <sup>3</sup> )	280 mm	220 mm	180 mm
Betonhuldæk m. lydisolerende nedhængt loft			180 mm, 2×13 mm gipsplade, 100 mm hulrum m. 75 mm lydabsorbent

Eksempler på opfyldelse af krav til traditionelle dæk-konstruktioner kan f.eks. findes i Isover's Brochure anvisning om brand og lydisolering [11]

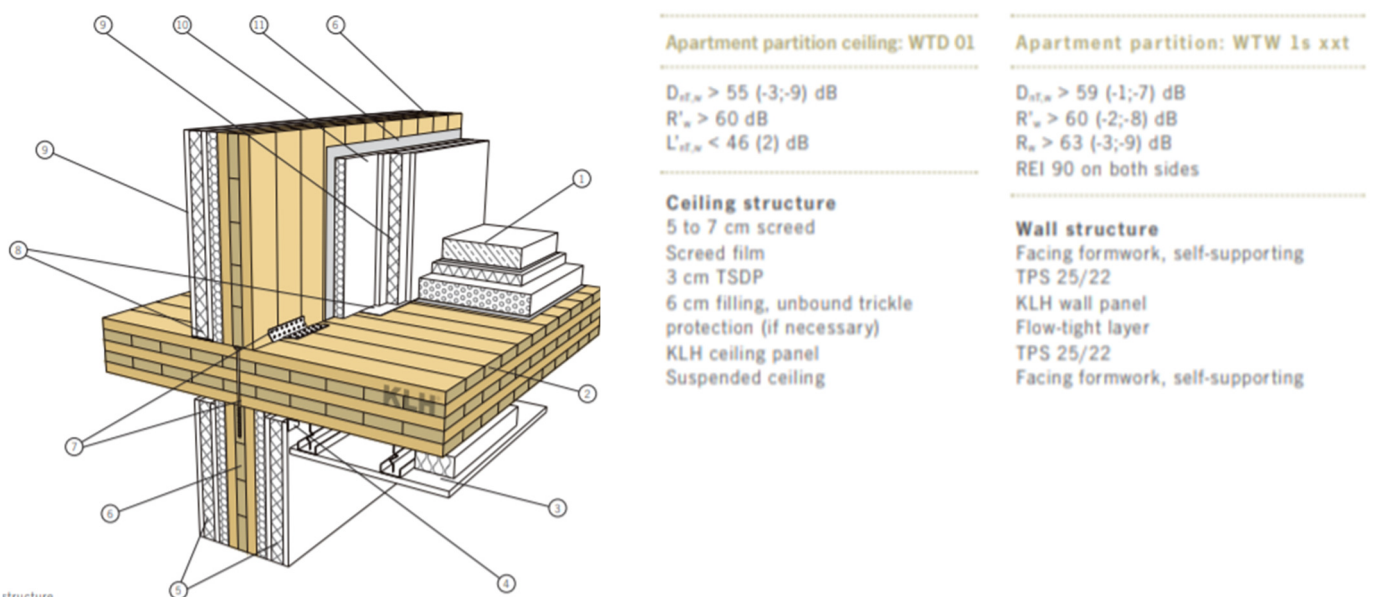
Etageadskillelser, beton					
122			REI 60 A2-s1,d0 [BS 60]	55	53
122			REI 60 A2-s1,d0 [BS 60]	55	53
123			REI 60 A2-s1,d0 [BS 60]	55	53
123			REI 60 A2-s1,d0 [BS 60]	55	53

### 9.2.3 Eksempel på løsning af udfordringer:

Nedenstående illustration viser opfyldelse af kravene ift. traditionelle væg- og dæk konstruktioner sammenholdt med konstruktion af CLT-element. Ved sammenligningen er der anvendt SBI-anvisning 237 [10] for traditionelle konstruktioner og Konstruktionsdata fra KLH [12]

Jf. lydkravet for lette konstruktioner herunder CLT-elementer skal kravet om 53 dB for luftlyd og trinlyd opfyldes jf. figur 8.

For at opfylde kan nedenstående konstruktioner anvendes:



Figur 11, Illustration af vandret og lodret lejlighedsskel, Kilde KLH

Konstruktionseksemplet viser en væsentlig forøgelse af tykkelsen på konstruktionen samt mange indbygget lag, hvilket også betyder mange processer. Det er ligeledes vigtigt at konstruktionerne adskilles i samlingerne så der opnås reduktion af flangetransmission (bankelyd).

På samme måde kan der udføres sammenligning af andre konstruktioner herunder Hybrid-elementer som er sammensatte elementer af ex beton, stål og træ men hvor træ er det primære materiale i konstruktionen. Der er dog ikke de samme data til rådighed. Her kan opbygningen ovenpå betondækket sammenlignes med traditionel opbygning. Nedenstående illustration viser et dækelement fra firmaet CREE [13]



Figur 12, Hybrid element fra CREE, kilde CREE Danmark

## 9.2.4 Lyd, delkonklusion

Uanset om der bygges med det, der omtales som traditionelle konstruktioner eller med konstruktioner primært i træ så skal lydkravene overholdes.

Tunge konstruktioner virker bedre til dæmpning af lyd. Dette gælder både ift. luftlyd, trinlyd og flangetransmission (bankelyd). Derfor har vi traditionelt haft få problemer ift. lyd når byggeriet opføres i traditionelle løsninger som er velbeskrevet i alment teknisk fælleseje.

Ved at bygge med lette konstruktioner skal vi derfor projektere så vi får de samme egenskaber for den lette konstruktion som ved den traditionelle, tunge konstruktion. Her kan/vil det være nødvendigt at kombinere materialerne så der indbygges densitet i konstruktionen eller anvende konstruktioner som er opbygget i en kombination af ex. beton og træ (hybrid).

Også i samlingsdetaljen er det væsentligt at man ikke skaber mulighed for at lyden kan transmitteres og dette kan sikres ved at indlægge membraner og påføre isolerende bygningsdele uden på træelementet.

Som det ses i eksemplet, så er der mulighed for at finde løsninger på konstruktioner i træ som kan opfylde kravet. Dog er udfordringen, at de fleste løsninger med træ, indeholder væsentlige flere lag og dermed også flere processer og faglige afhængigheder. De mange lag og forskellige processer kan være medvirkende til at løsningerne bliver anset for at være komplekse og fordyrende ift. et projekt og hvis erfaringen også mangler, så er motivationen for at bruge denne type løsning formentlig også mindre.

Flere af disse løsninger er allerede anvendt og afprøvet på internationale byggerier og angivet i producenters anvisninger. Den projekterendes opgave er at klarlægge de danske lydkrav og herefter sammenholde med de internationale løsninger og dansk alment teknisk fælleseje. Det skal dog bemærkes at prøvning af en bygningsdel også kan være nødvendigt for at opnå den rette dokumentation og ligeledes skal den projekterende sikre sig at prøvningsmetoderne for lydkravene er sammenlignelige.

## 9.3 Fugt:

Følgende spørgsmål blev identificeret i forhold til fugt:

- Hvordan kan vi med udgangspunkt i bygningsreglementets fugtkrav og teknisk fælleseje tage højde for fugtproblemer i træbyggeri?

Det påpeges at en væsentlig del af fugtsikringen er en fornuftig fugtstrategi som indarbejdes fra opstartet af projekteringen. I rapporten henvises til et 18 etagers byggeri i Canada hvor fugtsikringen har været i fokus helt fra projekteringen og her har man høste gode erfaringer.

### 9.3.1 Udfordring ift. fugt og projektering:

Manglende fugtsikring og planlægning/strategi har vist sig at give store problemer i mange byggerier i Danmark. Her tænkes på traditionelt byggeri hvor de primære dele er af uorganiske materialer. Problemerne er beskrevet i talrige BYG-ERFA blade og har årsag både i projekteringen, håndtering af materialer, manglende overdækning, fejl i udførelsen m.m.

Fugt i byggeriet er en problemstilling de kræver særlig opmærksomhed når der bruges organiske materialer. Vi ved fra traditionelle konstruktioner, hvordan vi skal sikre mod fugt fra vores omgivelser. Gennem de senere år har der været stor fokus på energioptimering af vores boliger for at sikre optimal udnyttelse af den energi som tilføres og derigennem nedbringelse af de miljømæssige påvirkninger af vores omgivelser.

Fugten i vores boliger kommer typisk fra den daglige brug af boligen hvor madlavning, tøjvask, menneskelig respiration afgiver ca. 10 liter pr. døgn. Ligeledes kan fugt komme fra Byggefugt, utætte installationer, utæt klimaskærm, opstigende fugt o.s.v.

Om der bygges med traditionelle konstruktioner eller primært med træ så er det samme forhold der skal tages hensyn til i projekteringen med også i udførelsen. Specielt i udførelsen skal der være øget fokus på fugt så indbygning af byggefugt undgås.

Det er vigtigt at der allerede i projekteringen tages højde for udarbejdelsen af en fugtstrategi for byggeriet så overraskelser undgås. En fugtstrategi kan f.eks. omhandle beskrivelse af de foranstaltninger der skal bruges før, under og efter montagen af et træelement herunder så der

ikke trænger vand ind i konstruktionen som efterfølgende er vanskelig at udtørre og derved kan få skader i form af skimmel, råd eller svamp.

### 9.3.2 Vidensgrundlaget:

Statens byggeforskningsinstitut har udgivet en vejledning som har til formål at vejlede om risici og afhjælpning af risikoområder i forbindelse med byggeriet og de materialer som indgår under opførelsen.

Denne vejledning er udarbejdet som en hjælp til at håndtere fugt i byggeriet gennem byggeprocessen, således at bygningsreglementets bestemmelser og intentioner overholdes og kan dokumenteres. Udformning af byggeriet, så det også i driftsfasen vil være fri for fugtproblemer, er kun beskrevet i mindre omfang. Disse konstruktionsmæssige forhold er nærmere beskrevet i anden litteratur, f.eks. SBI-anvisning 224, "Fugt i bygninger", og diverse BYG-ERFA Erfaringsblade, TOR-anvisninger, publikationer fra Træinformation, Murerfagets Oplysningsråd og Gulvbranchen.

Af BR18 fremgår det:

*§ 334*

*Bygninger skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så vand og fugt ikke medfører risiko for personers sundhed eller skader på bygningen.*

*§ 335*

*Bygninger skal sikres mod skadelig akkumulering af fugt som følge af fugttransport fra indeluften. Kuldebroer i klimaskærmen må ikke medføre problemer med f.eks. kondensdannelse og skimmelvækst.*

*§ 336*

*Bygningskonstruktioner og –materialer må ikke have et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for vækst af skimmelsvamp.*

*§ 337*

*Bygninger skal sikres mod indtrængning af vand fra grundvand og overfladevand. Bygninger skal desuden sikres mod opugning af fugt fra undergrunden.*

*§ 338*

*Klimaskærmen skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så der er tæthed mod indtrængen af regn og smeltevand, og så det på en forsvarlig måde kan løbe af. Tagvand skal via tagrender og/eller tagnedløb afledes til afløb. [14]*

Erfaringer fra ind- og udlandet viser at der kan udføres tørt byggerier af høj kvalitet og præcision, hvis de forødelende foranstaltninger træffes. Disse foranstaltninger kan være:

- planlægning af byggeperioden
- god logistik – just in time
- afdækning før og efter montage
- sikring mod vandindtrængning efter montage
- totalafdækning
- Kontrolforanstaltninger/kvalitetssikring
- Hurtig lukning

### 9.3.3 Løsning af udfordringer:

På markedet findes en række producenter og leverandører som kan bistå med løsninger på totalafdækninger og membranløsninger så risikoen for fugtskader minimeres.

Det væsentligste må være at der allerede i projekteringen tages højde for fugtrisikoen og at der i projekteringsmaterialet udarbejdes en fugtstrategi, hvor "worst case senrio" må være retningsgivende. Den projekterende må i hele projektet vurdere påvirkninger og følgevirkninger som derefter skal udmønte sig i en plan for foranstaltninger. At antage, at "det går nok" vil være fatal i et projekt, hvor så fugtfølsomme materialer er involveret.

Ofte vil konstruktionerne være udført som elementer som produceres under kontrollerede forhold på fabrik og med høj præcision og underlagt kvalitetskontrol gennem hele produktions flowet. Problematikken opstår når elementet forlader fabrikken og skal transporteres til byggepladsen for montage. Hvis der er udført en fornuftig fugtstrategi om byggeriet ikke udsættes for skadelig fugtpåvirkning så er en af de klare fordele at byggeriet kan udføres hurtigt, tørt og med bedre arbejdsmiljø.

Udfordringen er dog ofte at få synliggjort fordele og opvejet dem mod de tidligere beskrevne risici og herved få synliggjort overfor bygherre at der opnås et mere optimalt byggeri.

En investor går sandsynligvis efter det sikre og vil minimere sin økonomiske risiko mest muligt og derfor gå efter den sikre og velkendte løsning. Her er det rådgiverens rolle, vis analyser, synlige og vel beskrevet fugtstrategier at fjerne frygten for at turde investere i en ny fremtid med mere træ i byggeriet.

### 9.3.4 Fugt, delkonklusion

Byggeriet kan planlægges og processerne kan klarlægges ned i mindste detalje. Dog er vejret en stor usikkerhed i udførelsen og byggeprojektet fremdrift og kvalitetsudfald er ofte afhængigt af dette. Ved anvendelse af konstruktioner i træ bliver risikoen ikke mindre og her er det nødvendigt at der planlægges og tages højde for at konstruktionerne kan blive udsat for fugt i byggeperioden.

Et tørt byggeri er og dermed en god fugtstrategi fra projektstart er vigtigt da man minimerer eller undgår mange problemer under og efter byggeriet. Ligeledes vil en god fugtstrategi også medføre andre fordele herunder en mere kontinuerlig byggeproces uden afbrydelser, hvilket vil betyde øget effektivitet og produktivitet samt minimering af omkostninger til udtørring.

En god fugtstrategi vil også have en positiv indflydelse på arbejdsmiljøet og sikkerheden da der tages højde for at der arbejdes i omgivelser der er tilpasset byggeriet som ex. en totalafdækning, hvor der kan arbejdes i alt slags vejr.

Udfordringen er at en god fugtstrategi, på budgettet, kan påføre byggeriet en øget omkostning som kan være en barriere for bygherre. Her er det den projekterendes rolle at synliggøre alle fordelene ved at der anvendes en god fugtstrategi uagtet om der er tale om træbyggeri eller traditionelt byggeri.



## 10 Konklusion:

Projektet har haft til formål at indsamle viden og erfaringer som kan bidrage til at vores bygningskonstruktører opnår bredere kendskab til nye, bæredygtige byggemetoder. Samtidigt skulle projektet komme med et bud på, hvordan man via en tilpasset projekteringsmetodik kan inkludere nye byggetekniske løsninger i dansk byggeri.

Det skal understreges, at det ikke med projektet var hensigten eller målet at eliminere brugen af traditionelle materialer og byggemetoder. Målet med projektet var at skabe viden om anvendelsen af træ til højhusbyggeri og derved være med til at fremme en mere bæredygtig udvikling i dansk byggeri i kombination med allerede kendte materialer såsom stål, beton og tegl.

Barriererne for at bygge højt i træ var belyst inden projektstart via samarbejdet og netværket i InnoBYG, som var resulteret i rapporten 'Fleretagers træhuse – State of the art' samt 'Fleretagers træhuse - Brandforhold'. Med udgangspunkt i disse rapporter har projektet belyst, tre fokusområder, der var specielt vigtige at behandle ift. At bygge højt i træ.

At bygge med træ i mere end fire etager er ikke umuligt. Der er ingen lovgivning eller vejledninger som anfører, at det ikke er muligt. Ved at bygge i træ skal der tænkes på de samme forhold som ved at bygge i mere traditionelle konstruktioner.

Når der bygges med lette materialer som træ, er udfordringen at der skal indbygges flere supplerende materialer og lag for at opnå samme brand-, fugt og lydmæssige egenskaber som ved traditionelle konstruktioner. SBI anvisninger, Byg-ERFA samt andre publikationer er retningsangivende for best practice i dansk byggeri. Disse anvisninger suppleret med løsningsforslag til konstruktioner fra producenter danner grundlag for undervisningen på bygningskonstruktøruddannelsen.

Det er vigtigt at understrege, at bygningsfysikken ikke er meget anderledes ved at bygge med trækonstruktioner end ved at bygge med traditionelle konstruktioner men der skal være særlig fokus på udførelsen, hvor risikoen for fejl er størst.

Produktionen af træ-elementerne forgår under kontrollerede forhold med gode arbejdsforhold, hvor der kan sikres god og høj kvalitet. Fokus skal ligges når elementerne forlader produktionen og skal monteres på pladsen – her er det væsentligt, at der er indtænkt en god fugtstrategi, som sikrer et tørt byggeri og derved minimere risikoen for efterfølgende fugtskader/følgeskader.

Når kompleksiteten af en konstruktion øges ved flere processer og materialer øges risikoen for at der kan ske flere fejl da flere aktørerne skal arbejde på samme konstruktion. Vi ved, fra traditionelle konstruktioner, at det kræver en erfaring og viden om anvendelsen af nye konstruktionsopbygninger før der opnås effektivitet, kvalitet og værdiskabelse.

Det er væsentligt at vi som uddannelsesinstitution modner de projekterende til at imødekomme de nye krav til bæredygtigt byggeri herunder anvendelsen af andre materialer og byggemetoder. Det er dog vigtigt at vi ikke "opfinder den dybe tallerken" men bruger den viden vi har om bygningsfysik, risikovurdering og analyseteknik og dokumentation.

Fra projektets start i 2019 og til nu er der sket en væsentlig udvikling. Hvor der på Build in Wood konferencen 2019 kunne se oplæg som primært fokuserede på udfordringer og muligheder for at

bygge med træ. På samme konference i foråret 2021 så man mere, hvordan erfaringerne fra nationale og specielt internationale projekter blev vidensdelt.

I skrivende stund er der godkendt et 6 etagers byggeri på Østerbro i København som udføres i hybridelementer og opføres af Cree Denmark/Wood Building Systems Aps - en virksomhed, der er ejet af J. Jensen-koncernen. Andre projekter ligger på tegnebrættet.

Det vurderes at vi i de kommende år vil vi se flere byggerier med hovedvægten af træ skyde op i Danmark. Spørgsmålet er dog om vi nogensinde vil se et højhus i Danmark og spørgsmålet er jo også om det er der kræfterne skal ligges. Den danske boligmasse består primært af enfamiliehuse og lejlighedskomplekser i 4-8 etager og enkelte højere. Vi har i Danmark stor erfaring med at bygge denne type bygninger og måske er det der fokus skal rettes. Det er dog vigtigt at understrege, at vi ikke skal sætte baren lavt, men fokusere på at vi også kan bygge mere i højden med høj kompleksitet men tage ved lære fra de, efterhånden talrige, eksempler fra udlandet.

*Tidligere i år åbnede det fire etagers træhusbyggeri, Fremtidens Bæredygtige Almene Bolig i Lisbjerg ved Aarhus. Mens man i udlandet har bygget meget højere huse med bærende elementer i træ, er byggeriet ved Aarhus det første, der tangerer det etageantal, man nåede op på under byggeriet af de såkaldte CasaNova-boliger omkring årtusindskiftet. Men nu er træbyggeriet på vej mod endnu større højder. Det fortæller Bo Pedersen, der er kompetencechef for trækonstruktioner hos det rådgivende ingeniørfirma Moe.*

*Manglende erfaring betyder højere pris*

*Og erfaring er netop problemet i øjeblikket i Danmark, mener Bo Pedersen.*

*»Der er flere entreprenører, der gerne vil være med på træbyggerier. Men det er alle firmaer uden erfaring inden for denne type byggeri. Så når de skal til at give en pris, så bliver de usikre, fordi de ikke har prøvet det før, og så lægger de lidt ekstra på som sikkerhed. Det er ikke som udlandet, hvor der er en etableret industri inden for træelementproduktion - på linje med betonindustrien herhjemme - og der er en masse erfarne entreprenører, der kan komme med en skarp pris, fordi de har erfaring og knowhow.«*

*Den nuværende travlhed på det danske marked gør det ikke lettere for entreprenørerne at opbygge tilstrækkelig erfaring i deres organisationer.*

*»Min oplevelse er, at der er stor mandskabsudskiftning i firmaerne for tiden. Så selv om du hyrer et firma, der tidligere har bygget højt i træ, så er der sikkert kommet en masse nye folk til, så de ikke har kunnet akkumulere viden og opsamle erfaringerne fra det tidligere projekt,« siger han. [15]*

Alt tyder på at vi er på vej i den rigtige retning, men vi må erkende at det tager tid at få ændret byggebranchen. Ligeledes har lokale traditioner også stor indflydelse på hastigheden på forandringer. Som det ses, så sker de fleste nye tiltag i de større byer og afsmitningen til de mindre lokalområder vil muligvis ske over tid i takt med at kravene til bæredygtighed skærpes og der kommer øget fokus på investering i bæredygtigt byggeri.

Vi er som uddannelsesinstitution med til at løfte opgaven om formidling af mere bæredygtige løsninger indenfor dansk byggeri. Den viden de projekterende opnår gennem deres studie og eller efteruddannelse vil være afsmittende ude i virksomhederne som efterspørger mere viden om bæredygtighed. Det er en langsom proces, som kan sidestilles med ændringen af anvendelsen tegneprogrammerne af AutoCAD til Revit – et program, der blev indført i forbindelse med det digitale byggeris indførelse i 2007. Nu 14 år efter er der stadigvæk virksomheder som ikke bruger Revit endnu.

Indførelsen af nye metoder og teknikker komme ofte fra dimittenderne, som bliver ansat i firmaerne og bibringer nye metoder, programmer og viden til arbejdsprocesserne. De nyuddannede bygningskonstruktører skal virke som ambassadører for en ny bæredygtig fremtid i byggeriet.

## 11 Perspektivering:

Projektet viser at det er nødvendigt at der skabes viden og dette formidles til erhvervslivet, hvilket gøres via de nyuddannede projekterende, som kommer ud og agere som ambassadører for at bygge mere bæredygtigt.

Gennem projektet er det blevet mere tydeligt at vi muligvis skal fokusere mere på at transformere vores nuværende kendte etagebyggerier (4-8 etager) om til mere bæredygtige bygninger, herunder fokusere mere de materialer der anvendes og hvordan dette sammensættes.

For at anskueliggøre potentielt ved at anvende mere bæredygtige løsninger skal Livscyklusvurdering LCA og Totaløkonomi og levetidsomkostninger LCC være en større del af det analytiske arbejde for vores studerende. Allerede nu gives der viden om værktøjerne på uddannelsen men det skal have større indpas i uddannelsen. Disse redskaber bruges til at gøre bæredygtigheden målbar og det vurderes at vi på sigt vil se det som et krav i Bygningsreglementet, at der dokumenteres via disse redskaber.

Den 5. marts 2021 blev der indgået aftale mellem regeringens partier om en trinvis skærpelse af kravene til bæredygtighed i bygningsreglementet.

*Den nationale strategi for bæredygtigt byggeri indeholder initiativer målrettet klimavenligt byggeri og anlæg, holdbare bygninger af høj kvalitet, helhedsvurderinger ved renoveringer for at mindske nedrivning af bygninger af høj byggeteknisk kvalitet, ressourceeffektivt byggeri, energieffektive og sunde bygninger samt digitalt understøttet byggeri.*

*Aftalepartierne er enige om, at der som en del af strategien indføres krav i bygningsreglementet til bygningers klimaafttryk med udgangspunkt i kriteriet fra den frivillige bæredygtighedsklasse om livscyklusvurdering (LCA), der beregner byggeriets CO<sub>2</sub>-udledninger. Kravet indføres i bygningsreglementet på samme vis som bygningsreglementets øvrige tekniske krav, jf. også tabel 1 (markeret med grå i tabellen er frivillige krav). [16]*

Med afsæt i de fremtidige krav og rapportens konklusion er det væsentlig af vi fokusere meget mere på at udvikle på undervisningen som er målrettet den bæredygtige fremtid.

Følgende fokuspunkter foreslås til fremtidige studier:

- Effektivisering af byggeriets byggeprocesser – hvordan?
- Bedre udnyttelse og genanvendelse af byggematerialer for reduktion af ressourceforbruget
- Livscyklusvurdering LCA og LCC Levetidsomkostninger – hvad er kendskabet i lokalområdet.
- Undersøgelse af interessen og kendskabet for bæredygtighed blandt vores lokale virksomheder.

Vi må i fremtiden indstille os på at dokumentationsarbejdet ikke bliver mindre. Hvor vi i "gamle dage" kunne nøjes med en tegning med materialebeskrivelse skal vi i fremtiden indstille os på at vi skal dokumentere byggeriet fra vugge til grav og herved sikre en bedre udnyttelse af vores ressourcer samt minimere miljøpåvirkningerne.

## 12 Implementering og vidensdeling

Som en del af FoU-projektet er det et krav at projektet videndeles. Dette er gjort via foredrag, artikler, undervisning og samarbejde med virksomheder. Nærværende afsnit redegør for de tiltag som har været medvirkende til at projektets viden og resultater er blevet delt. Udover implementeringen i undervisning er projektet ligeledes videns delt via den årlige vidensdelingsdag januar 2020 på EASV fremført af Mogens Præst, Undervisning.

### 12.1.1 Udlandsophold New York

Det bærende tema for udlandsopholdet i New York er bæredygtigt byggeri og tager udgangspunkt i en opgave hvor de studerende skal fremkomme med forslag til et infill-byggeri på en udvalgt grund i New York. Programmet for opholdet er varieret med undervisning med interne undervisere samt undervisere fra USA, selvstudie og virksomhedsbesøg.

### 12.1.2 Valgfag i Højhuse i træ i Danmark

Valgfaget "Højhuse i træ i Danmark" blev, for første gang, gennemført september 2020. Valgfaget er opbygget ud fra den viden, som er fremkommet gennem projektet. Det er et væsentligt element i faget, at de studerende trænes i den projekteringsmetodik, som anvendes, når man arbejder med nye materialer og opbygninger, og der derfor ikke findes Alment teknisk fælleseje at læne sig opad. De studerende skal altså forholde sig til bygningsreglementets krav, men er nødt til at finde byggetekniske løsninger bl.a. fra udlandet, og eftervise, at de overholder de danske krav.

Nedenstående ses program (figur 1) og semesterbeskrivelsen for faget (Tabel 2).

## Valgfag - Højhuse i træ i Danmark

Rev. Dato: 28.08.2020

Uge	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
35	24-aug	25-aug	26-aug	27-aug	28-aug
08.00 - 08.45	Opstart og intro af opgaven Granskning Infosøgning	De studerende arbejder selv	De studerende arbejder selv	Byggesystemer og metoder - eksempler MFH	De studerende arbejder selv
08.45 - 09.30					
09.45 - 10.30					
10.30 - 11.15					
11.45 - 12.30					
12.30 - 13.15					
13.30 - 14.15					
14.15 - 15.00				De studerende arbejder selv	Loggivning m. Lasse Nygaard Christensen - Fokus på brand

Uge	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
36	31-aug	01-sep	02-sep	03-sep	04-sep
08.00 - 08.45	Elementtyper og samlingsmetoder	De studerende arbejder selv	DGNB??	Virksomhedsbesøg hos Taasinge Elementer Bjernekærvej 54, 5700 Svendborg Vi kører samlet i egne biler Mødetid senest 9:50	De studerende arbejder selv
08.45 - 09.30	Frederik Spanning fra CREE Danmark fortæller om projekterne med deres Hybrid-elementer. Kl. 10.00 - 11:30 via ZOOM				
09.45 - 10.30					
11.45 - 12.30	Træ og Miljø (mikrobiologi)				
12.30 - 13.15	Foredrag fra Goritas				
13.30 - 14.15	De studerende arbejder selv				
14.15 - 15.00					
		Arbejde med DGNB??			Træ og miljø
			Foredrag af CLT Danmark, Per Thomas Dahl via ZOOM Præsentation af CLT kl. 13.00 - 14.00		

Uge	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
37	07-sep	08-sep	09-sep	10-sep	11-sep
08.00 - 08.45	Viden om LCA & LCC arbejde med LCA & LCC	De studerende arbejder selv	Reserveret til til foredrag og besøg eller 8 lektioner projektarbejde	dag 1 Kl: 08:15 Eksamen	dag 2 Kl: 08:15 Eksamen
08.45 - 09.30					
09.45 - 10.30					
10.30 - 11.15					
11.45 - 12.30					
12.30 - 13.15					
13.30 - 14.15					
14.15 - 15.00					
	Foredrag af Nikolai Maj Jørgensen via zoom, Arkitema, Bæredygtighedskonsulent	Beregningsark			

Der tages forbehold for ændringer

Figur 13, Program for valgfaget F2020

Tabel 4, semesterbeskrivelse for valgfaget

<b>Element</b>	<b>Projektering: Højhuse i træ i Danmark</b>
<b>Placering</b>	4. og 5. semester
<b>Omfang</b>	5 ECTS points
<b>Mål</b>	<p>Elementet retter sig mod studerende, som ønsker at specialisere sig inden for projektering og få forståelse for Højhuse i træ herunder, miljømæssige, menneskelige, materielle og økonomiske værdier, som indgår i tidens byggeri, - og at give deltagerne en sådan indsigt i fagets mangeartede områder, at de får forståelse for såvel emnets detailproblemer som sager i større sammenhæng, det være sig af praktisk orienteret art eller inden for forskning og udvikling.</p> <p>Elementets mål:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• At den studerende kan redegøre for gældende dansk lovgivning og inddrage relevant international lovgivning til sammenligning.</li> <li>• At den studerende kan anvende internationale byggemetoder og implementere disse under danske forhold.</li> <li>• At den studerende kan redegøre for konstruktive byggemetoder herunder elementtyper og samlingsmetoder.</li> <li>• At den studerende får viden om bygningsfysik herunder lyd, brand, statik og fugt.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At den studerende kan redegøre for byggeriets CO2 potentiale</li> <li>• At den studerende kan redegøre for cirkulær økonomi.</li> <li>• At den studerende kan redegøre for produktion, kvalitet, logistik og transport.</li> <li>• DGNB-klassificering af bæredygtigt byggeri</li> </ul>
<b>Indhold</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvendelse af internationale byggemetoder</li> <li>• Anvendelse af dimensioneringsprogrammer/Ark</li> <li>• LCA &amp; LCC-analyser</li> <li>• Bygningsmaterialernes bygningsfysiske egenskaber.</li> <li>• Gæsteforelæsning og evt. webinar</li> <li>• Evt. virksomhedsbesøg/ekskursion</li> </ul>
<b>Litteratur</b>	<p>Bygningsreglement 2018 – relevante afsnit.            Anden litteratur som udleveres af underviseren.            En del af materialet vil forekomme på engelsk.            DGNB-manual            DGNB-matrix</p>
<b>Prøveform</b>	<p>Intern prøve (eksamen) med individuel bedømmelse.            Opgaverne skal udfærdiges og kunne godkendes, ligesom de skal afleveres til aftalt tid. At den studerende møder og er aktiv i timerne.</p>

## 12.1.2.1 Artikler

Projektet har stor interesse da dette er et højaktuelt emne. Som et led i vidensdelingen af projektet har projektet bidraget med 2 artikler herunder i Danske Erhvervsakademiets årsberetning 2019 [17] samt Danske Erhvervsakademiets Case publikation om 8 grønne aftryk [18].



## Studerende lærer at bygge fremtidens højhuse i træ

**Træ er ikke kun godt til at bygge mindre huse af. Ny teknologi gør det muligt at bygge højhuse i træ. På Erhvervsakademiet SydVest har de indsamlet international viden om klimavenlige højhuse og tilpasset den til danske forhold, så fremtidens bygningskonstruktører også kan bygge højt i træ.**

Træ er et godt bud på fremtidens byggemateriale – også til højhuse. Det går de i dybden med på bygningskonstruktøruddannelsen på Erhvervsakademiet SydVest.

Et simpelt regnskab illustrerer, hvorfor det er en god idé at bruge mere træ i byggeriet: Et træ opsuger CO<sub>2</sub> fra luften, når det vokser. Træet gavner dermed CO<sub>2</sub>-regnskabet, forklarer Morten Frank Hansen, der er projektleder og underviser på bygningskonstruktøruddannelsen:

"Beton, cement og armeringsjern er derimod meget energikrævende at fremstille og slider hårdt på CO<sub>2</sub>-regnskabet.

Derfor skal vi finde andre metoder, så vi reducerer byggeriets CO<sub>2</sub>-udledning, som er meget højt i forhold til andre brancher"

### Træ-pionerer i Danmark

Takket være teknologien findes der i dag såkaldt kryds lamineret træ (CLT). Det kan bruges på samme måde som betonelementer. Træet består populært sagt af flere lag træ, som er limet sammen. Der findes også eksempelvis kryds lamineret træ med beton. Morten Frank Hansen og kollegerne Mogens Prast og Anders Dahl-Hansen har lige slået døren op for træ som bygningsskemaer i træ.

"Vores intention er ikke, at man aldrig bruger beton i byggeriet. Men vi vil gerne åbne øjnene for, at der er andre måder at bygge på."





## 12.1.2.2 Foredrag

Som et bidrag til EASV's årlige viden delingsdag F2020 deltog Mogens Præst med en præsentation om projektets formål og baggrund for projektet.



Oplægget gav et billede af de udfordringer der ligger bagved

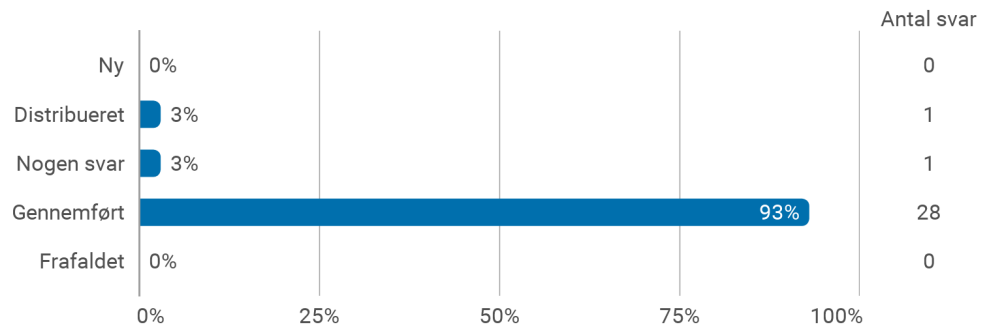
## 14 Bibliografi

- [1] Deloitte, »<https://www2.deloitte.com/dk/da.html>,« 2021. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/dk/da/pages/brancheanalyser/byggeanalysen/bygge-og-anlaegsbranchen-og-fns-verdensmal.html>. [Senest hentet eller vist den 5 April 2021].
- [2] Fynhold, Peder, »[Innobyg.dk](https://www.innobyg.dk),« 21 2 2017. [Online]. Available: <https://www.innobyg.dk/blogs/netvaerksgrupper/netvaerksgruppen-for-traebyggeri/om-netvaerksgruppen-for-traebyggeri/>.
- [3] P. Fynholm, A. Kjellow og N. Morsing, »Fleretagers træhuse - State of the art,« InnoBYG, 2017.
- [4] A. Dragsted, F. Markert, F. Larsen og P. Fynholm, »Fleretagers træhus - Brandforhold,« InnoBYG, 2017.
- [5] Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, Aalborg Universitet, »Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet,« Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, Aalborg Universitet, 2010.
- [6] M. Bregnsbo, »<https://denstoredanske.lex.dk>,« 11 11 2020. [Online]. Available: [https://denstoredanske.lex.dk/K%C3%B8benhavn\\_s\\_brande](https://denstoredanske.lex.dk/K%C3%B8benhavn_s_brande). [Senest hentet eller vist den 19 08 2021].
- [7] Byggecentrum, Eksempelsamlingen om brandsikring af byggeri 2021, 2 red., Byggecentrum, 2016.
- [8] KLH, »<https://www.klh.at/en/fire-protection/>,« KLH. [Online]. [Senest hentet eller vist den 19 08 2021].
- [9] Sundhedsstyrelsen, »<https://www.sst.dk/>,« [Online]. Available: <https://www.sst.dk/da/viden/miljoe/miljoe-og-sundhed/stoej>. [Senest hentet eller vist den 22 08 2021].
- [10] B. Rasmussen, D. Hoffmeyer og C. M. Petersen, SBI 237 LYDISOLERING MELLEMLIGER - NYBYGGERI, Statens Byggeforsknings Institut - Aalborg universitet, 2011.
- [11] Isover, »<https://www.saint-gobain.dk/dokumentation>,« 2020. [Online]. Available: <file:///C:/Users/mfc/Downloads/Brochure-Anvisning%20i%20brand%20og%20lydisolering-03.17.pdf>. [Senest hentet eller vist den 20 08 2021].
- [12] K. M. GmbH, »[KLH.at](https://www.klh.at),« 2012. [Online]. Available: <https://www.klh.at/wp-content/uploads/2019/09/klh-residential-en.pdf>. [Senest hentet eller vist den 20 08 2021].
- [13] Creedanmark.dk, »[Creedanmark.dk](https://www.creedanmark.dk),« [Online]. [Senest hentet eller vist den 19 08 2021].

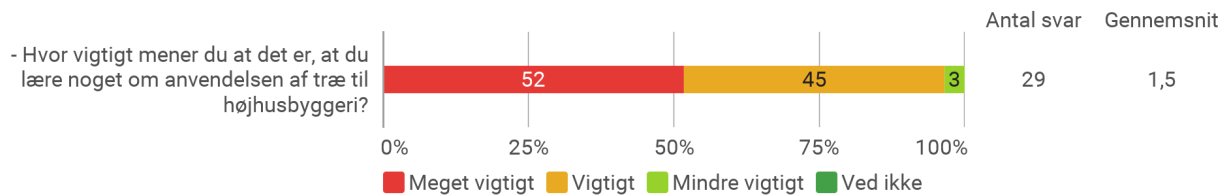
- [14] B.-. o. Planstyrelsen, »<https://bygningsreglementet.dk/>,« [Online]. Available: <https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/14/Krav>. [Senest hentet eller vist den 22 08 2021].
- [15] Ingeniøren, »<https://ing.dk/>,« 11 2018. [Online]. Available: <https://ing.dk/artikel/traehuse-paa-vej-mod-nye-danmarksrekorder-214352>. [Senest hentet eller vist den 23 08 2021].
- [16] I. o. boligministeriet, »<https://im.dk/publikationer/2021/apr/national-strategi-for-baeredygtigt-byggeri/>,« 06 04 2021. [Online]. [Senest hentet eller vist den 22 08 2021].
- [17] D. Erhvervsakademier, »[danskeerhvervsakademier.dk](https://dkea.dk/),« Marts 2020. [Online]. Available: <https://dkea.dk/sites/danskeerhvervsakademier.dk/files/media/document/2019%20Aarsberetning%20DKEA-web.pdf>.
- [18] Signe Tonsberg, »[danskeerhvervsakademier.dk](https://dkea.dk/),« september 2020. [Online]. Available: <https://dkea.dk/sites/danskeerhvervsakademier.dk/files/media/document/Gr%C3%B8nne%20aftryk-web%20enkelt sider.pdf>.
- [19] J. Engelmark, DANSK BYGGESKIK Etagebyggeriet gennem 150 år, 1 red., Lyngby, 2013.
- [20] Stora Enso, »[Storaenso.com](https://www.storaenso.com/),« 06 04 2020. [Online]. Available: [https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/certificates/wood-products-approvals-and-certificates/eta/clt\\_eta-14-0349\\_en.pdf](https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/certificates/wood-products-approvals-and-certificates/eta/clt_eta-14-0349_en.pdf). [Senest hentet eller vist den 20 08 2021].
- [21] S. Byggeforskningsinstitut, »Vejledning om kvalitetssikring i byggeriet,« maj 2001. [Online]. [Senest hentet eller vist den 3 9 2021].
- [22] L. SKJERNOV, »<https://blog.dengambleby.dk/>,« [Online]. Available: <https://blog.dengambleby.dk/bagfacaden/2014/10/>. [Senest hentet eller vist den 29 09 2021].
- [23] D. B. - . f. e. b. fremtid, »<https://www.danskbeton.dk/>,« 28 09 2021. [Online]. Available: <https://www.danskbeton.dk/arkitektur/historisk-beton/beton-fra-1970erne-brutalisme-og-skala/>.

## 15 Bilag

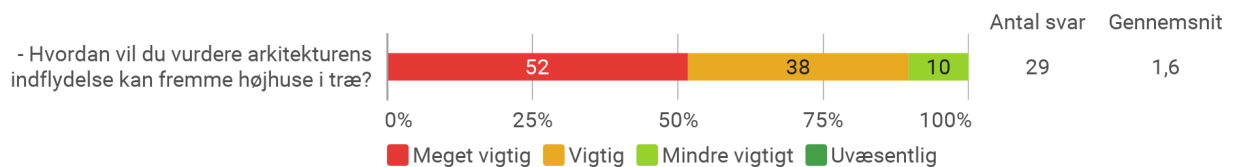
### Bilag 1



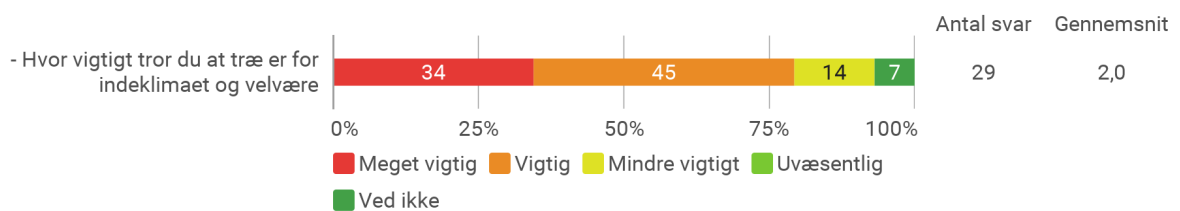
- Hvor vigtigt mener du at det er, at du lære noget om anvendelsen af træ til højhusbyggeri?



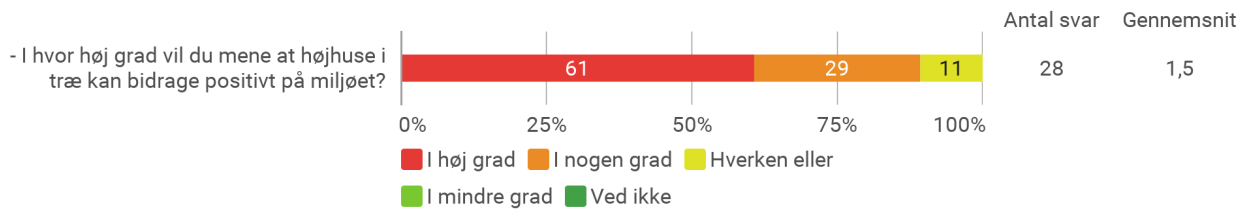
- Hvordan vil du vurdere arkitekturens indflydelse kan fremme højhuse i træ?



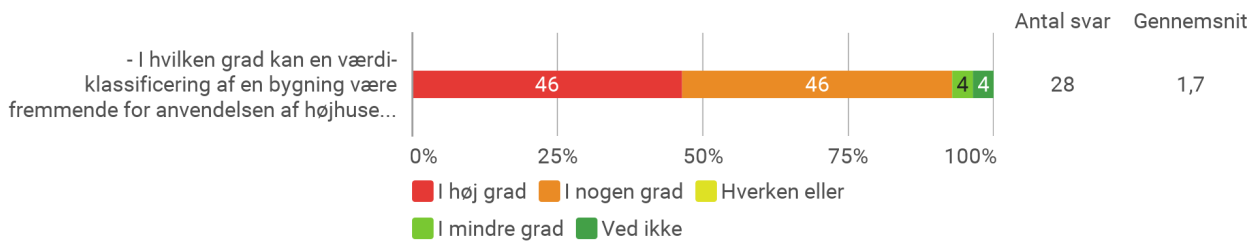
- Hvor vigtigt tror du at træ er for indeklimaet og velvære



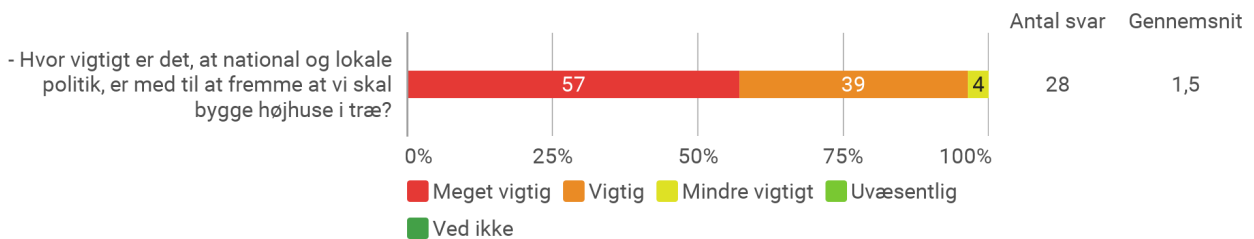
- I hvor høj grad vil du mene at højhuse i træ kan bidrage positivt på miljøet?



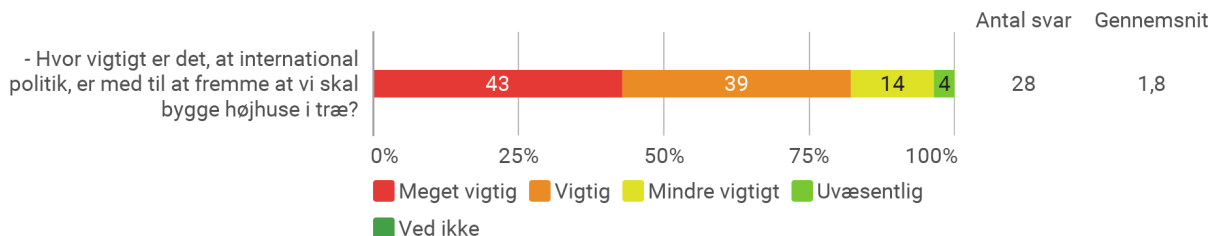
- I hvilken grad kan en værdi-klassificering af en bygning være fremmende for anvendelsen af højhuse i træ?



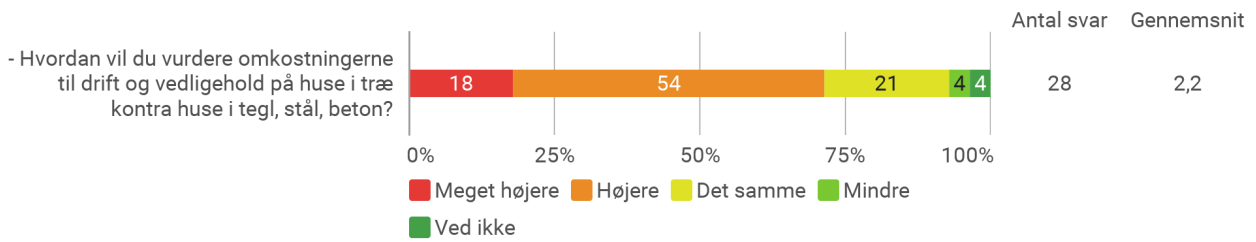
- Hvor vigtigt er det, at national og lokale politik, er med til at fremme at vi skal bygge højhuse i træ?



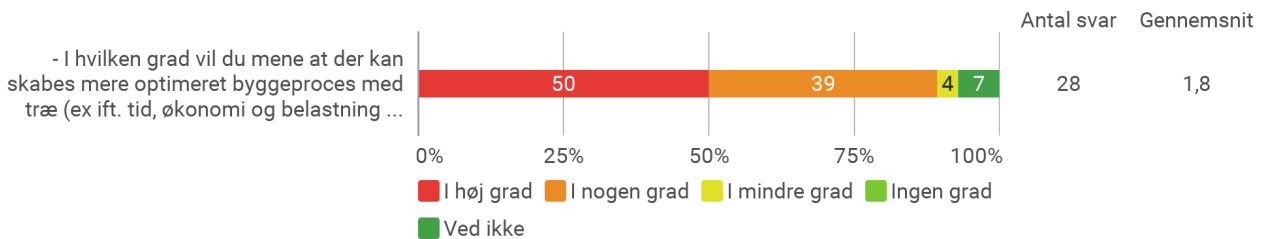
- Hvor vigtigt er det, at international politik, er med til at fremme at vi skal bygge højhuse i træ?



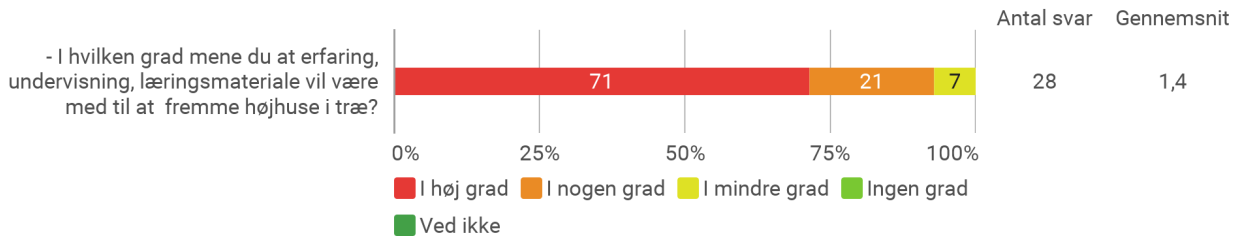
- Hvordan vil du vurdere omkostningerne til drift og vedligehold på huse i træ kontra huse i tegl, stål, beton?



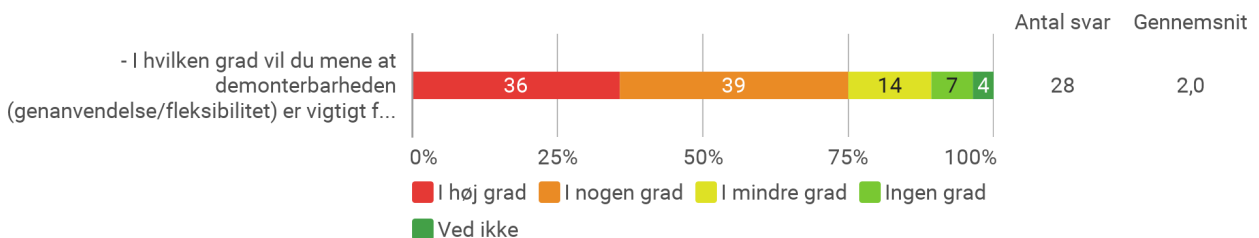
- I hvilken grad vil du mene at der kan skabes mere optimeret byggeproces med træ (ex ift. tid, økonomi og belastning af miljøet)?



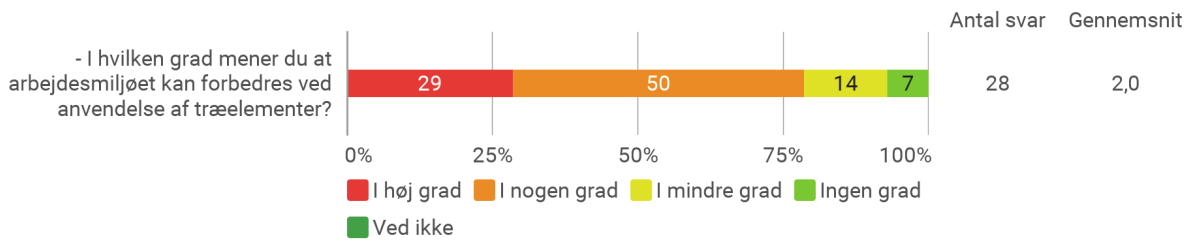
- I hvilken grad mener du at erfaring, undervisning, læringsmateriale vil være med til at fremme højhuse i træ?



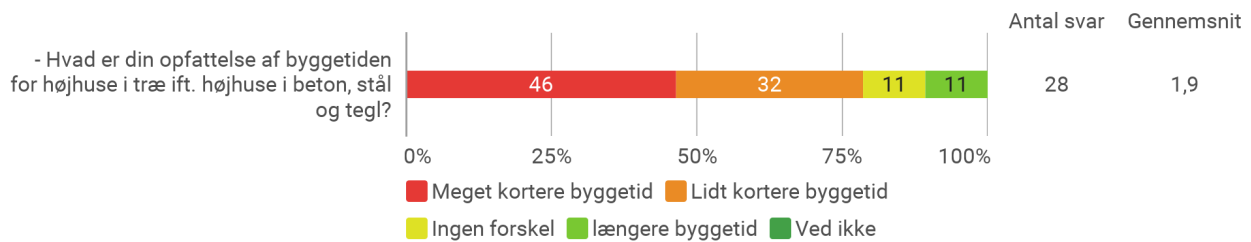
- I hvilken grad vil du mene at demonterbarheden (genanvendelse/fleksibilitet) er vigtigt for højhuse i træ?



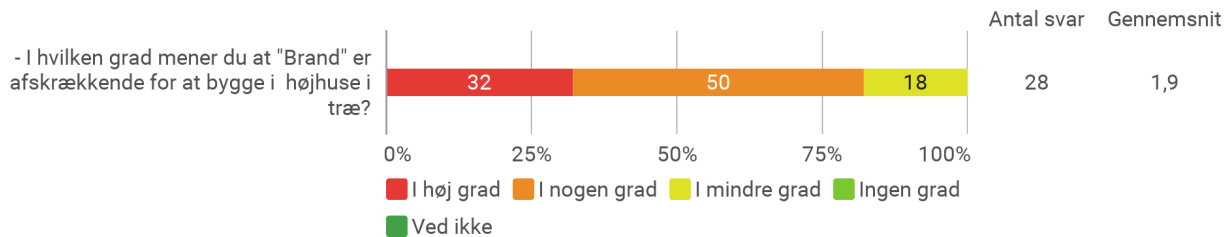
- I hvilken grad mener du at arbejdsmiljøet kan forbedres ved anvendelse af træelementer?



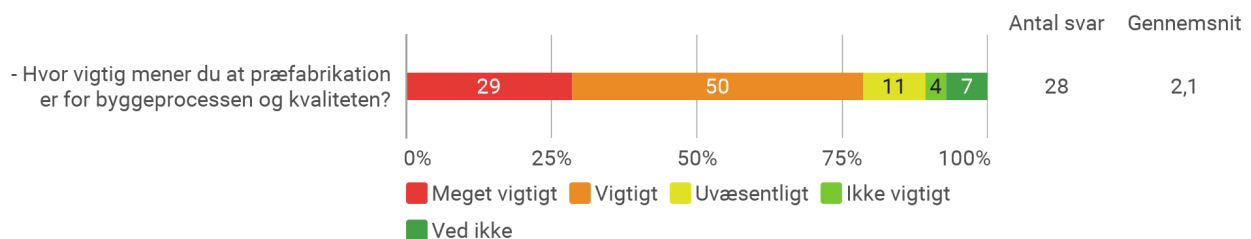
- Hvad er din opfattelse af byggetiden for højhuse i træ ift. højhuse i beton, stål og tegl?



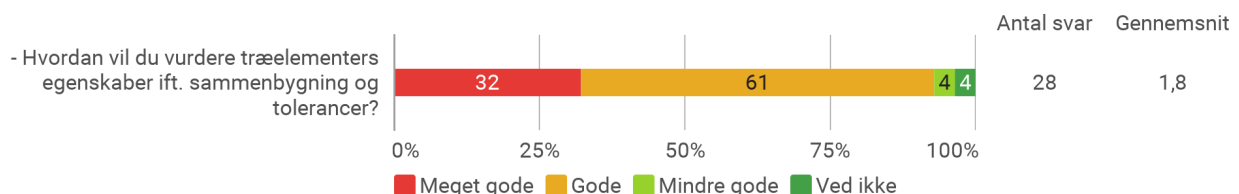
- I hvilken grad mener du at "Brand" er afskrækkende for at bygge i højhuse i træ?



- Hvor vigtig mener du at præfabrikation er for byggeprocessen og kvaliteten?



- Hvordan vil du vurdere træelementers egenskaber ift. sammenbygning og tolerancer?



- I hvilken grad mener du at kombinationen mellem materialerne (ex. træ, beton, stål, tegl) er gavnligt/anvendeligt?

Bilag 2

	Hvordan mener I, at de grupper hvorfra I kommer, kan byde ind på at løfte opgaven med at udføre højhuse i træ med uddannelse og udførelse inden for jeres felter.	Hvor ligger potentialerne I at samarbejde på tværs af uddannelser, om at løfte opgaverne med at udvikle træns anvendelse i byggeriet?	Hvordan mener I at vi kan få mere træ ind i byggeriet? Nævn min. 3 punkter	Ser I muligheder i at udviske/optimere de etablerede fagskel mellem tømrere, konstruktører, ingeniører og arkitekter. Bring dine egne erfaringer i spil her.	Hvordan griber vi det øgede fokus om brugen af træ, der er lige nu? Sagt med andre ord: Hvordan motiverer vi til mere brug af træ.	I hvor stor udstrækning er der undervisning i højhuse i træ på jeres uddannelse?	Gider man høre mere om emnet hos jer studerende?	Hvad skal der til på de enkelte udd. institutioner for at emnet forbliver interessant og for at forøge jeres viden?
<b>Gruppe 1</b>	I høj grad, da det kan indarbejdes tidligt i projektet (projekterende konstruktør).	Der er mulighed for at få belyst de forskellige muligheder og udfordringer opgaverne.	Økonisk gevinst (mindre afgifter, bonus eller lign.) Offentlige projekter går forrest.	Nej det kan vi ikke se.	Skab mulighed for at bryde med vanetænkning ved udførelse af konkrete eksempler/byggerier.	Ingen.	JÅ, men det skal have sammenhæng med opgaverne på det/de semestre. Der skal arbejdes med emnet, ikke blot orienteres om.	Se reele byggerier med anvendelsen. Undervisere med faglige kvalifikationer inden for emnet.
<b>Gruppe 2</b>	Konstruktør: facilitere grundledet mellem ingeniører og arkitekter med det tekniske syn, som de har. Ingeniør: det beregningstekniske ved stabilitet, styrke, brand osv. I forhold til reglementer og krav.	Vidensdeling. Mellem ingeniører og håndværkere ville der være en fordel i at vidensdele praktiske og teoretiske erfaringer. Kombinationen i at dele viden om hvad der er muligt indenfor det tekniske. Arkitekterne kan være med til at skubbe til interessen for træbyggerier i højden.	1. Lovkrav - som eks. giver økonomiske fordele, som vil gøre træ mere attraktivt. 2. Samspil fra myndighedernes sider. Samarbejdsvillige parter. 3. Oplysninger, dokumentation, eksempelsamlinger.	Ja. Det kunne være muligt at lave et samarbejde i en del af uddannelsen, evt. via projekter.	Inspiration af flere træbyggerier. Deling af viden fra branchen, med alt hvad det har af fordele og ulemper.	Ikke rigtigt noget.	For ingeniøruddannelsen skal den ikke indsnævres blot til højhuse i træ, men mere træbyggeri generelt.  For bygningskonstruktører som måske har lidt mere undervisning i træ, vil det helt klart være en fordel at få mere undervisning om emnet.	Interessen er etableret for en stor del af samfundet. Det skal udføres mere praktisk viden, for at få en baggrund til at undervise andre. Man bliver nødt til at udvikle på emnet, så der kommer et flow, mere viden og dokumentation. Det vil bidrage til at bibeholde interessen fra studerende, at kunne tilegne sig ny viden som
<b>Gruppe 3 Ida (bygningsdesigningingeniør, IHA), Tanja, Linda, Michael (bygningskonstruktør, Esbjerg)</b>	Konstruktør: Det praktiske, konstruktionsmæssigt, opbygning, samlinger, (brand) Ingeniør (energi & indeklima): LCA, påvirkning på indeklima	Synspunkter, kan ideer bygges i virkeligheden? Vidensdeling på tværs.	1) flere anvisninger (opslag) 2) Vidensdeling mellem organisationer 3) Undervisning (holdningsændring) 4) hente viden fra udlandet	Håndværkerne skal være med tidligere i byggeprocessen. Et håndværksfag som adgangskrav til konstruktør/ingeniøruddannelse. Giver en generel forståelse for materialer, og respekt af forståelse organisationer imellem	Mere dokumentation, uddannelse, ny tilgang til viden (vidensplatform).	konstruktør: ingen. Ingeniør: designmæssigt, og som noget fremtidsnoget	JÅ!	Undervisning. Spredning af information og nyheder på uddannelsesinstitution (plakater osv.) workshops mellem uddannelsesinstitutioner.
<b>Gruppe 4, Simon HF eavs, Daniel B eavs, Sandi Easv, Anna fra Aarch..</b>	Alle har indflydelse Ark,Ing,konstrutør..Nytænkning, Udforsk,	Forskellige indgangsvinkler, mere realistisk, bygbarhed, bedre økonomi,	lovgivning for stram, turde udforske, forskning, hente oplysninger hos naboer.	ja, samarbejde begynde før tidligere i processen,	know how, præge bygherre tidligt i proessen.	ingenting	ja, meget	mere undervisning.. :-)
<b>Gruppe 5: Emma, Simon, Nicklas, Marie</b>	Benytter hinanden da man har forskellige kompetencer	- Hver faggruppe har sit område, hvor man har hvert sit input. Fx ingeniør laver beregninger, konstruktørerne har med regler, arkitekter tegner byggeriet. Den ene faggruppe kan ikke uden den anden.	1. Mere dansk litteratur 2. Mere viden/undervisning 3. Retningslinjer jf. Eurocodes, Dansk standard.	Ja. Man kunne evt. udarbejde workshops, hvor man evt. samarbejder i 14 dage med ingeniørere, tømrere, konstruktører og arkitekter, så man får en godt indblik i hver faggruppe, og på den måde kan dele sin erfaring ud.	- Anvendelse af træ= skattefradrag (fx som energioptimering) - Producenter laver arrangementer for at inddrage en kommende bygherre i hvordan man kan anvende træ i byggeriet - lave udstillingshuse med træ.	- 2 semester EASV: Ikke særlig meget. Vi har set et 7.semester speciale, hvor vi fik meget kort at vide om det. - Ingeniør Aarhus: Meget undervisning i beton, men ikke meget træ. Det man har arbejdet mindst med	Ja. Interessant viden både for vores samfund / klimaforandringerne og indenfor udviklingen i byggeriet.	Mere viden omkring emnet. Viden omkring det bærende vha. træ.
<b>Gruppe 6 Mikkel Jensen Kasper Baun Nielsen Yannick Ochsenbein Mathias Michelsen</b>	Ingeniør: Beregning af dimensionerne, og ift. Brand. Konstruktør: forklar fordele for bygherre, fremvise i 3D.	Stort potentiale, Arkitekten design, konstruktørens udformning og ingeniørens beregninger. Hver uddannelse har hvert sit speciale som bidrager	1. Lovgivning. 2. Klarer svar på fordele og ulemper ved træ. 3. Uddannelse.	Ja, en tværfaglig opgave mellem konstruktører, ingeniører og arkitekter ville gavne alle uddannelser.	Fremhæv træ meget mere i uddannelserne.	Næsten ingen, det eneste er dette projekt vi er til nu.	YES!	Mere lydhøre overfor de studerne. Mere fokus på træ emnet. Tværfaglig opgave hvor det må bygges i træ fremfor kun 10-20%.
<b>Gruppe 7 Torben Beck, Rasmus, Volodymyr, Simon Greil</b>	Bygningsfasen , projektering, detaljegrad.	Ved at have gang i et tværfagligt samarbejde på i den tidlige proces, er der mulighed for et bedre beslutningsgrundlag. De forskellige brancher har hver deres indsigt i træ som materiale. Eks. Dekorative og æstetiske egenskaber fra arkitektens	Kvoter på byggematerialer ved byggematerialer, hybrid-bygninger, undervisning i træ som materiale og dets egenskaber, såvel som avancerede teknologier i de Bedre oplysningsgrundlag for træbyggeri, eks. til privatpersoner	Mere tværfaglig indsigt, at kende bedre til f.eks arbejds gange, teknikker på tværs af fagene. I takt med digitaliseringen og udbredelsen af avancerede teknologier i de forskellige brancher, kommer de forskellige faggrupper nærmere et	Gennem uddannelse og vedholdelse af fokus på træ; Internationalt & nationalt såvel som lokalt. Sammenkobling af traditionelle metoder og nyere avancerede metoder.	Arkitekt: Meget lille undervisnings,ængde, på nær muligheder for forelæsninger, invitationer til workshops, events, messer o.lign. Konstruktør: Chance for mindre opgaver/ projekter vedrørende højhusbyggeri i træ.	Arkitekt: Det er relevant at have en holdning/ indsigt ifht. flest mulige materialer og konstruktionsteknikker. Konstruktør: Det giver bedre rådgivningsmuligheder over for bygherre og andre parter.	Arkitekt & konstruktører: Gennem et modul/ semester på uddannelsen, at se trækonstruktioner 1:1, virksomhedsbesøg, se værker/ konstruktioner af træ