

Utfackningspartier av EPS-betong





Utfackningspartier av EPS-betong

Projektet har genomförts av Peab och Skandinaviska
Byggelement med finansiellt stöd från SBUF.

Projektrapport
Claes Dalman
2004

© Peab Stockholm 2004

Författare: Claes Dalman, Peab

Tryck: Gullbergs Kontorscenter AB

Omslagsbild: Prototyper av framtagna väggelement

Förord

Initiativet till detta projekt togs av Anders Kungberg på Tepro Byggmaterial AB. Tepro sökte en partner och föreslog Peab att gå in. Peab bedömde det vara intressant och projektet startade i december 2002 med Peab som projektledare.

I styrgruppen ingick då Tepro VD Christer Liss och Peabs utvecklingschef Bengt Sandberg. En omstrukturering av Tepro i april 2003 medförde emellertid, att den del av företaget som berördes av projektet försattes i konkurs. Tepro kunde därför inte fullfölja projektet. Istället för att lägga ner projektet sökte Peab en ny partner. Det blev Skandinaviska Byggelement AB som gick in istället för Tepro. Projektet har således kommit att genomföras av Peab och Skandinaviska Byggelement AB.

Styrgruppen för projektet har utgjorts av:

Bengt Sandberg, utvecklingschef Peab
Ingvar Mattsson, teknisk chef Skandinaviska Byggelement AB
Christer Liss, VD Tepro Byggmaterial AB

Projektledare har varit:

Claes Dalman, verksamhetsutveckling Peab
Mattias Wäppling, produktutvecklare Skandinaviska Byggelement AB
Anders Kungberg, säljare Tepro Byggmaterial AB

I projektgruppen har också ingått:

Hans Fransson, produktutvecklare Skandinaviska Byggelement AB
Max Haxton, produktionsledare Skandinaviska Byggelement AB
Bo Lake, arbetschef Peab
Christer Lundgren, kvalitetsansvarig Skandinaviska Byggelement AB
Ulf Lundström, lagbas Peab
Michael Palmqvist, inköpare Peab
Lars Wallin, platschef Peab

Huvudförfattare till denna rapport är:

Claes Dalman, verksamhetsutveckling Peab

Finansieringsstöd har erhållits från:

Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF).

Jag vill tacka deltagarna samt övrig personal på Peab och Skandinaviska Byggelement samt Lars-Olov Lingons på Optiroc som alla bidragit till att projektet kunnat genomföras framgångsrikt liksom SBUF som hjälpt oss med finansieringen.

Sollentuna augusti 2004

Claes Dalman
Peab

Sammanfattning

Att det byggs för lite bostäder i Sverige är ett välkänt problem. Ett bidrag till en lösning av problemet är att byggföretagen pressar de kostnader som går att påverka. Pressa kostnaderna går att göra genom att ta fram produkter som är kostnadseffektiva och passar för industriellt byggande.

Vid nyproduktion av flerbostadshus är det vanligt att man använder bärande platsgjutna mellanväggar av betong tillsammans med förtillverkade utfackningspartier av träreglar, mineralull och gips. Problem med fuktskador och mögel har gjort att utfackningspartierna idag levereras ”strippade” med endast en utvändigt gipsskiva på det regelverk som monteras i stommen. Isolering och invändig gipsskiva monteras på plats sedan eventuell byggfukt fått torka ut på plats.

Det förfaringssättet är säkrare ur fukt- och mögelsynvinkel men innebär onödigt merarbete – både ökad materialadministration och totalt sett fler arbetsmoment. Vi behöver därför utveckla en bättre produkt som kan ge en mer effektiv produktionsmetod och samtidigt bättre uppfylla de krav som idag ställs på boendet.

Syftet med projektet har varit att ta fram en sådan ny och effektiv metod som kan minska risken för brister i byggandet och i förlängningen ge lägre boendekostnad. Vi har sett det som viktigt att utveckla metoden i samverkan med, för den akutella uppgiften, naturliga aktörer i byggprocessens olika skeden, det vill säga leverantör och entreprenör. Med det arbetssättet har vi kunnat nå ett rea-

listiskt och tillämpbart resultat.

Olika typer av befintliga väggelement och byggsystem har inventerats. Inventeringen visar att förutom dem av trä eller gips, är samtliga avsedda att vara konstruktivt bärande. Det fördyrar givetvis elementen. Bortsett från utfackningspartier av trä fann vi överhuvudtaget inga icke bärande, enkla väggelement. I arbetet med att utveckla sådana har vi lagt stor vikt vid att fånga upp platschefers, arbetsledares, hantverkares och tillverkares synpunkter på hur väl fungerande väggelement bör utformas. Projekteringen har resulterat i två olika typer:

- < en sandwichkonstruktion med ytskikt av fiberbetong på var sida om en cellplastkärna samt
- < en konstruktion av cellplast och EPS-betong.

Båda produkterna ökar prefabriceringsgraden och bidrar därmed till ett mer effektivt byggande. Båda minskar också belastningen på personal och eliminerar eller minimerar risken för fukt- och mögelproblem. Väggelementet av EPS-betong kan dessutom konkurrera prismässigt med traditionella element av trä, gips och mineralull.

Hur stor effektiviseringen blir i form av minskade arbetsplatskostnader, produktions- och logistikvinster med mera har inte beräknats. Några sådana siffror har därför inte tagits med i kostnadsjämförelserna. Det är emellertid mycket sannolikt att effektiviseringsvinsterna kommer att ge minskad produktionskostnad och därmed möjliggöra lägre boendekostnad.

Innehåll

Bakgrund	8
Syfte	10
Inventering av befintliga väggelement och byggsystem	11
Utfackningsväggar av trä, mineralull och gips	11
KBS-väggen	13
LK Putsvägg	13
Resarosystemet	14
Givent byggsystem	15
Basbyggnadssystemet	16
Ytong helvägg	17
Dorocells byggsystem	19
Wellcosite	20
Slutsatser av inventeringen	20
Kravspecifikation för de nya väggelementen	21
Avgränsningar	21
Krav och önskemål	21
Risker och möjligheter i projektet	23
Projektering av de nya väggelementen	24
Fiberbetong och cellplast	24
EPS-betong och cellplast	27
Justeringar efter provning och tester	34
Materialadministration	35
Hantering, förvaring och skydd på fabrik	35
Transport	35
Hantering, förvaring och skydd på arbetsplatsen	35
Slutsatser	37
Referensförteckning	38

Bakgrund

Bostadsbyggandet i Sverige är otillräckligt för närvarande. Vi har ett av Europas äldsta bostadsbestånd och det råder bostadsbrist i 80 av landets 280 kommuner.

Under första halvan av 1990-talet minskade bostadsbyggandet. Svag ekonomisk utveckling och minskade subventioner var en del av förklaringen. Den ekonomiska nedgången och den ökande arbetslösheten medförde också att efterfrågan på bostäder föll.

Samtidigt steg kostnaderna i bostadssektorn. Skattereformen innebar att höjd moms inom bostads- och byggsektor fick vara med och finansiera sänkta inkomstskatter. De minskande subventionerna innebar att nya bostäder nu skulle finansieras på marknadsmässiga villkor – och detta samtidigt som realräntan steg kraftigt. Mycket få bostadsbyggnadsprojekt var lönsamma under denna period.

I mitten av 1990-talet vände så Sveriges ekonomiska utveckling. Arbetslösheten sjönk och hushållens disponibla inkomster ökade. Det ledde till ökad efterfrågan på bostäder, framförallt i de expanderande storstads- och högskoleorterna. Trots det har inte bostadsbyggandet ökat – nybyggda bostäder blir fortfarande för dyra för ”vanligt folk”.

En väsentlig del av de höga kostnaderna utgörs av skatter och avgifter, idag är andelen uppe i 65 procent. Sverige har nu EUs högsta boendebeskattning – och lägsta bostadsbyggande. Istället för hög produktion av bostäder till låg kostnad har vi låg produktion av bostäder till hög kostnad.

Bruksvärdessystemet sätter också ett tak för vilka hyresnivåer som kan tas ut, de privata värdarna måste följa de allmännyttiga bolagens hyresnivåer i jämförbara områden. I regioner med höga markpriser samt höga plan- och exploateringskostnader – där efterfrågan är störst – är det ofta omöjligt för kommersiella aktörer att räkna hem en nyinvestering i hyresrätter.

Problemet kan minskas genom att byggföretagen pressar de kostnader som går att påverka, så man kan skapa vinstutrymme och bygga för bredare kundgrupper. Att ta fram produkter som är kostnadseffektiva och passar för industriellt byggande är ett steg i den riktningen. Med ett mer kostnadseffektivt byggande kan fler projekt rymmas inom de hyresramar bruksvärdessystemet sätter.

Sådana bidrag till att lösa problemet är viktiga – bostadsbristen har idag en tydligt tillväxthämmande effekt på hela Sverige. Behovet av nya ”billiga” bostäder är stort. Att en del av dem är hyresrätter är vidare en förutsättning för en varierad bostadsmarknad.

Vid nyproduktion av flerbostadshus är det vanligt att man kombinerar bärande platsbyggnads mellanväggar av betong med ytterväggar i lättbyggnadsteknik. Vanligen betyder det regelväggar av trä, fyllda med mineralull och med yttskikt av gipsskivor.

Problem med fuktskador och mögel har medfört att man idag levererar ”strippade” element för montering i stommen, med endast en utvändig gipsskiva på regelverket. Isolering och invändig gipsskiva monteras sedan på plats när eventuell byggfukt torkat ut. Det förfarings sättet är säkrare ur fukt- och mögelsynvinkel men innebär onödigt merarbete i form av ökad materialadministration och fler arbetsmoment. Det finns alltså behov att utveckla en bättre produkt som kan ge mer effektiv produktion och säkrare uppfylla de krav som idag ställs på boendet.

Betong är mer fukt- och mögelsäkert än gips och trä men blir ibland för dyrt eller för tungt. Vi kom fram till att ett sandwichelement med tunna fiberbetongskikt skulle kunna utvecklas för det aktuella användningsområdet. Skandinaviska Byggelement kunde bidra med erfarenhet av sådana produkter. Peab kunde bidra med erfarenhet av fukt- och mögeleliminering i produktionsprocessen och kun-

skaper om materialadministration, montage och kundkrav.

Ett projekt rymmer såväl risker och hinder som möjligheter. De kan vara kopplade till brandsäkerhet, fukt och mögel, materialadministration, arbetsmiljö, resursanvändning osäkerhet om slutkostnad med mera. Men också till mer "mjuka" frågor som samarbete mellan olika sektorer eller förändringsmotstånd hos byggare och leverantör. Beträffande riskerna har avsikten varit att eliminera eller minimera dem.

Om projektet faller ut som tänkt, så att produktionskostnaden för en bostad kan minskas med kanske fem procent, innebär det att

den kan minskas från idag 10 000:-/m² BTA till 9 500:-/m² BTA. För en genomsnittlig bostad på 75 m² BOA där 75 m² BOA = 100 m² BTA, kommer det att innebära en minskning av produktionskostnad på hela 50 000:-. Kostnaden för hela utvecklingsprojektet är 1,55 miljoner kronor. Den investering som gjorts i projektet kommer därmed att börja återbetala sig efter att 31 lägenheter (31 x 50 000:- = 1 550 000:-) har producerats enligt den framtagna metoden.

Peab och Skandinaviska Byggelement är beställare av projektet. Det har finansierats av Peab, Skandinaviska Byggelement och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF).

Syfte

Syftet med projektet har varit att ta fram en ny effektiv produktionsmetod som börjar i fabrik och slutar med färdig bostad. Den tänkta produkt som i ett tidigt skede bedömdes skapa bäst förutsättningar för detta, var ett lätt sandwichelement av tunna skikt fiberbetong och högvärdig isolering. Sandwichelementet skulle kunna användas som utfackningspartier i bostadshus med bärande mellanväggar av betong. Det skulle också kunna konkurrera med dagens utfackningselement av trä, mineralull och gips.

Vi valde att utveckla produktionsmetoden i samverkan med naturligt involverade aktörer i byggprocessen som leverantör och entreprenör. Detta eftersom vi ville grunda arbetet på heltäckande och relevanta uppgifter om behov och krav, fukt- och mögelfrågor med mera. Samarbetet gjorde det också enklare att analysera problemen liksom att söka eliminera eller minimera dem. Inriktningen har varit produktions effektivitet, ekonomisk lönsamhet för alla, långsiktig hållbarhet, minskad risk för brister i

byggandet och i förlängningen lägre boendekostnader.

Den konkreta avsikten har varit att nå fram till ett produktionssystem för utfackningsväggar som ökar prefabriceringsgraden, minskar belastningen på personal och eliminerar eller minimerar risken för fukt- och mögelskador. Med ett sådant system går det att bygga snabbare och säkrare med förbättrad kvalitet och ökad lönsamhet.

Projektet har inte begränsats till att utveckla utprovade fukt-, brand- och miljösäkra väggelement och en till dem kopplad effektiv produktionsmetod för att bygga utfackningsväggar. Materialadministration och arbetsmiljörisker i samband med montage har också be-lysts. Det övergripande målet har varit att effektivisera byggprocessen med inriktning mot hållbar utveckling.

Resultaten är främst intressanta för byggherrar, entreprenörer och byggsystemsleverantörer.

Inventering av befintliga väggelement och byggsystem

Utfackningsväggar av trä, mineralull och gips

Byggsystem av trä är mycket bearbetnings- och anpassningsbara. Som ytskikt i småhus är trä ofta självklart, det passar också bra som ytskikt för flerbostadshus i tre–fyra våningar. I större byggprojekt är bärande stommar av trä mer komplicerade och invecklade att producera än till exempel stommar i betong. Av betongstommar finns ett stort urval väl fungerande och utprovade system med olika låtta skal. I större projekt utnyttjas därför trä mest till regelstommar i utfackningspartier.

Rätt hanterat är emellertid trä ett utmärkt material. Trä har bättre hållfasthet i förhållande till sin egenvikt än betong. Trä skulle också kunna ge stora miljöfördelar i bostäder och mycket väl kunna användas friare både utvändigt och invändigt, som förädlade produkter och system. För att vi ska nå dit måste dock träbyggandet utvecklas.

I träbyggande måste en mängd kontroller göras kontinuerligt, så att fukt- och mögelproblem undviks. Variationen i träkvalitet är också stor. Frågor man måste ta ställning till på byggplatsen uppkommer ofta, hantverkare med förståelse för materialet krävs i högre grad än när man arbetar med andra material. Det innebär inte att det uppstår mer problem än med andra material – inte om träet behandlas korrekt. Trä kräver träkunskap samt mottagning, förvaring och hantering som är både noggrann och omsorgsfull. Trä och kunskapen om trä är en del av vårt kulturarv.

Brukarnas uppfattning är som alltid viktig. Vi vet att brukarna i första hand är intresserade av ytskikten i bostäderna (parkett, kakel, klinker, plastmattor, linoleum och så vidare). Stommens uppbyggnad är i princip ointressant. De förutsätter att den klarar de krav som ställs ifråga om brand, ljud och värmeisolering samt att det till exempel går att sätta upp tavlor på

väggarna.

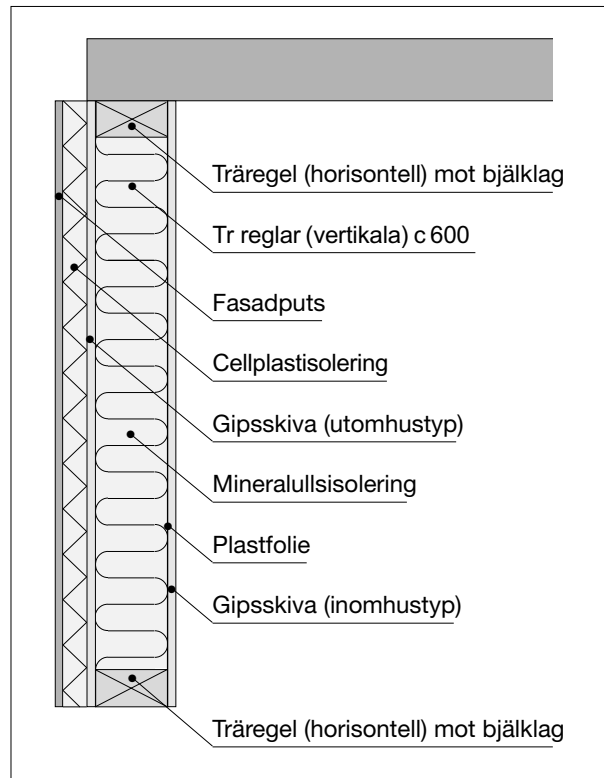
För brukarna innebär konstruktioner av trä och gips i ytterväggar eller våtutrymmen ofta fukt- och mögelproblem. Trä fungerar bättre i massivträsystem, som fasadmateriell eller som invändig ytbeklädnad, det vill säga i sammanhang där man kan dra nytta träets goda egenskaper. Parkett och andra trägolvar är bra exempel på sådan användning.

Gipsskivor tillverkas av naturligt förekommande gips (naturgips) eller gips från rening av rökgaser (industrigips) samt kartong. Återvunnet material från kasserade gipsskivor och spill används också. Kartongen är ofta tillverkad av returpapper.

Det är näst intill omöjligt att få en konstruktion med gipsskivor på regelväggar absolut vattentät. Det blir så gott som alltid små läckor vid skarvar och genomföringar där fukten, ofta som kondens, kan leta sig fram till gipsskivan.

Svart pappersmögél (Stachbotrys chartarum) är en mögélsvamp som trivs där det finns cellulosa och fukt. Cellulosa får mögélsvampen från kartongen som omger gipsskivan. I gipset finns också stärkelse vilket även det gynnar mögélsvampens tillväxt. Idag vet man inte hur farligt pappersmögél är för människan. På cellnivå är det emellertid klart att mögélgifterna uppvisar toxiska effekter. Det är också klarlagt att toxinerna angriper immunförsvaret och kan ge blödningar i lungvävnaderna. Så länge man inte vet hur farligt svart pappersmögél är, bör risken för exponering minimeras.

Gipsskivor är utmärkta i rumsskiljande torra väggar, men de hör alltså inte hemma i våtutrymmen eller ytterväggar. Man kommer heller inte runt problemet genom att byta träreglarna mot stål, mögel kan frodas i pappen på gipsskivorna och i fuktig isolering. Istället bör man använda sig av fuksäkra material, helst mineraliska som till exempel cement-



Utfackningsparti av trä, mineralull och gips.

skivor. De angräps inte så lätt av mögel.

Mineralull är den gemensamma beteckningen för glasull och stenull. Materialen har använts i Sverige sedan 1930-talet. Glas- och stenullsprodukter är diffusionsöppna, vilket innebär att vattenånga lätt kan passera rakt igenom. Materialen suger inte vatten kapillärt och tar inte upp fukt från luften. Har vatten kommit in genom regn eller dränkning, torkar isoleringen ut igen om den lagras torrt och luftigt. Produkterna återfår då sin ursprungliga isoleringsförmåga.

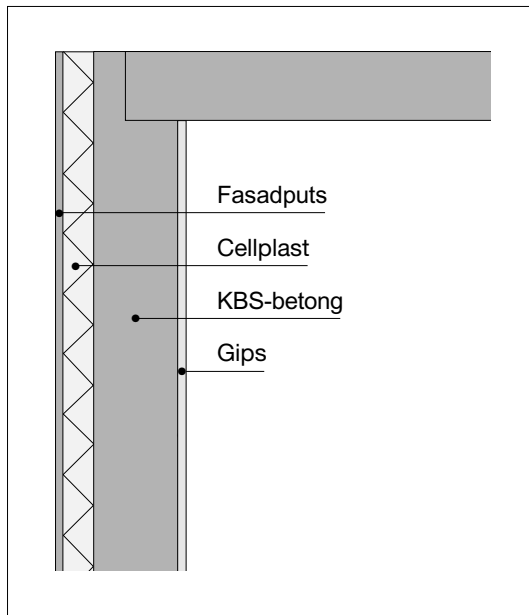
Såväl glasull som stenull ska ändå skyddas mot väta när den lagras utomhus. Om produkterna blir våta finns risk att man bygger in fukt i den färdiga konstruktionen och ökar mängden byggfukt.

Mineralull tillverkas av obrännbara mineraliska råvaror som sten och glas samt av återvunnen isolering och återvunnet hushållsglas. Råvarorna smälts och spinns till fibrer. För att forma skivor, mattor och rörsålar av mineralull pressar man samman fibrerna. Ju hårdare de pressas samman, desto styvare och

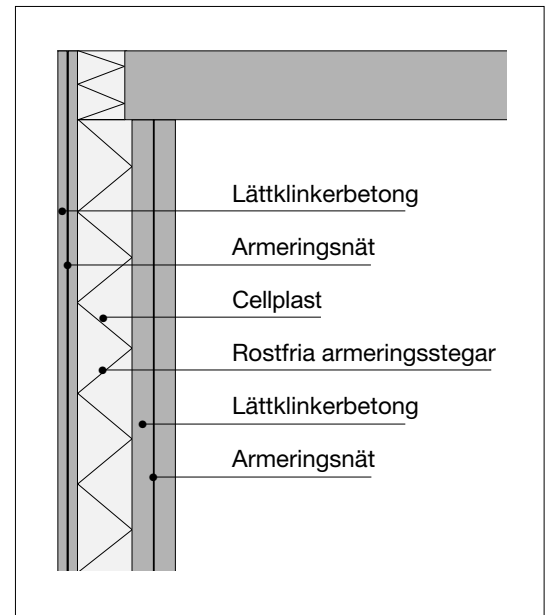
mer formfast blir materialet. Formfastheten påverkas också av vilket medel man använder för att binda fibrerna till varandra. Vanligen använder man bakelitharts (som innehåller formaldehyd, fenol och urea). När det härddas vid värmebehandlingen binder det ihop fibrerna, och ökar möjligheten att forma mineralullen.

Bindemedlet i mineralull är stabilt upp till 190°C. Om mineralullen upphettas över den temperaturen börjar bindemedlet sönderdelas och kan då bilda och avge metylisocyanat. Det är den gas som läckte ut från en fabrik i Bophal i Indien och dödade tusentals människor och djur. Isocyanater är generellt kraftigt allergiframkallande, kan ge andningsbesvär och misstänks orsaka cancer.

Utöver bindemedel tillsätter man även mineralolja för att mineralullen ska damma mindre. Damm från mineralull kan ge hudirritationer när man arbetar med ullen. För att undvika irritation och obehag bör man använda andningsskydd, skyddsglasögon, skyddshandskar och skyddskläder. Vidare bör perso-



KBS-väggen: ytervägg



LK Putsvägg: väggelement

ner med kontaktallergi mot formaldehyd avstå från arbete med mineralull. Mineralull är inte klassificerat som cancerframkallande av Världshälsoorganisationen. Den hänförs till en lägre riskklass för cancer (Canc 3; R340) som innebär att viss risk inte kan uteslutas efter frekvent exponering.

Utfackningspartier av trä, mineralull och gips måste betraktas som en olämplig kompositprodukt, då kombinationen av material för med sig en mängd problem.

Det vanligaste sättet att bygga utfackningspartier är idag att använda trä, mineralull och gips.

KBS-väggen

Skandinaviska Byggelement har tagit fram väggelementet *KBS-väggen*. KBS-väggen är ett prefabricerat element avsett att användas som bärande ytter- och innervägg i bostads- och kontorsbyggnader. Det tillverkas i en egenutvecklad lättbyggnadsteknik med en lättbetongsvariant som är framtagen speciellt för elementet.

Som standard tillverkas KBS-väggen i maxlängd 6 000 mm och maxhöjd 3 100 mm. Längder upp till 7 800 mm kan göras på beställning. Väggen insida har ett skivmaterial av gips färdigt att måla, tapetsera eller använda

som underlag för kakelbeklädnad. Väggen utsida har fastgjuten isolering av mineralull eller cellplast för valfri fasadbeklädnad. I utförande som innervägg är båda väggsidorna klädda med gips. KBS-väggen kan levereras med fabriksmonterade fönster, elinstallationer, ventilationsdon, svetsplåtar, förstärkningar och så vidare. Om väggen ska putsas går det att välja fogfritt utförande.

Ett antal flerbostadshus har byggts med KBS-väggen.

LK Putsvägg

Lättklinkerbetong AB tillverkar ett väggelement kallat *LK Putsvägg*. Vid slutet av 1980-talet tyckte sig företaget se en marknad för prefabricerade element som kan putsas på plats och därmed ge fogfri fasad. De vidareutvecklade idén och fick patent på konstruktionen 1997.

LK Putsvägg är en sandwichkonstruktion med bärande innerskiva, ingjuten isolering och putsbärande ytterskiva av lättklinkerbetong. Ytterskivan hålls fast vid innerskivan på ett sådant sätt, att det inte ska bli sprickor i elementfogarna. Väggen förankras i överkant mot bjälklaget med förankringsjärn och i underkant med dubb. Vertikala fogar fylls ovan-

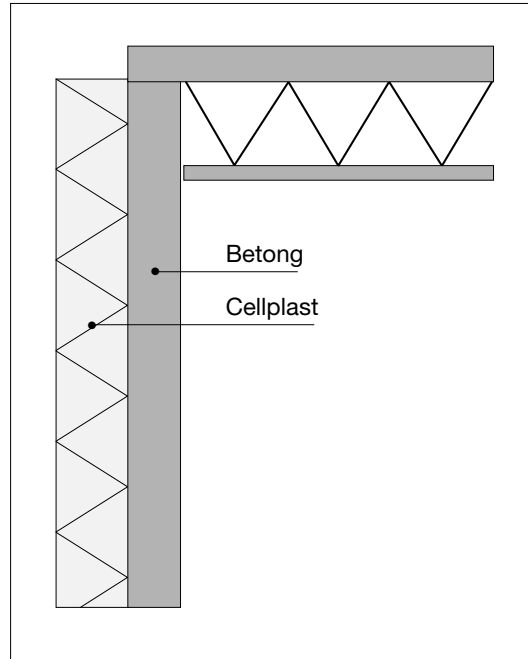
från med expanderande bruk, utom vid lägenhetsskiljande väggar där de istället svetsas samman med hjälp av ett armeringsjärn.

För att resultatet ska bli bra är det viktigt att väggelementen är väl förankrade i stommen och i övrigt väl monterade. Elementen ska skyddas från nederbörd under byggtiden, genom snabbt montage samt täckning och avledning av regnvatten. Varje våningsplan ska tätas snarast så att elementen kan börja torka ut på ett kontrollerat sätt. Temperatur och relativ fuktighet ska hållas konstant på 18°C respektive 50% RF. För att minimera sprickbildning i putsen ska man låta den kontrollerade uttorkningen pågå i minst tolv veckor innan de utvändiga putsarbetena startas. Lättklinkerbetongen är ett bra putsunderlag och lämpar sig väl för både tunnputs och traditionell tjockputs.

Ett stort antal flerbostadshus har byggts med LK-putsvägg.

Resarosystemet

Resaro AB har tagit fram ett byggsystem som fått namnet *Resarosystemet*. Det är avsett för i första hand småhusbebyggelse men kan även användas för flerbostadshus, till exempel trevåningshus. Resarosystemet är inte bara ett bygg- utan också ett energisystem med varma golv utan fördelningskanaler eller rörslingar. Huskroppen utnyttjas som fördelare av



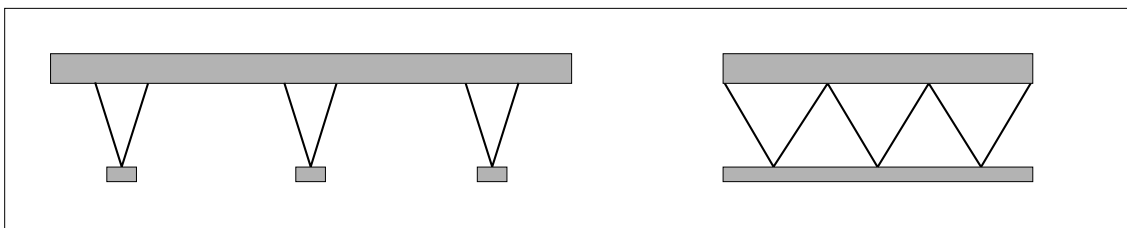
Resarosystemet: väggelement

cirkulations- och ventilationsluft samt som solfångare. Bjälklag och spalter i väggarna som luftkanaler.

Det bjälklagselement som ingår i systemet kan bli yttertak eller bjälklag, det beror på hur man vänder det. Elementet består av en tunn betongskiva samt förstyrningsbalkar med flänsar av betong och trådliv. Balkliven är tillverkade av bockat stål och arrangerade i sick-sackform. Ledningar för el, värme, vatten och avlopp dras inuti elementet utan upphängningsanordningar.

Systemets väggelement består vart och ett av en betongskiva med utanpåliggande cellplastisolering. Väggelementen är bärande och bär bland annat upp bjälklagselementen.

Ett antal villor har byggts med metoden.



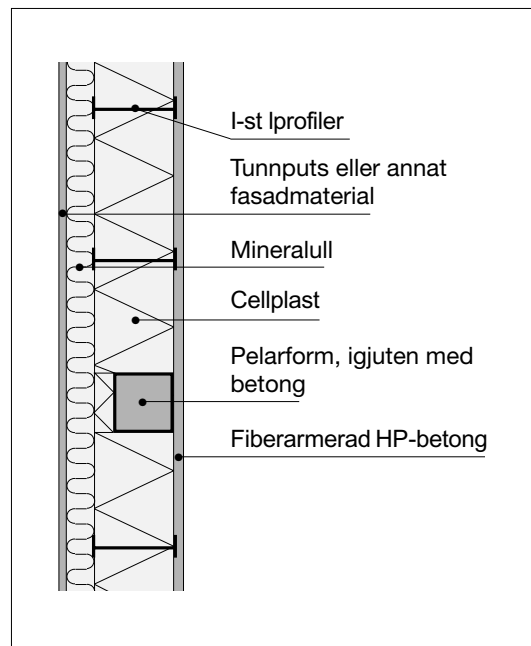
Resarosystemet: bjälklagselement

Givent byggsystem

Sweco Bloco och Givent Support har tillsammans utvecklat ett byggsystem för i första hand flerbostadshus. Unikt för systemet är att först monteras elementen och därefter skapas den primärbärande stommen. Balkar och pelare kommer till genom igjutning av skarvarna mellan elementen och igjutning av pelarformar i väggelementen. Så uppnår man en hög industrialiseringsgrad och en gemensam systemplattform.

De bärande komponenterna utgörs av stålplåtsreglar av I-profiltyp med hög bärighet, stabilitet och symmetrisk uppbyggnad samt av betong med 2–3 gånger högre tryckhållfasthet än traditionell typ K40. Stålplåtsreglarna gör monteringen enkel, de är lätta att koppla ihop med varandra och med övriga komponenter. Den högpresterande betongen har goda härdningsegenskaper och bra gjutbarhet. Alla dessa egenskaper hos byggsystemet ger en rationell produktionsprocess.

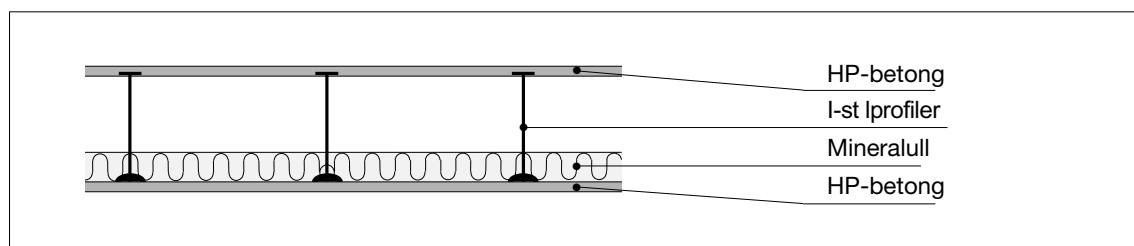
Byggsystemets prefabricerade väggar och bjälklag är lätta och styva. Väggelementens insida består av ett tunt (10–20 mm) armerat HP-betongskikt. I nästa skikt finns I-formade plåtsreglar med cellplastisolering emellan samt vertikala håligheter som ska gutas i med betong för att skapa vertikala, permanent bärande HP-pelare. Därefter kommer värme- och ljudisolering av mineralull, expanderad styren-cellplast (EPS) eller i vissa fall porbetong.



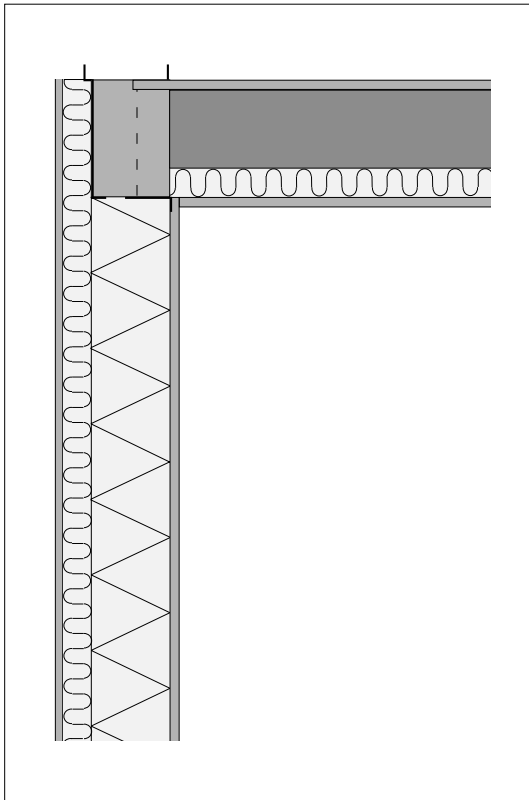
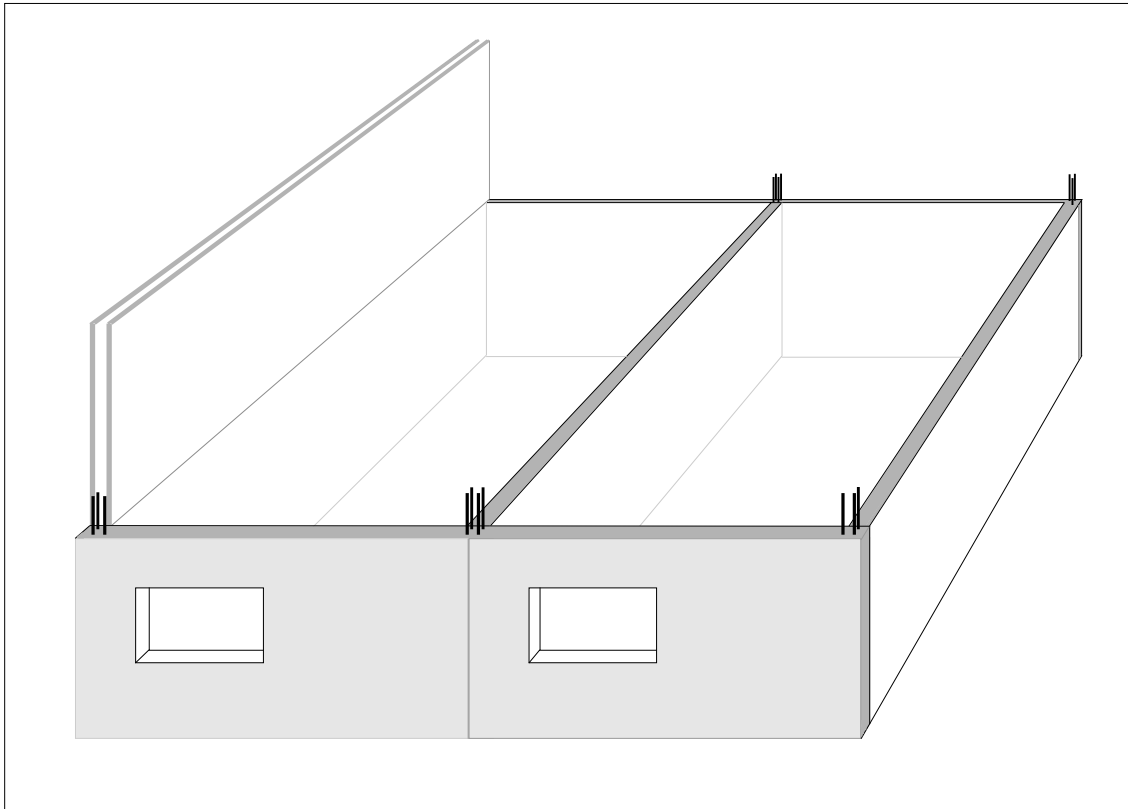
Givent byggsystem: yttervägg (sedd ovanifrån)

Bjälklagselementens ovansida består av ett tunt armerat HP-betongskikt på 20–30 mm. Under det finns, hopgjutna med betongen, samverkande I-formade reglar. För att klara brand- och ljudkraven har elementen kompletterats med ett hängande undertaksskikt. Horisontella håligheter i kortändarna ska användas för att skapa HP-balkar på motsvarande sätt som pelare i väggelementen.

Mellan ytterskikten på elementen finns utrymme för installationsdragningar. Ljudisoleringen blir god trots att bjälklagen är lätta med en ytvikt mindre än 100 kg/m². Luft- och stegljudsklasserna A och B uppnås även i frekvensintervallet 50–5 000 Hz. Eftersom stommen i princip är en pelare-balkstruktur, blir flanktransmissionen låg. I och med att brandskyddsklassen REI 90 uppfylls finns inga hin-



Givent byggsystem: bjälklag



Givent byggsystem: vägg och bjälklag

der att bygga bostadshus högre än åtta våningar med det här systemet.

Inga kända referensprojekt finns.

Basbyggnadssystemet

Strängbetong har tagit fram *Basbyggnadssystemet*. Systemet innebär att stombyggnadens alla delar förtillverkas industriellt i en noggrant kontrollerad process. En basbyggnad är en prefabricerad, tidigt klimattät, komplett stomme i ett eller flera plan att använda som industrihall, kontorshus, skola, vårdbyggnad, hotell eller bostadshus.

På byggplatsen sätts delarna samman till en byggnad, varefter stomkomplettering sker. Basbyggnaden kan bestå av en stomlösning där bjälklagen är färdiga för matläggning, ytterväggarna helt färdiga fasader och yttertaken är täta och välisolerade. Ytterväggarna är oftast bärande och värmeisolerade redan i fabrik. Bjälklagens håldäcksplattor används för kanaldragnig. De invändiga ytorna kan vara färdiga för målning. Trapphus, hisschakt, venti-

lationssystem med mera kan också ingå i en basbyggnad.

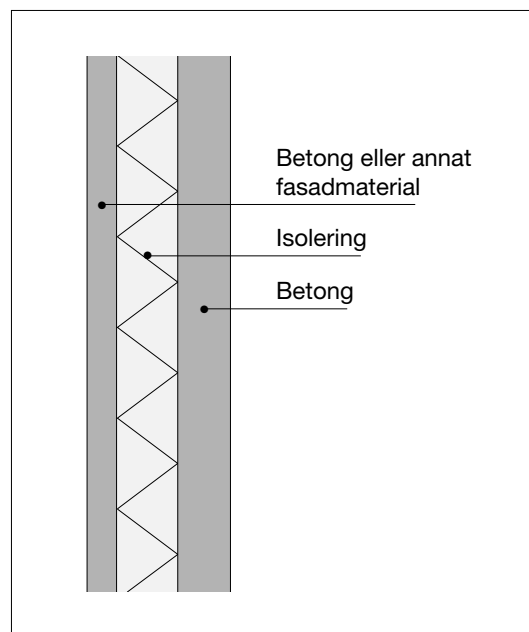
Genom modulsamordning, stora spännvidder och systematik blir byggnaden generell och kan användas på många olika sätt. Ett fåtal parametrar styr utformningen och designen, vilket ger arkitekten stor frihet. Stora öppna ytor och stora volymer ger lika stor frihet i inredningen. Basbyggnaden öppnar därmed för kompletteringsarbeten med hög grad av förtillverkning samt goda möjligheter för byggherre och arkitekt att skapa en planlösning som tillfredsställer verksamhetens behov.

Basbyggnaden kan visa upp en mångfald fasadutformningar och material. Den kan ha fasader med betongytor av olika slag eller helt andra material som puts, tegel, träpanel, keramiska plattor, mosaik, natursten, glas och så vidare. Fasadelementen görs som regel helt färdiga i fabrik med valfri ytbeklädnad och isatta fönster. Systemets fasader för flervåningsbyggnader kan byggas på i princip tre sätt:

- < Bärande sandwichfasad
- < Pelare- balkfasad
- < Bröstningselementfasad

De bärande fasadelement (sandwichfasad) har alltid en inre skiva av betong och levereras med fastsatt isolering och även med en yttre beklädnadsskiva. En stor del av byggnadens stabilitet tas upp i fasaden. Vanligen sätts fönstren i redan på fabrik för att tidigt ge en tät byggnad. Den inre betongskivan ges slät innersida färdig för målning. Den yttre kan utformas, bearbetas och gjutas i valfri färg eller utföras i annat material.

När man väljer en pelare-balkfasad, monteras fasaden efter att stommen är rest. Det innebär att beslutet om fasadens utformning kan tas i ett relativt sent projekteringskede. Fasaden kompletteras med en lätt utfackningsvägg och en ytterfasad, vanligen av av material som plåt, tegel, glas eller betong. En stor del



Basbyggnadssystemet: väggelement

av pelaren, i vissa fall hela pelaren, kan byggas in i den kompletterande utfackningsväggen.

Bröstningselementfasaden består av en stomme med pelare i betong eller stål samt bröstningselement, det vill säga balk- och fasadelement i betong. Pelarna kan byggas in i bröstningselementen. Elementen har inifrån sett en skiva av betong färdig för målning, därefter isolering och slutligen en yttre skiva som utformas, bearbetas och gjuts i valfri färg eller utförs i annat material som tegel, plåt, trä, glas eller sten.

Ytong helvägg

Yxhult har tagit fram byggsystemet *Ytong helvägg*. Det består av väggelement i massiv lättbetong som är bärande och ingår som en del i husets stomme. Väggelementen är våningshöga och kan fås i längder upp till sju meter. Vikten på elementen varierar beroende på längd och är som mest 2 800 kg.

Lättbetong framställs i huvudsak av organiskt bindemedel som kalk eller cement, finkornigt kiselsyrahaltigt material som sand, porbildande medel som aluminiumpulver samt vatten. Genom härdning i mättad vattenånga i



autoklav blir lättbetongen tryckhållfast och volymbeständig. Det är ett relativt lättbearbetat material och en bra putsbärare.

Väggelementen fungerar bra ur fukt- och mögelsynvinkel. De är hydrofoberade, det vill säga har vattenavvisande ytbehandling för att förhindra kapillarsugning. Dessutom är armeringen i elementen rostskyddad. Om hydrofoberingen skulle skadas när man till exempel tar bort lyftanordningar, skulle vatten kunna tränga in och orsaka frostsprängning eller andra icke önskvärda konsekvenser. För att undvika det levereras elementen med den



övre delen inplastad. Vidare är de förberedda för montage med spår för igjutning av fogar och fästpunkter för stagning under arbetet. De kan levereras grundade och försedda med putsnät.

Väggelement av lättbetong kräver relativt tjocka väggar för att klara gällande värmeisolerings- och ljudkrav.

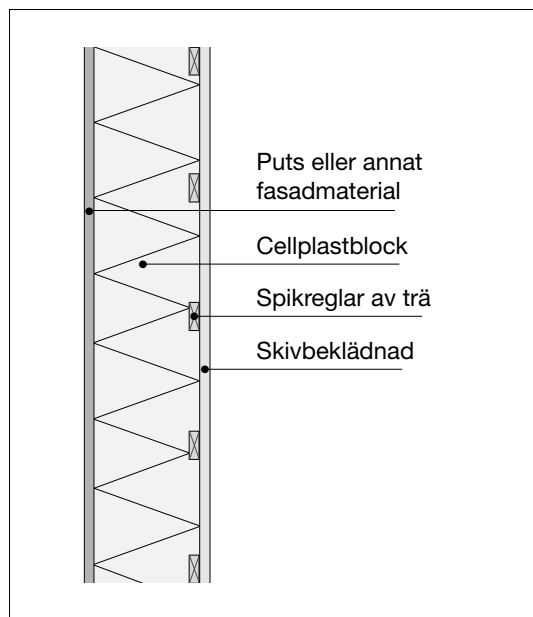
Ett stort antal flerbostadshus har byggts med Ytong helvägg.

Dorocells byggsystem

Dorocell har tagit fram ett byggsystem med formgjuten EPS-cellplast som bas. Det aktuella huset byggs upp med cellplastblock. Spik-

läkt monterats med genomgående spik på väggens insida. Om träfasad önskas monteras spikläkt även på utsidan. Betong gjuts så i kanaler som finns i cellplastblocken. Insidan kläs med skivmaterial och utsidan putsas eller kläs med annat fasadmateriel.

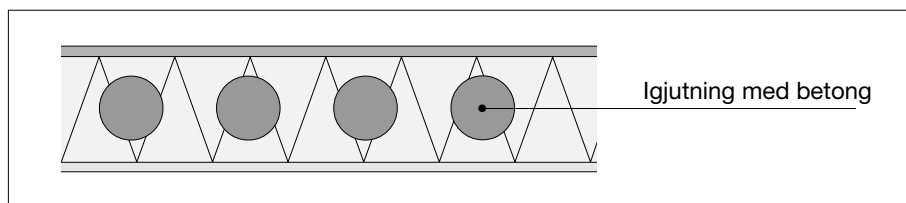
Ett flertal villor har byggts med Dorocells system.



Dorocells byggsystem: vägg sedd från sidan



Dorocells byggsystem: vägg sedd uppifrån.



Wellcosite

Wellcosite är ett koncept som tagits fram av innovatören Åke Fäktenmark och undersökts i mindre skala vid institutionen för Byggteknik vid KTH. Det är fråga om ett nytt lättviktselement för byggindustrin. Elementet är en sandwichkonstruktion som består av två ytor med mellanliggande kärna av wellpapp eller annat cellulosebaserat material. Wellpappkärnan kan behandlas med vattenglaslösning (metasilikat) som sprayas på kärnmaterialet. Vattenglaslösningen ger wellpappkärnan mögelskydd och bättre brandhårdighet. De omslutande ytorna har inledningsvis tillverkats av epoxy som är lätt och stark. Av miljöskäl har den dock bytts mot träfanér, plåt eller annat plastmaterial än epoxy. De prover som testats i laboratoriemiljö har kärna av wellpapp och ytskikt av armerad esterplast. Armeringen består i de flesta fall av glasfiber, i något prov har man använt fiberduk (så kallad jordmatta). Vidhäftning mellan ytmaterial och kärnmateriale ges av härdplastens vidhäftningsförmåga. Härdplasten fungerar alltså både som lim och ytmaterial.

Wellpappkärnans bredd överensstämmer med skivans tjocklek. Den är så att säga stående, kärnmaterialet består av vertikala "wellpapps-pipor" mellan de vågräta ytskikten. Om wellpappskärnan är indränkt med vattenglas, den blir något styvare och klarar tryckbelastning bättre. Vattenglas är kemiskt sett natrium-, kalium-, eller litiumsilikat och vattenlösligt.

Om ett skivmaterial av denna typ utsätts för brandpåverkan, är det först ytan som påverkas. När den brunnit igenom kommer heta brandgaser att gå in i och snabbt bryta ned kärnan (papper förgasas vid cirka 200°C). Därefter börjar nästa yta brytas ned, men då har man inte längre ett fungerande sandwich-

element utan kollapsen är nära. Det finns anledning att tro att en brandskyddsimpregnering av kärnan inte har någon större effekt på materialets totala funktion. Tänkbara ytmaterial på Wellcosite-elementet är:

- < Fiberarmerad betongskiva (kan eventuellt ge för stor tyngd)
- < Skiva av glasfiberarmerad esterplast
- < Laminatskiva (Perstorpsplatta)
- < Träskiva
- < Spånskiva
- < Plywood
- < Träfiberskiva (board)
- < Plåt

Användningsområdena innovatörerna pekar på är som väggmaterial i tillfälliga utrymmen för lagring eller bearbetning av material och i fältverkstäder. Wellcosite-konceptet är ännu inte helt färdigutvecklat.

Inga kända referensprojekt finns.

Slutsatser av inventeringen

Vid nyproduktion av flerbostadshus bygger man ofta med bärande mellanväggar och icke bärande utfackningspartier av trä.

Väggelement och byggsystem av andra material än trä och gips är alla konstruktivt bärande. Det fördyrar väggelementen. Bortsett från träelementen saknas enkla och kostnadseffektiva icke bärande utfackningspartier. Prefabricerade väggelement av trä har därför ingen konkurrens.

Väggelement av trä, mineralull och gips är olämpliga. Detta eftersom materialen, och kombinationen av dem, för med sig problem med bland annat fukt och mögel.

Det finns alltså behov av en mer effektiv byggmetod där man använder nya och bättre väggelement – vilket innebär att projektiden håller.

Kravspecifikation för de nya väggelementen

I projektets inledande skede genomförde arbetsgruppen djupintervjuer med elementtillverkare, platschefer, arbetsledare och hantverkare samt med projektets beställare. Intervjuerna gjordes i avsikt att ta fram avgränsningar och övergripande krav för den tänkta produkten och den därtill kopplade produktionsmetoden. Kraven har sedan legat till grund för fortsatt utredning och projektering. (Vid intervjuerna visade det sig vara enklare att kommunicera, även inom projektgruppen, om ordet *krav* byttes mot *önskemål*.)

Avgränsningar

Projektet har i första hand varit inriktat på en lösning för bostadsbyggnader med fasad av puts eller tegel. Det har inte omfattat byggnader med stålstomme. Den avgränsningen beror på att brandfrågorna för användning av de nya väggelementen tillsammans med stålstomme skulle behöva studeras separat, och att en sådan studie skulle kunna innebära förseningar och fördyringar av projektet. En dylik utvidgning kan dock bli aktuell i ett nästa utredningssteg.

Krav och önskemål

Följande önskemål framkom vid intervjuerna:

- ⟨ En mer effektiv byggprocess med inriktning mot hållbar utveckling ska möjliggöras.
- ⟨ Grundläggande funktionskrav på hållfasthet, brand, ljud och miljö ska klaras liksom sådana brukarkrav som att det till exempel ska gå att spika upp en tavla på insidan av väggen.
- ⟨ Väggelementet ska kunna monteras på ett säkert sätt ur arbetsmiljösynvinkel.
- ⟨ Fukt- och mögelsäkerhet ska klaras under hela tillverknings- och produktionsskedet. Väggelementet måste vara tätt, framförallt upptill mot bjälklaget men även nertill så att regn och fukt inte kommer in. Det kan exempelvis klaras med "kjolar" av plast som är monterade redan vid leverans.
- ⟨ Väggelementen ska levereras med monterade, färdigmålade och inplastade fönster. Balkongdörrspartier kan monteras i ett senare skede eftersom det kan finnas behov av att kunna lasta ut exempelvis stämp via balkongen.
- ⟨ Fönsterbleck och liknande ska monteras senare.
- ⟨ Invändig fönsterbänk (marmor) ska monteras senare.
- ⟨ Invändiga fönstersmygar ska vara färdiga för målning så att spackling och fogning i ett senare skede kan undvikas.
- ⟨ Det ska inte finnas några som helst installationer monterade i elementen vid leverans med undantag av eventuellt tilluftsdon med ljudfälla under fönster.
- ⟨ Väggelementens insida ska vara färdigmålade i vit kulör under fönster (bakom radiator) och klar (grundbehandlad) för direkt tapetsering eller målning.
- ⟨ Väggelementen ska ha en passmån på cirka 2 cm runt om mot stommen.
- ⟨ Infästning av väggelementen i stommen ska ske inifrån. Montage utifrån från ställning eller liknande ska inte behöva förekomma.
- ⟨ Väggelementens utsida ska vara klar för puts eller tegel. Den ska vara försedd med krokar för kramling, cirka 4 per m² eller vad som krävs för tegel och puts. Kramlorna kan eventuellt sättas dit senare.

- ⟨ Väggelementen ska inte ha några utstickande delar eller detaljer (förutom fönster).
- ⟨ Tyngdpunkt och placering av lyftöglor ska vara sådana att väggelementen alltid hänger rakt vid montage.
- ⟨ Väggelementen ska gå att ställa på pallningsklossar.
- ⟨ Lösningen ska inriktas på att konkurrera med väggelement av gips, isolering och trä.

Frågor som kom upp under inventeringen av önskemål men som i det skedet inte direkt gick att behandla, nedtecknades för att tas om hand

senare. Exempel på sådana frågor var:

- ⟨ Hur ser transportsättet ut med avlyft, häckar och täckning?
- ⟨ Behöver väggelementet täckas vid lagring på arbetsplatsen, utöver inplastning av fönster?
- ⟨ Hur ser lösningen ut vid hörn när två element möts kant mot kant?
- ⟨ Hur tjock vägg går att göra, vad väger ett element?
- ⟨ Hur ser lösningen ut när en luftspalt utanför väggelementet erfordras, vid till exempel en tegelfasad?
- ⟨ Hur ser den invändiga foglösningen ut? Behövs lister?

Risker och möjligheter i projektet

Som mest avgörande för projektets framgång betraktade projektgruppen lösningarna inom områdena brand, ekonomi och försäljning. Vi såg det inte som sannolikt att vi skulle misslyckas med att utforma en bra och användarvänlig produkt, det var inte där svårigheten låg.

För att få fram en lösning som är bra ur brandsynvinkel beslutade vi att genomföra en brandutredning. Praktisk brandtestning av prototyperna var också tänkbar, om brandutredningen kom fram till att det behövdes.

För att få bra grepp om kostnaderna vid tillverkning och montage och kunna jämföra dem med motsvarande kostnader för väggelement av trä, mineralull och gips, tog vi fram heltäckande och detaljerade kalkyler. En total kostnadsjämförelse gjordes som underlag för att fastställa ett tänkbart försäljningspris på väggelement av fiberbetong.

Genom att projektet (produktutvecklingen) drevs tätt tillsammans med säljare och köpare hoppades projektgruppen att problem och praktiska hinder som alltid finns vid försäljning av nya produkter, lättare skulle övervinnas. Säljare och köpare har varit delaktiga i och väsentligt påverkat framtagandet av produkten – produkten är därmed redan från start känd av viktiga och strategiska personer. Övrig marknadsföring och införsäljning avses genomföras på traditionellt sätt om projektet blir lyckat.

Arbetsmiljö, miljö, ljud och hållfasthet ansågs vara mindre kritiska områden. Medvetenheten om risker av det slaget var redan stor hos projektgruppen, vilket förväntades medföra att de blev behandlade på ett bra sätt i projektet.

När man bygger med väggelement av trä, startar man med betongstommen och ser sedan till att taket kommer på. Då går det att leda bort regnvatten och undvika onödig fukt redan innan man monterar elementen. Väggelement av fiber- och EPS-betong är helt fukt- och mögelsäkra. Därför kan elementen följa med i produktionen av betongsstommen och dess varvschema. När betongstommen är klar, så är också elementen monterade. Därmed kan man nå betydande produktionstidsvinster.

Bortsett från utfackningspartier i trä finns idag inga enkla, icke bärande och kostnads-effektiva väggelement tillgängliga. Att vara först med att erbjuda en sådan produkt bör ge ekonomiska vinstmöjligheter.

Ett mål har varit att den nya produkten ska ligga på samma kostnadsnivå som ett utfackningsparti av trä. Klarade projektgruppen det, skulle enbart produktionstidsvinsten med stor sannolikhet täcka utvecklingskostnaden så snart de första flerbostadshusen med väggelement av fiber- eller EPS-betong färdigställt.

Projektering av de nya väggelementen

Projekteringen har skett i nära samarbete med tillverkare av väggelement samt byggarbetsplatser för husbyggnad med stor erfarenhet av prefabricerade väggelement. Vi har ansträngt oss att fånga upp platschefers, arbetsledares, hantverkars och tillverkars synpunkter på hur ett väl fungerande väggelement bör utformas. Väggelementens infästningssystem, lyftstroppar och invändiga ytskikt ger uttryck för det.

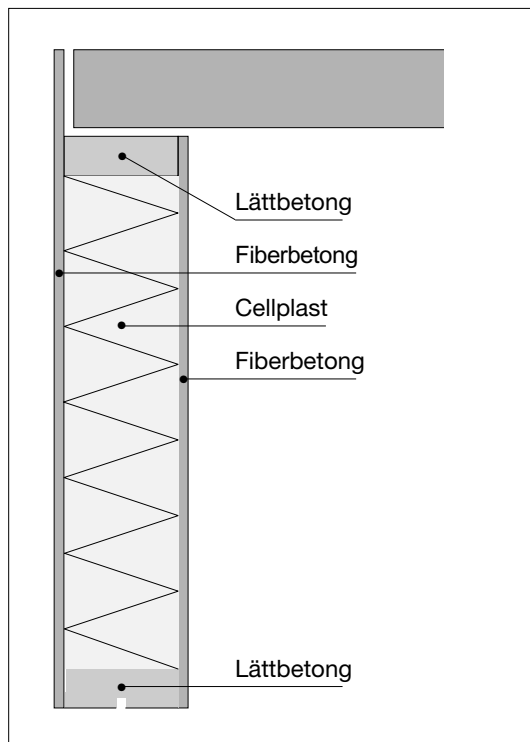
Kravspecifikationen samt de listade riskerna och möjligheterna ändrades allteftersom projekteringen framskred. I projekterings slutfas kostnadsberäknades den framtagna lösningen. Den bedömdes då blir alltför dyr och för att pressa kostnaderna förenklades den. Enbart ett ytskikt av betong behölls (sandwichprincipen frångicks) och antalet material-

slag minskades. På så sätt kunde tillverkningen bli mer effektiv. Vidare valdes en billigare betong som ytskikt, det blev EPS-betong istället för fiberbetong. EPS-betong är en blandning av EPS (expanderad polystyren)/cellplast och betong. Även efter dessa förändringar uppfyllde produkten kravspecifikationen och vann stor tilltro hos styr- och projektgrupp som var övertygade om dess konkurrenskraft.

Projekteringen resulterade i två olika produkter:

- ⟨ en sandwichkonstruktion med fiberbetongytskikt på var sida om en cellplastkärna samt
- ⟨ en konstruktion av cellplast och EPS-betong.

Projektgruppen valde att satsa återstående resurser på konstruktionen av cellplast och EPS-betong och att för den ta fram prototyper till återstående tester och utredningar.



Sandwichkonstruktion av fiberbetong och cellplast: yttreväggsnitt

Fiberbetong och cellplast

Brandutredning

På utfackningsväggar i flervåningsbyggnader ställs en rad brandkrav. Funktionskraven i BBR för brandskydd av yttreväggar i flerbostadshus är i korthet följande:

- ⟨ Vägghkonstruktionen ska uppfylla sin brandavskiljande funktion gentemot andra brandceller.
- ⟨ Brandspridningen i väggen och längs fasadytan ska begränsas.
- ⟨ Delar av väggen får inte falla ned vid brand.

Man kan visa att kraven är uppfyllda antingen genom brandprovning eller också genom att klargöra att man i detalj följt tidigare råd i bland annat NR vad gäller väggens utformning. Detaljråden i NR förutsätter i princip en obrännbar vägg. Brännbart material får dock

förekomma bland annat som värmeisolering men detta är kopplat till vissa mycket bestämda krav och förutsättningar.

I analysen av väggkonstruktionen måste också ingå en bedömning av vad som statistiskt händer med väggen vid brand. Detta eftersom risk finns att sandwicheffekten, det vill säga samverkan mellan fiberbetongskikten genom cellplasten, då snabbt försvinner. Om det sker, får det inte medföra att delar av väggen faller ned.

Det är vanligt att man kombinerar icke bärande utfackningsväggar med bärande stålpelare som brandtekniskt integreras i väggarna. Tekniska lösningar bör tas fram för detta. De måste självklart utgå från vad man kommit fram till om väggens beteende och funktion vid brand.

Elementens ytterskikt om cirka 30 mm fiberbetong omsluter en kärna av cellplast med tjockleken 150 mm. Normalt fungerar de statistiskt som sandwichelement där betongskikt och cellplastskärna samverkar. I händelse av brand finns emellertid risk att vidhäftningen mellan cellplasten och det inre betongskiktet upphör eftersom cellplasten smälter vid upphettning.

Högsta rekommenderade användningstemperatur för cellplast anges normalt till 80°C. Den angivelsen kan antas gälla för kontinuerlig temperaturpåverkan. Ett rimligt antagande är att cellplasten börjar smälta och vidhäftningen därmed försvinner vid en temperatur på 100–150°C. En beräkning av temperaturförloppet när ett sandwichelement utsätts för stark värme har gjorts med datorprogram-met VGP. Den ger vid handen att vidhäftningen kan upphöra redan efter 10–15 minuters standardbrand. Efter 30–40 minuter finns risk att hela cellplastkärnan smält bort.

För fasader till flervåningsbyggnader gäller enligt BBR att endast mindre delar får ramla ut vid brand. Detta för att begränsa riskerna för räddningstjänstens personal samt för personer som utrymmer byggnaden. Man måste kunna

visa att fasadkonstruktionen inte ramlar ut i stora delar, även om den statiska sandwich-effekten upphör. Samtidigt behöver i brandlastfallet endast en vindlast motsvarande 25 procent av karakteristisk vindlast förutsättas. Den sakkunnige som genomförde brandutredningen, bedömde att datorberäkningarna var tillräckliga för att visa väggens funktion vid brand och att ett mer fullskaligt brandprov inte behövdes.

I det fortsatta arbetet med konstruktionen har brandutredningens slutsatser och resultat tagits tillvara. En brandsäker lösning med stålpelare i fasadlinjen har bland annat tagits fram. Den typen av lösningar är vanliga när man använder väggelement av trä.

Vidare har infästningarna mellan den inre och yttre fiberbetongskivan, med stålprofiler typ Gyproc GFS vid fönster och dörrar, omstuderats och förbättrats. Infästningarna i elementets över- och underkant har också omstuderats.

Studie av fästelement för kramling

En studie gjordes av vilken typ av fästelement för kramling som är lämplig när man väljer att klä väggelementet med tegel eller puts på isolering. Bäst visade sig vara om man kan montera pendlingsdelen i den därför avsedda kroken som är ingjuten och förankrad i fiberbetongen. Den ingjutna kroken fick inte sticka ut så att något kan fastna i den, eller så att skador på andra partier kan uppstå. En ingjuten krok innebär att man inte behöver borra och montera ett helt fästelement från ställning utifrån när väggelementet väl är monterat. Ett lämpligt fästelement som kan gutas in i fiberbetongskivan togs fram.

Åtgärder för förankring och vidhäftning

Vi diskuterade om konstruktionen skulle förses med armeringsstegar för att klara brandkravet på förankring mellan den yttre och inre

fiberbetongskivan. I den aktuella konstruktionen förankras ytterskivan vid innerskivan dels med stålprofiler som utgör infästning för fönster- och dörrkarmar, dels i partiets över- och underkant genom vidhäftning mot fiberbetongen. I element utan fönster eller dörrar förstärks förankringen mellan den yttre och inre fiberbetongskivan med armeringsstegar.

För att få bra vidhäftning mellan cellplasten och fiberbetongen spåras cellplasten innan fiberbetongen appliceras.

Testputsning direkt på fiberbetongen

En bit in i projekteringen, när de första förslagen fanns på papper, blev det uppenbart att det var möjligt att putsa direkt på den yttre fiberbetongskivan. Fiberbetongen i sig är ju en utomordentligt bra putsbärare och om den gick att putsa direkt skulle det ge stora fördelar gentemot traditionella träutfackningspartier. Ett antal arbetsmoment kunde i så fall sparas: isolering utanpå elementen, kramling och eventuellt även delar av nätningen för putsen.

För att kontrollera putsens vidhäftning mot fiberbetongen lät vi tillverka ett antal provbitar med olika ytstruktur som sedan testades av Optirocs laboratorium i Malmö. Oberoende av provernas betongyta blev vidhäftningen för samtliga prover högre än brukets egenhållfasthet. Den kvastade betongytan visade sig vara perfekt som putsunderlag.

Undersökning av möjlighet till fogfri fasad

Att putsa direkt på fiberbetongen med den utformning elementen vid denna tidpunkt hade kunde ge synliga fogar i fasaden. Det förväntades inte kunderna acceptera i någon större omfattning. Om elementen däremot kunde utformas så att de gav en fogfri fasad, skulle konceptet öka enormt i styrka. Om fogar inte gick att undvika, innebar lösningen

med puts direkt på fiberbetongen ändå god konkurrenskraft gentemot traditionell prefab med fogar i fasaden.

Vi började undersöka möjligheten att åstadkomma en fogfri fasadlösning. Projektet utökades därmed, och risker och möjligheter förändrades återigen.

Projektgruppen kontaktade Optiroc (Lars-Olov Lingons) för att få sakkunskap. Optiroc var positiva till projektet och ansåg en fogfri lösning vara fullt möjlig.

Exakt vilka putssystem som skulle fungera gick inte att säga säkert innan vidhäftning och rörelser hos konstruktionen undersökts. Den väsentliga frågan var om mineraliska (traditionella) putser kunde användas. Organiska putser (plastbaserade och hydrofoba) förväntades fungera utan problem. För att produkten skulle bli så flexibel som önskades, borde även mineraliska putser kunna användas. Avsikten var att vid en senare provning testa båda putstyperna.

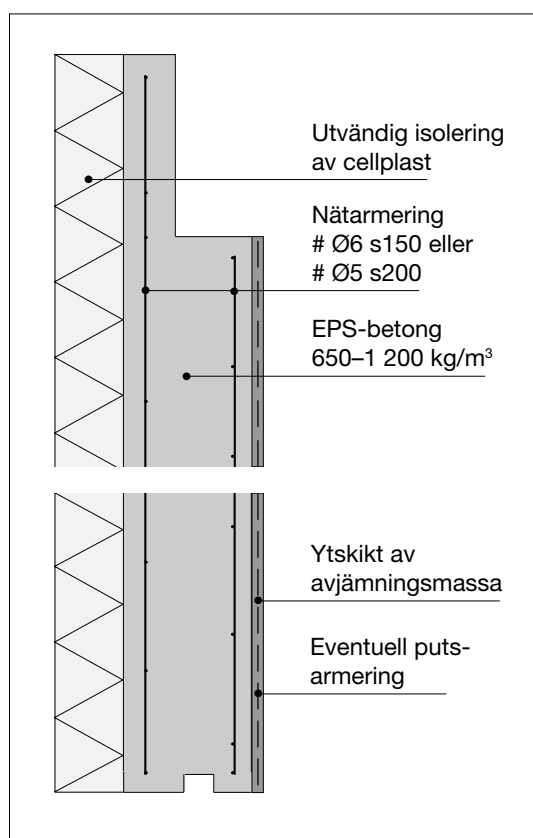
Den tidigare valda infästningsmetoden var avsedd för element med utanpåliggande isolering och fasadputs eller utvändigt tegelbeklädning. Om den används när man putsar elementen direkt och samtidigt vill uppnå en fogfri fasad, ansågs det finnas risk för sprickor. Då behövs en mer stabil infästningsmetod som med säkerhet klarar direkta vindlaster utan att sprickor uppstår. Därför omstuderades infästnings- och fogutformningen. Bland annat kom vi fram till att en igjutning mellan fiberbetongskiktet och valvkanten skulle göras efter att elementen monterats. Det ger även fördelen att väggelementet håller tätt bättre mot överliggande bjälklag under produktionskedet, det minskar risken att regn och fukt tränger in i stommen innan kjolen på elementet ovanför kommit på plats.

Om den nya fogutformningen var tillräckligt stabil även för sugande krafter avsåg vi att testa.

Provningar och tester

Vad som skulle provas och testas samt hur det skulle gå till, utreddes särskilt i samarbete med konstruktörer, tillverkare och putsleverantör. Vi kom fram till att syftet med provningarna skulle vara att få fram materialparametrar som gör en riktig konstruktiv utformning av hela elementet möjlig. I första hand ville vi studera hur fog och infästningar fungerar under inverkan av vindlast, eftersom detta var oprövat tidigare och ny kunskap behövdes inom området.

Att prova om konstruktionen håller under verkliga förhållanden utan att spricka var nödvändigt. Vi ville även få fram hållfasthets-



EPS-betong och cellplast: yttväggssnitt

uppgifter för att optimera konstruktionen. Dessutom avsåg vi att göra tester för att komma fram till hur fiberbetongytan bör utformas för att ge så bra vidhäftning mot putsen som möjligt. Detta skulle provas med olika putstyper. Temperaturrelsernas storlek ville vi vidare undersöka teoretiskt för att se om konstruktionens infästningar och fogar skulle klara verkliga förhållanden.

Ritningar för prototyp tillverkning samt ritningar och beskrivningar över belastningsmodeller och provningar togs fram. Prototyperna var tänkta att tillverkas i en meterssegment med full höjd och fog. Så stora prov-element är svåra att hantera i ett vanligt laboratorium. Vi gick därför ut med en förfrågan till ett antal laboratorier.

I det läget kom vi fram till att en fiberbetonglösning troligen inte skulle bli tillräckligt konkurrenskraftig. Projektgruppen valde då att använda resterande resurser för prototyp tillverkning, tester, utredningar och projektering för industriell tillverkning till cellplast- och EPS-betonglösningen.

EPS-betong och cellplast

Val av infästningar

För infästning av väggelementet i underkant har en fotplåt med ursparing i form av ett ovalt hål fästs i elementet. När elementet monteras passas fotplåten in över en i bjälklaget ingjuten gängad stång på vilket det sitter avvägda plattstål. Efter montage skruvas infästningen fast. Konstruktionen gör det möjligt att finjustera elementet vid monteringen. Framförallt är det viktigt att justera utsidan av elementet så att den inte "tandar" med intilliggande element, eftersom det annars blir svårt att justera detta på ett bra sätt innan man putsar.

För infästning i överkant har ett stålankare

med en påmonterad gängad stång gjutits in i elementet. Stålkaret används även vid lyft av elementet. Det är ett absolut krav att lyftinfästningarna placeras så att elementet hänger rakt. Den ursparing som erfordras i bjälklaget gjuts igen efter montage och elementet stagas invändigt till dess att ingjutningen uppnått erforderlig hållfasthet.

Brandprovning

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut genomförde 12 juni 2003 en orienterande brandprovning av EPS-betongväggar. För provningen användes olika provkroppar av EPS-betong. Absoluta temperaturer på vägg-elementens icke brandutsatta sida samt inuti väggelementen uppmättes med termoelement.

Brandprovningen genomfördes enligt metod SIS 02 48 20 utgåva 2, daterad 1977-07-01 (ISO 834-1975). Dock gjordes avvikelser ifråga om övertryck i ugnen samt ifråga om provföremålen som utgjordes av nio väggelement av betong, vardera med storleken 500 x 500 mm. Brandprovningen pågick under 161,7 minuter och gav följande resultat:

- ⟨ Betongelementen hade inte spjälkat, betongytorna var relativt släta.
- ⟨ Betongelementen var mjukare på eldsidan än på luftsidan. Vid kontrollen uppfattades betongelementen som mjuka på eldsidan och till ett djup av cirka 70–100 mm.
- ⟨ Medeltemperaturen på provföremålens icke brandexponerade yta ökade inte med mer än 140°C.
- ⟨ Maximal temperaturstegring på provföremålens icke brandexponerade yta överskred inte 180°C.
- ⟨ Integriteten bibehölls under hela provningen.

Provresultatet avser endast de beskrivna provföremålens beteende under de betingelser som rådde vid provningen. Vid andra förut-

sättningar, till exempel annat brandförlopp, kan konstruktionens beteende avvika från det redovisade provningsresultatet.

Ljudutredning

En teoretisk utredning om vilken ljudreduktion olika typer av ytterväggar i EPS-betong ger, gjordes av Ingemanssons Akustik till 1 april 2004. Beroende på väggtyp låg de beräknade värdena mellan R_w 45 dB och R_w 60 dB.

Slutsatsen blir att då den maximala ljudnivån utomhus är 70 dBA eller lägre kan fönster och fasad väljas fritt med avseende på förmåga till ljudreduktion, man kommer ändå att klara maximalt tillåtna 45 dBA inomhus.

I lägen vid gator med hastighetsgräns på 50 km/h och förbud mot tung trafik, behöver inga åtgärder vidtas i fasaden för att riktvärdet 45 dBA ska klaras inomhus. Inte heller vid gator med hastighetsgräns på 50 km/h och med både lätt och tung trafik behöver några fasadåtgärder vidtas för att 45 dBA ska klaras inomhus. Detta gäller under förutsättning att fasaden ligger minst 35–40 m från gatan. Är trafikflödet mycket stort, det vill säga mer än 25 000 fordon/dygn varav 5% är tunga och hastighetsgränsen 50 km/h, blir ekvivalentnivån och inte maximalnivån dimensionerande för fasadåtgärder.

Livscykelvärdering

Mats Öberg, Avdelningen för Byggnadsmaterial LTH, har genomfört en livscykelvärdering och jämfört traditionella utfackningsväggar av trä, gips och mineralull med väggar av EPS-betong, utvändigt isolering och puts. Syftet har varit att kartlägga ett byggprojekt, Kvarteret Folkparken, ur livscykelperspektiv samt värdera vilka skillnader det skulle innebära att byta traditionella utfackningsväggar i byggnadernas långsidor mot EPS-betongväggar. Beräkningarna har omfattat livscykelkostnader,

energianvändning, termiskt inomhusklimat samt samhällsekonomiska konsekvenser av energianvändning. Tidshorizonten var satt till 60 år.

En byggnads driftegenskaper har avgörande betydelse för ekonomi och miljöpåverkan sett i livscykelerspektiv. Det konstruktiva utförandet, valet av byggnadsmaterial samt värme- och ventilationssystem bestämmer i hög grad förutsättningarna både ur energi- och underhållssynvinkel. Energianvändningen under driftsskedet är den viktigaste miljöaspekten (BYKR, 2001).

I den här utredningen beräknades energianvändningen under brukarskedet med programmet VIP+ (2002). Elförbrukningen och därav genererad överskottsenergi beräknades enligt MEBY (2002). Energianvändningen vid byggproduktionen sattes till 1000 kWh/m² enligt Adalberth (2000). Temperaturen i lägenheterna antogs vara +22°C. Yttre miljökonsekvenser av energianvändning kvantifierades med en samhällsekonomisk beräkning baserad på Vägverkets modell (1999). Emissioner från produktion och användning av el, fossila bränslen och fjärrvärme hämtades från LCAiT (1996). Klimatkomfort beräknades med programmet VIP+ (2002) med klimatdata för Stockholm 1971. Ljudisolering beräknades enligt en halvempirisk metod enligt Ljunggren (2000).

När det gäller kvantifierbara livscykel-egenskaper är det primärt underhållsbehov, livslängd, försäkringskostnad, energiprestanda i bruksskedet samt möjlighet till återvinning respektive återanvändning som är intressanta. Tätheten i en homogen konstruktion är normalt bättre, i synnerhet på lång sikt, än i en flerskiktsskonstruktion där tätskiktet utgörs av en tunn plastfolie. Försäkringskostnaden är lägre för oorganiska material som tål brand och fuktskador bättre än exempelvis för trä.

Sammanfattningsvis är EPS-väggen ur

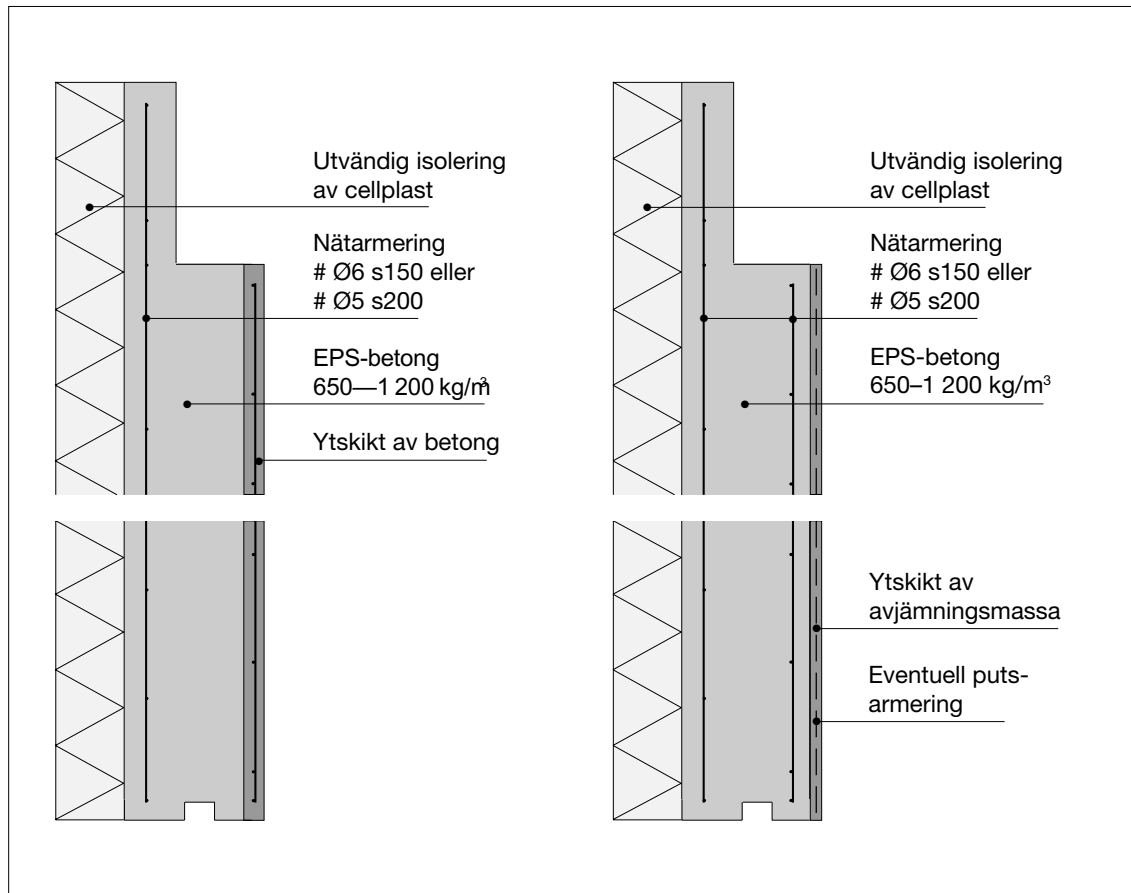
risksynpunkt att föredra framför en utfackningsvägg med trästomme, såväl i fråga om brand- som fukt- och mögelskador. Den är mer brandsäker än träutfackningsväggen. Hygien-, hälso- och miljöegenskaperna är också bättre. Den består vidare av oorganiskt material som tål fukt – en yttervägg under produktion eller användning utsätts med stor sannolikhet för högre fukthalter än vad organiska material tål. Dessutom ger EPS-betongväggen bättre ljudisolering. Ifråga om egenskaper såsom bärförmåga och stadga, säkerhet vid användning och påverkan på energiförbrukning har de olika väggtyperna bedömts vara likvärdiga.

Jämförelsen med en traditionell träutfackningsvägg visar alltså att EPS-betongväggen är mer robust – minskar risken för fukt- och mögelskador, ger säkrare brandskydd och ger bättre isolering mot utvändigt buller.

Prototypframtagning

Vad som skulle provas och testas samt hur det skulle gå till utreddes särskilt med konstruktörer och tillverkare. Det blev då tydligt, att syftet med provningarna skulle vara att få fram materialparametrar för en riktig konstruktiv utformning av hela väggelementet. Men i första hand ville vi studera hur infästningarna fungerar under inverkan av vindlast, eftersom någon sådan studie inte gjorts tidigare och kunskap behövs inom området. Det var självklart nödvändigt att prova om konstruktionen klarar verkliga förhållanden utan att spricka. Hållfasthetsuppgifter behövde vi också för att optimera konstruktionen.

Ritningar för prototypstillverkning samt ritningar och beskrivningar över belastningsmodeller och provningar fanns framtagna sedan tidigare. Prototyperna tillverkades i enmeterssegment med full höjd. Så stora provelement är svårt att hantera i ett vanligt laboratorium. Vi gick därför ut med en revider-



Prototyper

rad förfrågan till ett antal laboratorier vi tidigare kontaktat.

Prototyp tillverkning

Väggarna består av tre skikt. Ytterst sitter isolering i form av EPS, vilken även fungerar som putsbärare.

Mellanskiktet består av EPS-betong med densiteten 650 eller 1 200 kg/m³. Mellanliggande densiteter kan också tillverkas och skulle vara intressanta att prova, men en linjär interpolering av de befintliga provningsresultaten är tillräcklig för konstruktionsmässig bedömning.

Innersidan består av ett tunt skikt betong anpassat för att ge efterfrågad ytfinish, alternativt av en avjämningsmassa. Avjämningsmassan kan armeras med putsarmering om det bedöms nödvändigt. Möjligen kommer två typer av avjämningsmassa att provas.

Väggen armeras med nätarmering dimensionerad så att väggen klarar de vindlasten den kommer utsättas för och så att inga krympsprickor uppstår om betong används på insidan. Eftersom vi idag inte vet vilken armeringsmängd som behövs, kommer två typer av armeringsnät att testas: # Ø6 s150 samt # Ø5 s200. Utsidan kommer att putsas för att efterlikna den slutliga produkten.

Prototyperna kommer att vara 2,6 m höga och 1 m breda. För att de ska ge bra data för dimensionering av väggarna kommer varierande armering och betongkvalitet att provas. De olika alternativ som kommer att tillverkas redovisas i tabell 1.

Mängderna i stående tabell 2 är materialåtgång netto. Spill och dylikt är inte inräknat. Elementen är 2,6 x 1 m². En ursparing för urtaget i överkant kommer att påverka den verkliga materialåtgången.

Innehåll	Prototypelement												
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	
EPS-betong: 650 kg/m ³	x	x	x	x	x	x					x	x	x
EPS-betong: 1 200 kg/m ³							x	x	x				
Armering: # Ø6 s150	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x
Armering: # Ø5 s200				x	x	x							
Inneryta: Betong	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Inneryta: Avjämningsmassa										x	x	x	

Tabell 1

Val av produktionsmetod

Isolerskivorna ligger på formbotten varpå armering och installationer monteras. Därefter gjuts EPS-betongen.

Vid prototypstillverkningen är det viktigt att utprova de arbetsmetoder som ska användas vid den slutliga produktionen. Viktiga frågeställningar som måste besvaras är:

- < Hur armerar vi produkten mest rationellt?
- < Hur försätter vi urhaket i överkant?

En rad andra frågeställningar finns också.

Många av dem kommer att behandlas under tillverkningen, det är delvis syftet med prototyperna.

Analys av risker i tillverkningen

Formsättning

Problematik: Toleranser
Förutsättningarna för slutresultatet – efter montage – bestäms redan nu. Om fördelarna med hög prefabriceringsgrad ska kunna utnyttas, krävs små toleranser vid tillverkningen.

Armering

Problematik: Måttnoggrannhet
Täckskikten bör utföras med noggrannhet. Den sista pågjutningen av betong står för en

Material	Mängd
EPS-betong: 650	4,056 m ³
EPS-betong: 1 200	1,326 m ³
Armering: # Ø6 s150	46,8 m ²
Armering: # Ø5 s200	15,6 m ²
EPS isolering 100 mm	31,2 m ²
Betongavjämnning	0,702 m ³
Avjämningsmassa	0,156 m ³

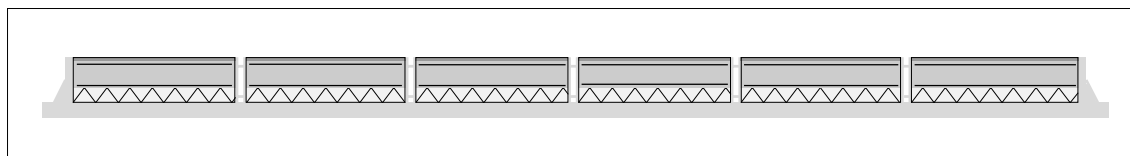
Tabell 2

stor andel av elementets vikt. Armeringens läge styr till viss del tjockleken på det skiktet.

Betongtillverkning

Problematik: Konsistens
Eftersom riskerna med vibrering är stora vill vi undvika det momentet. Vi känner väl EPS-betongens konsistenskrav. Konsistensen vid pågjutning bör vara så flytande som möjligt, dock inte så lös att EPS-kulor flyter upp till ytan.

Problematik: Densitet
Densiteten är avgörande för betongens hållfasthet. Konstruktionstekniskt är det EPS-



Typsektion för gjutuppställning vid prototypstillverkningen

Arbetsmoment	Problematik	Vikt	Notering
Formsättning	Toleranser	3	Kvalitetsdefinierande
Armering	Måttnoggrannhet	2	Beroendevariabel hållfasthet
Betongtillverkning	Konsistens	2	Arbetsbarhet
	Densitet	2	Hållfasthetsdefinierande
Gjutning	Utfyllning	1	
Avformning	Rivningsskador	1	

Tabell 3

betongen som kommer att vara viktigast för väggens bärande förmåga. Det är dock troligt att även pågjutningen får stor betydelse i sammanhanget.

Gjutning

Problematik: Utfyllnad

Tidigare erfarenheter talar om problem att fylla ut ordentligt under balkar och ursparingar. Det är därför viktigt att se till att denna typ av detaljer löses på genomtänkt sätt.

Avformning

Problematik: Rivningsskador

Eftersom EPS-betongen i sig har relativt liten hållfasthet bör formningen göras så att det krävs så liten kraft som möjligt att riva formarna.

En sammanställning av riskerna vid de olika momenten finns i tabell 3.

Utredning av produktionslogistik

Testgjutningarna ska ge underlag för att bestämma vilka delmoment som ska utföras före gjutning och var det ska ske. För att optimera produktionen bör man begränsa varje delmoment i linjen till att ta högst en halvtimme. Det innebär att 14–16 formbord beläggs under ett arbetsskift, den mängden är också vad man kan lagra för härdning under natten.

För att den taktens ska kunna hållas måste troligen armering, formsättning och ingjutningsdetaljer prefabriceras på annan plats och komma färdigt till linjen för slutmontering. Monteringen ska sedan göras i formbordspla-

teringarna före befintlig gjutstation.

Logistiken för dessa kritiska sekvenser måste specialgranskas med hänsyn till bemaning, utrustning och lokaler. Troligen måste fabriken byggas ut mot befintlig armeringsverkstad. Prefabriceringslokalen måste innehålla verkstäder för armering, snickeri, ursparingsmaterial och kapning av frigolit. Gjutning av EPS-betong beräknas ske i befintlig gjutstation. Med planerad cykeltid kan andra skiktet gutas vid en ny gjutstation.

Om fabriksutbyggnaden inte är genomförbar kan man överväga att ta bort antingen tillverkningen av infraprodukter eller planline för att därigenom skapa möjlighet att producera ingjutningsdetaljer på ett effektivt sätt. Noggranna mätningar och analyser måste utföras för att avgöra de olika lösningarnas hållbarhet. En indikation beträffande cykeltider kan tidigare gjorda studier bidra med. Avsikten är att skapa "produktionsceller" i fabriken och att åstadkomma ett verkligt flöde genom cellerna.

Även om maskiner och utrustningar placeras nära varandra finns det risk att tillverkningen fortfarande sker i partier eller batcher, och att det uppkommer mellanlager mellan varje processteg. Det betyder då att tillverkningen inte har balanserats, att hastigheten i flödet varierar, vilket gör produktionen mindre ekonomisk. En verklig flödesproduktion har följande kännetecken:

- ⟨ Maskiner och utrustning är placerade mycket nära varandra för att så långt möjligt eliminera slöseri i form av onödigt gående och onödiga rörelser.
- ⟨ Artiklar eller komponenter tillverkas en i taget, vilket leder till bättre kvalitet.

- ⟨ Inga mellanlager byggs upp mellan processsteg.
- ⟨ Arbetsmängden har balanserats mellan lagets medlemmar.
- ⟨ Bearbetning sker regelbundet med en bestämd satsstorlek per tidsenhet. Tillverkningen går varken snabbare eller långsammare än den beräknade takttiden.

Att skapa verkliga flöden och dragande system är inte lätt. Att placera maskiner och utrustningar nära varandra är ett första steg, men det medför bara begränsade resultatförbättringar. Det är först när man uppnår verkliga flöden resultatet visar sig fullt ut.

Provning: genomförande och resultat

Provningen av prototyperna genomfördes av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Syftet var att undersöka väggelementens hållfasthet vid böjning med utbredd last samt att undersöka tvärkraftskapaciteten hos en dymling islagen i två olika typer av betong.

Provningsresultaten ger materialparametrar som underlag för optimal konstruktiv utformning av hela väggelementet samt kunskap om hur de infästningar som vi valt att studera (dymlingar) fungerar under inverkan av vindlast. Provning av dymlingar gjordes för att undersöka om en enklare infästning av väggelementen var möjlig i överkant. Konstruktionen med ett ingjutet stålankare med en

påmonterad gängad stång i överkant av elementet var en tidigare väl prövad konstruktion.

Väggblocken placerades i en rigg med två mothåll (upplagslängd 2300 mm). Blocken belastades med fyra linjelaster. Avståndet till första linjelasten var 345 mm och avståndet mellan första och andra 460 mm. Blocken belastades upp till beräknad brukslast varpå de avlastades och sedan upprepades förfarandet ytterligare en gång. Därefter belastades blocket till brott. Kraft, deformation vid fem olika punkter samt töjning i två punkter registrerades. Töjningsgivarna användes för få fram av spricklasten.

En dymling med måtten 295 mm Ø 8 mm slogs in 75 mm med hammare i ett betongblock med måtten 400 x 400 x 200 mm. Dymlingen belastades med en jämt utbredd last på 200 mm. Lasten var styrd så att den inte kunde rotera. Den ökades till brott uppstod. Kraft och deformation registrerades.

Väggblocksprovningen visade att samtliga prototyper med stor marginal klarar de laster de kan komma att utsättas för.

Dymlingsprovningarna visade att en enkel infästning av dymlingar i elementets överkant är fullt möjlig. Dymlingarna är tänkta att slås in i överkanten genom i bjälklaget ingjutna rörhylsor. Provningarna visade vidare att elementets betonghållfasthet och c/c-avståndet mellan dymlingarna har stor betydelse.

Justeringar efter provning och tester

Provningsresultaten gav underlag till en rad förbättringar. Rätt betongkvalitet kunde väljas med god säkerhet. Armeringsmängder och armeringens placering i konstruktionen justerades. Infästningarna justerades så, att den invändiga stagningen av elementen under montagetiden ersattes med dymplingar i ele-

mentens överkant.

Undersökande separata testgjutningar visade att det var möjligt att låta elementens innersida bestå av ett tunt skikt avjämningsmassa. Det ledde till att den invändiga ytan justerades så att en hög ytfinish erhöles.

Materialadministration

Hantering, förvaring och skydd på fabrik

De färdiga elementen transporteras ut ur den uppvärmda fabriken när de uppnått sådan hållfasthet att de kan lyftas och då förhållandena i övrigt möjliggör en uttransport. Elementen placeras i ett kallager med tak som skyddar mot väta. Om kallagret inte kan nyttjas, placeras elementen utomhus och täcks med plast. Anledningen till att de skyddas mot väta är att vi vill undvika högt fuktinnehåll i elementen och därmed behov av betydande uppvärmning och uttorkning när de monterats.

Transport

Det går att transportera mycket stora och tunga betongelement. Vanligast är transport på landsväg. Där kan man transportera upp till 24 m långa element. Om elementen är längre erfordras särskild dispens. Största tillåtna bredd är 2,6 m men även för bredden finns dispensmöjligheter. Överstiger bredden 3,1 m fordras vanligen följetransport. Godshöjd upp till 3 m medför normalt inga problem. Låglastande fordon klarar höjder på 3,5 m, därutöver fordras specialfordon. De axel- och boggietryck vägarna tillåter begränsar elementtyngden. Maximal bruttotyngd på 600 kN (60 ton) tillåts idag på de bästa vägarna. Det ger en maximal elementtyngd på 390 kN (39 ton).

På järnväg kan man transportera 45 m långa element. Transporten från järnvägen till byggarbetsplatsen återstår då att lösa.

Hantering, förvaring och skydd på arbetsplatsen

Innan man beslutar hur monteringen ska gå till måste man planera för lyften på arbetsplatsen och då ta hänsyn till kranstorlek, kranarmens

räckvidd och underlagets bärighet för stödben. Elementen lyfts normalt i speciella öglor eller lyftok.

Redan under projekteringen måste man tänka på hur elementen ska lossas och monteras. Alla element ska gå att lossa i den ordning de ska monteras på arbetsplatsen, ingen mellanlagring eller omlastning ska behövas. Om mellanlagring ändå inte går att undvika, ska elementen placeras så att det inte finns risk att de välter eller skadas. De ska också skyddas mot väta. Detta för att fuktinnehållet inte ska bli så högt att det behövs betydande uppvärmning och uttorkning efter att de monterats.

Elementen placeras ofta på monteringsplatsen med lyftkran direkt från lastbil. Större betongelement som väggelement, balkar och pelare väger mellan två och sex ton och risken för klämskador måste tas på allvar. Det är ett absolut krav att elementens lyftinfästningar placeras så att partiet hänger rakt. Elementen måste ju styras på plats på ett eller annat sätt och risken för svåra klämskador, främst på händer och fötter, är stor. För att minska riskerna vid utplacering och montering av elementen har vi försett dem med handtag i form av montageband vid fönster- och dörröppningar, så att det ska gå lättare att ta tag i dem. Vi vill undvika att montörerna tar direkt om kanten.

Elementen har under monteringen ett provisoriskt väderskydd i form av en plastkjol. Plastkjolen är fastsatt i underkant på elementet och har till uppgift att leda bort vatten. Regn och vatten från ovanliggande bjälklag ska inte kunna tränga in i elementet eller i den horisontella fogen mellan elementen. Plastkjolen skärs bort när fogen tätas. För att plastkjolen ska hållas ner när det blåser har den i underkant försetts med en kuloledning. Plastkjolen eller kulon får inte vara vass så att den kan skada någon om den ramlar ner. Vi har sett

praktiska lösningar där träläkt och även armeringsjärn använts för att hålla kjolen på plats, något som vi vill undvika.

Skyddsräcke för att hindra fall från bjälklag sätts lämpligen upp i samband med montering eller försättning av bjälklaget. Skyddsräcket placeras direkt innanför utfackningspartiets insida. Skyddsräcket utformas så att

fall förhindras och så att det inte utgör något större hinder för inlyftning och montage av elementen. Det kan exempelvis bestå av skyddsräckesstålprofiler monterade i bjälklaget (i ingjutna hylsor) och försedda med fotregel samt två horisontella skyddsreglar. Skyddsräcket kan demonteras efter det att vägg-elementet monterats.

Slutsatser

Nya flerbostadshus byggs ofta med bärande mellanväggar och icke bärande utfackningspartier av trä, mineralull och gips. Dessa utfackningspartier är mycket fuktkänsliga vilket kan medföra fukt- och mögelproblem.

Väggelement och byggsystem av andra material än trä eller gips är främst inriktade på att vara konstruktivt bärande. Det fördyrar givetvis väggelementen. Bortsett från träutfackningspartier finns idag inga enkla, icke bärande och kostnadseffektiva ytterväggelement. Prefabricerade träutfackningspartier har alltså ingen konkurrens. Det finns ett klart behov av att få fram en mer effektiv byggmetod och bättre väggelement.

Det övergripande syftet med projektet har varit att ta fram en sådan produktionsmetod som minskar risken för brister i byggandet och i förlängningen ger lägre boendekostnad. Bedömningarna av de produktionsmetoder och produkter som projektet resulterat i – väggelement av fiberbetong respektive av cellplast och EPS-betong – visar att syftet med projektet uppnåtts.

Att utveckla produktionsmetoder i samverkan med olika aktörer i byggprocessen har varit ett lyckosamt tillvägagångssätt och givit

en mer komplett bild av behov, krav, problem och konsekvenser att utgå ifrån. Problemen har blivit enklare att analysera och mer effektivt gått att eliminera eller minimera.

De krav (önskemål) som inledningsvis listades är i stort sett uppfyllda. Det som i dagsläget återstår att lösa, är hur man ska montera och plasta in fönster vid tillverkning av partierna på fabrik. Tanken är att låta de lösningarna växa fram allteftersom.

Såväl fiberbetong- som EPS-betongelementen gör byggandet mer effektivt. De ökar prefabriceringsgraden, minskar belastningen på personal och eliminerar eller minimerar risken för olägenheter i form av fukt och mögel. Väggelementen av EPS-betong kan dessutom konkurrera prismässigt med traditionella utfackningspartier av trä, gips och mineralull.

Den effektivisering av byggandet dessa väggelement ger (produktionstidsvinster, minskade arbetsplatskostnader, logistikvinster med mera) har inte prissats och därför inte tagits in i kostnadsjämförelserna. När effektiviseringsvinsten blir känd, är det dock troligt att man kommer att kunna se en lägre produktionskostnad och därmed få en lägre boendekostnad.

Referensförteckning

**Haninge Park Kv Folkparken,
Livscykelvärdering**

Rapport
Avd Byggnadsmaterial LTH
2004

**Lathund dimensionering av ljudreduktion hos
fasaddelar m a p maximalnivåer från vägtrafik**

Rapport
Ingemanssons Akustik AB
2004-04-01

Projektbeskrivning och prototyp tillverkning

Delrapport 1
Mattias Wäppling och Christer Lundgren
Skandinaviska Byggelement
2004-03-01

Projektbeskrivning och prototyp tillverkning

Delrapport 2
Mattias Wäppling och Christer Lundgren
Skandinaviska Byggelement
2004-03-11

Provning av utfackningspartier

Rapport
Erica Waller och Göran Malmqvist
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
2004-05-12

Byggindustrin

Nr 15 2003

**Orienterande brandprovning av icke bärande
vägg**

Rapport
Rolf Hilling och Lars Boström
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
2003-06-12

Sandwichelement av fiberbetong

Utredning
Jörgen Thor
Brandskyddslaget
2003-03-20

Utvecklingen på bostadsmarknaden 1995-2001

ESO-rapport
Hans Lind
2003

**Wellcosite – ett nytt lättviktselement för bygg-
nadsindustrin**

SBUF-rapport
Folke Björk och Lars-Erik Hallgren
Institutionen för Byggt teknik KTH
2002

VVS-Forum

Nr 1 2002

Åtgärder för ökat bostadsbyggande

Utredning
Tomas Anderson
2002-12-15

**Lättbyggnadssystem, Utvecklingsprojekt för
kostnadseffektiva byggmetoder**

Rapport
Hans Fransson
Kalmar byggsystem AB
2000

VVS-Forum

Nr 1 1999

Dagens Arbete

1998-02-18
Lennart Lund

Dagens Arbete

1997-07-22
Susanne Pettersson

Information

från Nätverk av arkitekter för träbyggande.

Produktinformation

från Gyproc, Swedisol, Optiroc, Danogips,
Dorocell och Saint-Gobain Isover

Produktinformation

från Skandinaviska Byggelement, Lättklinker-
betong AB, Resaro, Sweco Bloco och Givent
Support, Strängbetong, Yxhult samt Dorocell



Peab 260 92 Förslöv. Telefon 0431-890 00. Fax 0431-45 15 08. Internet peab.se