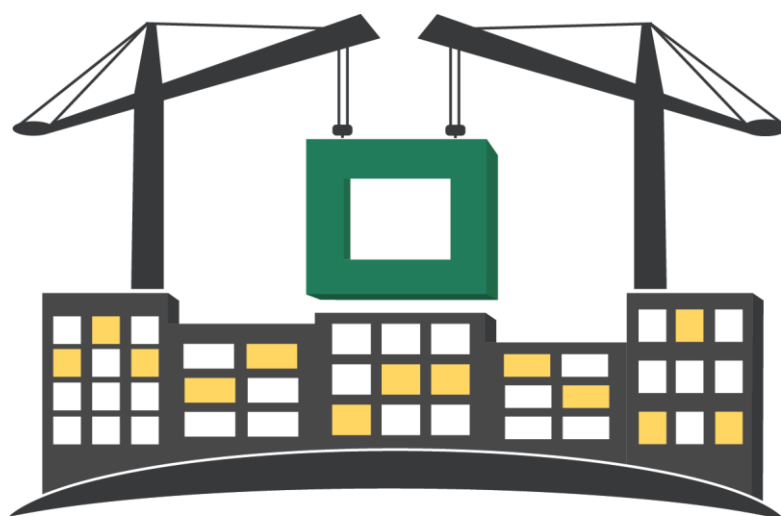


RI. SE

SAMHÄLLSBYGGNAD
TRÄBYGGGANDE



TIMBER ON TOP

Vägledning för påbyggnader i trä – Byggsystem

Jörgen Olsson, Joakim Norén, Gabriela Parida,
Adam Esquivel, Hans Söderström

RISE Rapport: 2022:76

ISBN 978-91-89711-16-7

Vägledning för påbyggnader i trä – Byggsystem

Jörgen Olsson, Joakim Norén, Gabriela Parida,

Adam Esquivel, Hans Söderström

Abstract

Guide for vertical extensions made by timber – Building systems

Increased construction with timber is a potential way to improve environmental impact of the construction sector. If it is done right, timber is a renewable, sustainable and requires low amount of energy in the construction phase and during its service life.

Vertical extensions of buildings are a potential way to increase a buildings relevant service life and to adapt the building to the increased needs of a city. It is also a way to contribute to densify cities with less resources compared to demolish the building and to construct a new one. Vertical extensions made with timber is light, compared to for instance concrete. This decrease the need for, or amount of, reinforcements needed in the existing building that is to be extended. There is a large unused potential in vertical extensions. Only a small amount of buildings is extended during its service life.

The main purpose with this guide is to support developers and people that are involved in early stages of discussions and planning vertical extension of a building. It should also be useful as a support for technical people involved vertical extensions. Interviews with consultants and construction companies have shown that projects with vertical extensions is best run slightly different compared to normal projects were one start from “an empty plot”. In a project where you start from an empty plot, the developer and architects may normally be able to work rather free and independent from designers and heating, ventilation, and air conditioning engineers, in the early part of the project. For vertical extension projects the situation is different. The existing building possess special qualities and boundary conditions. For a successful project it is important to understand these technical possibilities and limitations. This is conveniently done by educate the developer in some of these parts, in order to understand what potential different buildings may have with vertical extensions and how some selections of concepts may complicate the extension. For the architect it is also important to work closely with the structural designer and the heating, ventilation, and air conditioning engineer from the beginning of the project, as a team. Experience have shown that not doing so may give concepts that is difficult to accomplish and needs for costly revisions.

The first part of the process to decide if a building is suitable for vertical extensions is to investigate the condition of the existing building. Especially the load carrying capacity of the ground and the building, possible need for reinforcement and how reinforcements may be done. This is important understandings in the earliest parts of a project that usually need to be investigated or clarified.

Building vertical extensions with timber may be done with a variety of building systems. Each have its benefits and limitations. Cross Laminated Timber (CLT) and post and beam building systems may be tailored in rather detailed dimensions adapted to the existing building. However, they require usually more installation work on building site compared to pre-fabricated modules. Post and beam are usually better for larger buildings. Pre-fabricated modules allows more of efficient pre-production in a factory but may require more framing structure and a higher connection part between

the existing building and the extension. This due to modular systems tend to have more standard sizes which is not adapted to the existing building. In total, it is usually possible to achieve effective and aesthetical vertical extensions with timber building systems.

Key words: vertical extensions, reconstruction, timber building systems

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2022:76

ISBN 978-91-89711-16-7

Innehåll

Abstract.....	1
Innehåll.....	3
Förord / Sammanfattning	5
1 Introduktion	6
1.1 Hinder.....	7
2 Översikt val av byggsystem och omvärldsfaktorer.....	8
2.1 Påbyggnader i Sverige.....	8
2.1.1 Förutsättningar för påbyggnader.....	10
2.1.2 Typer av påbyggnadsprojekt	10
2.1.3 Val av byggsystem.....	13
2.2 Omvärldsfaktorer – påbyggnader.....	17
2.2.1 Logistik och montage	17
2.2.2 Platsen	17
2.2.3 Kranlösningar	18
2.3 Säkerhet och hälsoaspekter (och pågående verksamhet).....	18
2.3.1 Väderskydd.....	19
2.3.2 Sophantering	20
2.4 Påbyggnader – ett hållbart alternativ	20
2.4.1 LCA analys.....	21
2.4.2 Materialcirkularitet	22
3 Befintlig byggnad	23
3.1 Inventering	23
3.1.1 Befintliga konstruktionshandlingar.....	23
3.1.2 Ickeförstörande metoder	24
3.1.3 Traditionella metoder.....	25
3.2 Tillståndsbedömning	26
3.2.1 Icke-förstörande metoder.....	26
3.2.2 Traditionella metoder.....	26
3.3 Förstärkning	27
3.3.1 Kapacitet hos grundläggning.....	27
3.3.2 Förstärkning av enskilda betongelement	27
3.3.3 Förstärkning av grundläggning	28
3.3.4 Stomstabilisering.....	28
3.4 Reparation	28
3.4.1 Korrosionsskador	28

3.4.2	Sprickor	29
4	Byggsystem för påbyggnader.....	29
4.1	Mellanskikt mellan befintlig byggnad och påbyggnad – ”Midjan”	29
4.2	Pelar-balkstomme.....	32
4.3	Pelar-balkstomme – monterad på plats	32
4.4	Planelement	33
4.4.1	KL-Trä	34
4.5	Volymelement.....	35
4.6	Platsbyggeri – lösvirke.....	36
4.7	Brandsäkerhet.....	36
4.8	Ljud och vibrationer	37
4.9	Fuktsäkerhet	39
4.10	Gestaltning.....	40
5	Installationer	41
5.1	VVS.....	41
5.2	Sprinklersystem	42
5.3	El och kommunikation (tele)	43
5.4	Hiss	44
6	Tekniska frågeställningar	45
7	Referenser och läshänvisningar	48

Förord / Sammanfattning

Den här studien har genomförts inom ramen för projektet Timber on top, finansierat av Vinnova, diarienummer 2019-03053. Målsättningen med denna rapport är att den ska vara en teknisk vägledning och ett stöd för byggindustrin och framför allt aktörer som är intresserade av att genomföra påbyggnader. Syftet är att ge en första vägledning i tekniska frågor rörande beslut om påbyggnad kan genomföras och om vilka tekniska lösningar som kan vara lämpliga för olika påbyggnadsfall. Ambitionen är också att bidra till att väcka intresse, inspirera och informera aktörer som inte har aktuella påbyggnadsprojekt just nu, men som kan komma i en sådan situation eller som kan verka för ökad påbyggnad. Påbyggnader av trä kan vara ett sätt att bygga mer hållbart, mer energieffektivt, resurssnålt och samtidigt åstadkomma förtätning.

Denna vägledning är i huvudsak sammanställd av delarbeten inom projektet Timber on top med ett antal experter som bidragit som också är omnämnda som författare. Ett stort tack till alla industrideltagare inom Timber-on-top projektet som vi haft möjlighet att intervjua och de som bidragit till att höja kvalitén på arbetet. Tack Joakim Norén som gjort ett fint förarbete inom arbetspaketet. Tack inte minst Marie Johansson, RISE och Tomas Alsmarker, Svenskt Trä för värdefulla synpunkter och guidning under projektets senare del.

Jörgen Olsson

Växjö, april 2022

1 Introduktion

De senaste decennierna har det genomförts en rad lyckade påbyggnadsprojekt i Sverige. Det finns erfarenheter från påbyggnader i såväl traditionella lättregelstommar, såsom volymelement och även platsbyggt, men också massivträ/KL-trä såsom lättviktssystem. Trots att en stor potential finns för såväl stadsutveckling som bostadsbyggande så realiseras endast en liten del av denna potential.

Påbyggnader på befintliga byggnader med trä och biobaserade material har en rad möjliga positiva effekter som är önskvärda i dagens samhälle.

- **Hållbart byggande**

Trä och biobaserade material är förnybara material, under förutsättning att hela produktionskedjan uppfyller dessa kriterier, vilket de som regel gör. Att bygga med trä har också visat sig (som regel) minska energiåtgången vid byggande och framför allt stor minskning av utsläpp av koldioxid i jämförelse mot byggande med betong.

- **Bättre nyttjande av resurser**

Det kanske bästa ur en miljö och resurssynvinkel är att inte behöva riva byggnader alls, utan att använda byggnader (och saker) så länge som möjligt. Underhåll, renovering och energieffektivisering vid renovering är också viktiga aspekter vid denna punkt.

- **God ekonomi**

Genom att bygga på en äldre byggnad så innebär det också att man utökar uthyrningsbar/försäljningsbar yta, vilket är ett ekonomiskt incitament för påbyggnader. Samtidigt innebär det möjligheten att behålla tidigare arkitektoniska avtryck, vilket också ofta är önskvärt.

- **Förtätning**

Att bygga på befintliga byggnader ger mer förtätning av städer, vilket är önskvärt. Det innebär till exempel att publika transportsystem fungerar bättre och att man kan minska exploatering av skog och gröna ytor.

- **Bekosta renovering**

Ska man renovera taket på en äldre byggnad så kommer det kosta pengar i vilket fall. Varför inte tittar på möjligheten att skapa ökat värde enligt punkterna ovan när detta ändå ska ske?

1.1 Hinder

Varför byggs inte fler biobaserade påbyggnader? Aktörer i branschen pekar på ett antal hinder i processen:

- Lagar och regler kring plan- och bygglovsprocessen
- Att affärsmodeller med riskdelning mellan aktörer behöver förbättras
- Interaktion med boende/brukare bör utvecklas för att få en process som flyter
- Tekniska hinder
 - Identifiering av lämpliga byggnader, tillståndsbedömning
 - Anslutningar av tekniska system; hissar, trappor, VVS
 - Utvecklade byggsystem med kopplingar till befintlig byggnad
- Logistik, transporter, montage och säkerhet på byggplats

Denna vägledning syftar främst att stötta kring de tekniska delarna, främst mot beställarssidan, men även att utförare som inte genomfört påbyggnader tidigare ska dra nytta av tidigare erfarenheter. Till exempel vilka möjligheter som finns tekniskt, dess för- och nackdelar. Att aktörer på beställarsidan har teknisk kännedom om tekniska möjligheter, tror vi kan hjälpa till att öka efterfrågan och att det blir en mer rätt och effektiv process för påbyggnader.

Denna vägledning är i huvudsak sammanställd av delarbeten inom projektet Timber on top. Det kan bidra till att delarna skiljer sig något i upplägg.

Det första avsnittet "Omvärldsfaktorer" är en överblick i Sverige: olika byggsystem, övergripande för- och nackdelar med olika system samt faktorer för lyckade påbyggnadsprojekt. Avsnittet är en lämplig introduktion för de som är intresserade av påbyggnader och dess möjligheter, framför allt på beställarssidan.

Avsnittet "Befintlig byggnad" är ett relativt tekniskt avsnitt som behandlar den befintliga byggnaden och dess grundläggning. Grundförutsättningen för ett påbyggnadsprojekt är den befintliga byggnaden. Att avgöra om denna ger goda förutsättningar för en påbyggnad är det första steget om ett påbyggnadsprojekt bör göras eller inte.

Avsnittet "Byggsystem för påbyggnad" avser att ge mer information om de strukturella delarna för påbyggnadssystem.

En byggnad består inte enbart av de strukturella delarna. Avsnittet "Installationer" tar upp de hjälpsystem som är nödvändiga för en modern tillbyggnad.

2 Översikt val av byggsystem och omvärldsfaktorer

I detta avsnitt görs en överblick över påbyggnader i Sverige: olika byggsystem, övergripande för- och nackdelar med olika system samt faktorer för lyckade påbyggnadsprojekt.

2.1 Påbyggnader i Sverige

Påbyggnader började byggas i Sverige i större utsträckning i början av 2000-talet framför allt på hyresfastigheter. Många hus byggda under miljonprogrammet började bli i behov av renovering och fastighetsägare nyttjade bostadssubventioner för att finansiera dessa renoveringar och utöka verksamheten (Lidgren och Widerberg, 2010). I dagsläget utökar man antal våningar på många olika typer av byggnader: hyres- och bostadsrätter, kontors- och affärsbyggnader och parkeringshus. Enkelt sagt, beroende på var, vad och hur man ska bygga finns det olika förutsättningar man måste se över och ta hänsyn till.

Vid startmötet i projektet Timber on Top genomfördes en workshop med aktörer som deltar i projektet samt representanter från akademien. Workshopdeltagarna fick svara på frågor angående skillnader mellan nybyggnad och påbyggnad gällande hela byggvärdekedjan samt vilka hinder, utmaningar och möjligheter man kunde identifiera under olika skeden. Kartläggning och analys av svaren visade de övergripande tendenserna att man upplever det största antalet hinder och utmaningar med påbyggnadsprojekt under de första faserna av byggprocessen. Hindren var flest i planskede och berörde framför allt stadsplaneringsfrågor och osäkerheter kring underlaget för arbete med påbyggnaden. I projekteringsfasen finns det många utmaningar, men deltagare upplever att de flesta är möjliga att lösa, som man brukar göra i andra byggprojekt. Workshopdeltagarna såg också möjligheter med påbyggnader. Representanterna från förvaltningsfasen var något underrepresenterade under workshopen, därför är synpunkterna angående denna fas få, men man kunde ändå identifiera en del utmaningar relaterade till t.ex. 3D fastighetsbildning (praktiska och juridiska frågor). Samtidigt visade en större studie om påbyggnader (Nilsson, 2017) och genomförda intervjuer att några entreprenörer såg en stor risk för oförutsedda komplikationer under byggprocessen och därför tar inte på sig påbyggnadsprojekt. Resultat av HUM (hinder, utmaningar, möjligheter) gällande endast Arbetspaket 4 (Ekologisk hållbarhet) finns samlade i Tabell 1.

	IDÉ / PLAN	PROJEKTERING	PRODUKTION
	Input	Input	Input
HINDER	Bristande eller obefintlig dokumentation på befintlig byggnad Tveksamhet kring träkonstruktioner (t.ex. fukt)	Risk för ineffektivt industriellt byggande Brist på kunniga projektörer	Renovering = påbyggnad? Talar mot prefabricering. Hög prefabriceringsgrad inte alltid lämplig. Kunskap kring fuktfrågor. Väderskyddsbehov
UTMANINGAR	Hänsyn till befintliga byggnader. <i>Tillståndsbedömning – metoder.</i>	Hitta lämpligt byggsystem och prefabriceringsgrad. Begränsat underlag (ang. befintlig byggnad). Lösningar för tillkommande hiss. Svårare förutsättningar. Grundläggning för de nya delarna, utmaning tekniskt och lagligt. Interface mellan bef. och påbyggnad – svårt tekniskt och lagligt. Erfarenhetsåterföring? Alla projekt unika. Begränsningar i befintliga tekniska system och installationer. Lösningar? Utmanande projekt och samordning. Anslutning till befintlig byggnad	Säkerhetsbegränsningar (pågående verksamhet) Drift av den befintliga byggnaden under byggtiden. Logistisk utmaning Svårare montage högre upp Tillgänglighet till befintlig byggnad. Störningar i bebott område. Val av byggsystem avgörande Längre tider på byggarbetsplatsen pga tillgänglighet.
MÖJLIGHETER	Hållbart att bygg på (bevis behövs) Samma krav på till/påbyggnad som på nybyggnad. <i>Kapacitet finns ofta hos betongstommar för minst 1 våning.</i>	Påbyggnader driver innovation. Flexibilitet i trästommar. En möjlighet att göra om / göra rätt. Påbyggnader optimerar byggprocessen.	Påbyggnader driver innovation. Trästomme är ibland förutsättningen för en påbyggnad. <i>Det finns beprövade lösningar.</i>

Tabell 1: HUM analys – samlade svar från WS1 relaterade till omvärldsfaktorer (i rak font), påfyllda svar utifrån genomförda intervjuer (i kursiv), aspekter gällande omvärldsfaktorer (i fet stil).

2.1.1 Förutsättningar för påbyggnader

Det finns ett antal förutsättningar som är avgörande för ett lyckat påbyggnadsprojekt. Byggnadens tillstånd (skick) och den bärande kapaciteten som finns kvar att nyttja hos stommen och grundkonstruktionen, samt genomförbarhet (t.ex. åtkomst, möjlighet att upprätta en byggarbetsplats på området) är till högsta grad avgörande för att byggandet ovanpå ska vara möjligt överhuvudtaget ur ekonomisk och teknisk synpunkt (Nilsson, 2017). Byggnaders historik, kulturhistoriskt och konstnärligt värde måste också beaktas i samband med utvärdering av byggnaders lämplighet för påbyggnad (Ahnström, 2004; Nilsson, 2017), men detta bör beaktas inom område av stadsplanering och arkitektur. Det finns även andra förutsättningar som måste beaktas i fall av påbyggnadsprojekt och dessa gäller områdets förutsättningar för säkerhet och hälsoaspekter (Ahnström, 2004). Många muntliga och skriftliga källor pekar på att ekonomin är huvudargumentet i frågan om påbyggnadsprojekt och för att kunna bidra till ett positivt ekonomiskt resultat av påbyggnadsprojekt behöver omvärldsfaktorer beaktas i tidiga skeden av projektet. En noggrann analys behöver göras för att planera projektet på bästa möjliga sätt och förebygga oplanerade kostnader. Ett förslag är att ta fram en checklista med omvärldsfaktorer som måste beaktas i planskedet.

2.1.2 Typer av påbyggnadsprojekt

Ett försök att identifiera så många som möjligt genomförda påbyggnadsobjekt i Sverige har gjorts (främst med påbyggnadstommen i trä). Tillgängliga grundfakta har samlats kring stommaterialen, antal våningar, verksamhetstyper, leverantörer och omfattningen av arbetet. Omfattningen av arbetet i de olika projekten varierar från endast tillbyggnad på taket av ett befintligt hus till en total renovering och energieffektivisering kopplade till våningspåbyggnad.

Följande varianter av påbyggnadsprojekt har definierats:

- ***En våningspåbyggnad utan behov att förstärka befintlig stomme***

Denna typ gäller framför allt våningspåbyggnad på hyreshus av sorten lamellhus från miljonprogrammet, vilket innebär att påbyggnaden är av samma verksamhetstyp som underbyggnad. Underbyggnaden är i princip byggd med prefabricerad eller platsgjuten betong eller murverk.

Enligt Lidgren och Widerberg (2010) får de boende ofta stanna kvar i sina hem så att fastighetsägaren undviker kostnader av temporära boenden. Detta påverkar omfattningen av byggprojektet, inga större renoveringar eller effektiviseringar av den befintliga byggnaden ingår. Störningar inomhus involverar koppling av installationer och det vanliga ”byggstöket” som gäller vid alla byggprojekt.

Stomme påbyggnad: Alla typer av lätta stommar förekommer, platsbyggd regelstomme (stål och trä), KL-trä, lättbetong.

Antal våningar: 1-3 (oftast)

Mellanskiktet (även kallad Midjan): Beroende på vilket byggsystem som används för påbyggnaden kan ett mellanskikt behövas eller inte. Modultillverkarna använder lastutjämnande struktur på grund av olika måttbegränsningar för att anpassa påbyggnaden till underbyggnaden. Mellanskiktet rymmer även installationer.

Mellanskiktet i denna form är inte nödvändigt när man använder en mer anpassningsbar typ av stomme (regelstomme eller element av massivträ). Dessutom finns det tillräckligt med kapacitet kvar i de befintliga installationskanalerna för att koppla på en våningspåbyggnad. Utmaningen kan dock vara att montageytan på den befintliga byggnaden ska vara jämn och horisontell, därför kan man välja att ändå skapa en sorts ”balkgrund”, bygga på plintar eller eventuellt riva vindbjälklaget (helt eller delvis) och jämna ut plattan på taket – det blir den ”nya grunden” (Matson och Vesterberg, 2012).

Stomme underbyggnad: Prefabricerad eller platsgjuten betong. I enstaka fall murverk.



Figur 1: Kv Tunnan, Piteå (Lindbäcks Bygg, 2000), påbyggnad av 2 våningar med loftgångar (vänster) och tillbyggnad av nya trapphus (höger). Foto Gabriela Parida.

▪ *Våningspåbyggnad i samband med renovering eller/och energieffektivisering*

En väl beprövad modell inom påbyggnader är utökning av antal våningar i samband med totalrenovering av typiska lamellhus från miljonprogrammet. Dessa hus är ofta två eller tre våningar höga, har platt tak och ingen hiss. En totalrenovering innebär oftast energieffektivisering av hyreshus, ökning av tillgänglighet genom tillbyggnad av hiss, samt en påbyggnad av en till tre våningar av lägenheter (för att finansiera renoveringen – intäkter). Den typ av projekt har varit särskilt populärt under perioder då man hade bidrag/subventioner som bidrog till minskning av byggkostnader (Lidgren och Widerberg, 2010). Orsaken till renoveringen är oftast dåligt skick av tak eller installationer. I dessa fall river man ofta en del av takkonstruktionen (ibland inklusive fläktrummet) och en stor del av betongen på översta våningen för att reducera lasten och göra utrymme för påbyggnaden. Rivningen innebär att man sedan behöver gjuta på en utjämnning för att få en yta som liknar en betongplatta för nybyggnad (Tyréns, 2019). På det befintliga byggnadsverket kan utföras standardhöjande åtgärder som till exempel stambyte i samband med dragnings av de nya installationerna, tilläggsisolering av ytterväggarna, fasadbyte (möjliggör integrering av fasader av nedre och övre delarna), byte av fönster och dörrar samt byte av ventilationssystem (Lindén, 2014).

Stomme påbyggnad: Det förekommer alla typer av lätta stommar, platsbyggda regelstommar (stål och trä), KL-trä och lättbetong

Antal våningar: 1-4

Stomme underbyggnad: Prefabricerad eller platsgjuten betong



Figur 2: Total renovering och påbyggnad av 3 nya våningar i Kv Galgvreten, Enköping, stomleverantör Martinsons, 2019 (<https://www.martinsons.se/project/galgvreten-enköping>). Foto Gabriela Parida.

▪ ***En påbyggnad som är stimulerad av förtätningsbehov i ett intressant område***

I ett sådant fall, vilket till exempel kan vara innerstaden av Stockholm eller annan stor stad, är lämpligheten av byggnaden inte det viktigaste argumentet, utan efterfrågan av bostäder i området. Dessa är oftast stora projekt som inkluderar ombyggnad eller renovering med betydligt arkitektoniskt uttryck, till exempel Triåfabriken i Hammarby Sjöstad. I fall av större äldre byggnader finns det arkitektoniska möjligheter att skapa attraktiva miljöer med olika typer av bostäder såsom villor, radhus eller flerbostadshus. Ett lyckat exempel på ett sådant projekt är City Cronan, Kv. Grävlingen i Stockholm (Ahnström, 2004) eller projektet Tegeludden 11 där ett kontorshus på Gärdet i Stockholm byggdes om till bostäder och man adderade även 2-våningshöga radhus på taken (Svensson och Ullman, 2013).



Figur 3: Kv Tegeludden 11, Gärdet, Stockholm – ombyggnad, renovering och påbyggnad med 2-våningshöga radhus med Moelven Byggmoduls volymer 2009-2011 (Wikipedia, 2019).

2.1.3 Val av byggsystem

*”Med alla plana tak som finns måste det vara helrätt att bygga på med nya våningar i trä.”
Rolf Östensson, RR Finans (”Sverige bygger åter stort i trä”)*

Valet av byggsystem påverkas av många faktorer. I projektet ”Timber on Top” har det fokuserats på trä som ett hållbart, men framför allt, mycket lämpligt stommaterial för påbyggnader. Litteraturstudie och intervjuer genomförda inom detta projekts förstudie tyder på att trä är inte alltid det enda valet man gör för att utföra påbyggnader med. Lätta stommar av stål förekommer ganska ofta, men även lättbetong är ett möjligt alternativ.

Att använda träbaserade byggsystem till påbyggnader är välmotiverat ur ekologisk och teknisk synpunkt. Träets låga vikt är en av förutsättningarna för att i många fall kunna bygga på andra byggnader till en rimlig kostnad och utan många tilläggsåtgärder. Det är värt att nämna att det finns andra delar, till exempel stadsplaneringsaspekter som ej är medtagna i denna del (AP 2 inom Timber on top). Detta dokument behandlar främst de tekniska delarna och miljömässiga aspekter med byggande i trä. I det här kapitlet samlas argument för och mot användning av olika typer av träbaserade byggstommar för påbyggnader, med hänsyn till omvärldspåverkan.

2.1.3.1 Platsbyggd regelstomme

Fördelar:

- Mest anpassningsbar till den befintliga stommen
- Välkänd och lätt att uppföra
- Enkla lyftanordningar och infästningar (Svensson och Ulleman, 2013)
- Föredras vid mindre projekt och projekt med större utformningsvariation (Svensson och Ulleman, 2013)

Nackdelar:

- Längst bygg - och störningstid
- Längst byggtid - kan kräva väderskydd för att undvika fuktskador
- Lätt stomme - kan vara svår att använda med hänsyn till stjälpande vindlaster på högre höjder, kan kräva specialanpassningar
- Plats behövs för förvaring av större mängder byggmaterial
- Svår att demontera vid eventuell återanvändning

2.1.3.2 Pelar-balkstomme (med olika typer av bjälklag)

Med pelarbalk-stomme menas i det här fallet att en pelar-balk bärande struktur kombineras med massiva korslaminerade träbjälklag.

Fördelar:

- Ger möjlighet till mer flexibla och öppna planlösningar
- Passar i princip alla typer av verksamheter (Moelven Töreboda, 2019);

- Välkänd metod med pelar-balk stomme och utfackningsväggar (använd för betongstommar)
- Lättbearbetad och kräver små kostnader för håltagning och sågning
- Enkel demontering vid eventuell återanvändning

Nackdelar/utmaningar:

- Punktlaster som kan vara svåra att ta in i den befintliga (gamla) stommen utan förstärkning
- Ganska mycket arbete på plats
- Montering på höga höjder



Figur 4: Stadshotellet Skellefteå, påbyggnad av 3 våningar, stomleverantör Martinsons, 2011.
Foto Gabriela Parida.

2.1.3.3 Plana element

Med plana element menas bjälklag, tak och väggar som är prefabricerade i fabrik. KL-trä är exempel på massiva element och regelstomme är exempel på sammansatta träbaserade element. Det är dessa två tekniker, och varianter av dessa, som regel avses för plana element i Sverige. Plana element är även kallade för byggblock.

Fördelar:

- Stor flexibilitet och anpassningsbarhet till det befintliga systemet
- Linjär fördelning av laster (passar en underbyggnad i betong bättre, med samma lastöverföringsprincip, betydligt färre antal punktlaster som måste hanteras av underbyggnad)
- Erbjuder kortare montagetider vid noggrant planerade leveranser
- Lättbearbetad och små kostnader för håltagning och sågning
- Välutnyttjade transporter (planelement kan ganska effektivt lastas på en lastbil) vilket leder till färre transporter
- Lämpar sig för temporära byggnader (t.ex. skolor) och tillverkare har erfarenhet av demontering (Elfström och Singh, 2013)

Nackdelar:

- Kräver noggrann inmätning eller påbyggnad av en ny "grundplatta" på taket
- Kräver noggrann logistisk planering för (rätt ordning av element på lastbilar) för störningsfritt montage direkt från lastbilar i den trånga stadsmiljön

- Även om KL-träelement som regel är snabbmonterade, så kräver de som regel ofta omfattande arbete på plats likt betongstomme för att få till ytskikt, isolering, rördragning med mera. Regelstomme-element tillverkas ofta mer färdiga i fabrik jämfört med KL-träelement

De flesta påbyggnadsprojekt är nuförtiden utförda med KL-träelement eller en kombination av KL-trä och pelar-balk stomme.



Figur 5: Kv. Embla 5 i Umeå, påbyggnad av 3 våningar i limträmoduler och massiva ytterväggar, stomleverantör Martinsons (2012). Foto Gabriela Parida.

2.1.3.4 Volymer

Fördelar:

- Kortare montagetid och färre störningar i den täta stadsmiljön. Möjlighet att etablera en tillfällig byggarbetsplats på visst avstånd från bygget (till exempel på en stor parkering) och leverera en modul åt gången just då den ska lyftas på plats (just-in-time)
- Erbjuder effektiv byggprocess om valet av byggmetod/system görs i tidigt skede (Lidgren och Widerberg, 2010)
- Förtillverkade moduler i kontrollerad innemiljö, vilket leder till ökad kvalitet och mindre väderberoende i byggprocessen
- Modultillverkare arbetar intensivt för att möta marknadens behov till hög anpassningsgrad (stora öppningar är inte längre ett stort bekymmer) (Lindbäcks, 2019)
- Välbeprövad monteringsmetod som inte kräver väderskydd, eftersom varje avslutat vertikalt segment täcks omedelbart med förmonterad taksektion
- Passar alla typer av bostäder (vanliga bostäder, studentlägenheter, hotell)
- Lättare att återvinna spillmaterial

Nackdelar:

- Lägre flexibilitet, större begränsningar i själva byggsystemet relaterade till tillåtna transport (maximal bredd för vägtransporter) och produktionsdimensioner
- Moduler är känsliga för flergångsbelastning. Antal lyft bör begränsas
- Modultillverkning är optimal för vissa mått men detta matchar inte nödvändigtvis mått och spännvidder på de befintliga byggnaderna

- Alla moduler har väggar, tak och golv vilket påverkar utformning av huset – estetik och det totala måttet, till exempel dubbla bjälklag, dubbla väggar (Elfström, Singh 2013)
- Behov av tillfällig parkering för lastbilar med volymer som väntar på montage
- Svårighet med att förbereda ”platta” på taket, eftersom volymbyggare inte är vana med att jobba med platsbyggda lösningar.
- Byggande på trånga områden kräver ofta en extra byggarbetsplats nära byggplatsen för att ta emot modulleveranser och inte blockera området där bygget uppförs
- Varje modul är uppbyggd som en låda med tak, golv och minst 3 väggar vilket leder till dubbla bjälklag när modulerna monteras på varandra (Elfström, Singh 2013)
- Volymer som transporteras är tomma och lätta. Det innebär att mycket volym men lite av den viktmässiga lastkapaciteten nyttjas vid transporterna. Man fraktar mycket ”luft”

Det kan vara utmanande att bygga i täta bostadsområden om det inte finns möjlighet att leverera volymer direkt till montageplatsen. Det kan innebära att man får ha två etableringar, vilket bidrar till extra tider för att gå mellan byggarbetsplatsen och montageplatsen (Lindbäcks Bygg, 2019).



Figur 6: 3-vånings hög Comfort Hotel City byggd ovanpå parkeringshus, stomleverantör Lindbäcks Bygg AB, Umeå (2018). Foto Gabriela Parida.

Leverantörer av byggsystem i trä till påbyggnader är ofta inte involverade i ombyggnation eller renovering av byggnaden under, och kommer till ”färdig grund” på taket. Därför är för den byggnadsprocessen inte särskilt annorlunda i jämförelse med vanlig nybyggnation. Byggherren har då ansvaret att anlita projektör och entreprenör att undersöka underbyggnadens tillstånd, projektera eventuella förstärkningar samt genomföra förstärknings- och utjämningsarbete.

2.2 Omvärldsfaktorer – påbyggnader

2.2.1 Logistik och montage

En av de största utmaningarna med påbyggnader är bygglogistiken i trångbebyggda områden, både i städerna och i bostadsområden som ofta är byggda runt innegårdar med begränsad åtkomst för trafik av säkerhets- och trivselsskäl. Utmaningarna kan dock vara annorlunda i dessa områden. Olika byggsystem i trä presenteras i kapitel 4 med hänsyn till dessa för- och nackdelar. Ur montagesynpunkt kan man tydligt se att system med den högsta prefabriceringsgraden kan vara de mest gynnsamma. De erbjuder kortast montage- och lägre kostnad för kranuthyrning, färre leveranser och lyft samt ger kortast störningstid. För den industrialiserade byggprocessen gäller oftast principen ”Just-in-time” (helt eller delvis), vilket betyder att endast materialet som ska användas (monteras) inom kort levereras till bygget. Noggrann planering av byggarbetet och omgivningsfaktorer är mycket viktig för att uppnå ett bra ekonomiskt resultat (effektiv byggprocess) och hög kvalitet på slutprodukten (Hällgren och Falge, 2017). För att uppnå hög effektivitet i byggprocessen måste allt vara planerat och ske som planerat, annars tillkommer kostnader för förseningar och stå-tid. Det finns ett antal inblandande aktörer som är beroende av varandra och reducering av antal aktörer genom industrialisering är fördelaktigt.

2.2.2 Platsen

Vid påbyggnad av befintliga fastigheter i bebyggda områden, i trafikerade stadsmiljöer kan byggprocessen möta extra svåra praktiska och även juridiska utmaningar gällande platsen (Träinformation, 2003).

Det kan även vara mycket utmanande att hitta plats för etablering av en temporär byggarbetsplats, som behövs för arbetsplatspersonal, för förvaring av verktyg och material. I redan bebyggt område är tillgången till mark mycket begränsad, men det kan finnas möjlighet att hyra befintliga lokaler åt byggpersonalen (Hällgren och Falge, 2017). Ytor behövs även för de högst prefabricerade byggsystemen. Leverantörer av volymer behöver en plats i närheten av montageplatsen så att lastbilar med volymer kan vänta på montage för att inte blockera gator i den trånga stadsmiljön. Det måste även finnas avlastningszon och möjlighet till direktmontage (lyft) från lastbilen. Den begränsade åtkomsten i den tätbebyggda stadsmiljön ökar den logistiska komplexiteten. Enligt Haque och Youssef (2015) har parkeringshus och gallerior bättre förutsättningar för påbyggnation än bostadshus, eftersom sådana fastigheter befinner sig i områden där det finns framför allt kontorsverksamhet eller handel, ”vilka inte är lika störningskänsliga för byggproduktionsskedet.” Valet av byggnader och deras placering är tydligt mycket viktiga för framgången av ett påbyggnadsprojekt.

I vissa fall kan det vara i princip omöjligt att leverera till exempel moduler direkt in i bostadsområdet där man ska bygga på. Lindbäcks Bygg har vi ett tillfälle använt så kallad ”takvagn” för att transportera volymer från lastbilen till montageplats, eftersom området var byggt på det sättet (många gångtunnlar) att en stor lastbil inte kunde köra in i närheten av byggnaden (Lindbäcks Bygg, 2019). Detta är endast ett exempel och man måste ha i tankarna att även andra material/stomsystem levereras på lastbilar och alla kommer stöta på samma problematik med åtkomsten till byggnaden.

2.2.3 Kranlösningar

Lyftkran är ett nödvändigt arbetsredskap för byggnader som byggs ovanpå andra byggnader och det är viktigt att montageförutsättningar kontrolleras noga i en tidig fas av projektet för att se till att projektet är genomförbart med tillgängliga medel och metoder. Slarv eller missuppfattningar inom detta område kan vara ett kostsamt misstag.

Trä anses vara ett lätt stommaterial och den låga vikten passar väldigt bra till påbyggnadsprojekt. I vissa fall är det en nödvändig förutsättning för att kunna genomföra ett påbyggnadsprojekt. Det kanske inte finns någon möjlighet att placera en stor kran i närheten av byggarbetsplatsen. Ibland kan även platsen och omgivningens lastkapacitet göra montaget omöjligt med standardmetoder, eller kräva speciella lösningar.

I ett påbyggnadsprojekt i stadsmiljö ”var det svårt att hitta någonstans att ställa kranen och samtidigt nå dit man ska” (Sandin, 2019). Byggherren anlidade en kranexpert från London för att få hjälp att skanna alternativen. En lösning med lätta aluminiumkranar som monteras i sektioner användes i projektet. Montörerna hade delarna med i sig i ryggsäckar och tog den vanliga bygghissen upp. Det hela monterades på en dag och kompletterades med en typ av skenor (Sandin, 2019).

2.3 Säkerhet och hälsoaspekter (och pågående verksamhet)

Vid planering av påbyggnadsprojekt måste säkerhets- och hälsoaspekter beaktas gällande alla inblandade i byggprocessen, och inte minst alla berörda av bygget i intilliggande område. Det är väldigt viktigt att personer som befinner sig i närheten eller i byggnaden som man bygger på är välinformerade om alla störningsmoment. Buller och damm kan vara de mest störande under rivningsarbete och måste hanteras på rätt sätt. Vid montaget är det viktigt att alla regler gällande montagesäkerhet enligt anvisningar från Arbetsmiljöverket är uppfyllda (AFS 2006:6).

Att bygga i trä är fördelaktigt på flera sätt när det gäller påbyggnadsprojekt. Med träets låga vikt är det ofta inte nödvändigt att riva mycket av det befintliga utan endast jämna ut plattan ovanpå, vilket begränsar buller och damm. Speciellt platta tak, som finns på många av miljonprogrammets byggnader, underlättar processen. Montaget går snabbare, särskild med volymer och ofta finns det inget behov att avbryta pågående verksamhet i huset om projektet omfattar endast påbyggnad.

Vid omfattande standardhöjande åtgärder och renoveringar kan evakuering av husets användare vara det bästa alternativet ur säkerhetssynpunkt för alla parter (Lindén, 2014). Att hitta tillfälliga boenden åt hyresgästerna kan dock vara en kostsam åtgärd, men det finns möjligheter att hantera processen på ett innovativt sätt.

Ett företag som är både byggfirma och fastighetsägare väljer till påbyggnadsprojekt byggnader med källare. Fläktrummet på taket flyttas först till källaren, för att möjliggöra rivning av överskottet av betongen högst upp samt byggande av ”plattan” för montage av nya våningar. Aggregatet som färdigmonteras i källaren möjliggör pågående verksamhet i huset under påbyggnadsarbetet. Efter att påbyggnaden är färdig flyttar hyresgästerna

till nya lägenheter medan de gamla kan renoveras och upprustas som sista steget i processen (Martinsons, 2019).

I många fall har påbyggnader varit "ett verktyg" att lyfta så kallade "problemområden", öka livsstandard och kvalitet av bostäder i dessa områden för att kunna attrahera nya invånare (Lindgren och Widerberg, 2010). Att bygga i sådana "problemområden" kan vara en utmaning på det sättet att byggarbetare kan behöva möta riskfulla situationer, hot från boendens sida och stölder (Lindbäcks Bygg, 2019).

2.3.1 Väderskydd

Väderskydd uppfattas ofta i byggbranschen som dyrt och blir ibland ett argument för att neka val av trästomme. Fuktsäker hantering av byggelement av trä kan vara svår för entreprenörer som är vana att bygga i betong, men i dagsläget finns det väletablerade metoder för fuktsäkert byggande med verktyg och hjälpmedel för alla skeden av byggprocessen och dessa kan användas (ByggaF, 2013). Byggande i trä betyder inte nödvändigtvis att väderskydd behövs, ofta räcker det med enklare åtgärder som till exempel tejpling av skarvar mellan KL-trä skivorna (Karnehed, 2017). Däremot, när det gäller påbyggnadsprojekt där rivning av taket eller av de översta planen är nödvändig, måste man använda väderskydd för att undvika vattenskador i den öppna underbyggnaden tills ett nytt bjälklag gjutits eller läggs på. Beroende på underbyggnadens storlek kan detta göras i etapper eller som heltäckande väderskydd (Baltic Gruppen 2019; Lindbäcks Bygg 2019).

Utveckling inom området väderskydd pågår och det finns flera möjliga lösningar att välja mellan:

- Takväderskydd på ställning
- Takväderskydd som lyfts på plats
- Fast takväderskydd
- Mobila takväderskydd
- Klättrande väderskydd
- Fristående hallar

Trots den tillkommande kostnaden relaterade till väderskyddet finns det många andra vinster som kan påverka beslutet om användningen av väderskydd (Larsson, 2017). De effektvinsterna som man har kommit fram till är: förenklad produktion, bättre utnyttjande av arbetstid, bättre arbetsmiljö, bättre kvalitet på utfört arbete vilket medför också en del minskade kostnader (Axelsson et. al 2004). Som i många andra fall, när planering för väderskyddad produktion sker i de tidiga skedena finns det goda förutsättningar för bra ekonomiskt resultat. Dessutom finns det förhoppning inom branschen att större användning av väderskydd och ökad konkurrens inom området kommer att leda till sänkta priser (Larsson, 2017).

Väderskyddets fördelar kan sorteras till lönsamhet, tid och arbetsmiljö och kan leda till sundare liv för de framtida brukarna. Det finns en del studier som har analyserat användningen av väderskydd i olika byggprojekt (Axelsson et. al 2004; Larsson, 2017; Lindholm, 2013) som visar att beslutsfattande om användning av väderskydd inte är självklar. Beslutet kräver stöd och erfarenhet. Det är lätt att bli missled av förhöjda kostnader utan att se de riktiga vinster och besparingar som en väderskyddad

byggprocess kan erbjuda. Väderskydd är inte alltid nödvändigt, men i många fall bör det rekommenderas. För stöd i beslutsfattandet hänvisas till referenser.

2.3.2 Sophantering

Varje projekt har sina egna förutsättningar gällande alla aspekter av byggnaden. Sophanteringsfråga har inte den högsta prioriteten men den är ändå rätt så viktig med hänsyn till ekologisk hållbarhet och dagens krav för miljöns skull. Vid utförande av påbyggnader tillkommer användare som under förvaltningstiden producerar avfall som måste omhändertas. I bostadsområden är det oftast inte problematiskt eftersom det finns tillräckligt med plats att utöka eller bygga nya miljörum för avfallssortering. Frågan är svårare för täta stadsmiljöer där sophanteringen är försvårad under både bygg- och förvaltningstiden.

I ett examensarbete diskuterar författarna Hällgren och Falge (2017) att sophantering på en byggarbetsplats är relaterad till en viss kostnad förstås. "Kostnaden blir lägre om byggavfall sorteras i hög grad i respektive container". I den täta stadsmiljön kan det vara svårt att hitta tillräckligt med plats för uppställning och lämning/hämtning av flera containrar. I sådana fall kan det vara ett bättre alternativ att använda en container för blandavfall, men detta medför ökad kostnad för sopsortering. Ur denna synpunkt är hög prefabriceringsgrad eller hellre hög färdigställandegrad att föredra när det gäller påbyggnader.

Frågan om sophantering under förvaltning/användningstiden återstår. Det förekommer lösningar med tillbyggda sopnedkast och nyttjande av befintliga lokaler för miljörum på lägre plan (Hällgren och Falge, 2017).

2.4 Påbyggnader – ett hållbart alternativ

"Att ta hand om det som redan är byggt på ett miljömässigt och hållbart sätt är precis det vi behöver göra för att jobba mot våra klimatmål." Linda Kjällén, certifieringschef, Sweden Green Building Council (Mynewsdesk, 2019)

Att bygga på befintliga byggnader är ett självklart bra alternativ i och med att man inte behöver ta i anspråk någon ny mark och kan bevara värdefulla gröna områden och fritidsytor. Man kan förlänga livslängden på byggnader med hjälp av påbyggnader, om det sker i samband med renoveringsarbete. Enligt Boverket (2009) är cirka 40% av husen byggda under åren 1961-1975 i behov av någon form av renoveringsåtgärd och koppling med påbyggnad kan möjliggöra finansiering av renoveringar, till exempel att öka antalet lägenheter och behålla ungefär samma driftkostnader (Nilsson, 2018). Påbyggnader möjliggör ofta ekonomisk energieffektivisering eller renovering om dessa kombineras och utförs samtidigt, ett antal studier stödjer detta (Lindgren och Widerberg, 2010).

Att bygga på befintliga byggnader istället för att riva och bygga nytt besparar enorma mängder energi: lägre specifik energianvändning, 80-90% mindre spillmaterial och energi som går åt att riva (Ströholm och Balkåsen, 2018). Att göra påbyggnader skapar möjligheter att bygga nya energieffektiva byggnader (bostäder) med hög levnadsstandard samt att energieffektivisera befintliga underbyggnader. Att bygga högt (på höjden, ovanpå flervåningshus) skapar dessutom möjlighet för tysta och behagliga bostadsmiljöer inklusive möjligheter att skapa nya gröna ytor på höjden. Trästommar är

mycket lämpliga alternativ för påbyggnader ur många synpunkter. Den lätta vikten och tillgången till olika typer av stommar nuförtiden, då produktionen av massiva trästommar har ökat i Sverige, gör det fullt möjligt att bygga på en till flera våningar på äldre byggnader byggda i betong.

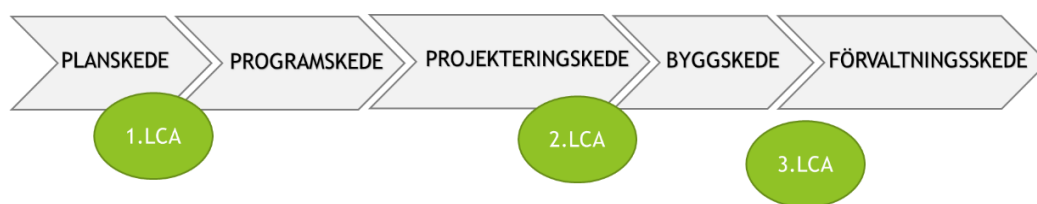
Byggbranschen har utvecklats väldigt mycket under 2000-talet och bygga i trä blir allt vanligare, men det finns fortfarande väldigt många byggherrar och entreprenörer som väljer bort trä på grund av brister i kunskaper om metoder att bygga rätt i trä, till exempel med hänsyn till fuktproblematiken. Utmaningen ligger möjligen att sprida kunskaper om miljömässiga fördelar av träbygga till framtida kunder och beställare. Studier visar att slutkunder är materialneutrala när det gäller val av bostad och miljömässiga fördelar har varit svåra att påvisa i den totala kalkylen för beställare (Roos et al. 2009). Det är viktigt att miljöfördelarna som val av träbaserade konstruktioner kan ge är rimliga att åstadkomma praktiskt och ekonomiskt (Andersson, 2016).

Internationella studier visar att bygga av hållbara byggnader med hänsyn till ekonomiska, sociala och ekologiska aspekter, för att uppnå de bästa resultaten och för att optimera komplexa relationer mellan aktörerna i byggprocessen, kväver ett integrerat arbete mellan olika discipliner (IPD-Integrated Design Process), (Magent et al. 2009).

2.4.1 LCA analys

En livscykelanalys (LCA) kvantifierar miljöpåverkan av en byggnad genom att ge en bild av miljöpåverkan av olika material och processer som ingår i byggnadens hela livslängd. Alla faser i byggnadens livscykel utvärderas (projekterings- och byggnadsfasen, användningsfasen, rivningsfasen och återvinningsfasen) och materialanvändning samt utsläpp till luft, vatten och mark beräknas för att uppskatta byggnadens miljöpåverkan (Björk och Hedin, 2013). I dagsläget med ständigt ökande krav gällande byggnaders energianvändning och miljöpåverkan inser många att LCA kan vara ett bra verktyg att använda för att uppnå målen.

Boverket (2019) har tagit fram en vägledning för LCA analys av byggnadsverk som ska vara ett hjälpmedel och uppmuntran för att nyttja mer LCA och minska branschens väldigt stora miljöpåverkan. Det finns redan aktörer i Sverige som använder LCA flera gånger under hela byggprocessen, till exempel Trafikverket. Många projektörer har även en egen miljöexpert/ansvarig som utför beräkningar av miljöpåverkan av byggnadsverk (Tyréns, 2019). Det kan rekommenderas att utföra LCA-beräkningar minst 3 gånger under byggprocessens gång (se Figur 7). Den första förenklade analysen ska göras i ett tidigt skede då valet av stomme görs och då kan det definitivt vara ett bra argument för att välja trästomme. I tidiga skeden, då inga specifika data om projektet är tillgängliga, behöver man ha en bas av referensobjekt att nyttja i jämförande syfte. Den andra LCA-beräkningen bör göras i ett projekteringskede då det fortfarande finns möjlighet att göra ändringar i de preliminära materialvalen, att välja materialleverantör och entreprenör. Den slutliga livscykelanalysen ska egentligen fungera som slutlig kontroll och/eller uppföljning av tidigare beräkningar (Tyréns, 2019).



Figur 7: Exempel på användning av LCA i byggprocessens gång.

2.4.2 Materialcirkularitet

Cirkularitet är ett välkänt ämne numera när man pratar om cirkulär ekonomi. Däremot verkar material-cirkularitet vara ett väldigt lite berört ämne. Några av byggsystemleverantörerna har erkänt att hänsyn till rivningen under projekteringen och produktionen inte är deras huvudintresse i dagsläget. Rivningsfasen utgör ca 1-3% av den totala byggnadens miljöpåverkan (livscykelns energianvändning) och därför blir den bortsedd ifrån, i många fall. Man lägger fokus på att använda miljövänligare material (till exempel återvinningsbara eller redan tillverkade av återvunna material) (Masonite Beams, 2019) och transportmedel (Lindbäcks Bygg, 2019), lokala leverantörer och att genom byggtekniska lösningar och genom miljövänligare energikällor minska energiförbrukningen under byggnadernas livslängd. Detta för att möta de energikrav som ställs idag och som kommer att gälla inom några år. Det finns internationella studier som på liknande sätt undersöker olika strategier för hållbar materialanvändning: minska materialflödet, materialsubstitution (utbyte mot miljövänligare alternativ), förlängning av materialens livslängd och ökning samt förbättring av material-cirkularitet. Förlängning av materialens livslängd (*service life*) och därefter materialsubstitution verkar ha den högsta positiva effekten för att minska miljöpåverkan (Klunder, 2004).

Det finns tecken på att arbetet med materialcirkularitet har påbörjats. Leverantörerna av pelarbalk-stomme tar hänsyn till den potentiella demonteringen genom att använda skruvade förband som är relativt lätta att ta isär jämfört med till exempel spikade förband (Moelven Töreboda, 2019). Volymtillverkare använder moduler till temporära eller flyttbara byggnader, där man planerat i projekteringsfasen för demontering av hela moduler. Det är dock betydligt svårare att plocka isär alla material för att återanvända eller återvinna.

Ett bra exempel där man i samband med påbyggnader tog vara på material var projektet "Egypten" i Örnsköldsvik. Projektet skulle "ha bra klimatprofil" och återvinning skulle "genomsyra arbetet". De mesta av stommen användes, det som revs användes som fyllningsmaterial och dörrar och fönster skickades till ett välgörande ändamål i Rumänien (Byggsigurd, 2016).

Ett annat, internationellt initiativ, är projektet BAMB (Buildings As Material Banks). BAMB är ett projekt som syftar till att öka det verkliga värdet i byggmaterialet. De undersöker möjligheten att verkligen skapa cirkulär ekonomi i byggbranschen genom att använda medel som till exempel "Material passports" (material-pass) och "Reversible Building Design" (RBD) (BABM, 2019).

3 Befintlig byggnad

Vid påbyggnad av befintlig byggnad ökar såväl vertikal- som horisontalkrafter vilket innebär att underliggande byggnad och grundläggning måste kontrolleras och dimensioneras för lastökningen. För att möjliggöra detta behöver befintlig byggnad inventeras, tillståndsbedömmas och i vissa fall förstärkas eller repareras.

En påbyggnad innebär i många fall även en förlängd förväntad livslängd för den befintliga byggnaden, eftersom påbyggnaden inte sällan sker på byggnader där den tekniska projekterade livslängden är uppnådd. För att säkerställa att byggnadens tekniska status fortsatt är god behöver också en tillståndsbedömning utföras. Tillståndsbedömningen kan visa vilka förebyggande eller förstärkande reparationsåtgärder som behöver vidtas för att säkerställa en fortsatt god teknisk livslängd för byggnaden.

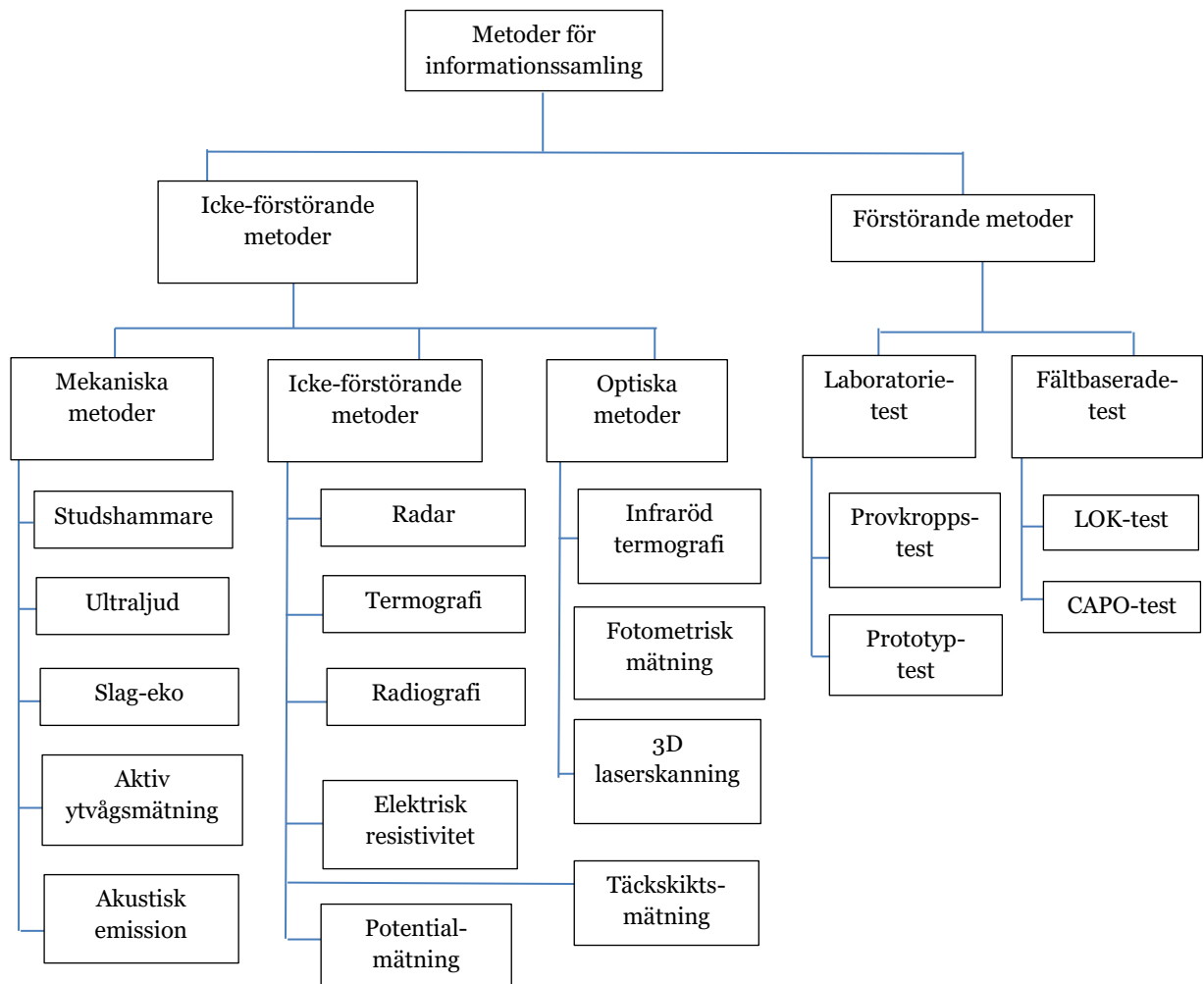
Eftersom de bärande konstruktionsdelarna hos byggnader som väljs ut för påbyggnad ofta till största del består av betong berör avsnitten inventering och tillståndsbedömning främst betongkonstruktioner.

3.1 Inventering

Inventering av befintlig byggnad utförs för att ha korrekt underlag att basera dimensionering och eventuell förstärkning på. Några av de metoder som kan användas vid inventeringen beskrivs nedan.

3.1.1 Befintliga konstruktionshandlingar

Underlag i form av konstruktionsritningar, dimensioneringsredovisning eller rapport från geoteknisk utredning är av stor vikt vid dimensionering och tillståndsbedömning. Handlingar och ritningsunderlag kan eftersökas hos fastighetsägare, stadsbyggnadskontor samt den teknikkonsult som upprättade den ursprungliga handlingen. Om underlaget är bristfälligt eller saknas kan en undersökning behöva utföras för att verifiera eller upprätta informationen om konstruktionens geometri och dess materialegenskaper. En summering av metoder för informationssamling för betongkonstruktioner visas i Figur 8.



Figur 8. Metoder för informationsinhämtning, (figur baserad på Jansson et al. 2021, i sin tur baserat på Blanksvärd et al. 2017, Norrman och Pettersson 2011).

3.1.2 Ickeförstörande metoder

Icke förstörande provning (även känt som NDT, Non Destructive Testing) är ett samlingsnamn för undersöknings- och provningsmetoder som inte medför någon betydande fysisk påverkan på konstruktionen som undersöks. Nedan beskrivs några oförstörande metoder som kan användas vid inventering av byggnad.

3D-skanning

3D-skanning används för att skapa ett punktmoln av hela eller delar av den undersökta byggnaden. Punktmolnet kan användas för att upprätta ritningsunderlag och för att verifiera position eller dimension på befintliga konstruktionselement.

Inmätning

Inmätning är en mer manuell version av 3D-skanning som lämpar sig för att upprätta enklare ritningsunderlag eller för att verifiera position eller dimension på enstaka konstruktionselement.

Täckskiktsmätning

Täckskiktsmätning kan användas för att lokalisera ingjutna armeringsjärn i betongen och även bestämma tjockleken på täckskiktet, det vill säga avståndet mellan armeringsjärnet och betongytan.

Georadarmätning

Georadarmätning (även känt som GPR, Ground Penetrating Radar) kan användas för att lokalisera ingjutna armeringsjärn eller andra objekt i betongen. Georadarmätning kan förutom täckande betongskikt även användas för att mäta lagerföljden och deras tjocklekar eller andra ingjutna föremål exempelvis elkablar eller tomrör.

Geoteknisk undersökning

Geoteknisk undersökning utförs för att kartlägga jordlagerföljd, jordarternas tekniska egenskaper, bergnivå och grundvattennivå. Markens bärförmåga och sättningsegenskaper är avgörande information för att undersöka om lasten på en befintlig byggnad kan ökas genom påbyggnad.

3.1.3 Traditionella metoder

Med traditionella metoder avses undersöknings- och provningsmetoder som ej kategoriseras som oförstörande metoder. Traditionella metoder innebär vanligtvis att någon form av lokal åverkan sker på konstruktionen som kräver att betongen repareras eller återställs efter att metoden använts. Nedan beskrivs några traditionella metoder som kan användas vid inventering av byggnad.

Betongens tryckhållfasthet

För att bestämma betongens tryckhållfasthet i befintlig konstruktionsdel borrar vanligen betongcylindrar ur konstruktionen som sedan provtrycks i en tryckpress. Bedömning av in-situ tryckhållfasthet regleras av standard SS-EN 13791. Enligt standarden kan även ickeförstörande metoder som ultraljudsmätning och studsmätare användas för att bedöma tryckhållfastheten i befintlig betong. Dock skall dessa ickeförstörande metoder enligt standarden kalibreras genom provning av utborrade cylindrar.

Armeringens stålqualitet

Armeringens stålqualitet kan bestämmas genom att befintliga armeringsstänger tas ur konstruktionen och provdras i en dragprovningssmaskin som mäter töjning och dragkraft i armeringsstålet. Resultatet brukar redovisas i ett spänning-töjningsdiagram där bland annat stålets sträckgräns, brottgräns och elasticitetsmodul framgår.

Armeringens diameter

Armeringens diameter kan mätas med skjutmått efter att armeringen frilagts, exempelvis genom bortbilning av betong.

3.2 Tillståndsbedömning

Tillståndsbedömning av befintlig betongkonstruktion utförs för att bedöma nuvarande skadestatus och eventuellt reparationsbehov. Några metoder som kan användas vid tillståndsbedömningen beskrivs nedan.

3.2.1 Icke-förstörande metoder

Okulär besiktning

Genom att besiktiga konstruktionsdelen okulärt kan skador eller andra avvikelser observeras.

Bomknackning

När ingjuten armering rostar i betong kan ytparallella sprickor skapas när armeringsstålet expanderar och spjälkar sönder täckande betongskikt. Genom att slå med en hammare mot betongen (så kallad bomknackning) kan ett ihåligt bomljud höras om betongen delaminerats. Delamineringen kan bero på spjälkskador eller att vidhäftningen till en pågjutning har gått förlorad.

Täckskiktsmätning

Genom att mäta betongens täckskikt kan man avgöra hur stort skyddande betonglager konstruktionen har utanför armeringsjärnen. Täckande betongskikt jämförs med karbonatiseringsdjup och kloridinträngning för att bedöma risk för korrosionsskador.

Georadarmätning

Med hjälp av en georadar kan, förutom lokalisering av armering och lagerföljd beskrivet i avsnitt 3.1.2, även viss tillståndsbedömning av betongkonstruktioner utföras. Delaminering, gjutsår och korrosionsskadad armering kan lokaliseras i betongen utan att konstruktionen behöver öppnas.

Sprickbreddsmätning

Med hjälp av en sprickbreddsmätare kan sprickbredd mätas okulärt. För att mäta sprickans rörelser över tid kan såväl digitala som analoga sprickbreddsmätare monteras på konstruktionen för att dokumentera sprickrörelser.

3.2.2 Traditionella metoder

Karbonatiseringsdjup

Mätning av betongens karbonatiseringsdjup visar hur långt karbonatiseringsfronten har nått in i betongen. Karbonatisering innebär att koldioxid som finns i den omgivande luften tränger in i, och reagerar kemiskt med, betongen. Reaktionen innebär att betongens pH sänks och korrosionsprocessen på ingjutet armeringsstål kan initieras om karbonatiseringsfronten når stålet. För att karbonatiseringsinitierad korrosion skall uppstå krävs även en viss tillgång till fukt, det vill säga torra inomhuskonstruktioner är skonade från dessa korrosionsskador. Källare, garage och utomhuskonstruktioner befinner sig däremot ofta i en miljö där karbonatiseringsinitierad korrosion kan uppstå.

Karbonatiseringsdjup kan till exempel mätas med pH-indikatorvätskorna fenolftalein eller tymålblått på utborrade cylindrar eller genom mikroskopisk analys, se avsnitt Tunnslipsanalys nedan.

Kloridinträngning

Klorider kan tränga in i betong som utsätts för exempelvis tössalter eller havsvatten. Klorider kan också vara ingjutna då kalciumklorid tidigare användes som accelerator i betongen, för att den skulle hydratisera och härda fortare. Klorider kan, vid tillräckligt höga halter, penetrera det skyddande skiktet av järnoxid som omsluter armeringen i frisk betong. När detta kloridtröskelvärde är uppnått kan kloridinitierad armeringskorrosion uppstå. Korrosionsprocessen vid kloridinitierad korrosion kräver likt för karbonatiseringsinitierad korrosion även viss tillgång till fukt. Garage och utomhuskonstruktioner nära vägar och gångbanor utsätts ofta för såväl tössaltning som fuktbelastning vintertid, varpå de ofta uppfyller kriterierna för kloridinitierad korrosion.

Kloridhalten kan mätas på uppsamlat borrdamm (betongkax), utborrade betongkärnor eller borttagna bitar av betong. Det är viktigt att kloridhalten mäts i förhållande till cementvikten eftersom andelen ballast i provet annars påverkar resultatet.

Tunnslipsanalys

Tunnslipsanalys är en mikroskopisk strukturanalys som utförs på uttagna borrkärnor eller bitar ur betongen. En sågad betongbit limmas mot ett objektglas och slipas till en tjocklek av cirka 30 mikrometer. Genom att analysera tunnslipsprovet i förstoring kan de komponenter vilka bygger upp betongen studeras. Exempelvis kan karbonatisering, vattencementtal, reaktiv ballast, kemiska angrepp, urlakningsdjup och mikrosprickbildning analyseras.

3.3 Förstärkning

Förstärkning av konstruktionen sker när befintlig bärförmåga är otillräcklig för aktuell last. Påbyggnad av befintlig byggnad innebär i de flesta fallen en ökad last vilket främst påverkar det primära vertikala bärsystemet som pelare, väggar och grundläggning. Även det stomstabiliserande bärverket påverkas av påbyggnader.

3.3.1 Kapacitet hos grundläggning

Om befintlig byggnad är tung i förhållande till tänkt påbyggnad och ingen sättningsproblematik förekommit, så är det en bra början. Frågeställning om kapacitet på befintlig byggnad för påbyggnad och kapacitet på grundläggning är två aspekter som måste kontrolleras tidigt. Det finns företag som är specialiserade på geotekniska undersökningar av mark och grundläggning. Det finns likaså en rad olika tekniker på grundläggningsförstärkning. Det går att genomföra förstärkning av grund på befintlig byggnad, men beroende på förutsättningar för åtkomlighet så kan det vara kostsamt i relation till nybyggnation.

3.3.2 Förstärkning av enskilda betongelement

Kringgjutning

Pelare kan förstärkas via kringgjutning. En armerad betongpelare gjutes runt befintlig pelare med avsikt att bära hela eller delar av den befintliga pelarens last. Eftersom betong krymper efter gjutning kommer kringgjutningen inte att ta last innan deformationer skett om inte kraftöverföring först säkerställs via mekanisk förspänning eller annan anordning.

Förstärkning med kolfiber

Kolfiberförstärkning kan utföras på de flesta typer av betongkonstruktioner som pelare, bjälklag, väggar och balkar. Kolfiber kan antingen utgöras av en väv eller laminatskiva som limmas på betongens yta eller av en kolfiberstav som limmas i ett fräst spår i betongens täcksikt. Kolfiberförstärkning innebär att konstruktionens bärförmåga kan ökas utan att dess tvärsnitt ändras nämnvärt. En nackdel med kolfiberförstärkningar är deras känslighet mot höga temperaturer. Därför kan kolfiberförstärkta betongkonstruktioner behöva skyddas mot brand i större utsträckning än andra betongkonstruktioner.

Avlastning med stålpelare

Avlastning med stålpelare kan ske vid förstärkning av väggar eller pelare där en ökad vertikal bärförmåga önskas. Pelaren kan förspännas likt en stämp för att ta last från konstruktionen innan deformation skett.

3.3.3 Förstärkning av grundläggning

Vid förstärkning av grundläggning under befintlig byggnad är pålning en vanligt förekommande metod, oavsett om grundläggningen ursprungligen var pålad eller grundlagd på fundament. Kompletteringspålning kan ske med stål- eller betongpålar som kopplas till befintliga eller nya betongfundament.

3.3.4 Stomstabilisering

Vid påbyggnad av en eller flera våningar på befintlig byggnad tillkommer större horisontalkrafter på byggnaden. Detta beror både på ökade vindlaster och på ökad horisontallast från snedställning eller excentricitet hos enskilda konstruktionsdelar. Konstruktionen kan förstärkas genom att ytterligare horisontalstabiliserande väggar eller stag monteras i byggnaden.

3.4 Reparation

Reparation utförs för att återställa konstruktionens funktion och bärförmåga till ursprungligt skick. Vid reparation kan samtidigt förstärkning utföras för att öka konstruktionens bärförmåga. Nedan beskrivs några metoder för reparation av betongskador som kan vara aktuella vid påbyggnadsprojekt.

3.4.1 Korrosionsskador

Korrosionsskador uppstår i konstruktionsdelar utsatta för fukt där betongen antingen karbonatiserats till armeringens nivå eller där kloridhalten vid armeringens nivå överstiger kloridtröskelvärdet. Korrosionsskador uppstår därför vanligtvis i utomhuskonstruktioner eller källare med parkering för bilar.

Korrosionsskador åtgärdas generellt genom att skadad betong avverkas till bakom armeringsjärnen. Därefter rengörs armeringsjärnen och kompletteras vid behov. Konstruktionsdelen återgjøtes sedan med lämplig betong.

För att undvika framtida korrosionsskador behöver konstruktionen hållas torr och skyddas mot fortsatt karbonatisering och kloridinträngning. Det finns metoder för att

aktivt motarbeta korrosionsprocessen, exempelvis genom realkanisering av täckande betongskikt eller genom katodiskt skydd av armering.

3.4.2 Sprickor

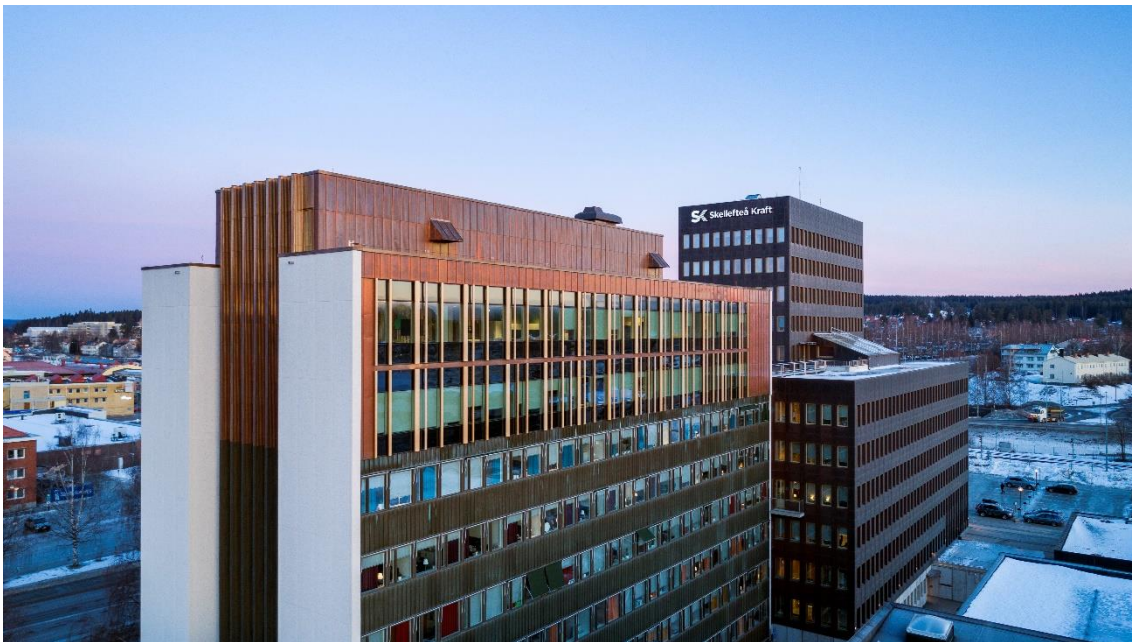
Sprickor i betongkonstruktioner kan vara orsakade av flera olika mekanismer. Sprickor som misstänks bero på last över konstruktionens bärförmåga måste utredas noggrant innan lämpliga förstärkningsåtgärder vidtas. Sprickor som beror på rörelser i konstruktionen, krympning av betong eller andra orsaker där konstruktionens bärförmåga inte bedöms vara nedsatt kan repareras genom injektering eller uppbyggnad och återgjutning. Injektering har visat god förmåga att tätta vattenförande sprickor och därmed stoppa läckage i exempelvis källarkonstruktioner.

4 Byggsystem för påbyggnader

4.1 Mellanskikt mellan befintlig byggnad och påbyggnad – ”Midjan”

Den del som binder samman den befintliga byggnaden med den uthyrbara delen av påbyggnaden kallas för mellanskikt eller midjan. Mellanskiktet har som regel två primära funktioner, strukturell kraftöverföring från påbyggnad till underliggande byggnad och som ett utrymme för installationer. Mellanskiktet kan byggas med olika tekniker och material. Nedan tas ett antal aspekter upp för utformning av midjan.

Bygghöjden påverkas av både tekniska faktorer som omvärldsfaktorer och ekonomiska faktorer. Den tekniska strukturellt bärande delen är hur mycket last som ska överföras från överbyggnaden till den underliggande delen av byggnaden och hur långa sträckor som lasten måste styras om för att kunna tas upp i den underliggande byggnaden. Det enklaste fallet är att man har en påbyggnad med samma planlösning och kraftöverföring som i den undre byggnaden. Då behövs som regel inget mellanskikt ur strukturell synvinkel.



Figur 9: Skellefteå Kraft påbyggnad av kontorshus med två våningar. Exempel där man valt ett liknande avtryck som befintlig byggnad. Det kan bidra till att hålla ner midjans höjd, om befintliga lastbärande vägar genom befintlig räcker till för klarar av påbyggnaden. Stomleverantör är Martinsons (2018). Foto Martinsons, fotograf Patrick Degerman.

Om den påbyggda strukturen skiljer sig i planlösning och typ av lastbärande princip, då är det troligt att någon form av omfördelning av lastvägar är nödvändig från påbyggnad till befintlig byggnad. Grovt kan man dela inte det i tre olika huvudprinciper:

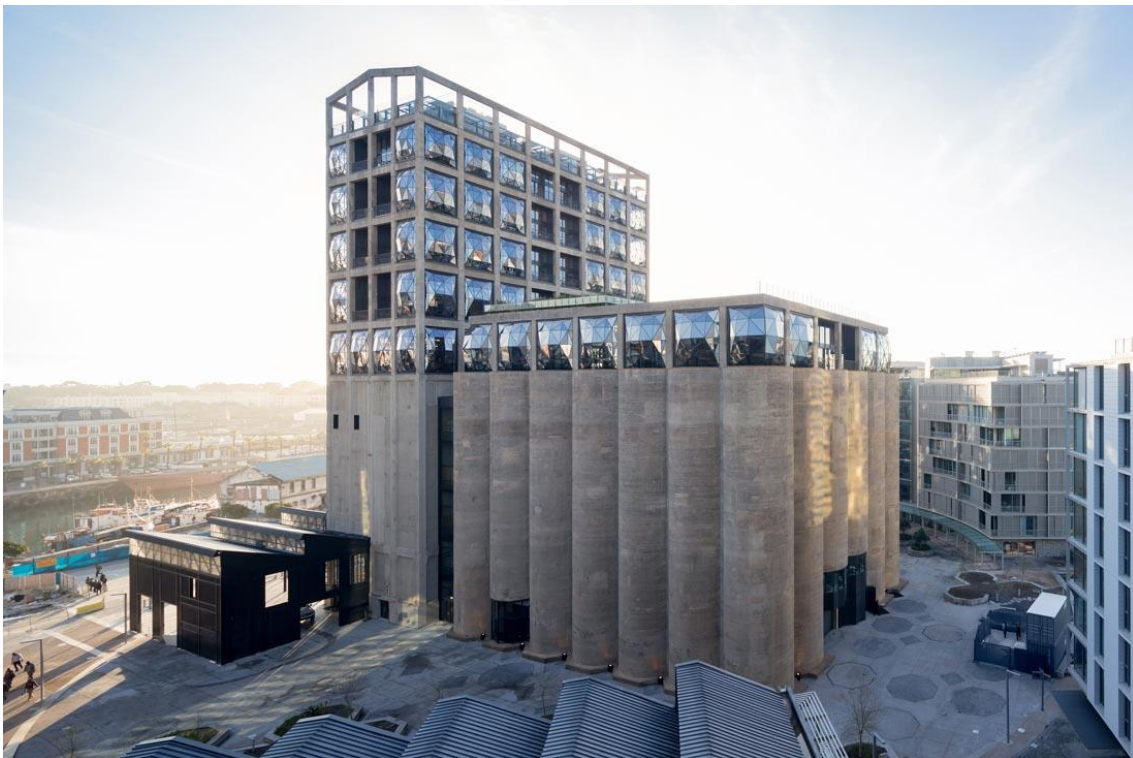
1. Man använder sig av en ett mellanskikt, en så kallad midja. Midjan består av strukturella delar som omfördelar last från påbyggnad till strukturellt bärande delar i befintlig byggnad.
2. Förstärkning av befintlig byggnad. För att ta hand om nya kraftvägar från påbyggnad kan det innebära att förstärkningar görs i befintlig byggnads struktur och / eller nya kraftvägar genom befintlig byggnad. Man kan tänka sig att nya pelare byggs från förstärkt grundläggning genom huset till de punkter där kraftfördelningen inte kan tas av befintlig struktur, från påbyggnaden. Även om detta kan bidra till att hålla nere midjans höjd så kan det innebära att man försämrar planlösning och uthyrbar yta i befintlig underliggande byggnad.
3. Förstärkt påbyggnad. Även om planlösning inte är exakt samma i påbyggnad och befintlig byggnad, så kan man se till att planlösningen för överbyggnaden korsar bärande struktur i befintlig byggnad. Om bärande struktur i överbyggnad är tillräckligt styv och hållfast att i sig själv klarar av den omfördelningen så kan det vara en möjlig väg framåt.

De olika principerna kan i viss utsträckning kombineras, men kan då också bidra till komplexitet. Om planlösning skiljer sig mellan befintlig byggnad och befintlig byggnad kan det finnas behov av stråk för installationer, vatten, värme, ventilation mm. som motiverar ett mellanskikt, även om man kan hantera det strukturellt. Installationer beskriver i senare kapitel.

Det första alternativet med mellanskikt ger en stor frihet i att ha annan planlösning eller verksamhet i påbyggnaden i jämförelse med befintlig byggnad. Mellanskiktet ger då också en välbehövlig synergi med installationsdragningar i mellanskiktet som då kan bli

mer optimal för påbyggnadens planlösning. Bygghöjden på mellanskiktet beror i huvudsak på följande faktorer:

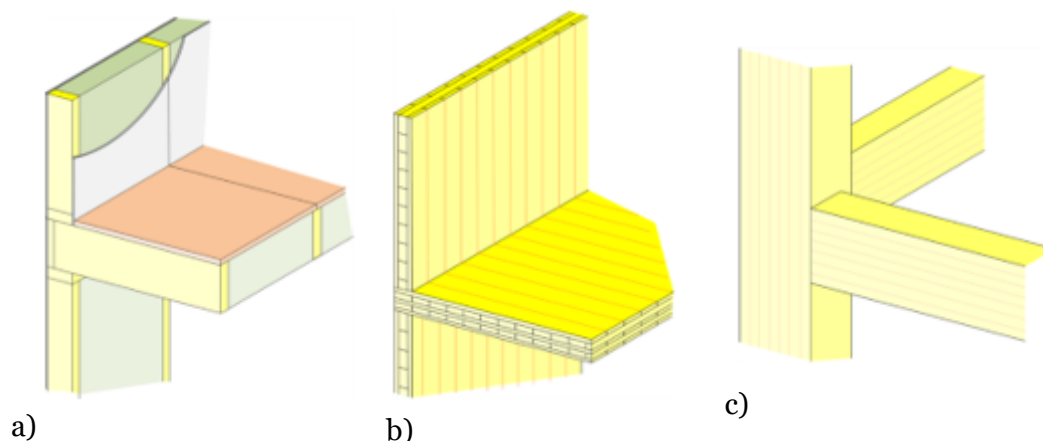
1. Hur stor omfördelning av krafter som behövs göras. Har man till exempel långa spännvidder mellan bärande struktur i befintlig byggnad, eller lastvägar i påbyggnad som ligger långt från befintlig strukturs lastvägar, då behövs högre höjd på mellanskiktet för att klara av omfördelningen av laster.
2. Vilket material som används på bärande struktur i mellanskiktet. I detta projekt förordas att använda trä / biobaserade material på påbyggnaden. Det kan emellertid vara motiverat att bygga mellanskiktet i till exempel stål. På så sätt kan man minska bygghöjden på mellanskiktet i jämförelse med att bygga det i limträ eller KL-trä eftersom stål har högre hållfasthet och styvhet. Att hålla nere mellanskiktets höjd kan vara önskvärt till exempel från ett arkitektoniskt perspektiv. Oavsett val av material så är till exempel fackverkskonstruktioner strukturellt effektiva, men man kan även bygga i skrivmaterial som fungerar som balkar.
3. Installationer. VVS-ingenjören och konstruktören bör kopplas in tidigt i påbyggnadsprojekt för att det ska bli lyckat. Installationer kan vara utrymmeskrävande och kan avgöra minsta möjliga bygghöjd även om lägre bygghöjd på mellanskikt kan uppfylla strukturella krav. Om installationerna ska vara inspekterbara kan det kräva ytterligare utrymme, i jämförelse om till exempel man bygger in rör utan möjlighet för inspektion.



Figur 10. En bild för inspiration. Ingen ren påbyggnad i trä men en påbyggnad som skulle kunna vara i trä. Man har nyttjat en betongsilo som grund för påbyggnaderna. Byggnaden är The Zeitz Museum of Contemporary Art Africa, Kapstaden, Sydafrika. Även vattentorn eller andra gedigna konstruktioner kan vara lämpliga för påbyggnader, eller att de bildar en stabiliserande stomme för påbyggnader runt om och på strukturen.

4.2 Pelar-balkstomme

De vanligaste träbyggssystemen som används är: regelstomsystem med träreglar/lättreglar och stabilisering med tunna skivor, massiva system med KL-trä eller pelar/balk system i limträ, se Figur 11. Nedan följer en beskrivning av de olika systemen och deras för och nackdelar för påbyggnationer.



Figur 11. Byggsystem i trä; a) träregelsystem, b) massivträsystem och c) pelar-balksystem. Illustrationer av Marie Johansson, RISE.

4.3 Pelar-balkstomme – monterad på plats

Pelar-balkstomme i limträ har använts vid flera påbyggnader av kommersiella lokaler till exempel kontor och hotell men är relativt ovanligt när det gäller bostäder. Systemet används främst när man eftersträvar stora öppna golvytor inne i en byggnad eller vid fasader med stora öppningar.

Pelar-balksstommen har relativt låg prefabriceringsgrad i jämförelse med andra träbyggnadssystem vilket gör stommen mer flexibel och lättare att anpassa till befintlig byggnad. Bland annat kan laster från påbyggnaden tas ner via pelare som placerats på avsnitt i befintlig byggnad med hög lastkapacitet.

En pelar-balkstomme har goda egenskaper med avseende på ljud. Bärande pelare i stället för bärande väggar medför att flanktransmissionen av ljud mellan våningarna kan minskas avsevärt. Hänsyn till ljudöverföring via icke bärande väggar eller installationer måste dock beaktas med lämpliga lösningar.

Horisontella laster på stommen tas upp av stabiliserande skivor alternativt diagonala strävor eller dragstagssystem som överför lasten ner till grunden. Horisontalstabiliserande element placeras vanligen i fasaden eller vid trapphus. Bjälklag av ribbförsedda LVL skivor/ massivträ kan även användas som styv skiva och överföra horisontella laster. Med momentstyva knutpunkter kombinerat med tillräckligt styva pelare och balkar kan ramverkan utnyttjas för stabilisering av byggnaden.



Figur 12. Exempel på påbyggnad med pelar-balkstomme i kombination med KL-trä. Foto Martinsons.

För bjälklag på balkar är svikten ofta dimensionerande. Med kontinuerliga balkar upplagda på våningshöga pelare kan egenfrekvensen hos bjälklaget höjas vilket minskar svikten. Vid korta spännvidder kan balkarna hängas in mellan pelarna som utförs genomgående i flera våningar.

4.4 Planelement

Prefabricerade planelement används ofta vid byggande av olika typer av trähus. Systemet har ofta hög prefabriceringsgrad vilket gör det lämpligt vid påbyggnad av befintliga hus. Planelement kan vara färdiga ytterväggar, innerväggar, bjälklag eller yttertak. De är oftast prefabricerade och färdiga för montering på plats med undantag av ytskikt och vissa installationer. Ytterväggselement kan till exempel innehålla en grundmålad fasadbeklädnad och fönstersnickerier.

Planelementen kan vara tillverkade i lättbyggnadsteknik med regelstomme eller av massivträteknik, som korslimmat trä, KL-trä. Konstruktionsvirke kan användas i väggar men för bjälklag används ofta konstruktioner med limträ, LVL och KL-trä för att klara svikt och ljudkrav, även andra bjälklagssystem med lättbalkar typ Masonite Beam förekommer.

Tillverkningsmetoden resulterar i byggelement som är styva och formstabila i förhållande till sin låga vikt vilket gör det möjligt att använda element med stora spännvidder och rationella metoder för snabbt montage.

Planelement kan utföras som slutna eller öppna system, slutna system med skivor monterade på fabrik. Fördelen med ett öppet system är att installationer kan utföras på bygget medan slutna system kräver att all projektering och alla installationer utförs i fabrik. Öppna system medför dock att byggtiden förlängs.

Byggtekniken ställer stora krav på väderskyddet under byggtiden eftersom planelementen normalt levereras helt färdiga med isolering och ytskikt.



Figur 13. Exempel på planelement med färdiga snickerier.

4.4.1 KL-Trä

Element av korslimmat trä KL-trä är en skivstomme som används alltmer vid nyproduktion av flerbostadshus och andra stora byggnader. Med skivstomme avses här ett prefabricerat element där bara KL-träelementet ingår utan isolering och ytskikt. Systemet är lätt samt lastbärande både i skivans plan och vinkelrätt mot skivan vilket också gör det lämpligt för påbyggnad av byggnader utan omfattande förstärkningar av den befintliga stommen.

Skivor av KL-trä har hög prefabriceringsgrad med bra noggrannhet vilket är en förutsättning för ett snabbt montage på byggplatsen. Skivor och plattor av KL-trä kan tillverkas som större element med lång spännvidd till exempel väggelement med urtag för fönster. Långa skivor av KL-trä kan tillverkas med ökad dimension och användas som balkar eller stabiliserande skivor. Tvärsnittet kan utformas fritt och skivans

geometri kan varieras och även krökas i planet vilket ökar materialets flexibilitet. Eftersom KL-trä klarar långa spännvidder kan laster tas ner i befintlig stomme där bärförmågan är som högst. De maximala måtten för skivorna anges normalt till cirka 3×16 m, men kan variera för olika KL-trätillverkare och det finns även större skivor.

KL-träskivor sammanfogas vanligen med långa självborrande träskruvar men även andra förband såsom spik, inslitsade plåtar och spikningsplåtar förekommer.

Skivstommar av KL-trä har goda egenskaper med avseende på brand. I kombination med isolering och skivbeklädning kan konstruktionen dimensioneras för att uppfylla REI90 eller ännu högre brandmotstånd.

För att uppnå god ljudmiljö hos skivstommar krävs att flanktransmissionen minimeras, framför allt i vertikal riktning mellan olika våningar. Vanligtvis görs det med elastiska lister så kallade elastomerer (ibland även kallade Sylomer) som avskiljning mellan våningarna.

KL-träskivor kan erbjuda synergieffekter mellan olika konstruktionsaspekter. KL-träskivor erbjuder både styrka och stabilitet, samtidigt som det gör nytta som vägg med avseende på brandisolering och till viss del även värmeisolering. Styrka och stabilitet har större betydelse för högre byggnader.



Figur 14. Exempel på påbyggnad med skivstomme av KL-trä. Foto Anders Gustafsson.

4.5 Volymelement

Volymelement baserade på lättbyggnadsteknik är i dag det dominerande sättet att bygga flerbostadshus med trästomme. Byggsystemet är också vanligt vid påbyggnader av bostäder på befintliga byggnader. Volymelementen består av väggar samt golv och tak vilket gör varje element självbärande. Tekniken lämpar sig väl för både små och stora lägenheter. Volymelement tillverkas till stor del av regelstomme men det finns nu även volymelement på marknaden bestående av KL-trä.

Modulerna monteras vanligtvis på en balkrost (ramverk) som överför lasterna på utvalda punkter i befintlig stomme. Indragna väggar används ofta vid påbyggnad av en eller två våningar vilket förenklar anpassningen till befintlig byggnad.

Färdigställandegraden varierar, installationer för el och VVS är vanligen monterade, och sammankopplas efter att volymerna har monterats. Volymelementens storlek begränsas av transportmöjligheterna. Normalt största breddmättet för vägtransporter är ca 4,15 m och största längdmått ca 14 m.

Monteringen sker under koncentrerade perioder med en takt av 20 – 30 volymer per dag. Delar av ett flervåningshus kan då monteras till full höjd under en dag och förses med en takmodul som avslutning. Volymelement är känsliga för nederbörd innan de har ett tätt tak. Det är viktigt att man har ett väl fungerande temporärt täckningssystem om man inte kan nå full höjd under en arbetsdag.

Byggnad med volymelement är i allmänhet en fuktsäker produktionsmetod eftersom man eftersträvar att montera byggnaden på ett sådant sätt att varje byggnadssektion inklusive tak kan monteras färdigt på en arbetsdag. Alternativt används en förtillverkad taksektion för att tillfälligt täcka byggnaden vid uppehåll i montaget.

4.6 Platsbyggeri – lösvirke

Platsbyggt är en byggteknik som minskar. Vi ser att byggsystem med högre grad av prefabricering ökar såsom KL-trä, utfackningsväggar av regelstomme, volymelement mm. Platsbyggt är lite som att gå till skräddaren, man kan göra stora anpassningar men det tenderar att bli dyrare vid större volymer. Platsbyggt kan emellertid vara motiverat vid påbyggnadsprojekt eller delar av påbyggnadsprojekt, där byggsystem med högre prefabriceringsgrad inte enkelt kan anpassas och det är mycket enstycks-lösningar. Man kan tänka sig oregelbundna geometrier på påbyggnaden och arkitektoniska uttryck som är svåra att få till med de övriga byggsystemen.

4.7 Brandsäkerhet

Brandsäkerhet är ett omfattande område som kräver specialistkunskaper. Här tar vi bara kort upp området, som givetvis kräver omfattande uppmärksamhet i ett påbyggnadsprojekt. Kraven på brandskydd beskrivs i Boverkets byggregler, BBR avsnitt 5 Brandskydd. Följande information och synpunkter om brand tar vi upp i denna övergripande rapport:

- Brandsäkerheten och dess åtgärder är beroende av bland annat typ av verksamhet och hur hög byggnaden är. Med ökad höjd så ökar komplexitet med utrymning. Det gör att kraven på åtgärder och analys skärps för högre byggnader.
- Man delar in typen av byggnader i 6 huvudklasser i BBR (5:21) beroende på till exempel lokalkännedom och fysisk förmåga att utrymma. Kontor har verksamhetsklass 1 då man kan förvänta sig god lokalkännedom och att man kan förvänta sig att personerna är vakna. Bostäder har verksamhetsklass 3, god kännedom men att de boende kan inte förväntas vara vakna i händelse av brand. Vårdmiljöer har verksamhetsklass 5, man kan räkna med att det finns vårdnadstagare saknar förmåga att förflytta sig själva.
- Man delar in byggnader också i byggnadsklasser utifrån skyddsbehov i BBR (5:22), från Bro (mycket stort skyddsbehov) till Br3. Byggnader med fler än 16 våningsplan hamnar i Bro. Byggnader med tre eller fler våningsplan bör utformas i lägst byggnadsklass Br1.

- Byggnadsdelar delas in beroende på funktion i BBR (5:231), till exempel bärande delar (R) brandavskiljande delar E. Dessa åtföljs av ett tidskrav till exempel R60 anger bärförmåga under 60 minuters brand. Likaså är brandavskiljande konstruktioner viktiga som motstår hela eller del av ett brandförlopp, till exempel väggar, dörrar, trapphus.
- Beklädnader, material och ytskikt har olika klasser. A1 är högsta klass. Övriga klasser (A2, B,...E) har tilläggsklasser. Till exempel för s1, byggnadselden få avge mycket begränsad mängd med brandgaser, då inga brinnande droppar eller partiklar får avges från byggnadsdelen.
- Sprinkling är en brandskyddsåtgärd som förespråkas och som räddar liv. Sprinkling minskar risken för brand och till exempel rökskador hos brukarna av bostaden.
- Det finns en rad viktiga brandskyddade lösningar t.ex. dörrstängare, brandspjäll och fläktlösningar för att minska brandspridning. Brandvarnare och larm är viktiga för utrymning och släckning.
- För lokaler och bostäder med fler än ett plan, vilket i högsta grad är aktuellt för påbyggnadsprojekt ska det finnas tillgång till minst två av varandra oberoende utrymningsvägar om inget annat anges i BBR 5:322. Om bostaden har eller lokalen har fler än ett plan ska det finnas minst en utrymningsväg från varje plan. De bör placeras så långt ifrån varandra (minimum 5 m från varandra) att utrymning kan ske även om en utrymningsväg blockeras av branden.
- Antalet våningsplan påverkar kraven på utrymning, i tre kategorier, upp till 8 våningar, fler än åtta men färre än sexton, samt fler än sexton våningar.
- Persontäthet, dvs. verksamhet påverkar också omfattningen på utrymningskapacitet.
- Trä är ett brännbart material. Ytskiktsklass av trä är klass D. Med brandimpregnering kan ytskiktsklass ökas maximalt till klass B. Träkonstruktioners brandmotstånd kan ökas med skyddsmaterial till exempel gips, puts eller träbaserade skivor. Träkonstruktioner dimensioneras som regel och ska dimensioneras för att vara strukturellt säkert under betydande tid av ett brandförlopp och kan uppfylla långa tider av bärförmåga. Däremot så kan ytor av synligt trä behöva begränsas beroende på skyddsbehov, om sprinkling används eller inte, med mera. Speciellt för utrymningsvägar är det viktigt med brandsäkra ytskikt.

4.8 Ljud och vibrationer

Ljud- och vibrationsegenskaper för påbyggnader har till största del samma förutsättningar som för vanligt träbyggande. Det innebär att det finns god kännedom om konstruktioner för att åstadkomma till exempel bra luftljudsisolering. Träbyggnader har naturligt högre ljudabsorption jämfört med betonghus, vilket också bidrar till en bra ljudmiljö. Det innebär emellertid inte att man kan bortse från att installera ljudabsorbenter för ljudmiljöer som är känsliga för till exempel tal, men det hjälper till.

Stegljudsisolering är det område inom ljud och vibrationer inom flervånings träbyggande med lägenhetsskiljande bjälklag som kan kräva extra uppmärksamhet. Det går att få utmärkt stegljudsisolering i trähus, men kunskap om hur man åstadkommer bra prestanda är inte lika utbredd som för till exempel för betongbyggande. Anledningen är att ljudmiljön i träbyggnader skiljer sig mycket från klassiska betonghus. Många

traditionella åtgärder för att förbättra stegljudsisolering i betongbyggnader fungerar inte lika bra för träbyggnader. Det gäller bland annat stegljudsisolerade skikt under parkett, att använda heltäckningsmattor och många lösningar för nedhängande innertak. Ett träbjälklag behöver bli mer rätt från början eftersom dessa nämnda lösningar som kan förbättra i efterhand inte fungerar i de låga frekvenser som är mer vanliga för stegljud i träbyggnader. Å andra sidan så alstrar träbjälklag mindre andel högfrekvent stegljud. Värt att nämna i sammanhanget är att metoderna för att mäta och värdera stegljud i låga frekvenser har inte samma säkerhet som för klassiska betongbyggnader i dagsläget. En huvudanledning är att man mäter ner till 50 Hz som lägst enligt standarder och krav, men skulle behöva mäta ner till 20-25 Hz i lätta träbyggander, enligt vad forskningen visar för närvarande. Det gör att även om man klarar av kraven så finns en risk att brukarna blir mindre nöjda med stegljudsisoleringen än vad som kravnivåerna ämnar åstadkomma. Aktörer som arbetat med detta länge har lärt sig vad som krävs för att brukarna ska bli nöjda, men för nya aktörer kan osäkerhet i mätmetoder och krav innebära mer osäkerhet i målvärde för vilken ljudprestanda man ska uppnå. Ett vanligt förekommande sätt att hantera dessa osäkerheter i mätmetoder och krav är att projektera för stegljudsisolering en nivå högre än vad som normalt krävs. Exempelvis att man strävar att uppfylla ljudklass B enligt SS 25267 även om BBR-kraven annars hade räckt.

När det gäller stegljud (och luftljudsisolering) så särskiljer man på ljudisoleringen i två huvudkategorier. Direkttransmission och flanktransmission. Direkttransmission är ljudisoleringen raka vägen genom konstruktionen, för stegljud uppstår vibrationerna från islag vid golvytan som sedan går genom bjälklaget, till vibrationer i tak som sedan strålar ut ljudet i lägenheten under. Även om man har bra stegljudsisolering genom bjälklaget så är det inte säkert att ljud sprider sig till angränsande lägenheter eller lokaler. Ljud kan sprida sig i sidled över golvytan, och bjälklag, till fastsättningspunkterna. Därifrån kan vibrationer sprida ner till via angränsade väggar och sedan ståla ut ljud i lägenheten under. Denna andra ljudtransmission kallas flanktransmission.

Två huvudprinciper används för att dämpa direkttransmission av lågfrekvent stegljud i träbyggnader. Den första är ”dubbelväggs”-principen. Dubbla ljudisolerande skikt med ljudabsorbenter mellan skikten är en klassisk princip för att dämpa lågfrekvent ljud. Denna lösning är vanlig och effektiv för till exempel många volymsbyggnader med träregelstomme. Konstruktionen blir resurseffektiv sett till materielmängd. Lite förenklat, större avstånd mellan skikten förbättrar ljudisoleringen, med samma två ytterskikt. Tyngre skikt gör likaså ljudisoleringen effektivare. Nackdelen är att man behöver en tjock luftspalt om man väljer att bygga lätt, vilket tar utrymme. Den andra principen är att man helt enkelt ökar massan på det ljudisolerade skiktet eller skikten, i synnerhet om det är ett tätskikt som dominerar ljudisoleringen. Principen blir då liknande som betonggolv, som har hög massa (och styvhet) enligt denna princip, vilket är bra för dämpning av de låga frekvenserna. Emellertid behöver betonggolv stegljudsisolerade skikt under golvytan för att dämpa de högre frekvenserna vid islag från stegljud, och det kan också då vara aktuellt även på träbaserade lösningar enligt samma princip. Inget hindrar att man kombinerar de två huvudprinciperna i olika utsträckning för att få bra konstruktioner.

När det gäller stegljudsisolering tenderar KL-trä-lösningar att använda sig av principen med extra vikt i form av till exempel grus eller flytspackel ovanpå KL-träet eller ovanpå

ett elastiskt skikt. För påbyggnadsprojekt bör varken grus eller flytspackel innebära några större logistiska problem. Grus kan blåsas upp som regel till önskat våningsplan och flytspackel kan man på liknande sätt pumpa upp till önskat våningsplan.

Att ljudisoleringen via flanktransmission är tillräckligt god måste också säkerställas. För lätta byggnader av trä så är det vanligt med vibrationsdämpande lösningar mellan konstruktionsdelar. Dessa dämpar då vibrationerna mellan byggkomponenterna, från till exempel stegljud. Placering av elastomerer i knutpunkter mellan bjälklag och väggar är en relativt vanlig tillämpning av denna princip, för till exempel KL-träkonstruktioner. För lägenhetesvolymen är det vanligt att man har elastomerer mellan den underliggande volymen och volymen som sätts ovanpå.

För platsbyggt virke gäller liknande aspekter som för de övriga nämnda träkonstruktionerna. Vad som kan vara värt att beakta lite extra är att täthet är viktigt för ljudisolering. Glipor till följd av dålig passning kan förstöra luftljudsisolering. Därför bör konstruktionslösningen vara sådan att den inte kräver en hög precision för att få täthet, vilket kan vara svårare att uppnå vid platsbyggda konstruktioner. Exempel på konstruktioner där man får en bra tätning i sig själv är att använda not och spont / fjäder med bra passform vid till exempel vid ytskikt för lägenhetsskiljande väggar.

Trumljud är ljud vid islag, till exempel hårda klackar mot parkettgolv som stör i samma utrymme som det alstras. Val av golvbeläggning och hur den är lagd, limmad eller friliggande påverkar detta. För kontorslandskap med parkettlösningar kan det vara klokt att analysera så att golvlösningen inte trumljuds nivåer inte blir störande. Detta gäller även för bjälklag av betong. Det är klokt att separera parkett / golv mellan utrymmen med gångtrafik och utrymmen som ska vara tysta. Vibrationer kan spridas via parkett till angränsande utrymmen, vilket då kravmässigt hamnar under stegljudsisolering mellan utrymmen, inte trumljud.

Planelement kan bestå av både lätta regelstomme-baserade element och massivträ-element. Teknikerna för att åstadkomma ljudisolering mellan dem skiljer sig mellan dem lite som regel. Som nämnt under fukt för planelement och även effektivitetsmässigt så kan det vara en fördel att bygga med större element. Det kan innebära att man önskar ha element som går över lägenhetsgränser. Att lägga delning mellan element i samma gränsyta som man önskar ha bra stegljudsisolering är som regel en klar fördel. Ljud dämpas som regel vid gränssytor och knutpunkter i konstruktionen. Även om det är en fördel kan man inte räkna med att det är tillräckligt. Konstruktionens prestanda måste vara verifierad att den uppfyller kraven. Om inte konstruktionen är delad mellan kritiska utrymmen, så som mellan lägenheter eller lägenheter och korridorer, så kräver det mer omfattande åtgärder. Ljudisoleringen uppnås då genom flytande, av-vibrerande golv, samt extra innerväggar på de lägenhetsskiljande KL-träväggarna.

4.9 Fuktsäkerhet

Väderskydd är ett effektivt för att undvika problem med fukt på grund av regn vid byggnation. Värt att nämna är att väderskydd kan ge positiva bieffekter med bättre arbetsmiljö och produktivitet i sämre väder. Vid påbyggnadsprojekt kan det emellertid vara svårare att få till heltäckande tätlösningar då vissa av omgivningsfaktorerna inte går att påverka på samma sätt som vid fullständig nybyggnation.

Det finns flertal exempel på att det går att bygga utan väderskydd med KL-trä, även om väderskydd är att föredra även för KL-trä. Träreglar, plywood och OSB är mer känsligt för fukt och bör undvikas utan väderskydd. Vid byggande med KL-träskivor utan väderskydd så kan man i stor utsträckning skydda vatten från inträngning i glipor och gränssytor, med noggrann tejpling av dessa (Karnehed 2021). Rena KL-träytor (tvärs fiberriktning) utan glipor kan tåla en hel del regnvatten under normal byggtid om ytorna snabbt också kan torka. Stående vatten måste åtgärdas och givetvis måste de regnexponerade ytorna torkas ut innan de täcks med ytskikt. Kan inte ytorna torkas snabbt efter att de blivit utsatta för fukt så är risken hög för mikrobakteriell påväxt.

Likaså om inte väderskydd används eller att det av praktiska orsaker inte går att använda då kan det vara bättre att bygga ”rum i rummet”. Att man bygger med stora KL-träskivor med bjälklag och väggar som eventuellt täcker flera lägenhetsgränser. Värt att notera är att till exempel stegljudsisolering gynnas av delningar i konstruktioner och att detta bör därför beaktas. Ljudisoleringen uppnås då genom flytande, av-vibrerande golv, samt extra innerväggar på de lägenhetsskiljande KL-träväggarna. Om dubbelväggar med mineralull mellan används som lägenhetsskiljande väggar, så får inte dessa riskera att utsättas för nederbörd. Snabbt montage riskerar att ge inbyggd fukt som inte kan vädras ut.

Om inte väderskydd kan användas så ska man tidigt i projektet konsultera experter inom träbyggande och fukt, då de kan vägleda med specifika lösningar.

4.10 Gestaltning

Trä är både ett material som är strukturellt bärande, i viss mån isolerande men används också för arkitektoniska uttryck. Här tas inte de konstnärliga delarna upp utan fokus ligger på de randvillkor som trä med avseende på gestaltning och arkitektoniska uttryck.

En viktig aspekt är att trä tar mer volymmässig plats jämfört med betong och stål. Bjälklag, balkar och pelare tar mer utrymme än motsvarande delar i stål och betong. Bjälklag i trä blir ofta nästan dubbelt så tjocka som ett massivt bjälklag i betong. Det gör att det kan skilja sig i avstånd mellan påbyggda våningsplan i jämförelse med befintlig byggnad, om man har samma takhöjd. Som nämns under installationsavsnittet så är det än viktigare att arkitekt samarbetar tidigt med VVS-ingenjör och konstruktör, för att projektet ska bli lyckat (Holm 2020). VVS-ingenjören kan, beroende på planlösning i förhållande till befintlig byggnad, behöva utrymme att dra installationer från schakt i befintlig byggnad till schakt i påbyggd del. Likaså val av gestaltning, byggsystem och planlösning i påbyggd del påverkar hur man för över laster från påbyggd del till den befintliga byggnaden. Skiljer sig påbyggnadens koncept, planlösning och placering av strukturellt bärande väggar och pelare mot befintlig byggnad så behövs en midja för omfördelning av krafter mellan strukturerna. Långa omfördelningar av lastvägar och stor skillnad i planlösning mellan befintlig byggnad och påbyggd del driver behovet av högre midja, både strukturellt och VVS-mässigt, som knyter samman den äldre och den nya delen. Lika planlösning och samma lastvägar i överbyggnad och befintlig byggnad o andra sidan minskar behov av midja.

Omplacering av fläktssystem i källare i stället för i vindsutrymmen eller på tak kan vara ett sätt att bättre ekonomiskt nyttja dessa ytor högre upp i byggnaden, utöver de estetiska aspekterna, då dessa ytor går att få mer hyresintäkter eller försäljningspris för, än till

exempel källarplan. Även dessa möjligheter kräver att VVS-ingenjör involveras i konceptet i tidigt skede. Värt att nämna angående gestaltning i relation till installationer så finns det lyckade projekt där man valt en mer "industriell" design, med visuella installationer. Det kan kompensera för visst tapp i rumslig volym då träbjälklagen är tjockare än betong och även minska arbeten med nedhängande innertak. Ett bra exempel på detta är Trikåfabriken i Stockholm.

Gestaltningen kopplar också starkt mot byggherrens behov. Med anledning att träbyggnader kan kräva lite mer bygghöjd per våning i så bör detta också beaktas tidigt i förstudie och detaljplan. Om man tar till för lite bygghöjd per våning så kan det innebära problem att genomföra en påbyggnad med trä, i synnerhet om midjan behöver viss höjd.



Figur 15. Trikåfabriken i Stockholm. Foto Martinsons, Fotograf Linus Flodin/baroBild.se

5 Installationer

5.1 VVS

Systemen för värme, ventilation och sanitet är oftast de mest omfattande installationerna volymmässigt. Systemen har ofta specifika krav på utrymme i form av till exempel fläkttrum, stråk och schakt för rör och ventilationskanaler. Intervjustudier av större påbyggnadsprojekt (Niklas Holm, 2020) har visat att det är än viktigare att arkitekter samarbetar med konstruktörer och VVS-konsulter i tidigt skede för att uppnå lyckat

resultat. Påbyggnader ger ofta utmaningar för VVS-ingenjörer relaterat till platsbrist om de inte får vara med och påverka i tidigt skede och beroende på hur påbyggnaden är utformad. Större skillnader i planlösning mellan befintlig byggnad och påbyggnad tenderar att ge större behov av utrymme i midjan för att installationerna ska kunna dras fram till rätt ställe. Förutom att den tillbyggda delen skall förses med el, värme/kyla, ventilation, tappvatten och avlopp så måste vissa befintliga installationer från den övriga fastigheten tas om hand om. Likaså om de strukturella principerna för hur överbyggnaden överför krafter skiljer sig mellan befintlig byggnad och överbyggnad kan det krävas omfördelning av laster via strukturen i midjan. De strukturella delarna och installationerna samsas om utrymme. Därför blir en tät interaktion mellan dessa tre delar viktigt. BBRs krav omfattar många delar, inte bara tillgänglighet och brand utan även viktiga funktioner för hälsa och miljö (energieffektivitet, god luftväxling, hindra legionella etc.).

Trä tar också mer volym i anspråk jämfört med betong och stål. Bjälklag i trä tenderar att bli nästan dubbelt så tjocka som ett massivt bjälklag i betong. Balkar i tak är också högre. Det kan finnas möjlighet att göra håltagning för vissa mindre installationer genom exempelvis balkar. Det kräver emellertid som regel att detta önskemål görs tidigt så att balkarna dimensioneras för detta. Ventilationskanaler är för skrymmande som regel för att det ska fungera med håltagning där de behöver korsa balkarna. I de fall man behöver korsa balkar i tak med ventilation så kan det vara värt att göra ett undantag från träbalkar och utforma en mer specifik lösning i stål. Exempelvis hattbalk i stål kan erbjuda en bra grund för dragningsmöjligheter längs med balken. Korta väl valda delar med stålbalkar (t.ex. HEA- eller I-balkars liv) kan ge bättre möjligheter att konstruera så att skrymmande ventilation kan dras genom bärande balkars liv via håltagning (eventuellt förstärkt), utan att behöva göra dragningar under balkarna.

Vid planering av påbyggnad måste en grundlig inventering av befintliga installationssystem göras. Kapacitet inkommande el, kapacitet (flöden, tryck) för tappvatten, värme/kyla och ventilation. Kan nuvarande undercentral användas? Måste en separat shunt för värmen betjänande påbyggnaden installeras så värmekurvan kan anpassas till de nya förutsättningarna som kommer att gälla för den? Bra i detta skede att gå igenom checklistan som framtagits i detta projekt. Viktigt att också tänka på arbetsmiljön för det kommande installationsarbeten och efterföljande driftskede.

I samband med påbyggnad av en fastighet bör kommande underhållsarbeten studeras. Det kan vara ekonomiskt att tidigarelägga vissa underhållsåtgärder när ändå fastigheten har ett pågående bygg- och installationstekniska arbeten. Stambyten, fönsterbyten kan vara sådana åtgärder att samordna med påbyggnaden.

5.2 Sprinklersystem

Ett automatiskt sprinklersystem medför många fördelar, där personskydd och livräddning är de mest självklara. Genom tidig detektering och tillförlitlig teknik kan dessutom många tekniska byten tillämpas, som till exempel utökade gångavstånd och alternativa materialval. Det finns olika typer av vattensprinkler där de mest vanliga är traditionella sprinklersystem som avger vatten vid relativt låga tryck, och boendesprinkler.

Man kan även använda system som avger vatten vid högre tryck och som då ger mindre vattendroppar; så kallad vattendimma. Fördelen med vattendimma är främst att det går åt mindre vatten. Det kan däremot finnas begränsningar i tillämpningen, som traditionell sprinkler inte har. Vid eventuell brand så är mindre vattenmängd önskvärt för trähus då kvarvarande vatten som sprids och som inte torkas ut riskerar att ge fuktskador. En nackdel för sprinklersystem och val av sprinklersystem kan vara kostnader för installation och återkommande inspektion.

Vattenförsörjningen till ett sprinklersystem sker antingen via det kommunala vattennätet eller via en eller flera vattentankar och tryckhöjningspumpar, eller en kombination av dessa. I vissa kommuner har man dock begränsningar för anslutning av vattensprinklersystem som gör att en vattentank för sprinkler är det enda alternativet.

Eftersom ett sprinklersystem detekterar och löser ut tidigt under ett brandförlopp, blir brand- och vattenskadorna ofta betydligt lindrigare än vid en utvecklad brand där räddningstjänsten angriper en brand med vatten. Det är endast de sprinklerhuvuden som direkt påverkas av värmen från branden som löser ut och avger vatten

Vid höga krav hög på egen vattenförsörjning så kan det krävas att tankar placeras i byggnaden. Det innebär visst krav på volym. För riktigt höga byggnader behöver inte detta enbart vara av ondo. Trähus är lättare än betongbyggnader. Då byggnaderna är storleksordning på över 15 våningar så måste man ta mer hänsyn till vindlaster i träbyggnader. För att hålla responsen mot vindlaster låg, så kan extra massa vara positiv och minska eventuell annan ballast.

5.3 El och kommunikation (tele)

Elinstallationer är förmodligen de av installationerna som vållar minst problem rent installationsmässigt. Det man kan se är emellertid att val av komponenter och lösningar är stor inom branschen. Val av installationslösningar tenderar att skilja sig mellan olika el-entreprenadfirmor. Vid intervjuer vid påbyggnadsprojekt så nämns att el-entreprenad är den del som tenderar att oftast dra i väg kostnadsmässigt, jämfört med ursprunglig kalkyl. Sett till utveckling över tid så har byggnaderna blivit mer teknikinstallationstunga, med mer behov av kabeldragning till fler funktioner genom ett väl planerat och standardiserat Fastighetsnät för både kommunikations- och säkerhetsbehov samt fastighetsfunktioner.

KL-trä har god möjlighet att i fabrik fräsa spår för dragningar för ledningar och till exempel urtag för belysningsknappar. El-projektörer är emellertid inte vana att konstruera med den detaljnivån och därför nyttjas denna möjlighet ofta inte fullt ut i dagsläget. Sedan finns vissa begränsningar i hur mycket uttag för spår man kan göra i KL-trä-elementen. För mycket uttag för kabeldragning över ytorna på KL-trä-skivorna kan innebära en strukturell försvagning.

5.4 Hiss

Vid påbyggnad kan det ges bra tillfälle att förse den befintliga fastigheten med en bra funktionell hiss om sådan saknas (ofta förekommande i 2-3 vånings lamellhus i miljonprogrammet).

Vid samtal med hissleverantörer menar de på att påbyggnadsprojekt inte innebär någon större skillnad mot vanliga projekt. Ofta förlänger man hisschaktet. Idag har man inga maskinrum för hissarna, vilket tog utrymme förr. Idag finns motorer och all mekanik i schaktet. Hisschaktets höjd måste man emellertid ha i beaktande. Schaktet ska vara minst 3450 mm från golvnivå på högsta våning till tak i hisschakt. Anledningen är att det ska finnas utrymme mellan högsta punkt för hiss och taket i schakt, för att servicepersonal inte ska riskera att klämmas mellan hiss och schaktets tak.

Äldre hus kan ha smala hissar och nya hissar ska ha dörrar både i hissen som följer med hissen, och fasta dörrar som stänger hisschakten. Det gör att hissar i äldre hus kan minskat i storlek. Det finns även möjlighet att installera hiss i enbart överbyggnad, men oftast så vill man kunna åka hiss utan byte genom hela byggnaden. Hissar kan i vissa fall ge störande buller och det bör beaktas. En leverantör har påpekat att gejdrrar kan bli mindre raka om installation görs innan träet torkat ut eller satt sig. Likaså om hissen har använts vid byggprocessen så kan det bli mer smuts och påverkan i mekaniken vilket kan öka ljud. I dessa fall bör man se över hissen innan inflyttning för bästa funktion. Ventilation som läggs i anslutning till hisschakt kan sprida buller från hiss till utrymme för boende, och bör därför beaktas vid konstruktion. De strukturella infästningspunkterna för hissmekanik ska vara stabila för att minska mottagligheten för vibrationer i strukturen. Det finns även exempel i träbyggprojekt (ej påbyggnadsprojekt) där man använt vibrationsisolerande infästningar av hissmekaniken med avsikten att minska ljud från hiss, med lyckat resultat.

Att installera hiss i befintliga trapphus avråds till. Det gör ofta att varken trapporna eller hissen blir bra. Då är det ofta bättre att försöka få till ett helt nytt hisschakt.

6 Tekniska frågeställningar

De tekniska frågeställningar som behöver undersökas närmare inför påbyggnadsprojekt har främst baserats på genomförda intervjuer med de aktörer som är kopplade till projektering och produktion av påbyggnader. Frågorna som ställts till aktörerna avser utmaningar och problem inom respektive område och hur man löser dessa med dagens metoder.

Projektering

- Projekteringen av påbyggnaden är viktig och skall göras noggrant för att undvika kostsamma ändringar under produktionsfasen. Svårigheter med att mäta upp befintlig byggnad är ibland ett problem.
- En påbyggnad förutsätter att befintligbyggnad är en betongbyggnad eftersom den har en överkapacitet när det gäller bärförmåga. I en trästomme finns som regel ingen överkapacitet och därför ingen möjlighet för påbyggnad utan förstärkningar.
- Risker med påbyggnader är att beslut att bygga tas på felaktiga grunder. Vilka förväntningar finns det på påbyggnaden – är den till glädje enbart för byggaren eller för andra.
- I ombyggnadsprojekt är det alltid viktigt att studera befintlig byggnad och läsa in sig väl på objektet. Svårigheter uppstår när man tror att ett befintligt hus är måttriktigt.
- Inga förstärkningar krävs normalt vid påbyggnad med moduler men en analys om var lasterna kan tas ner i befintlig byggnad måste göras. Vanligast är att använda en balkrost (ramverk) som fördelar lasterna från modulerna på utvalda ställen i befintlig byggnad.
- Kravet på maximal byggnadshöjd är ett problem som leder till mindre höjd i utrymmet mellan påbyggnad och befintlig byggnad. Vissa systemleverantörer vill inte ta den typen av projekt då det försvårar montaget och ökar risken för fel.
- Arbetet med att anpassa befintlig byggnad för en påbyggnad sköts normalt av entreprenören. Detsamma gäller åtgärder förbättringar av befintlig byggnad till exempel tilläggsisolering, ny fasad etc. Stomleverantören ansvarar oftast enbart för montaget av sitt eget byggsystem.
- Är måttriktigheten dålig är det fördelaktigt att välja en fasadlösning som är förlåtande där det syns att det är en påbyggnad.
- Översta våningen i befintlig byggnad är en utmaning i betonghus från 60-talet eftersom bjälklaget är handgjutet och därför har flera olika nivåer.
- Toleranser är viktiga. Toleranser mellan olika material, till exempel trä och betong, kan vara ett problem och är en utmaning vid påbyggnad.
- En utmaning är att ta fram mallar som tar vara på de bästa förutsättningarna tex hur man bäst får konstruktionerna att samverka.
- Praktiska utmaningar är främst logistiken på byggarbetsplatsen. Det är viktigt att materialen kommer vid rätt tidpunkt till byggplatsen. En lösning är att utveckla system som är snabba att montera och sammanfoga.

Tekniska system

- Hissen måste anpassas till modulsystemet vilket kan vara ett problem eftersom modulsystemet har begränsad flexibilitet. Modulsystemet bygger på att använda lika moduler vilket ger mindre ställkostnader vid produktion. En systemleverantör vill därför använda ett system av moduler med en storlek eftersom det är kostsamt att anpassa.
- Trapphus är ofta svåra att lösa vid tillbyggnad på grund av tuffa krav.

Brandsäkerhet

- Ändring av brandklass för huset förekommer men anses normalt inte vara något problem. I något fall har åtgärder krävts som resulterat i högre kostnader.
- Sprinkler används relativt sällan vid påbyggnader med trästomme. Sprinkler undviks på grund av kostnadsskäl och risk för vattenskadorna vid dolda kopplingar och trycksatt vatten. Ansvarsfrågan är ett problem vid installationer. Det är inte självklart vilka som bär ansvaret om något inträffar. Flera aktörer saknar erfarenhet av sprinkler. Sprinkler är emellertid effektivt som brandsäkerhetsåtgärd.
- Synligt trä används i fasader. Fasadsystem måste uppfylla kraven för SP Fire 105 (fasadbrandprov). Det kan klaras med brandskyddat trä eller fasad med delar av trätytor.
Brandskyddat trä måste uppfylla också krav för beständighet. Putsade fasader väljs ofta pga. av träfasadens underhåll.
- För synliga ytskikt av trä invändigt används trä med eller utan brandskydd. Brandskyddat trä används bara där var ytskiktssklass B krävs. Synligt trä förekommer inte hos alla stomleverantörer.
- Utrymning är en viktig fråga. Utrymningsvägar och tillgänglighet vid brand kan vara ett problem vid påbyggnad. Trånga trapphus förekommer i äldre byggnader och dessa måste ofta kompletteras med nya i en tillbyggnad.
- Det är oklart vad som krävs avseende byggnadens stabilitet då byggnadens brandklass ändras från 60 till 90 minuter. Det finns ett behov av att ta fram en lathund som beskriver vad som krävs när byggnaden byggs på med en femte våning.

Fuktsäkerhet

- Fukt är ofta en stor fråga vid påbyggnad med trä. Det är därför viktigt att det upprättas en fuktplan för projektet. Det skall också finnas en fuktsakkunnig med i projektet.
- Risken för fuktskador är oftast störst under byggtiden. Vid rivning av befintligt tak och förberedelse av befintlig byggnad måste underliggande byggnad skyddas. Viktig också att skydda påbyggnaden under uppförandet, särskilt element med isolering.
- Svårt att bygga med tält vid påbyggnader på grund av logistiken med material under uppförandet. Väderskydd vid påbyggnad blir ofta högt och det finns inget "supereffektivt" system på marknaden idag.
- Fuktsäkerheten i anslutningen mellan befintlig byggnad och påbyggnad är viktig.

- Vid montaget av moduler på byggplatsen används en takmodul som lyfts på som skydd mot regn efter avslutat arbete.
- Utförande av tätskikt och avvattning vid påbyggnader med indragna väggar är viktigt för fuktsäkerheten. Horisontella ytor på grund av indragna väggar förekommer ofta vid påbyggnader med en till två våningar, särskilt vid volymssystem.

7 Referenser och läshänvisningar

<https://timberontop.se/publikationer/>

TräGuiden. www.traguiden.se

Aggerstam E, Lehman K (2017) *Materialvalets miljöpåverkan på transporten: En jämförelsestudie mellan transporter till flerfamiljshus i trä och betong*. Växjö, Linnéuniversitet

Ahnström, A (2004) *Planera för förtätning genom påbyggnad- "Karlsson på taket" saga eller verklighet?*, Examensarbete, Blekinge Tekniska Högskola, Karlskrona

Axelson K, Larsson B, Sandberg S, Söderlind L (2004) *Väderskyddad produktion- Möjligheter och erfarenheter*. Rapport 0404, Sveriges Byggindustrier

BABM, Buildings as Material Banks, (<https://www.bamb2020.eu/topics/reversible-building-design/>) (2019-07-31)

Blanksvärd, T., Hedlund, H., & AB, S. S. (2017). Icke-förstörande provning i samband med tillståndsbedömning. Förstudie finansierad av Svenska Byggbranchens Utvecklingsfond (SBUF), genomförd av Luleå Tekniska Universitet och Skanska Sverige AB.

Boverket (2009) *Så mår våra hus – redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.*

(https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2009/sa_mar_vara_hus.pdf) (2019-07-31)

Boverket (2019) *Vägledning om livscykelanalyser (LCA)*

(<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/>) (2019-07-31)

ByggaF (2013). Branschstandard ByggaF - metod för fuktsäker byggprocess. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Fuktcentrum (<https://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/fuktsaekert-byggande/byggaf-metoden>)

Byggsigurd – Nyhetsbrev Februari 2016: *Kvarteret Egypten – Trygghet, tillgänglighet och gemenskap* (<http://byggsigurd.se/wp-content/uploads/2016/02/Egypten-Nyhetsbrev-februari-20160210.pdf>) (2019-07-31)

Dind A, Lufkin S, Rey E (2018) *A modular timber construction system for the sustainable vertical extension of office buildings*. Designs 2018 2(30)

Elfström J, Singh A (2013) *Prefabricerat trähusbyggande med moduler, För- och nackdelar samt förslag på vidareutveckling*. Examensarbete, Uppsala Universitet, ISRN B-2013/36-SE

Friberg R, Karlin V (2015) *Påbyggnad av miljonprogrammets flervåningshus ur ett bärformågeperspektiv*, Examensarbete, Lund Tekniska Högskola

Gustafsson, A. mfl. Handbok för beställare och projektörer av flervånings bostadshus i trä. SP rapport 2012:70

Haque M, Youssef R (2015) *Påbyggnad av bostäder på parkeringshus. Är det möjligt att bygga bostäder på parkeringshus?* Examensarbete i Byggt teknik och Design, KTH, BD 2015;57

Hellsing J, Mård S(2018) *Bostadshus från Miljonprogrammet med påbyggnad i trä. En jämförelse mellan KL-träelement och BoKlok-moduler ur bärighets- och klimatsynpunkt.* Examensarbete i byggt teknik. Karlstad universitet

Holm N., Teknikkonsulter projekteringsutmaningar i påbyggnadsprojekt – En fallstudie ur konstruktörens och VVS-projektörens perspektiv. Examensarbete Civilingenjör Arkitektur, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå tekniska universitet. 2020

Hällgren H, Falge V (2017) *Påbyggnader på befintliga flerbostadshus - Konstruktionsval och kostnadsanalys för påbyggnad med utanpåliggande pelare.* Examensarbete i Byggt teknikning och design, KTH, BD 2017:32

Karlsson A, Svärd J (2016) *Dimensionering av lastbärande stomme för framtida påbyggnad.* Linnéuniversitetet, Examensarbete inom Byggt teknik, Växjö

Karlsson V, Rosin E (2018) *Analys av äldre murverkshus – förutsättningar för påbyggnad.* Examensarbete i byggt teknik och design. TRITA-ABE-MBT-1860, KTH

Karnehed P (2017) *Fuktsäkert byggande vid byggande i massivträ,* Husbyggaren 2017:3

Klunder G (2004) *The search for the most eco-efficient strategies for sustainable housing construction; Dutch lessons.* Journal of Housing and the Built Environment, March 2004, Volume 19, Issue 1, pp 111–126

Kvennefeldt E (2018) *Kommunikation av klimatfördelar med flervåningshus i trä.* Examensarbete Institutionen för skogens produkter, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala

Lidgren C och Widerberg C (2010) *SBUF rapport. Våningspåbyggnad av hus från miljonprogrammet – etapp 1.,* Skanska.

Lidqvist M (2015) *Påbyggnad med CLT-bjälklag i kvarteret Höken 1-En studie av konstruktionsmässiga och ekonomiska förutsättningar,* Examensarbete i Byggnadsteknik, Mittuniversitet, Avdelningen för ekoteknik och hållbart byggande (EHB)

Lindén J (2014) *Förtätning av tätort utan att bebygga orörd mark- En utredning för Eidar AB:s förutsättningar att förtäta Trollhättans Stad,* Examensarbete i Byggnadsteknik, Mittuniversitet, Avdelningen för ekoteknik och hållbart byggande (EHB)

Lindgren A, Larsson D (2012) *Våningspåbyggnad av miljonprogrammets flerbostadshus. Förutsättningar och kontroller för genomförandet av våningspåbyggnader.* Examensarbete inom Byggt teknik och Design, KTH

- Lindholm A (2013) *Väderskydd – Dimensionering och jämförande analys*. Examensarbete byggt teknik, Umeå Universitet
- Lundgren J, Sibe R (2016) *Våningspåbyggnad. Fallstudie*. Examensarbete i Byggt teknik, Högskolan i Halmstad
- Magent C S, Korkmaz S, Klotz L. E., Riley D. R. (2009) *A Design Process Evaluation Method for Sustainable Buildings*, Architectural Engineering and Design Management, 5:1-2, 62-74
- Matson R, Vesterberg A (2012) *Förslag till takhuspåbyggnad i Stockholm*. Examensarbete inom Byggt teknik och design, KTH
- Mynewsdesk- Pressmeddelande *Ombyggnad gav miljöcertifiering till 60-tals hyresrätter i Skarpan, Linköping*, (2019)
<http://www.mynewsdesk.com/se/riksbyggen/pressreleases/ombyggnad-gav-miljoecertifiering-till-60-tals-hyresraetter-i-skarpan-linkoeping-2837751>) (2019-07-31)
- Nedréen D, Rinaldo G (2018) *Miljonprogrammet – Uppbyggnad och påbyggnad*. Examensarbete ACEX20-18-8, Chalmers Tekniska Högskola
- Nilsson R (2017) *Vertical Extension of Buildings*. Licenciat avhandling, Lund Tekniska Högskolan, Avd. för Byggproduktion
- Olsson M, Razzaq S (2014) *Energieffektivisering av miljonsprogramhus*. Examensarbete inom Byggvetenskap, LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg, LTH
- Oscarsson A, Eklund J (2010) *Påbyggnad av våningsplan med lättkonstruktion. En jämförelse av stommaterialen trä och tunnplåt*. Examensarbete, Uppsala Universitet, N UTH-INGUTB-EX-B-2010/23-SE
- Pettersson, C., & Nordman, A. (2011). Metodik för fastställande av bärförmåga på befintliga betongkonstruktioner. Examensarbete inom husbyggnad, Högskolan i Gävle.
- Roos A, Woxblom L, McCluskey D (2009) Arkitekters och byggingenjörers inställning till trä i byggande, Fakta SKOG, Rön från Sveriges Lantbruksuniversitet, Nr. 8
- Ströholm R, Balkåsen F (2018) *Stomförstärkningsmetoder vid påbyggnad*. Examensarbete i byggnadsteknik No 461, TRITA-ABE-MBT-18239, KTH
- Svensson M, Ullman F (2013) *Våningspåbyggnad på befintligt byggnadsbestånd – Ett sätt att möta efterfrågan på centrala bostäder*, Examensarbete i Byggnadsteknik, Tekniska Högskolan i Jönköping
- Ullermo J (2015) *Vertikal förtätning, ett alternativ till en tätare stadskärna*, Examensarbete inom Samhällsplanering, Högskolan i Gävle, Akademin för Teknik och Miljö
- Viberg F (2019) *Cirkulär ekonomi inom industriell produktion av flerbostadshus i trä*. Examensarbete, Luleå Tekniska Universitet

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Träbyggande
RISE Rapport 2022:76
ISBN 978-91-89711-16-7