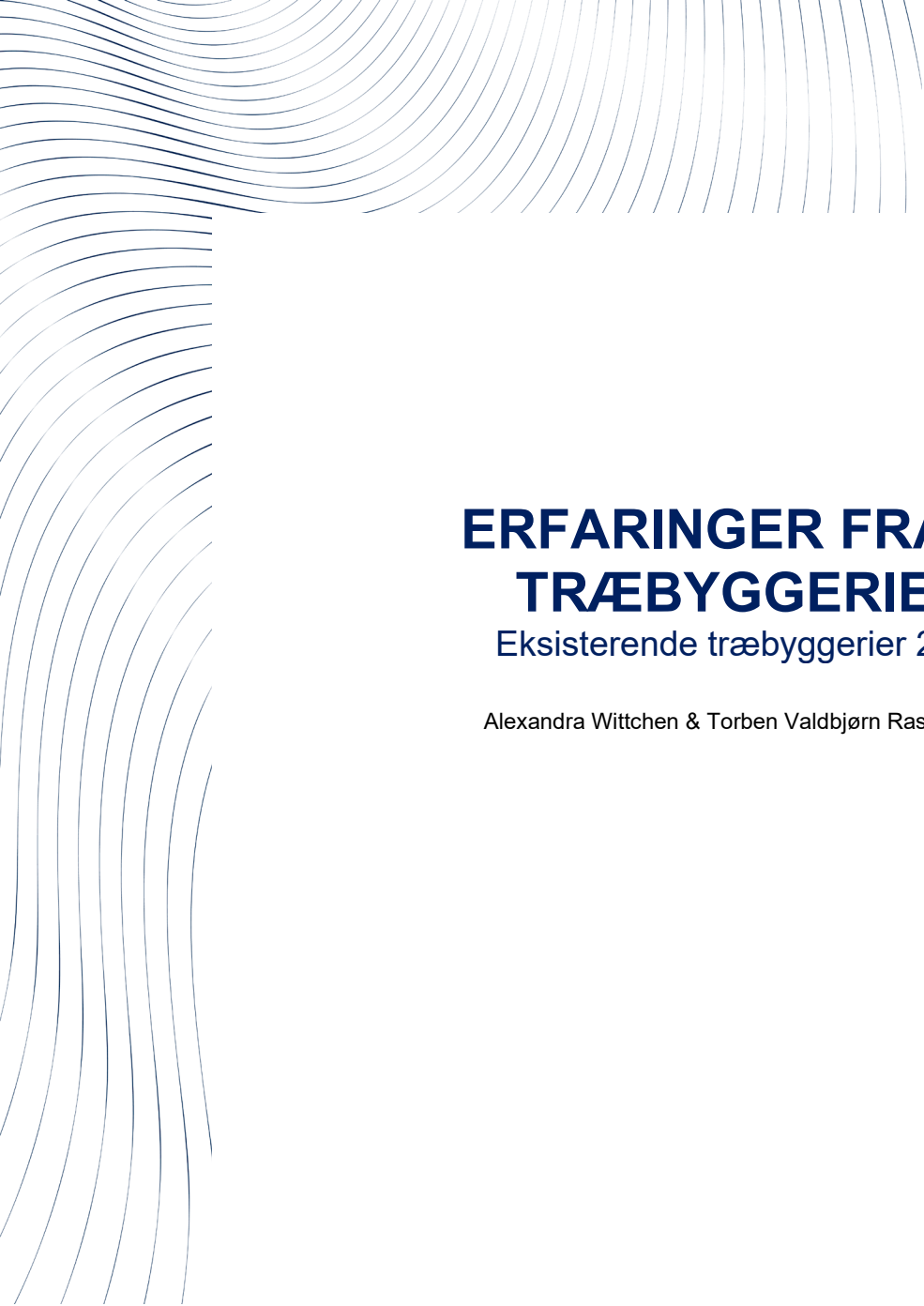


BUILD RAPPORT 2021:28

Erfaringer fra 20 træbyggerier

Eksisterende træbyggerier 2021





ERFARINGER FRA 20 TRÆBYGGERIER

Eksisterende træbyggerier 2021

Alexandra Wittchen & Torben Valdbjørn Rasmussen

TITEL	Erfaringer fra 20 træbyggerier
UNDERTITEL	Eksisterende træbyggerier 2021
SERIETITEL	BUILD Rapport 2021:28
FORMAT	Digital
UDGIVELSEÅR	2021
UDGIVET DIGITALT	Oktober 2021
FORFATTER	Alexandra Wittchen & Torben Valdbjørn Rasmussen
SPROG	Dansk
SIDETAL	41
LITTERATURHENVISNINGER	Side 39
EMNEORD	Træ, Erfaringer, brand, byggefugt, lydisolation, statisk dimensionering, udvikling af træbyggeri, bygningsfysik, byggeproces; bygningsreglementet, arkitektur
ISBN	978-87-563-2014-6
ISSN	2597-3118
LAYOUT	Alexandra Wittchen
TEGNINGER	Alexandra Wittchen
FOTO	Angivet ved de enkelte fotos
OMSLAGSILLUSTRATION	Alexandra Wittchen
UDGIVER	Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.anvisninger.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

INDHOLD

FORORD	6
1 INDLEDNING	7
1.1 Formål	9
1.2 Læsevejledning	9
2 INTERVIEWGRUNDLAG	11
2.1 Interview metode	11
2.2 Analytisk greb / praksis teori	12
3 BAGGRUND - KRAV RELATERET TIL DEOPLEVEDE BARRIERER	15
3.1 Krav til brandsikkerhed	15
3.2 Dokumentation for overholdelse af brandkrav	17
3.3 Krav til lydisolation	18
3.4 Dokumentation for overholdelse af lydisolationskrav	19
3.5 Krav til statik	19
3.6 Dokumentation for overholdelse af statikkrav	20
3.7 Krav til indbygget fugt	21
3.8 Dokumentation for overholdelse af fugtkrav	22
4 ERFARINGER FRA PRAKSIS	23
4.1 Case fordeling	23
4.2 Brand - erfaringer fra interviews	25
4.3 Lydisolation - erfaringer fra interviews	27
4.4 Statik - erfaringer fra interviews	28
4.5 Indbygget fugt- erfaringer fra interviews	29
5 UDVIKLING AF TRÆBYGGERIPRAKSISSE	33
5.1 Økonomisk rentabelt	33
5.2 Bæredygtighed i fokus	34
5.3 Minimering af risiko	35
REFERENCER	38
BILAG 1 ERFARINGER FRA BYGNINGSCASES	41

FORORD

Bæredygtighed og fokus på at reducere det globale klimaftryk er et centralt emne i dagens samfund. Der er i stigende grad fokus på at reducere klimapåvirkningen fra materialer anvendt i byggeriet som et supplement til at nedbringe driftsenergien fra bygningerne. I den sammenhæng fokuseres der i høj grad på træ og andre biobaserede byggematerialers potentiale for at reducere klimapåvirkninger fra bygninger. Dette skyldes træets evne til at lagre kulstof under vækst indtil nedbrydning ved endt levetid. Rapporten *Klimapåvirkning fra træbygninger – LCA på 20 eksisterende træbyggerier* bekræfter, at det kan være en fordel for klimaet at bygge i træ, men at der skal tages højde for bygningens helhed.

Historisk set er der bygget med træ i Danmark, men med industrialiseringen samt de tilgængelige ressourcer i landet er kendskabet til træbyggeri blevet aflært i store dele af byggebranchen. Det har medført, at der i branchen er en oplevelse af, at det er vanskeligt at overholde bygningsreglementet, når der anvendes træ i bærende konstruktioner. Der eksisterer imidlertid træbyggerier i Danmark, og en række organisationer har gennem en årrække oparbejdet kompetencer og viden på området. Formålet med denne rapport er at give et indblik i en række eksisterende træbyggerier for at vise hvilken type træbyggerier, der eksisterer i dag til inspiration og læring for andre i branchen, som ønsker at bygge med træ.

Denne rapport er en del af forskningsprojektet *Dokumentations- og forskningsindsats – Klima og miljø ved anvendelse af træ i byggeriet* støttet af Villumfonden. Projektets overordnede formål er at redegøre for klima og miljøpåvirkninger ved forskellig brug af træ i byggeriet. Som tillæg til projektet har Realdania givet støtte til indhentning af data og erfaringer på en række case-bygninger. Dette er sket i samarbejde med arkitekter, ingeniører eller bygningskonstruktører fra tegnestuerne Vandkunsten, Lendager Group, Arkitema og C.F. Møller. Nærværende rapport omhandler erfaringer fra de første 20 case-bygninger fra de pågældende tegnestuer, hvorefter erfaringsindsamlingen fortsætter gennem 2022 for at udbygge datagrundlaget. Rapporten er udarbejdet af BUILD i 2021 af Alexandra Wittchen med bidrag fra Torben Valdbjørn, særligt til kapitel 3. Derudover en særlig tak til Birgit Rasmussen og Jørgen Munch Andersen for sparring angående hhv. lydisolations og trækonstruktioner.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet København, Sektion for Bæredygtighed, Energieffektivitet og Indeklima
November 2021

Tine Steen Larsen
Sektionsleder

1 INDLEDNING

I rapporten *Klimapåvirkning fra 60 cases* er der foretaget Livscyklusvurderinger (LCA) på 60 byggerier. Resultaterne viser et udsnit af niveauet for indlejret CO₂ i nuværende byggerier. Indlejret CO₂ ækvivalenter beskriver det omfang af drivhusgasser, det kræver at producere en given mængde (per kg eller m²) af et byggemateriale eller en hel bygning. For at opnå den politiske målsætning om 70 % reduktion af drivhusgasudledning i 2030 er det væsentligt at reducere CO₂ udslippet nu og her. Den CO₂, der udledes i dag, har større konsekvenser for planeten end den mængde, som udledes længere ude i fremtiden. Det skyldes, at CO₂ udledt i dag har længere tid til at forårsage drivhusgaseffekt og derved u hensigtsmæssig opvarmning af kloden. Ved at reducere udledningen af CO₂ ved produktion af materialer samt opførelse af byggerier vil der opstå en CO₂ reduktion nu og her. Derfor er det væsentligt at se på reduktion af CO₂ fra materialeproduktion i kombination med driftsenergiforbruget og materialeforbrug ved vedligehold, nedrivning og affaldshåndtering over hele bygningens levetid.

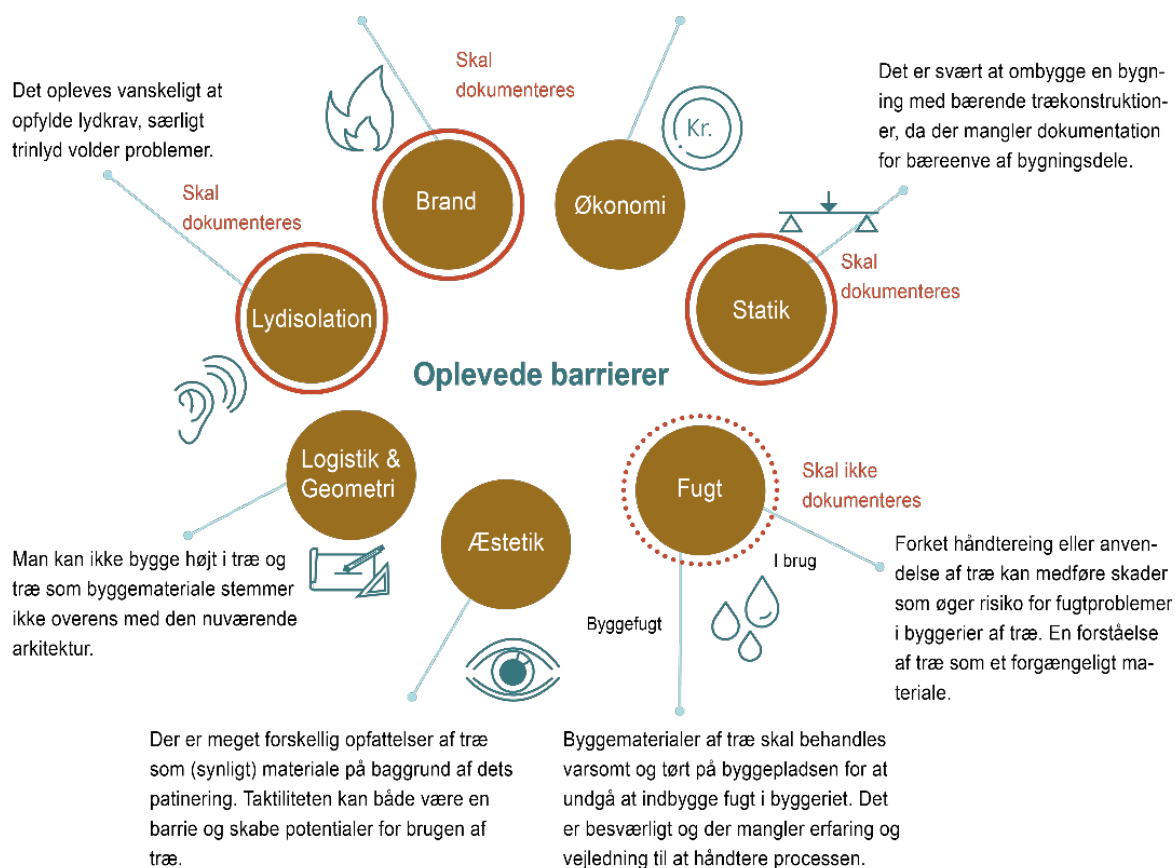
I den sammenhæng tales der ofte om træ som byggemateriale pga. materialets naturlige egenskaber og kulstoflagring under vækst (Indenrigs og boligministeriet, 2021). Det skyldes, at træ er et biogent materiale, som optager kulstof under sin vækst. Forbliver materialet lagret i bygninger, vil der således lagres CO₂ i bygningen, som først frigives ved endt livscyklus, når bygningen rives ned (Zimmermann, R. K. et al., 2020).

Branchen beskriver, at der eksisterer en række barrierer, som gør det vanskeligt at udnytte potentialet for lagring af kulstof i byggeriet og få træbyggeri i Danmark til at indgå i det nationale klimaregnskab (Rasmussen, T.V. et al, 2020). Nogle af de barrierer, som beskrives i relation til træbyggeri, er bl.a. risiko forbundet med at anvende løsninger og materialer, som aktørerne ikke har erfaring med, vanskeligheder ved at regne på og overholde lydisolationskrav, håndtering af fugt på byggepladsen, brandsikring, u hensigtsmæssig patinerings og vedligehold og en lav produktion af træ til byggeriet i Danmark. Disse problematikker kan føre til besværlig projektering og derved øgede omkostninger (ibid.). Mange mener, at det skyldes manglende forskning, undervisning med dertil hørende kompetencer og erfaringer inden for området med træbyggeri. De oplevede barrierer, som er skitseret i BUILD rapport 2020:25 *Anvendelse af træ i byggeriet - potentialer og barrierer* kan inddeles i en række emner, som er illustreret af Figur 1.

Som det er illustreret, skal nogle af emnerne dokumenteres i henhold til bygningsreglementet og har derfor betydning for, om bygningen kan og må opføres. Andre emner er af mindre betydning for byggeriets tekniske ydeevne, da de ikke relaterer sig til de bærende konstruktioner. Fælles for dem alle er, at de har stor betydning for, om træ vælges som byggemateriale i et givent projekt eller ej. Denne rapport handler primært om brug af træ i bærende konstruktioner, og det følgende tager afsæt i dette.

Brandkrav opleves som en barriere, fordi det er usikkert hvordan den tilstrækkelige brandsikring opnås ved brug af træ. Der kræves meget dokumentation og nuværende brandkrav bygger primært på en anden måde at anvende træ i byggeriet end i dag. Branchen mener at der mangler retningslinjer for træbyggeri ift. dokumentationskrav, metoder og kontrol.

Økonomi er en parameter af stor betydning. Fordi der mangler erfaringer med løsninger, bliver projekteringen omkostningsfuld. Alt kan i princippet beregnes og simuleres samt vurderes for den konkrete bygning, men det koster tid og penge ved projektering. Derfor vælges sikre/veldokumenterede løsninger ofte frem for nye, som skal dokumenteres til trods for at nye valg potentielt kan medføre besparelse på både økonomi og ressourceforbrug. LCC-beregninger på træ belønnes ikke efter fortjeneste og LCA-beregninger håndterer ikke det tidsmæssige aspekt af CO₂ udledning.



Figur 1 - Opsummering af en række oplevede barrierer beskrevet i BUILD-rapport 2020:25 (Rasmussen, T.V., 2020). Emner markeret med rødt skal dokumenteres i henhold til bygningsreglementet.

Processer i byggebranchen er ofte baseret på genbrug af kendte løsninger og koncepter, for at øge effektiviteten og mindske risikoen ved at bygge. Her har Alment teknisk fælleseje bl.a. stor betydning for byggeriets aktører (Gottlieb, S. C., & Vogelius, P., 2020). Det almene tekniske fælleseje er et relativt løst defineret begreb. Det forventes dog, at byggeriets parter har kendskab til dansk byggeskik og bruger erfaringer, praksisser og vejledninger knyttet hertil som hjælpemidler til god kvalitetssikring, her har SBI-anvisninger bl.a. stor betydning (ibid.).

I den sammenhæng er der også en opfattelse af, at det er vanskeligere at overholde lovkrav fra bygningsreglementet (bygningsreglementet.dk), når man bygger i træ end ved brug af andre byggematerialer. Her især brand og lydisolation et område, som mange aktører mener vanskeliggør processen (Rasmussen, T.V. et. al, 2020). Der er stigende efterspørgsel på præaccepterede løsninger og gennemførelsen af veldokumenterede fyrtårnsprojekter,

som kan gøre det lettere for byggeriets aktører at lade sig inspirere af dokumenterede løsninger og implementere løsninger med træbyggeri i projekteringsfasen (Build in Wood conference, 2021; Rasmussen, T.V. et. al, 2020; Gottlieb, S. C., & Vogelius, P, 2020).

Der findes imidlertid en række af træbyggerier rundt i landet, og det har vist sig, at det *kan* lade sig gøre at bygge i træ uden væsentlige problemer med at overholde bygningsreglementet. Der er forskellige aktører, som oparbejder erfaring inden for træbyggeri og dermed gradvist udvikler og skaber praksisser inden for træbyggeri. Denne rapport beskriver erfaringer fra 20 træbyggerier udført af de fire tegnestuer Lendager Group, Tegnestuen Vandkunsten, Arkitema Architects og C.F. Møller Architects, som er nogle af de aktører, der har oparbejdet kompetencer inden for træbyggeri.

Rapporten bygger på interviews med arkitekter, konstruktører og ingeniører, som har været med i projekteringen af træbyggerier ved de fire tegnestuer. Gennem interviews med personer tilknyttet hver case er det blevet tydeligt, at træbyggeri kan gennemføres uden større vanskeligheder knyttet til projektering og opførelse. Rapporten dykker ned i, hvordan de barrierer, som opleves af branchen, udspiller sig i praksis. Træbyggerne har kompetencerne og viden, og udvikler gradvist deres praksisser.

1.1 Formål

Formålet med denne rapport er at give et billede af, hvordan processerne vedrørende de 20 undersøgte træbyggerier er oplevet af de interviewede. Der er særligt fokus på, hvordan det er lykkedes at adressere den række af barrierer, som branchen ellers mener hæmmer træbyggeri. Rapporten beskriver derved erfaringer fra praksis og knytter sig til rapporten "Klimapåvirkninger fra 20 træbyggerier", hvor der er udarbejdet miljømæssige livscyklusvurderinger af samme træbyggerier. Ønsket er at viderebringe erfaringer fra eksisterende træbyggerier til interesserede i branchen. Besvarelser fra interviews giver læseren et billede af, hvordan der i praksis arbejdes med træbyggerier i den projekterende fase af byggeprojekter. Rapporten viser, at det er muligt at bygge i træ på nuværende tidspunkt. Herunder hvilke kompetencer, der kommer i spil hvornår, samt hvilke formater, metoder og værktøjer, der bruges i opførelsen af et træbyggeri.

1.2 Læsevejledning

Rapporten er opbygget med en introduktion, et metodeafsnit, baggrundsviden omkring krav relateret til de oplevede barrierer, erfaringer fra interviews samt en opsummering af strategier brugt til at udvikle træbyggeripraksisser.

Indledningsvis beskrives, hvilke barrierer branchen oplever i forbindelse med træbyggeri. I *kapitel 2* beskrives interviewgrundlaget og metoden anvendt i de 20 interviews. Herefter beskriver *kapitel 3*, hvilke lovkrav der er knyttet til disse barrierer, og hvordan det skal dokumenteres. *Kapitel 4* beskriver de forskellige typologier indenfor case-byggerierne. Desuden redegøres der for, hvilke redskaber der er gjort brug af for at håndtere hhv. brand, lydisolationsstatik og indbygget fugt. I håb om at sprede budskabet opsummerer *kapitel 5*, hvilke strategier de fire undersøgte tegnestuer og deres samarbejdspartnere har gjort brug af for at udvikle deres kompetencer og erfaringer med træbyggeri praksisser.

2 INTERVIEWGRUNDLAG

2.1 Interview metode

Analysen i denne rapport bygger på 20 semistrukturerede interviews med arkitekter, konstruktører og ingeniører fra de fire tegnestuer. De adspurgte har været tilknyttet de konkrete case byggerier. Interviewer har haft en række spørgsmål og tematikker som blev afdækket ved hvert enkelt interview. Punkterne er listet her samt illustreret af Figur 2.

- Hvilke visioner har der været for projektet?
Især i forbindelse med valg af træ som byggemateriale, men også gerne ift. byggeriets bæredygtighed generelt.
- En gennemgang/beskrivelse af hvordan projektet er forløbet fra opgavetype til entreprisform
- Var der nogle parametre som I var særligt opmærksomme på igennem projektet – skabte de barrierer for projektet?
- Hvordan håndterede I disse parametre i praksis?
- Havde det betydning for materialevalget? Hvis ja, hvordan?



Figur 2 – Emner afdækket ved interview med personer tilknyttet de enkelte projekter. Emner markeret med rødt skal dokumenteres iht. bygningsreglementet og har derfor været væsentlige af afdække, samt været det indledende fokus. Ved hvert interview blev der spurgt ind til om andre emner, havde været udslagsgivende ift. valg og brug af træ i byggeriet, hvilket bredte emnerne ud.

Interviewene er i praksis forløbet som samtaler omkring emnerne/spørgsmålene, som interviewer har brugt som rettesnor. Udover at have fokus på hvordan disse parametre har betydning for materialevalg og -forbrug har der også været fokus på at indsamle viden om hvordan barrierer, som branchen oplever ved træbyggeri, er imødegået i praksis. Der er taget udgangspunkt i de konkrete hændelsesforløb ved hvert enkelt projekt. Desuden har tegninger, beregninger, byggestrategier, arbejdsplaner mv. (for eksempelvis fugt, brand, lydisolering) været i spil. For at få det optimale ud af hver enkelt interview er der indsamlet viden om de enkelte cases på forhånd. På den måde har interviewer haft en overordnet forståelse for projektet og derved mulighed for at spørge ind til konkrete områder.

Alle interviews er optaget, der er ikke udført transskription. Da interviewene er foretaget online i videomøder, er der anvendt InDesign som noteteknik, hvor interviewer har delt sin skærm med adspurgte. Interviewer har nedfældet noter på en proceslinje og løbende afklaret med adspurgte som har kunne verificere om interviewer har forstået forløbet korrekt. Desuden har den adspurgte kunne overtage styringen og derved pege, tegne og tilføje pointer. På den måde er der blevet skabt en fælles forståelse for projektet. Samtidig med noter af vigtige pointer, er tidspunktet i interviewet nedfældet. På den måde har det været muligt at gennemlytte samtalerne efterfølgende for yderligere detaljer. Efterfølgende har der været løbende kontakt med interviewpersoner, hvis der var behov for yderligere viden og afklarende spørgsmål. Opsamlinger på de enkelte interviews kan ses i bilag 1 – *Erfaringer fra bygningscases*.

Derudover er der foretaget interviews med Horst Günther fra Scandibyg, Sven-Ole Krogh fra Tåsinge elementer og Janne G. L. Frederiksen fra Dansk Brand- og sikringsteknisk institut. Disse interviews er lavet som opfølgende samtaler på baggrund af spørgsmål som er opstået gennem de 20 interviews omkring de respektive træbyggerier. Der er ikke foretaget transskription af disse interviews, men svarene er inddraget gennem rapporten, særligt i afsnit 3.2, 3.6 og 3.8.

2.2 Analytisk greb / praksis teori

Praksisteori anvendes som analysemetode, for at skabe forståelse for hvad der spiller ind i udbredelsen af træbyggeri. Praksisteori er ikke én teori, men en samling af teorier, som har det til fælles at der ses på den sociale handling ved at analysere relationer mellem aktører og strukturer (Reckwitz, A., 2004). Karakteristikken af praksisser er, at de er relativt let genkendelige for eksterne aktører og reproduceres kontinuerligt (Spurling, A. et al. 2012). En praksis kan forsimplet siges at bestå af 3 elementer: materialer, kompetencer og mening (ibid.).

Værktøjer (fx. tegneprogrammer, LCAbyg, totalomkostningsberegninger mv.), byggematerialer, epd'er, SBI anvisninger, erfaringsblade, præ-accepterede løsninger

Materiale

Mening

Kulturelle konventioner, normer, forventninger, generelle overbevisninger



Kompetencer

Erfaring, viden samt evner til at bruge tilgængeligt materiale

Figur 3 Oversigt over hvad de enkelte elementer i praksisser i byggebranchen består af. Inspireret af Spurling, A. et. al., 2012

Eksempelvis forstår du hvad en person gør når vedkommende siger at hun kører bil, laver mad eller læser avis. Disse hverdagspraksisser er veldefinerede og lette at afkode. Dykker man dybere ned i eksemplet om at lave mad vil kokken vælge en ret som hun formoder at de spisende vil synes om, måske får hun gæster og vil imponere eller vil gerne have at hele familien vil spise det som serveres (mening). Kokken ved hvordan retten laves eller har evnerne til at finde og følge en opskrift (kompetencer). Desuden er der indkøbt fødevarer og kokken gør brug af potter, pander, knive, krydderier mm. i køkkenet (materialer).

Hver gang praksissen gentages kan der skabes variationer. På overfladen kan praksisser se ens ud, men udføres med en grad af variation af forskellige aktører (ibid.). Selvom praksissen ser ens ud på overfladen, kan dens materielle forbrug være meget forskelligt, herved også klima- og miljøpåvirkningen fra den udførte praksis.

Fokus for denne undersøgelse er imidlertid ikke hverdagspraksisser, men professionelle praksisser hvor de udførende aktører er blevet uddannet til at udføre praksisser på en given måde gennem deres uddannelsesforløb. Herefter er de blevet en del af en organisation og har yderligere tillært sig kompetencer inden for fagområdet med forskellige værktøjer til rådighed (det materielle element i en praksis). Personlige mening med at udføre en professionel praksis kan derfor være underordnet, da organisationer ofte har et overordnet mål eller en rutinepræget måde at håndtere opgaver på. Eksempelvis at vinde en konkurrence, færdigprojektere en bygning uden fejl og mangler eller at positionere sig som front runner i den grønne omstilling af byggeriet.

Også hos organisationerne er praksisserne forskellige til trods for at de kan se ens ud på overfladen. En tegnestue er ikke bare en tegnestue, et rådgivende ingeniørfirma er ikke blot et rådgivende ingeniørfirma og det samme gælder for bygherrer, entreprenører og andre aktører i branchen. Hver organisation oparbejder en specialiseret praksis inden for deres felt. Her gør de brug af forskellige værktøjer så som tegne- og regneprogrammer og genbrug af konstruktionsprincipper, og der oparbejdes kompetencer og erfaring inden for særlige områder i byggeriet i de enkelte organisationer. Derfor gælder der også at nogle organisationer er mere vant i praksisser ved træbyggeri end andre. Det gælder bl.a. de fire tegnestuer som dette projekt tager udgangspunkt i ved at analysere i 20 case-byggerier med forskellig anvendelse og mængde af træ i konstruktionen.

På baggrund af undersøgelsen har det været muligt at indsamle erfaringer fra disse cases og derved afdække netop deres praksisser ved træbyggeri i den indledende, den projekterende og til dels den udførende del af byggeprojekterne. Ved at se på de aktører som allerede har opbygget en praksis omkring træbyggeri, hvad der har påvirket deres valg eller fravalg, kan man på længere sigt se hvad der skal til for at oparbejde praksisser, som i højere grad fremmer træbyggeriet.

Der er taget udgangspunkt i 20 eksisterende bygningscases, hvor træ er blevet brugt i større eller mindre grad, men som minimum i bærende konstruktioner. Det er praksissen omkring træ som byggemateriale, der har været i fokus. Specifikke erfaringer med at projektere og bygge bygningscasene fungerer derfor som eksempler på praksiselementer. Ved interviews er der anvendt en eksplorativ tilgang for at forstå og kortlægge praksiselementer, som relaterer sig til træbyggeri og som muliggør praksissen at bygge med træ.

Praksisteori er ikke baggrund for en fuldstændig eller objektiv beskrivelse af hvordan verden er opbygget. Teorien anvendes som metode til at forstå og beskrive de sammenhænge som er opdaget gennem de 20 interviews. Resultaterne vil derfor kunne sige noget om træbyggeripraksissen i netop disse 20 cases. Der vil formodentlig være paralleller at drage til andre organisationer end netop de fire undersøgte tegnestuer, men dette er ikke en del af undersøgelsen.

3 BAGGRUND - KRAV RELATERET TIL DE- OPLEVEDE BARRIERER

Bygningsreglementet er funktionsbaseret, hvilket betyder at lovkrav ikke er materiale- eller konstruktionsbestemte (Bygningsreglement, 2018). Det betyder at alle krav gælder for samtlige byggematerialer som håndterer en given funktion. Der er derfor hverken strengere eller mere lempelige krav ved brug af træ som byggemateriale sammenlignet med andre byggematerialer. Træs materielle egenskaber har betydning for hvordan det skal indgå, samles og behandles for at overholde bygningsreglementets funktionsbaserede krav, herunder håndtering af brand, lydisolation, statik og fugt (ibid.). For at overholde samtlige krav kan det være nødvendigt at tilføje eller ændre materialer og/eller overfladebehandlinger med andre materialer end træ for en given anvendelse, som har lettere ved at overholde kravene. Kapitlet beskriver lovmæssige krav for henholdsvis brand, lydisolation, statik og fugt samt hvordan det skal dokumenteres at disse krav overholdes.



3.1 Krav til brandsikkerhed

Bygningsreglementets kapitel 5 (Bygningsreglement, 2018) beskriver krav og regler for brandsikring i byggeriet. For at fastlægge den nødvendige brandsikring af et byggeri må det først inddeles i bygningsafsnit, som derefter karakteriseres ved en anvendelseskategori. Karakteriseringen foretages på baggrund af formodet indretning og brug. Herefter defineres risikoklassen på baggrund af bygningsafsnittets anvendelse og hvor komplekst det vil være at evakuere personer ift. udformning og brandbelastning af byggeriet. Risikoklassen har betydning for hvilken brandklasse og derved graden af dokumentation, der er nødvendig for at overholde brandkravene.

Et byggeri skal desuden opdeles i bygningsafsnit med en sammenlignelig brandmæssig risiko. Et byggeri kan bestå af ét eller flere bygningsafsnit (ibid.). For byggeri i brandklasse 2 til 4 er der krav om, at der skal være tilknyttet en certificeret brandrådgiver. Den certificerede brandrådgiver skal være certificeret i forhold til risikoklassen som byggeriet indplaceres i. Ved byggeri, der indplaceres i brandklasse 4, er der ligeledes krav om certificeret tredjeparts kontrol.

Brandkravene i bygningsreglementet beskriver ikke specifikt hvordan brandsikring skal opnås, da det vil være variere fra byggeri til byggeri. Målet er at sikre at de anvendte materialer, bygningsdele, konstruktioner og installationer er brandmæssigt egnede. Egnethed består først og fremmest i at undgå brand i byggeri, dernæst at muliggøre sikker evakuering og slutteligt at benytte holdbare konstruktioner i det tilfælde at branden er opstået. I tilfælde af brand skal bygningsreglementets krav i forhold til brand sikre at et byggeri og dets bygningsdele har de tilstrækkelige brandtekniske egenskaber.

Brandmodstandsevnen for de bærende bygningsdele bestemmes enten ved en standardbrandpåvirkning eller ved anvendelse af et standardiseret naturligt brandforløb. Dertil skal

bygningsdele være sammenbygget, så den samlede bygningskonstruktion i brandmæssig henseende ikke har en ringere bæreevne i tilfælde af brand, end de enkelte bygningsdele i konstruktionen. Det gælder både de bærende og de brandadskillende bygningsdele.

Det skal dokumenteres at et byggeri opfylder kravene om brand i bygningsreglementet ud fra Bygningsreglementets vejledning eller på anden måde, som på tilsvarende vis dokumenterer, at kravene er opfyldt. Bygningsreglementets vejledningen til kapitel 5 dækker over en række præskriptive løsninger, de vedrører materialer og konstruktioner defineret ud fra standardiserede ydeevnekrav. En brandcellevæg skal eksempelvis dokumenteres at være klassificeret som "bygningsdel klasse EI 60". Det fremgår ikke hvordan væggen kan opbygges for at tilfredsstille ydeevnekravet.

Ligger bygningsafsnittet i brandklasse 1 eller 2 og det er muligt at anvende præ-accepterede løsninger fra vejledningerne til bygningsafsnittet, er det ikke nødvendigt med tredjepartskontrol. Desuden kan uafhængig kontrol udføres af personer som har været med på andre dele af projektet eller fra samme organisation. For design og projektering udføres den uafhængige kontrol af en person der ikke har medvirket til udarbejdelse af dokumentationen og som ikke kender projektet og har været med til at vælge løsningerne. Det vil typisk være en person inden for ens egen organisation. Ved udførelse kan den uafhængige kontrollant godt arbejde i et andet bygningsafsnit med den samme slags arbejde.

Ligger bygningsafsnittet i brandklasse 3-4 er det muligt at fravige fra de præ-accepterede løsninger. Brandstrategien vil kræve særlig dokumentation for at bygningsafsnittet kan overholde brandkrav, og det er nødvendigt med uafhængig kontrol i brandklasse 2-4 samt tredjepartskontrol fra en ekstern certificeret brandtekniker. Tredjepartskontrol er kun krævet i Brandklasse 4.

Der kan kun være én certificeret brandrådgiver tilknyttet sagen, medmindre byggeriet indplaceres i brandklasse 4, hvor der er krav om en certificeret tredjepart. Certificeringen af brandrådgivere er pågående, imidlertid beretter branchen om at der ofte er mangel på eksterne certificerede brandrådgivere, hvilket kan medføre ekstra tidsforbrug og omkostninger for byggeprojekter. Allerede ved ansøgning om byggetilladelse til et byggeri i brandklasse 2 til 4 er der krav om, at der er tilknyttet en certificeret brandrådgiver.

Der sættes derved ikke strengere krav til konstruktioner af træ end til konstruktioner af andre byggematerialer. Træets materialeegenskaber betyder dog at materialet karakteriseres som brandbart i bygningsreglementet. Det har betydning for hvor stor en mængde synligt træ der må være i byggeriet samt hvordan bærende konstruktioner skal inddækkes for at sikre bygningen i tilfælde af brand. I de præaccepterede vejledninger er der forskel på kravene til bærende konstruktioner afhængigt af om de er brandbare eller ikke brandbare. For alle anvendelseskategorier gælder der for bærende konstruktioner af træ, at de under bestemte forudsætninger kan anvendes op til gulv i øverste etage, 12 meter over terræn.



3.2 Dokumentation for overholdelse af brandkrav

Det skal dokumenteres at bærende konstruktioner lever op til kravene i bygningsreglementet (Bygningsreglement, 2018). Der er ikke krav til hvad dokumentationen skal indeholde, men vejledning til bygningsreglementet kapitel 29 *Dokumentation af brandforhold* beskriver hvordan det typisk gøres og hvad det indebærer. Den baserer sig på argumenter og dokumentation for at løsningen er sikker. Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI, brandogsikring.dk) forklarer at der med indførelse af Bygningsreglement 2018 (Bygningsreglement, 2018) bliver stillet større krav til dokumentation for løsninger, der afviger fra anvisninger i vejledningerne. Samtidig er det væsentligt at rådgiveren beskriver rationale bag argumentationen som en del af dokumentationen. På den måde kan det på sigt blive lettere at sætte sig ind i hvorfor én løsning er godkendt og kunne argumentere for at en lignende løsning vil kunne godkendes. Dog kræver dette at man som rådgiver kender til den givne løsning og har mulighed for at rekvirere en brandstrategirapport for det givne byggeri. En bygnings brandstrategi er som udgangspunkt bygningsejers ejendom og er ikke per automatik offentlige.

Dokumentationen for bærende konstruktioner kan basere sig på en test af en løsning i et almindeligt brandforløb eller gøre brug af de designbrande, som er angivet i vejledningen til eftervisning af brandsikkerhed. Disse designbrande er baseret på et standardiseret naturligt brandforløb i kendte konstruktioner og materialer. Gør den brandtekniske rådgiver brug af en simuleret designbrand som dokumentation for at løsningen kan håndtere en standard brandpåvirkning har det betydning om rådgiveren har kendskab til en lignende løsning eller ej. Det drejer sig om dokumentation af fx personsikkerhed hvor der anvendes brandteknisk dimensionering. Det har derfor betydning om brandrådgiveren kender til en lignende løsning og har erfaring med at slå op og dokumentere løsningens kvalitet på baggrund af præaccepterede løsninger. På den vis kan det være lettere at dokumentere at en løsning er brugbar, hvis den er gennemprøvet og har været anvendt før. Gør rådgiveren brug af en brandsimulering på baggrund af et standardiseret brandforløb er der ubekendte, som ikke er med i ligningen. Det drejer som om hvordan en øget mængde (eventuelt synligt) brandbart materiale, som fx træ i en bygning, vil bidrage til en eventuel brand. Denne parameter er derfor baseret på antagelser (ibid.).

Den enkelte brandrådgiver skal dokumentere at sikkerheden er god nok og står til ansvar for den enkelte løsning, da certificeringen kan fratages vedkommende. DBI bekræfter derfor at brandrådgiverens kompetencer, erfaring samt risiko- og materialeopfattelse har betydning for hvordan en løsning vurderes, se afsnit 4.2 *Brand side 25*.

DBI forklarer desuden at det er en stor fordel at have et samarbejde med brandrådgivere tidligt i designfasen, især hvis byggeriet ikke gør brug af standardløsninger. Tidligere blev brandrådgivere først inddraget i overleveringen mellem projekterings- og udførelsesfasen, men det bliver mere almindeligt at inddrage brandrådgivere allerede i designfasen eller overgangen mellem design og projektering. Inddrages brandrådgivere tidligt i byggefasen vil de lettere kunne håndtere uhensigtsmæssige designløsninger, som kan kræve overflødig brug af materialer hvis de skal gennemføres, eller ende med at blive ændret til andre materialer.



3.3 Krav til lydisolation

Lydkrav findes i bygningsreglementets kap. 17, Lydforhold, der indledes med § 368: *Bygninger skal have sundheds- og komfortmæssigt tilfredsstillende lydforhold i forhold til anvendelsen.* Lydkravene er udmøntet i en række detailbestemmelser i vejledningen til kap. 17 (Bygningsreglementets vejledning om lydforhold, 2021). Lydbestemmelserne vedrører luft- og trinlydisolation mellem rum, indendørs støjniveau fra trafik, støj fra tekniske installationer samt efterklangstid/lydabsorption. Der findes i lydvejledningen en lang række krav til boliger, undervisningsbygninger og daginstitutioner samt forslag til projekteringsværdier for kontorbyggeri og hospitaler. Alle grænseværdier findes i lydvejledningen og gælder den færdige bygning.

For træbyggeri er det overholdelse af kravene til luft- og trinlydisolation, som giver de største udfordringer. Generelt betragtet har boligbyggeri de højeste lydisolationskrav, og der fokuseres i det følgende på luft- og trinlydisolation mellem boliger. Vedrørende lydkrav til nye boliger, henviser lydvejledningen til lydklasse C i DS 490 (DS 490, 2018), som også indeholder de højere lydklasser A og B samt de lavere lydklasser D, E og F, se DS 490 eller SBI-anvisning 272 (2020, 2. udgave). Luftlydisolation og trinlydniveau kan kort forklares som angivet herunder med begreber som benyttet i det danske bygningsreglement og i DS 490. Det obligatoriske frekvensområde for lydkrav, dvs. lydklasse C, er 100-3150 Hz, men for lette boligadskillende konstruktioner (vægge $\leq 100 \text{ kg/m}^2$ og etagedæk $\leq 250 \text{ kg/m}^2$) anbefales anvendelse af spektrale korrektioner ned til 50 Hz. Disse spektrale korrektioner er også obligatoriske i lydklasserne A og B. Se *yderligere beskrivelser* i DS 490, SBI-anvisning 272 eller bygningsreglementets lydvejledning.

Luftlydisolation: Bygningsdeles evne til at reducere transmission af luftlyd, fx musik fra en højttaler eller samtale, mellem rum i en bygning. Tallet angives som et reduktionstal (R'_w) udtrykt i decibel (dB) og med eller uden den spektrale korrektion $C_{50-3150}$. Jo højere tal, jo bedre luftlydisolation.

Trinlydniveau: Bygningsdeles egenskaber med hensyn til at transmittere trinlyd i en bygning. Trinlydniveauet betegner den lyd, der frembringes i et rum, når gulvet i et andet rum påvirkes med en standardiseret bankemaskine. Tallet angives som trinlydniveau ($L'_{n,w}$) udtrykt i decibel (dB) og med eller uden den spektrale korrektion $C_{1,50-2500}$. Jo lavere tal, jo bedre trinlydisolation.

Bygningsreglementets grænseværdier for luftlydisolation og trinlydniveau refererer til feltmålinger udført efter hhv. DS/EN ISO 16283-1 (Dansk Standard 2014) og DS/EN ISO 16283-2 (Dansk Standard 2020) og vurdering efter DS/EN ISO 717-1 (Dansk Standard 2020) og DS/EN ISO 717-2 (Dansk Standard 2020).



3.4 Dokumentation for overholdelse af lyd-isolationskrav

Overholdelse af lydisolationskravene dokumenteres ved beregninger eller ved målinger i den færdige bygning, jf. *Dokumentation af bygningsreglementets tekniske bestemmelser i forbindelse med færdigmelding af byggeriet* (2020), som indgår i bygningsreglementets vejledninger til kap. 1. Beregningsmetoderne er dog ikke velegnede til træbyggeri, og derfor er målinger typisk en del af dokumentationen sammen med beskrivelser. Eftervisning af lydkravenes overholdelse kan ske på foranledning af bygherre eller entreprenør – somme tider inden færdiggørelsen - eller kommunen.

Alle kontrolmålinger udføres i henhold til metoderne angivet i afsnit 3.3 og ud fra retningslinjerne som beskrevet i SBI-anvisning 217 *Udførelse af bygningsakustiske målinger*.



3.5 Krav til statik

Bygningsreglementets kapitel 15 (Bygningsreglement, 2018) beskriver krav og regler for konstruktioner i byggeriet. Konstruktioner og bygningsdele skal projekteres, udføres, drives og vedligeholdes så bygningen kan modstå de normalt forekommende statiske og dynamiske påvirkninger i forhold til konstruktionens placering og anvendelse. Bygningen må ikke være til fare eller skade for personer eller andre bygninger og skal være tilfredsstillende i funktions- og holdbarhedsmæssig henseende. Svigt i konstruktioner må ikke skade personer fysisk eller sundhedsmæssigt. Det omfatter også svigt i konstruktioner som tillader indtrængning af skadedyr.

Til et byggeri skal der vælges egnede materialer til det konkrete formål og bygningen skal funderes frostsikkert på bæredygtig bund. Der skal sikres mod gennemtrængning via tag og ovenlys i tage.

Bygningsreglementet angiver de normer en bygning skal projekteres og opføres efter i forhold til laster som fx egen-, brand-, sne- og temperatur last. Bygningsreglementet angiver også særlige projekterings- og opførelseskrav for specifikke konstruktionsmaterialer. Særligt for trækonstruktioner er, at de skal projekteres og udføres i overensstemmelse med:

- DS/EN 1995-1-1 Trækonstruktioner, Almindelige regler samt regler for bygningskonstruktioner med DS/EN 1995-1-1 DK NA.
- DS/EN 1995-1-2 Trækonstruktioner, Brandteknisk dimensionering med DS/EN 1995-1-2 DK NA

Foruden opfyldelse af normer for sikkerhed og last.

Egenskaber for materialet træ varierer i forhold til sorter, men også inden for samme sort kan der være store forskelle i udseende og egenskaber. Vækstbetingelser, som fx hvor har træ vokset, hvor meget sol og vand har det fået, har betydning for træets egenskaber.

Der stilles eksempelvis specifikke krav til kvaliteten af konstruktionstræ, i form af styrkesortering og mærkning, til bærende konstruktioner. Konstruktionstræ som skal være CE-mærket efter EN 14081-1:2016.

Træ sorteres i forskellige kvaliteter og opdeles i styrkeklasser med forskellige egenskaber. Styrkesorteringen bliver udført efter T-virkeordningen. Formålet med ordningen er at skabe sikkerhed for, at normkravene til trækonstruktioner overholdes. Sorteringsreglerne for T-virkeordningen er baseret på en visuel bedømmelse. Ved den visuelle bedømmelse indgår en række parametre som antal, størrelse og placering af knaster, veddets bredde og udseende, revner, krumning og vindskævheder og misfarvninger fra blåsplint. Sorteringen i styrkeklasser kan også foregå maskinelt. Træets evne til at bøje testes uden at der opstår brud i træets fibre. Træet skal dog stadig bedømmes visuelt, primært for antal knaster.

Træ, som er styrkeprøvet, kaldes konstruktionstræ og bruges i bærende konstruktioner. konstruktionstræ styrkeklassificeres iht. (EN 338). Konstruktionstræ opdeles normalt i styrkeklasserne C14, C18, C24 og C30. Styrkeklassen stemples på træet som en del af CE-mærkningen.



3.6 Dokumentation for overholdelse af statikkrav

Bygningsreglementets kapitel 28 (Bygningsreglement, 2018) beskriver krav og regler for dokumentation af bærende konstruktioner i byggeriet. Der skal udarbejdes dokumentation for, at bygningsreglementets krav til bærende konstruktioner er overholdt i bygningen også under bygningens opførelse. Ved kompliceret byggeri skal den statiske dokumentation udarbejdes efter principperne beskrevet i SBI-anvisning 271, *Dokumentation og kontrol af bærende konstruktioner*, og være på dansk eller engelsk.

En bygning inddeles i konstruktioner eller konstruktionsafsnit som placeres i en konstruktionsklasse. Konstruktionsklassen har betydning for hvilken dokumentation der er nødvendig for at overholde kravet til dokumentation af bærende konstruktioner i byggeriet. Der er 4 konstruktionsklasser i forhold til bærende konstruktioner. Et byggeri kan bestå af ét eller flere konstruktioner eller konstruktionsafsnit. Konstruktionsafsnittet kan være en hvilken som helst veldefineret afgrænset del af bygningen. Hele bygningen, et etagedæk, en specifik bjælke eller en specifik samling eller en fastgørelse kan være et konstruktionsafsnit.

Dokumentationen for konstruktionsafsnittet skal kontrolleres. Kontrollen kan omfatte egenkontrol, uafhængig kontrol eller tredjepartskontrol. Den kontrol af dokumentationen, der skal udføres afhænger af konsekvenserne af et eventuelt svigt samt konstruktioners kompleksitet og i hvor høj grad der er erfaring med konstruktionstypen.

Der er 4 konsekvensklasser. Risikoen, der er ved et svigt i konstruktionen, vurderes ud fra 4 parametre; risikoen for tab af menneskeliv, de økonomiske konsekvenser, de sociale konsekvenser eller de miljømæssige konsekvenser. I tilfælde af tvivl om et konstruktionsafsnits kompleksitet, vil en statiker, der er certificeret til den højeste af de konstruktionsklasser, som konstruktionen kan indplaceres i, kunne foretage vurderingen. Hvis der tvivl om et konstruktionsafsnit i konsekvensklasse 2, er simpelt eller komplekst, kan vurderingen laves af en statiker, der er certificeret til konstruktionsklasse 3 og 4.



3.7 Krav til indbygget fugt

I forbindelse med bygningsreglementets krav (Bygningsreglement, 2018) til fugt stilles der krav til at bygninger skal udføres, så vand og fugt ikke medfører risiko for personers sundhed eller skader på bygningen. Bygningskonstruktioner og byggematerialer må ikke have et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for vækst af skimmelsvamp. Særligt for træ skal det sikres, at konstruktionerne ikke opfugtes til kritisk fugtniveau i byggefasen eller at der indbygges materialer med synlig skimmelvækst. Særligt for byggeri af træ skal bygherren være særligt opmærksom på mulighederne ved at tilknytte en fugtstrategi til byggeriet for at håndtere fugt i opførelsesfasen og at afsætte tid til den nødvendige udtørring af byggematerialer og bygningskonstruktioner i udbuds- og tidsplan. Den nødvendige tid til udtørring skal ses i forhold til den anvendte opførelse og opbevaring af materialer og elementer. Indpakkes eller inddækkes bygningsdel og komponenter eller foretages der en totalinddækning af byggeriet under opførelsen. Totalinddækning kan også foreskrives, hvor det er fordelagtigt, eller hvor der anvendes særligt fugtfølsomme materialer eller byggetekniske løsninger. Der kan også etableres fælles faciliteter til opbevaring af fugtfølsomme materialer. Den kritiske fugtighed af træ og træbaserede materialer er 75-80 % svarende til et fugtindhold 1 cm inde i træet på maksimalt 18 % og at fugtindholdet i overfladen ikke overstiger, hvad der er naturligt for årstid inden konstruktionen lukkes.

Under vinterforhold er det i ventilerede tagkonstruktioner både under byggeriet og efterfølgende ikke muligt at holde fugtindholdet i træ og træbaserede plader på et fugtindhold svarende til en relativ luftfugtighed på 75-80 % RF. Denne luftfugtighed svarer til 16-18 vægt-%, som er den formelle grænse for, hvornår der er risiko for skimmelvækst. Erfaringen viser imidlertid, at det er acceptabelt, at træ i ventilerede tagkonstruktioner indbygges med et fugtindhold på op til 20 vægt-% svarende til et ligevægtsfugtforhold ved 85 % RF.

Der henvises til *Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet* (Møller, E. B., 2010). Af vejledningen fremgår maksimale fugtindhold for anvendelsen af træ udendørs og indendørs.

Publikationen *Hvor går grænsen* fra Dansk Byggeri, 2007 angiver forudsætninger for fugtindholdet i træ i % træfugt for forskellige anvendelser for udvendige arbejder.

- Træ til konstruktioner forudsættes at have 18 % $\pm$ 2 % træfugt
- Træ til udvendig beklædning forudsættes at have 18 % $\pm$ 2 % træfugt
- Træ til udvendige døre og vinduer forudsættes leveret i overensstemmelsen med Vinduesindustriens Tekniske Bestemmelser, tilsvarende for indvendige arbejder.
- Træ til indvendige beklædninger forudsættes at have 8 % $\pm$ 2 % træfugt,
- Træ til indvendige døre og vinduer forudsættes leveret i overensstemmelse med Tekniske Bestemmelser for Dansk Dør Kontrol,
- Træ til snedkerarbejde forudsættes at have 8 % $\pm$ 2 % træfugt,
- Træ til underlag for gulve, ekskl. bjælkelag og gulve, forudsættes at have 10 % $\pm$ 2 % træfugt,
- Bjælkelag forudsættes at have 18 % $\pm$ 2 % træfugt ved indbygning,
- Gulvbelægninger forudsættes at have 8 % $\pm$ 2 % træfugt,
- Alt indvendigt arbejde forudsættes udført i lukkede, opvarmede og udtørrede bygninger.

3.8 Dokumentation for overholdelse af fugtkrav



Der er på nuværende tidspunkt ikke opsat krav til at dokumentere fugtindholdet i byggematerialer under opførsel af et byggeri, det er blot anbefalinger.

Der eksisterer BygErfa blade, vejledninger fra træinformation og SBI-anvisninger fx SBI-anvisning 274 Skimmelsvampe i bygninger – undersøgelse og vurdering samt SBI-anvisning Fugt i bygninger for hvordan fugt bør håndteres i træbyggeriet. BUILD arbejder desuden på en opdateret vejledning omkring fugt i byggeriet. Disse vejledninger indeholder anbefalinger til intervaller for hvad fugtindholdet i træet bør være i de forskellige faser af byggeriet. Man kender imidlertid ikke niveauet for hvornår fugtindholdet i træ giver anledning til fugtproblemer i de indbyggede konstruktioner. Derfor anbefales det at undgå så meget fugt som muligt.

Alt i alt er det på nuværende tidspunkt op til byggeriets aktører selv at vurdere om der skal stilles krav og i så fald hvilke, der skal stilles for at håndtere fugt under byggefasen. Byggeskadefonden, der støtter alment byggeri anbefaler at der gøres brug af fugtstrategiplaner, særligt når der anvendes biogene materialer som fx træ (Byggeskadefonden, 2020). Der er derfor op til bygherre at stille krav om en fugtstrategiplan. Denne udarbejdes af fugtsagkyndige hos eksterne rådgivere eller totalentreprenører. Der er ingen krav til hvilke kompetencer en fugtsagkyndig skal have, men det anbefales at den sagkyndige har grundigt kendskab til og kompetencer inden for den type byggeri som fugtstrategiplanen skal gælde for.

Ved totalentrepriser købes fugtstrategiplanen oftest som en del af entreprisen og det vil være op til entreprenøren at finde en person, der kan varetage opgaven og udarbejde dokumentet. Valg af rådgiver vil dog ofte ske i dialog med bygherre, som kan godkende den valgte rådgiver. Bygherre lægger herved ansvaret over på totalentreprenøren og dennes rådgivere, som udarbejder en fugtstrategiplan på baggrund af bygherres krav.

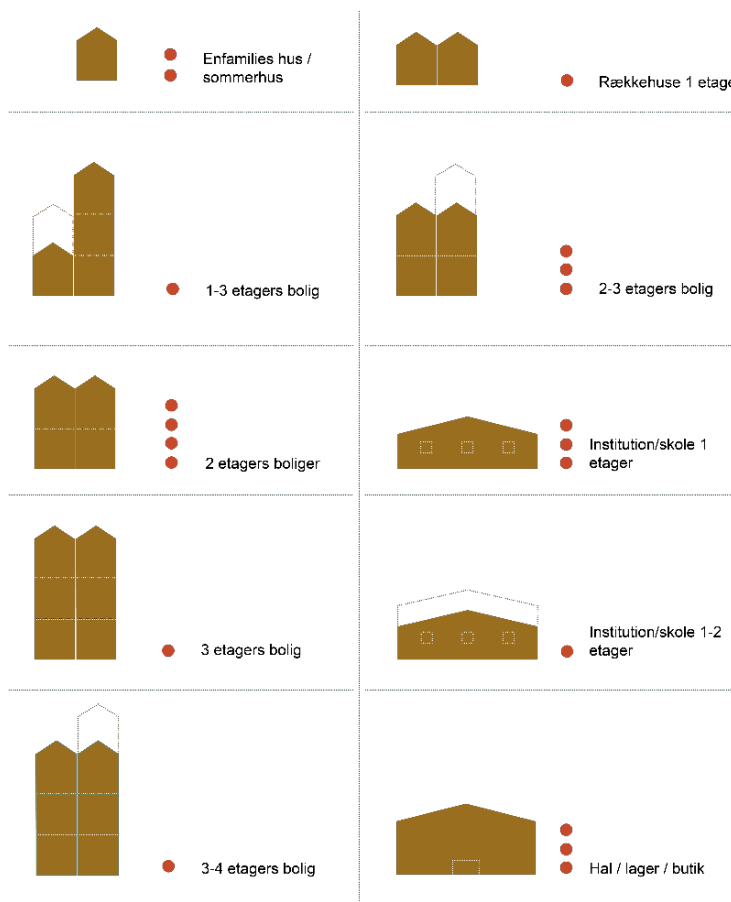
Der er heller ikke krav til hvordan det skal dokumenteres at en fugtstrategiplan følges. Det er op til den fugtsagkyndige, som udarbejder en eventuel fugtstrategiplan hvordan den skal følges i praksis. Det vil ofte være en form for egenkontrol skema med beskrivelse af hvem, der skal udføre kontrollen, hvornår og hvordan.

Ser man til Sverige er der krav om en ekstern fugtkonsulent på alle byggerier, af træ såvel som beton eller andre byggematerialer. Det medtænkes derfor som en del af projekteringsomkostningerne for projektet. Uddannelsen er femårig i Sverige og den eksterne konsulent har kendskab til hvordan indbygning af fugt i byggeriet forhindres. På baggrund af dette udarbejder rådgiveren en strategi som entreprenøren er forpligtet til at følge. Desuden er det almindelig praksis at der projekteres med et budget til sanering af byggeriet før ibrugtagning for at sikre at den leverede bygning ikke indeholder fugt eller synlige skader fra fugt i byggeperioden.

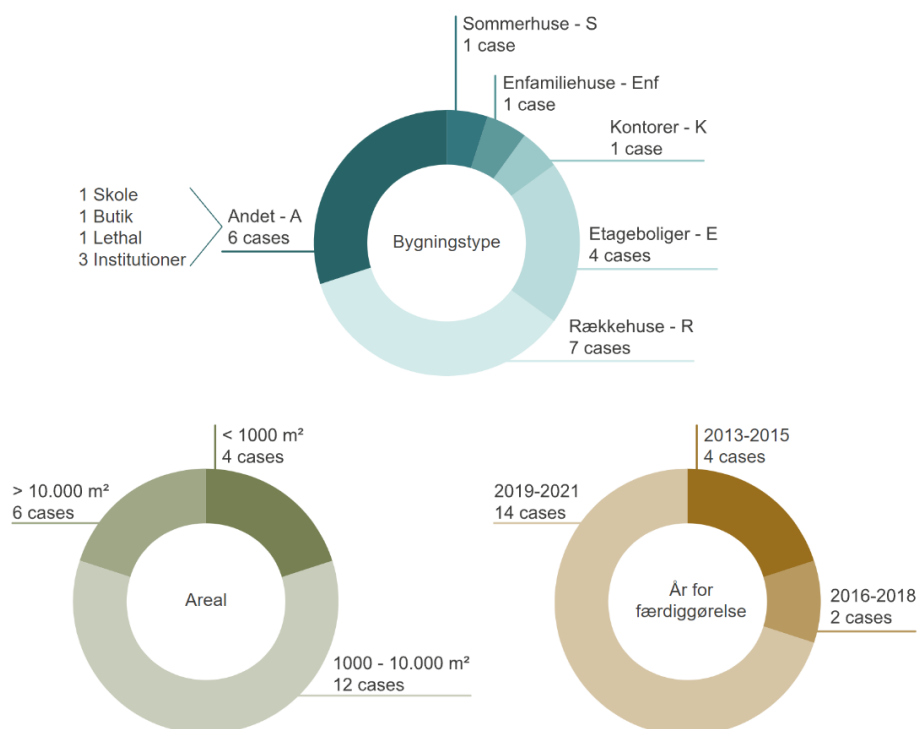
4 ERFARINGER FRA PRAKSIS

4.1 Case fordeling

I *Baggrund* kapitel 1. s. 1 **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er der beskrevet barrierer i relation til træbyggerier og konkrete lovkrav i relation til de barrierer branchen oplever ved træbyggeri, som skal dokumenteres i henhold til bygningsreglementet. De undersøgte cases er alle byggerier hvor træ indgår som en væsentlig del af de bærende konstruktioner. Disse byggerier er opført i perioden 2010-2021. De fire tegnestuer har oparbejdet kompetencer og viden inden for træbyggeri, som har gjort det muligt at omgå de barrierer som opleves af branchen. Dette afsnit er en opsamling af hvordan de oplevede barrierer er håndteret i praksis i de 20 undersøgte bygningscases. Det beskrives hvilke løsninger og kompetencer de 20 cases har gjort brug af for at overholde bygningsreglementet og derved hvordan det kan lade sig gøre at opføre træbyggerier. Det vil være forskelligt hvilke parametre, der er dimensionerende for forskellige typer af byggeri. De undersøgte cases har en fordeling som ses af Figur 4. Der indgår henvisninger til nogle af case-bygningerne i opsamlingen. For flere detaljer henvises til bilag 1 – *Erfaringer fra bygningscases*, hvor der indgår case-beskrivelser og opsamlinger på de enkelte interviews. På nær to cases som ikke ønsker publicering.

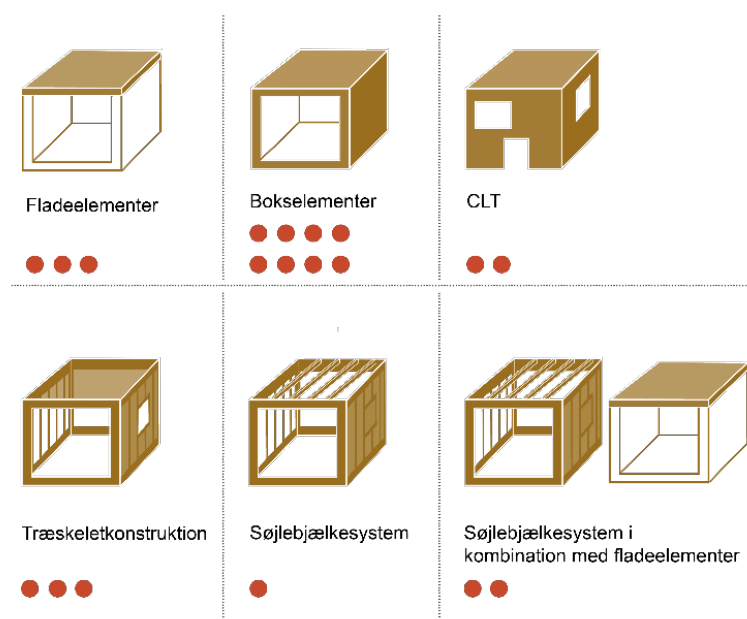


Figur 4 - Fordelingen af casene ud fra typologi



FIGUR 5. Case-bygningerne fordelt på bygningstypologi, størrelse og år for færdiggørelse.

Konstruktionstypen *Fladeelementer* er i dette studie defineret ved at være mindre præfabrikerede elementer, hvor *Bokselementer* er større præfabrikerede moduler som for eksempel en hel boligenhed i et etagebyggeri. Kategorien *CLT* er byggeri, hvor de bærende konstruktioner er udført i krydslamineret træ (CLT). Både *Træskeletkonstruktionen* og *Limtræskonstruktionen* er to former for skeletkonstruktioner med henholdsvis konstruktionstræ og limtræ. Slutte- ligt er kategorien *Træhybrid* bestemt ved at være en kombination af to eller flere af de før- nævnte forskellige typer af trækonstruktioner, hvilket ses af Figur 6. Her fremgår det også at 8 ud af de 20 case-bygninger er udført som bokselementbyggeri, hvor de resterende case- bygninger er fordelt på de øvrige kategorier.



Figur 6 – Prikkerne viser fordelingen af casene set ud fra overordnede konstruktionsprincipper

Af Figur 4 ses det at 13/20 byggerier er boliger i 1-4 plan fordelingen af disses konstruktionsprincipper ses i af diagrammet nedenfor. Af diagrammet nedenfor ses fordelingen af de 13 boligbyggerier. Det kan ses at 10 ud af 13 boligbyggerier er udført i præfabrikerede elementer, enten fladeelementer eller boksmoduler. Det er en almen praksis som er blevet udviklet over en længere periode.



4.2 Brand - erfaringer fra interviews

I alt har 11 ud af 20 bygningscases bærende konstruktioner baseret på præfabrikerede elementer, enten fladeelementer eller boksmoduler. Her definerer rådgivere krav til elementerne, som producenterne efterkommer. Kompetencerne til at overholde kravene ligger især hos producenterne, hvilket ofte gør den konkrete udformning af de konkrete konstruktioner mere simpel for arkitekterne og ingeniører. Arkitekter og ingeniører kan bygge på eksisterende løsninger og vejledninger og producenterne af præfabrikerede elementer og moduler bygger på deres oparbejdede kompetencer og viden om hvordan de skal opbygges, konstrueres, håndteres og samles. Generelt set udtrykker de adspurgte at der ikke er større problemer forbundet med projektering af denne type bygninger så længe man følger de eksisterende vejledninger og gør brug af løsninger som tidligere er brugt i andre byggerier. Eller løsninger, som ligner noget der er brugt før.

Ser man på typologifordelingen i denne undersøgelse er der ingen byggerier over fire etager. Dette stemmer overens med de oplevede barrierer om at det er vanskeligt at bygge i højden med træ. Bygningsreglementet er som tidligere beskrevet funktionsbaseret og stiller derfor ikke højere krav til træbyggerier end til andre typer af byggerier. Den danske tilgang til branddimensionering bygger imidlertid i høj grad på brug af præ-accepterede løsninger for brand, hvor brandrådgiveren gør brug af tidligere kendte løsninger og beskriver en eventuel afvigelse herfra.

Generelt set kan det lade sig gøre at bygge med brug af præ-accepterede løsninger i op til fire etager. De adspurgte udtrykker at det kan være svært at skaffe brandrådgivere med kompetencer og erfaring inden for mindre traditionelt træbyggeri. I casen Erlev skole (A09, bilag 1) var det nødvendigt at skifte brandrådgiver undervejs, fordi den oprindelige rådgiver ikke havde erfaring med den ønskede konstruktionstype. Den efterfølgende rådgiver havde erfaring med limtræ og kunne derved rådgive på baggrund af dette.

Erfaringerne viser at brandrådgivere kan vurdere det samme byggeri forskelligt på baggrund af deres erfaringer og kompetencer. DBI bekræfter (Janne G. L. Frederiksen, 2021) at den certificerede brandrådgivers vurdering afhænger af vedkommendes tidligere erfaring med lignende løsninger samt kompetencerne til at slå op i de præ-accepterede løsninger. Desuden afhænger en simulering af hvilke antagelser vedkommende baserer deres beregninger på. Her kommer personlig erfaring og opfattelse igen i spil, da den enkelte rådgiver står til ansvar for den pågældende løsning.

Det kan fordyre og forlænge processen hvis der skal ændres mange løsninger efter en brandrådgiver er kommet ind over projektet. Derfor er det erfaringerne at det ofte kan betale sig at inddrage brandrådgivere tidligt i processen. På den måde kan man undgå unødigt om

projektering af byggeriet og/eller brug af ekstra materialer, som kunne være undgået ved at dimensionere bygningen anderledes eller på anden vis håndtere brand.

Undersøgelsen viser at brandkravene har stor betydning for hvor meget og hvilken type af materialer, der anvendes i et byggeri. Kravene er omfattende og rådgivere står med et stort ansvar, derfor vælges løsninger som er sikre, kendte og tidligere godkendte. At sikre løsningernes funktionsevne er netop målet med certificeringen (Janne G. L. Frederiksen, 2021). Hvis der skal afprøves nye løsninger, er det væsentligt at finde en rådgiver med kompetencer inden for det konkrete område (ibid.).

Det er forskelligt hvilke byggetekniske krav som er dimensionerende for en bygning. I nogle tilfælde vil bygningens bærende konstruktioner overdimensioneres rent statisk for at sikre at bygningen kan forblive stående efter en fuldtudviklet brand. Her er det brandkravene som er dimensionerende for bygningen. Krav i bygningsreglementet går på at personer, der opholder sig i bygningen skal kunne evakueres på sikker vis og at der ikke må ske brandspredning mellem bygninger og grunde. Der tages ikke nødvendigvis hensyn til hvor lang tid det reelt vil tage at tømme en konkret bygning for personer, da den nødvendige tid er bestemt gennem vejledninger medmindre byggeriet er i brandklasse 4. Ingen er interesseret i at der bygges byggerier som er farlige ved brand og den pågældende brandrådgiver står med ansvaret hvis noget går galt. Det kan gøre dem ekstra forsigtige og mindre villige til at afprøve ukendte løsninger (ibid.). DBI forklarer at der er flere ubekendte parametre, som kan have betydning ved udvikling af en eventuel brand, eksempelvis om synligt træ i en bygning vil bidrage til branden og i så fald hvordan og hvilken konsekvens det vil have, dette kan være medårsag til ekstra forsigtighed (ibid.).

Derudover har afstandskrav betydning for brugen af brandbart materiale på udvendige facader. I de cases hvor det har været tilfældet er det løst ved enten at anvende udvendig sprinkling, brandimprægnere materialet eller placere ikke brandbart materiale som betonplader, under træfacade som sikkerhedsforanstaltning. Ser man på dette i et klimaperspektiv kan brugen af ekstra materiale, der kunne være udeladt ved en anden materialesammensætning, geometri eller dimensionering, potentielt være forbundet med en forøgelse af klimaftrykket. Her er det væsentligt at se på bygningerne og deres omgivelser i et helhedsperspektiv for at kunne vælge den mest optimale løsning.

Brug af træ på indvendige overflader eller som isolering kan betyde at der skal tilføjes ubrandbare materialer eller brandimprægnering for at overholde nuværende krav. I et bæredygtighedsperspektiv er det væsentligt at vurdere hvilken løsning, der vil kræve flest ressourcer. Herunder også ressourcer, der er nødvendige ved løbende vedligehold for at kunne prioritere brugen af træ på mest hensigtsmæssig vis.



4.3 Lydisolation - erfaringer fra interviews

De adspurgte fortæller at de generelt ikke oplever problemer med projektering af lydisolation ved byggeri af præfabrikerede boks- eller fladelementer, her har leverandørerne erfaringer fra deres produkter, som gradvist bliver optimerede. Hvis der skal indgå vandrette lejlighedsskel, tegnes geometrien ofte til bokse. På den måde bygges der med dobbeltlag (Figur 7), hvor ét bokselement placeres oven på et andet, hvilket reducerer lydtransmission mellem boliger.



Figur 7 Dobbeltlag i vandrette lejlighedsskel

Producenterne har gennem erfaringer tilegnet sig kompetencer til at opfylde bygningsreglementets krav til lydisolation og kender kravene og har byggeteknisk viden til at overholde dem. Deres erfaringer viser at lydtransmissionen afhænger af bygningstypologien og de kan på baggrund af deres tidligere projekter vurdere og vælge optimale løsninger til nye projekter. Eksempelvis efterviser Scandibyg lydisolationen i moduler på baggrund af velkendte konstruktioner, der konstant udvikles i en udviklingsafdeling sideløbende med byggeprojekter (Günther, 2021). Desuden testes lydisolationen i det færdige byggeri på baggrund af bygherrens krav. Det kan eksempelvis være i 10-15 % af de færdige moduler. Scandibyg beretter at der stilles krav fra bygherre om at teste i alle byggerier (ibid.).

Når der tegnes geometri velegnet til fladelementer eller CLT undgår arkitekterne ofte vandrette lejlighedsskel i boliger for at undgå udfordringer med at overholde lydkrav. Tåsinge elementer fortæller imidlertid at de har udviklet en ny type dæk, som på sigt kan bruges i kombination med fladelementer baseret på massive træbjælker, og dette skulle håndtere lydtransmission ved vandrette lejlighedsskel. Også her er udviklingen i gang.

I cases som ikke gør brug af præfabrikerede løsninger har det i nogle tilfælde været nødvendigt at tilføre yderligere materialer end først antaget, for at overholde lydkravene. Lette materialer som træ stopper ikke lyden på samme måde som beton og i nogle tilfælde er det nødvendigt at tilføje tungere materialer for at forhindre at lyden forplanter sig mellem etager. Med tunge materialer kan svingninger og resonans ændres i lette bygningsdele.

Eksempler på tilførte materialer for at imødekomme lydisolationskrav:

- Timianhaven er bygget i CLT. For at undgå forplantning af trinlyd mellem etagerne og for at sikre bygningens statiske egenskaber er der tilføjet 50 mm tykke genbrugs betonfliser mellem etagerne. (R03, bilag 1)
- Lisbjerg bakke er et hybridbyggeri i søjlebjælkekonstruktion. Der er støbt 9 cm hurtigtørrende beton på dækkene for at sikre lydisolation og stabilisere konstruktionerne. (E01, bilag 1)
- Bakkens hjerte har lagt et svømmende linoleumsgulv oven på et undergulv af beton for at undgå at lyden forplanter mellem rummene og for at overholde krav til rumakustik i de store rum i institutionen (A03, bilag 1).

De adspurgte fortæller at lydisolation netop er et meget vanskeligt område at håndtere. Her har netop institutionen Bakkens hjerte (A03, bilag 1) haft store problemer med at overholde krav til trinlydsvandring mellem rummene. Oprindeligt var det tænkt at man kunne nøjes med beton-terrændækket, hvor der blev i støbt gulvvarme og derefter glitte dette. Det viste sig dog nødvendigt at adskille rummene fysisk for at undgå at trinlyd fra et rum forplantede

sig til et andet. Dette blev gjort ved at lægge et svømmende linoleums gulv oven på beton-underlaget. Her har det ikke været valg af træ som har været udslagsgivende for behovet for at tilføre ekstra materialer, men det har vist sig vanskeligt at reducere massen af byggematerialer og nøjes med terrændækket og samtidig overholde bygningsreglementet.



4.4 Statik - erfaringer fra interviews

Generelt set er statik ikke nævnt som et problem i projekteringen af de undersøgte cases. De adspurgte er ansatte ved tegnestuerne og i mange tilfælde ligger kompetencerne til at eftervise bygningsstatikken hos andre aktører i andre virksomheder. Ved præfabrikerede elementer ligger kompetencerne hos producenterne, som har oparbejdet viden og erfaring med træ som materiale og har kendskab til hvilke muligheder, der ligger i netop deres produkter.

Et eksempel er Tåsinge elementer, der leverer fladelementer og derfor oftest indgår som leverandør i større entrepriser. Her står rådgivende ingeniører for dokumentation af det totale byggeri, mens leverandøren efterviser deres egne produkter (Krogh, 2021). Scandibyg og Tåsinge elementer beskriver i forlængelse af arkitekternes svar, at det ikke er vanskeligt at bygge op til fire etager og overholde de statiske krav ved brug af hhv. boksmoduler eller fladeelementer (Günther, 2021; Krogh, 2021). Bliver byggeriet højere vil det påvirkes af vindlast, egenlast og deformationer som følge af træets fugtdeformationer, som kan gøre det hensigtsmæssigt at bygge i kombination med andre materialer (ibid.). Dette kan også være medårsag til at træbyggerier op til fire etager er mest udbredt.

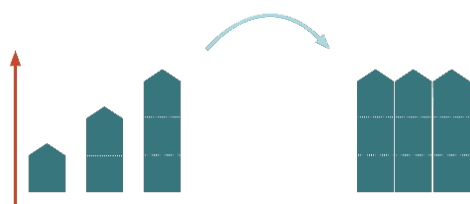
Enkelte cases har måtte tilføre beton eller stål for sikre bygningens stabilitet, det drejer sig blandt andet om Timianhaven og Lisbjerg bakke som beskrevet i bilag 1, R03 og E01. Her er statik og lydisolationsproblematikker løst i samme omgang ved at tilføre beton til etagedækkene. Stabilitet for vandret last sikres nogle gange med trappetårne af beton, som også løser særlige brandkrav til trapper og elevatorer dette gør sig gældende i SLU og SBA, bygningscase E03 og E02, bilag 1.



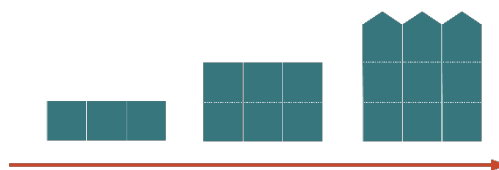
4.5 Indbygget fugt- erfaringer fra interviews

De adspurgte fortæller at der generelt set er få problemer med indbygget fugt ved præfabrikerede elementer. Elementerne bygges på fabrik under kontrollerede og tørre forhold. Herefter leveres de inddækkede eller færdige med facade. Byggeriet kan derfor hurtigt opsættes og aflukkes for fugt fra omgivelserne. Det væsentlige ved byggeri med indpakkede eller inddækkede præfabrikerede elementer er derfor at lede vand væk og sørge for at det ikke sker opfugtning under opførelse af byggeriet.

To cases arbejder med hybridkonstruktioner hvor der arbejdes med både våde (hurtigtørrende beton) og tørre materialer (limtræ). Den ene er Lisbjerg Bakke (E01, bilag 1) hvor der er støbt hurtigtørrende beton på trædækkene. Her har arbejdsprocesserne været væsentlige at styre for at undgå at indbygge fugt. En metode til at gøre dette er en fugtstrategiplan hvor det angives hvordan byggeriet skal udføres og opføres og heri udarbejdes en strategi for hvordan byggeriet holdes tørt. Her kan der vælges byggetakt, der definerer i hvilken rækkefølge bygningen skal opføres og lukkes af. Træbyggerier vil ofte med fordel kunne opføres i lodret byggetakt, illustreret af Figur 8. Hvilket betyder at man vil projekttere således at et byggeri kan opdeles i mindre bygningsafsnit og opføres så taget lukker bygningsafsnittet hurtigst muligt, frem for at opføre ét plan af hele bygningen ad gangen, Figur 9.

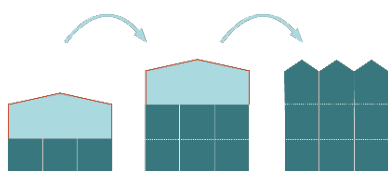


Figur 8 Lodret byggetakt

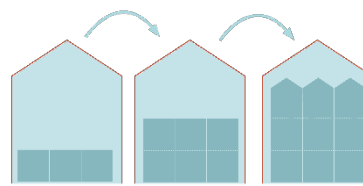


Figur 9 Vandret byggetakt

I denne sammenhæng kan der også bruges interimslukning (Figur 10) hvor byggeriet aflukkes midlertidigt ved endt arbejdsdag eller totaloverdækning (Figur 11) hvor hele byggeriet er overdækket under hele byggeperioden.



Figur 10 Interimslukning



Figur 11 Totaloverdækning

Den eneste case hvor arkitekterne har været bekendt med at der er udarbejdet og anvendt en decideret fugtstrategiplan for at sikre at undgå at indbygge fugt gennem byggeprocessen, er Lisbjerg Bakke, se Tabel 1. Her har bygherre stillet krav om udarbejdelse af en fugtstrategiplan på baggrund af anbefalinger fra Byggeskedefonden.

Fugtstrategiplanen for Lisbjerg Bakke er udarbejde af MOE Ingeniører og indebærer:

- En analyse af byggeriets fugtrisikoklasser på baggrund af konstruktionsprincip
- En risikoanalyse af de enkelte konstruktioner
- En strategi for kontrol og afhjælpning af fugt under byggeriet
- En detaljeret kontrolplan for de enkelte trækonstruktioner vist i Tabel 1.

4. kontrolplan

Kontrolleret:

Godkendt:

Kontrolskema for råhus bygningselementer

Kontrolpunkt	kontrolltidspunkt	kontrolmetode	kontrolperson	Omfang	krav	Gennemført kontrol			Bemærkninger
						Dato	Int.	Afviselser	
Limtræssøjler / bjælker	Ved modtagelse	visuelt	bygningstreprenør	stikprøver	Ubrudt emballage				Kontakt til producent/leverandør
Limtræssøjler / bjælker	Opbevaring på byggeplads	indstiksmåler	bygningstreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16% ± 2%				
Limtræssøjler / bjælker	Når bygning er lukket	indstiksmåler	bygningstreprenør	25%	Maks træfugt = 16% ± 2%				
Limtræssøjler	Afslutning af udtørring inden listemontage og fugning m.m.	indstiksmåler	bygningstreprenør	25%	Maks træfugt = 10% ± 2%				
Etagedækelementer	Ved modtagelse	Visuelt, indstiksmåler	bygningstreprenør	Pr. vognlæs	Maks træfugt = 16% ± 2%				
Etagedækelementer	Opbevaring på byggeplads	Visuelt, indstiksmåler	bygningstreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16% ± 2%				
Etagedækelementer	Ved indbygning	indstiksmåler	bygningstreprenør	4 målinger pr etage	Maks træfugt = 16% ± 2%				
Etagedækelementer	Inden loftsmontage	indstiksmåler	bygningstreprenør	4 målinger pr etage	Maks træfugt = 16% ± 2%				
tagudhæng	Ved modtagelse	Visuelt, indstiksmåler	bygningstreprenør	Pr. vognlæs	Maks træfugt = 16% ± 2%				
tagudhæng	Ved tagbelægningsmontage	Visuelt	bygningstreprenør	alle	Ingen fugtskjolder				

Tabel 1 - Uddrag fra fugtstrategiplan for Lisbjerg Bakke udarbejdet af MOE ingeniører, bragt med godkendelse fra Tegnestuen Vandkunsten

En årsag til at der kun er anvendt fugtstrategiplaner i en enkelt case kan være at mange cases er baseret på indpakkede eller inddækkede præfabrikerede elementer som derved er mindre sårbare over for fugt når de først ankommer til byggepladsen.

Tåsinge elementer og Scandibygs elementer kan stå 3-6 måneder mere eller mindre indpakkede til opbevaring udendørs hos leverandøren, afhængig af vejret, uden at tage skade (Günther, 2021 & Krogh, 2021). Da Tåsinge elementer fungerer som leverandør udarbejder de sjældent fugtstrategiplaner, men har fokus på detaljer ved montering for at sikre at vandet ledes væk fra elementerne. Tåsinge giver råd til entreprenøren, som står med ansvaret. Et eksempel er brugen af interimistisk lukning (Figur 10) af byggeriet, som kan aflukke råhuset som et midlertidigt tag hvis der kommer regn.

Scandibyg fungerer derimod oftest som totalentreprenør og leverandør. De har derfor et yderst detaljeret kvalitetssikringssystem og udarbejder altid fugtstrategier, der indeholder beskrivelser af hvordan, af hvem og hvornår forskellige procedurer for at undgå fugt skal udføres. Samt grænseværdier for dokumentation og en procedure for at håndtere og udbedre fejl i de sjældne tilfælde de opstår (Günther, 2021). Alle bokselementer dokumenteres fra træet kommer ind på Scandibygs fabrik til modulet står i det færdige byggeri (ibid.).

En anden årsag til manglende fugtstrategiplaner kan være at 18 ud af 20 cases er totalentrepriser, hvor entreprenøren derfor står med ansvaret for at udarbejde en fugtstrategi alt efter hvad bygherre kræver. I disse tilfælde er det ikke sikkert at de interviewede arkitekter, konstruktører eller ingeniører har haft kendskab til hvad der gjort i praksis i byggefasen eller

entreprenørerne arbejder med deres eget system hvor arbejdsprocedurer forløber på en bestemt måde. Derudover har totalentreprenøren det fulde ansvar hvis materialerne ikke er håndteret korrekt på byggepladsen og det er derfor op til dem at vurdere hvor stor risikoen for op fugtning og skader i det pågældende byggeri vil være.

Pensiondanmark beskriver (Breinholt, 2021) at de som bygherre stiller krav til deres totalentreprenører om at udarbejde fugtstrategiplaner, som er relevante for det givne byggeri. Der vil være forskellige succeskriterier og vurderinger afhængig af typen af byggeri. Deres to første træbyggerier, SLU og SBA, bygges af Scandibyg, som varetager fugtstrategi og kontrol (ibid.).

Enkelte cases beretter om mindre spild på byggepladsen på baggrund af uhensigtsmæssig håndtering af byggematerialer, eksempelvis Erlev skole beskrevet i A09, bilag 1. I to tilfælde, Elerv skole og Timianhaven (R03, bilag 1) var det nødvendigt at sanere byggeriet, ved at slibe og derved fjerne synlige skader på synlige trækonstruktioner. I disse tilfælde har der ikke været udarbejdet en fugtstrategiplan og det har været op til entreprenørerne at varetage kontrol og udbedring af eventuelle skader.

Uhensigtsmæssig behandling af materialer har ikke kun betydning for byggeriets kvalitet, men også klima- og miljøpåvirkningen fra byggeriet. Hvis materialer eller konstruktioner bliver våde, skal der enten foretages sanering (forbrug af el/varme til optørring, udtørring, slibning mm.) eller anvendes nye materialer, hvor de oprindelige går til spilde. Der stilles ikke krav om brug af fugtstrategiplaner i byggeriet, det er alene op til bygherren om dette skal udarbejdes eller ej. Dog anbefaler Byggeskadefonden (2020) særligt at gøre brug af fugtstrategiplaner i nyt alment boligbyggerier, der gør brug af træbaserede eller andre biogene materialer. De har desuden en række anbefalinger som den almene bygherre kan vælge at følge (ibid.).

Ved brug præfabrikerede moduler står entreprenøren for en veludviklet kvalitetssikring. Når det gælder mere sammensatte byggerier, er det mere usikkert hvem der står for ansvaret med de enkelte dele. Det kan være hensigtsmæssigt at afsætte tid og midler til at udarbejde en detaljeret plan og strategi for at sikre at der føres kontrol og hvem der har ansvaret, *hvis* noget går galt. Den udførende kan også vælge at løbe risikoen i forhold til fugt og indkassere gevinsten hvis der ikke kommer nedbør af nævneværdigt omfang.

5 UDVIKLING AF TRÆBYGGERIPRAKSIS-SER

Gennem interviews vedrørende de 20 bygningscases har det været muligt at kortlægge de praksisser, som eksisterer ved netop de fire tegnestuer i relation til projektering af træbyggeri. Tegnestuerne har over tid oparbejdet en praksis, hvor deres kompetencer til at projektere i træ og materialekendskabet er vokset. De har øget puljen af velkendte løsninger, som er blevet genbrugt og finjusteret. Samtidig er der kommet øget fokus på træ i byggeriet som et bæredygtigt byggemateriale. Det har derfor vist sig, at det er praktisk muligt, og giver en meningsfuld forståelse for tegnestuerne og deres samarbejdspartnere at udføre byggerier i træ.

Bygningscasene i denne rapport er ikke projekter, der forsøger at teste træmaterialers egenskaber til det yderste og bygge så højt, stort eller spektakulært som muligt. Der er dog en række byggerier som har udfordret den gængse måde at bygge i træ på og derfor udviklet træbyggeripraksissen i Danmark. Alle 20 bygningscases er mellem én og fire etager. Her har det vist sig, at træ er en reel og konkurrencedygtig løsning til bærende konstruktioner i byggeriet. Træ skal, som alle andre materialer, anvendes, hvor dets ydeevne, pris og vedligehold indgår i en kompleksitet, som er mest fordelagtig i det givne tilfælde. Har man først lært materialet at kende, kan man derefter udvikle sin viden og erfaring samt teknikker til at arbejde med det.



5.1 Økonomisk rentabelt

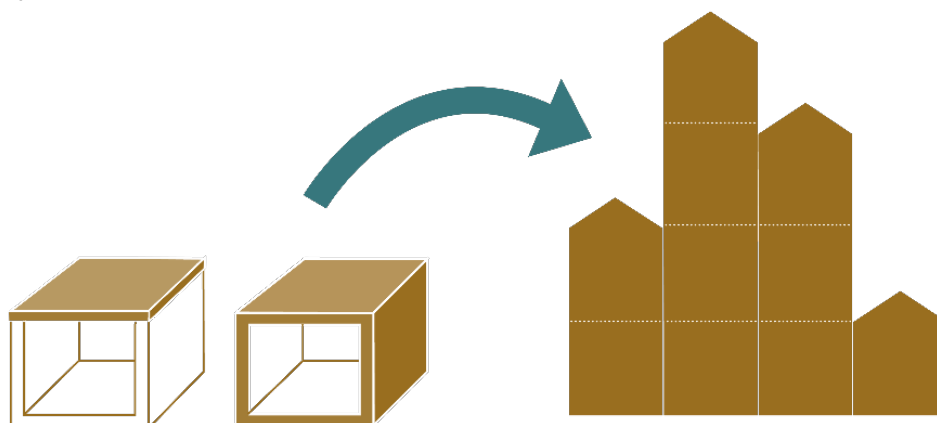
Undersøgelsen viser, at træ som bærende konstruktion generelt vælges meget tidligt i processen, ofte som svar på en snæver økonomisk ramme, ønsker om et bæredygtigt byggeri, eller begge dele. I 11 ud af 20 cases har økonomien haft betydning for at valget er faldet på træ som byggemateriale. Det gælder bl.a. for alment byggeri, studieboliger og offentlige institutioner. Her har tegnestuerne ofte valgt at tegne til præfabrikerede boksmoduler eller fladelementer for at kunne sikre et godt produkt til en fornuftig pris. Der er også et eksempel på en rammeaftale, som har defineret, at byggeriet skulle opføres med bærende konstruktioner i træ.

BUILD rapport 2020:25 (Rasmussen, T. V. et al, 2020) viser, at totalomkostningen er den samme for konventionelt byggeri som for træbyggeri. Opførelsesomkostninger er lavere for træbyggeri, vedligeholdelsesudgifterne er ens, mens genopretningsomkostninger for træbyggeri er større, hvor træ bruges som facademateriale (ibid.). Har opførelsesomkostningerne stor betydning for bygherre vælges derfor ofte træ (ibid.), hvilket denne undersøgelse bekræfter.

Dette viser, at træbyggeri ikke behøver at være dyrt, men snarere er økonomisk rentabelt, hvis der bruges velkendte og velafprøvede løsninger, hvor leverandørerne har oparbejdet kompetencer og viden til at arbejde med træ.

I enkelte tilfælde har en tegnestue tegnet geometrien til ét konstruktionsprincip i træ, hvor det er blevet lavet om til et andet princip i træ. To eksempler på dette er Timianhaven (R03, bilag 1) og Storkens kvarter (K01, bilag 1), som begge er tegnet af Vandkunsten og oprindeligt projekteret til præfabrikerede elementer. Efterfølgende er Timianhaven blevet om-projekteret fra boksbyggeri til CLT og Storkens Kvarter er blevet om-projekteret fra fladelementer til træskeletkonstruktion bygget på pladsen, for nærmere beskrivelser se bilag 1.

Ved brug af mindre velafprøvede konstruktionsprincipper, hvor behovet for rådgivning af større, er det ikke nødvendigvis billigere at bygge i træ. Nogle byggerier, som oprindeligt var tegnet med trækonstruktioner, er blevet om-projekteret til betonkonstruktioner, og de er derfor udeladt i studiet. Det er usikkert hvad, der har haft betydning for fravalget af træ i disse projekter.



Brug af præfabrikerede fladelementer og boksmoduler til boligbyggeri på 1-4 etager

- Producenterne har årelang erfaring og veludviklede kompetencer til at overholde krav og sikre kvaliteten af byggeriet
- Produkterne kan udvikles og tilpasses til konkrete projekter afhængig af bygherres ønsker, eksempelvis særlige ønsker til brug af træ eller andre biogene byggematerialer



5.2 Bæredygtighed i fokus

De fire tegnestuer, som er med i undersøgelsen, har over en længere periode oparbejdet kompetencer inden for træbyggeri. Der ses i 14 ud af 20 cases, at det er tegnestuerne, som i den indledende designfase har foreslået træ som bærende konstruktion. Det har ofte været for at overholde en økonomisk ramme eller svare på bygherres ønsker om et bæredygtigt byggeri. I nogle tilfælde er begge faktorer gældende. Fritidsklubberne Bakkens hjerte (A03) og Svanen (A02) er eksempler på, at tegnestuen Vandkunsten valgte at svare på bygherres ønsker om et bæredygtigt byggeri med et træbyggeri bygget af Egen Vinding og Datter. Der gøres der brug af entreprenørens kompetencer og erfaring inden for træbyggeri, og bygnin-gerne er opført uden dampspærre og hovedsageligt i biogene materialer.

Flere af de adspurgte har beskrevet, hvordan træ er blevet det oplagte materialevalg på baggrund af en bygherres ønske om et bæredygtigt byggeri. Kun i 3/20 tilfælde har det været defineret på forhånd enten af bygherre eller en rammeaftale, at der skulle anvendes træ som bærende konstruktion.

I langt de fleste af de 20 cases har det været tegnestuerne selv, som har valgt træ til de bærende konstruktioner, netop som deres svar og definition på et bæredygtigt byggeri. Denne undersøgelse bekræfter derfor, at der er en udbredt opfattelse af, at træ per automatik er et bæredygtigt byggemateriale. Det fortæller derimod ikke noget om, hvordan og i hvilken grad træ skal anvendes for at give den største fordel for klima og miljø.

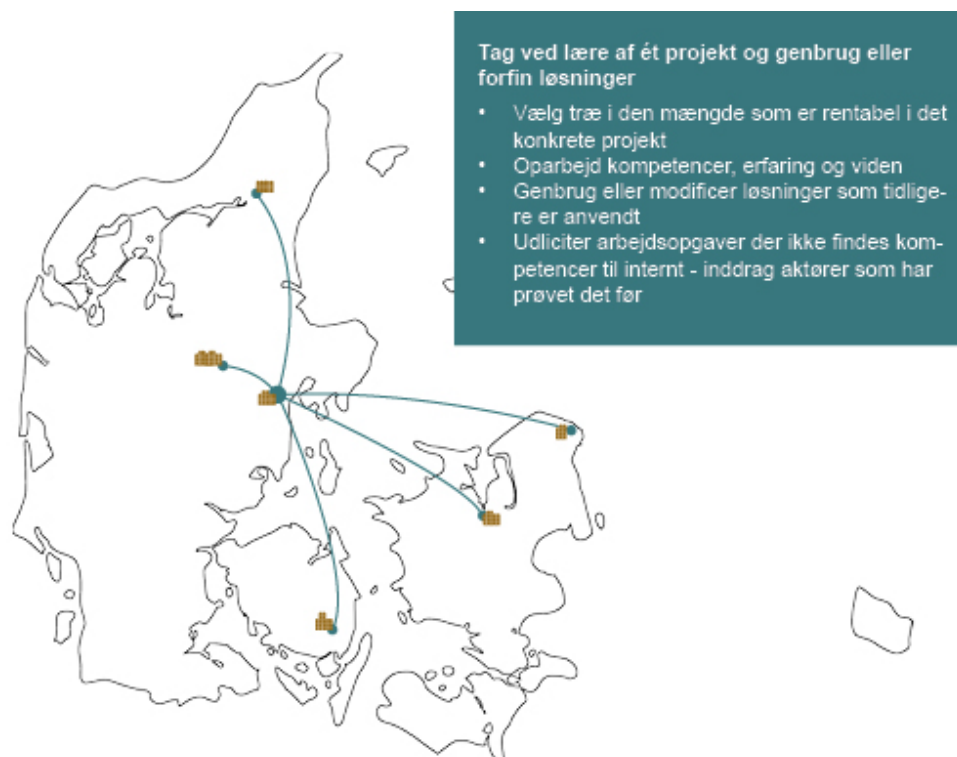
I de tilfælde hvor tegnestuerne har valgt træ som bærende konstruktioner uden påvirkning fra bygherre, har det været på baggrund af kompetencer i organisationen og den kommende bygnings dimensioner og funktion samt den økonomiske ramme. Det er et eksempel på, at praksisser gentager sig, når de først er indarbejdet i en organisation. For den givne tegnestue var det naturligt at vælge træ som løsning, fordi aktørerne i organisationen har oparbejdet kompetencerne til at gøre det gennem tidligere projekter, og fordi det er en tilgængelig løsning rent mentalt. Det bliver praktisk meningsfuldt at projektere i træ, når der ikke er mentale eller praktiske barrierer, som skal overvindes.



5.3 Minimering af risiko

Når der anvendes præfabrikerede elementer, som er velkendte og veldokumenterede ligger kompetencerne til at overholde krav til lydisolation, brand og statik hos producenterne af elementerne. Disse producenter er efterhånden øvede i at opfylde de krav, som stilles i bygningsreglementet, og produkterne optimeres kontinuerligt på fabrikkerne.

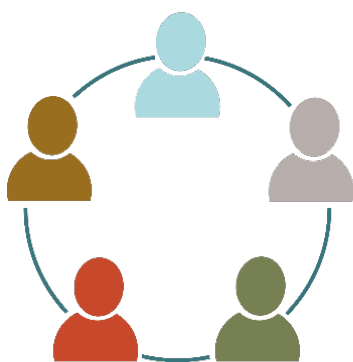
Pension Danmark er bygherre på to projekter for studieboliger tegnet af Vandkunsten. Studieboligerne i Lyngby er bygherrens første byggeri i boksmoduler. Derfor har man valgt at lave to projekter baseret på samme konstruktionsprincip og geometriske opbygning (Breinholdt, 2021). Det har betydet, at man har kunne genbruge principper fra Studieboligerne i Lyngby (E03, bilag 1) til Studieboligerne i Ballerup (E02, bilag 1). Det har gjort det muligt at afprøve nye løsninger, som kunne justeres fra det første til det andet projekt.



Der er imidlertid også andre typer af byggerier, hvor tegnestuen, bygherren eller entreprenøren ønsker at udvide deres kompetencer inden for træbyggeri. To af Vandkunstens bygningsscases bygget i CLT, hhv. Timianhaven (R03, bilag 1), som er boliger i 2 etager og Lethal til streetsport (A01, bilag 1). Ved Timianhaven ønskede entreprenøren selv at udvikle kompetencer med CLT og valgte at opføre byggeriet i CLT frem for boksbyggeri.

Tre byggerier kombinerer søjlebælkesystemer i limtræ med andre velkendte teknikker så som fladelementer i hybridbyggerier, det drejer sig om Lisbjerg Bakke (E01, bilag 1) af Vandkunsten, Netto ved Bygholm bakker (A06, bilag 1) af C.F. Møller og Erlev skole af Arkitema (A09, bilag 1).

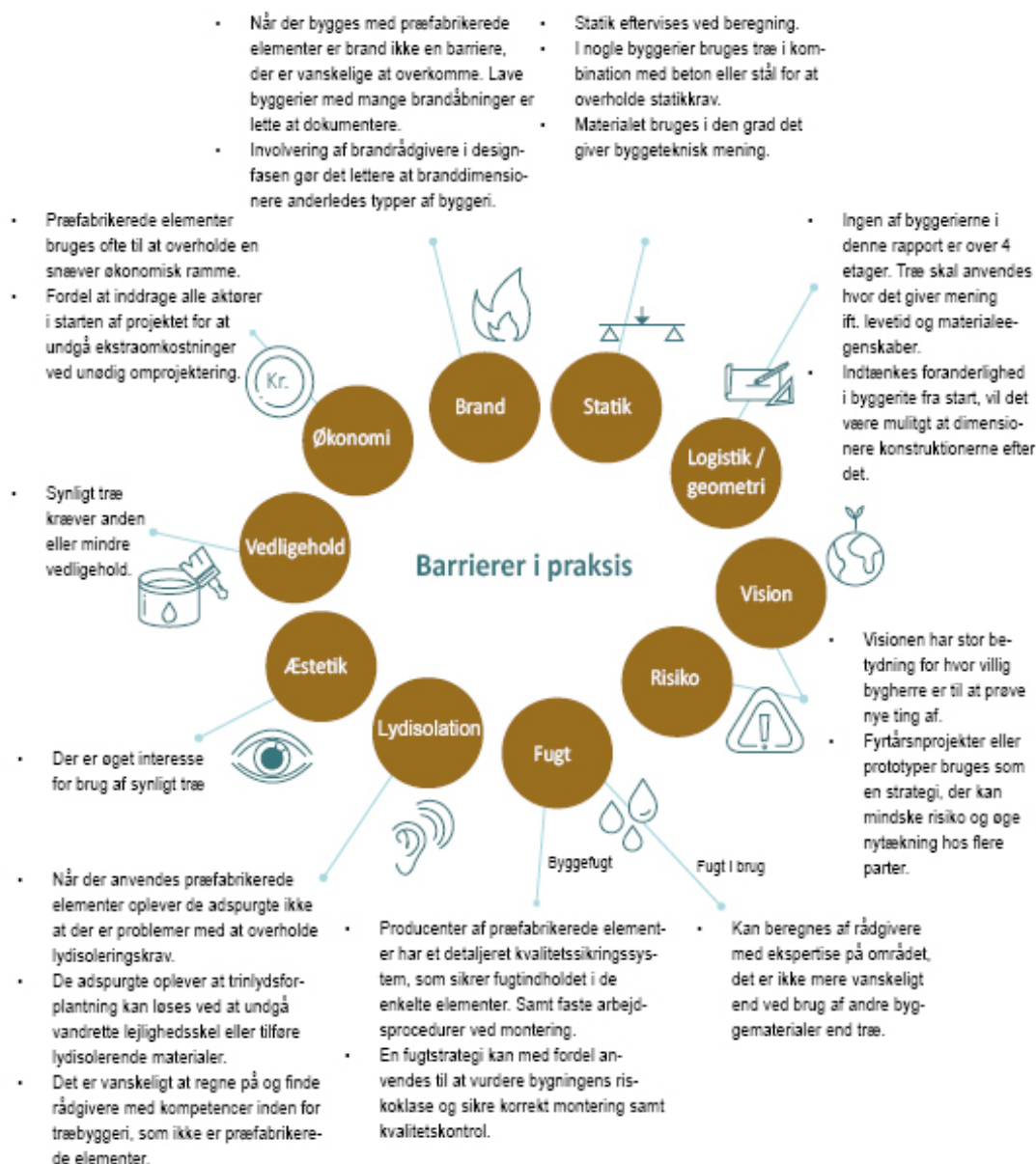
Disse konstruktionsprincipper er mindre velkendte i den danske byggebranche, og det kræver derfor andre kompetencer af de involverede rådgivere end de normalt anvender. Projekter, som arbejder med nytænkende løsninger eller nye materialer og nye konstruktionsprincipper forbindes med en større grad af risiko. I den sammenhæng har bygherrens engagement til træbyggeri stor betydning for det endelige materialevalg og resultat. I projekter hvor den økonomiske risiko kan minimeres eller har mindre betydning, har det vist sig lettere at arbejde med løsninger, som er ukendte for den pågældende organisation. Ved at afprøve mindre dele, gøre brug af tidligere løsninger og inddrage aktører, som har prøvet at bygge i træ før, udvider aktørerne gradvist deres praksisser med træbyggeri og bliver bedre. På den måde bliver puljen af aktører med kompetencer på området større. Et skridt ad gangen har været vejen frem.



Detaljeret planlægning og involvering af aktører tidligt i processen (rådgivere for brand, akustik, statik og fugt, entreprenør, arkitekter, bygherre) gør det lettere at koordinere geometri og materialevalg.

- Tag inspiration fra eksisterende byggerier
- Vælg konstruktionstype tidligt
- Tid og økonomi til grundig projektering i byggeriets indledende faser mindsker risiko for om-projektering eller fejl senere hen, da forskellige parametre er dimensionerende afhængig af bygningens geometri
- Budget til udvikling af fugtstrategi samt at følge denne (udvikling, kontrol, eventuel sanering)
- Brug træ hvor det giver mening ift. levetider og geometri

Figur 12 på side 37 kan sammenlignes med Figur 1 på side 8 og giver et overblik over, hvordan de oplevede barrierer gør sig gældende i sammenhæng med de undersøgte case-bygninger i praksis. Det viser sig, at mange af disse barrierer kan overkommes uden større vanskeligheder, når de undersøgte bygningstypologier tages i betragtning.



Figur 12 – Opsummering af hvordan barrierer emner er overkommet i praksis i de 20 case eksempler. Figuren kan sammenholdes med de oplevede barrierer præsenteret i Figur 1 side 8.

REFERENCER

Bolig- og Planstyrelsen (2021). *Bygningsreglementets vejledning om lydforhold*.

<https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/17/Vejledninger>

Bolig- og Planstyrelsen (2020). *Dokumentation af bygningsreglementets tekniske bestemmelser i forbindelse med færdigmelding af byggeriet*.

<https://bygningsreglementet.dk/Administrative-bestemmelser/BRV/Dokumentationsvejledning>

Breinholt, Jens (8. juli, 2021) personlig kommunikation, online interview

Build in Wood (2021, 18. & 19. maj), Konference, Lokomotivværkstedet, Otto Bussens Vej 5A, 2450 København

Byggeskadefonden. (2020). *Guide til kvalitet ved nyt boligbyggeri* (November 2020). Lokaliseret september 2021 på:

<https://bsf.dk/erfaringer/byggeteknik-almene-boliger/guider-med-anbefalinger/guide-til-kvalitet-ved-nyt-boligbyggeri>

Bygningsreglementet (2018), <https://bygningsreglementet.dk/>

Dansk Standard. (2018). *Lydklassifikation af boliger*. (DS 490:2018). København.

Dansk Standard. (2014). *Akustik – Feltmåling af lydisolation i bygninger og af bygnings-elementer – Del 1: Luftlydisolation* (DS/EN ISO 16283-1: 2014). København.

Dansk Standard. (2020). *Akustik – Feltmåling af lydisolation i bygninger og af bygnings-elementer – Del 2: Trinlydisolation*. (DS/EN ISO 16283-2: 2020). København.

Dansk Standard. (2020). *Akustik – Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygnings-dele – Del 1: Luftlydisolation* (DS/EN ISO 717-1:2020). København.

Dansk Standard. (2020). *Akustik – Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygnings-dele – Del 2: Trinlydniveau* (DS/EN ISO 717-2:2020). København.

Frederiksen, J. G. L. (20. august, 2021) personlig kommunikation, online interview,

Gottlieb, S. C., & Vogelius, P. (2020). BUILD rapport 2020:27 *Alment teknisk fælleseje - En institutionel analyse af fællesejets rolle i byggebranchen*.

<https://build.dk/Pages/Alment-teknisk-faellleseje.aspx>

Günther, H. (10. august, 2021) personlig kommunikation, online interview

Hansen, EJDP et al. (2020). *Anvisning om Bygningsreglement 2018*. SBI-anvisning 272 (2. udgave). Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet, København.

- Indenrigs og boligministeriet. (2021). *National strategi for bæredygtigt byggeri* (April 2021), Lokaliseret september 2021 på: <https://im.dk/publikationer/2021/apr/national-strategi-for-baeredygtigt-byggeri>
- Krogh, S. (10. august, 2021) personlig kommunikation, online interview
- Lovtidende A. (2021) *Lov om ændring af lov om miljøbeskyttelse (Implementering af engangsplastdirektivets bestemmelser om udvidet producentansvar og oprydningsansvar)*. LOV nr. 2021(786). <https://mst.dk>
- Morelli, M., & Brandt, E. (2020). *Do we need hygrothermal simulations to evaluate the design for durability*.
- Møller, E. B. (2010). *Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet*. (December 2010)
- Rasmussen, B., Hoffmeyer, D., & Olesen, H. S. (2017). *Udførelse af bygningsakustiske målinger*. SBI-anvisning 217 (2. udgave). SBI Forlag, Aalborg Universitet, København.
- Rasmussen, T. V., Rasmussen, B., Andersen, H. V., Birgisdóttir, H., Nielsen, J., Jermiin, L., Harrestrup, M., Hansen, T. K., & Cornelius, T. (2020). BUILD rapport 2020:25 *Anvendelse af træ i byggeriet: Potentialer og barrierer*. <https://doi.org/978-87-563-1966-9>
- Reckwitz, A. (2004). Toward a theory of social practices: A development in culturalist theorizing. *Practicing History: New Directions in Historical Writing after the Linguistic Turn*, 5(2), 245–263. <https://doi.org/10.4324/9780203335697-23>
- Spurling, Nicola; McMeekin, A. (2012). *Executive summary interventions in practice: re-framing policy approaches to consumer behaviour*. September.
- Zimmermann, R. K., Andersen, C. E., Kanafani, K., & Birgisdóttir, H. (2020). BUILD rapport 2020:04 *Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger*. <https://build.dk/Pages/Klimapaa-virkning-fra-60-bygninger.aspx>

BILAG 1 ERFARINGER FRA BYGNINGSCA- SES

BILAG 1 - ERFARINGER FRA BYGNINGSCASES

Indhold

R03	Timianhaven	2
A03	Bakkens hjerte	4
A02	Svanen	6
E01	Lisbjerg Bakke	7
A09	Erlev skole	9
K01	Storkens kvarter	11
R02	Balancen	13
R06	Almen bolig + Grøntorvet	15
A05	Marthagården	17
E03	SLU	19
E02	SBA	21
A06	Netto	23
A01	Lethal til street sport	25
S01	Upcycled sommerhus	27
R01	Almen bolig+ Danmarksgrunden	29
R04	EcoVillage Skråningen I	31
R05	EcoVillage Skråningen II	33
Enf01	Det moderne tanghus	35
R07	Anonym case	Ikke medtaget
E04	Anonym case	Ikke medtaget

Træets procentdel af total bygningsvægt: *dækker træets andel af den totale bygningsvægt eksklusiv fundament, da dette kan variere.*

Bygningsvægt: *dækker tover den totale vægt af bygningen, alle materialer inklusiv fundament.*



Fotograf: Kristina Mengel - Tegnestue Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Havdrup, Solrød, Danmark

År: 2017-2018

Antal enheder: 44 boliger + fælleshus

Kategori: almene boliger og fælleshus

Tegnastue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Dominia

Bygherre: Boligselskabet Domea Solrød

Entreprenør: Adserballe & Knudsen A/S

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 3.720 m²

Total bygnings vægt: 2.864.241 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 29,41%

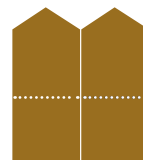
Energiklasse: Lavenergi 2015 og bygningsklasse 2020

Total energiforbrug: 32,7 kWh/m²/år

Certificering: ingen

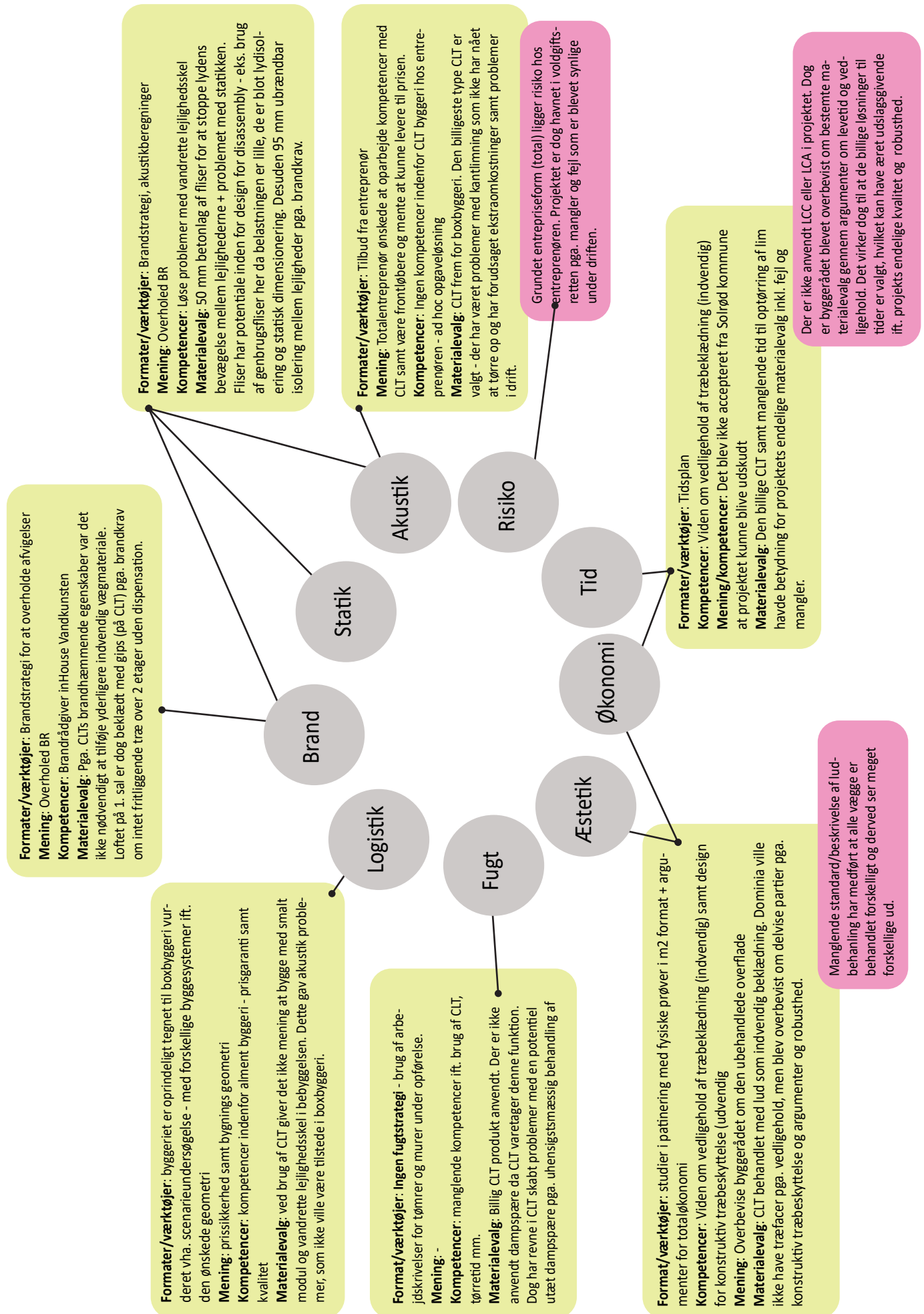


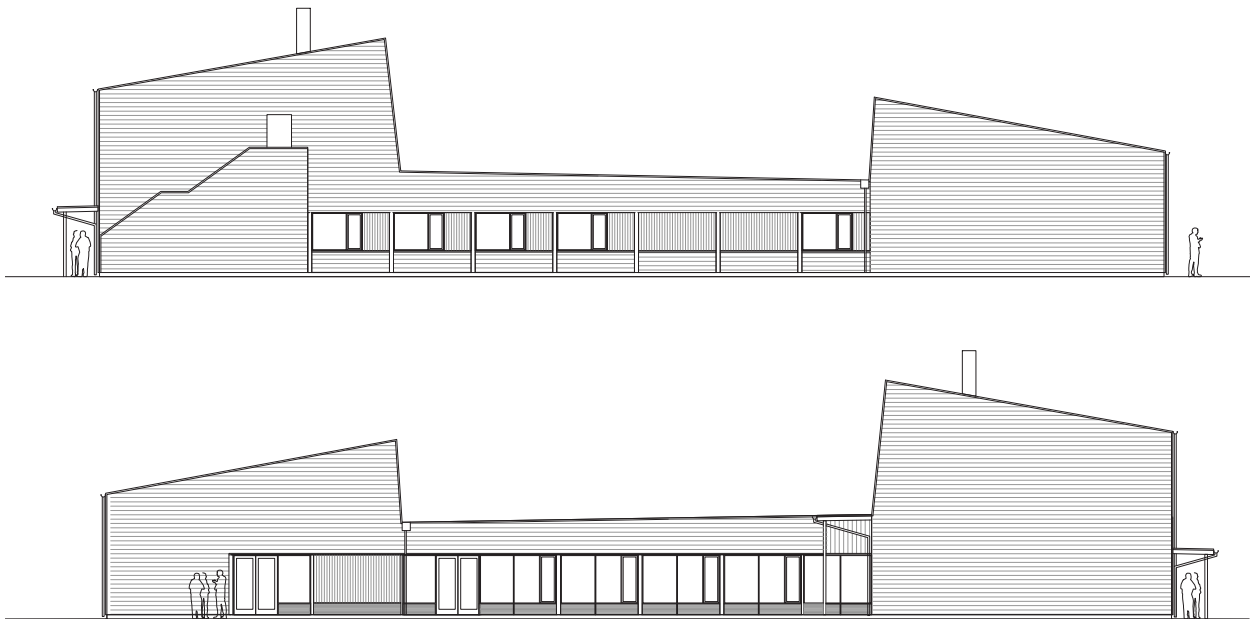
CLT



2 etagers rækkehuse

Vandkunsten tegnede udbuddet til projektforslag som boksbyggeri på baggrund af ønsket geometri samt et prisansvar ift. rammeaftalen. Ingen boksproducenter bød på opgaven. Asserballe og Knudsen bød, men med et byggeri i CLT, da firmaet ønskede at oparbejde kompetencer på det område. Byggeriets geometri var tegnet til boksmoduler og for at give bredde på boligen var modulerne sat forskudt. Det skabte vandrette lejlighedsskel, som krævede ekstra rådgivning og om-projektering for at opnå tilstrækkelig lydisolering. Der blev tilføjet betonfliser i dækkende for at undgå lydtransmission. Akustikken kunne være håndteret ved undgå vandrette lejlighedsskeli geometrien. CLT giver andre geometriske muligheder som boksmoduler ikke har, bl.a. bredde på boliger.





Visualisering - Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Albertslund

År: 2018-2022

Antal enheder: 1 institution

Kategori: Fritidsklub/institution

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Tidlig dialog med Regnestuen om gitterspær

Bygherre: Albertslund kommune

Entreprenør: Asserballe og knudsen

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 1.038 m²

Total bygnings vægt: 709.221 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 10,9%

Energiklasse: bygningsklasse 2018

Total energiforbrug: 38,2 kWh/m²/år

Certificering: ingen



træskelekonstruktion



Institution 1-2 etager

Bakkens Hjerte og Svanen er to kommunale fritidsklubber i Albertslund på hhv. to og en etage. Bygherre havde et stærkt ønske om at opføre bæredygtige byggerier, der kunne fungere som fyrtårnsprojekter i kommunen. Vandkunsten svarede på opgaven med et træ-byggeri uden dampspærre, næsten udelukkende i biogene materialer. Indledende havde bygherre et ønske om at certificere byggeriet til DGNB guld niveau, hvilket måtte spares væk. Der har fortsat været fokus på at bygge efter DGNB krav, blot uden at certificere. Ved at inddrage Egen Vinding og Datter, der har erfaring med denne type byggeri som entreprenør, har bygherre været villig til at bygge denne type byggeri. Bygningerne er opført i traditionelt træskelet på baggrund af entreprenørens kompetencer.



Visualisering - Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Albertslund

År: 2018-2022

Antal enheder: 1 institution

Kategori: Fritidsklub/institution

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Tidlig dialog med Regnestuen om gitterspær

Bygherre: Albertslund kommune

Entreprenør: Asserballe og knudsen

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 470 m²

Total bygnings vægt: 472.183 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 10,9%

Energiklasse: bygningsklasse 2018

Total energiforbrug: 38,2 kWh/m²/år

Certificering: ingen



Træskelekonstruktion



Institution 1 etage

Bakkens Hjerter og Svanen er to kommunale fritidsklubber i Albertslund på hhv. to og en etage. Bygherre havde et stærkt ønske om at opføre bæredygtige byggerier, der kunne fungere som fyrtårnsprojekter i kommunen. Vandkunsten svarede på opgaven med et træ-byggeri uden dampspærre, næsten udelukkende i biogene materialer. Indledende havde bygherre et ønske om at certificere byggeriet til DGNB guld niveau, hvilket måtte spares væk. Der har fortsat været fokus på at bygge efter DGNB krav, blot uden at certificere. Ved at inddrage Egen Vinding og Datter, der har erfaring med denne type byggeri, som entreprenør, har bygherre været villig til at bygge denne type byggeri. Bygningerne er opført i traditionelt træskelet på baggrund af entreprenørens kompetencer.

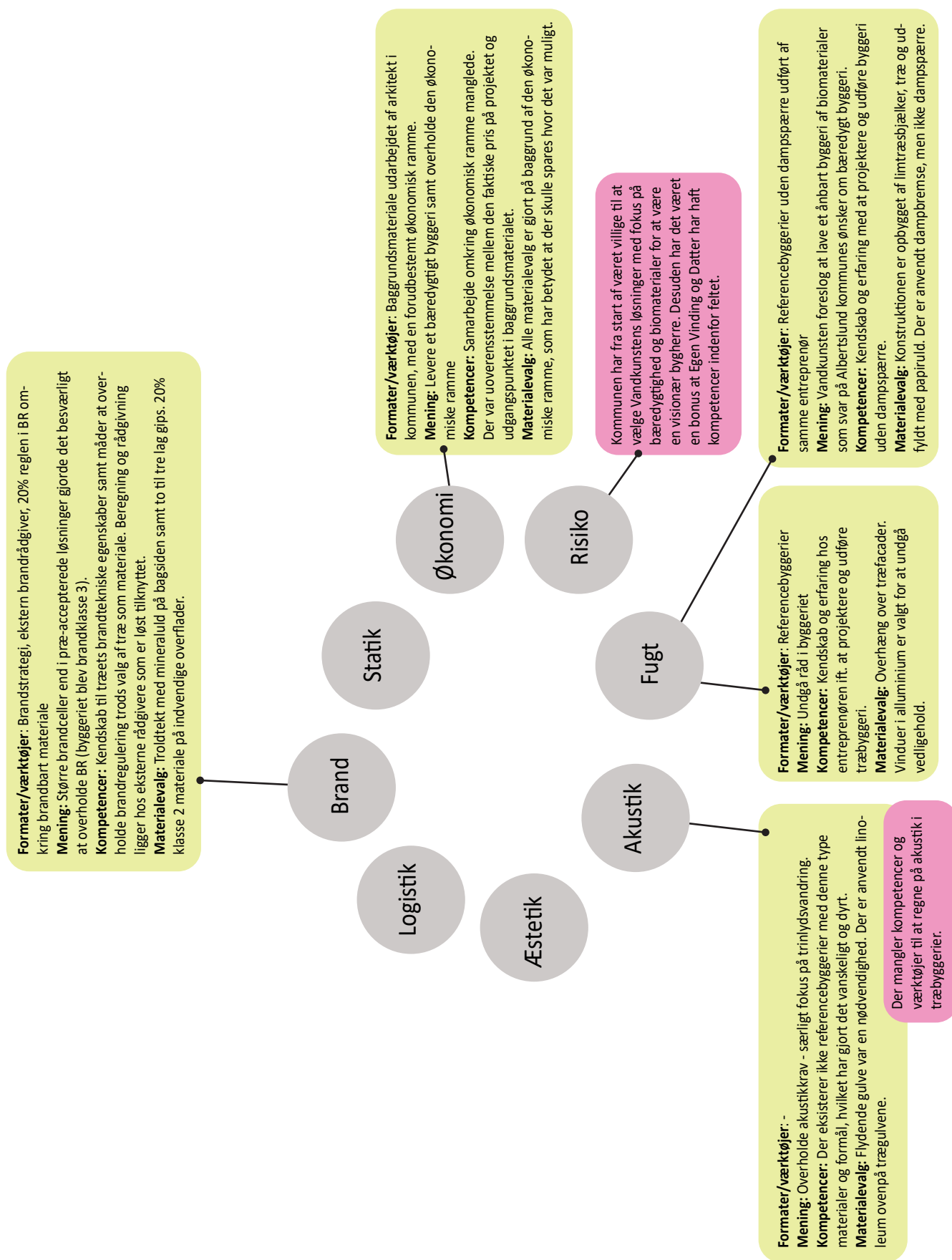




Foto: Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Lisbjerg, Århus

År: 2018-2021

Antal enheder: 240 boliger på 50-110 m²

Kategori: almene boliger

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: MOE

Bygherre: AL2 bolig

Entreprenør: Hustømrerne

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 4.150 m²

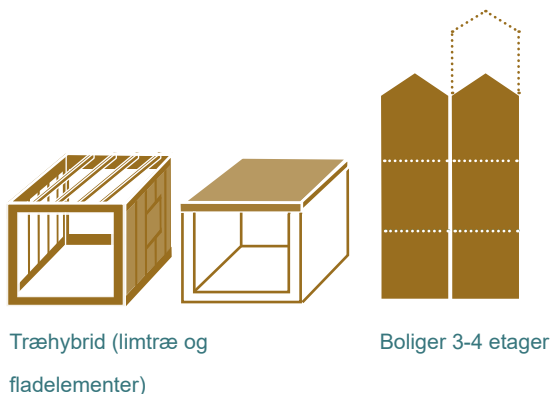
Total bygnings vægt: 4.326.356 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 10,65 %

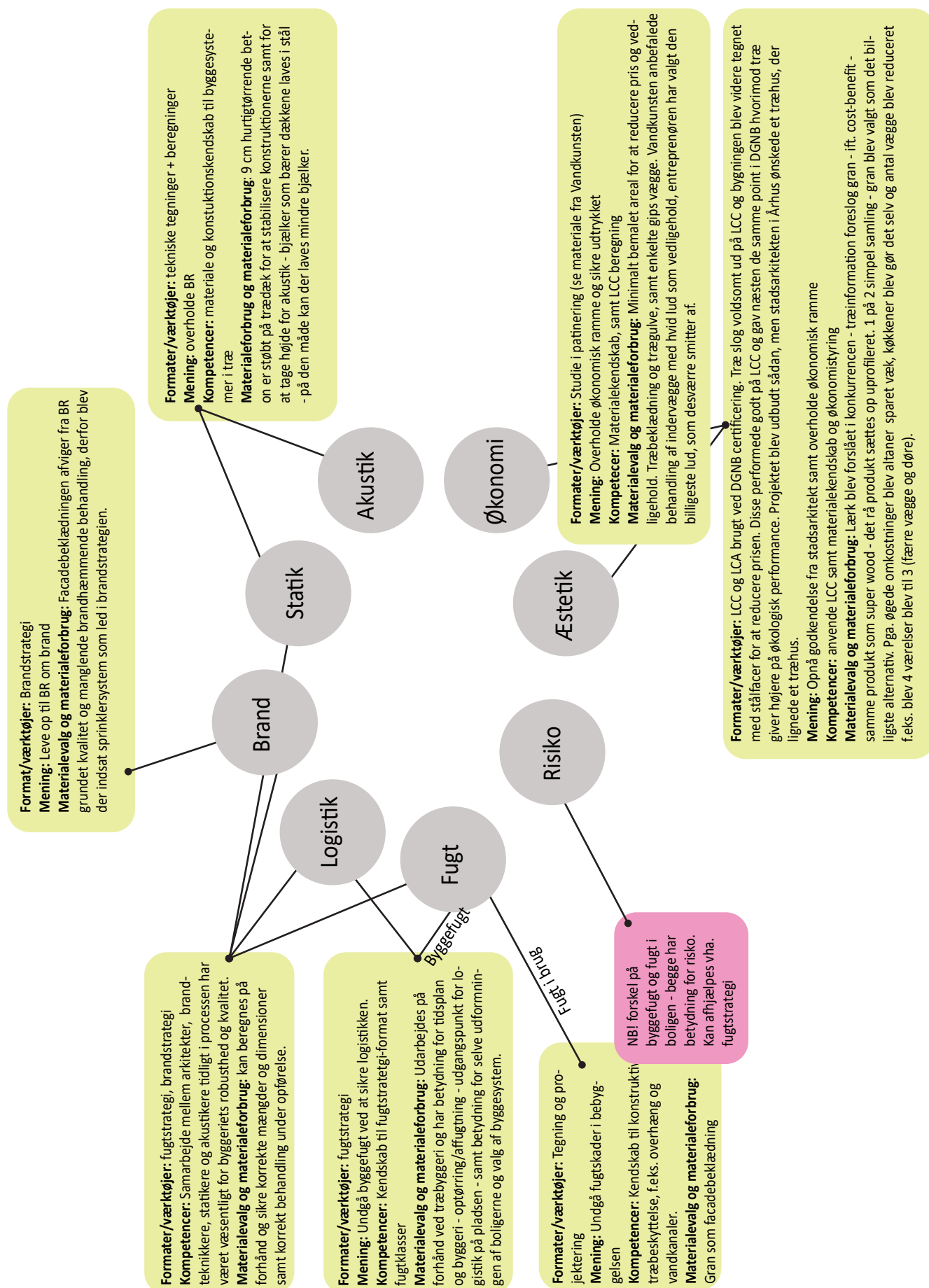
Energiklasse: Bygningsklasse 2020

Total energiforbrug: 30,4 kWh/m²/år

Certificering: DGNB



Projektet er opført i et søjlebælkesystem i limtræ ved navn Wood Stock udviklet af MOE og Vandkunsten. Der er derudover anvendt beton og stål hvor det har givet mening af byggetekniske årsager. Det gælder bl.a. dækkene der er 23 cm tykke og udgøres af limtræ og 9 cm armeret beton for at sikre lyddæmpning. Desuden trappe- og elevatorkerner, der giver stabilitet i byggeriet. Stålbælker har erstattet træ nogle steder for at bevare byggesystemets proportioner. Det har givet fleksibilitet mht. at udforme facadekassetterne og placering af vindueshuller. Konstruktiv træbeskyttelse er en del af byggeriets arkitektoniske formsprog. Tagformen og bygningsprincippet har desuden givet ekstra højt til loftet. Det er beskrevet i lokalplan og konkurrence materiale at byggerierne skulle give eksempler på fremtidens bæredygtige almene boliger. Da byggeriet gør brug af mange forskellige byggeteknikker har det været nødvendigt at planlægge byggeprocessen grundigt for at undgå at indbygge fugt. Bygherre stillede krav om en fugtstrategiplan på baggrund af anbefalinger fra Byggeskedefonden.





Fotograf: Niels Nygaard, Tegnestue: Arkitema

Bygningsdata

Beliggenhed: Haderslev, Danmark

År: 2017- 2020

Antal enheder: 1 skole

Kategori: Skole

Tegnestue: Arkitema

Landskab: Arkitema

Ingeniør: Sloth Møller

Bygherre: Haderslev kommune

Entreprenør: Ommen og Møller

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 6.014 m²

Total bygnings vægt: 3.607.243 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 14,36 %

Energiklasse: Bygningsklasse 2018

Total energiforbrug: 36,6 kWh/m²/år

Certificering: ingen

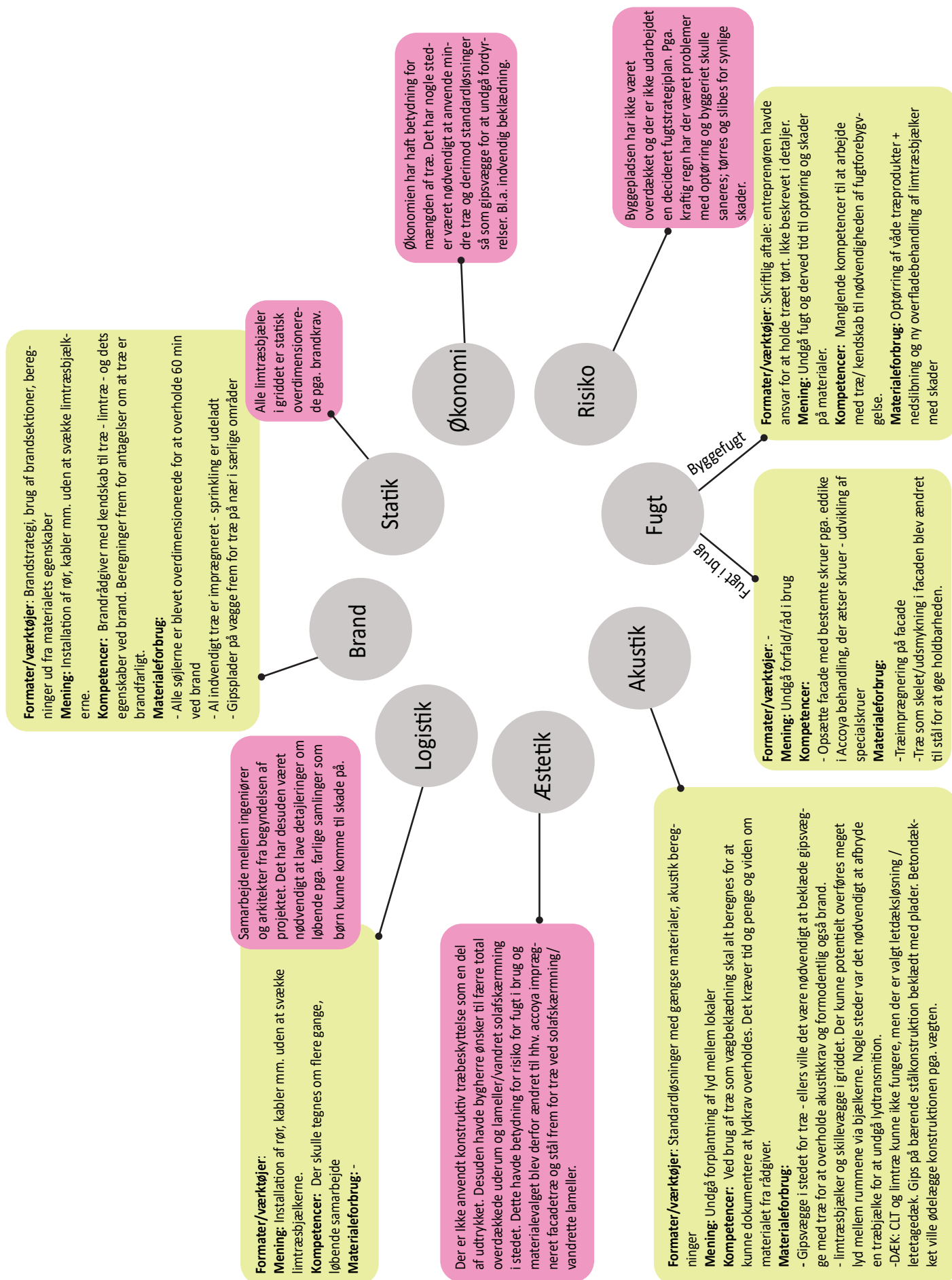


Limtræ



Institution 1-2 etager

Byggeriet består af limtræsbjælker i et grid på 5,8*5,8 m. Denne størrelse passede til de ønskede rumstørrelser. Der blev lagt vægt på en visionær skole i forhold til undervisning og social bæredygtighed i udbudsmaterialet uden særlige krav til brug træ eller bæredygtighed. Der opstod en idé om at opbygge bygningen omkring et grid af "søjletræer", hvilket medførte at søjlerne blev udført i træ. Idéen om skolen som en skov gjorde bygherre interesseret i synligt træ. For at overholde brandkrav og undgå øgede omkostninger til yderligere brandrådgivning blev der brugt gips frem for træ på alle indvendige overflader, på nær i særlige områder hvor træet er brandimprægneret. Det var nødvendigt at skifte brandrådgiver undervejs for at finde en rådgiver med kendskab til limtræ. Byggeriet blev udført uden overdækning. Der var ikke udarbejdet en konkret fugtstrategiplan og desværre kom der store mængder regn under byggeriet, hvilket forudsagede synlige fugtskader på limtræsbjælkerne, som måtte tørres og slibes før ibrugtagning.





Fotograf Ulrik Mathiasson, Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Albertslund, Danmark

År: 2014-2016

Antal enheder: Materialegård, reception, kontorer, frokoststue, toiletter, lagerrum, server-/printerrum, garderobe, køkken, omklædning/bad, bestyrelsesmødelokale med tekøkken og lagerrum.

Kategori: Erhverv

Tegnastue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Wissenberg

Bygherre: Albertslund Boligselskab afd. Syd

Entreprenør: B Entreprise A/S, Henning Carlsen VVS A/S (VVS) og ENCO A/S (EL)

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 1036 m²

Total bygnings vægt: 1.393.566 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 14,27 %

Energiklasse: Lavenergi 2015

Total energiforbrug: 40,9 kWh/m²/år

Certificering: DGNB guld

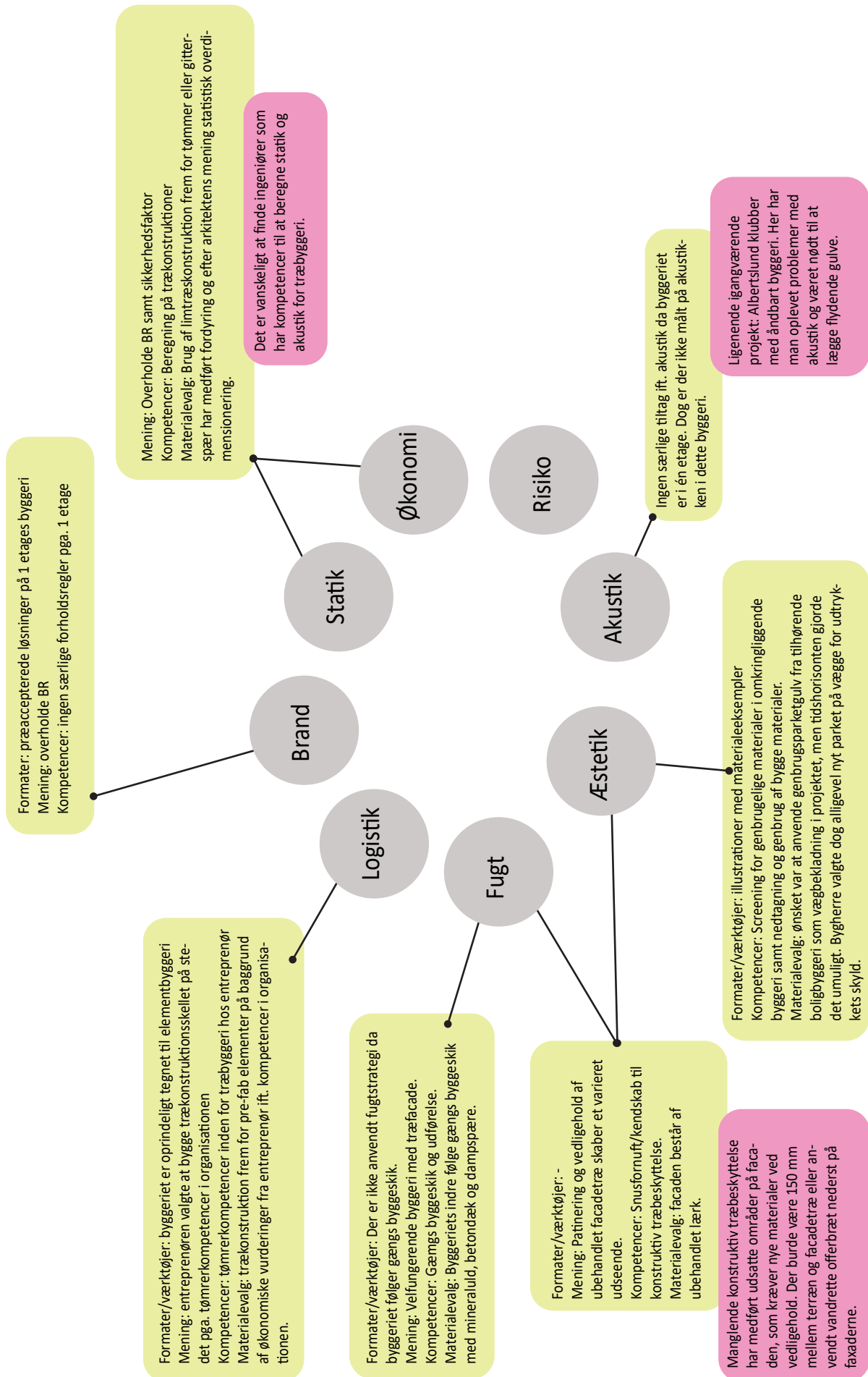


Træskeletkonstruktion



Kontor/erhverv 1 etager

Byggeriets dimensioner, relativt småt med én etage samt brugen som erhverv gjorde det let at anvende træ som facade, konstruktion, gulve og indvendig beklædning. Desuden var de oprindelige tegninger med præfabrikeret elementbyggeri valgt af økonomiske hensyn. Entreprenøren valgte at ændre til trækonstruktion bygget på stedet pga. mange tømrere i organisationen.





Fotograf: AstridKBH, Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Ry, Danmark

År: 2018-2021

Antal enheder: 33 boliger + fælleshuse

Kategori: boliger, boligfællesskab

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Viggo Møller

Bygherre: Pension Danmark

Entreprenør: LPH Byg

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 2.942 m²

Total bygnings vægt: 2.575.502 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: %

Energiklasse: BR18-Lavenergiklasse

Total energiforbrug: 38,7 kWh/m²/år

Certificering: DGNB Guld

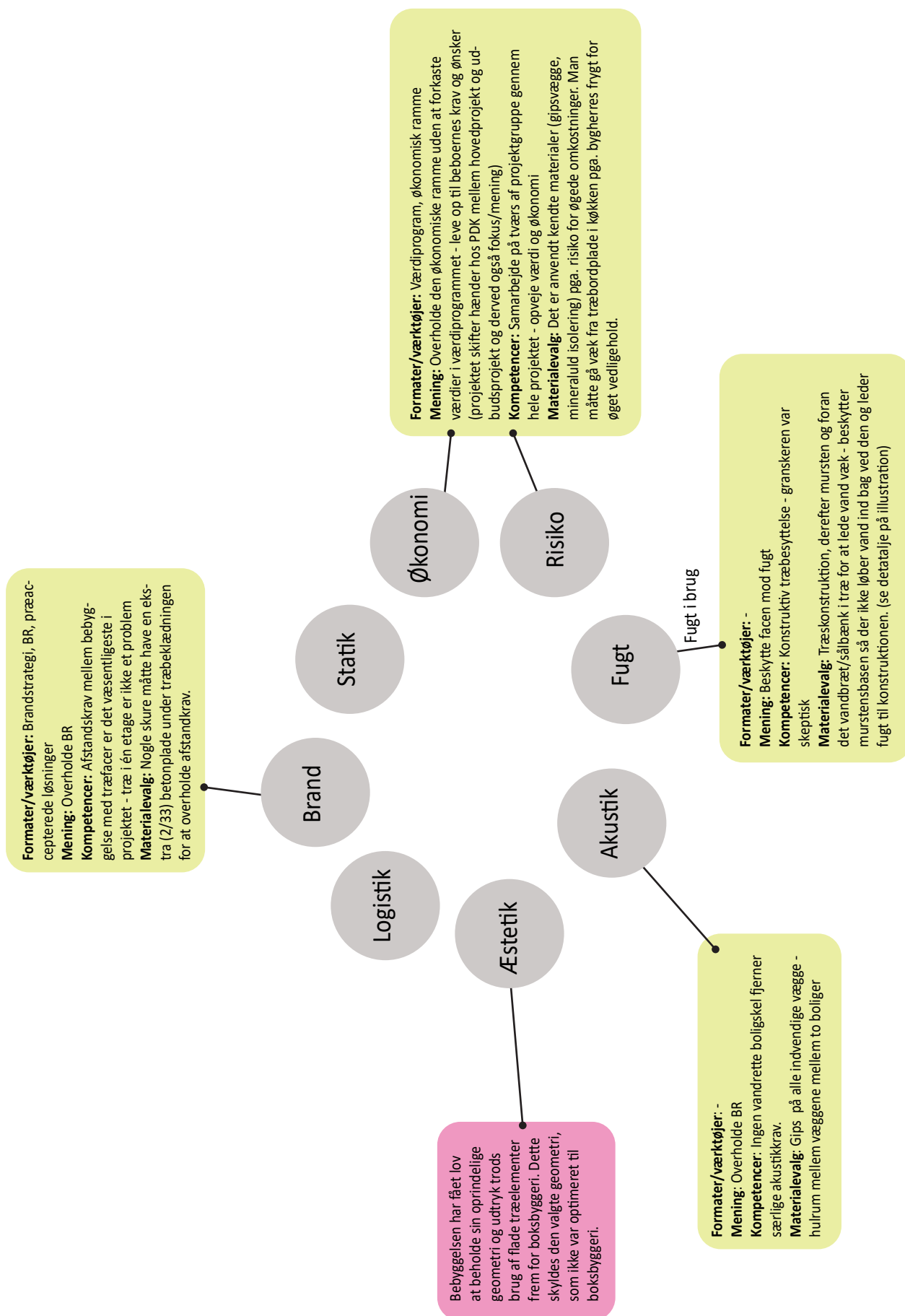


Fladeelementer



Rækkehus 1 etage

Byggeriet består af 33 boliger af 3 forskellige typer - 55, 75 og 100 m² som dobbelthuse samt et fælleshus. Byggeriet blev tegnet til bokse i skitseprojektet, men geometrien var ikke velegnet/optimal til dette. Derfor blev et bud med flade træelementer valgt frem for boksmoduler. Byggeriet er opført på baggrund af et værdiprogram udviklet i samarbejde mellem Pension Danmark, Realdania og Vandkunsten. Det skriftlige værdigrundlag har fungeret som pejlemærke for projektet gennem alle byggeriets faser og sikret tæt dialog mellem alle parter. Entreprenøren har tidligt været inde over projektet og i tæt dialog med arkitekter og bygherre. Derudover opfyldes krav til BR18 Lavenergi i henhold til Pensions Danmark skærpede krav til bæredygtighed og byggeriet er DGNB certificeret til guld niveau.





Fotograf: Laura Stamer, Tegnesteue: Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Valby, Danmark

År: 2016-2019

Antal enheder: 49 lejligheder

Kategori: Almene boliger

Tegnesteue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: DEM og Tyréns

Bygherre: SAB og AKB for KAB (forretningsordfører)

Entreprenør: BM Byggeindustri

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 5.367 m²

Total bygnings vægt: 2.274.086 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 22,92%

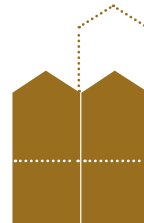
Energiklasse: Bygningsklasse 2020

Total energiforbrug: 32,9 kWh/m²/år

Certificering: ingen

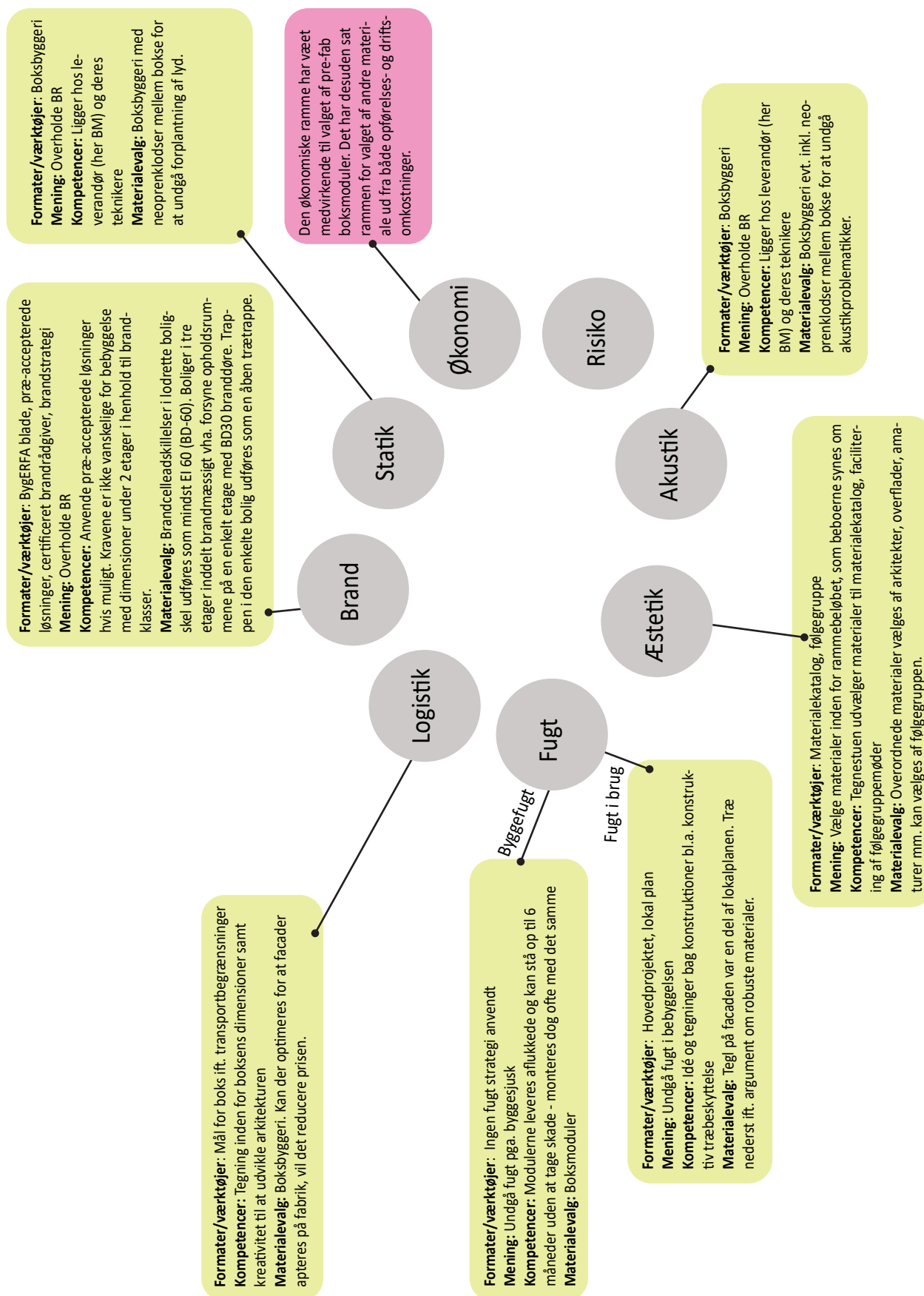


Bokselementer



2-3 etagers beboelse

Projektet er en del af almenbolig ramme 5 og det var på forhånd et krav at byggeriet skulle udføres i trækonstruktioner. Desuden har rammebeløbet haft betydning for at vælge præfabrikerede boksmoduler pga. prisen. Ud over at gøre brug af entreprenørens og rådgivernes kompetencer blev der udpeget en følgegruppe af erfarne folk fra boligforeningerne, som har siddet med til råds i bygherregruppen ift. materialevalg på overflader og interiør.





Fotograf Nicholas Duxbury Ransome, Tegenstie: Lendager Group

Bygningsdata

Beliggenhed: Frederiksberg, København, Danmark

År: 2013

Antal enheder: 1 tilbygning til institution

Kategori: Andet, daginstitution

Tegnastue: Lendager

Landskab: Lendager

Ingeniør: Århus bygningsrådgivning, Esbensen

Rådgivende ingeniører

Bygherre: Diakonissestiftelsen

Entreprenør: Villy Jønsson, Artex Byggeentreprise

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 99 m²

Total bygnings vægt: 104.659 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 33,73 %

Energiklasse: 2013

Total energiforbrug: 61,7 kWh/m²/år

Certificering: ingen



Bokselementer



1 etages institution

Alle forslag til den oprindelige arkitektkonkurrence om at udvide Marthagården til en 1000 m² institution var meget dyre. Konkurrencen blev derfor annulleret. Lendager Group var rådgiver på Diakonissestiftelsen, lokaliseret på den anden side af vejen, og blev bedt om at lave et forslag til daginstitutionen. Tegnastuen valgte at anvende træ af forskellige årsager: det var billigt, det var bæredygtigt og træets taktile egenskaber passede til de omgivende ældre byggerier og skabte grundlag for en institution med bæredygtighed i fokus. Byggeriet er en tilbygning som består af præfabrikerede boksmoduler. Hvert modul kan i princippet rykkes til en anden placering og genbruges ved mindre modifikationer.

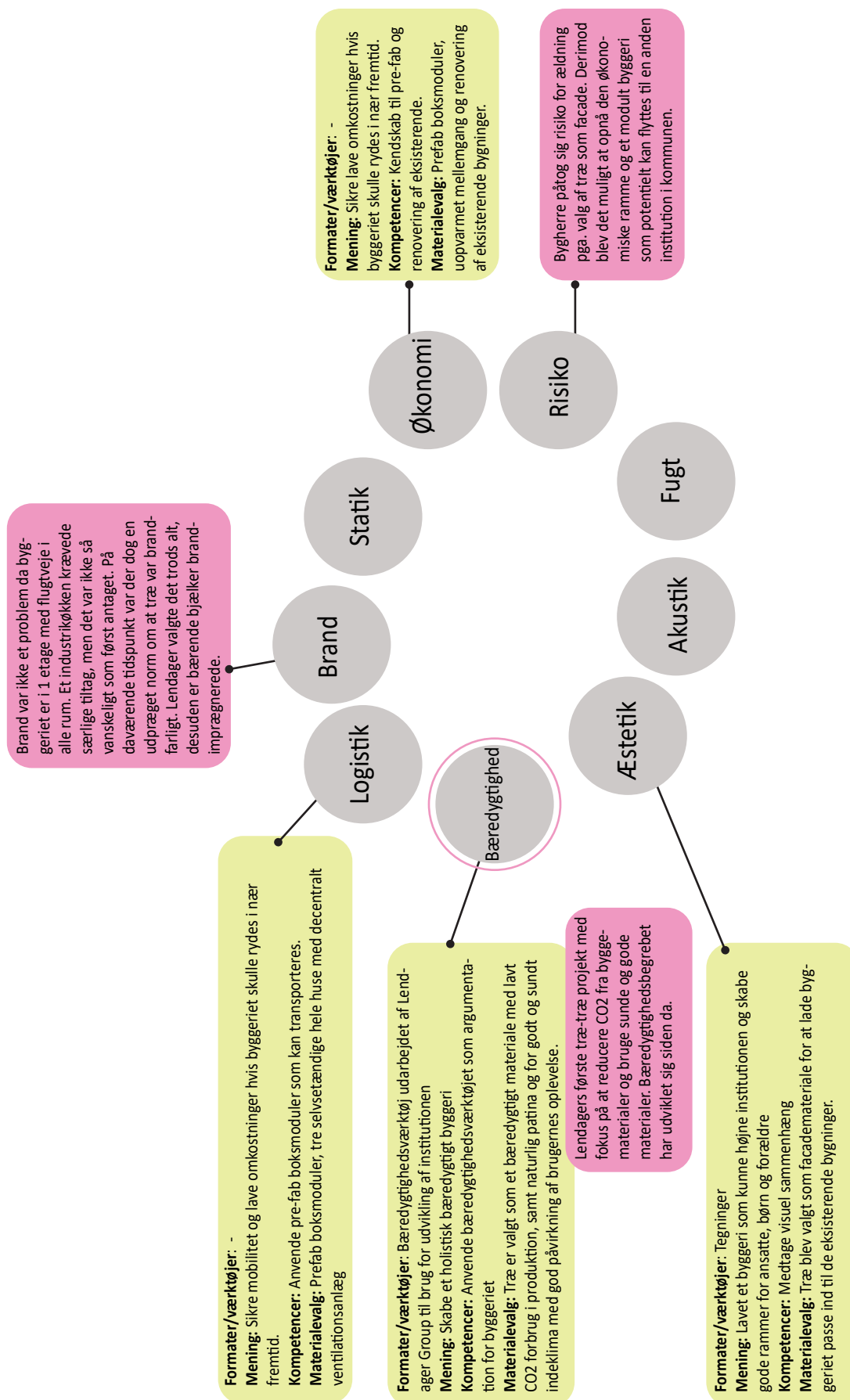




Foto: Scandibyg

Bygningsdata

Beliggenhed: Lyngby, Danmark

År: 2020-2021

Antal enheder: 491 boliger + fællesarealer

Kategori: Studieboliger

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Scandibyg + COWI omkring grunden

Bygherre: Pension Danmark

Entreprenør: Scandibyg

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 17.530 m²

Total bygnings vægt: 6916.449 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 16,33 %

Energiklasse: Bygningsklasse 2018

Total energiforbrug: 30 kWh/m²/år

Certificering: DGNB Guld

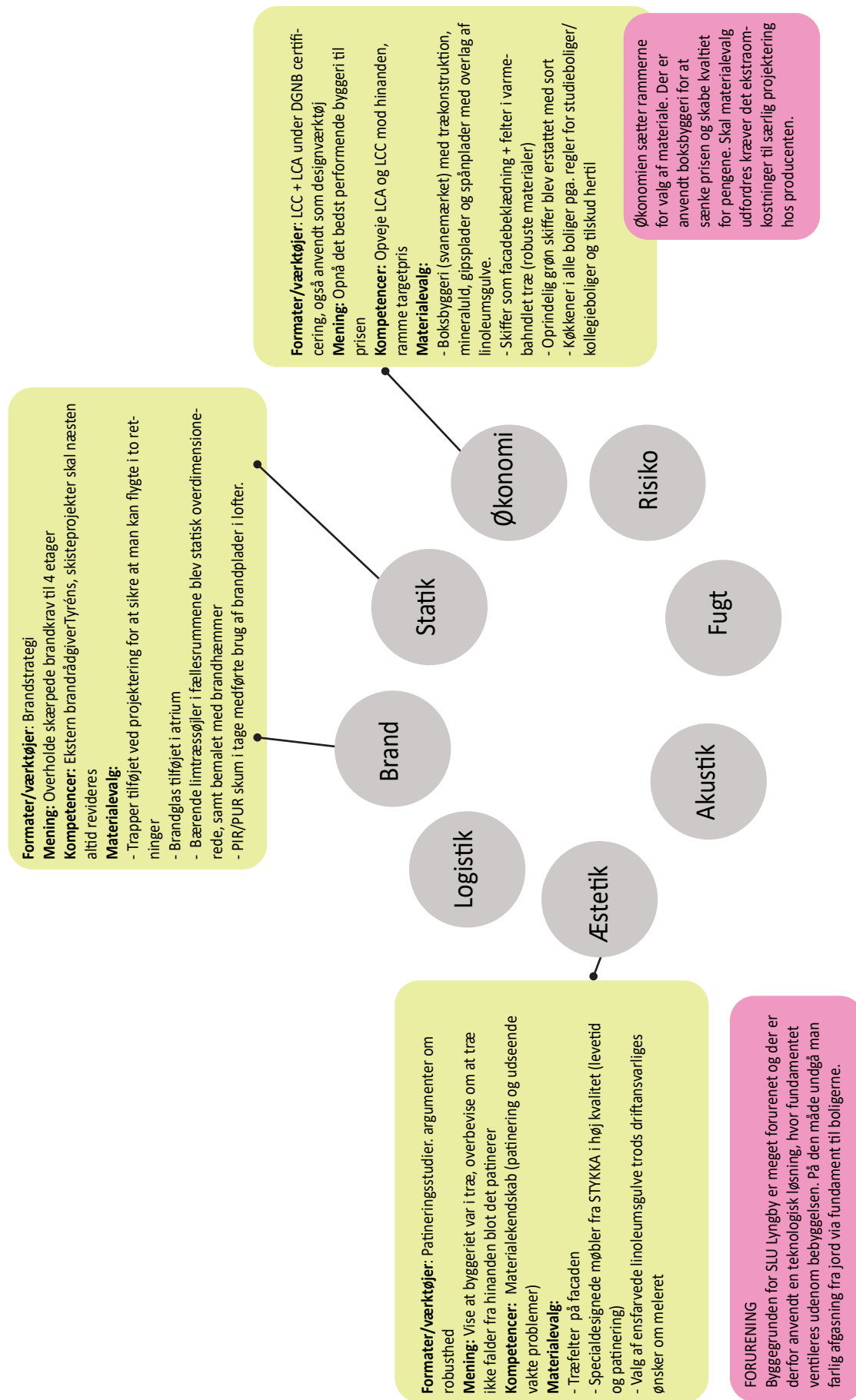


Boksmoduler



3 etagers beboelse

Studieboligerne i Lyngby er opført i boksmoduler. Projektet er gentaget i Studieboliger i Ballerup, med få ændringer. Begge byggerier er baseret på samme byggesystem og overordnede princip for studieboliger, med fælles områder og små boliger. De adskiller sig fra hinanden ved at være i hhv. tre etager i Lyngby og to til tre etager i Ballerup. Byggeriet er mere tæt i Lyngby, hvorimod det er mere spredt ud på grunden i Ballerup. Hovedprincipperne i byggeriet har derfor kunne genbruges fra Lyngby til Ballerup. Det har gjort det lettere at få godkendelse til byggeriet i Ballerup, da allerede godkendte principper i strategier i forbindelse med eksempelvis brand kunne genbruges og tilpasses. At kunne genbruge løsninger fra et projekt til et andet øger skalaen og gør det mindre risikofyldt for bygherre at satse på nye tiltag.





Visualisering: Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Ballerup, Danmark

År: 2020-2021

Antal enheder: 478 boliger + fællesarealer

Kategori: Studieboliger

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Scandibyg

Bygherre: Pension Danmark

Entreprenør: Scandibyg

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 10.813 m²

Total bygnings vægt: 4.815.651 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 18,54 %

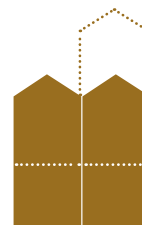
Energiklasse: Bygningsklasse 2018

Total energiforbrug: 28 kWh/m²/år

Certificering: DGNB Guld

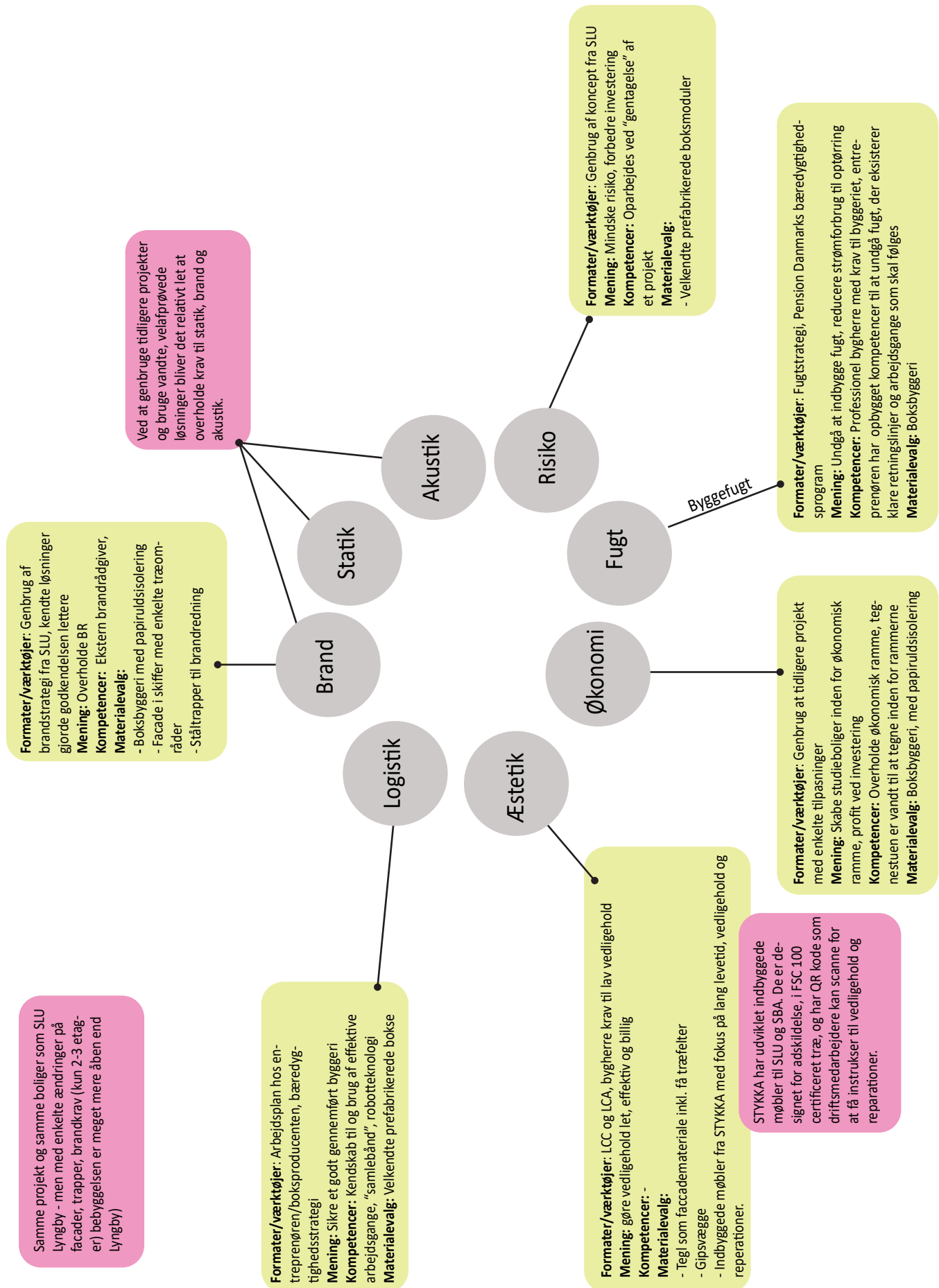


Boksmøbler



2-3 etagers beboelse

Studieboligerne i Ballerup er opført i boksmøbler. Projektet er en gentagelse af Studieboliger i Lyngby, med få ændringer. Begge byggerier er baseret på samme byggesystem og overordnede princip for studie-boliger, med fælles områder og små boliger. De adskiller sig fra hinanden ved at være i hhv. tre etager i Lyngby og to til tre etager i Ballerup. Byggeriet er mere tæt i Lyngby, hvorimod det er mere spredt ud på grunden i Ballerup. Hovedprincipperne i byggeriet har derfor kunne genbruges fra Lyngby til Ballerup. Det har gjort det lettere at få godkendelse til byggeriet i Ballerup, da allerede godkendte principper i strategier i forbindelse med eksempelvis brand kunne genbruges og tilpasses. At kunne genbruge løsninger fra et projekt til et andet øger skalaen og gør det mindre risikofyldt for bygherre at satse på nye tiltag.





Fotograf: Julian Weyer, Tegnestue: C.F. Møller

Bygningsdata

Beliggenhed: Horsens, Danmark

År: 2019-2020

Antal enheder: 1 butik

Kategori: Dagligvarebutik

Tegnestue: C.F. Møller

Landskab: C.F. Møller

Ingeniør: Arne Elkjær om gitterspær

Bygherre: Salling Group A/S

Entreprenør: Innovator

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 1.200 m²

Total bygnings vægt: 615.795 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 6,5 %

Energiklasse: BR18

Total energiforbrug: ikke opgivet

Certificering: DGNB Guld

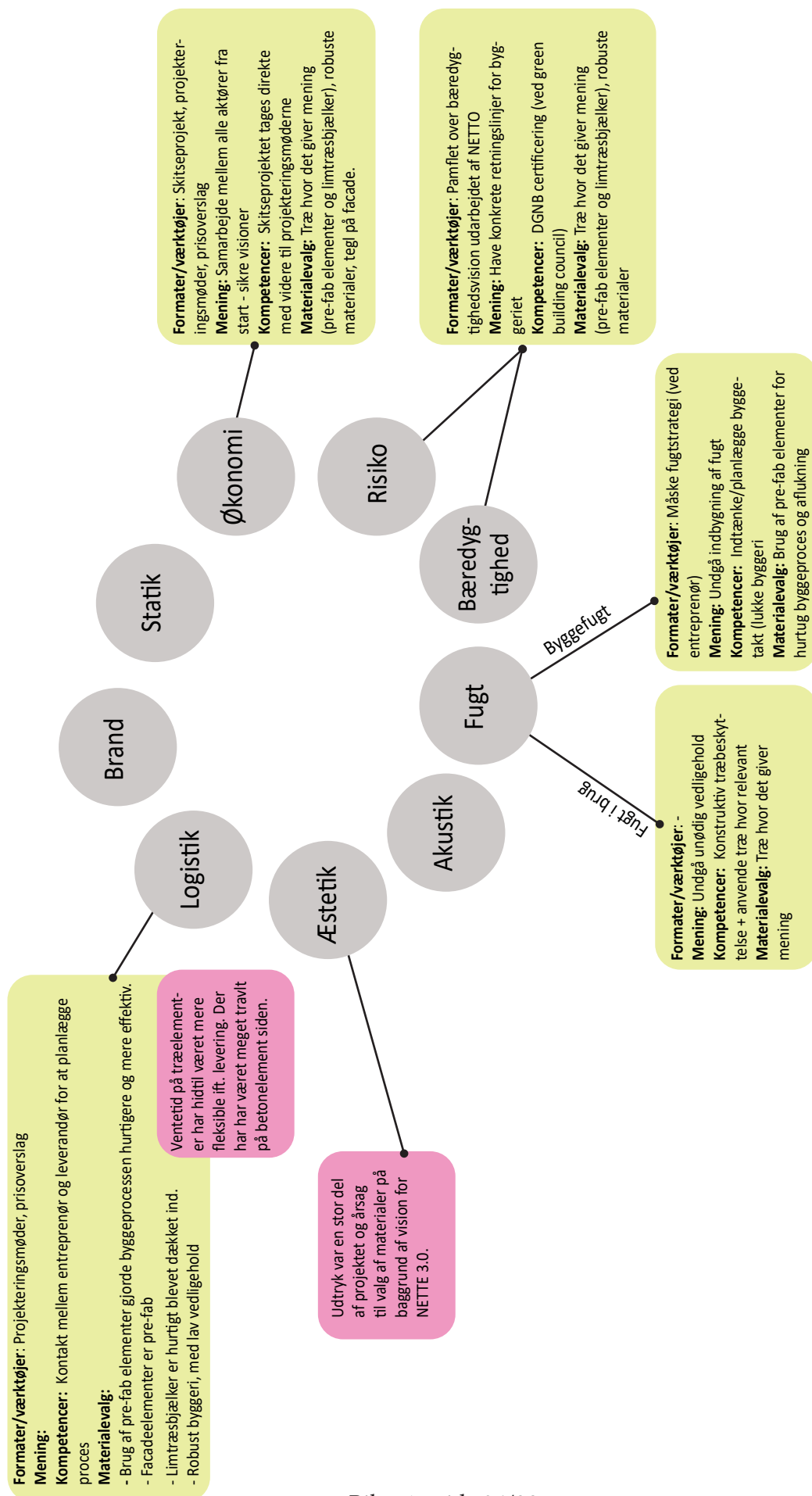


Træhybrid (limtræ og fladelementer)



Dagligvarebutik

Netto ved Bygholm bakker er en dagligvarebutik opført i limtræsbjælker udfyldt med fladelementer. Formålet var at lave ét projekt som kunne fungere som prototype eller fyrtårn og derved skabe læring for flere lignende byggerier. Det har gjort det muligt for Salling Group at afprøve en masse konkrete løsninger i ét byggeri, som efterfølgende kan kopieres og/eller optimeres og tages med videre i kommende byggerier. Risikoen ved det enkelte byggeri er her relativt lille sammenlignet med organisationens størrelse.





Fotograf: Mads Frederik, Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Gentofte, Danmark

År: 2013-2015

Antal enheder: 1 hal

Kategori: Lethal / sportshal

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: MOE

Bygherre: Gentofte kommune

Entreprenør: Lilleheden (leverandør)

Entrepriseform: Hovedentreprise

Opvarmet areal: 0 m² (1000 m² uopvarmet)

Total bygnings vægt: 1.010.294 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 7,46 %

Energiklasse: -

Total energiforbrug: -

Certificering: ingen

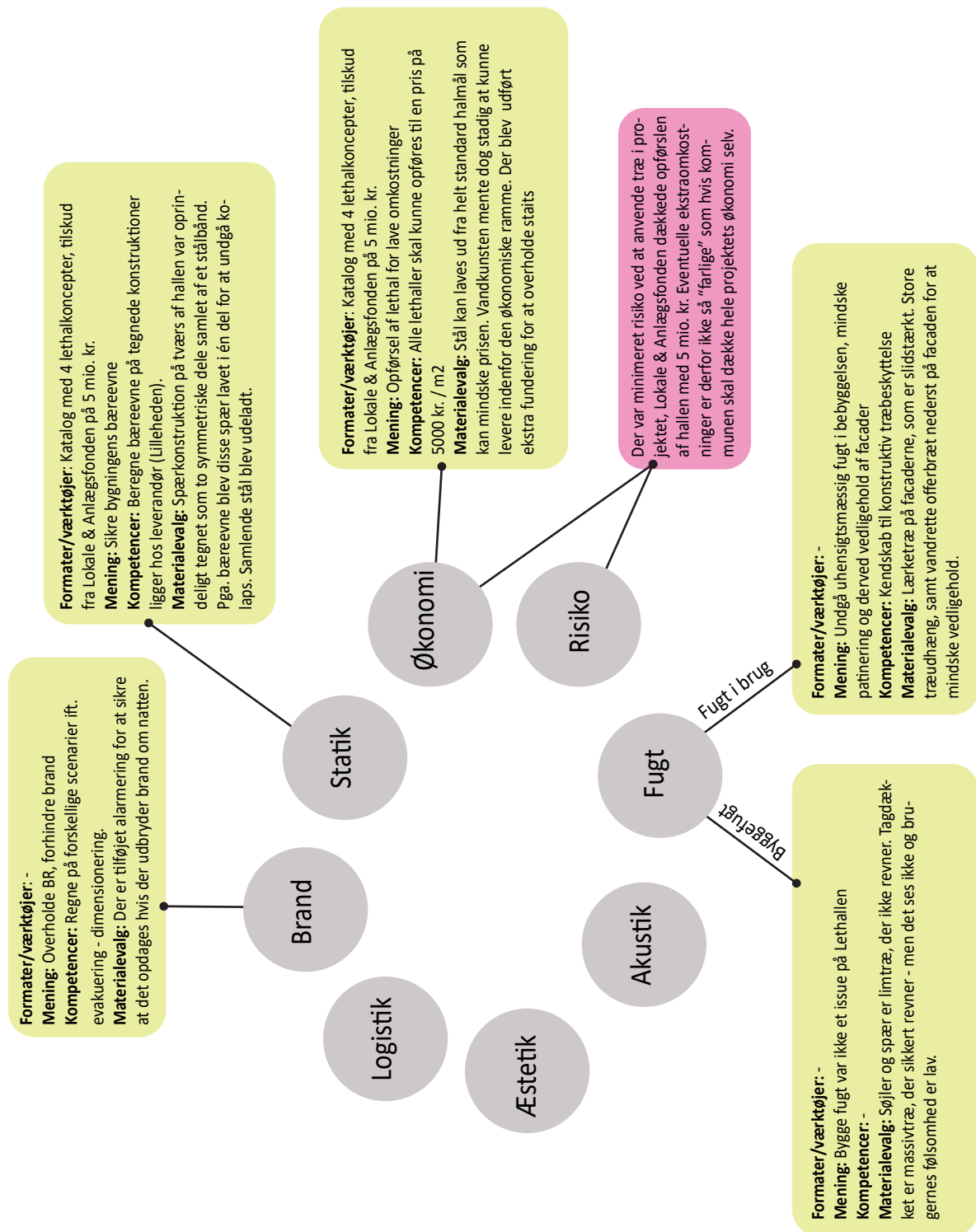


CLT



Lethal

Projektet blev igangsat af Lokale & Anlægsfonden (L&A) på baggrund af en efterspørgsel på lethaller (uisoleret hal til sportsformål). Derfor blev der givet et parallelopdrag til Vandkunsten samt 3 andre tegnestuer. Hver tegnestue fik 50.000 kr til udvikling af et koncept for en lethal. Opdraget nævnte bæredygtighed som en parameter. Derfor valgte Vandkunsten at skitsere konceptet i CLT elementer fremfor stål. De fire koncepter blev samlet i et katalog hos L&A, der desuden gav 5 mio. kr. i tilskud til kommuner, som opførte en af disse lethaller. Gentofte kommune ønskede en lethal og valgte Vandkunstens version, som blev re-dimensioneret til at passe til streetsport frem for de oprindelige dimensioner tænkt til håndboldfaciliteter.





Fotograf: Rasmus Hjortshøj – COAST, Tegnestue: Lendager Group

Bygningsdata

Beliggenhed: Danmark

År: 2013

Antal enheder: 1 fritidsbolig

Kategori: Sommerhus

Tegnestue: Lendager Group

Landskab: Lendager Group

Ingeniør:

Bygherre: Privat

Entreprenør: Lendager Up + fagentreprenører

Entrepriseform: Fagentreprise

Opvarmet areal: 236 m²

Total bygnings vægt: 190.086 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 28,12 %

Energiklasse: -

Total energiforbrug: -

Certificering: ingen

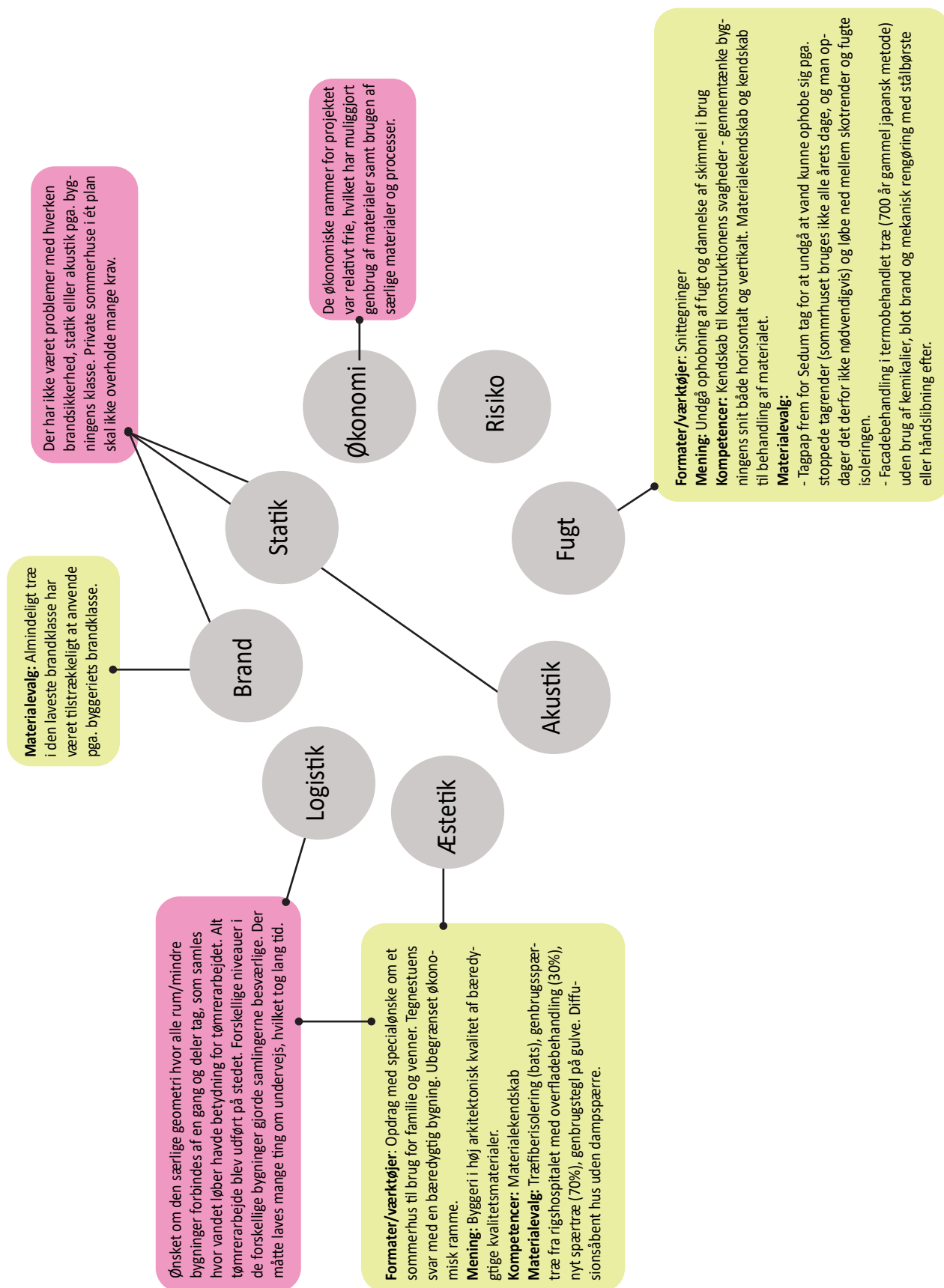


Træskeletkonstruktion



sommerhus

Tegnestuen blev kontaktet af privatperson og spurgt om de ville tegne sommerhuset. Opgaven blev accepteret på det præmis at byggeriet skulle opføres efter de cirkulære principper, hvor så mange materialer som muligt udgøres af genbrugsmaterialer, eller materialer der er blevet tilovers i andre produktioner. Huset består af flere mindre huse, der alle har udsigt udover vandet og som er forenet af en gang. Økonomien har ikke været et båndspænd for valget af materialer og teknikker i dette projekt.





Fotograf: Laura Stramer, Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Rødovre, Danmark

År: 2010-2014

Antal enheder: 72 lejligheder

Kategori: Almene boliger

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Dansk Energimanagement og Esbensen

Rådgivende Ingeniører A/S, Sloth Møller A/S

Bygherre: Boligselskabet AKB, ved KABEntreprenør:

Entrepriseform: GVL Entreprise og BM Tag

Opvarmet areal: 8.370 m²

Total bygnings vægt: 3.601.996 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 18,97 %

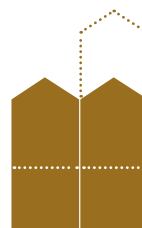
Energiklasse: BR-18 lavenergiklasse

Total energiforbrug: 35,3 Wh/m²/år

Certificering: ingen



Bokselementer



2-3 etagers beboelse

Projektet er udarbejdet som en del af bedre billige boliger med KAB som bygherre. Det var et krav at holde husleje på et minimum og den gennemsnitlige husleje i Almen+bebyggelser er ca. 23% lavere end andre sammenlignelige almenboliger. Besparselsen hentes bl.a. ved energioptimering og udskiftning af traditionelt, men bekosteligt håndværk med præfabrikation. Projektet blev tegnet i boksmoduler pga. prisen, men dette har også haft betydning for ressourceforbruget, som er halveret.

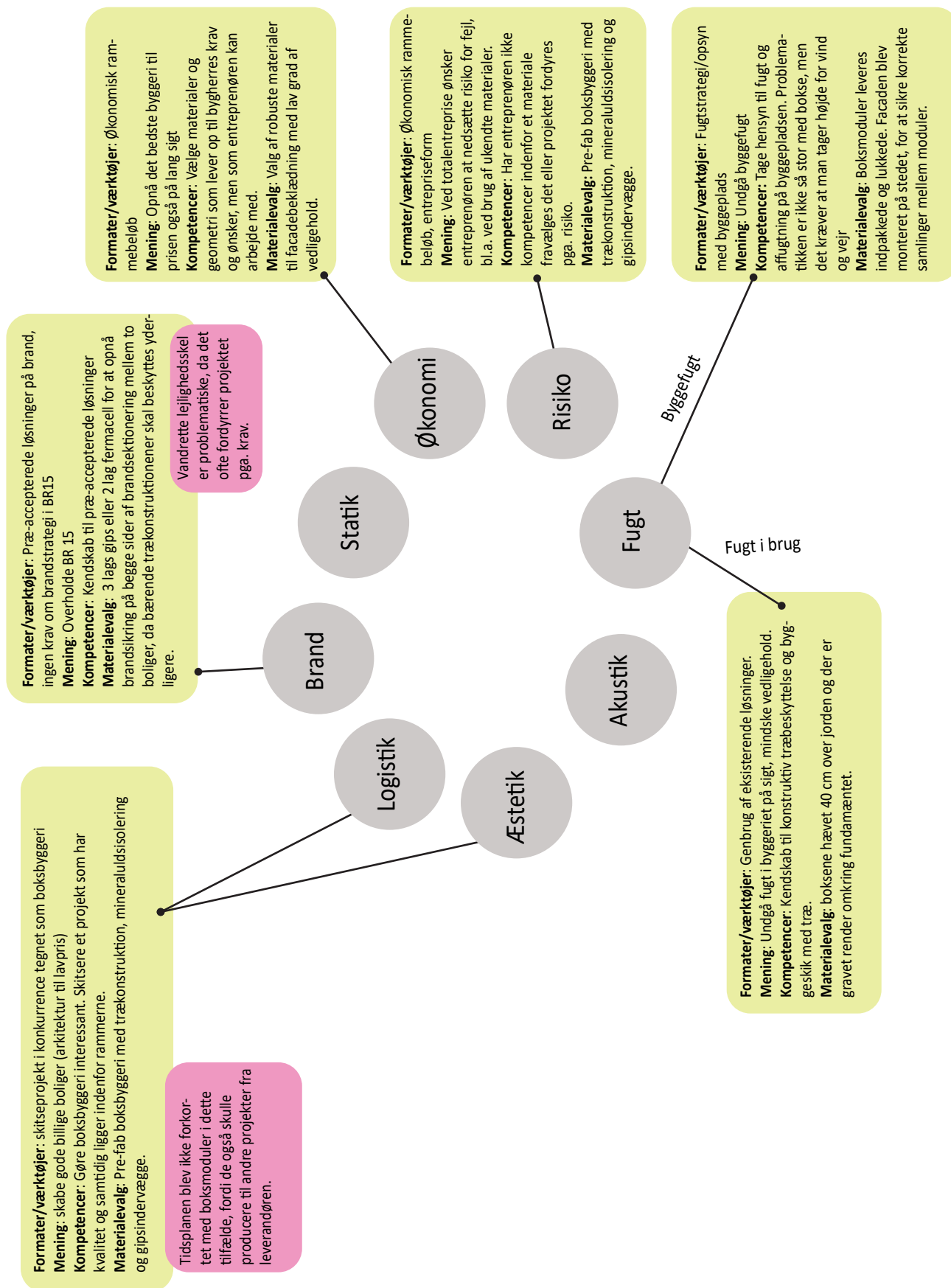




Foto: Scandibyg

Bygningsdata

Beliggenhed: Lejre, Danmark

År: 2015-2019

Antal enheder: 46 boliger + fælleshuse

Kategori: Bofællesskab

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Scandibyg

Bygherre: Ecovillage og CASA

Entreprenør: Scandibyg

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 4.788 m²

Total bygnings vægt: 1.757.355 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 25,82 %

Energiklasse: Bygningsklasse 2015

Total energiforbrug: 33,73 kWh/m²/år

Certificering: Svanemærket

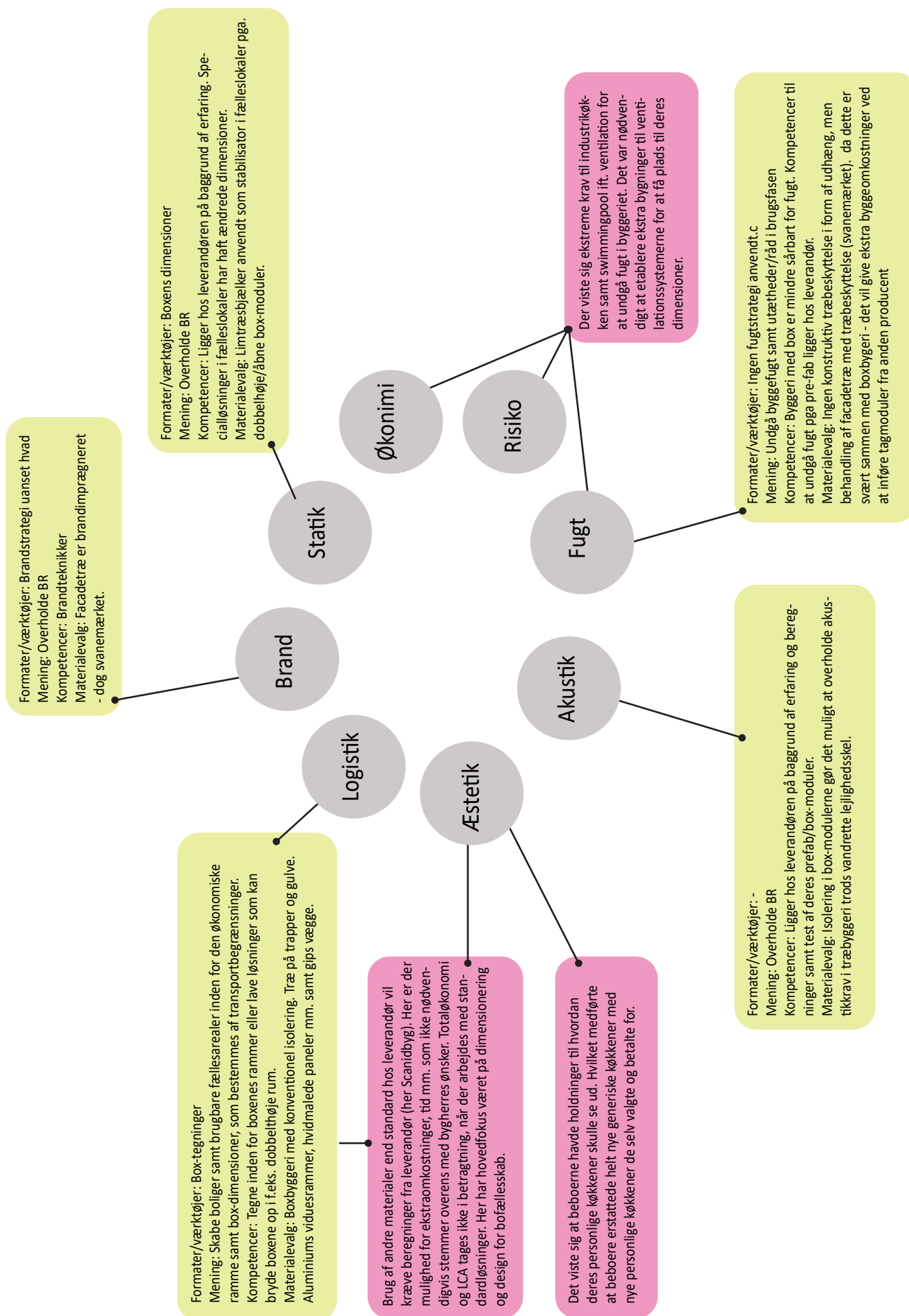


Bokselementer



2 etagers beboelse

Projektet blev til på baggrund af en henvendelse fra EcoVillage ud fra Vandkunstens erfaring med bofællesskaber. Der blev udviklet idéoplæg fra tegnestuen med fokus på dimensionelle egenskaber for bofællesskaber samt en økonomisk ramme bebyggelsen skulle overholde. Fortællingen om EcoVillage - et bæredygtigt bofællesskab har skabt rammerne for at vælge træ som byggemateriale på facader. Dimensionering for fællesarealer (f.eks. swimmingpool, fælleshus inkl. industrikøkken mm.) har desuden påvirket det totale materialeforbrug i projektet. CASA fungerer som udvikler igangsat af EcoVillage som konceptudvikler, Scandibyg har været entreprenør og Vandkunsten rådgiver.





Fotograf: AstridKBH, Tegnestuen Vandkunsten

Bygningsdata

Beliggenhed: Lejre, Danmark

År: 2020-2021

Antal enheder: 53 boliger + fælleshuse

Kategori: Bofællesskab

Tegnestue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: Scandibyg

Bygherre: Ecovillage og CASA

Entreprenør: Scandibyg

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 5.700 m²

Total bygnings vægt: 1.757.355 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 25,93 %

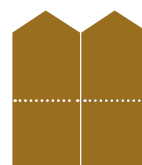
Energiklasse: Bygningsklasse 2015

Total energiforbrug: -

Certificering: Svanemærket

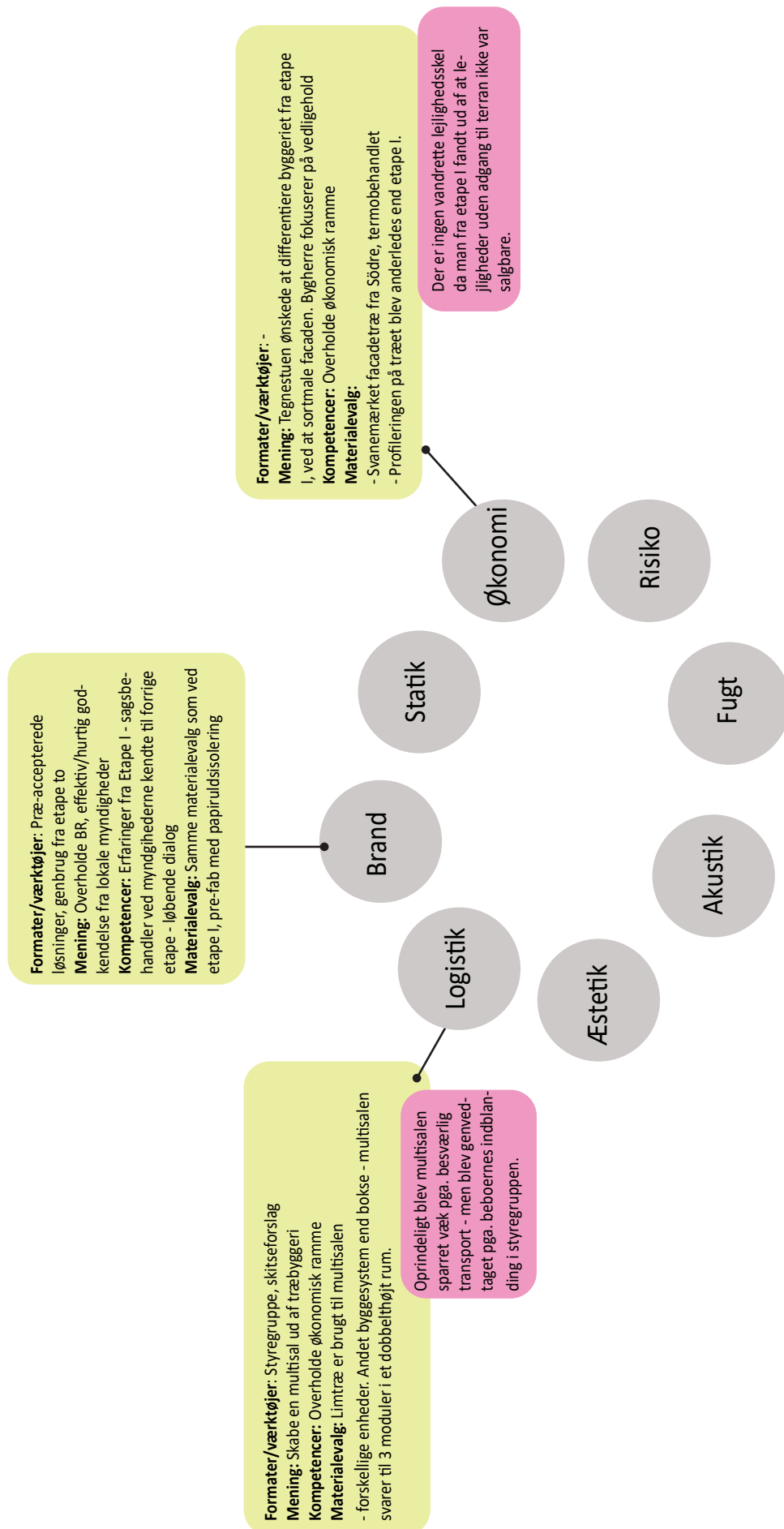


Bokselementer



2 etagers beboelse

Vandkunsten har fortsat samarbejdet med Ecovillage i forlængelse af Etape I. Skitseforslaget har fungeret som salgsmateriale. Byggeriet bygger desuden på erfaringer fra Etape I.





Fotograf: Helene Høyer Mikkelsen for Realdania Byg, Tegnestuen Vandkunstenv

Bygningsdata

Beliggenhed: Læsø, Danmark

År: 2015-2019

Antal enheder: 1 bolig

Kategori: Enfamiliehus, forskning

Tegnastue: Vandkunsten

Landskab: Vandkunsten

Ingeniør: MOE

Bygherre: Realdania Byg

Entreprenør: Greenhouse

Entrepriseform: Totalentreprise

Opvarmet areal: 87 m²

Total bygnings vægt: 40.392 kg

Træets procentdel af total bygningsvægt: 42,27 %

Energiklasse: Bygningsklasse 2020

Total energiforbrug: 24,7 kWh/m²/år

Certificering: ingen

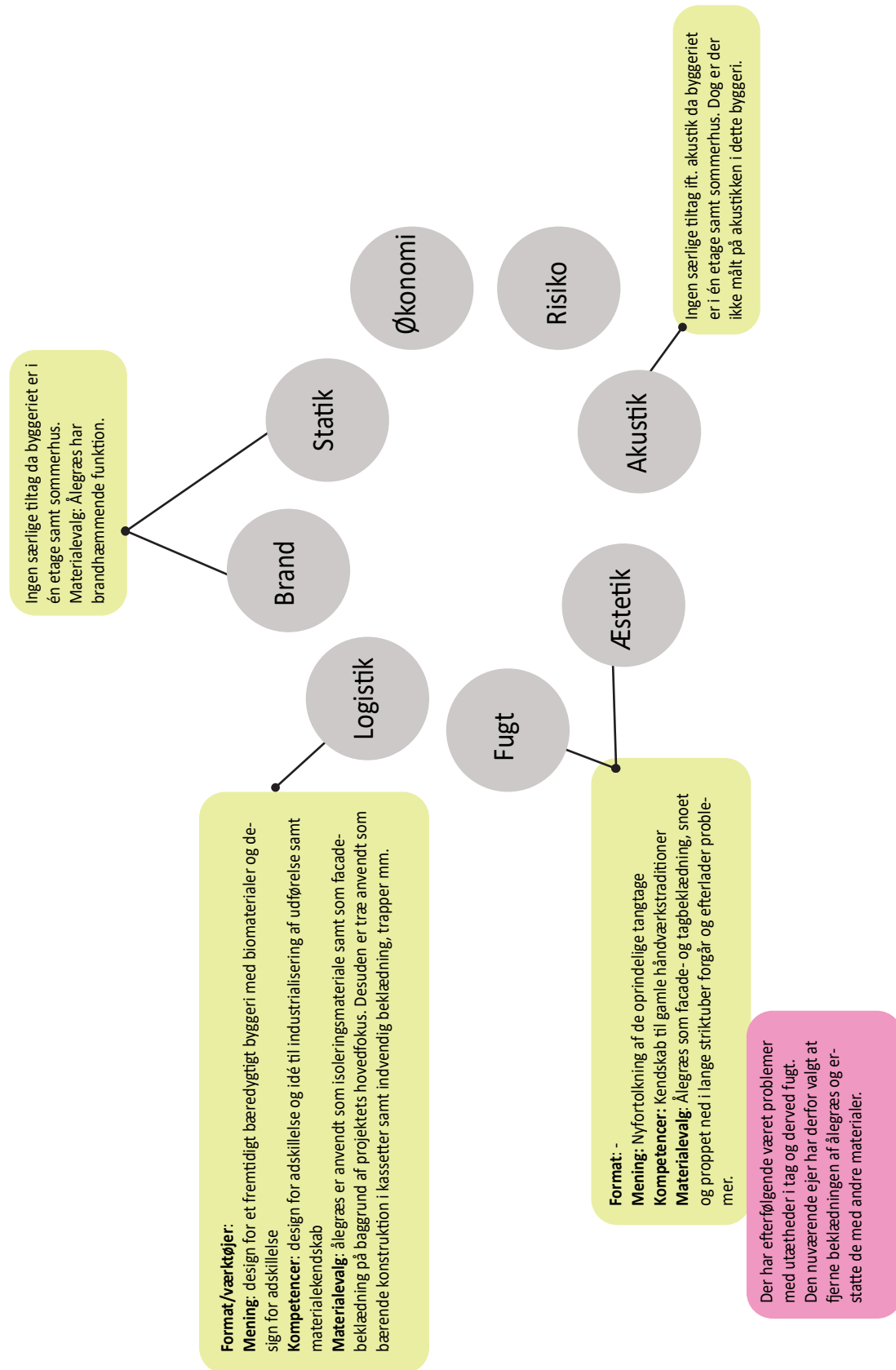


Træhybrid: fladeelementer +
træskeletkonstruktion



Enfamilies bolig

Projektet blev til som et svar på en skrivekonkurrence med fokus på ålegræs og på at genoplive/bevare viden omkring gamle tangtage og byggetraditioner, men som et moderne svar på brug af tidligere anvendte byggematerialer. Bygningen bliver brugt som et sommerhus og anvendelse af træ har derfor lænet sig op ad en eksisterende tradition og desuden mere lempelige krav fra bygningsreglementet. Byggeriet har derfor ikke konfliktet med mange grænseflader ift. bygherred, design og materialevalg. Potentialet for brug af træ og andre biomaterialer gennem moderne design lå derfor lige for.



I rapporten *Erfaringer fra 20 træbyggerier – eksisterende byggerier 2021* præsenteres erfaringer fra nuværende træbyggerier i Danmark. Der har de seneste år været stigende fokus på træ som byggemateriale med henblik på at reducere den globale drivhusudledning. Branchen oplever en række barrierer, men en gruppe af aktører har over en længere årrække oparbejdet kompetencer på området. I rapporten vises det, at det er muligt at bygge med bærende konstruktioner i træ. Desuden, hvilke kompetencer der er i spil, når der skal bygges i træ. Der gives et bud på, hvilke strategier organisationer, der ønsker at bygge i træ og fremme denne dagsorden, kan fokusere på. Rapporten viser, at det er muligt at bygge med bærende konstruktioner i træ og samtidig overholde bygningsreglementet. Det kræver øvelse, men der er en række aktører i branchen, som på nuværende tidspunkt har kompetencerne og er villige til at brede budskabet.



BUILD

AALBORG UNIVERSITET