

CHALMERS



Fasader till industriella byggsystem

– Metodik för värdering av fasadsystem

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

KAJSA FLODBERG

KARIN LUNDBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
Byggnadsfysik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2007
Examensarbete 2007:121

EXAMENSARBETE 2007:121

Fasader till industriella byggsystem

– Metodik för värdering av fasadsystem

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

KAJSA FLODBERG

KARIN LUNDBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
Byggnadsfysik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2007

Fasader till industriella byggsystem
– Metodik för värdering av fasadsystem
Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad
KAJSA FLODBERG
KARIN LUNDBERG

© KAJSA FLODBERG & KARIN LUNDBERG, 2007

Examensarbete 2007:121
Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
Byggnadsfysik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Montage av Marie Westerlund

Chalmers Reproservice
Göteborg, 2007

Façades for Industrial Building Systems
A Method for Evaluation of Fenestrations
Master's Thesis in Civil Engineering
KAJSA FLODBERG
KARIN LUNDBERG
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Building Technology
Building Physics
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

During the passed few years industrialized house-building has been considered a potential solution for the efficiency and quality problems in the building sector. The present industrial building systems for multiple-unit dwellings are more efficient than site-based systems but the resources used on the building site can be reduced further. For example, the façades are often produced in the traditional way; on-site. This thesis addresses the possibilities to industrialize façade construction by prefabrication and off-site assembling. The report suggests a method of evaluating the consequences of a prefabricated façade applied to a known industrial building system with load-bearing concrete walls. A comparison between the results of the evaluation and the requested qualities are shown graphically which highlights the required product development.

This thesis is a result of cooperation between Chalmers University of Technology and NCC Engineering in Gothenburg, Sweden. In a case study, the method is applied to the industrial building system NCC KompletTM. The case study is used to indicate the usefulness and the relevance of the method. Furthermore it gives recommendations for a possible fenestration for NCC Komplet. In the case study an inventory of different main types of prefabricated facades is made. The advantages and disadvantages of these facades are compared to the rendering façade, which is the most common fenestration of industrialized buildings at present. The report focuses on functional features of the façades and how these affect the total buildability of the building.

The case study shows that the method is suitable for distinguishing the different main types of façades. Both positive and negative consequences of a change of façade are clearly illustrated in the evaluation. However, the grading is subjective and the assessment criteria are time-consuming to define in a way that clearly distinguishes particular façade products.

The report is written in Swedish.

Key words: industrialized house-building, industrial building systems, façade systems, method, building manufacturing

Fasader till industriella byggsystem

– Metodik för värdering av fasadssystem

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

KAJSA FLODBERG

KARIN LUNDBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Byggnadsfysik

Chalmers Tekniska Högskola

SAMMANFATTNING

Under de senaste åren har industriellt bostadsbyggande lyfts fram som en potentiell lösning på de effektiviserings- och kvalitetsproblem som byggbranschen brottas med. De industriella byggsystem för flerbostadshus som produceras i dagsläget har lyckats bli mer effektiva än platsbyggda alternativ, men fortfarande finns det utrymme att minska mängden arbete på byggarbetsplatserna. Exempelvis platsbyggs fasaderna fortfarande på traditionellt vis även i system med långt gången industrialisering. Möjligheterna till att istället industrialisera och effektivisera tillverkningen och monteringen av fasader till industriella byggsystem utreds i denna rapport. I rapporten ges förslag på en metodik. Denna kan tillämpas för att värdera konsekvenserna vid användning av en industriellt producerad fasad till ett känt industriellt byggsystem med bärande väggar i betong. Värderingsresultatet jämförs i metodiken grafiskt med uppställda mål och resulterar i en bedömning av fasadsystemets lämplighet samt i förslag på utvecklingsbehov för både aktuellt fasad- och byggsystem.

Arbetet är genomfört i samarbete mellan Chalmers tekniska högskola och NCC Teknik i Göteborg. I en fallstudie, där tillämpningen av metodiken prövas, används NCCs industriella byggsystem NCC Komplet som tillämpningsobjekt. Fallstudien ger förutom en indikation på metodikens användbarhet och relevans, ett förslag på en möjlig fasadlösning till byggsystemet NCC Komplet. I fallstudien görs dessutom en inventering av de olika huvudtyperna av fasadlösningar bestående av industriellt producerade komponenter som finns på marknaden idag. Dessa fasadsystem för- och nackdelar jämförs med en platsbyggd enstegstättad putsfasad som är den fasadlösning som i dagsläget är vanligast på industriellt producerade flerbostadshus. Fokus i rapporten och i fallstudien ligger på ett fasadsystems funktionsegenskaper och vilka konsekvenser dessa får för byggnadens totala funktion.

Fallstudien visar att metodiken lämpar sig bra för att skilja de olika huvudtyperna av fasader åt samt att både positiva och negativa konsekvenser av ett fasadbyte illustreras tydligt i värderingen. Själva betygsättningen är dock subjektiv och betygskriterierna är tidskrävande att formulera så att de ger tillräckligt tydliga utslag vid värdering av enskilda produkter.

Nyckelord: Industrialiserat byggande, industriella byggsystem, fasadssystem, metodik

Innehåll

FÖRORD	V
BEGREPPSFÖRKLARING	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte och mål	2
1.2 Metod	2
1.3 Disposition	2
1.4 Avgränsningar	3
2 INDUSTRIELLT BYGGANDE	4
2.1 Industriella byggsystem	4
2.2 Industriella fasader	6
3 METODIK FÖR VÄRDERING AV FASADSYSTEM	7
3.1 Värderingsverktyg	8
3.1.1 Värderingskategorier	8
3.1.2 Betygssystem	13
3.1.3 Betygskriterier	14
3.1.4 Resultatdiagram	14
3.2 Tillvägagångssätt vid tillämpning av metodik	15
3.2.1 Steg 1: Identifiering av förutsättningar	16
3.2.2 Steg 2: Målsättning	17
3.2.3 Steg 3: Identifiering av fasadsystemsalternativ	17
3.2.4 Steg 4: Värdering	17
3.2.5 Steg 5: Val	18
3.2.6 Steg 6: Analys	18
3.2.7 Steg 7: Resultatsammanställning och utvecklingsbehov	20
4 FALLSTUDIE OCH TEST AV METODIK	21
4.1 Steg 1: Identifiering av förutsättningar	21
4.2 Steg 2: Målsättning	24
4.3 Steg 3: Identifiering av fasadsystemsalternativ	26
4.3.1 Fasadsystem 1 – Puts	26
4.3.2 Fasadsystem 2 – Skivelement	29
4.3.3 Fasadsystem 3 – Betongbeklädnadselement	32
4.3.4 Fasadsystem 4 – Sandwichelement	37
4.4 Steg 4: Värdering	40
4.4.1 Puts	40
4.4.2 Skivelement	42
4.4.3 Betongbeklädnadselement	46

4.4.4	Sandwichelement	50
4.5	Steg 5: Val	53
4.6	Steg 6: Analys	55
4.6.1	Grundförutsättningar	56
4.6.2	Termisk prestanda	58
4.6.3	Fuktsäkerhet	62
4.6.4	Beständighet	68
4.6.5	Estetik	71
4.6.6	Flexibilitet och industrialisering	73
4.6.7	Resurseffektivitet	74
4.7	Steg 7: Resultatsammanställning och utvecklingsbehov	75
5	DISKUSSION	78
5.1	Metodikens användbarhet och relevans	78
5.2	Värderingsverktygens lämplighet	79
5.3	Metodikens precision	81
5.4	Resultat från fallstudien	83
6	SLUTSATS	85
7	FÖRSLAG PÅ FORTSATT STUDIER	87
8	REFERENSER	88
9	LITTERATUR	90

APPENDIX

A: BETYGSKRITERIER

B: BETYGSMOTIVERING

B1: Betygsmotivering Puts

B2: Betygsmotivering Skivelement

B3: Betygsmotivering Betongbeklädnadselement

B4: Betygsmotivering Sandwichelement

C: BERÄKNINGAR TILL ANALYS

C1: U-värden

C2: Köldbryggor med HEAT2

C3: Fuktttransport med KFX03

Förord

Denna rapport är ett resultat av ett examensarbete på 30 högskolepoäng inom civilingenjörsutbildningen Väg- och vattenbyggnad, 270 högskolepoäng, på institutionen för bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg. Examensarbetet, som ingår i samarbetsprojektet 4B, Bygg Bra Bostäder Billigare, har utförts på uppdrag av NCC Sverige AB och Chalmers tekniska högskola. Examensarbetet är dessutom kopplat till den europeiska sammanslutningen ManuBuilds forskning om effektivisering av bostadsbyggandet. Parallellt med detta examensarbete har ett examensarbete på Arkitektprogrammet på Chalmers genomförts inom samarbetet 4B. Arbetet, ”*Varierat fasaduttryck på industriellt utvecklade flerbostadshus*”, behandlar den arkitektoniska kvaliteten och formgivningen av industriella fasader och är utfört av Marie Westerlund, 2007.

Examensarbetet som har lett fram till denna rapport har genomförts på NCC Tekniks kontor i Göteborg.

Vi vill tacka de personer som hjälpt oss under arbetets gång med uppmuntran, konstruktiv kritik och värdefull information. Vår handledare Angela Sasic Kalagasidis, på avdelningen för Byggnadsteknologi på Chalmers tekniska högskola, som delat med sig av sina erfarenheter och bidragit med värdefull information och vägledning i vårt arbete. Vår handledare på NCC Teknik i Göteborg, Dan Engström, som alltid tagit sig tid med oss och som med sin positiva inställning och kloka synpunkter har sett till att vi tagit oss vidare när det har känts som tyngst.

Dessutom vill vi tacka övriga anställda och examensarbetare på NCC Teknik i Göteborg för deras hjälpsamhet och medverkan till att vi fått en trevlig tid på kontoret. Vi vill även tacka de personer på NCC Komponent som sett till att vi fått tillgång till användbara synpunkter och information om industriellt byggande. Till sist vill vi rikta ett tack till alla personer som inte har nämnts här, men som under arbetets gång hjälpt oss med studiebesök, information, synpunkter, idéer, uppmuntran eller annat.

Göteborg, november 2007

Kajsa Flodberg & Karin Lundberg

Begreppsförklaring

Byggsystem: Definieras i denna rapport som en konstruktionslösning för husbyggnad. Konstruktionslösningen består av ett system innehållande komponenter som helt eller delvis är färdigutformade och dimensionerade och som kan sammanfogas till en helhet i form av en byggnad.

Detaljplan: Plan genom vilken samhället, efter prövning av vad som är lämpligt, styr hur mark får användas och vilka byggnader eller anläggningar som får finnas. Särskilt i tätorter kan ibland detaljerade regler fordras, t ex föreskrifter om var ett hus får placeras, hur stort och hur högt det får vara samt om det får användas till bostad, kontor, handel mm. I känslig miljö kan till och med material och färg på husets fasad föreskrivas.

Gränssnitt: Kontaktyta mellan två system eller enheter som samverkar och ”kommunicerar” med varandra.

Industrialisering: Innebär i byggsammanhang att andelen av produktionen och sysselsättningen som sker i fabrik istället för på byggplatsen ökar, samtidigt som teknik och organisation effektiviseras.

Montageplats: Byggarbetsplatsen för en industriellt producerad byggnad. På montageplatsen sätts byggkomponenterna samman under en kort period. Väldigt lite produceras på byggplatsen.

Omtag: Arbetsmoment som måste göras om pga. fel eller störning.

Parameteriserad: Inga givna modulmått som begränsar möjlig storlek genom att dela upp utförbara mått i fasta intervall.

Prefabricering: Förtillverkning av delar på en annan plats än där den färdiga produkten tar form.

Projektering (Byggnadsprojektering): Det stadiet av byggprocessen då utformning, dimensionering och beskrivning av blivande byggnader utförs. Resultatet av projekteringen blir bl.a. följande handlingar: arkitekturritningar (utformning), konstruktionsritningar, värme-, ventilations- och sanitetsritningar, elinstallationsritningar samt tekniska beskrivningar.

Utfackningsparti: Icke bärande väggparti i yttervägg.

Volymelement: Ytelement som är sammansatta till en volym.

Vägglina: De stationer i fabriksproduktionen där väggelement tillverkas.

Ytelement / Platta element: Skivformade konstruktioner som t ex väggar och golvbjälklag.

Ytterväggens ingående delar:

Följande begrepp används i rapporten för ytterväggens och fasadsystemets ingående delar:

Fasad: Det av ytterväggarna som syns utifrån.

Fasadanslutning: Förbindelse mellan olika fasadpartier i hörn eller förbindelse mellan fasad och annan konstruktion i klimatskalet, exempelvis anslutning ytterväggskonstruktion-fönster, ytterväggskonstruktion-tak, ytterväggskonstruktion-fasadgenomföring etc.

Fasadavslut: Ändpunkten på fasadbeklädnaden t ex i höjd med väggsöckelns överkant.

(Fasad)beklädnad: Det lager, exklusive fasadfogarna, som har till uppgift att skydda ytterväggarna i ett hus mot påverkan från det omgivande klimatet, främst nederbörd. Fasadbeklädnaden har också en estetisk funktion. Fasadbeklädnaden kan ingå som en del av den bärande väggkonstruktionen eller i efterhand anbringas på denna.

(Fasad)beklädnadsinfästning: Den del av fasadinfästningen som fäster fasadbeklädnaden till resten av fasadinfästningssystemet eller direkt till väggkonstruktionen.

(Fasad)beklädnadsyta: Yttre beklädnadsmaterial + ytbehandling.

Fasadelement: En enhet av fasadsystemet. Avgränsas av fasadfogarna.

(Fasad)förankring: Den del av fasadinfästningen som förankrar fasadelementen i väggelementen av betong.

Fasadgenomföring: Konstruktionsdetalj som löper genom fasadbeklädnaden, t ex friskluftsventil.

(Fasad)infästningssystem: Fasadförankringar + eventuella konsoler och bärprofiler + fasadbeklädnadsinfästningar.

Fasadsystem: Konstruktionslösning för uppbyggnaden av en fasad. Består av fasadbeklädnad, fasadinfästningar och fasadfogar.

Fog: Förbindelse mellan intilliggande ytor från olika föremål. Mellanrummet mellan föremålen kan vara tomt (öppen fog), helt utfyllt med en fogmassa eller tättningslist (tätad fog), tillstängd eller delvis utfyllt av en metallprofil eller dyl. (stängd fog) eller tillstängd genom att materialen överlappar varandra (överlappande fog).

Struktur: Det sätt på vilket ytan på en konstruktion eller ett material är utformad. Exempelvis slät, knottig eller vågig.

Väggelement: En enhet av väggkonstruktionen. Avgränsas av väggfogarna.

Väggkonstruktion: De delar av en yttervägg som inte tillhör fasadsystemet. I de flesta fall innebär detta de bärande delarna av ytterväggarna inklusive väggisoleringen.

Yttre beklädnadsmaterial: Det yttersta materialskiktet av fasadbeklädnaden. Det material som syns på fasadytan (exklusive ytbehandling).

Ytbehandling: Bearbetning av ytmaterial av estetiska och/eller funktionsmässiga skäl.

Ytterväggskonstruktion: Fasadsystem + väggkonstruktion.

1 Inledning

Under en lång tid har byggbranschen anklagats för att bygga bostäder av dålig kvalitet till en för hög kostnad. Många är överens om att branschen och framförallt byggproduktionen behöver effektiviseras och att detta kan göras genom att influenser hämtas från tillverkningsindustrin.

Ett problem vid industrialiseringen av bostadshus är att kombinera möjligheten till en varierad formgivning med en hög grad av industrialisering. Ett sätt att skapa projektunika hus är att använda ett industriellt byggsystem bestående av element som saknar bestämda standardmått. Standardiseringen i ett sådant system görs istället på komponentnivå, där gränssnitten standardiseras. Med ett industriellt byggsystem avses, i denna rapport, en konstruktionslösning för husbyggnad bestående av en uppsättning komponenter som helt eller delvis är färdigutformade och dimensionerade samt som så långt som möjligt tillverkas i fabrik. Komponenterna sammanfogas i fabrik till element och på byggarbetsplatsen monteras elementen samman till en byggnad. För industriella byggsystem blir byggarbetsplatsen mer av en montageplats. Att använda sig av platta element istället för de mer vanliga volymelementen, som automatiskt får fler fasta modulmått, innebär större variationsmöjligheter. De industriella byggsystem som därmed borde ha bäst potential att anpassas efter kunders, beställares, producenters och samhällets önskemål, är de byggsystem där platta moduler, såsom väggar och bjälklag, görs helt färdiga i fabrik, med inre ytskikt, tätningar och installationer och sedan levereras till byggsplatsen för enbart montering.

Idag är det vanligt att, med hjälp av en platsbyggd fasad som täcker elementskarvarna, dölja att byggnaden till största delen är industriellt producerad. För att utveckla de industriella byggsystemen och komma ett steg längre i industrialiseringsprocessen är en minskning av det fasadarbete som måste utföras på byggplatsen en viktig aspekt. Detta kan uppnås genom att fasaden monteras på väggelementen redan i fabrik. För ett flexibelt industriellt byggsystem, med en konstruktion av platta parameteriserade väggelement, kan det uppstå problem med en fabriksmonterad fasadutformning. Avsaknaden av modulmått i byggsystemet ställer höga krav på att även fasadsystemet måste vara flexibelt och parameteriserbart. Vidare kan fogarna mellan fasadelementen orsaka funktionsproblem i ytterväggarna samt begränsa möjligheterna till uttrycksvariation på fasaden.

ManuBuild är ett europeiskt konsortium med deltagare från tio länder som under en fyraårsperiod genomför omfattande forskning med syfte att skapa inspirerande och prisvärda bostäder genom en radikal effektivisering som minskar byggkostnaden, byggtiden och byggavfallet. I samband med detta initiativ startades i Sverige projektet 4B – Bygg Bra Bostäder Billigare med utgångspunkten att industrialisering också medför något nytt i kvalitet, valfrihet och uttryck. I projektet arbetar NCC AB och Chalmers tekniska högskola tillsammans med White arkitekter och IVF industriforskning och utveckling AB.

På initiativ av NCC AB och Chalmers tekniska högskola har två parallella examensarbeten utförts som utreder möjligheterna för en fabriksmonterad fasad på ett industriellt byggsystem. Det första av arbetena är inriktat på arkitektonisk kvalitet och formgivning. Det andra arbetet, vilket den här rapporten är ett resultat av, knyter an till det första och fokuserar på framtagandet av ett applicerbart fasadsystem som kan uppfylla krav på funktion, flexibilitet och industrialisering.

1.1 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att finna alternativa lösningar till platsbyggda fasader genom att studera de industriellt producerade fasadsystemen som finns på marknaden. Fasadsystemens lämplighet för industriella byggsystem med parameteriserade, bärande betongytterväggar ska bedömas och vilka konsekvenserna blir ska påvisas.

Målet med arbetet är att utarbeta en metodik för att utreda existerande fasadsystemers applicerbarhet på ett industriellt byggsystem. Målet med metodiken är att den ska kunna användas för att värdera olika fasadsystem och jämföra dessa mot varandra. I värderingen bedöms fasadsystemens förmåga att uppfylla kundens, beställarens, tillverkarens och samhällets krav och önskemål på funktion, estetik, flexibilitet, industrialiseringsgrad och resurseffektivitet. Målet är att med metodikens hjälp finna det fasadsystem som bäst uppfyller kraven och önskemålen på ett fasadsystem till ett industriellt byggsystem.

Målgruppen för arbetet är personer och företag med intressen i en effektivisering av flerbostadsbyggande i allmänhet och personer involverade i ManuBuild, 4B eller liknande forskningsprojekt i synnerhet. Målgruppen för metodiken är personer som arbetar med att utveckla industriella byggsystem.

1.2 Metod

För att arbeta fram en lämplig metodik har industriella byggsystem studerats. Detta har gjorts genom litteraturstudier i form av tryckta och elektroniska skrifter samt genom studiebesök i en fabrik och på en montageplats för ett lämpligt industriellt byggsystem. Metoden för att specificera krav och önskemål för fasader till industriella byggsystem har varit att kombinera informationen från ovanstående studier med studier av regelverk, bygghandböcker och läroböcker inom byggnadsteknik.

För att testa metodiken och samtidigt finna ett lämpligt fasadsystem till ett utvalt industriellt byggsystem har en fallstudie utförts. I fallstudien har de vanligast förekommande industriellt producerade fasadtyperna värderats. Information om fasadsystemen har tillförskansats genom produktbroschyrer, bygghandböcker samt muntlig och skriftlig kontakt med fasadkomponentsleverantörer i Sverige. Dessutom har studiebesök på byggarbetsplatser under fasadmonteringsskedet gjorts och befintliga referensfasader i närområdet har granskats.

Delar av den funktionstekniska analysen i fallstudien har gjorts med hjälp av handberäkningar. Beräkningar av värmeflöden och fuktillstånd har gjorts i simuleringsprogrammen HEAT2 respektive KFX03 (se Appendix C- Beräkningar till analys för beskrivning av de två programmen).

1.3 Disposition

Rapporten inleds med en bakgrund till industriellt byggande samt en introduktion till industriella byggsystem och industriellt producerade fasader.

Därefter följer en förklaring av den framtagna metodiken där värderingsverktygen och metodstegen beskrivs.

Beskrivningen av metodiken följs av en tillämpning av metodiken i form av en fallstudie där nytta och tillförlitlighet av metodiken undersöks, samtidigt som ett förslag på fasadlösning till ett specifikt industriellt byggsystem tas fram. Fallstudien innehåller även beskrivningar av de industriellt producerade fasadtyper som är vanligt förekommande i dag.

1.4 Avgränsningar

Metodiken för värdering av fasadsystem som föreslås i denna rapport bygger på en del antaganden och avgränsningar både för byggsystem och för fasadsystem. Om en värdering ska utföras för ett fasad- eller byggsystem som hamnar utanför detta tillämpningsområde får metodiken ses över och kriterier anpassas efter rådande situation.

Metodikens tillämpningsområde är begränsat till flerbostadshus, i tre till åtta våningar, belägna i norra Europa eller i ett geografiskt område med motsvarande klimat och liknande byggregler. Metodiken är först och främst framtagen för att användas vid värdering av industriellt producerade och monterade fasader, men det går även att använda metodiken för att värdera en platsbyggd fasad i jämförelsesyfte. Möjlighet finns även att använda metodiken för att värdera en platsbyggd fasad där vissa moment i uppförandet har industrialiserats.

Byggsystemets väggelement förutsätts vara bärande och bestå av utvändigt isolerad, armerad betong. Väggelementen antas vara parameteriserade i horisontalled men tillåts ha en låst våningshöjd. Metodiken förutsätter att betongväggarna som fasaden ska appliceras på är förtillverkade i fabrik och att även monteringen av fönster- och dörrpartier, utvändig isolering samt installationsdragning sker innan elementen levereras till montageplatsen. Vidare fordras det att väggelementen tätas längs kanterna så långt som möjligt i fabrik. Att väggelementen väderskyddas fram till dess att byggnaden tas i bruk, både i fabrik, under transport och på montageplats är också ett villkor.

De funktionsegenskaper som analyseras mer noggrant är främst termisk prestanda och fuktsäkerhet eftersom dessa egenskaper har lagstiftade krav att nå upp till och att förbättringar utöver kraven leder till en ökad kvalitet för hela byggnaden. Metodiken tar inte hänsyn till hur fasaden påverkar byggnadens akustik. Den aktuella ytterväggskonstruktionen förväntas uppfylla krav på god ljudisolering utan hjälp av fasaden.

I fallstudiens analys görs inga laborationsförsök, konstruktionsberäkningar, ekonomiska analyser eller livscykelanalyser.

2 Industriellt byggande

De flesta områden inom tillverkningsindustrin är sedan länge industrialiserade och till stor del automatiserade. Produktionen effektiviseras ständigt med nya, förbättrade tekniker. Logistiken förbättras, resursslöseriet och kostnaden minskar samtidigt som kvaliteten ökar. Byggbranschen däremot, har inte hängt med i utvecklingen i samma tempo och lönsamheten är inte tillräcklig än. Det produceras byggnader i för långsam takt med tanke på behovet och inköpen har blivit dyrare. Det slösas för mycket tid på byggarbetsplatsen till följd av onödig väntan, såsom väntan på leveranser, väntan på att utrustning ska bli ledig och väntan på rätt väder. Denna väntan leder ofta till stora förseningar i byggprojekten. Problem som inte löses eller förutses i projekteringsskedet kan leda till nödlösningar på byggarbetsplatsen, vilket tillsammans med dåligt skydd från utomhusklimatet bidrar till en försämrad byggkvalitet.

Det har gjorts försök att industrialisera och effektivisera bostadsbyggandet för att få lägre kostnader och kortare byggtider ända sedan 1930-talet i Sverige (Adler 2005). Influenser kom från Tyskland där väggelement av armerad betong standardiserats och lyftkranar börjat användas vid montering. I Sverige var det dock främst vissa tillverkningssteg i småhusproduktionen som industrialiserades. Först under 50- och 60-talen industrialiserades flerbostadshustillverkningen på allvar i Sverige i det så kallade "miljonprogrammet". Standardhus med förtillverkade väggar och bjälklag massproducerades och systemtänkandet fick fart. Problemet med "miljonprogrammet" var att byggnaderna och deras närmiljö inte uppfyllde kundernas krav på arkitektonisk utformning och flexibel planlösning. Byggnader som inte efterfrågades kom att överproduceras vilket ledde till ett bakslag på 70-talet när många lägenheter stod tomma. Industrialiseringsprocessen fick ingen vidare genomslagskraft och utvecklingen kom av sig (Boverket 2006a).

Inom vissa områden i den svenska byggbranschen har industrialiseringen blivit mer accepterad. Småhustillverkningen, exempelvis, har utvecklats och lyckats motsvara kundernas krav på bra hus till låga kostnader genom att följa med i trenderna och samtidigt bygga husen helt eller delvis färdiga i fabrik. Även byggnader i industriområden, utan särskilda krav på estetik och utformning, bygger ofta på system med kompletta förtillverkade vägg- och takelement tack vare standardisering och fasta modulmått.

På senare tid, sedan slutet av 1990-talet, har behovet av ett effektivare samhällsbyggande uppmärksamats på nytt sedan byggkostnaderna skjutit i höjden till följd av dyrare arbetskraft, dyrare material och ett bibehållet resursslöseri på byggarbetsplatserna. Det är ett stort behov av nya bostäder och produktionstakten behöver öka. Målet har varit, och är, att även större byggnader som flerbostadshus och kontorsbyggnader ska kunna förtillverkas i hög grad samtidigt som kundönskemål står i fokus och byggnaderna kan förhålla sig till en befintlig och framtida stadsbild.

2.1 Industriella byggsystem

Industrialiseringsbehovet i byggbranschen har uppmärksamats i hög grad de senaste åren och idag vill många byggföretag skryta med att de satsar på ett industriellt byggande. För de flesta företagen handlar det enbart om att vissa processer i byggandet har industrialiserats och långt ifrån hela byggsystem. Byggkomponenter prefabriceras i allt större grad men merparten av arbetet sker fortfarande på byggarbetsplatsen. Industriellt byggande handlar om mer än

bara prefabricering. Själva byggprocessen ska industrialiseras och inte produkten (Ekholm m.fl. 2005).

En stor svårighet med att producera bostäder industriellt jämfört med industriell tillverkning i den traditionella tillverkningsindustrin, är att själva montageplatsen måste flyttas, geografiskt sett, från projekt till projekt och med den även material, utrustning och yrkesarbetare. Vidare innebär varje byggprojekt unika förutsättningar vad gäller grundförhållanden, väderlek, kundkrav och stadsplan (IVF 2007). Dagens byggarbetsplatser går att effektivisera och göra relativt fabrikslika. Om all tillverkning förflyttas till fabriksmiljö blir byggarbetsplatsen en ren montageplats. Ett sätt att förlägga även montaget till en effektiv fabriksmiljö är att flytta ”fabriken” till montageplatsen. Genom att montera elementen i väderskyddad miljö, i ergonomiskt riktiga arbetsställningar och med bra utrustning, blir monteringen mer industrilik.

När det kommer till industrialisering av flerbostadshus är det främst de stora entreprenörsföretagen som medverkar till utvecklingen. Vanligast är att flerbostadshusen produceras i volymelement. Eftersom det inte går att transportera hur stora volymer som helst tillverkas de oftast i våningshöga volymer som sammanfogas på byggarbetsplatsen. Efter sammanfogningen återstår det att uppföra fasaden, dra in installationer, färdigställa invändiga ytskikt samt att dölja anslutningsskarvar efter monteringen av volymelementen.

Volymbyggandet har kommit långt i industrialiseringsgrad när det gäller förtillverkning av byggelement i fabrik. Över lag fokuseras det dock mer på funktion än på form och upplevelse. Problemet med ett volymelement är att det får många gränssnitt mot andra element vilket leder till att ett volymelement måste anpassas till ett flertal andra volymelement och att sammankopplingen därmed kan bli besvärlig om inte volymelementen standardiseras i storlek. Flexibiliteten blir därför inte lika bra vid användning av volymelement som vid platta element och hus uppbyggda av volymelement upplevs oftare som typhus. Transportmåttan utgör ett stort hinder för vidareutveckling eftersom kortsidorna på volymelementen, och därmed innerväggarna, får en maximal längd av transportens bredd på 3,6 m (Boverket 2006a, s63) vilket hindrar en öppen planslösning. I största allmänhet upplevs planslösningen i volymelementbyggnader ofta som grov och med dåligt utnyttjade ytor. Ytterligare ett problem med flerbostadshus uppbyggda av volymelement är att bjälklagen blir dubbla vilket innebär mer utnyttjad yta på höjden ju fler våningar det är. Resultatet blir också att fasaden i många fall ser märklig ut eftersom fönstersättningen hamnar långt ifrån varandra i höjddled.

Det finns ett antal byggsystem på marknaden idag där byggnaderna helt eller delvis byggs upp av platta element istället för av volymelement. Exempel på platta element är sandwich-väggar och prefabricerade bjälklag. Byggsystem där i stort sett alla delar är förtillverkade och sammanfogade till ytelement förekommer. Ett byggsystem bestående av platta, parameteriserade element som kan varieras fritt i storlek inom en visst maximalt format, möjliggör projektunika byggen (Gunterberg-Ädelqvist & Runberger 2006). Ytelement kan till skillnad från volymelement kombineras i betydligt fler varianter. Platta element är däremot svåra att färdigställa helt i fabrik, med ytskikt och installationer, eftersom det blir många gränssnitt mellan ytskikt och installationer som tillhör olika element. Exempelvis är det besvärligt att göra tillräckligt diffusionstäta våtrum genom att sammankoppla förtillverkade och förtätade innerväggar. Badrum görs därför oftast som volymelement vid industriellt byggande och ytskikt och installationsmontering till ytelement görs istället vanligtvis efter det att elementen har sammankopplats. Industriellt byggande med platta element kräver mycket mer planering än byggande med volymelements-system.

2.2 Industriella fasader

Den vanligaste fasadlösningen till volymentelementbyggda flerbostadshus är märkligt nog att fasaden putsas på plats efter stomresandet (Boverket 2006a, s29). Detta fenomen beror troligtvis på inblandade parters rädsla för att låta det industriella i konstruktionen sticka ut och synas. Folk i allmänhet är misstänksamma mot det industriella byggandet och granskar sådana projekt extra noga. En putsad fasad döljer alla väggskarvar och får byggnaden att se gedigen och platsbyggd ut. En bidragande faktor till att fasaderna putsas i så stor utsträckning är att stadsbyggnadskontoren ofta föreskriver putsfasader i detaljplanerna. Att en putsad fasad föreskrivs passar ofta byggföretagen bra då puts är en okomplicerad och billig standardlösning (Boverket 2006a, s29). Det finns nu önskemål från branschen om andra fasadlösningar som låter den industriella konstruktionen träda fram. I skriften *Bostäder byggda med volymentelement* står det: ”En utveckling mot större flexibilitet och utökad repertoar vad gäller arkitektoniska uttrycksmöjligheter i fasad vore mycket önskvärd” (Boverket 2006a, s63).

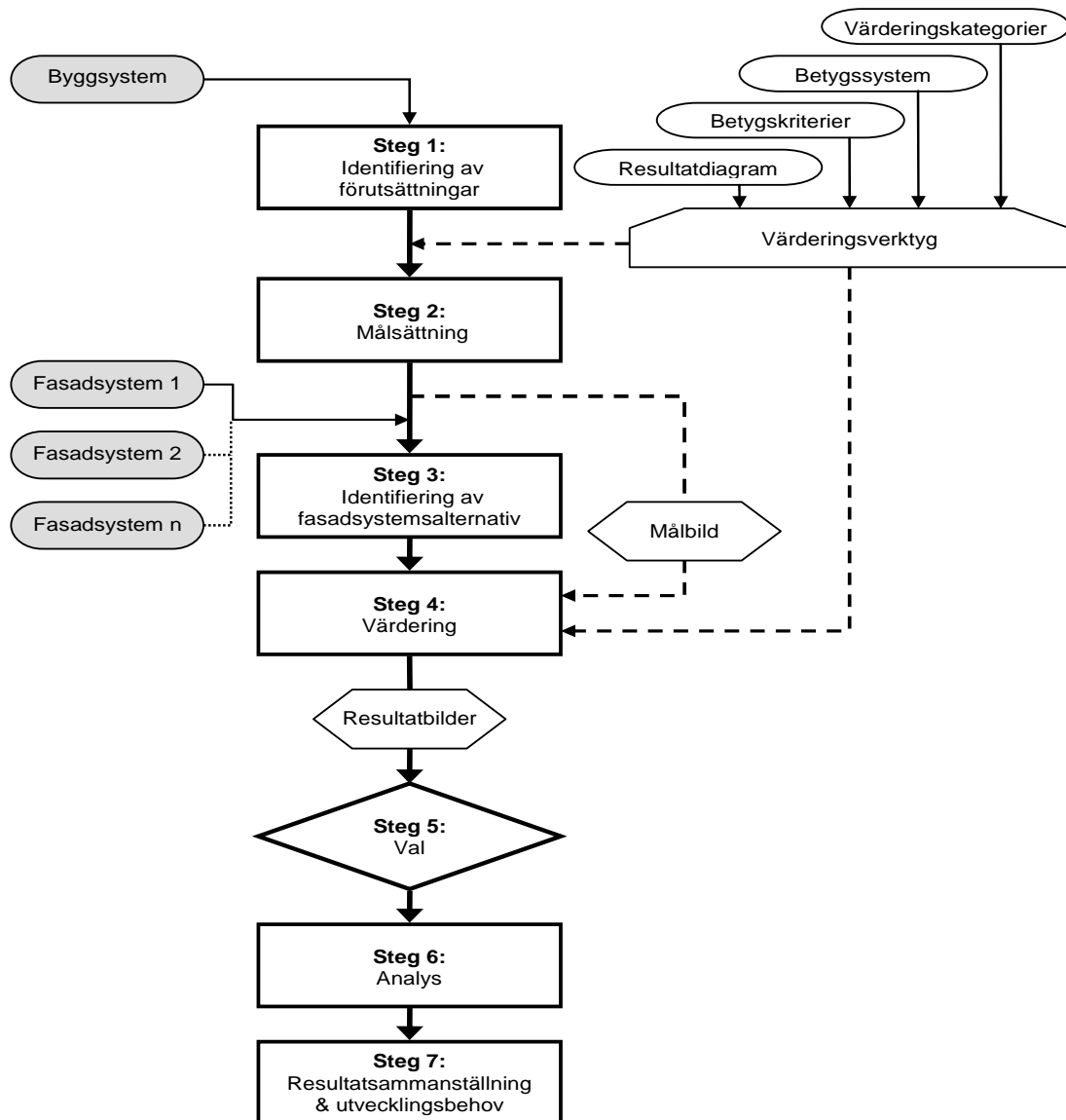
Av de industriella fasaderna på marknaden i dagsläget är **sandwichfasaden** det vanligaste systemet. Sandwichelementet består vanligtvis av två betongelement, en bärande del och en fasadbeklädnadsdel, som sammangjuts med mellanliggande isolering redan i fabrik. Elementen kan göras helt färdiga i fabrik med inre ytskikt, ingjutna installationer och självhäftande fogningslistor. Fogarna mellan elementen måste vara tillräckligt stora för att kunna ta upp temperatur- och fuktrörelser i beklädnaden samt måttavvikelser vid tillverkning. Följden blir att det ofta går att se ganska tydligt var väggelementkanterna ligger och det syns att byggnaden är industriellt producerad. Byggtekniken blir dock bättre och toleranserna snävare vilket gör att minsta fogbredd idag kan fås ganska liten. Det går också att arbeta med mönster och reliefer i betongbeklädnaden som gör att blicken antingen tas ifrån de verkliga fogarna eller uppmärksammar dem extra noga om det är målet.

Fasadbeklädnader som inte är en del av väggelementen, utan monteras separat men ändå är industriellt tillverkade och måttanpassade, finns både som betongelement och skivelement. **Betongbeklädnader** kan gjutas i nästintill valfri storlek, så länge de går att transportera till byggplatsen och infästningarna och stommen klarar att bära dem. Det faktum att betongelementen monteras på väggelementen efter det att byggnaden är rest gör att de kan tillverkas i stora sjok och därför dölja och överlappa väggelementens fogar. **Skivelementfasader** har vanligtvis en beklädnad av fibercement. Andra beklädnadsmaterial som förekommer är naturstensskivor och skärmtegel. Laminatskivor där ett tunt skikt, i valfri färg eller i t ex trä, lamineras fast på beklädnaden börjar också bli relativt vanligt. Plåtelement i panelform, t.o.m. med träliknande struktur i ytan, förekommer men de är inte så vanliga på flerbostadshus eftersom de lätt bucklas och då snabbt mister sitt träpanelliknande utseende. En traditionell träpanel är på sätt och vis också en typ av skivelementfasad men på grund av brandrisken finns det hårda restriktioner på hur höga träfasader får göras om inte huset förses med boendesprinklers. Det finns i stället brandtåliga träliknande skivelement som består av fibercementpaneler med trästruktur i ytan. Det går att utforma fogarna mellan skivelementen på olika sätt. Fogarna kan vara öppna med en luftspalt bakom och en tätning mot väggkonstruktionen, överlappande likt fjällpanel eller stängda med foglistor i olika färg och form. Skivorna fästs ofta in med synliga skruvar genom fasaden men infästningen kan även göras dold genom att den överlappas av beklädnad eller att den fästs på baksidan av beklädnadselementet.

3 Metodik för värdering av fasadssystem

I detta kapitel redovisas ett förslag till metod för värdering av befintliga fasadsystem applicerbarhet på industriella byggsystem med parameteriserad betongstomme. Metodiken är inte något redan etablerat tillvägagångssätt för utvärdering av fasadsystem, utan har arbetats fram utifrån ett behov av att åskådliggöra problematiken med att samtidigt uppfylla alla de krav som ställs på ett fasadsystem och dess tillverkning.

En illustration av tillvägagångssättet vid tillämpning av metodiken visas i Figur 3.1 nedan. De rektangulära rutorna åskådliggör stegen i metodiken. De skuggade ovalerna visar att information, om byggsystemet samt om de fasadsystem som ska värderas, krävs för att värderingen ska kunna utföras. De ofärgade ovalerna visar de värderingsverktyg som används i metodiken. Sexhörningarna visar de grafiska resultat som metodiken ger och som används vid bedömningen. När verktygen och resultaten används visas av de streckade linjerna.



Figur 3.1 Modell av metodiken för värdering av ett fasadsystems applicerbarhet på ett befintligt industriellt byggsystem.

Metodiken bygger på att det i början görs en identifiering av de förutsättningar och begränsningar som följer av det befintliga byggsystem som fasaden ska appliceras på. Fasadegenskaperna som ska värderas är uppdelade i tolv olika värderingskategorier som bedöms var för sig utifrån en del uppsatta minimikrav i dessa kategorier. För att en värdering av ett fasadsystems lämplighet ska vara möjlig bestäms först om de satta kraven är ett tillräckligt mål att sträva mot eller om en högre kapacitetsnivå är önskvärd. Målen jämförs därefter med fasadsystemets egenskaper. Hur väl kapaciteten stämmer med målsättningen är därefter det som avgör vilket eller vilka fasadsystem som ska väljas för en fördjupad analys. I analysen görs en noggrann kontroll att kraven är uppfyllda samt vilka eventuella förändringar av fasad- och byggsystem som är nödvändiga.

3.1 Värderingsverktyg

För att kunna genomföra värderingen och sätta betyg på fasadsystemets olika egenskaper krävs ett antal, för metodiken framtagna, verktyg. Fasadsystemets olika egenskaper som ska bedömas och minimikrav som dessa måste uppnå för att uppfylla samhällets normer samt kriterier för industriella byggsystem samlas i ett antal värderingskategorier. Samtliga kategorier ska betygsättas i värderingen vilket kräver ett betygssystem och lämpliga betygskriterier. Ett resultatdiagram har tagits fram för att lätt åskådliggöra betyget i de olika värderingskategorierna.

3.1.1 Värderingskategorier

Metodikens värderingskategorier är framtagna utifrån de egenskaper som kan anses vara viktiga hos ett modernt industriellt byggsystem. Egenskaperna skulle istället kunna ha hämtats från EOTA, en organisation för tekniskt godkännande inom EU-länder. EOTA författar bland annat riktlinjer över nödvändiga egenskaper för prefabricerade byggdelar och för vissa fasadbeklädnader. EOTA representeras i Sverige av SITAC¹. Författarna till denna rapport fick kännedom om EOTA i slutet av arbetets gång och därför har inte EOTAs riktlinjer använts i metodiken.

Fasadsystemet ska ha en säker konstruktion med avseende på hållfasthet och brand. Därtill ska fasadsystemet, tillsammans med resten av ytterväggskonstruktionen, utgöra ett fullgott beständigt klimatskydd under fasadens livslängd. Fasaden ska skapa förutsättningar för en hälsosam inomhusmiljö samt följa föreskrifter om belastning på den yttre miljön. Förutom dessa allmänna krav är utgångspunkten för framtagande av ett lämpligt fasadsystem till ett industriellt byggsystem att fasaduppförandet ska uppnå en viss grad av industrialisering. Industrialiseringen bör medföra en ökad kvalitet samt en minskad resursåtgång och totalkostnad. Byggnadsfysikalisk prestanda och estetiskt uttryck ska samtidigt hållas på minst samma nivå som för aktuell byggnad med en motsvarande platsbyggd fasad.

De nämnda kraven på fasadsystemet kan delas in i fyra värderingskategorier; funktion, estetik, flexibilitet & industrialisering samt resurseffektivitet. Värderingskategorierna delas i

¹ Dotterbolag till SP, Sveriges tekniska forskningsinstitut. Typgodkänner bygg- och installationsprodukter på den svenska marknaden.

sin tur in i underkategorier med ett antal förslag på bedömningspunkter. Bedömningspunkterna ligger till grund för betygskriterierna som kan användas till hjälp för en enklare värdering av fasadsystem i ett tidigt skede. För att ett fasadsystem över huvud taget ska tas i beaktande och värderas krävs det först att ett antal grundförutsättningar är uppfyllda.

Grundförutsättningar

Det aktuella byggsystemet bör inte påverkas för mycket av fasadsystemet. Detta är inget absolut krav utan det är upp till byggföretaget att avgöra hur mycket det är berett att ändra i byggsystemet för att fasadsystemet ska vara möjligt att applicera på byggnaden.

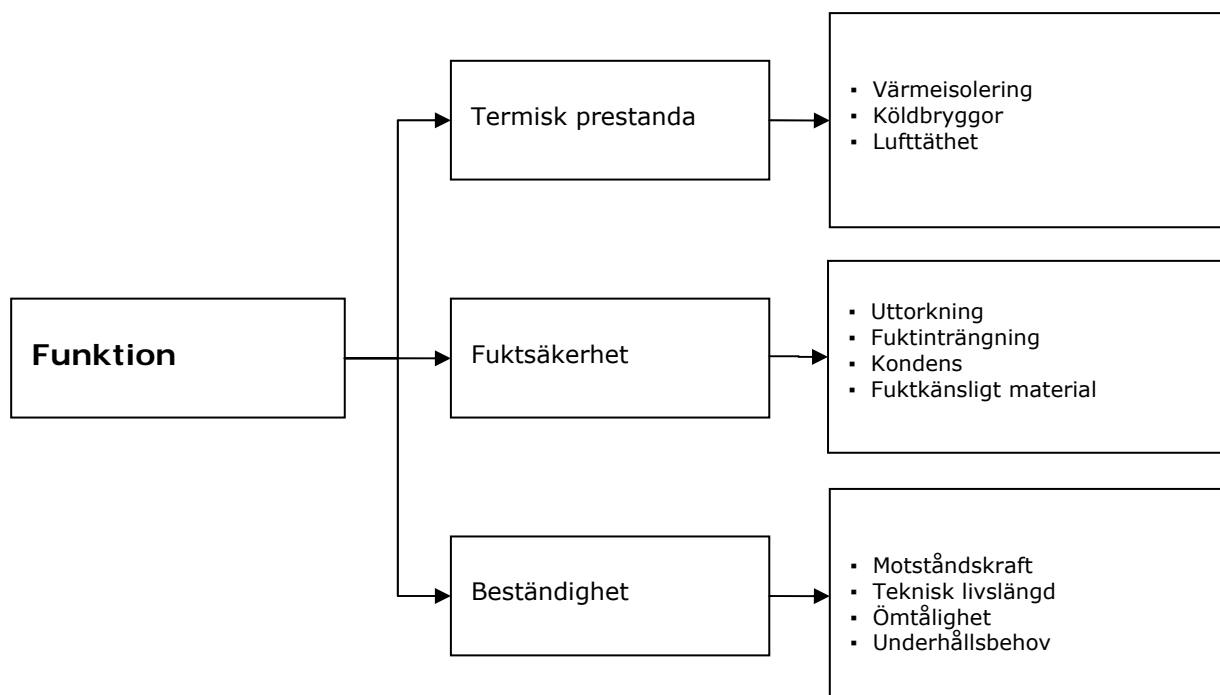
Fasadkonstruktionen ska uppfylla myndigheternas krav och föreskrifter på **bärförmåga, stadga och beständighet** enligt Boverkets konstruktionsregler.

Myndigheternas **brandkrav** för fasader på flervåningsbyggnader ska uppfyllas enligt Boverkets byggregler för brandskydd. I Sverige innebär detta att krav för brandtekniskt byggnadsklass Br1 ska infrias.

Ingående material i fasadsystemet får inte innehålla dokumenterat **miljöskadliga eller hälsovådliga ämnen**. Krav kan exempelvis sättas på att egenskapskriterierna enligt BASTA, Byggsektorns avveckling av särskilt farliga ämnen, ska vara uppfyllda, eller någon motsvarande organisations avvecklingslista.

Funktion

Fasadsystemet ska, under hela sin livslängd, tillsammans med byggsystemet uppfylla myndigheternas föreskrifter, Boverkets byggregler, på byggnadsfysikalisk funktion i form av energihushållning, termisk komfort och fuktskydd. Funktionskategorin delas in i områdena termisk prestanda, fuktsäkerhet och beständighet. De olika bedömningspunkterna för respektive underkategori åskådliggörs i Figur 3.2 nedan.



Figur 3.2 Bedömningspunkter inom huvudkategorin funktion.

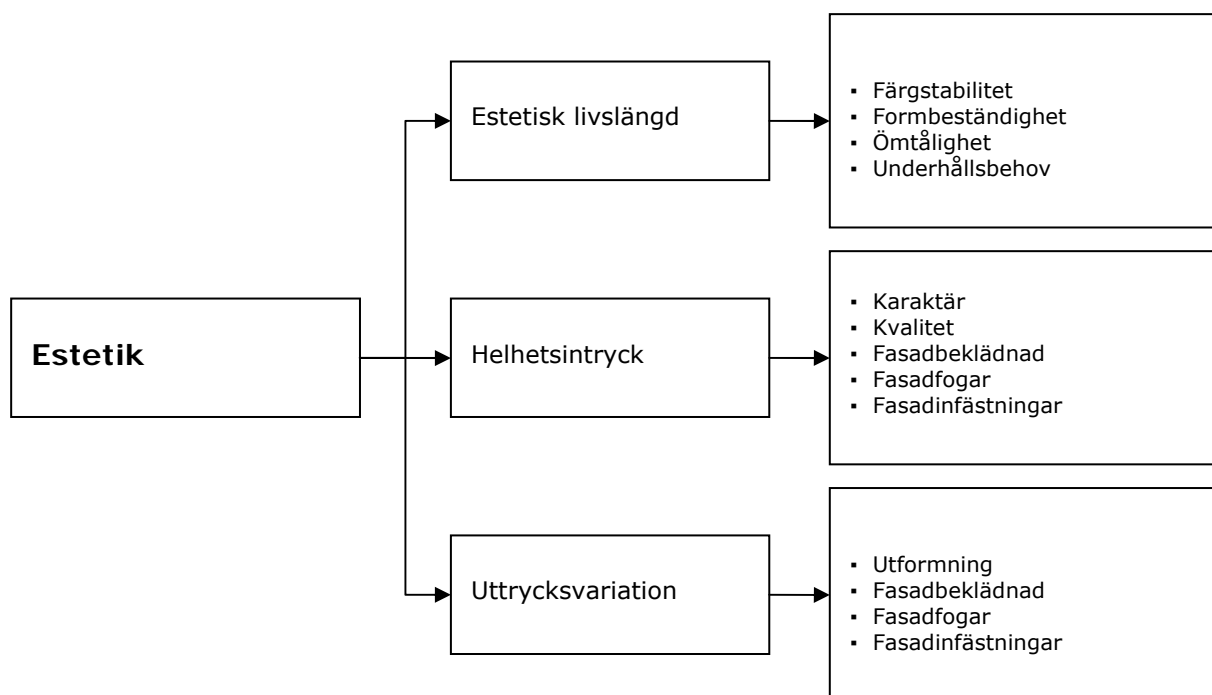
Fasadsystemets utformning och **termiska prestanda** avgör om ytterväggskonstruktionen blir tillräckligt värmeisolerande för att byggnaden ska kunna uppnå god energihushållning och termisk komfort. Det värmefflöde som passerar genom byggnadens ytterväggar beror till stor del av ytterväggskonstruktionens värmeegenomgångskoefficient, allmänt kallat dess U-värde. I Boverkets byggregler för energihushållning står föreskrivet hur stor den genomsnittliga värmeegenomgångskoefficienten för byggnadens omslutande delar får vara. Fasadkonstruktionen ska därför möjliggöra att ytterväggarnas isolerande förmåga blir tillräcklig och att inte ett för stort värmefflöde går genom fasadförankringarna eller andra köldbryggor orsakade av fasadsystemet. Vidare får inte byggnadens specifika energianvändning, dvs. den energi som under ett normalår behöver levereras till byggnaden för uppvärmning och kyla etc. (exklusive hushållsel), överskrida kravet i Boverkets byggregler. Fasadsystemets förankringar till betongväggen får inte orsaka ett så stort värmefflöde att lokala komfortproblem uppstår inomhus (Boverket 2006b). Vidare ska fasaden tillsammans med övrig ytterväggskonstruktion utgöra ett fullgott vindskydd så att uppkomst av luftrörelser i ytterväggskonstruktionen förhindras och det genomsnittliga luftläckaget inte överskrider kravet i Boverkets byggregler för energihushållning.

Fasadsystemets utformning med avseende på **fuktsäkerhet** avgör risken för skador i form av påväxt av biologiska organismer, elak lukt eller andra hygieniska olägenheter till följd av byggfukt eller inträngande fukt. Fasadsystemet som klimatskydd ska eliminera skaderisken till följd av nederbörd. Fasadanslutningar ska vara detaljutformade så att de utgör tillräckligt skydd vid slagregn, då regn förekommer i samband med vind. Fuktinträngning genom fasaden får inte orsaka skador på ytterväggskonstruktionen utan ska ha möjlighet att torka ut, exempelvis genom en ventilerad luftspalt. Fasadförankringarna får inte leda fukt som kan orsaka skador vidare in i väggelementen. Vidare får de inte skapa ett så stort värmefflöde att kalla ytor som luften kan kondensera på uppstår. Fasadsystemet får inte orsaka att fukttillståndet i ytterväggskonstruktionen överskrider kritiskt fukttillstånd för något ingående material. Med kritiskt fukttillstånd menas den fuktnivå då materialets avsedda egenskaper och funktion upphör att fungera (Boverket 2006b, 6:5).

Med **beständighet** avses fasadsystemets förutsättningar att bibehålla de byggnadsfysikaliska egenskaperna under fasadens livslängd. Fasadsystemets ingående komponenter ska vara beständiga vid belastningar från klimatet och rimlig mekanisk påfrestning. Anslutningarna ska vara anpassade för deformationer i fasadelementen. Fasadens livslängd ska vara minst lika stor som för en platsbyggd fasad av motsvarande material. Även behovet av underhåll ska vara mindre eller lika stort som för en motsvarande platsbyggd fasad.

Estetik

Estetik är ingen bestämd faktor och den är därför svår att värdera. Målet vid val av fasadsystem är att hitta ett alternativ som möjliggör en flexibel högkvalitativ arkitektur som står sig under byggnadens livslängd. Estetik kategorin delas in i områdena estetisk livslängd, helhetsintryck och uttrycksvariation. De olika bedömningspunkterna för respektive underkategori åskådliggörs i Figur 3.3 nedan.



Figur 3.3 Bedömningspunkter inom huvudkategorin estetik.

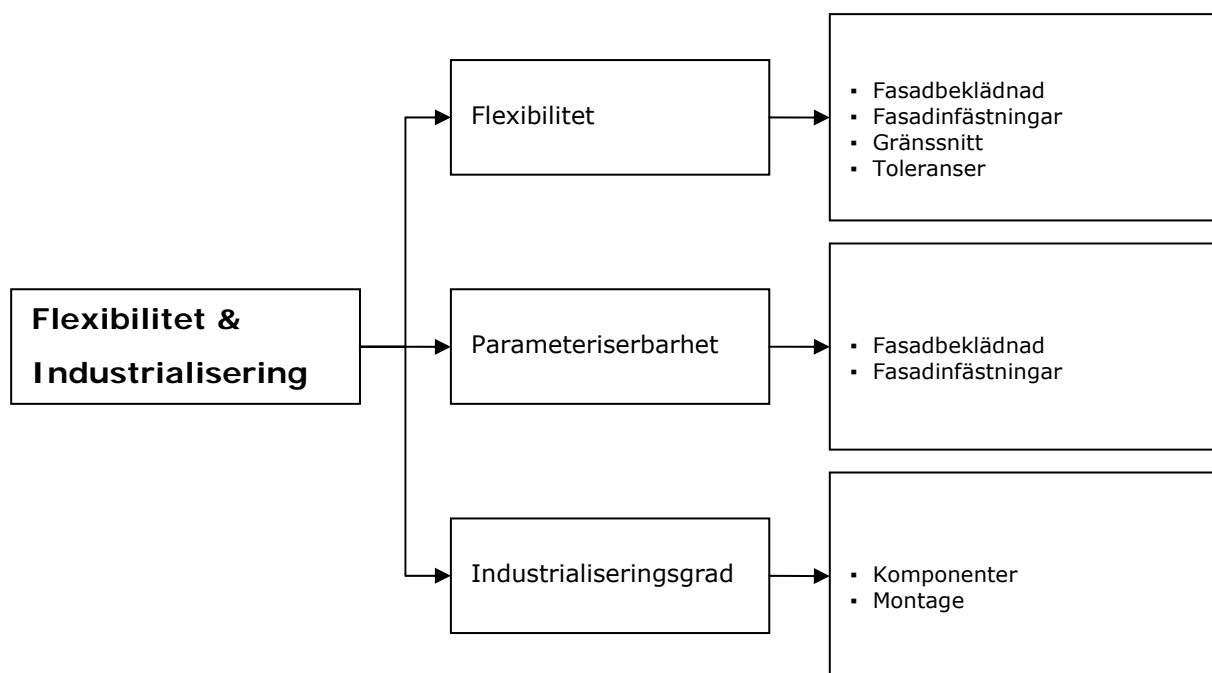
Med **estetisk livslängd** åsyftas ett mått på tiden fram till dess att fasadens helhetsintryck har förändras så att det inte längre uppfyller ställda krav. Fasadsystemet ska, vid normalt underhåll, bibehålla ett godtagbart utseende trots yttre påverkan i form av temperaturvariationer, fukt, solstrålning, luftföroreningar, biologiska organismer, stötar och annan mekanisk åverkan.

Med **helhetsintryck** avses hur den nybyggda fasaden ser ut och förhåller sig till den omgivande miljön. Fasaden ska se gedigen ut och kunna förhålla sig till ett stort antal stadsplaner. Fasaden ska vara estetiskt tilltalande och skapa förutsättningar för ett flertal olika estetiska uttryck.

Fasadsystem med stor **uttrycksvariation** möjliggör fasadgestaltning av både modern och traditionell karaktär och kan tillmötesgå en majoritet av kundönskemålen. Fasadbeklädnadens geometri och ytskikt ska kunna varieras. Möjlighet till val av material, kulör, struktur och ytbehandling ska eftersträvas. En kombination av olika ytskikt på samma fasad är önskvärd. Fasadinfästningar och fogar kan antingen smälta in i fasaden, eller användas för att skapa ett mervärde i fasaddesignen.

Flexibilitet & Industrialisering

Fasadsystemet ska vara tillräckligt flexibelt för att inte inskränka det aktuella byggsystemets parameteriserbarhet och industrialiseringsgrad mer än nödvändigt. Kategorin delas in i områdena flexibilitet, parameteriserbarhet och industrialiseringsgrad. De olika bedömningspunkterna för respektive underkategori åskådliggörs i Figur 3.4 nedan.



Figur 3.4 Bedömningspunkter inom huvudkategorin flexibilitet och industrialisering.

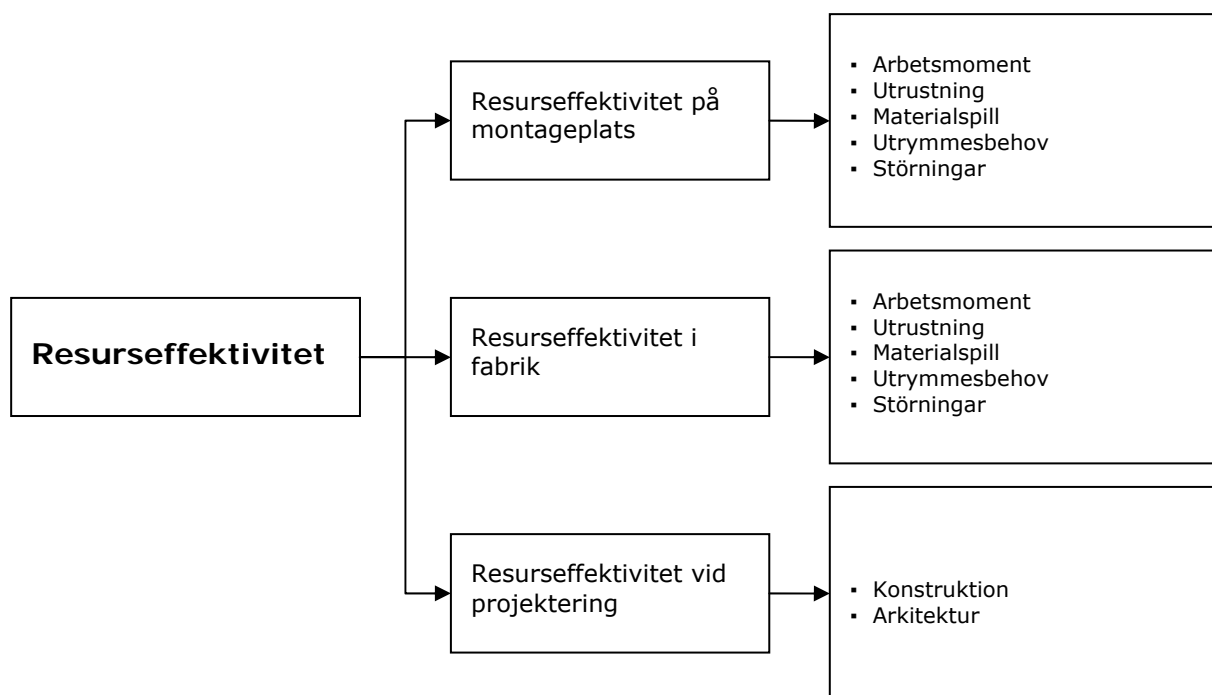
Med **flexibilitet** avses fasadsystemets förmåga att kunna anpassas till unika byggprojekt. Kompatibla kopplingar och gränssnitt mellan fasadsystemets komponenter innebär stora variations- och kombinationsmöjligheter. En sorts fasadinfästning ska kunna användas till samtliga av fasadsystemets alternativa beklädnadselement, oavsett storlekar. Fasadsystemets gränssnitt är utformade så att de kan ansluta till övriga byggnadsdelar och andra typer av fasader. Placering av fasadförankringar bör vara flexibel. Fasadsystemet måste kunna ta upp förväntade måttavvikelser.

Ett fasadsystems **parameteriserbarhet** betyder att det inte är uppdelat i fasta modulmått utan kan anpassas till en oändlig variation av mått och storlekar. Fasadsystemet måste enkelt kunna måttanpassas för att passa väggkonstruktionen oavsett byggnadsutformning. Fasadsystemet kan vara baserat på modulmått endast om dessa är i så små storleksintervall att fasaden inte inskränker på byggsystemets parameteriserbarhet.

Med fasadsystemets **industrialiseringsgrad** avses i vilken utsträckning fasaduppförandet har förlagts till fabrik och hur stor del av fasadtillverkningen som ligger utanför den egna produktionen. Fasadsystemet ska så långt som möjligt färdigställas i fabrik, både i form av förtillverkning av komponenter samt montering av dessa på väggelementen. Förtillverkning av fasadkomponenter bör ske utanför den egna ytterväggsproduktionen.

Resurseffektivitet

Fasadsystemet ska projekteras och uppföras på ett resurseffektivt sätt så att det i alla skeden görs rätt saker som skapar värde för kunden och att slöserier undviks. De resurser som åsyftas är exempelvis material, utrustning, arbetskraft, arbetstid och utrymmesbehov. Kategorin resurseffektivitet behandlas för montageplats, fabrik och projektering. Bedömningspunkterna för respektive underkategori åskådliggörs i Figur 3.5 nedan.



Figur 3.5 Bedömningspunkter inom huvudkategorin resurseffektivitet.

Resurseffektiviteten på montageplats är ett mått på hur enkla och resurssnåla de moment av fasaduppförandet som utförs på montageplatsen är. Fasadsystemet ska vara lättmonterat på montageplatsen och endast kräva små resurser i form av mantimmar, utrustning, material och utrymme. Risken för störningar under monteringen bör vara låg.

Resurseffektiviteten i fabrik är ett mått på hur enkla och resurssnåla de moment av fasaduppförandet som utförs inom den egna ytterväggsproduktionen är. Tillverkning av fasadkomponenter bör ske utanför ytterväggsproduktionen. Måttanpassning och montering kräver relativt små resurser i form av mantimmar, utrustning, material och utrymme. Risken för störningar i produktionen till följd av fasaduppförandet bör vara låg.

Ett industriellt byggande kräver en noggrann projektering och en stor del av byggprocessens resurser läggs i projekteringsstadiet. **Resurseffektivitet vid projektering** av fasaden innebär i det här bedömningsunderlaget enkelhet, översiktlighet och tydliga ramar för de inblandade. Konstruktören och arkitekten ska ha tillgång till lättanvända verktyg samt tydliga förutsättningar och begränsningar vid fasadprojekteringen.

3.1.2 Betygssystem

Värderingen av fasadsystemet innebär att sifferbetyg sätts på fasadsystemets egenskaper för var och en av de tolv värderingskategorierna. Det går att sätta allt från 0-4 poäng där 0 poäng betyder att kraven i värderingskategorierna inte uppfylls och 4 poäng betyder att kraven uppfylls mer än väl. Om ett fasadsystem får 0 poäng i en kategori innebär det att drastiska förändringar av fasadsystemet eller byggsystemet krävs för att kraven ska kunna uppfyllas och det är därför inte lönt att ta fasadsystemet i bruk. 1 poäng i betyg betyder att små förändringar av fasadsystemet eller byggsystemet behöver göras och det finns möjlighet att

använda fasadsystemet. Om kraven i värderingskategorierna är precis uppfyllda får fasadsystemet 2 poäng i betyg. Är fasadens egenskaper bättre än ställda krav får den 3 poäng och en utomordentligt bra fasad får 4 poäng.

4 poäng: Toppbetyg	(toppen!)
3 poäng: Bättre egenskaper än ställda krav	(bra!)
2 poäng: Ställda krav uppfylls	(okej!)
1 poäng: Potential att utvecklas så att ställda krav uppfylls	(kanske!)
0 poäng: Ställda krav uppfylls inte.	(nej!)

När betygen är satta på de tolv underkategorierna är det inte säkert att fasadsystemet med högst sammanlagd poäng är det bäst lämpade. Därför viktas betyget med hjälp av en ställd målsättning och det fasadsystem som bäst uppfyller målbilden är det bäst lämpade.

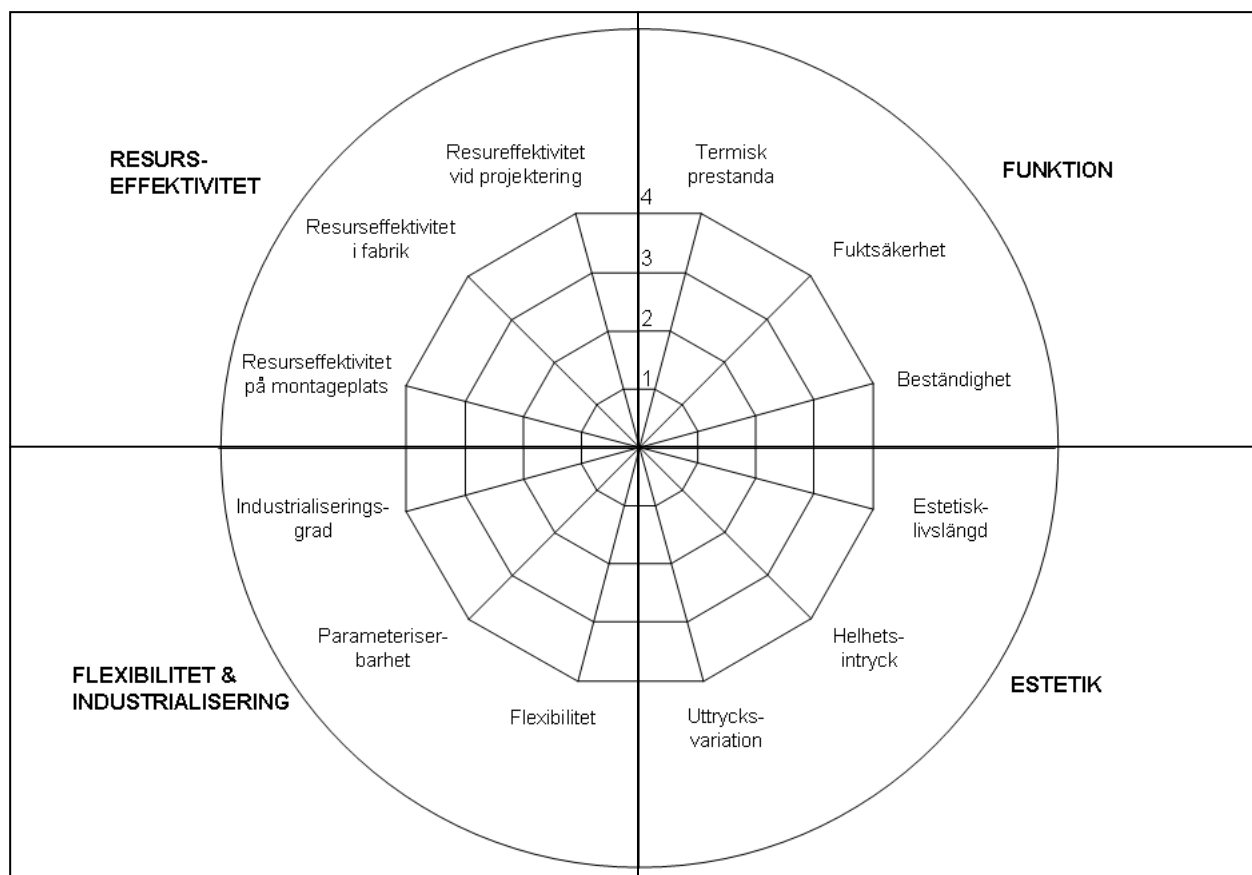
3.1.3 Betygskriterier

För att förenkla betygsättningen i värderingen bör betygskriterier anges för de tolv värderingskategorierna. Till skillnad från de andra verktygen i metodiken är betygskriterierna inte absoluta utan förnyas för varje gång metodiken tillämpas. Betygskriterierna ska beskriva vilka egenskaper fasadsystemet måste ha för att få ett visst betyg i aktuell kategori. Betygskriterier bör anges för alla de bedömningspunkter som ingår i en värderingskategori. För att ett fasadsystem ska tilldelas en viss poäng i kategorin måste kriterierna i samtliga bedömningspunkter i kategorin vara uppfyllda.

Betygskriterierna avgör hur detaljerad värderingen blir och hur mycket resultatet kommer att slå mellan de olika fasadsystemen som värderas. Ett förslag på betygskriterier, de som används i fallstudien i Kapitel 4, visas i Appendix A- Betygskriterier. Om dessa förslag på betygskriterier ska användas i en annan tillämpning av metodiken bör det först kontrolleras att byggsystemet har de egenskaper som föreskrivits i avgränsningar för metodiken (Kapitel 1.5). Om inte ska det innan värdering kontrolleras om betygskriterier behövas ändras eller kompletteras.

3.1.4 Resultatdiagram

Ett fasadsystems värderingsbetyg redovisas för respektive kategori i ett resultatdiagram (se Figur 3.6 nedan). Diagrammet är indelat i fyra kvadranter, där varje kvadrant motsvarar en av de fyra huvudkategorierna; Funktion, Estetik, Flexibilitet & Industrialisering samt Resurseffektivitet. Varje kvadrant är i sin tur indelat i de tre underkategorier som beskrivits i Kapitel 3.1.1 och är de egenskaper som värderas. Kategorierna är över lag placerade i resultatdiagrammet så att en underkategori som samverkar med en underkategori i ett annat värderingsområde ligger intill varandra vid kvadrantgränsen. Därför blir betygen vid kvadrantgränserna oftast likartade.



Figur 3.6 Resultatdiagram. Diagrammet används för att åskådliggöra resultatet av värderingen av ett fasadsystems egenskaper utifrån uppsatta betygs-kriterier.

Betyget som uppnås i de olika underkategorierna markeras på kategori-axlarna i figuren. När alla egenskaper är värderade dras en linje mellan punkterna på axlarna. Den sammanlagda arean som bildas innanför linjen i resultatdiagrammet är ett totalt betyg för fasadsystemet. Arean som bildas innanför linjen i en kvadrant utgör betyget för denna huvudkategori. I värderingen ritas även den uppställda målbilden in i resultatdiagrammet så att värderingsbetyget kan jämföras med denna.

3.2 Tillvägagångssätt vid tillämpning av metodik

Detta avsnitt beskriver mer ingående de steg i metodiken som visades i flödesschemat i Figur 3.1. Avsnittet kan användas som vägledning vid värdering av befintliga fasadsystems potential att användas på ett industriellt byggsystem.

Metodstegen är ordnade så att principen för byggsystemet, till vilket en fasadlösning ska tas fram, klargörs från starten. Det är viktigt att kontrollera att byggsystemet har de förutsättningar som metodiken anbefaller (se avgränsningar i Kapitel 1.5). Om Byggsystemets egenskaper skiljer sig från de egenskaper som förutsatts i metodiken kan metodikens krav och betygs-kriterier behövas ändras eller kompletteras. Hur många eller vilka existerande fasadsystemlösningar som ska bedömas är valfritt. Det finns inget krav på minsta eller maximala antal fasader som ska värderas och jämföras. Det är fullt möjligt att använda metodiken enbart för att kontrollera om ett fasadsystem uppfyller den önskade målbilden.

3.2.1 Steg 1: Identifiering av förutsättningar

De förutsättningar och begränsningar som ges av det industriella byggsystem som fasadsystemet ska appliceras på måste vara kända för att en värdering av fasadsystems lämplighet ska kunna utföras. Företagets grundtanke vid utvecklingen av det industriella byggsystemet är avgörande för bestämning av prioriteringar och målsättning.

Kundorientering

För att veta vilken nivå som är rimlig att sträva efter i de olika värderingskategorierna är det viktigt att ha klart för sig vilka kunderna är, både i form av beställare och framtida brukare av bostäderna. Det är väsentligt att försöka finna ett fasadsystem som möjliggör en prissättning på bostäderna som lämpar sig för den planerade kundkretsen och ger förutsättningar till en fasadutformning som passar in i de områden som bostadshusen är tänkta att byggas i.

Produktionstekniska förutsättningar

Innan målen till fasadsystemsvärderingen kan sättas upp måste en utredning göras över vilka delar av väggarna som i nuläget tillverkas och monteras i fabrik. Hur betingelserna för fasadtillverkning ser ut i fabriken är också viktigt att ha klart för sig. Det måste göras ett ställningstagande angående om fasadtillverkningen ska ske helt på egen hand eller om underleverantörer ska anlitas för tillverkning av fasadsystemkomponenterna.

Vid avgörandet av vilka moment i fasadproduktionen som ska prioriteras vid effektivisering av fasaduppförandet, gäller det att ha klart för sig hur tiden är fördelad vid den övriga produktionen av byggnadens delar. Värdet av att tidseffektivisera ett produktionssteg i fasadtillverkningen är litet om det inte innebär att den totala byggtiden kortas.

I vissa fall kan utrymmesbegränsningar i fabrik och på montageplats vara avgörande för val av fasadsystem. Hur mycket utrymme som är möjligt att utnyttja i olika produktionssteg är därför viktig att veta på förhand. Slutligen ska det, innan nästa steg i metodiken påbörjas, tydliggöras hur fasadtillverkningen ser ut i dagsläget och om detta platsbyggda fasadalternativ ska finnas kvar även i fortsättningen.

Byggnadstekniska förutsättningar

För att kunna sätta lämpliga mål för ytterväggarnas termiska prestanda, fuktsäkerhet och beständighet är det viktigt att veta vilken geografisk spridning husen byggda med det aktuella byggsystemet är tänkt att ha. Även materialegenskaper och dimensioner i byggsystemets väggelement är väsentliga att känna till. Utformning av anslutningar mellan väggelementen samt frekvens och täthet på dessa anslutningar påverkar också byggnadens funktionsprestanda.

Standardiseringar i byggsystem

Till vilken grad byggsystemet är standardiserat påverkar i vilken utsträckning fasadsystemet kan standardiseras. Ju färre lösningar det finns i byggsystemet, desto färre lösningar kan göras i fasadsystemet. Måttbegränsningar på väggelementen innebär inskränkningar i byggsystemets parameteriserbarhet och påverkar kraven på fasadsystemets parameteriserbarhet och flexibilitet.

3.2.2 Steg 2: Målsättning

När förutsättningarna är helt klara kan en målsättning för fasadsystemets egenskaper fastställas. Målsättningen sätts utifrån de uppställda kraven i respektive värderingskategori (se Kapitel 3.1.1 för specifikation av kraven). Om Byggsystemets egenskaper skiljer sig från dem som antagits i metodiken är det viktigt att kontrollera om kraven måste ändras eller kompletteras innan målsättningen bestäms.

Prioriteringen av egenskaperna bestäms genom att det för respektive värderingskategori fattas ett beslut huruvida kravnivån är tillräckligt att sträva mot eller om en högre kapacitet är önskvärd. Genom att bestämma vilken nivå som önskas utifrån betygssystemet sätts betyg i varje värderingskategori. Betygen markeras i ett resultatdiagram och en linje dras mellan punkterna så att målbilden för fasadsystemet skapas. Målbilden fungerar som en viktning av fasadsystemsegenskaperna senare i värderingen, då fasadsystemets betyg jämförs mot den framtagna målbilden.

3.2.3 Steg 3: Identifiering av fasadsystemsalternativ

När byggsystemet har identifierats och målsättningen fastställts ska tänkbara fasadsystem plockas fram för värdering. De fasadsystem som uppenbart inte lever upp till målsättningen eller är omöjliga att applicera på aktuellt byggsystem, förkastas med en gång. För de fasadsystem som ska värderas samlas så mycket information som möjligt och fasadsystemets infästningssystem, beklädnadssortiment och egenskaper identifieras och beskrivs. Noggrann information om fasadsystemen är ett nödvändigt underlag för att värderingen ska bli rättvis.

3.2.4 Steg 4: Värdering

Vid värdering av ett fasadsystem används metodikens olika värderingsverktyg. Betyg sätts i de olika värderingskategorierna med hjälp av betygskriterierna. Betygen markeras i resultatdiagrammet och en linje dras mellan punkterna för att skapa en illustrativ bild av betyget. I kategorierna funktion och estetik värderas fasadsystemet utgående ifrån att det är monterat på det aktuella byggsystemet och därför i drift.

För att ett fasadsystem ska vara aktuellt som alternativ är det nödvändigt att det vid värdering uppnår minst en poäng i samtliga värderingskategorier. Att välja ett system med ettor i alla kategorier är inte att rekommendera eftersom det då med största sannolikhet kräver väldigt mycket utvecklingsarbete för att fasadsystemet ska kunna användas.

Efter värderingen jämförs, i resultatdiagrammet, värderingsbetyget med den målbild som fastställts för det aktuella byggsystemet. Det verkliga betyget och målbilden utgör tillsammans fasadsystemets resultatbild.

3.2.5 Steg 5: Val

Det eller de fasadsystem som uppfyller grundförutsättningarna och vars värderingsbetyg täcker in hela eller störst del av målbildens area väljs för fördjupad analys.

Det kan vara oklart vilken typ av fasadsystem som önskas eller osäkerhet kring vilken tillverkare som är bäst lämpad som fasadsystemsleverantör. Det kan därför krävas att många system utvärderas och jämförs för att den bäst lämpade produkten ska kunna väljas.

3.2.6 Steg 6: Analys

När ett fasadsystem har valts är det tid att göra en mer noggrann analys av dess egenskaper. Värderingen bygger på produktinformation från fasadtillverkaren och den är inte alltid tillräcklig eller tillförlitlig. På en del bedömningspunkter kräver dessutom myndigheter ordentliga beräkningar och certifieringar innan systemet får tas i bruk. Övriga analyser utformas utifrån mål med värderingen men det bör ligga i beställarens eller byggherrens eget intresse för att säkerställa att fasadsystemet blir ekonomiskt hållbart och produktionstekniskt möjligt att genomföra. Fasadsystemet bör även gå att utföra så att byggnaden blir attraktiv för en stor kundbredd.

Först och främst bör det kontrolleras om byggföretaget är berett att genomföra de eventuella förändringar av byggsystemet som kan behövas för att fasadsystemet ska kunna appliceras. Om förändringarna inte är acceptabla är det värt att höra efter hos fasadleverantören om det, vid ett långsiktigt samarbete, är möjligt att ändra på fasadsystemet.

De analyser som staten föreskriver vid projektering är de grundförutsättningar för hållfasthet och brandsäkerhet som beskrevs i Kapitel 3.1.1 ovan. Den standard för att godkänna ämnesinnehåll, BASTA, som föreslogs i samma kapitel, är relativt ny. Det är därför troligt att fasadsystemet som valts ut från värderingen använder komponenter som ännu inte är godkända enligt BASTA. I analysen kan det därför vara lämpligt att granska sådana icke godkända material och se om de uppfyller något motsvarande testorgans egenskapskriterier eller om likartade fasadsystem på marknaden är BASTA-godkända. Innan ett långsiktigt avtal knyts med en fasadsystemsleverantör kan det vara lämpligt att begära att leverantören BASTA-testar sin produkt.

Funktion

Byggnadens specifika energianvändning måste beräknas och dokumenteras. Om det i analysen inte finns möjlighet att kontrollera energianvändningen av olika skäl rekommenderas det att byggnadens värmeförluster genom ytterväggarna bestäms genom beräkning av värmegenomgångskoefficient för vanliga ytterväggspartier och för köldbryggor i ytterväggarna. Efter det kan klimatskalets totala genomsnittliga värmegenomgångskoefficient räknas ut och kontrolleras så att den är mindre än $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Boverket 2006b, 9:2). Anslutningar bör kontrolleras så att lufttätheten verkar god. När systemet tagits i bruk bör byggnaden provtryckas för att verifiera att det genomsnittliga luftläckaget vid $+ 50 \text{ Pa}$ tryckskillnad inte överstiger $0,6 \text{ l/s,m}^2$ (Boverket 2006b, 9:4). Det bör kontrolleras att byggnadens termiska komfort inte försämras av fasadsystemet eller att några invändiga väggytor blir så kalla att kondens kan uppstå (Boverket 2006b, 6:42).

Enligt föreskrift om fuktsäkerhet får fasadsystemet inte påverka byggnaden så att fukt kan orsaka skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa. Detta kan verifieras i analysen genom att en fuktsäkerhetsprojektering görs. Ytterväggarnas förväntade fuktillstånd ska beräknas och jämföras med väl undersökta och dokumenterade kritiska fuktillstånd. Om kritiska fuktillstånd inte finns dokumenterade för något material i ytterväggen ska en relativ fuktighet (RF) på 75 % användas som gräns i stället (Boverket 2006b, 6:5). I analysen bör det göras detaljstudier över fasadens anslutningar och risken för fuktinträngning bör analyseras. Det bör även dokumenteras hur material ska skyddas mot fukt och smuts under byggtiden.

Om fasadsystemets beständighet inte är godkänd enligt tillförlitliga standarder kan olika laborationstester genomföras på de ingående komponenterna i fasadsystemet.

Estetik

Det finns inga absoluta krav på fasadens estetiska uttryck, förutom den aktuella detaljplanens bestämmelser. För att försäkra sig om att fasaden uppfyller de flesta kundönskemålen är det av stor vikt att se fasadsystemet uppfört i verkligheten. Industriella fasader har över lag ett dåligt rykte eftersom det finns många exempel på slarvigt utförda sådana som ser ”billiga” ut och är dåligt integrerade med byggsystemet. De industriella fasader som allmänt anses vara vackra är oftast sådana där det inte märks att de är just industriella.

Om det inte finns möjlighet att se ett fasadsystem i verklighet kan det rekommenderas att studera fotografier över referensobjekt och utbyta erfarenheter med tillverkaren samt granska provbitar och modeller. Fasadens estetiska livslängd kan uppskattas genom erfarenheter från liknande fasader och genom olika beständighetstester på komponenterna.

Flexibilitet & Industrialisering

Fasadsystemets flexibilitet, applicerbarhet och industrialiseringsgrad finns det heller inga absoluta krav på. Det är dock av största intresse för byggherren att lösa detaljutformningen av fasaden redan i projekteringsskedet. Det är onödigt att riskera att fasadsystemet orsakar störningar i produktionen i fabrik, under transport eller på montageplats eftersom så lite som möjligt ska ”lösas på plats” i en industriell produktion. Montering av fasadsystemet måste vara produktionstekniskt möjlig att genomföra. Arbetsmoment som förväntas ta orimligt lång tid kanske kan lösas vid ett långsiktigt samarbete med fasadleverantören genom att leverantören eller tillverkaren tar på sig att genomföra vissa av arbetsmomenten.

Resurser

Enligt allmänna råd ska byggherren välja de material och tekniska lösningar som är ekonomiskt rimliga och praktiska att sköta (Boverket 2006b, 2:2). Detta kan vara svårt att mäta i en analys. Det ligger dock alltid i byggherrens och beställarens intresse att hålla nere byggkostnaderna. Fasadens bedömda resurseffektivitet bör i analysen omvandlas till direkta kostnader, alternativt kostnadsbesparingar, jämfört med en platsbyggd fasad. I kostnadsanalysen bör dels faktiska kostnader som materialkostnader, tidsåtgång, transporter och investeringskostnader tas med och dels kostnader för risker. Det mervärde ”rätt” fasad kan ge till byggnaden bör värderas och även hur väl fasaden lämpar sig till massproduktion med bibehållet kundfokus.

3.2.7 Steg 7: Resultatsammanställning och utvecklingsbehov

I detta steg sammanfattas resultaten från analysen så att det går att se inom vilka områden fasadsystemet eventuellt har brister. Förslag ges till utveckling av fasadsystem och byggsystem samt eventuella tester fasadsystemet bör genomgå. Om analysen visar att fasadens egenskaper brister på alldeles för många punkter eller att det kanske blir för dyrt att uppföra kan systemet förkastas. Det näst bästa fasadsystemet från värderingen bör då analyseras i stället. Det är dock väldigt tidskrävande och meningen med metodiken är att värderingen ska ha plockat fram det bäst lämpade systemet redan från början.

4 Fallstudie och test av metodik

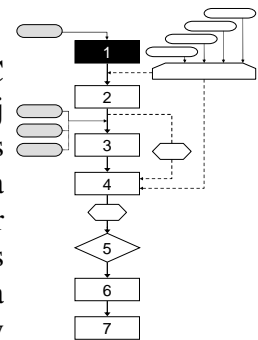
I detta kapitel tillämpas metodiken i Kapitel 3 för värdering av ett antal existerande industriellt producerade fasadsystem applicerbarhet på NCC AB:s industriella byggsystem ”NCC Komplet”. NCC Komplet har valts att studeras eftersom det är ett byggsystem som kommit långt i industrialiseringsgrad och platsar inom de avgränsningar som gjorts för metodiken.

De beskrivna metodstegen i Kapitel 3.2 används som vägledning vid användning av metodiken och redovisningen av fallstudien följer strukturen i det nämnda kapitlet. Resultatet från tillämpningen används dels som underlag för rekommendation till NCC angående utveckling av deras industriella byggsystem genom industrialisering av fasaden, och dels som en kontroll och analys av hur väl den framtagna metodiken fungerar.

4.1 Steg 1: Identifiering av förutsättningar

Informationen om NCC Komplet i nedanstående text är överlag hämtad från NCCs hemsida (NCC 2007).

NCCs koncept för industriellt byggande av flerbostadshus heter NCC Komplet. Det första huset som byggdes enligt konceptet stod färdigt i maj 2006 och är beläget bara några kilometer från NCCs modultillverkningsfabrik i Hallstahammar, Västmanland. Sedan det första huset färdigställdes har ytterligare hus uppförts och flertalet projekt har påbörjats runt om i Mälardalen. Systemet har samtidigt utvecklats ytterligare och NCC arbetar kontinuerligt med förbättringar i form av nya konstruktionslösningar, ökning av industrialiseringsgraden samt ökning av effektiviteten i fabriken.



Kundorientering

NCC Komplet är ”ett industriellt byggsystem för att producera högkvalitativa flerbostadshus i fabrik efter kundens önskemål” (NCC 2007). Målet vid utvecklandet av konceptet för NCC Komplet har varit att bygga bostadshus på hälften så lång tid, med högre kvalitet och till en lägre kostnad än vad någon annan i branschen klarar av.

Målsättningen är att fabriken i Hallstahammar, vid full produktion, ska ha en kapacitet som möjliggör leverans av 1000 lägenheter per år, främst till Mälardalsregionen. NCC har inte avgränsat sig till någon speciell kundgrupp men med en högre takhöjd än standard och en generellt hög kvalitet på ytskikt och dylikt, kan lägenheterna anpassas till en mycket bred kundkrets. Med NCC Kompletts byggsystem kan både lamellhus och punkthus i upp till åtta våningar byggas. Flexibiliteten vid utformningen är stor eftersom byggsystemet har få standardmått som måste följas. Detta medför att planlösning och utvändigt utseende kan varieras relativt fritt mellan olika hus.

I dagsläget putsas fasaderna till NCC Komplet-husen på traditionellt vis på montageplatsen vilket gör att husen får ett uttryck som passar in de flesta miljöer. En framtida fasadlösning bör inte begränsa denna möjlighet till en platsbyggd fasad.

Produktionstekniska förutsättningar

Byggdelarna till ett Kompletthus tillverkas enligt industriella metoder och modeller i NCCs fabrik i Hallstahammar. Undantag gäller för bottenplatta, fasader, yttertak, badrumsmoduler, köksinredning och utfackningspartier. Köksinredning och utfackningspartier levereras till fabriken i Hallstahammar för sammanfogning till element. De övriga nämnda undantagen platsbyggs, eller i fallet med yttertak och badrumsmoduler levereras från tillverkare direkt till byggplatsen för montering. I NCCs fabrik är tillverkningen uppdelad i tre olika produktionslinor. En lina för väggelement, en för bjälklagselement och en för sammanfogning av köksmoduler.

För att arbetet ska bli resurseffektivt i fabriken måste tillverkningen ske rationellt och snabbt. Därför är minimering av antalet montörer och av tidsåtgången per monteringssteg nödvändig. Om nya tillverkningsmoment förs in i fabriken till följd av industrialisering av fasadtillverkningen måste produktionsstegen i denna uppfylla NCCs uppsatta mål på maximal personalåtgång och tidsåtgång per monteringssteg. Att fasadtillverkningen inte heller tar upp mer plats än nödvändigt är viktigt att sträva efter. Dessutom får fasadtillverkning i fabriken inte innebära några arbetsmoment som försämrar arbetsmiljön i fabriken genom exempelvis skadligt buller eller damm. Att undvika att damm yr runt är också viktigt för att förhindra nersmutsning av de färdiga ytskikten på väggelementen. En applicering av fasaden på ytterväggselementen redan i fabrik riskerar att förlänga monteringsstegen för ytterväggselementen på montageplats. För att en sådan förlängning av monteringsstegen ska tillåtas måste den vara rimlig, välmotiverad och ge andra mervärden.

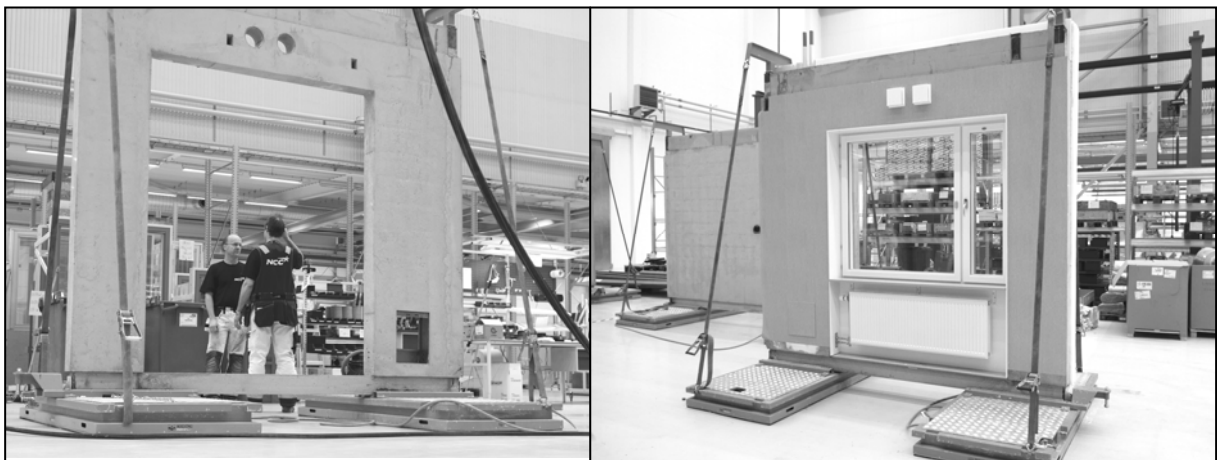
De invändiga ytskikten på elementen samt fönster, dörrar och installationer monteras i fabrik vilket innebär att elkablar, vattenrör, avloppsrör och ventilationskanaler därmed bara behöver sammankopplas på montageplatsen. Väggelement och bjälklagselement tillverkas som ”platta paket”. Dessa är enklare att transportera än de i industriellt byggande mer vanliga ”volymelementen” som ofta kräver extra breda lastbilar samt tar onödigt mycket utrymme till följd av det tomma utrymmet inuti volymen. Efter avrop levereras de färdiga elementen enligt principen ”just-in-time”, direkt från NCCs fabrik till montageplatsen. Leveransen sker i täckta lastbilar och i den väderskyddade montagehallen på montageplatsen kopplas elementen därefter samman till ett färdigt hus med hjälp av ett traverskranssystem. På montageplatsen krävs enbart fyra montörer och en montageledare för att utföra jobbet med att montera ett hus. Monteringsstakten är 3-5 lägenheter per vecka.

Ett visst invändigt efterarbete i form av uppsättning av tapetremsor i hörn samt små kompletteringar av köket sker efter montering. De mest tidskrävande arbeten som i dagsläget måste ske på montageplatsen är de delar som än så länge görs helt och hållet på byggplatsen; grundläggning, gjutning av husets bottenplatta eller källare samt tillverkning av fasaden. En ökning av industrialiseringsgraden på fasaden skulle därmed kunna spara mycket tid och resurser på montageplatsen.

Byggnadstekniska förutsättningar

Byggsystemets ytterväggar är bärande och består av armerad, högpresterande betong som isoleras med 150 mm cellplast som limmas på väggens utsida. Betongen tillverkas i NCC Kompletthuset-fabriken och är snabbtorkande till följd av ett lågt vattencementtal i betongblandningen. Fogarna mellan betongelementen är tätade med förmonterade tätningslister. Hur tät de vertikala fogarna hamnar beror på planlösningen av byggnaden och varierar från byggnad till byggnad. De horisontella fogarna hamnar alltid vid en bjälklagskant

och har därför jämt ett avstånd som motsvarar våningshöjden. Invid fönsterpartier och fönsterdörrpartier är väggarna av lättbyggnadstyp och har enbart lastbärande betongbalkar ovan och under utfackningspartierna. Utfackningspartierna byggs inte i NCCs fabrik, utan levereras färdiga med inmonterade fönster och dörrar till fabriken i Hallstahammar av en underleverantör. Efter betongelementens härdning monteras utfackningspartierna mot utsidan av de gjutna väggarna. I Figur 4.1 visas bilder av ett ytterväggselement för utfackningsparti i NCC Kompletts-fabriken. Till vänster i figuren visas den färdiggjutna väggen med den lastbärande betongbalken ovan hålrummet för utfackningspartiet. Till höger visas ett färdigt ytterväggselement från insidan, med fastmonterat utfackningsparti komplett med radiator och fönster. Utfackningspartierna består av invändig gips, ångspärr, träreglar med mellanliggande mineralullsisolering, utvändig gips och minerit. Eftersom utfackningspartierna fäst utanpå betongväggen är tjockleken på partierna av samma tjocklek som cellplasten, dvs. 150 mm. I analysen i Kapitel 4.6 redovisas materialdata för ingående delar i ytterväggen.



Figur 4.1 Ytterväggselement i NCC Kompletts fabrik i Hallstahammar. Till vänster: Väggelement före montering av utfackningsparti. Till höger: Färdigt ytterväggselement med monterat utfackningsparti och cellplastisolering (www.ncc.se).

Efter montering av väggelementen på byggnadens slutgiltiga placering, montageplatsen, isoleras väggarna med ytterligare 50 mm isolering som fungerar som putsbärare och samtidigt överlappar väggelements skarvarna för att uppnå bättre täthet. Denna isolering är av obrännbar mineralull och förankras med expansionsspikar i betongväggen. I dagsläget består fasadbeklädnaden till väggkonstruktionen av tunnputs som appliceras på den yttersta isoleringen på montageplatsen. Vid önskemål kan även en annan typ av platsbyggd fasad användas.

Som nämnts tidigare i rapporten är tanken med NCC Kompletts att främst leverera bostadshus till den närliggande regionen. Byggnadernas fysikaliska prestanda är tack vare tjock isolering och materialval tillräckligt bra för att klara av klimatet i hela norra Europa. Till följd av att byggnadens komponenter tillverkas inomhus och monteras i en väderskyddande montagehall undviks fuktproblem till följd av nederbörd. Byggnaderna får även en högre kvalitet, än vid platsbygge, genom att monteringsprincipen kräver små toleranser. En stor del av tillverkningen av byggelementen är automatiserad och utförs med hjälp av datorstyrda maskiner, vilket bidrar till större noggrannhet, snabbare tillverkning och mindre tungt arbete för personalen.

Standardiseringar i byggsystem

Problemet vid utveckling av ett mer industrialiserat fasadsystem till NCC Kompletts byggsystem är att stommen är parameteriserad, dvs. stomkomponenterna är inte indelade i några modulmått till vilket fasadsystemet kan anpassas. Detta innebär att väggarna kan anta alla mått inom gränsen för systemets minimala och maximala mått.

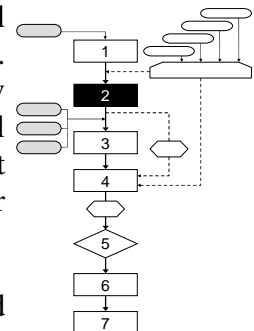
I vissa riktningar är systemet dock låst till fasta mått. Betongväggarna har alltid samma tjocklek och höjden på ett väggelement är alltid densamma eftersom våningshöjden alltid är 3 meter. I horisontalled är byggnaden emellertid helt parameteriserbar och väggelementens bredd kan till följd av detta variera fritt mellan minsta och största storlek. Den maximala längden på ett väggelement begränsas i första hand av längden på de lastbilar som ska transportera väggarna från fabriken till montageplatsen. Planlösningens utformning bestämmer vart skarvarna mellan väggelement hamnar och därmed vilken bredd väggelementen får. De vertikala väggskarvarna läggs oftast vid en anslutande innervägg och alltid i linje mellan våningarna, bortsett från botten- och vindvåning där skarvarna kan placeras annorlunda.

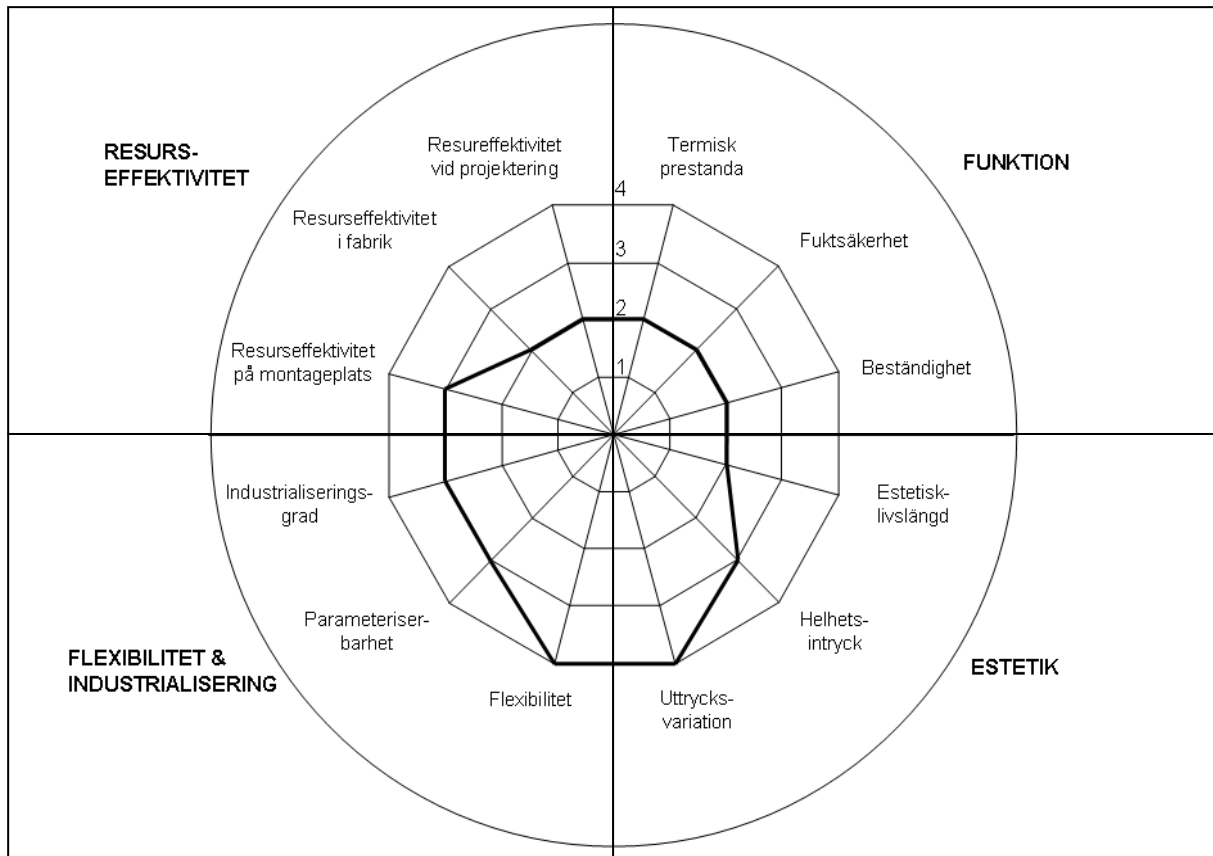
Problemet vid infästningen av fasaden till betongväggen är, förutom bristen på modulmått att förhålla sig till, förekomsten av ståldetaljer, värmestammar, friskluftsventiler m.m. i betongväggen. Fasadinfästningar kan inte placeras vid dessa installationer och ingjutningsgods, och eftersom läget i väggen för dessa komponenter enbart är bestämd i förhållande till väggskarvar, utfackningspartier och liknande, komplicerar de projekteringen av fasadinfästningar avsevärt.

4.2 Steg 2: Målsättning

I detta avsnitt beskrivs en förmodad målsättning för ett fasadsystem till NCC Komplet, utifrån tillgänglig information på NCCs hemsida. Målsättningen visar NCCs prioriteringar, ambitioner och strävan vid val av fasadsystem. Genom att översätta dessa prioriteringar och ambitioner till betygsnivåer för fasadegenskaperna skapas en målbild för NCC Komplet (se Figur 4.2 nedan). Den tjocka svarta linjen i diagrammet visar målbilden.

För ett annat industriellt byggsystemskoncept skulle målsättningen med största sannolikhet hamna på andra nivåer.





Figur 4.2 Förmodad målbild för aktuellt byggsystem, NCC Komplet.

”Kvalitet, funktionalitet och estetik har varit bärande delar i utvecklingen av byggsystemet NCC Komplet.”(NCC 2007). Dessa kategorier är därför självklart mycket viktiga i en vidareutveckling av byggsystemet i form av en industrialisering av fasadproduktionen. Huvudsyftet med NCCs industriella byggsystem är att producera bostadshus snabbare, med högre kvalitet, till en lägre kostnad jämfört med ett traditionellt platsbyggt bostadshus.

I begreppet kvalitet ingår att byggnadens funktionstekniska egenskaper ska vara uppfyllda under byggnadens livslängd. Något önskemål om att funktionen ska vara bättre än myndigheternas ställda krav verkar inte finnas från NCCs sida, vilket ger en målsättning för funktionskategorierna på 2 poäng. Ett system som uppfyller 3 poäng i termisk prestanda borde däremot vara att föredra eftersom energikraven på bostäder hela tiden ökar och ett system som har möjlighet att uppfylla framtida krav får en längre ”livslängd”.

I målsättningen att producera byggnader med hög kvalitet ingår inte bara den funktionstekniska kvaliteten utan kvaliteten på den estetiska utformningen är minst lika viktigt. För att undvika att bygga typhus är byggsystemet skapat så att det ger en stor frihet vid gestaltningen och arkitekten kan sätta sitt eget avtryck på byggnaden. För att detta ska fortsätta att vara möjligt är ett fasadkoncept som medger flexibilitet i utförandet av högsta prioritet. Fasadsystemets flexibilitet, både i form av möjlighet till stor uttrycksvariation och till flexibilitet i konstruktionen, har getts största vikt.

Att det finns möjlighet att variera fasadutseendet är inte tillräckligt om de alternativ som står till förfogande begränsar möjligheterna att skapa en byggnad som uppfyller kundens önskemål. Målsättning för det estetiska helhetsintrycket har därför satts på en, för ett

industriellt byggsystem, relativt hög nivå. Bevarandet av fasadens utseende, den estetiska livslängden, har inte getts någon speciell prioritet.

För att inte inverka på det befintliga byggsystemets utformningsflexibilitet är parameteriserbarhet i fasadsystemet en viktig parameter. Att hitta ett fasadsystem som är helt parameteriserat har inte ansetts nödvändigt, utan målsättningen borde istället vara att hitta ett fasadsystem som inte har större begränsningar i parameteriserbarhet än väggelementen i byggsystemet.

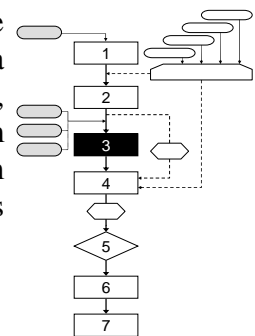
En ökad industrialisering av fasadtillverkningen sparar resurser samtidigt som den är av stor vikt för att NCC ska behålla sin status som ledande inom industriellt flerbostadsbyggande. Fasadtillverkningen är en av de fåtal delar som återstår att industrialisera för att byggsystemet ska vara industrialiserat fullt ut. Industrialiseringen ges till följd av detta relativt stor prioritet i värderingen av fasadsystemsalternativ.

För att uppnå målet om en lägre byggkostnad måste fasadproduktionen ske resurseffektivt. Slöseri av resurser på byggplatsen är en väldigt stor kostnad vid traditionellt byggande. Den totala byggkostnaden kan minskas genom att förflytta en stor del av produktionen av fasaden in i fabrik där möjligheterna för resurseffektivisering är större. Om större resurser samtidigt läggs i den tidiga projekteringsfasen finns möjligheter att rationalisera produktionen ytterligare och undvika fel längre fram. Som resultat av följande resonemang är kraven på resurseffektiviteten på montageplats högre än kraven på resurseffektivitet i fabrik och vid projektering.

En sammanställning av prioriteringarna ger att kvadranten för flexibilitet & industrialisering i figuren ovan ges största vikt och därefter kommer estetiken. Att uppnå högt ställda krav i dessa två kvadranter samtidigt som de nödvändiga kraven för funktion uppnås medför att målsättningen för resurseffektivitet tvingas blir lägre.

4.3 Steg 3: Identifiering av fasadsystemsalternativ

I denna rapport värderas fyra olika fasadtyper, tre industriellt producerade fasader och dagens putsfasad som referensfasad. De olika beklädnadstyperna blir således puts, skivmaterial i olika material (såsom fibercement, tegel, laminat m.m.) och betong. En betongfasad kan utformas som beklädnadselement vilka monteras utanpå byggnadens väggar ungefär som skivelementen, eller som sandwichelement där fasadbeklädnaden gjuts samman med de övriga väggdelarna redan i fabrik.



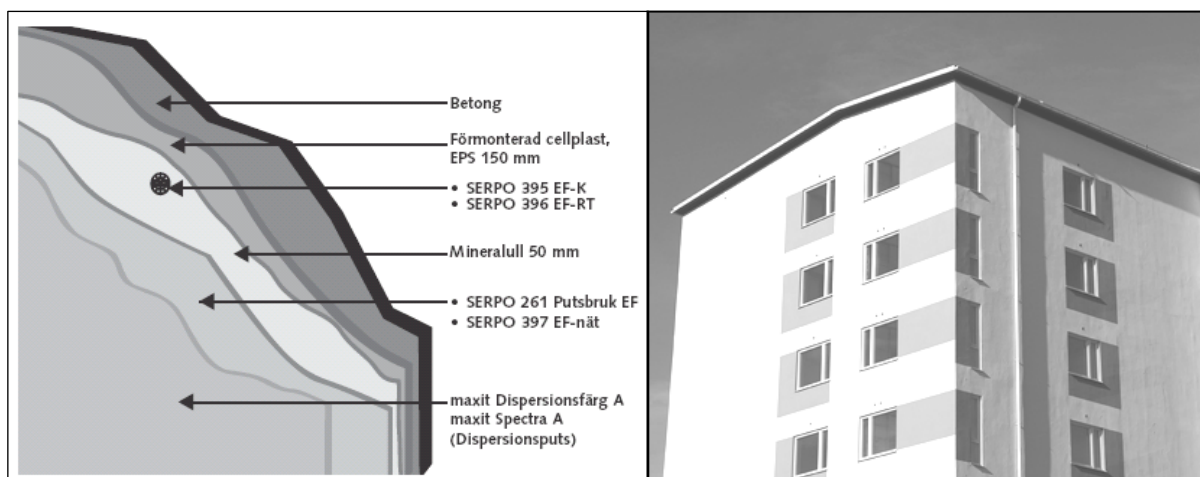
4.3.1 Fasadsystem 1 – Puts

I detta kapitel beskrivs det putssystem som hittills har används som fasadlösning på NCC Kompletts byggnader. Det är en enstegstätad tunnputsfasad vilket innebär att den saknar en ventilerad och dränerad luftspalt.

Enstegstätade tunnputsfasader har debatterats flitigt på senare tid eftersom felaktigt utförda sådana kan vara osäkra ur fuktsynpunkt. Fuktproblemen kan orsakas av att vatten, som lyckas

ta sig in genom beklädnaden eller som har byggts in i väggarna, har svårt att torka ut. Detta kan leda till att vatten ansamlas mellan isolering och väggkonstruktion. De diskuterade problematiska fallen i debatten har alla haft en bakomliggande lättväggskonstruktion och inte, som i NCC Kompletts fall, en väggkonstruktion i armerad betong. En lättvägg innehåller alltid en invändig ångspärr som ska förhindra att fukt från inomhusluften tar sig in i väggen. Problemet med denna ångspärr är att den inte förhindrar fukt att ta sig in i väggen utifrån, men däremot omöjliggör uttorkning av fukt inåt. Detta innebär att vatten som tar sig in i en sådan konstruktion torkar ut mycket långsamt då uttorkningen enbart kan ske genom isoleringen, som vid användning av cellplast dessutom är relativt tät. I Kompletthusets väggkonstruktion kan eventuellt vatten som tar sig in i konstruktionen, vid en felaktigt uppförd fasad, torka ut både inåt och utåt. Konstruktionen innehåller dessutom inga fuktkänsliga ämnen vilket tillsammans med uttorkningsmöjligheterna borde innebära att risken för fuktproblem är mycket mindre för denna konstruktion jämfört med de kritiserade ytterväggskonstruktionerna.

Tillverkningen av fasaden med denna lösning sker helt på montageplatsen efter att alla väggelementen har monterats samman. Fasadsystemet består av en putsbärare i mineralull som förankras till väggelementen med expansionsspik. På mineralullen appliceras puts som förstärks av glasfiberarmering. I Figur 4.3 nedan visas en detaljerad uppbyggnad av den putsade väggen.



Figur 4.3 Till vänster: Uppbyggnad av ytterväggen med dagens fasadlösning i form av en enstegstättad tunnputsfasad (Maxit 2006). Till höger: Putsfasad med olika färgfält, Eskilstuna (www.ncc.se).

Beklädnad

Stadsarkitekter förordar ofta helputsade fasader i stadsmiljöer (Betongvaruindustrin 2007). Anledningen till detta är troligtvis att en putsad fasad passar in bland de flesta andra byggnader och vanligtvis inte uppfattas som störande. Nackdelen är dock att det är svårt för en arkitekt att skapa ett unikt fasaduttryck eftersom den enda variationsmöjligheten som står till buds är omväxling av färg på putsen. Olika grovlek kan visserligen fås men detta är inget som syns på avstånd. Mönster kan skapas genom att olika färger används på samma fasad men det är inte speciellt vanligt förekommande. I vissa fall används två olika putsfärger på en fasad för att förstärka vissa områden (se figur 4.3 ovan), men ett mer originellt mönsterskapande är mycket ovanligt. Det kräver mer tid och pengar för att skapa ett sådant mönster och det kan innebära svårigheter att få en sådan fasad godkänd.

Fasadbeklädningen är uppbyggd av en fiberarmerad mineralisk tunnputs som förstärks med glasfibernät och appliceras på ytan av 50 mm tjocka isolerskivor av stenull. Putsen kan fås i nästintill valfri färg och strukturen på ytan kan, som tidigare nämnades, ha olika grovlek.

Sprickbildning samt svamp- och algpåväxt är vanligt på tunnputsfasader. Ett förhöjt fuktillstånd i putsytan utgör en bra grogrund för alger och svampar. Det förhöjda fuktillståndet beror ofta på kondens som uppkommer på den kalla fasadytan under klara nätter, eller på att delar av fasadens ytor skuggas av buskar och träd och därför blir kalla. Sprickbildning i putsen kan, förutom att de påverkar utseendet på fasaden negativt, bidra till att fukt lättare tränger in i fasaden samt i vissa fall till att putsskiktet lossnar från putsbäraren. Sprickbildning i putsfasader är vanligt förekommande. Enligt Hassanzadeh (2004) är kunskapen om orsakerna till sprickbildning bristfälliga. Troligtvis uppkommer sprickor till följd av temperatur- och fuktrörelser i putsen samt som konsekvens av brister i systemutformning och arbetsutförande. Sprickbildning orsakad av mekanisk åverkan är också vanligt vid putsning på isolering. Detta eftersom putsskiktets elasticitet är mindre än elasticiteten för isoleringen.

Infästningssystem

I dagsläget startar fasadproduktionen med att den mineralullsisolering som ska fungera som putsbärare monteras mot den i fabrik ditsatta cellplastisoleringen respektive direkt mot utfackningspartierna. Mineralullen förankras till betongstommen med hjälp av expansionsspik som genombryter hela isoleringsskiktet och fäst med en täthet på fem spikar per kvadratmeter väggyta. Efter montering av isoleringen förstärks alla in- och utgående hörn i fasaden som bildas mellan fasadsidor, i fönstersmygar och liknande. Hörnen förstärks med hjälp av hörnlistor som fästs i putsbruk. Ytterligare förstärkning av putsunderlaget görs med hjälp av montering av extra glasfiberarmering kring alla utsparningar i fasaden. Därefter kan det första putsskiktet appliceras på mineralullen. Bruket sprutas direkt på fasaden och förstärks genom inarbetning av glasfibernät. Efter detta slätas putsen ut innan fasaden lämnas till att torka i minst ett dygn. Vid nästa omgång av putsappliceringen är behandlingen av ytan ännu viktigare eftersom denna yta ska användas som underlag för ytputs eller färg. Det vanliga är att ytan "filtas" för att få rätt struktur. Ytputsen har en annan blandning mot den tidigare påförda putsen. Dessutom är putsen blandad med pigment för att uppnå önskad färg.

Fördelen med en putsfasad är att fasaden inte kräver någon speciell projektering. Infästningarna behöver inte bestämmas exakt utan spikarna fästs in där möjlighet finns med ett förutbestämt antal per kvadratmeter väggyta. Problemet vid putsning av fasader är främst att putsen är mycket klimatkänslig och för att undvika beständighetsproblem samt estetiska problem som flammighet måste byggnaden täckas in vid putsning. Denna täckning ska under alla årstider lämnas kvar som skydd under minst tre dygn efter putsning för att skydda mot negativ inverkan av nederbörd och solstrålning. Vid en temperatur lägre än 5°C krävs därtill även värmning av luften under intäckningen för att ett godtagbart resultat ska kunna uppnås. För NCC innebär dessa krav att den montagehall som skyddar byggnaden under monteringen bör stå kvar tills fasaden är färdigställd. Eftersom montagehallen har en hög dagskostnad innebär detta en onödig ekonomisk utgift.

Ytterligare en nackdel med putsade fasader är att byggnadsställning krävs på montageplatsen för fasadarbetet. Byggnadsställningen tar tid att montera och demontera, samt kostar pengar. Dessutom är ställningen utrymmeskrävande. En putsad fasad är generellt en dyr fasadlösning som är svår att effektivisera tidsmässigt då putsningen inte kan utföras i fabrik på grund av att fogar i ytan inte är önskvärda samt att fasaden har en dålig tålighet mot slag och stötar.

Dessutom förlänger puts-skiktens erforderade torktider automatisk tillverkningstiden för fasaden.

En anledning till att en mer industrialiserad fasadlösning skulle vara att fördrö är, förutom de minskade kostnaderna, att utomstående personer på monteringsplatsen som utför putsningen kan undvikas. Deras vistelse på montageplatsen skapar ett behov av samordning mellan dessa personer och NCCs montörer samt ökar risken för nedsmutsning på montageplatsen och risken för att de färdiga yt-skikten på byggnadskomponenterna förstörs. Dessutom innebär den platsbyggda fasaden att material som behövs till fasaderna kan skapa logistiska problem, jämfört med om allt material till montageplatsen transporteras från NCCs fabrik.

Fogar

Putsfasaden har inga öppna fogar och inte heller några genomgående fogar eftersom det yttersta putsbärande isolerlagret monteras på montageplatsen så att fogarna i bakomliggande väggelement kan överlappas med både isolering och putsbruk. Armeringen av glasfiber ser till att hålla samman fogarna mellan isolerskivorna. Detta ger fogar som har bra tätning mot luftläckage och fritt vatten. Problemet med enstegstätade putsfasader är att ett mycket noggrant arbetsutförande på byggsplatsen är förutsättning för att anslutningar till fönster och andra genomföringar i fasadbeklädnaden ska bli helt täta.

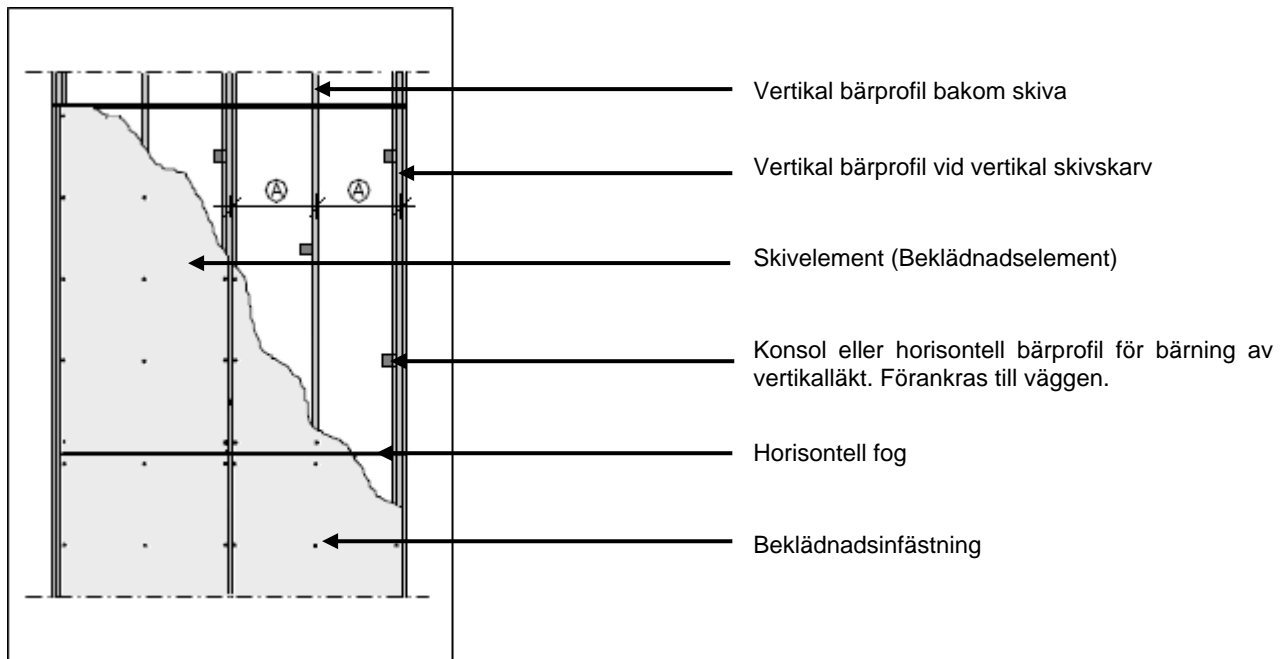
4.3.2 Fasadsystem 2 – Skivelement

En fasadbeklädnad av typen skivelementfasad är som namnet antyder uppbyggt av skivelement som i de flesta fall kan kombineras på ett flertal olika sätt och därför skapa en mängd olika fasaduttryck. I Figur 4.4 nedan ses ett exempel på både en skivelementfasad som skapar ett mer "traditionellt" utseende på byggnaden och ett exempel som visar en skivelementfasad där arkitekten har skapat en unik byggnad med hjälp av variation i storlek, färg samt orientering av skivelementen.



Figur 4.4 Flerbostadshus med skivelementfasader. Till vänster: Exempel på en fasadutformning som ger ett relativt vanligt utseende på byggnaden (www.etermit.be). Till höger: Fasaden på huset har getts en mer unik fasad med hjälp av variation i utseende på skivelementen (www.ivarssonsverige.se).

En skivelementfasad består av beklädnadsskivor som monteras till de bärande ytterväggarna med hjälp av ett infästningssystem bestående av fasadförankring, bärläkt, eventuella konsoler samt beklädnadsinfästningar. I Figur 4.5 nedan visas en skiss över principen för en skivelementfasad. Beklädnadsskivorna monteras i de flesta fall på vertikal bärläkt som i sin tur fästs på horisontell bärläkt eller konsoler som genomskär isoleringen och förankras i väggkonstruktionen. Den vertikala bärläkten bildar en uteluftsventilerad och dränerad luftspalt mellan isolering och skivbeklädnad. Generellt är fogarna mellan skivelementen öppna, stängda eller överlappade. Beklädnadsinfästningarna kan vara dolda eller synliga. Ofta finns en mängd tillbehör i form av lister och fog- och anslutningsprofiler. Fogprofiler och beklädnadsinfästningar kan oftast fås pulverlackerade i olika färger.



Figur 4.5 Principbild av en skivelementfasad (www.tepro.se, modifierad figur).

I Europa finns det en uppsjö av tillverkare och distributörer av beklädnadsskivor och infästningssystem till skivbeklädnader. En del företag levererar infästningssystem och beklädnadsskivor som en paketlösning, medan andra företag bara levererar det ena. I

Beklädnad

En stor fördel med skivelementfasader jämfört med andra industriella fasadtyper är, förutom de arkitektoniska möjligheterna, att de är lätt att byta ut skadade delar av fasaden vid behov samt att fasadelementen generellt är tunna och därmed inte belastar konstruktionen mer än nödvändigt med sin egentyngd.

Många av de skivbeklädnader som svenska leverantörer saluför, säljs under olika namn hos olika företag. Beklädnader med skilda namn kan därför i praktiken vara exakt samma typ av skiva. Mycket av tillverkningen av skivelement för fasader sker i fabriker i norra eller centrala Europa och importeras till Sverige av svenska distributörer. Hur stor del av de utländska tillverkarnas sortiment som de svenska distributörerna lagerhåller i Sverige varierar mellan företagen.

Fasadskivorna kan för det mesta beställas i flera storlekar och med olika ytstrukturer, färger och material. I en del fall kan skivorna beställas i helt valfria mått från leverantör medan andra skivor enbart levereras i ett antal bestämda storlekar, vilket innebär att de i vissa fall måste kapas till rätt storlek under monteringen.

Den vanligaste förekommande beklädnaden i skivelementfasader är olika typer av fibercementskivor. Även skivor av skärmtegel, betongsten, högtryckslaminat och plåt är vanligt förekommande. Dessutom finns det fasadlösningar där skivelement används som putsbärare. Egenskaperna hos skivelementbeklädnader skiljer sig mycket åt, till följd av den rika variationen i material och ytbehandling. Generellt är skivorna tillverkade så att de är brandtåliga, formbeständiga, fukttåliga, samt beständig mot kemiska och biologiska angrepp.

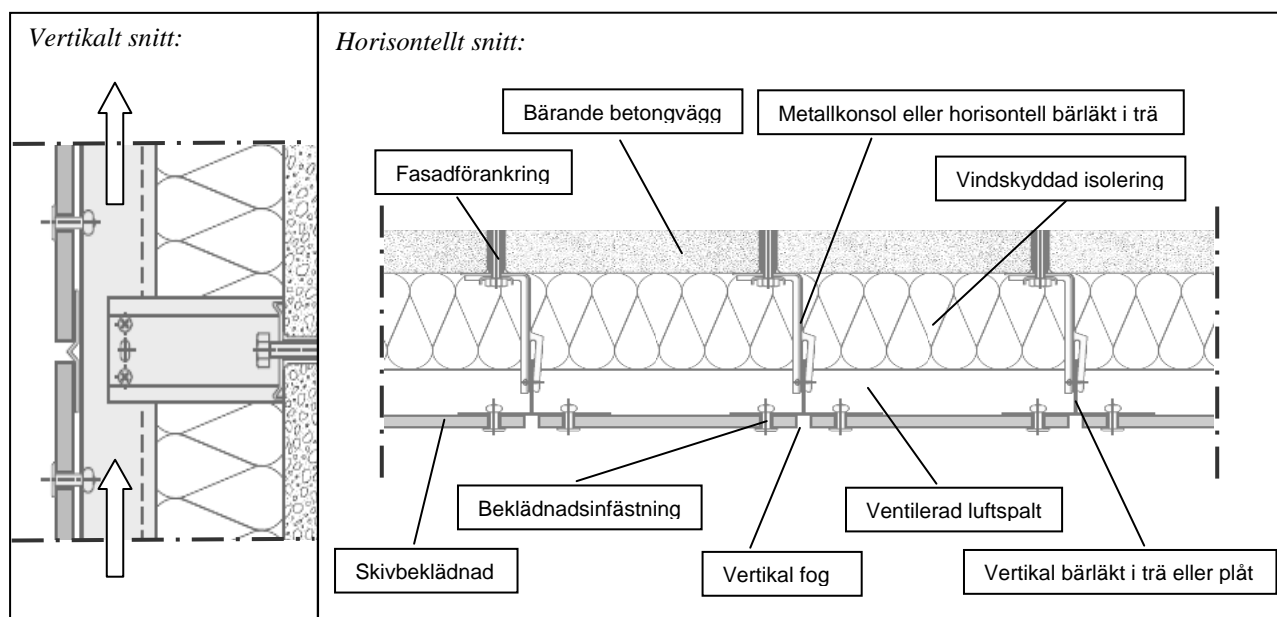
Infästningssystem

Infästningssystemen för skivbeklädnader kan bestå av bärläkt i antingen metall, trä eller i en kombination av de båda. Fasadskivorna monteras på bärläkten antingen överlappande, med mellanrum som bildar öppna fogar, eller med mellanrum som stängs till av en framför- eller bakomliggande fogprofil. Infästningen av beklädnaden kan, som nämndes i inledningen av kapitlet, ske med antingen synlig eller dold infästning. Vissa skivelement kan fästas genom att de klickas fast på bärläkten medan andra måste förborras och därefter skruvas eller ”pop-nitas” fast till det bakomliggande infästningssystemet.

I Figur 4.6 nedan, där en principiell uppbyggnad av en yttervägg med skivelementfasad visas, ses till vänster i figuren ett vertikalt snitt genom ytterväggen medan det till höger i figuren visas ett horisontellt snitt genom densamma.

I det vertikala snittet visar pilarna i figuren luftens rörelseriktning i den naturligt uteluftsventilerade och dränerade luftspalten på cirka 20-50 mm bakom skivbeklädnaden. Figuren visar även hur de horisontella fogarna kan stängas för vind och nederbörd med hjälp av de vertikala fogprofilerna. I de flesta fasadsystemen för skivelementfasader kan väl göras mellan horisontella fogar som är öppna, stängda eller överlappande fogar. Även om öppna fogar i horisontalled är möjliga att skapa, har dessa utslutits som alternativ vid värderingen eftersom dessa skulle ge en fasad med sämre fuktsäkerhet och estetisk kvalitet. De vertikala fogarna mellan skivelementen stängs med hjälp av den vertikala bärläkten, se Figur 4.6 nedan, och tätas ytterligare i de flesta fall med hjälp av en tätningsremsa mellan bärläkt och beklädnad. I vissa fasadsystem kan även vertikala fogprofiler väljas att användas.

I det horisontella snittet syns tydligt de delar som fasadsystemet består av. Vid montering av fasaden förankras först konsolerna eller den horisontella läkten till väggkonstruktionen med hjälp av expandrar. När dessa har monterats kan isoleringen fästas till betongväggen. Därefter fäst de vertikala bärprofilerna till konsolerna eller den horisontella läkten. Innan beklädnaden monteras fästs tätningar på den vertikala läkten som ska förhindra att vatten tar sig in genom de vertikala fogarna. Monteringen av beklädnadselementen sker normalt med synlig infästning i form av pop-nit eller skruv. Vid nitning måste hålen i beklädnaden för nitarna förborras. Vissa av fasadskivorna kan även fästas med dold infästning på skivan baksida eller med hjälp av clips som skruvas eller pop-nitas på den vertikala bärläkten.

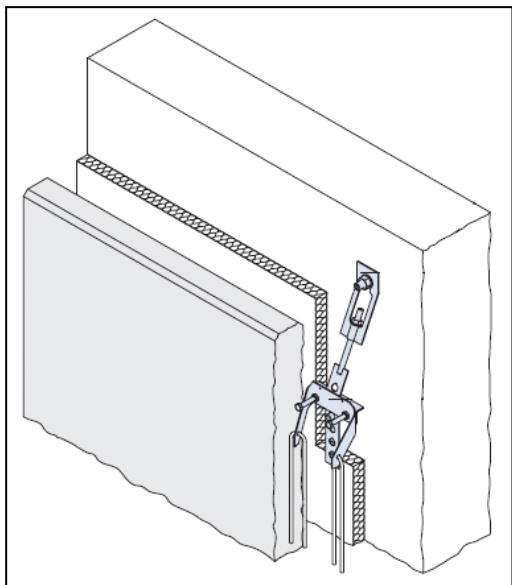


Figur 4.6 Principiell uppbyggnad av en skivelementfasad. Till vänster: Horisontellt väggsnitt av en yttervägg med infästningssystem där vertikal bärläkt fästs på konsoler. Till höger: Vertikalt väggsnitt. (www.fundermax.at, modifierad figur).

I ett fasadsystem med en underkonstruktion i trä riskerar reglarna, även om de är tryckimpregnerade, att angripas av biologisk påväxt om de inte skyddas helt mot nederbörd och övrig belastning av fritt vatten. Eftersom trä dessutom är ett brännbart material måste reglarna skyddas av obrännbara material i en ytterväggskonstruktion på en byggnad i flera våningar. Till följd av plåtens överlägsenhet när det kommer till fuktsäkerhet, beständighet och brandsäkerhet har bärläkt i metall i första hand valts vid granskning av leverantörernas tänkbara infästningssystem. Metallprofilernas goda fuktegenskaper gäller under förutsättning att de är tillverkade i en naturligt rostskyddad metall, som aluminium, eller erforderligt rostskyddsbehandlade. Nackdelen med plåtreglar är att de är svårare än trä att kapa och borra i. Dessutom föreligger risk för buckling om reglarna inte hanteras rätt.

4.3.3 Fasadsystem 3 – Betongbeklädnadselement

En fasad med betong som beklädnadselement utformas vanligtvis som i Figur 4.7 nedan med förtillverkade fasadelement som hängs upp på den bärande ytterväggen och skapar ett mellanrum för isolering och ventilerad luftspalt. Betongbeklädnadselement fästs vanligtvis med fasadförankringar i rostfritt stål. Isoleringen bakom luftspalten bör vara obrännbar för att uppnå rätt brandteknisk klass (Br1). I värderingen antas konstruktionen utformas med 200 mm mineralullsisolering inklusive vindskiva. På så sätt innehåller konstruktionen rakt igenom obrännbara material. Stenullen måste fästas in med plastbricka och lämplig betongskruv, alternativt expansionsspik, eftersom det inte finns något regelverk som håller skivorna på plats.



Figur 4.7 Betongbeklädnadselement med förankring (www.halfen-deha.se).

Beklädnad

Betongytans estetiska uttryck kan, förutom genom variation av kulör, förändras genom variationer i mönster och struktur. Mönster skapas dels av formmaterialet och dess ytskikt, och dels genom användning av mönstermatriser, strukturmatriser eller iläggsformar. Beklädnadselementens ytstruktur kan efter gjutning varieras genom bearbetning av betongen. Betongens färska yta kan exempelvis brädrivas, spåras, ströpplas, borstas, rollas, slätbearbetas eller stålglättas. När ytan härdat någon timme kan den filtas, borstas, vattenspolas eller syratvättas så att ballasten friläggs. Betongens ballast kan även friläggas med olika djup och grovhet med hjälp av retarderande tillsatsmedel. När betongytan hårdnat kan den sågas, ytslipas, terrazzoslipas, sandblästras, vattenblästras, ståluggas eller behuggas. Det går även att gjuta in andra material än betong i beklädnadsytan, exempelvis klinker. De varianter av betongytor som har valts ut för värdering visas i tabellformat i Appendix B3–Betygsmotivering Betongbeklädnadselement. (Hertzell 1996).

Betong anses generellt ha en god beständighet. Mekaniskt slitage, nedsmutsning och patinering av betongytan kan dock leda till att betongfasadens estetiska uttryck förändras med tiden. Mekaniskt slitage kan ske i form av nötning och klimatpåfrestningar. Betongens slitstyrka kan ökas genom användning av betong med lågt vattencementtal och hög stenhalt. Ett lågt vattencementtal ger en tät betong som minskar risken för kloridinträngning och minskar karbonatiseringshastigheten. Vid tillräckligt stort betongtäcksikt utanpå armeringen är risken för armeringskorrosion under fasadens livslängd mycket liten. Även ballastens slitstyrka, arbetsutförande vid gjutning, förhållanden vid härdning samt ytbehandling av betongytan påverkar betongfasadens slitstyrka. Impregnering med polymerer ger ökad hållfasthet, förbättrad slitstyrka och förbättrad beständighet. Mekaniskt slitage i form av erosion av cementskivan (ett uppflutet skikt av cement i ytan) ger upphov till färgskiftningar i ytan. För att förhindra att detta sker kan cementskivan tas bort redan i fabrik genom syratvättning eller sandblästring. Detta rekommenderas framförallt på infärgad betong. (Hertzell 1996).

Nedsmutsningen av betong har en tendens att ske ojämnt och syns tydligast på betongytor i ljusa kulörer medan nedsmutsningen blir mindre framträdande på röda och bruna betongytor.

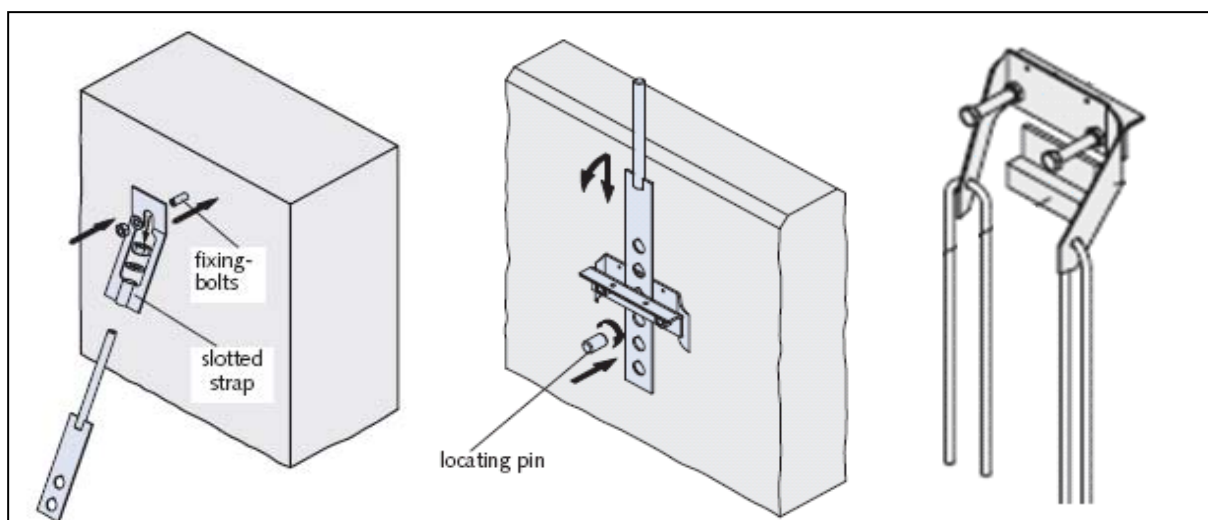
På släta ytor uppstår lätt rinnmärken medan grova strukturer i ytan fördelar smutsen bättre och även till viss del kan maskera smutsen. Vattendroppar från plåtdetaljer orsakar ofta missfärgningar av fasadytan som är svåra att avlägsna utan att detta i sin tur lämnar oönskade märken. Målning av betongytan kan minska benägenheten för nedsmutsning av fasaden betydligt och även ge upphov till att fasaden regntvättas bättre. Ofärgade ytskyddsmedel kan också minska nedsmutsningen. Många ytskyddsmedel har dock kort livslängd och effektiviteten är omdiskuterad. Ett alltför tätt ytskydd riskerar dessutom att orsaka kalkutfällningar (Hertzell 1996).

Betongens yta kan med tiden beväxas med alger och mossa. Denna påväxt är inte skadlig och anses ofta och beroende på fasadens utformning ge ytan en önskvärd och vacker patina. Problemet med patinering är att lokal rengöring av fasadytan från exempelvis klotter innebär att hela fasaden måste rengöras eftersom den rengjorda delens utseende annars skiljer sig från den övriga fasaden.

Skador på fasadelementen kan uppstå till följd av mekanisk åverkan vid avformning, transport och montering. Genom fasning av hörn och kanter på betongelementen kan risken för dessa sådana skador minskas. På längre sikt kan skador orsakade av konstruktions- och materialfel uppstå, som innebär att betongrecept och/eller att dimensionering av betongbeklädnadens ingående delar är felaktigt. Otillräcklig vibrering vid gjutning, felaktig rivning av gjutform m.m. är utförandefel som också kan ge kan leda till skador. Belastningsskador vid t.ex. påkörning av fasaden eller i form av sprickor till följd av överbelastning kan uppstå men riskerar inte att försämra fasadens funktion om skadan lagas innan armeringen riskerar att korrodera. Vid felaktig dimensionering eller tillverkning kan klimatbelastningar förutom slitage även ge upphov till större skador i form av bortsprängning av delar av betongskiktet orsakat av frysning av vatten i betongen eller armeringskorrosion.

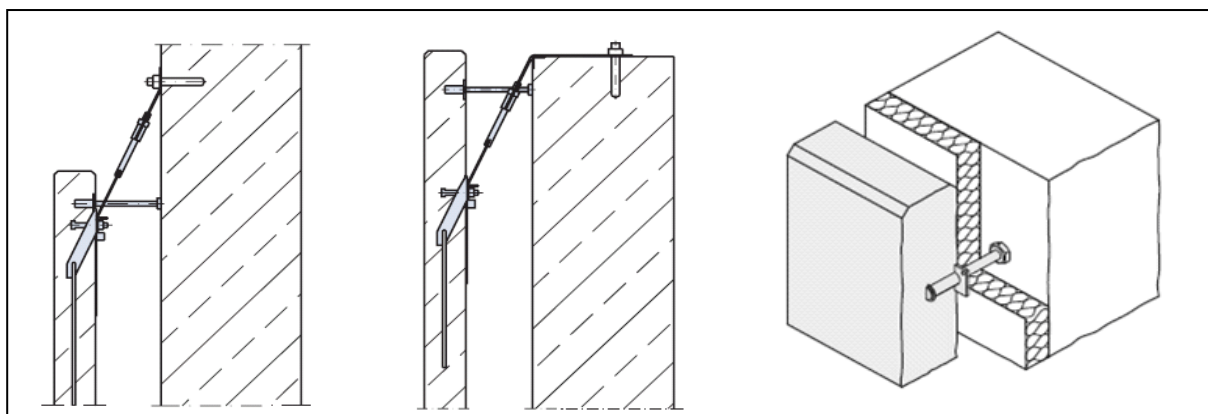
Infästningssystem

Fasadförankringen i värderingen är av rostfritt stål och klarar att bära största möjliga transporterbara beklädnadselement (3,4 x 8 m) med en tjocklek på 100 mm. Fasadankaret består av tre delar, ett fäste som gjuts in i väggelementet i fabrik, ett fäste som gjuts in i beklädnadselementet hos fasadtillverkaren och en justerbar sammankopplingskena som fästs i beklädnadselementets fäste och sedan kopplas ihop med väggelementet vid fasadmonteringen på montageplatsen (se Figur 4.8).



Figur 4.8 Fasadankare. Del som fästs in i betongvägg, del som gjuts in i beklädnadselement och sammankopplingskena (www.halfen-deha.se).

Varje beklädnadselement fästs in med två fasadankare, ett i varje övre hörn av beklädnadselementet. Beklädnaden sammankopplas med fästet i väggelementet som sitter en bit ovanför beklädnaden, alternativt på väggelementet ovanför det aktuella väggelementet. Högst upp på byggnaden, där det inte finns ett ovanliggande väggelement, fästs beklädnaden med en annan typ av ankare som fästs upp på väggelementets överdel (se Figur 4.9 nedan). Fasadförankringen kompletteras med fyra horisontella distanser som gjuts in i beklädnadselementet och skapar ett utrymme mellan beklädnaden och väggelementet där 200 mm stenullsisolering och 40 mm ventilerande luftspalt får plats.



Figur 4.9 Fasadankare, fasadankare för översta väggelementet och distans (www.halfen-deha.se).

Beklädnadselementen transporteras till montageplatsen och monteras nedifrån och upp på byggnaden. De lyfts på plats med hjälp av en lyftanordning och hängs på fästet i väggelementet ovanför och justeras så att det hänger rätt. De horisontella distanserna måste passas in genom isoleringen. När fasadmonteringen är klar tätas de vertikala fogarna med fogmassa.

Fogar

Fogar mellan beklädnadselement i en fasad är oundvikliga, men med god planering kan de döljas eller användas för att skapa ett estetiskt mervärde på fasaden. En fördel med beklädnadselement i betong är att de kan gjutas relativt stora och kan täcka de befintliga fogarna mellan de prefabricerade väggelementen. "Osynliga" fogar kan skapas genom att fasadelements skarvarna placeras vid naturliga linjer i byggnaden, exempelvis vid hörn, balkonger, fönster, dörrar och mellan olika färg- och strukturfält. Ett annat sätt att kamouflera fogarna är att utforma beklädnadselementen med reliefer och andra tredimensionella mönster som framträder starkare än fogarna (se Figur 4.10 nedan). I de fall då det är önskvärt att det syns att huset är industriellt producerat får fogarna lov att synas och sticka ut. Fasadfogarna följer då väggelementens fogar och val av fogfärg och fogbredd kan hjälpa till att accentuera det industriella linjespelet (Betongvaruindustrin 2005).



Figur 4.10 Till vänster: Dold horisontell fog i nivå med balkongplattan, Godhemsberget, Göteborg. Till höger: Linjespel med fogar, Polhemsplatsen, Göteborg. (Flodberg & Lundberg, 2007).

Betongfasadens vertikala fogar regntätas med en elastisk polyuretanfogmassa som har god vidhäftningsförmåga och kan ta upp stora rörelser. Fogmassan kan tillverkas i flera olika färger såsom vit, svart, beige, brun, tegelröd samt olika grå nyanser.

Fogmassans beständighet påverkas av ultraviolett (UV) strålning, temperaturväxlingar och fukt. Polyuretanfogmassor har inte lika god UV-beständighet som t ex MS-polymerbaserade fogmassor eller akrylatfogmassor men de fungerar bättre i en fuktig miljö (Carlstedt-Sylwan 2000). Genom regelbundet underhåll och normala förhållanden kan fogarna ha en livslängd på 20-30 år (Svenska Fogbranschens Riksförbund rev. 2004a). De skador som är vanliga på fogar i betongfasader är antingen vidhäftningsbrott, när fogmassan släpper från betongen, eller att fogen, eller betongen intill fogen, spricker pga. dragspänningar. Risken för sådana skador minskar i och med användandet av en elastisk fogmassa eftersom rörelserna i den är reversibla. Om skador skulle uppstå i fogarna så att fukt kan tränga in är risken för följdsador i ytterväggskonstruktionen låg, då fasaden har en ventilerad luftspalt.

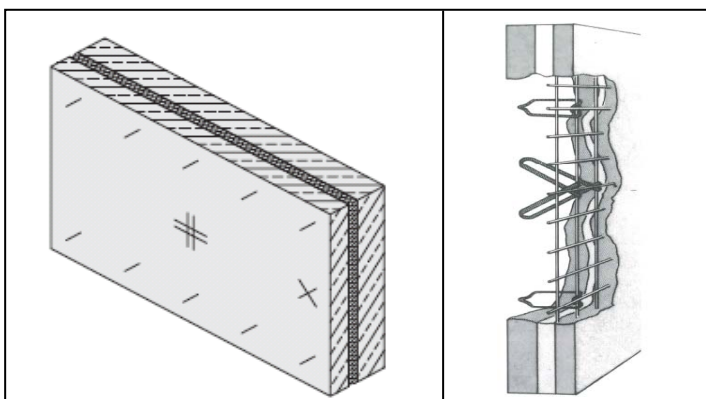
Ett alternativ till att använda fogmassa är att tätta de vertikala fogarna med självhäftande expanderande fogband som fästs på den ena elementkanten i fabrik och sedan komprimeras när fasadelementen sammanfogas så att fogarna blir täta. En stor fördel med fogband är att det inte krävs något efterarbete på montageplatsen. Problemet med förmonterade fogband är att vidhäftningsförmågan troligtvis inte blir lika bra som fogmassans. Fogen klarar heller inte att

ta upp allt för stora rörelser. Resultatet kan bli att fogarna med fogband inte blir lika lufttäta som fogar med fogmassa och då kan energiåtgången för uppvärmning av byggnaden bli högre. En mer noggrann utredning bör göras innan en sådan fogkonstruktion tas i bruk.

Beklädnadselementen kan utformas med klackformade horisontella fogar som inte behöver tätas på montageplatsen. Tröskelhöjden bör då vara 70 mm och fogarna tätas med en vindsättning och värmeisolering i form av ett fogband som monteras på överkant av beklädnadselement hos tillverkaren. Minsta tillåtna fogbredd är 6 mm för att inte riskera att vatten som rinner längs fasaden pressas in i fogen pga. tryckskillnaden (Betongvaruindustrin 2005).

4.3.4 Fasadsystem 4 – Sandwichelement

En sandwichfasad påminner om en vägg med betongbeklädnadselement, men fasadelementet gjuts på den bärande väggen redan i fabrik (se Figur 4.11 nedan). Fördelen med ett sandwichelement är att ytterväggarna kan göras helt kompletta i fabrik med både fasad och inre ytskikt på plats vilket sparar stora resurser på montageplatsen. En nackdel är att sandwichfasaden alltid måste utformas i samma storlek som väggelementen. En annan nackdel är att sandwichsystemet i det här fallet påverkar det aktuella byggsystemet i ett investeringskedje i mycket hög grad. Gjutningen av både den bärande delen och beklädnadsdelen måste ske i liggande form eftersom det inte går att gjuta in bärarkare och byglar som sticker ut från elementet i en stående form. Vidare går det inte att använda dagens system med utfackningspartier som startar från golvnivå eftersom det inte går att gjuta fast fasadelementet i träregelpartiet i utfackningsväggen under fönsteröppningarna. Systemet värderas trots dess påverkan på aktuellt byggsystem eftersom det är ett viktigt och vanligt förekommande industriellt fasadsystem och kan användas i jämförelsesyfte. I betygsättningen antas det att NCCs produktionsätt ändras så att väggarna gjuts i liggande former. Inga utfackningspartier finns utan ursparningar gjuts för fönster och dörrar. Alternativt byggs utfackningspartier in på plats i fabrik och kan inte prefabriceras samt kräver en egen fasadlösning.



Figur 4.11 Till vänster: Principutformning sandwichelement. Till höger: Infästningssystem (www.halfen-deha.se).

För värderingen väljs ett sandwichelement med en bärande del utformad som NCC Kompletts väggelement i betong och 200 mm isolering av cellplast. Fasadskiktet är 70 mm tjockt och betongelementen förbinds med ett förankringssystem i rostfritt stål (se Figur 4.11).

Sandwichelementet saknar en ventilerande luftspalt mellan isoleringen och beklädnadselementet men de vertikala fogarna är utformade med en luftningskanal. Det är inte säkert att NCC Kompletthuset's väggutformning är den optimala för ett sandwichsystem men det används vid värdering för att det lättare ska gå att jämföra med övriga fasadsystemsalternativ.

Betongen och infästningssystemet är obrännbara men cellplastisoleringen är brännbar. Konstruktionen uppfyller krav för en BR1-byggnad eftersom isoleringen skyddas av en betongbeklädnad på utsidan som uppfyller en täthet på lägst EI 30. Vidare finns det ingen brandspridande luftspalt angränsande till isoleringen och cellplasten är ingjuten från fabrik vilket gör konstruktionen extra tät (Johannesson & Hamberg 2006). Vid varje våningsplan bryts cellplasten bakom fasaden av med en brandtätning, t ex en stenullsremsa. Även längs de vertikala fogarna är isoleringen brandtätad.

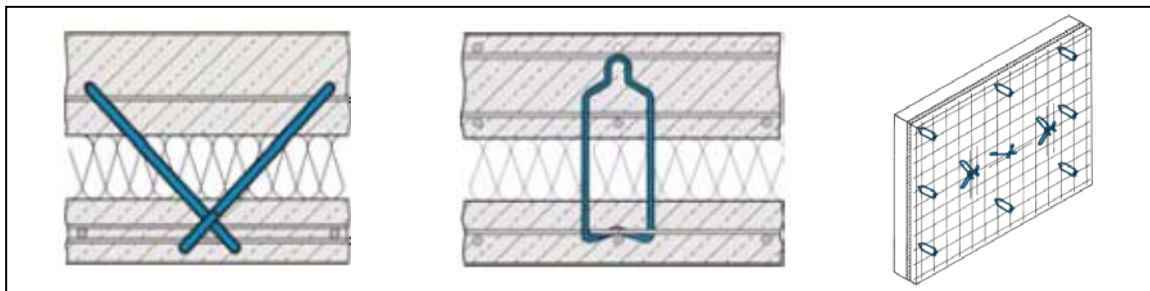
Beklädnad

Sandwichelementens beklädnad kan i princip utformas precis som betongelementen (se beklädnadsalternativen i Appendix B4 – Betygsmotivering Sandwichelement). Gjutningen och ytbehandlingen måste dock ske i egen fabrik och fabriken kapacitet begränsar utformningsmöjligheterna. Olika hjälpmedel för utsmyckning av beklädnadselementen måste förvaras i fabriken och arbetsmiljön kan försämrats beroende på hur betongytan efterbehandlas. För värderingen antas antalet variationer i mönster, ytor och färg därför begränsas till ett antal "årsmodeller". Utbudet kan bytas ut efterhand som kunder och arkitekter önskar.

Sandwichbeklädnadens storlek begränsas till väggelementets storlek och kan till skillnad från betongbeklädnadselementet inte överlappa de naturliga väggelementfogarna. Sandwichbeklädnadens längd bör dessutom inte överskrida 6 m för att undvika skador i fasaden till följd av att beklädnaden rör sig mer än det bärande elementet vid stora temperaturrörelser (Halfen-Deha 2007). För ytterväggar som är längre än 6 m rekommenderas därför att själva fasadskiktet gjuts i två separata delar, maximalt 6 m långa.

Infästningssystem

Infästningssystemet består av bärankare och klämyglar i rostfritt rundstål (se Figur 4.12). Bärankaret överför laster från beklädnadsdelen till den bärande stommen och klämygeln håller ihop de båda betongelementen och förhindrar vridning av beklädnaden.



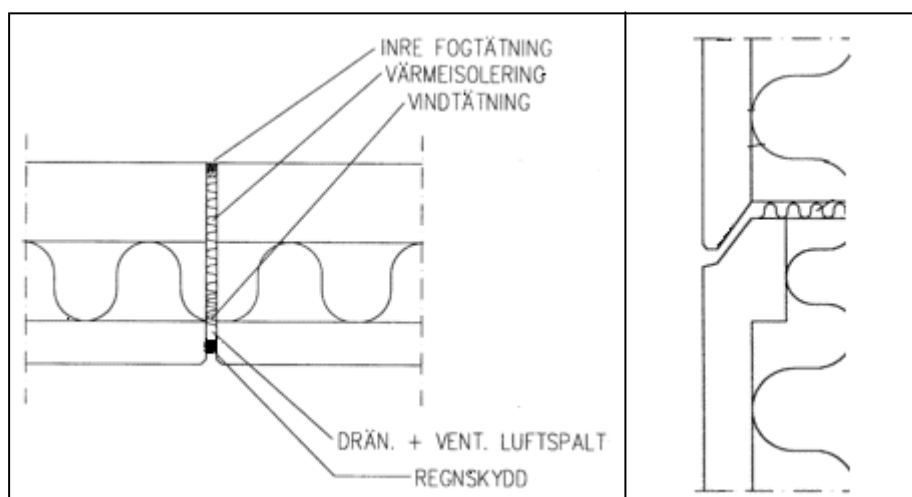
Figur 4.12 Bärankare, klämygel och exempel på placering i väggelement (www.halfen-deha.se).

Fogar

Sandwichfasadens fogar utformas i princip som fogarna mellan betongbeklädnadselementen i Kapitel 4.3.3 ovan och fasaden kan få ungefär samma linjespel med fogarna. Skillnaden är att sandwichfasadens fogar måste sammanfalla med väggelementens fogar.

Väggelementkanterna tätas i fabrik med foglister och isolering för värme-, brand- och vindtätning. Efter montering av ytterväggselementen på montageplatsen tätas den yttre delen av den vertikala fogen med en elastisk fogmassa för regnskydd samtidigt som en 30 mm djup dränerande och ventilerande luftspalt bildas bakom fogmassan och bottningslisten (se Figur 4.13 nedan).

De horisontella fogarna i sandwichfasaden kan utformas med klackformade betongkanter som inte behöver tätas på montageplatsen (se Figur 4.13). Tröskelhöjden bör då vara minst 70 mm och minsta fogbredd är 6 mm för att inte riskera att vatten som rinner längs fasaden pressas in i fogen pga. tryckskillnad (Betongvaruindustrin 2005). För att hindra att inträngd fukt letar sig vidare in genom fogen till insidan av väggen kan de horisontella fogarna göras icke genomgående genom att cellplastisoleringen och fasadelementet tillåts sticka upp en aning ovanför väggelementet, om det är möjligt rent monteringsmässigt, och på så sätt överlappa elementfogen mellan de invändiga betongväggarna.

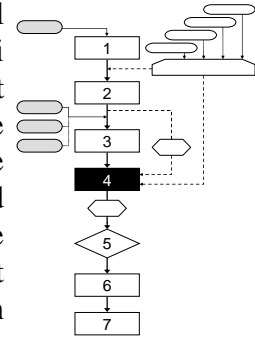


Figur 4.13 Till vänster: Vertikal fog sedd ovanifrån. Till höger: Tröskelformad horisontalfog sedd från sidan (Betongvaruindustrin 2005, modifierade figurer).

En sandwichkonstruktion är ofta känsligare för fogskador än en konstruktion med ventilerad luftspalt bakom beklädnaden. Om fogarna spricker eller släpper från betongkanterna och om vatten kan ledas förbi bottningslisten finns risk för följdskador. I detta fall värderas en sandwichfasad med luftningskanal bakom fogen och en tät betong med lågt vattencementtal. Om fukt tränger igenom den vertikala fogen antas den ventileras bort och inte tränga in i betongen. Ett problem med att den vertikala fogen är genomgående i hela väggen är att om fukt mot förmodan tar sig förbi den ventilerade luftningskanalen kan den ta sig förbi övriga tätningslister i elementfogen och orsaka fukt i fogdelen på väggens insida. Fogtätningens tekniska egenskaper kan försämrats av hög fukthalt. De utvändiga fasadfogarna bör därför kontrolleras regelbundet och vid behov repareras (Svenska Fogbranschens Riksförbund rev. 2004a).

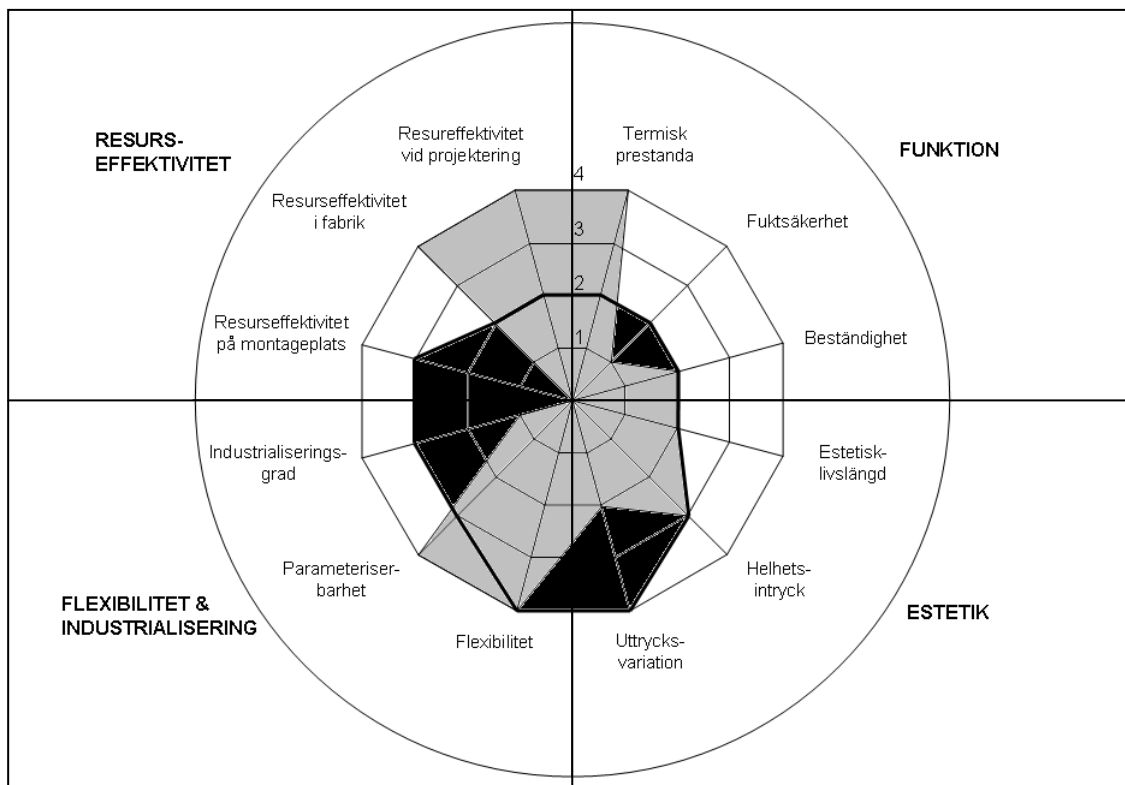
4.4 Steg 4: Värdering

Inget av de fasadssystem som valts för värdering uppfyller målbilden helt men några är nära att göra det. Resultatet från värderingen av de fyra fasadsystemalternativen visas i resultatdiagrammen nedan och hur väl grundförutsättningarna uppfylls beskrivs i text. Det skuggade området i resultatdiagrammen är det värderade fasadsystemets betyg. Detta innebär att den skuggade arean motsvarar fasadsystemets prestanda. Den tjockare svarta linjen i resultatdiagrammen är dragen mellan de önskade betygsnivåerna för respektive värderingskategori. Linjen utgör därmed randen för byggsystemets målbild. Där prestandan inte når upp till de uppsatta målen visas fasadsystemets tillkortakommanden genom att skillnaden mellan värderingsbetyg och målbild, där resultatet är sämre än önskat, har markerats svart. Detta innebär att ju mindre svarta ytor som förekommer i resultatdiagrammet, desto bättre stämmer de värderade fasadsystemets egenskaper med de efterfrågade.



4.4.1 Puts

Byggsystemets nuvarande fasad i puts uppfyller naturligtvis grundförutsättningarna med avseende på hållfasthet, brandsäkerhet och ämnesinnehåll. Om fasaduppförandet skulle industrialiseras i framtiden, med montering av putsbärare och förstärkningar redan i fabrik, kommer byggsystemet inte att påverkas. Produktionen får läggas om något i fabrik så att det finns utrymme för de extra arbetsmomenten. Resultatet från värderingen visas i Figur 4.14 nedan. För fullständig betygsmotivering se Appendix B1 – Betygsmotivering Puts.



Figur 4.14 Resultatbild för putsfasaden.

Värderingen av putsystemet ger ett spretigt intryck och resultatbilden motsvarar inte alls målbilden. Ingen av kvadraterna uppfyller målbilden fullt och sämst är systemets industrialiseringsgrad och resurseffektivitet i produktionen. Eftersom putsfasaden får 0 poäng i kategorin resurseffektivitet på montageplats och totalt har så många som tre stycken 1-poängare, borde värderingen enligt metodiken avbrytas. Anledningen till att värderingen har fullföljts och att resultatet har dokumenteras är att fasaden används som referensfasad för att jämföras med de andra fasadalternativens resultat.

Funktion

Funktionsmässigt innebär den enstegstätade tunnputsfasaden att bygganden blir en väldigt lufttät och energieffektiv byggnad med valfri isolertjocklek och små punktformiga köldbryggor genom de plastklädda expansionsspikarna som genombryter isoleringen.

Problemet med fasaden är att fukt som lyckas ta sig in i konstruktionen, eller som är inbyggd från start, har låg uttorkningshastighet. Betyget på fuktsäkerhet blir inte godkänt i och med att fasaden saknar en ventilerad luftspalt som hindrar att fukt som tränger in genom fasadbeklädnaden kan ledas vidare in i väggkonstruktionen. I de vanliga ytterväggspartierna av betong, som saknar organiska material, innebär uttorkningshastigheten förmodligen inget problem. Utfackningspartierna däremot innehåller fuktkänsliga material. Uttorkningen går dessutom ännu långsammare för dessa väggpartier, jämfört med i de bärande väggpartierna, till följd av den invändiga fuktspärren som innebär att uttorkning enbart kan ske utåt i väggkonstruktionen. Den långsamma uttorkningshastigheten i kombination med fuktkänsliga material innebär att fuktproblem kan uppstå i utfackningspartierna om fukt lyckas ta sig in i väggen vid bristfällig utformning. För att putsfasaden ska få ett godkänt betyg i fuktsäkerhet måste systemet kompletteras med en luftspalt.

Ett annat problem för en putsfasad med tunnputsteknik är att det kan bli kondens på ytskiktet vid bland annat nattutstrålning. Detta kan leda till algpåväxt men påverkar endast det estetiska uttrycket och inte den byggnadstekniska funktionen.

Putsfasadens beständighet är acceptabel förutsatt att underhåll sker regelbundet. Vad som drar ner beständighetsbetyget är att tunnputsens är ganska stötkänslig och måste ha en kraftigare sockel på bottenplan. Sprickor som uppstår av krympning och andra mekaniska rörelser måste repareras så att inte vatten rinner in som kan leda till fuktproblem och frostsprängning.

Estetik

Estetiska fördelar med en putsfasad jämfört med en mer industriellt producerad fasad är att den är allmänt accepterad och i dagsläget kan förhålla sig till i stort sett samtliga detaljplaner för boendemiljö. Fasaden ger ett gediget och solitt intryck eftersom den saknar fogar och har dolda infästningar. Problem med putsfasaden är att den lätt smutsas ner, färgen bleks och ytan suger upp rikligt med fukt vid nederbörd så att den ofta har ett flammigt utseende. Putsfasaden uppfyller målbilden på samtliga punkter utom uttrycksvariationen. Anledningen är att det inte går att skapa ett ytskikt som ser ut som något annat än just puts. Det är svårt att skapa ett industriellt uttryck i fasaden om så önskas. Det går dock att laborera med olika färgfält på samma fasad och olika ytstruktur, så betyget blir godkänt.

Flexibilitet & industrialisering

Putsfasadens styrka är att den är parameteriserbar i alla riktningar och att systemet är mycket flexibelt. Fasaden kan appliceras på vilken byggnad som helst oavsett form och geografiskt läge. Fasadförankringarna har inga absoluta placeringar utan kan justeras i alla riktningar. Beklädnaden har ingen begränsning i storlek utan täcker alltid hela fasaden. Anslutningar till andra fasadpartier och till andra byggnadsdelar och genomföringar är enkla och snygga. Vad fasaden faller på i den aktuella betygskvadranten är industrialiseringsgraden. Hela beklädnaden monteras i dagsläget på montageplatsen och ytskiktet går aldrig att tillverka industriellt. Industrialiseringsgraden kan öka och fasaden kan få ett godkänt betyg om större delen av beklädnaden, putsbärare och förstärkningar, sker i fabrik i stället. Målbilden kan dock aldrig uppnås eftersom ytskiktet alltid måste putsas på montageplats för att ytan ska bli jämn, snygg och utan tydliga fogar.

Resurseffektivitet

Resurseffektiviteten på montageplats är ett direkt resultat av den låga industrialiseringsgraden. Skillnaden är att det inte går att genomföra enklare förändringar i fasaduppförandet så att kraven kan uppfyllas. Själva putsningen och härdningen tar flera veckor att utföra och arbetet kan inte påbörjas förrän alla väggelement är på plats. Fasadsystemet kommer alltid att kräva den plats- och tidskrävande, kostsamma monteringen av byggnadsställning. När fasaden putsas vintertid måste montageplatsen vid behov värmas upp till minst +5°C och det dyra montagetältet ockuperas längre tid än nödvändigt. Det krävs tillfälligt upplag på montageplatsen för isolering och bruk och putsarbetet innebär en slabbig och stökig arbetsmiljö för montörerna. Putsfasadens fördel är att det naturligtvis är ett väldigt resurseffektivt alternativ när det kommer till fabrikens resurser eftersom ingen fasadmontering sker i fabrik. Även projekteringen får högsta betyg i resurseffektivitet i och med att fasadsystemet i princip är färdigdimensionerat och putsarbetet sköts av underentreprenad. Arkitektens projekteringsarbete blir ganska begränsat vad gäller fasadutformningen då han eller hon endast kan laborera med olika färgfält och fönstersättning. Fördelen med detta är att inskränkningar i valmöjlighet ger en relativ snabb projektering för både arkitekt och konstruktör.

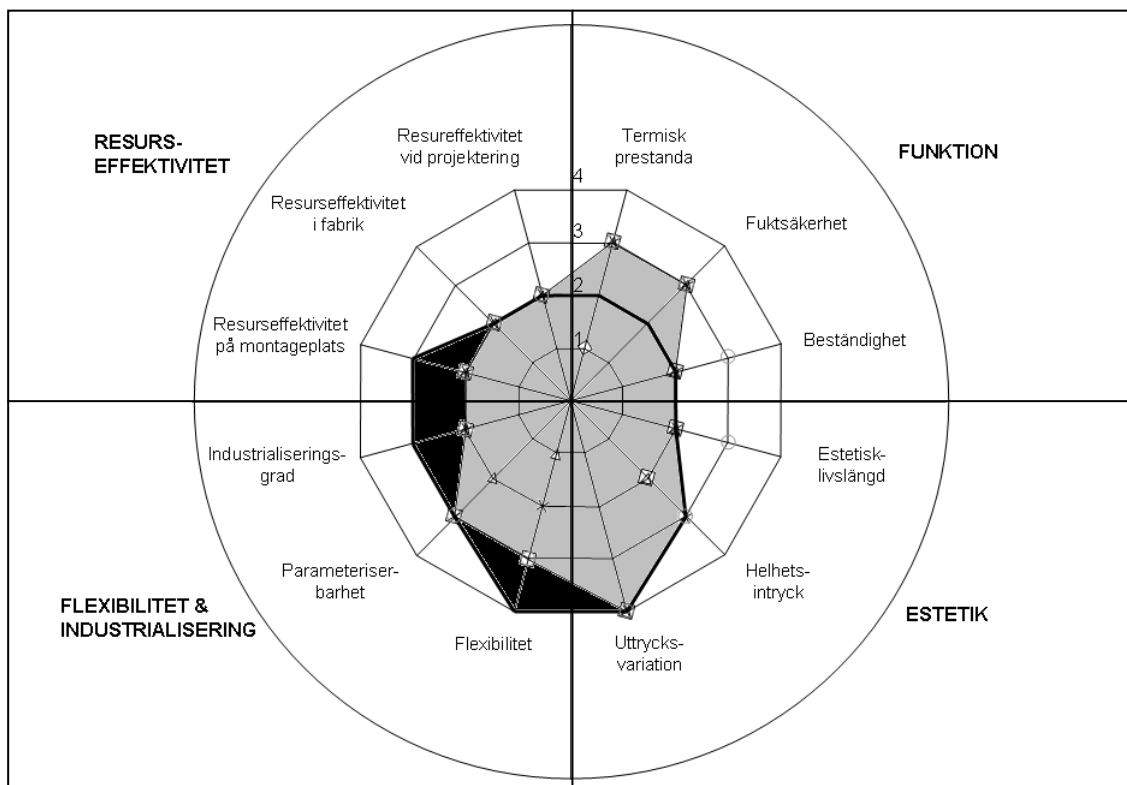
4.4.2 Skivelement

Av de skivelementfasader som finns på marknaden väljs ett fasadsystem som representant för skivelementfasaderna vid värdering och jämförelse av de olika fasadtyperna. Det valda fasadsystemet har ett brett beklädnadssortiment och ett till synes funktionellt infästningssystem i metall. Ett byte till en skivelementfasad påverkar det aktuella byggsystemet endast i ett initialt skede i och med att ytterväggen blir något tjockare vid införande av luftspalt bakom fasaden vilket kan påverka fönsterutformningen. Vidare blir ytterväggproduktionen mer omfattande i fabrik eftersom isoleringen behöver fästas in på ett nytt sätt och fasadens infästningssystem samt en stor del av beklädnaden ska monteras i fabrik.

Det valda skivelementfasadsystemet antas uppfylla grundförutsättningarna med avseende på hållfasthet, genom att skivelementen kan fästas in tätare högre upp på en byggnad och i kustnära områden för att klara de ökade vindlasterna. Genom att välja en obrännbar isolering bakom luftspalten uppfyller konstruktionen kraven på brandsäkerhet. Beklädnaderna är

brandklassade enligt olika certifieringar beroende på i vilket land de har testats och om någon klassning är tveksam i Sverige bör beklädnaden testas även här innan den tas i bruk. Tillverkaren av skivelementfasaden har inte låtit BASTA-testa sin konstruktion men de rena ingående råmaterialen uppfyller BASTA-systemets egenskapskriterier.

Resultatet från värderingen av en skivelementfasad, uppbyggd med det utvalda fasadsystemet, visas i Figur 4.15 nedan. För fullständig betygsmotivering se Appendix B2 – Betygsmotivering Skivelement.



Figur 4.15 Resultatbild för skivelementfasaden.

Några av betygen i värderingen beror helt på vilken beklädnad som monteras på fasaden. Resultatlinjen i figuren visar vilket betyg majoriteten av beklädnaderna får. När en beklädnad avviker från majoritetsbetyget i någon kategori visas det i figuren genom en markering i form av en cirkel, fyrkant, triangel eller kryss.

Funktion

Funktionsbetyget uppnår ett resultat som är ett snäpp bättre än målbilden i termisk prestanda och fuktsäkerhet. Det är bra eftersom målbilden kan komma att ändras i framtiden i och med att samhället ställer allt högre krav på kvalitet och energieffektivitet.

Fasadsystemet möjliggör att väggarna isoleras med sammanlagt 200 mm isolering vilket bedöms vara tillräcklig för att kunna skapa en energisnål byggnad. Infästningssystemets konsoler av rostfritt stål ger endast smala punktformiga genombrytningar i isoleringen. Rostfritt stål är en relativt dåligt ledande metall och konsolerna är försedda med en köldbrytande bricka i anslutningen till betongväggen. Köldbryggorna orsakade av isoleringsinfästningen, antas vara lika stora som putsfasadens köldbryggor genom

putsbärrarfästningen. Den totala ytan av köldbryggor orsakade av fasadsystemet är liten i förhållande till hela ytterväggsarean. Det höga betyget på termisk prestanda är under förutsättningar att fasadsystemet monteras så att den vindskyddande isoleringen överlappar skarvarna mellan väggelementen.

I fuktsäkerhet får fasadsystemet bättre betyg än 3 poäng i många av bedömningspunkterna. Fasadens infästningssystem möjliggör en dränerad och uteluftsventilerad luftspalt bakom beklädnaden så att uttorkningen förenklas och risken för fuktinträngning vidare in i ytterväggskonstruktionen minskar. Tack vare att luftspalten möjliggör uttorkning av fukt behöver inte ytterbeklädnaden vara helt vattentät, utan ett visst fuktgenomsläpp genom fogar och beklädnadsmaterial kan tillåtas. Konstruktionen är utformad med regnskydd i fogarna och tätningslist mellan bärläkt och beklädnad, vilket gör att fukt har svårt att leta sig in den vägen. Risken för kondens i ytterväggskonstruktionen pga. infästningssystemet anses vara liten. Betongen och förankringen av konsolerna är utvändigt isolerade och är därmed alltid tillräckligt varma, så att risk för fukt som kondenserar på dess ytor inte förekommer. Det är egentligen inga rena organiska material i fasadsystemet men några av beklädnadsskivorna, de i fibercement, innehåller organiska fibrer. Skivorna är däremot röttåliga.

Det inbyggda infästningssystemet och majoriteten av beklädnaderna anses vara mycket motståndskraftiga mot fukt, temperaturväxlingar, ultraviolett ljus och kemisk nedbrytning. Fibercementskivorna drar dock ned på beständighetsbetyget eftersom de lagrar mycket fukt och därmed riskerar att bland annat frysa sönder. Samtliga komponenter och konstruktioner i fasadsystemet har en förväntad teknisk livslängd på åtminstone 50 år. Vissa av beklädnaderna är ömtåligare än andra och kan behöva hanteras varsamt och få ytskikten reparerade efter en tid. De flesta beklädnaderna tål att tvättas med högtryckstvätt. Beklädnaderna av högtryckslaminat och stenbelagd fibercement uppfyller högsta betyg på nästan alla bedömningspunkter tack vare sina starka ytskikt och kärnmaterial. De sticker ut i resultatbilden med betyget 3 poäng i beständighet. Att de inte får 4 poäng beror på att den tekniska livslängden ”bara” är angiven till ungefär 50 år i produktinformationen och inte mer än 50 år.

Estetik

Betygen på de olika bedömningspunkterna inom estetik varierar kraftigt mellan beklädnadsskivorna. Målbilden uppnås precis för det sammanvägda betyget för majoriteten av beklädnaderna. I estetisk livslängd blir det sammanvägda betyget godkänt (2 poäng) och betyget speglar beständigheten i funktionskvadranten. Skivorna i högtryckslaminat och stenbelagd fibercement utmärker sig även här, med 3 poäng tack vare sina starka ytskikt och kärnmaterial. Fibercementskivorna är fuktupptagande och förväntas få reversibla formförändringar vid fuktbelastning, därav betyget 2 poäng i kategorin.

Majoriteten av beklädnaderna får 3 poäng i helhetsintryck. Fasadsystemet i helhet kan se både modernt och industriellt ut samt smälta in med en putsfasad. De flesta beklädnadsskivorna ser rejäla ut även på nära håll och har jämna kanter tack vare att de kan måttbeställas från tillverkare. Fasadsystemets fogar har ett enhetligt utseende och de beklädnader som inte kan fästas in med dold infästning har infästningar som är diskreta och kan fås i valfri färg. De genomfärgade fibercementskivorna och skärmteglet får dock bara 2 poäng i helhetsintryck. Det beror på att de två fibercementskivorna som saknar ett starkt ytskikt kan riskera att se lite klena och ”pappaktiga” ut på nära håll. Skärmteglet får sämre betyg på grund av att stenarna endast kan tillverkas i några olika standardformat och vid kapning kan tegelkanterna få ett sprucket utseende som måste döljas med lister.

Tack vare sitt rika utbud på beklädnader får det granskade skivelementfasadsystemet högsta betyg i uttrycksvariation. Många olika gestaltningsidéer kan förverkligas och fasadytan kan se ut som både trä, tegel, sten, betong och puts och kan fås i olika färger och ytstrukturer. Många av beklädnaderna kan tillverkas i våningshöga element och beklädnadens fogar behöver inte sammanfalla med väggelementens fogar. Fasadsystemets fogar kan vara både öppna, stängda, tätta och överlappade. Fogprofiler och hörnlister kan fås i olika färger och former. Infästningar kan döljas i vissa beklädnader.

Flexibilitet & industrialisering

Även om fasadsystemet med skivelement känns industriellt med sina förtillverkade komponenter är det just i kvadranten för flexibilitet & industrialisering som det har svårast att uppnå den satta målbilden. Det beror på att systemet kräver många monteringssteg och många tillbehör samt att en del efterarbete måste göras på montageplatsen. Vidare är skivorna begränsade i storlek och förankringarna kan inte placeras var som helst i väggelementen.

Fasaden brister visserligen i kategorin flexibilitet, men majoriteten av beklädnaderna har ändå bra egenskaper i denna kategori. Skivelementen kan tillverkas våningshöga och de kan varieras nästan fritt i storlek inom den maximala storleken. Infästningssystemet fungerar för samtliga beklädnader fast skärmteglet behöver kompletteras med speciella infästningstillbehör. Infästningsplaceringen kompliceras något av väggstorlek, ursparningar och ingjutna detaljer i väggelementen. Beklädnadsskivorna har något varierande tjocklek men anslutningar på samma fasad, olika beklädnader emellan eller till platsbyggda fasadpartier, kan förenklas genom att luftspaltens djup justeras några millimeter eller att anslutningarna täcks med lister. Vissa beklädnader har sämre tillverkningstoleranser och några rör sig mer än andra, skillnaderna är dock inget problem då de tas upp av fasadfogarna. Träpanelsimitationen i fibercement och skärmteglet har sämre betyg i flexibilitetskategorin än övriga beklädnader. Träpanelsimitationen brister på att den är i brädformat och har en låst bredd som inte kan variera i storlek. Detta gör dock inget eftersom tanken är att den ska se ut som just träpaneler och därför förväntas ha en låst bredd. Skärmteglet får endast 1 poäng i flexibilitet beroende på att stenarna endast tillverkas i några få fasta modulmått som dessutom bara kan monteras i en orientering. För att skärmteglet ska få ett godkänt betyg krävs det att det är möjligt att tillverka stenarna i valfri storlek i åtminstone en riktning.

Fasadsystemet är tillräckligt parameteriserbart för att uppnå målbilden. Endast skärmtegelbeklädnaden får ett sämre betyg eftersom stenarna har fasta modulmått. Stenarna kan dock kapas och anpassas till väggelementen och dess öppningar. Övriga beklädnader är parameteriserbara, inom maximal skivstorlek, i åtminstone en riktning och kan kapas till rätt storlek i den andra riktningen. Fasadinfästningar och förankringar måste ligga i samma linje i vertikalled men längs denna vertikala linje är de helt parameteriserbara.

All tillverkning av fasadsystemets komponenter och en stor del av måttanpassningen är industriell. Det är bara putsskiktet på putsbäraren i fibercement som måste göras på montageplats. Skivelementfasaden får bara 2 poäng i industrialiseringsgrad eftersom det krävs en del efterarbete på montageplatsen för samtliga beklädnader. Isoleringen måste tätas längs väggfogarna och sedan måste de sista skivorna monteras utanpå isoleringen.

Resurseffektivitet

Betyget i resurseffektivitet för en skivelementfasad uppfyller bara precis kraven enligt metodiken. Resurseffektiviteten på montageplats når inte upp till målbilden eftersom det är svårt att undvika ett visst efterarbete med skivmontering efter väggmonteringen. Kompletteringen är dock okomplicerad och snabb. I och med efterarbetet krävs någon form av personliftanordning på montageplatsen men byggnadsställning är inte nödvändig. Skivor som skulle råka skadas under monteringen orsakar ingen störning i ytterväggmonteringen eftersom skadade skivor kan bytas ut vid ett senare tillfälle. Den beklädnad som sticker ut, och får 0 poäng i betyg, är putsbäraren med tunnputs. På grund av behovet av byggnadsställning och det omfattande, tidskrävande och kladdiga arbetet på montageplatsen, får beklädnaden bestående av putsskiva och puts naturligt nog samma, icke godkända, betyg som putsfasaden i Kapitel 4.4.1 ovan.

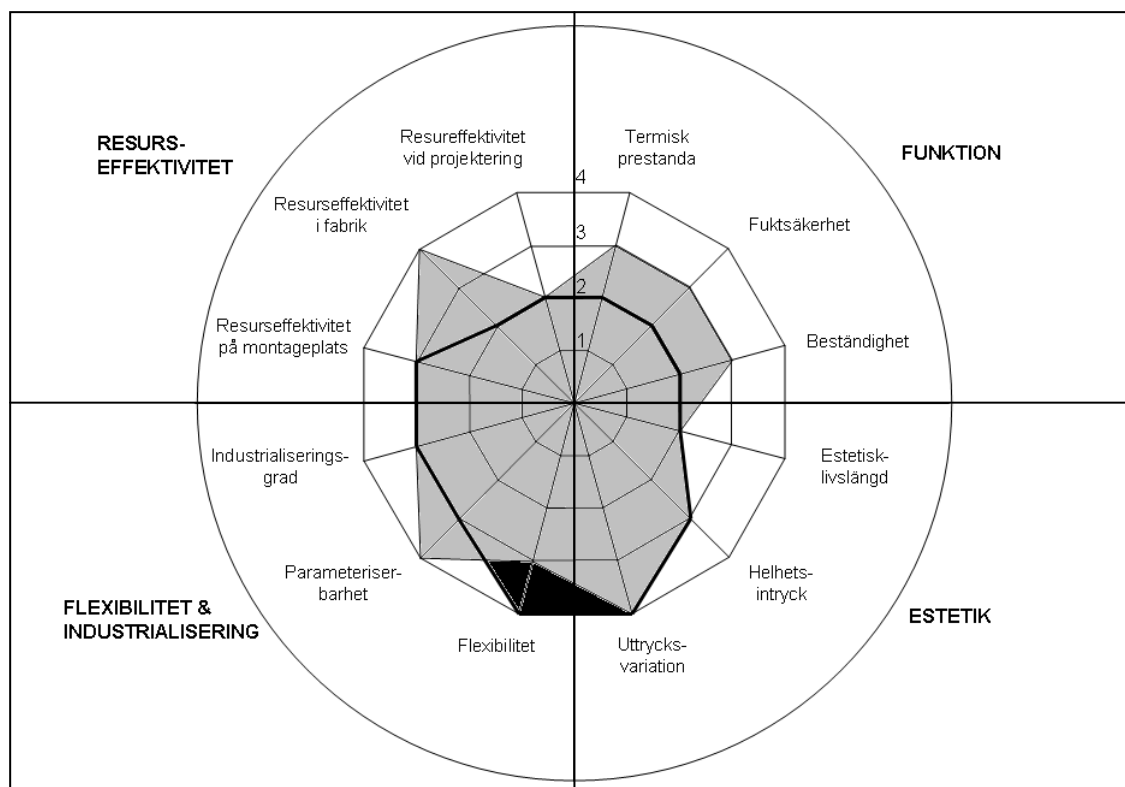
I fabrik är arbetsmomenten för fasadmonteringen ganska många men okomplicerade, och flera olika fästdon behövs. Därav är betyget på resurseffektivitet i fabrik lågt. En del arbetsmoment, som till exempel utsättning och förborring för infästningar, borde kunna gå att automatisera. Tillverkningen och en del måttanpassning av fasadsystemets komponenter görs utanför väggproduktionen och materialspillet borde bli minimalt. Fasadmonteringen och förvaringsbehovet kräver inte oskäligt mycket utrymme i vägglinan.

För konstruktören är fasadprojekteringen ganska enkel och resurseffektiv. Komponenterna är färdigdimensionerade och förankringarna har ett framräknat givet centrumavstånd som inte får överskridas. För arkitekten däremot, försvåras fasadutformningen något av att fasadsystemet måste koordineras med väggelementfogarna.

4.4.3 Betongbeklädnadselement

En fasadlösning med betongbeklädnad har möjlighet att uppfylla grundförutsättningarna med avseende på hållfasthet, brandsäkerhet och ämnesinnehåll. Om fasadsystemet ska tas i bruk måste dock byggsystemets hållfasthet kontrolleras så att de bärande väggarna klarar av att bära de tunga fasadelementen. Vidare måste utfackningspartierna med fönster och balkongdörrar projekteras om i ett initialt skede eftersom ytterväggarna blir en dryg decimeter tjockare. Eftersom hela fasaden kan tillverkas utanför väggproduktionen skulle fabriksproduktionen inte behöva ändras mer än att isoleringen behöver fästas in ordentligt i fabrik.

Resultatet från värderingen visas i Figur 4.16 nedan. För fullständig betygsmotivering se Appendix B3 – Betygsmotivering Betongbeklädnadselement.



Figur 4.16 Resultatbild för betongbeklädnadsfasaden.

Resultatbilden för betongbeklädnadsfasaden har ett överlag jämnt och bra intryck. Enda punkten där fasaden inte uppfyller målbilden är flexibiliteten.

Funktion

Funktionsmässigt är betongfasaden det bästa fasadalternativet enligt värderingen med slutbetyget 3 poäng i samtliga kategorier och många 4-poängare bland bedömningspunkterna. Fasaden tillåter en tjock isolering och infästningssystemet orsakar endast små och få köldbryggor. Genomgående fogar och luftläckage kan undvikas i ytterväggskonstruktionen genom att den vindtäta isoleringen och beklädnadselementen överlappar väggelementfogarna samt att fasadfogarna vindtätas ordentligt.

Förutom vindtätning måste fasadfogarna regntätas. I vertikalled är fogarna försedda med en regnspärr i form av utvändigt fogmassa, men i horisontalled räcker det att utforma betongkanterna med ”klack” så att slagregn inte kan leta sig. Resultatet blir att fasaden inte får bästa betyg i kategorin fuktsäkerhet eftersom det finns en möjlighet att fukt letar sig igenom den horisontella fogen. Inträngd fukt kan emellertid ventileras bort i luftspalten och det är därför onödigt att införa det extra arbetsmomentet med täta horisontella fogar, bara för att få 4 poäng i den aktuella kategorin, när konstruktionen duger som den är. Då betongväggen är utvändigt isolerad och alltid hålls varm borde det inte föreligga någon risk för kondens i väggelementen vid fasadförankringarna. Fasadbetongen är tjock och har god värmelagringsförmåga så nattutstrålningen borde inte heller orsaka några problem.

En bra tillverkad betongfasad med lågt vattencementtal och tillräckligt täckskikt utanpå armeringen borgar för en god beständighet och lång livslängd utan armeringskorrosion (Burström 2001, Figur 12.38 s.250). Endast fogmassan kan behöva bytas ut någon gång under byggnadens livslängd.

Estetik

I kategorin för estetik uppfyller betongfasaden precis målbilden. Den estetiska livslängden beror helt på hur ytskiktet behandlats. De olika beklädnadsalternativen har ett sammanklumpat betyg i resultatbilden. Generellt är en genomfärgad yta där cementhuden har avlägsnats vid tillverkningen, mer beständig och kan därmed få ett högre betyg än ”bara” godkänt.

Betongfasadens helhetsintryck kan få väldigt hög kvalitet och se gediget ut om projekteringen och tillverkningen görs ordentligt. Det går att skapa både moderna och klassiska utseenden i betong och om arkitekten planerar linjespelet med fogarna och mönstret i betongen behöver det inte synas att fasaden är industriellt producerad förrän vid närmare granskning, mycket tack vare att fasaden har ett dolt infästningssystem. Att betongfasaden inte får högsta betyg i kategorin beror på att det inte går att få fogarna att smälta in helt i en omöstrad beklädnad samt att vissa beklädnader fuktas ned vid nederbörd och kan ge ett flammigt intryck. Betongfasader uppfattas dessutom, framförallt av många arkitekter, ofta som för tjocka och bastanta för att passa in i ett bostadsområde.

Tack vare den stora mängden utformningsmöjligheter av ett betongelement får fasadsystemet högsta betyg i kategorin uttrycksvariation. Elementen behöver inte koordineras med väggelementens skarvar utan ett stort fasadelement kan t ex täcka två mindre väggelement. Fogar kan uttryckas både synligt och dolt i fasaden och fasadinfästningarna är dolda.

Flexibilitet & industrialisering

Ett fasadsystem med beklädnadselement i betong är ett flexibelt system, men det högt satta målet kan ändå inte uppnås. Beklädnadselementen är flexibla och kan gjutas i valfri transporterbar storlek. Just till följd av storleksflexibiliteten försvåras förankringen eftersom denna aldrig hamnar på ett givet ställe på väggelementet bakom, utan måste projekteras om för varje beklädnadselement. Om beklädnaderna istället skulle gjutas i väggelementens storlek skulle förankringen förenklas. Det skulle vara möjligt att hitta ett bra förankringsläge i väggelementet, utan öppningar, ståldetaljer och installationer, som alltid fungerar oavsett byggnad men detta skulle ske på bekostnad av beklädnadens flexibilitet. En annan orsak till att betongfasaden inte uppnår målbilden för flexibilitet är att infästningssystemet inte är helt enkelt att anpassa till specialutformade beklädnadselement, exempelvis element med hörn som inte är räta vilket förekommer vid det snedformade gavelfältet som angränsar till taket. Infästningen måste i dessa fall dimensioneras för det specifika beklädnadselementet. I övrigt är det möjligt att utforma beklädnadselementen med samma snäva toleranser som byggsystemet har och infästningssystemet är justerbart i tre riktningar vid montering. Fasadelementen kommer att påverkas av fukt- och temperaturre rörelser i mycket högre grad än de välisolerade väggelementen, rörelserna tas emellertid upp av fogarna mellan fasadelementen. Betongfasaden med luftspalt är mycket tjockare än en normal fasad och byggsystemets flexibilitet försämras lite vid eventuella anslutningar till andra fasadpartier på samma byggnad. I sådana fall måste det anslutande fasadpartiet anpassas efter betongfasadens tjocklek och antagligen tilläggsisolerats för att hamna i liv med betongbeklädnaden.

Både fasadsystemets beklädnad och infästningssystem är parameteriserbara och betongfasaden får högsta betyg (4 poäng) i kategorin. Beklädnadsstorleken är parameteriserbar i både vertikalled och horisontalled förutsatt att inte maximal transporterbar storlek överskrids. Fasadförankringarnas parameteriserbarhet begränsas endast av att de två

förankringarna per beklädnadselement måste ligga på samma inbördes avstånd i väggelementet som i fasadelementet.

En fasad av beklädnadselement i betong kan verka väldigt industriell men ändå får systemet ”bara” 3 poäng i industrialiseringsgrad. Anledningen är att det system som valts för värdering kräver en del efterarbete på montageplatsen. Väggisoleringen måste kompletteras längs väggelementkanterna för att skapa maximal lufttäthet och fasaden sitter inte färdigmonterad på väggelementen utan måste lyftas på plats. Efter fasadmonteringen ska bottningslist och fogmassa appliceras i de vertikala fogarna. Annars är infästningssystemets komponenter helt standardiserade och all fasadtillverkning och måttanpassning sker utanför ytterväggsproduktionen. Om det är funktionsmässigt möjligt att utforma de vertikala fasadfogarna med en förmonterad tätningslist istället för bottningslist och fogmassa kan fasadsystemet få högsta betyg i industrialiseringsgrad.

Resurseffektivitet

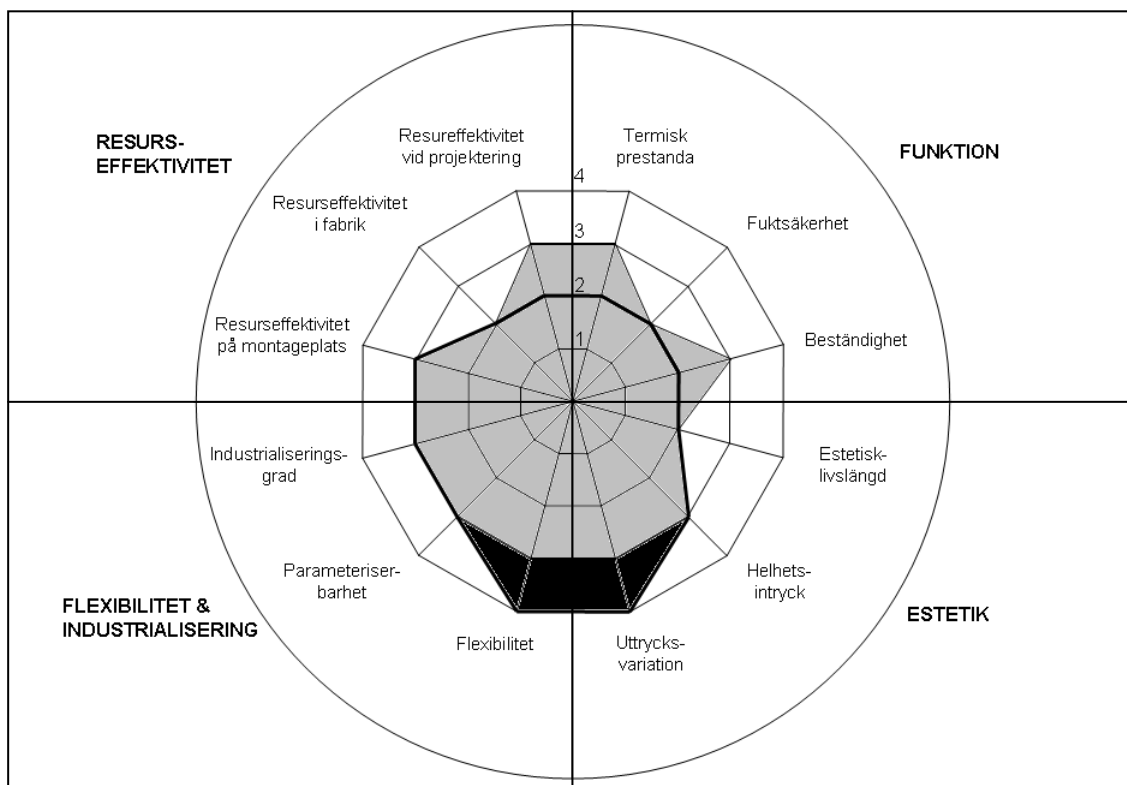
Betongfasaden är ett resurseffektivt system utifrån metodikens bild av ett resurseffektivt industriellt fasadsystem. Målbilden uppnås precis när det kommer till effektiviteten på montageplats och i projekteringskedet. Målet på resurseffektiviteten i fabrik uppfylls med råge eftersom hela fasadtillverkningen och nästan all montering kan ske utanför fabriken och ytterväggsproduktionen. På montageplatsen är monteringen enkel och ett stort fasadelement monteras i ett enda lyft. Sammankopplingen kan justeras ett par centimeter tre riktningar. Det som drar ned betyget en aning är att fogningen sker efter monteringen vilket kräver en personliftsanordning av något slag vilket i sin tur fodrar ett visst fritt utrymme kring byggnaden. I övrigt orsakar fasadsystemet ett minimalt materialspill och risken för störningar och omtag vid monteringen är låg. Beklädnadselementen är så kraftiga att frekvensen av skador uppkomna vid transport och montering förväntas vara låg. Distanserna kan besvära något vid montering, eftersom de ska träs in genom isoleringen. Eftersom beklädnaden inte är färdigmonterad på väggelementen förlängs byggtiden något pga. fasaduppförandet men monterings tiden är väsentligt mycket kortare än tiden som krävs för att platsbygga en motsvarande fasad.

I fabriken är det enda fasadarbetet som krävs utsättning och ingjutning av infästningskomponenter till fasadförankringen. Arbetet kan utföras av en person och ingen särskild utrustning eller något materialupplag krävs. Fasadsystemet kräver ingen extra arbetsstation i vägglinan, men isoleringens infästningssystem kan bli mer tidskrävande än dagens limning.

Vid fasadprojekteringen är förankringarna färdigdimensionerade till typ och storlek men konstruktörens arbete försvåras av att förankringsplaceringen påverkas av att det inte går att förankra fasaden var som helst i väggelementet. Utfackningspartier och ingjutna ståldetaljer och installationer måste undvikas. Om fasadelementen begränsas till väggelementens storlekar kan ankarplaceringen låsas till ett lämpligt läge i väggelementet och projekteringen därmed bli enklare. Nackdelen är att fasaden skulle få ett sämre betyg i parameteriserbarhet och uttrycksvariation eftersom fasaden skulle påverkas av väggelementfogarna. Arkitekten däremot, har stora möjligheter för en enkel fasadprojektering tack vare att fasadelementen inte behöver anpassas efter väggelementfogarna och att utformningsalternativen är många.

4.4.4 Sandwichelement

En sandwichfasad har möjlighet att uppfylla grundförutsättningarna med avseende på hållfasthet, brandsäkerhet och ämnesinnehåll men det är det enda av de värderade systemen som påverkar det aktuella byggsystemet i sådan grad att det inte anses vara ett tänkbart fasadalternativ. Som nämnts tidigare påverkas både gjutsystem, utfackningspartier och arbetsmiljön i fabrik vid ett eventuellt byte till sandwichsystem. Vidare måste, om fasadsystemet trots allt väljs, byggsystemets lastupptagningsförmåga kontrolleras så att de bärande väggarna klarar av att bära de tunga fasadelementen. Fasadsystemet har värderats, de ovannämnda argumenten till trots, och resultatet från värderingen visas i Figur 4.17 nedan. För fullständig betygsmotivering se Appendix B4 – Betygsmotivering Sandwichelement.



Figur 4.17 Resultatbild för sandwichfasaden.

Värderingen av egenskaperna ger ett jämnt och bra resultat. Resultatbilden är förskjuten något från målbilden och tyngden ligger mer inom funktion och resurseffektivitet än inom estetik och flexibilitet.

Funktion

Sandwichfasaden är även den en betongfasad och därför är funktionsbetyget mycket likt det för betongbeklädnadsfasaden. Den stora skillnaden mellan de två systemen är att sandwichfasaden saknar en luftspalt bakom beklädnaden och det sänker betyget för fuktsäkerheten, då fukt som letar sig in genom de horisontella fogarna inte ventileras bort. Troligtvis är sandwichsystemet mycket fuktsäkert ändå eftersom fogen är tröskelformad för att fungera som regnskydd och cellplastisoleringen är tät och fuktålig. Dessutom ligger isoleringens fog strax ovanför väggelementets fog så att det inte blir någon genomgående

horisontell fog i ytterväggen. De vertikala fogarna är tätade med fogmassa och har en luftningskanal bakom. Sandwichfasaden skulle kunna få 3 poäng i fukt- och brandsäkerhetsbetyg om de horisontella fogarna tätas på samma sätt som de vertikala. Detta är inte nödvändigt och resultatet skulle bli ett sämre betyg i industrialiseringsgrad och resurseffektivitet på montageplats eftersom arbetsmomenten skulle bli fler och mer tidskrävande. Då betongväggen är utvändigt isolerad och alltid hålls varm föreligger det ingen risk för kondens i väggelementen vid fasadförankringarna. Fasadbetonen är tjock och har god värmelagringsförmåga så ytkondens borde inte heller utgöra något problem.

Vad gäller ytterväggens termiska prestanda, tillåter fasaden nästintill valfri isolertjocklek och infästningssystemets köldbryggor är väldigt små i förhållande till hela väggarean. Att fasaden inte får 4 poäng, i kategorin termisk prestanda, beror på risk för brister i lufttäthet orsakad av att de horisontella fogarna inte är tätade med fogmassa utan endast med tätningslister och isolering som inte ger optimal vidhäftning mot betongelementen. De horisontella fogarna är däremot inte genomgående i väggen, utan den täta cellplastisoleringen överlappar väggelementfogarna. De vertikala fogarna är emellertid genomgående, men de är både regntäta och lufttäta.

Sandwichfasadens beständighet och livslängd antas vara tillräckligt god om den tillverkas med lågt vattencementtal och med lämpligt täckskikt utanpå armeringen. Endast fogmassan kan behöva bytas ut någon gång under byggnadens livslängd.

Estetik

Sandwichfasaden får, på samma grunder, likadant betyg i estetisk livslängd och estetiskt helhetsintryck som betongbegränsningsfasaden i Kapitel 4.4.3 ovan. Betygen beror på vilket beklädnadsalternativ som används och samma ytor antas kunna skapas på de bägge fasadbeklädnaderna. Uttrycksvariationen för sandwichfasaden får däremot inte högsta betyg eftersom inte alla beklädnadsalternativ räknas kunna tillhandahållas i fabriken vid en och samma tidpunkt. Vidare går det inte att få valfri storlek på fasadelementen eftersom dessa sitter ihop med väggelementen och dess fogar måste följa väggarnas fogar. Det finns dessutom en övre gräns för storleken på fasadelementen, då dessa inte bör gjutas i större längder än sex meter (Halfen – Deha 2007).

Flexibilitet & industrialisering

Sandwichfasaden är inte tillräckligt flexibel för att uppnå målsättningen. Beklädnadselementet är som nämnts ovan begränsat i storlek, till sex meter i längdriktningen och till våningshöjd i andra riktningen. Annars är fördelen med fasadsystemet att det alltid gjuts efter väggelementen oavsett storlek och form vilket innebär att det är enkelt att applicera på vilken byggnad som helst. Infästningssystemet i sandwichelementet, med bärare och byglar är mycket flexibelt och lätt att anpassa efter aktuellt väggelements storlek samt efter förekomsten av ståldetaljer, öppningar och installationer i väggelementet. Det är inga problem att använda fasaden på snedformade väggpartier, exempelvis vid takangränsningar. Systemet håller en konstant ytterväggstjocklek och om så önskas, skulle det vara möjligt att ansluta fasaden till en platsbyggd fasad med samma tjocklek. Önskemål om detta är dock inte särskilt sannolikt, då hela sandwichprincipen bygger på att fasaden gjuts på väggarna redan i fabrik. I övrigt är det möjligt att utforma fasadelementen med samma snäva toleranser som byggsystemet har. Fasaden kommer att påverkas av fukt- och temperaturrelaterade rörelser i mycket större grad än de välisolerade väggelementen, men rörelserna tas upp av fogarna. Eftersom

fasaden är fixerad till väggelementen som inte rör sig i samma utsträckning som fasaden vid temperaturväxlingar, måste fasadelement, som är längre än sex meter, utformas med en rörelseupptagande dilatationsfog.

Även parameteriserbarheten för en sandwichfasaden får ett nedsatt betyg till följd av storleksbegränsningen av beklädnaden. Inom ramen för storleksbegränsningen är fasaden dock helt parameteriserbar eftersom den kan gjutas i vilken storlek och form som helst. Infästningssystemet är fullt parameteriserat till följd av att förankringarna inte har några absoluta placeringar i någon riktning.

Inte heller sandwichfasaden får högsta betyg i industrialiseringsgrad. Alla ingående komponenter i infästningssystemet har visserligen hög standardiseringsgrad och tillverkas utanför ytterväggsproduktionen, men fasadbeklädnadens tillverkning och måttanpassning måste ske i vägglinan. På montageplatsen är fördelen med en sandwichfasad jämfört med betongbeklädnaden att fasaden är färdigmonterad och det krävs endast ett lyft för att få hela ytterväggs-elementet på plats. Isoleringen behöver dessutom inte eftertätas. Fogningen kräver emellertid ett arbetsmoment på montageplatsen.

Resurseffektivitet

Sandwichfasaden uppfyller precis målsättningen för resurseffektivitet på montageplats och i fabrik. Inget efterarbete, förutom just fogningen, behövs på montageplats efter monteringen av ett ytterväggs-element. Materialspillet orsakat av fasaden är obefintligt och ytterväggsmonteringen tar inte mycket längre tid för att fasaden är fastgjuten. Möjligtvis är monteringen lite besvärlig om cellplastisoleringen och fasadelementet sticker upp något från underliggande ytterväggs-element vid montering för att överlappa väggfogarna. Det är inte så stor risk att de tjocka och kompakta sandwichelementen skadas vid montering. Cellplastisoleringen som sticker upp från underliggande element kan skadas vid montering men den är i så fall enkel att ersätta och sandwichelementen behöver inte gjutas om. Sandwichsystemet är egentligen ett väldigt resurseffektivt system vad gäller montageplatsen. Om fogningsmomentet med botteningslist och fogmassa skulle kunna bytas ut mot en förmonterad tätninglist skulle systemet inte behöva någon personliftanordning eller annan utrustning på montageplatsen och fasaden skulle få bästa betyg i resurseffektivitet på montageplats.

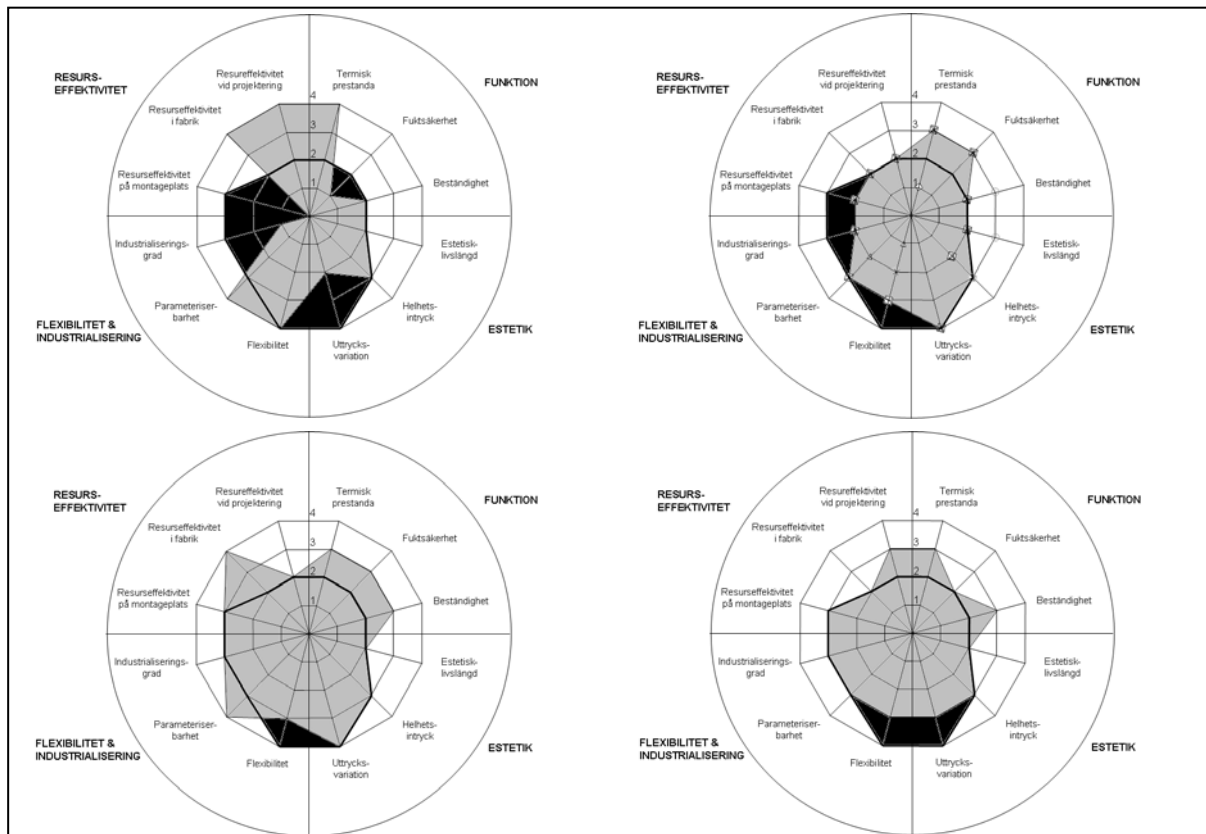
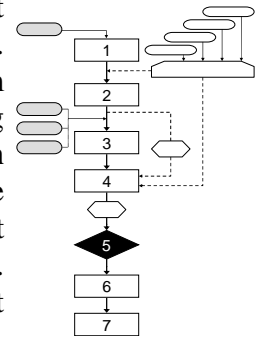
Även om sandwichsystemet är ett system som räknas som väldigt industriellt är det inte så resurseffektivt i fabrik som väntat, enligt denna metodik. Anledningen är dels att beklädnaden tillverkas i vägglinan, och armering, gjutning och härdning kan ta relativt lång tid, vilket kan orsaka förseningar i ytterväggsproduktionen. En annan anledning till det knappa betyget, i resurseffektivitet i fabrik, är att behandlingen av ytbeklädnaden är slabbig, skrymmande och orsakar materialspill. Det är en fin balansgång mellan stor valfrihet i beklädnadsalternativ för kund och arkitekt och resurseffektivitet i fabrik. En viktig aspekt gällande resurseffektiviteten i fabrik är dock att det ofta är accepterat att merparten av resursåtgången ligger i just fabriken vid industriell produktion. Det viktiga är att resursåtgången på montageplatsen är minimal.

Vid industriellt byggande gäller också att stora resurser läggs på projekteringen. Detta eftersom god planering kan leda till en kvalitativ och funktionell byggnad med bra möjlighet till kundoptimering. Sandwichfasaden har ett enkelt system och är mer resurseffektivt vid projekteringen än vad som är nödvändigt. Infästningssystemets komponenter är fördimensionerade och dess placeringar är flexibla. Ytterväggstjockleken hålls konstant.

Fasadutformningen innebär ett litet pusslande för arkitekten eftersom den måste anpassas efter väggfogarna. Annars har arkitekten stora möjligheter att variera utformningen.

4.5 Steg 5: Val

Det fasadsystem som bäst motsvarar NCCs förmodade målbild är, enligt värderingen, betongbeklädnadselement (se Figur 4.18 nedan). Betongbeklädnadsfasaden uppfyller målsättningen på samtliga punkter utom flexibiliteten. Beklädnadselementen är funktionella, har hög industrialiseringsgrad, kan tillverkas utanför väggproduktionen och levereras direkt till montageplats och kräver inget stort kompletteringsarbete efter montering. Med dagens gjutteknik och ytbehandlingstekniker går det att skapa många olika uttryck i fasaden så att den blir estetisk tilltalande. Dagens tillverkning har dessutom större precision och det går att åstadkomma små, och inte så iögonfallande, skarvar mellan elementen.



Figur 4.18 Resultatbilder från värderingen i Kapitel 4.4. Uppre från vänster: puts, skivelement, betongbeklädnad och sandwichelement.

Vad som inte syns i resultatbilderna, men som är väsentligt vid val av fasadsystem, är hur fasaden påverkar det aktuella byggsystemet. Problemet med betongbeklädnaden är att elementen är väldigt tjocka och tunga. Det är inte troligt att dagens bärande system som är dimensionerat för en tunnputsfasad klarar att bära fasaden utan att en del förstärkningar görs. Det är inte heller helt säkert att fasadens förankringar får tillräcklig vidhäftning i

väggelementen. I värsta fall räcker det inte med förstärkningar utan byggsystemet kan komma att behöva ändras om helt. Vidare kan de tunga elementen även innebära problem vid transport och hantering på montageplatsen och montageplatsens lyftanordning blir ockuperad under hela fasadmonteringen. Fasadens tjocklek påverkar dessutom utfackningspartierna och fönsterplaceringen i stor grad. Eftersom alla grundförutsättningar inte helt säkert uppfylls väljs betongbeklädnadsalternativet bort som fasadalternativ. Med det är det inte sagt att en sådan fasad inte skulle fungera för NCC Komplet, utan det är upp till de personer som arbetar med byggsystemet att avgöra om fasadens applicerbarhet bör analyseras mer noggrant. Ett alternativ till de tunga beklädnadselementen skulle kunna vara fiberarmerade betongskivor som kan gjutas betydligt tunnare än beklädnader förstärkta med armeringsjärn. Betongbeklädnaden skulle om den tillverkas i fiberarmerad betong få lägre egentyngd och ge en ytterväggstjocklek som skiljer sig mindre från den i dagsläget. Det är emellertid tveksamt om det går att skapa så många olika estetiska uttryck i en tunn skiva som det går att göra i ett vanligt betongelement med stort täckskikt.

Ett annat fasadsystemalternativ som inte uppfyller grundförutsättningarna fullt ut är sandwichfasaden. Sandwichfasadens resultatbild stämmer generellt bra med målbilden, men fasaden skulle innebära en totalförändring av byggsystemet om den tas i bruk. Ett sandwichsystem är inte bara ett fasadsystem utan ett helt bärande byggsystem. Innerväggarna och den bärande delen av ytterväggarna skulle möjligtvis kunna utformas på samma sätt som i dagsläget men det är inte säkert att designen skulle vara den optimala för en sandwichfasad. Fasadappliceringen kräver liggande gjutformar i fabrik och antagligen skulle det vara enklast att då gjuta samtliga väggelement i liggande formar. Över huvud taget skulle fabriksproduktionen förändras och tillverkningen skulle kräva mycket mer utrymme och bli smutsigare. Olika hjälpmedel för utsmyckning av beklädnadselementen skulle behöva förvaras i fabriken och arbetsmiljön skulle kunna försämrats beroende på med vilka medel betongytan efterbehandlas. Även sandwichfasaden innebär en tyngre fasad än dagens putsfasad och väggelementens lastupptagande förmåga skulle behöva kontrolleras och eventuellt förbättras. Ett stort problem som måste lösas innan byggsystemet görs om till ett sandwichsystem är utfackningspartierna. Problemet är inte bara att ytterväggens tjocklek skulle öka och påverka fönsterplaceringen, utan problemet är att det inte går att gjuta fast fasadelementet i utfackningsväggen med träregelkonstruktion. På något sätt skulle utfackningspartiet behöva konstrueras om så att sandwichsystemet blir möjligt. Övergången till ett sandwichsystem är inte aktuellt i dagsläget och fasaden väljs inte för vidare analys. Förutom alla ovannämnda problem skulle sandwichsystemet innebära att byggsystemet blir låst till ett enda fasadalternativ som skulle vara svårt att utveckla i framtiden.

Putsfasaden är naturligtvis det fasadalternativ som påverkar byggsystemet minst, rättare sagt ingenting alls. Samtidigt är dagens fasadlösning till NCC Komplet-husen det fasadsystem som uppfyller målbilden sämst enligt värderingen. Putsfasaden brister framförallt på industrialiseringsgraden och resursåtgången på montageplats. Eftersom hela beklädnaden måste putsas på plats, för att ytan ska bli slät och fogfri, kommer systemet aldrig att få ett bra betyg i dessa kategorier. Putsfasaden kan däremot uppfylla ställda krav i industrialiseringsgrad om putsbäraren kan fästas på väggelementen redan i fabrik. Det som återstår på montageplats blir då tätning och förstärkning av skarvar samt applicering av armeringsnät och putsbruk. Om putsfasaden dessutom utvecklas med en ventilerande luftspalt bakom putsbäraren, kommer fuktsäkerheten att bli bättre och målbilden kan uppfyllas i funktionskvadranten. Det är värt att notera att putsfasaden får väldigt höga betyg i flexibilitet, parameteriserbarhet samt i resurseffektivitet i fabrik och resurseffektivitet i projektering. Att systemet är resurseffektivt inom dessa områden, innebär att fasadsystemets kvaliteter är fel

fokuserade för ett industriellt byggsystem. Detta eftersom det är att få en resurseffektiv montageplats som främst eftersträvas vid industriellt byggande och en förutsättning för detta är just att resurserna läggs på fabriksproduktionen och projekteringen.

Trots bristerna i putsfasadsalternativet är det ändå förståeligt att det används i nuläget eftersom både kunder och samhället efterfrågar putsfasader. Dock har troligtvis efterfrågan på putsfasader minskat något efter den senaste tidens uppmärksamhet kring fuktproblematiken med putsfasder. Detta borde innebära att öppenheten för andra fasadalternativ har ökat. Om putsen ska finnas kvar som ett fasadalternativ till det industriella byggsystemet bör fasadsystemet utvecklas. Att byta princip till att istället konstruera fasaden som en tvåstegstätad putsfasad där putsen appliceras på skivelement istället för på isolering, vore enligt värderingen ett bättre alternativ än att utveckla det nuvarande tunnputssystemet.

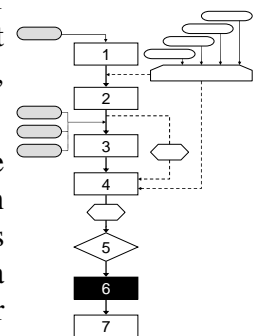
Skivelementfasaden är det fasadalternativ som får tredje bäst betyg i värderingen. Den stora fördelen med fasaden är att den uppfyller de grundläggande förutsättningarna samt godkännitvån i alla värderingskategorier. Fasaden påverkar inte heller byggsystemet mer än vid ett initialt skede. Det valda systemet för skivelementfasad uppfyller NCCs antagna målsättning inom områdena funktion och estetik. Fuktsäkerhet och termisk prestanda beror mycket på infästningssystemets utformning och det är inte säkert att alla skivelementssystem får lika bra betyg. Det valda skivelementfasadssystemet kan erbjuda både putsbeklädnad och en träliknande beklädnad samt dold infästning av vissa beklädnader vilket gör att estetikbetyget blir högt. Det bör beaktas att så länge ett skivelementsystems infästningssystem uppfyller grundkraven och målbilden, borde nästan vilken beklädnad på marknaden som helst kunna tillhandahållas och betyget bli lika bra som för det studerade skivelementfasadssystemet. Den studerade skivelementfasaden faller betygsmässigt på att dess flexibilitet och industrialiseringsgrad inte når upp till de högt satta målen. Betygen är acceptabla sett utifrån godkännitvån, men det blir litet pusslande för att applicera systemet på varje unikt projekt. Montering kräver aningen för många arbetsmoment, både i fabrik och på montageplats i dagsläget, men systemet borde kunna utvecklas och fås helt måttanpassat och förbörat redan vid leverans till fabrik.

Eftersom skivelementfasaden inte påverkar byggsystemet nämnvärt kan den tas i bruk utan noggrann utredning av möjligheter till förändringar i byggsystemet. En annan fördel med fasaden är att den kan monteras ned relativt enkelt och ytterväggarna kan kompletteras med mer isolering i framtiden om energihushållningen behöver förbättras. På grund av ovannämnda väljs skivelementfasadssystemet för vidare analys.

4.6 Steg 6: Analys

I detta kapitel följer en analys av det tidigare valda systemet för konstruktion av skivelementfasader. Eftersom det aktuella byggsystemet som fasaden eventuellt ska appliceras på redan existerar i verkligheten, används den befintliga putsfasaden som referensobjekt vid analysen.

En djupare analys inom alla värderingsområden utförs inte här och enbart de övergripande förändringarna vid ett fasadbyte behandlas. Fokus i analysen ligger på fasadkonstruktionens funktion eftersom det är här det finns lagstiftning och föreskrifter att följa. De byggnadsfysikaliska konsekvenserna av fasadbyte, undersöks för både de väggdelar som består av bärande betong samt för de icke bärande utfackningspartierna.



Byggnadens termiska prestanda och fuktsäkerhet analyseras mer noggrant än övriga värderingskategorier. Detta eftersom att denna analys innebär en kvalitetsgaranti för kunden om den visar att energiförbrukningen blir låg, den termiska komforten tillfredställande samt att det inte föreligger någon risk för skadliga fuktproblem i byggnaden orsakade av valet av fasad. Fasadens estetik, flexibilitet, industrialiseringsgrad och kostnad måste inte uppfylla några myndighetskrav och därför utförs ingen djupare analys inom dessa områden.

4.6.1 Grundförutsättningar

Hur väl de grundläggande förutsättningarna uppfylls analyseras övergripande här, men innan fasadsystemet börjar tillämpas måste detaljprojektering utföras av för detta kvalificerade personer, exempelvis konstruktörer och brandprojektörer.

Hållfasthet

Fasadens infästningssystem består i huvudsak av aluminium och en del av rostfritt stål. Hållfastheten för aluminium är lägre än för stål, men aluminiumet kan legeras till samma hållfasthet som många konstruktionsstål (Lindunger & Stark 2004). Rostfritt stål har en densitet på ca 7,8 kg/dm³ och en elasticitetsmodul är på cirka 200 GPa. Aluminiumets elasticitetsmodul och densitet är ca tre gånger mindre än för stålet (Burström 2004), vilket innebär att stålets hållfasthet är bättre än aluminiumets, men att aluminiumet orsakar mindre belastning på byggsystemet.

Infästningssystemkomponenterna i det studerade skivelementfasadsystemet och monteringsavståndet mellan dessa, är dimensionerade för att klara både fasadens egentygnd och dimensionerande vindlast. De vindlast som fasadsystemet är dimensionerade efter kan utläsas ur Tabell 4.1 nedan.

Tabell 4.1 Maximala vindlast (Ivarsson 2007).

Läge	Byggnadens höjd [m]	Maximalt reellt vindtryck [N/m ²]	
	Mittzon	Kantzon (Kantzons bredd utgör minst 1 m från byggnadens hörn)	
Inland	0-10	650	1000
Inland	10-20	800	1200
Inland Kust	20-50 0-20	1000	1500

Eftersom byggnader byggda i NCC Komplet-fabriken är maximalt 27 meter höga tillnock, kan centrumavståndet mellan de vertikala aluminiumprofilerna standardiseras till 0,5 meter i byggnadernas mittzon och 0,4 meter i kantzonerna. Detta fungerar även för byggnader vid kusten under förutsättning att infästningarna på de översta våningarna sätts tätare om byggnaden är högre än 20 meter (Pruijssers 2007).

De maximala skivstorlekarna på beklädnaden är anpassade för att klara erforderliga laster vid maximalt förankringsavstånd på 500 millimeter i mitten på en byggnad på 20-50 meter i inlandet och eller på upp till 20 meter vid kusten. Cirka en och en halv meter från byggnadens hörn måste förankringen sättas tätare för samma byggnader, förankringen får sitta på ett maximalt centrumavstånd på 400 millimeter.

Brandsäkerhet

Den ytterväggskonstruktion med skivelementfasad som har värderats och valts för analys innehåller enbart obrännbara material i form av betong, mineralullsisolering, metall och beklädnader i tändskyddande material. Utfackningspartierna innehåller brännbara material i form av en träregelstomme. Träreglarna är invändigt åtkomliga för brandsläckning och hela utfackningspartiet begränsas av obrännbar betong längs kanterna vilket innebär att brand inuti regelstommen inte kan sprida sig förbi brandcellsskiljande byggnadsdelar. Hela ytterväggskonstruktionen kan därför anses uppfylla funktionskrav för en byggnad i brandteknisk klass 1 (Br1) (Fallqvist & Klippberg 2005). De beklädnader som ska användas och som endast är brandtestade och godkända enligt en okänd utländsk standard, bör emellertid testas enligt svensk eller europeisk standard innan de tas i bruk.

Om ytterväggarna ska utformas som i dagens byggsystem med cellplastisolering närmst betongen är det inte säkert att konstruktionen uppfyller Br1 eftersom den har en luftspalt bakom fasaden som kan sprida brand förbi brandcellsskiljande gränser. Cellplasten är nämligen lättantändlig och brännbar. Isoleringen består av plast och mycket luft och vid brand smälter den snabbt och fattar eld samtidigt som den utvecklar en tjock och sotig rök. Redan vid uppvärmning över +80°C börjar cellplasten att mjukna och vid ca +100°C formförändras den. Cellplasten blir plastisk vid +150°C och börjar övergå till flytande form. Högre temperatur innebär att strukturen bryts ner och det bildas lättflyktiga brännbara nedbrytningsprodukter. (Sundolitt 2007).

Det är tillåtet att använda cellplast som isolering i en ytterväggskonstruktion men det krävs att den är ordentligt skyddad av obrännbara material. Isoleringen måste brytas av vid brandcellsskiljande byggnadsdelar så att en brand inte kan spridas inuti väggen. Om cellplasten ska användas i en konstruktion med luftspalt, som i det här fallet, måste luftspalten skäras av vid samtliga bjälklag med ett obrännbart material. Det är inte aktuellt för detta system med skivbeklädnad eftersom det skulle innebära att fasadens ventilerade funktion begränsas kraftigt. Det kan tänkas att det är möjligt att ha ett skikt av brännbar cellplast i en konstruktion med luftspalt om cellplasten skyddas ordentligt av en mineritskiva med noggrant tätade skarvar. Konstruktionen bör i så fall först typgodkännas genom att den prövas i ett fullskaligt test hos SP, Sveriges tekniska forskningsinstitut.

Dagens fasadsystem med cellplastisolering bakom putsfasaden uppfyller Br1 eftersom cellplasten är skyddad av 50 mm obrännbar stenull samt 10 mm obrännbart putsbruk och fasaden inte är konstruerad med luftspalt. Det finns typgodkända system på marknaden där cellplast används även som putsbärare och då enbart skyddas av putsbruket.

Andra system som kan tänkas användas efter ett typgodkännande, är skivelementfasader monterade på en underkonstruktion av trä. Risken med en sådan konstruktion är att den bärande träkonstruktionen börjar brinna och förlorar sin bärande förmåga så att skivelement kan börja falla ner från fasaden och försvåra utrymning och släckningsarbete.

Ämnesinnehåll

Det studerade fasadsystemets ingående komponenter är inte med på BASTA-listan. Fasadskivor av infärgad fibercement, från andra tillverkare av skivelementbeklädnader, har emellertid kontrollerats och har uppfylla egenskapskriterier enligt BASTA. Fästdon i både aluminium och rostfritt stål finns också listade som godkända material. Det finns även mineralullsisoleringen med vindskiva som uppfyller egenskapskriterierna. Innan det valda

skivelementfasadsystemet tas i bruk bör ingående delar bli godkända av BASTA eller liknande miljölista.

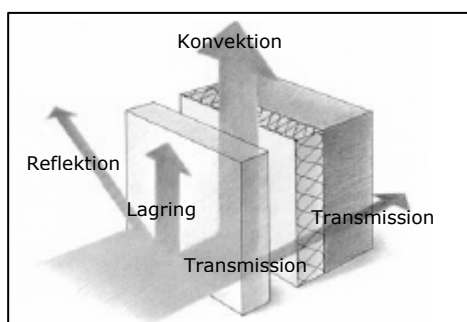
Fasadputssystemet som används i dagsläget uppfyller helt BASTA-systemets egenskapskriterier. Även cellplastisoleringen är godkänd (Basta 2007).

4.6.2 Termisk prestanda

Konsekvenserna med avseende på termisk prestanda undersöks inte för utfackningspartiet. Skälet till detta är bland annat att materialdata för dessa inte gått att tillgå. Anledningen till att köldbryggorna inte studeras är att köldbryggorna orsakade av fasadens infästningssystem antas bli mindre för utfackningspartierna, än för betongväggarna. Detta till följd av att isoleringen inuti utfackningspartiet inte genombryts. Värmegenomgångsmotståndet för trä är dessutom bättre än för betong.

Konstruktionen med ventilerad luftspalt minskar den oönskade värmebelastning på våren och sommaren till följd av solstrålning. Kombinationen med luftspalt, tjock utvändig isolering samt en tung väggkonstruktion av betong gör att kortvarig solstrålning nästan enbart påverkar inomhustemperaturen i form av solinstrålning genom fönster. Detta kan vid behov verifieras med en icke stationär värmefflödesberäkning och kan då tillgodoses vid bestämning av byggnadens specifika energianvändning.

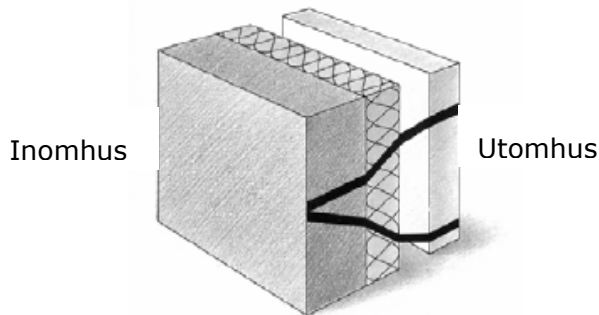
Hur mycket av solens strålar som reflekteras mot fasadytan beror av ytbehandling och färg på beklädnaden. Den delen av strålningen som inte reflekteras, värmelagras i, eller transmitteras genom fasadbeklädnaden, se illustration i Figur 4.19 nedan. Förhållandet mellan transmission och värmelagring, absorption, beror på beklädnadens materialegenskaper i form av värmeledningsförmåga, densitet och värmekapacitet.



Figur 4.19 Skivbeklädnaden fungerar som solskydd för väggen. Solstrålarna som träffar fasaden reflekteras mot beklädnadsytan, lagras som värme i beklädnaden eller transmitteras genom beklädnadsmaterialet (www.eternit.be).

Värmeisolering

Att placera ytterväggens isolering på utsidan av de bärande betongväggarna är nödvändigt för att undvika att kondens uppstår i väggkonstruktionen. Ytterväggsuppbyggnaden innebär att beklädnadstemperaturen är ungefär lika med temperaturen på utomhusluften, medan betongväggens temperatur hålls relativt konstant över året. Figur 4.20 nedan visar en schematisk bild över hur temperaturgradienten i ytterväggen varierar under året.



Figur 4.20 Temperaturgradienter i ytterväggen för sommar- och vinterfall (www. eternit.be).

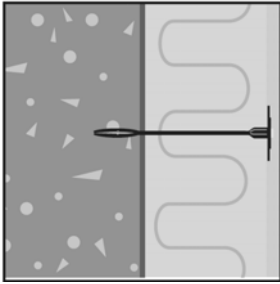
Isolertjockleken är vald så att ett värde på värmegenomgångskoefficienten U , blir minst lika bra som för konstruktionen med putsfasad som används i dagsläget. Dagens ytterväggskonstruktion med tunnputs har enligt uppgift (Wester 2007) ett U -värde på $0,180 \text{ W/m}^2\text{K}$ och en ytterväggskonstruktion med skivelementfasad skulle kunna få ett U -värde på $0,163 \text{ W/m}^2\text{K}$ (se Appendix C1 – U -värdesberäkning). Enda orsaken till att U -värdet är bättre för skivelementfasaden är att bättre isoleringsskivor än dagens cellplastisolering valts i det fallet. Med samma sorts isolering får konstruktionerna lika stora U -värden.

Det bör observeras att U -värdena är räknade genom ett snitt som helt saknar köldbryggor i form av fasadförankringar och anslutningar till andra byggnadsdelar. Totalt sett får den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (inklusive köldbryggor) för byggnadens omslutande delar inte överstiga $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Boverket 2006b, 9:2). Eftersom byggnadens totala köldbryggestorlek är okänd är det svårt att veta om konstruktionerna uppfyller kraven på energihushållning. Som riktlinje för U -värdet genom en omslutande byggnadsdel kan möjligtvis ett alternativt krav i Boverkets byggregler, på byggnadens energianvändning användas. Det alternativa kravet säger att U -värdet genom en yttvägg (exklusive köldbryggor) inte får överstiga $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Det alternativa kravet gäller endast för byggnader med en golvarea som uppgår till högst 100 m^2 och det aktuella byggsystemet används för byggnader som har en större golvarea än så. Det borde ändå vara rimligt att använda det alternativa kravet som riktlinje även för ett flerbostadshus eftersom väggarnas isolerförmåga är en viktig del av flerbostadshusets totala isolerförmåga. I en byggnad i flera våningar är väggarnas area mycket större i förhållande till bottenplatta och yttertak än för en byggnad i ett plan. Det går därför inte i de aktuella byggnaderna att kompensera dåliga väggar och fönster med välisolerade yttertak och golv mot mark, om kravet på genomsnittlig värmegenomgångskoefficienten (inklusive köldbryggor) för byggnadens omslutande delar ska uppfyllas.

Dagens putsfasad uppfyller precis riktlinjen för väggarnas isolerförmåga på $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Om isoleringen skulle bytas till en med lika bra isolerande egenskaper som den som är möjlig i skivelementfasaden får väggdelarna ett U -värde på $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ vilket borgar för en låg energianvändning. I slutändan är det ju ändå den specifika energianvändningen som avgör byggnadens energiprestanda. Vid ett fasadbyte måste den specifika energianvändningen för en byggnad med skivelementfasad räknas ut och sedan måste den verkliga energianvändningen kontrolleras efter det att byggnaden tagits i bruk.

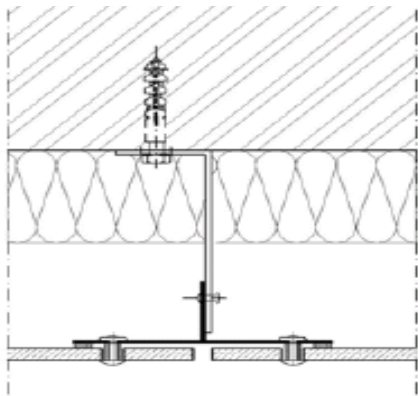
Köldbryggor

Geometriska köldbryggor, genom bjälklag, balkar och hörn antas inte påverkas av fasadsystemet och behandlas därför inte i analysen. De konstruktionsköldbryggor som orsakas specifikt av fasadsystemet är de genom infästningarna av isoleringen och de genom fasadförankringen. För putsfasaden som appliceras på en putsbärare av mineralull är isoleringsinfästning och fasadförankring samma sak, dvs. expansionsspikarna som mineralullen fästs in med (se Figur 4.21). Dessa expansionsspikar är av rostfritt stål och spikskallen är klädd med nylonbricka som köldbrytare. Det behövs ca 5 stycken spikar per kvadratmeter vägg (Maxit 2006).



Figur 4.21 Expansionsspik för infästning av mineralull till betong (Maxit 2006).

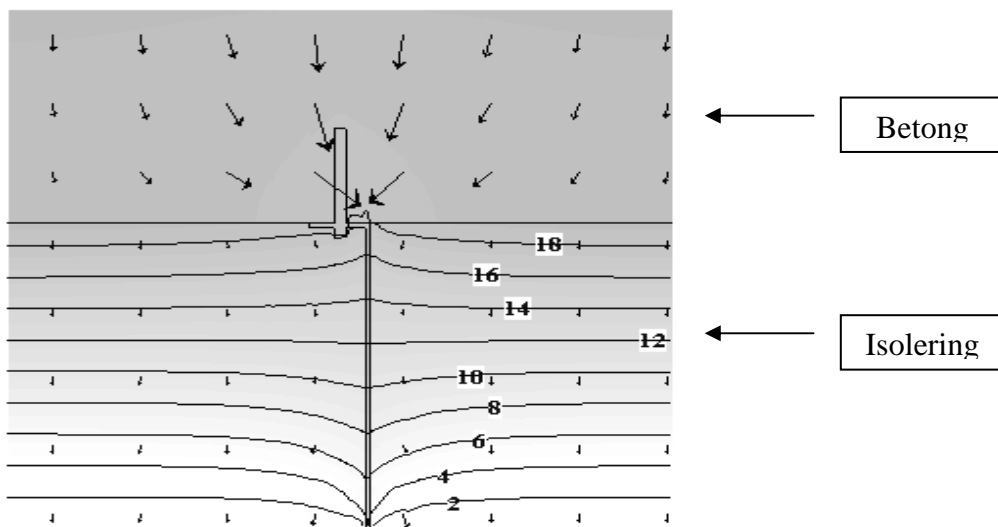
Mineralullen bakom skivelementfasaden fästs in på samma sätt som putsbäraren ovan, och köldbryggorna orsakade av isoleringsinfästningarna antas bli precis lika stora. Därför är det endast av intresse att bestämma köldbryggorna orsakade av fasadförankringen till skivelementfasaden och se vad ett fasadbyte skulle innebära för tillskott av köldbryggor. Fasadförankringen består av konsoler av rostfritt stål som fästs till betongen med expanderbult. Konstruktionen visas i Figur 4.22 nedan och det bör noteras att isoleringstjockleken ska vara tjockare än i figuren, 200 mm, och luftspalten inte fullt så djup. Även konsolerna fästs in 5 stycken per kvadratmeter vägg.



Figur 4.22 Fasadförankring sedd ovanifrån (www.eternit.be).

Köldbryggorna genom fasadförankringen är beräknade med hjälp av finita differensmetoden i datorsimuleringsprogrammet HEAT2. För fullständig beräkning se Appendix C2 – Köldbryggor med HEAT2. Resultatet från beräkningen visar att fasadförankringarna ger ett tillskott till väggens totala värmegenomgångskoefficient på $0,005 \text{ W/m}^2\text{K}$. Köldbryggan orsakar ett värmefflöde ut genom väggen som är 3 % större än det totala värmefflödet genom en väggdel utan köldbryggor.

Figur 4.23 nedan visar ett horisontellt snitt genom ytterväggen där temperaturfördelning och värmetransport, vid en utomhustemperatur på 0 °C och en inomhustemperatur på 20 °C, kan utläsas. Ytan högst upp i figuren representerar betongväggen, medan delen med de många temperaturisotermerna representerar isoleringen. Pilarna i figuren motsvarar storlek och riktning på värmeflödet ut genom väggen. Av figuren kan konstateras att temperaturfördelningen i ytterväggen bara påverkas något vid förankringen. Betongväggen håller 18-20 °C även vid vinterklimat. Det betyder att det inte finns någon risk för fuktutfällning på betongväggens insida eftersom luftens daggpunkt är ca 8 °C vid en temperatur på 20 °C och ca 45 % relativ fuktighet, RF, (som det är när det är nollgradigt ute) (Mollier-diagram). Betongen skulle kunna klara en inomhusluft på 27 °C och 60 % RF på vintern innan det blir risk för kondens på insidan av väggen på grund av fasadförankringen.



Figur 4.23 Temperaturfördelning och värmeflöde vid utomhustemperatur 0 °C i ett horisontellt snitt genom en fasadförankring i ytterväggen

Lufttätet

Vid byte från en enstegstätad putsfasad till en fasadkonstruktion med luftspalt är det nödvändigt att se till att isoleringen är vindtät. I ytterväggkonstruktionen med den aktuella skivelementfasaden vindtätas ytterväggen med en fasadskiva i form av ett yttre isoleringsskikt av 50 mm vindtätad stenull.

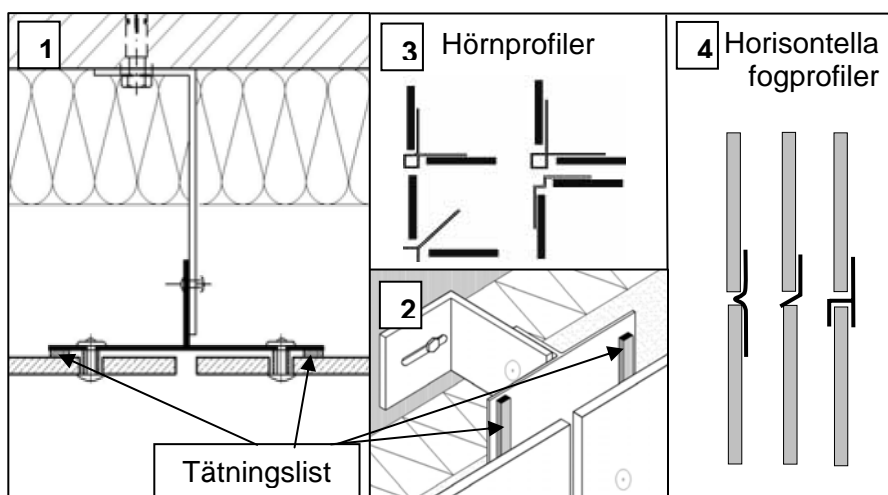
För att undvika luftläckage är fogarna mellan betongväggarna tätade med drevremсор, skyddade av tätlistor i skumplast på båda sidor. Luftläckage ska förhindras med hjälp av denna tätning i kombination med montering av isoleringen så att denna överlappar betongelementfogarna. Eventuellt räcker det med att den yttre isoleringen, fasadskivan på 50 mm vindtätad stenull, överlappar fogarna. I vissa fall finns det en anslutande innervägg på insidan av ytterväggsfogen, vilken förhindrar luftläckaget ytterligare. För att veta hur täta fogarna i ytterväggen är i praktiken, bör en provtryckning av en referensbyggnad eller något annan form av test på fogtäteten göras.

4.6.3 Fuktsäkerhet

Konsekvenserna vid fasadbyte med avseende på fuktsäkerhet, studeras för både väggdelarna av betong och utfackningspartierna.

Vatteninträngning

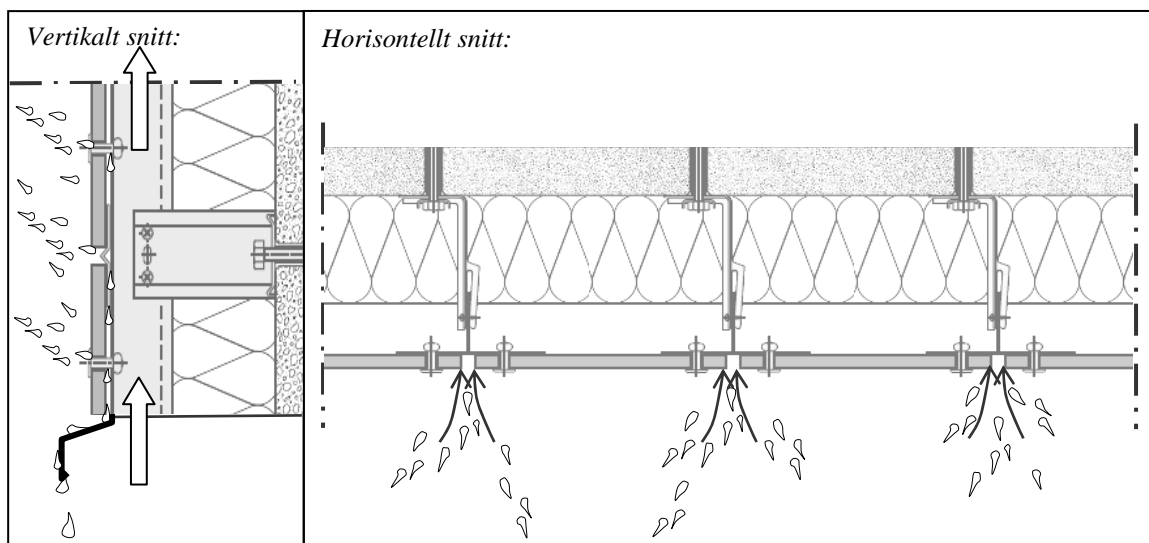
I den valda ytterväggskonstruktionen med skivelementfasad monterad på bärprofiler fungerar fasadbeklädnaden som regn- och vindskydd för övrig väggkonstruktion. Fukt som tar sig igenom den klimatskärm som beklädnaden utgör, ventileras bort genom naturlig ventilation i luftspalten. Detta medför att risken för att fukten ska nå den övriga väggkonstruktion minskas jämfört med en konstruktion utan luftspalt. En väl projekterad detaljutformning av fasadanslutningar och fasadavslut är också en nödvändighet för att undvika att fuktskador till följd av nederbörd uppstår. Tätningslistor, av polyurethanskum, mellan bärprofilerna och beklädnaden hindrar vatten som tar sig in genom de vertikala fogarna mellan beklädnadsskivorna, på cirka 8-12 mm, att ta sig vidare in i ytterväggen, se del 1 och 2 i Figur 4.24 nedan. För att minska risken för regninträngning i de horisontella fogarna, av samma bredd som de vertikala fogarna, kan fogprofiler i aluminium användas för att stänga till dessa (se del 4 i samma figur). De vertikala fogarna i hörnen kan stängas till med hjälp av olikformade hörnprofiler som även de tillverkas i aluminium (se del 3 i samma figur).



Figur 4.24 Utformning av fogar mellan beklädnadselement i den studerade skivelementfasaden, underkonstruktion i metall (www.ivarssonsverige.se, modifierade figurer).

Vattnet som hamnar på de vertikala aluminiumprofilerna, samt det vatten som tränger sig in i de öppna eller stängda horisontella fogarna, dräneras bort med hjälp av de vertikala plåtprofilerna i kombination med plåtbeslag kring fönster, över sockel m.m. I Figur 4.25 nedan, visas det aktuella skivelementfasadsystemet med vertikala bärprofiler i aluminium, monterade på väggfästa stålkonsoler. Figuren visar en principiell skiss över hur konstruktionen bakom fasadbeklädnaden skyddas mot slagregnsinträngning, samt principen för dränering och uttorkning av ytterväggen. Pilarna i bilden till vänster i figuren symboliserar det uttorkande luftflödets riktning i den naturligt uteluftsventilerade luftspalten.

Fasadkonstruktionen bör, om inte tillverkare eller distributör kan ge garantier för att detta redan skett, slagregnstestas innan det accepteras med avseende på fuktsäkerhet.



Figur 4.25 Slagregnsskydd och vattenavrinning från studerad skivelementfasad (www.ivarssonsverige.se, modifierade bilder).

Fogarna, mellan utfackningspartier och väggpartier med betongväggar, är tätade med fogband av samma typ som fäst mellan beklädnad och bärläkt. Utfackningspartiet överlappar dessutom betongväggen en bit. Detta tillsammans med att fogarna i det yttersta isolerlagret på 50 mm mineralull överlappas, bedöms vara en tillräckligt fuktät konstruktion för att inte orsaka några fuktproblem. Att så verkligen är fallet bör dock kontrolleras med mätningar.

I den nuvarande fasadlösningen med enstegstätad putsfasad är fasaden enligt teorin tillräckligt tät. Det yttersta lagret isolering överlappar väggfogarna vilket medför att det inte bildas några genomgående fogar i ytterväggen. Fogarna i det yttersta isolerskiktet hålls dessutom samman av glasfiberarmeringsnät och putsbruk. Konstruktionen med en enstegstätad putsfasad bygger på att det tunna ytlaget av puts ska förhindra fukt från att tränga in vilket innebär att skador i detta skikt eller otätheter i anslutningar mot genomföringar i ytan kan medföra att fukt tränger in i ytterväggskonstruktionen. Det har vid skadeutredningar visat sig att det på grund av felaktig detaljutformning och brister i uppförandet av fasaden är vanligt med regninträngning genom fasadbeklädnaden vid anslutningar till fönster, friskluftsventiler och liknande. Fasaden ska vid korrekt utförande vara helt tät, men om fukt lyckas ta sig igenom den klimatskärm som fasaden utgör finns det inget som hindrar fukten från att ta sig vidare in i konstruktionen. Även om alla anslutningar utformas och monteras rätt är konstruktionen med en enstegstätad putsfasad en riskkonstruktion ur fuktsynpunkt eftersom eventuellt vatten som ändå lyckas ta sig in har svårt att torka ut. Börje Gustavsson från Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut säger i en artikel i Dagens Nyheter (Sandberg 2007) att: ” Vi har i laboratorium byggt upp väggar med fönster och dörrar, där vi följt konstruktörernas anvisningar till punkt och pricka med en noggrannhet som vore omöjlig på ett verkligt bygge. Ändå läcker de och att täta dem är praktiskt taget omöjligt”.

Kritiska fukttillstånd

Biologisk påväxt kan orsaka både estetiska och hälsorelaterade problem samt i vissa fall även funktionsproblem till följd av nedbrytning av material i konstruktioner. Även om den

biologiska påväxten inte sker på de material som är i direkt anslutning till en yta där personer vistas, kan de hälsovådliga och flyktiga ämnen som svampar och bakterier producerar i många fall ändå ta sig in till vistelsezonen. Detta eftersom dessa giftiga emissioner har förmågan att diffundera igenom även täta material som t ex plastfolier (Samuelsson & Wånggren 2002). Det är inte helt klargjort exakt vilken påverkan på människors hälsa som emissioner från biologisk påväxt har, men försiktighetsprincipen bör iaktas vid fuktdimensionering. Johansson (2006) skriver i *"Mikroorganismer i byggnader - En kunskapsöversikt"* att emissionerna från svampar och bakterier tros vara en stor del av orsaken till ohälsa kopplad till mikroorganismer i fuktiga byggnader.

För att biologisk påväxt som mögel-, röt- och blånadssvampar, bakterier och alger ska kunna växa krävs näring och ett gynnsamt klimat. Generellt kan sägas att en temperatur över 0°C är nödvändigt för att tillväxt av svampar ska vara möjlig medan bakterier kan växa även vid minusgrader. Hur fuktigt klimatet måste vara för att biologisk tillväxt av mikro- och makroorganismer ska kunna ske, beror på temperaturförhållandet i omgivningen. Fuktkraven varierar för olika mikroorganismer. Generellt kräver bakterier och jästsvampar mycket högre fuktnivåer än hyfbildande mikrosvampar (Johansson 2006).

Fuktnivån i ett material mäts i form av vattenhalt eller relativ fuktighet. Vattenhalten är som namnet antyder ett mått på mängden vatten (förångningsbart) i en viss volym av ett material, medan den relativa fuktigheten är ett mått på hur stor del av materialets förmåga att uppta fukt som är utnyttjat. Den relativa fuktigheten, RF, beror av temperatur och ånghalt. Detta innebär att den relativa fuktigheten minskar om temperaturen ökar samtidigt som ånghalten hålls konstant. Förhållandet mellan ett materials vattenhalt och den relativa fuktigheten illustreras med ett materials sorptionskurva.

Lägsta nivån för när ett material kan angripas av mögel kallas för ett materials kritiska fukttillstånd, $RF_{kritisk}$. De känsligaste materialen har ett kritiskt fukttillstånd kring RF 75 %, medan andra material tål betydligt högre fuktnivåer. I den nya upplagan av Boverkets Byggregler (BBR 2006b) har föreskrifterna om högsta tillåtna fukttillstånd ändrats. I kapitel 6:52 står det nu att:

"För material och materialtyper, där mögel och bakterier kan växa, skall väl undersökta och dokumenterade kritiska fukttillstånd användas. Vid bestämning av sökt ett materials kritiska fukttillstånd skall hänsyn tas till eventuell nedsmutsning av materialet. Om det kritiska fukttillståndet för ett material inte är väl undersökt och dokumenterat skall en relativ fuktighet (RF) på 75 % användas som kritiskt fukttillstånd. (BFS 2006:12)" Detta innebär att det kritiska fukttillståndet för ett material ska sättas till 75 % om inget annat kan påvisas.

Trä och andra oorganiska material utgör en god grogrund för biologisk påväxt, men även andra material, framförallt nedsmutsade material, kan bli angripna av biologiska mikro- och makroorganismer. Samuelsson och Wånggren (2002, s30) skriver *"Oorganiskt material såsom mineralull, sand och betong har tidigare inte ansetts kunna bli angripna av mikroorganismer. Senare rön visar emellertid att tex mineralull kan utgöra en näringskälla på grund av att denna bl a innehåller bindemedel (urea, formaldehyd och fenol) och mineraloljor. Oorganiskt material kan dessutom vara förorenat av jord, damm, sågspån, hummus etc vilket kan utgöra näring. Mikroorganismer kan dessutom livnära sig på döda mikroorganismer."* I Tabell 4.2 nedan presenteras de förslag på övre gränsvärden för fukttillstånd i material som SP, Sveriges tekniska forskningsinstitut, lägger fram i rapporten *"Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial – kunskapssammanfattning"* (Johansson & Samuelson m.fl. 2005).

Tabell 4.2 Kritiska fukttillstånd för material (Johansson & Samuelson m.fl. 2005).

Materialgrupp	Kritiskt fukttillstånd [% RH]
Smutsade material	75-80
Trä och träbaserade material	75-80
Gipsskivor	80-85
Mineralullsisolering	90-95
Cellplastisolering (EPS)	90-95
Betong	90-95

Dessa värden, i Tabell 4.2, bedöms vara bra riktvärden och har därför använts i analysen av de bedömda fasadsystemens fuktsäkerhet i texten nedan.

Tack vare att det studerade skivelementfasadsystemet i kombination med NCC Kompletthusens väggkonstruktion inte innehåller några organiska material, bortsett från bindemedel i mineralull och eventuellt lim, är kraven på relativ fuktighet är inte speciellt hårda i den aktuella ytterväggskonstruktionen. Produktionen av ytterväggen sker dessutom i en fabriksmiljö där möjligheten att hålla de ingående väggmaterialen rena är bättre än på en traditionell byggarbetsplats.

De problem med moderna putsfasader som har uppdagats under de senaste åren gäller framförallt enstegstätade tunnputsfasader på lättväggar. I den aktuella konstruktionen på NCC Kompletthuset, med tunga ytterväggar i betong, är risken för fuktproblem mycket mindre eftersom väggen enbart innehåller material som har ett högt värde på $RF_{kritiskt}$. Undantaget från detta är limmet som används för att limma fast cellplasten direkt mot betongytan på dagens NCC Kompletthuset-ytterväggar. Enligt Boverket (2006b) bör det kritiska värdet på relativa fuktigheten för limmet sättas till 75 % då inget dokumenterat kritiskt värde finns. Detta innebär att betongytan mot cellplasten alltid måste vara torrare än RF 75 % . Detta krav på relativ fuktighet kan frångås om limmet har ett påvisat lägre kritiskt fukttillstånd.

Eftersom träreglarna i utfackningspartierna inte är skyddade av isolering från uppvärmning av inomhusklimatet kommer dessa att anta ungefär samma temperatur som inomhusluften. Denna temperatur är mycket gynnsam för mögeltillväxt. Eftersom tillväxten av vissa mögelsvampar har konstaterats förekomma redan vid en relativ fuktighet på 70 % i trä (Samuelsson & Wånggren 2002) bör, för att vara på säkra sidan, träreglarnas relativa fuktighet aldrig överstiga denna nivå. Övriga material i utfackningspartierna; minerit, gips och mineralull antas ha gränsen för kritiskt fukttillstånd enligt Tabell 4.2 ovan.

I Tabell 4.2 ovan visas att det inte finns något direkt krav på maximal relativ fuktighet i isoleringen med hänsyn till biologisk påväxt. Däremot har en blöt isolering sämre isoleringsförmåga (Nevander & Elmarsson 1994) och för att undvika att den termiska prestandan blir sämre än beräknat måste isoleringen skyddas från fritt vatten under byggnation och drift. Tack vare att fasaderna till NCC Kompletthuset byggs under väderskydd, riskerar inte isoleringen att bli blöt under byggnationen vilket annars är vanligt på traditionella icke väderskyddade byggarbetsplatser.

Fukttransport och uttorkningsmöjligheter

I de två studerade ytterväggskonstruktionerna hindras inte fukt inifrån att ta sig in i betongväggen av någon ångspärr eller liknande. Kondensrisk förekommer trots detta inte i väggkonstruktionerna eftersom betongväggen med hjälp av den utvändiga isoleringen hålls varm och att ångmotståndet dessutom är mindre för mineralullen än för betongen. Ett lägre ångmotstånd i mineralullen och cellplasten ger att fuktig luft har lättare att transporteras genom isoleringen än genom betongen.

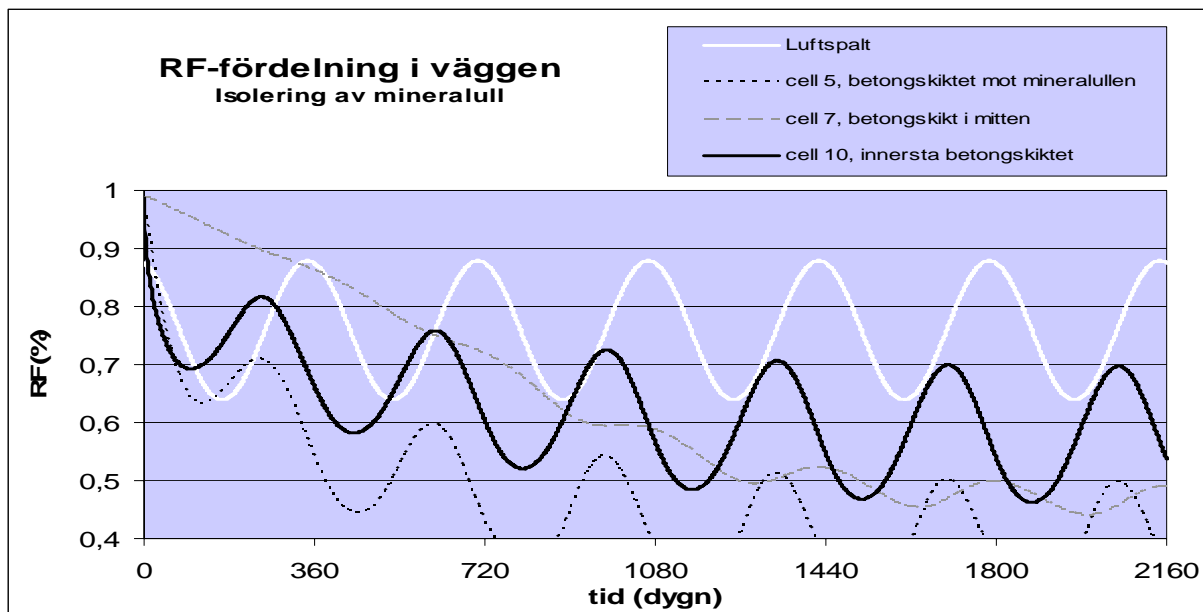
I utfackningspartierna kan inte fukt från inomhusklimatet transporteras in i ytterväggen eftersom den hindras av ångspärren bakom den invändiga gipsen. I ytterväggskonstruktionen med en ventilerad skivelementfasad kan fukten från inomhusluften, eventuell byggfukt i materialen samt fukt som tar sig in genom beklädnaden ventileras bort genom luftspalten, samt torka ut inåt.

I ytterväggskonstruktionen med en enstegstätad tunnputsfasad tillåts uttorkning inåt genom betongväggen. Om vatten, trots noggranna fasadanslutningar lyckas ta sig in i väggen, hindras vattnet att från att torka ut av ångspärren åt ena hållet och till viss del av cellplasten åt andra hållet. Detta gör att den enstegstätade putsfasaden bör klassas som en riskkonstruktion ur fuktsynpunkt där fasaden har en bakomliggande träregelvägg, dvs. vid utfackningspartierna i byggnaden. En tunnputsfasad med en bakomliggande betongvägg anses inte vara en riskkonstruktion ur fuktsynpunkt då möjlighet till uttorkning inåt finns.

Beräkningar har gjorts med hjälp av fuktberäkningsverktyget KFX03 för att bekräfta att inga kritiska fuktillstånd överskrids i ytterväggskonstruktionen vid någon av de analyserade ytterväggskonstruktionerna. För utförlig beskrivning av indata, förenklingar och resultat av beräkningarna samt en beskrivning av beräkningsverktyget KFX03, se Appendix C3 - Fuktberäkning med KFX03.

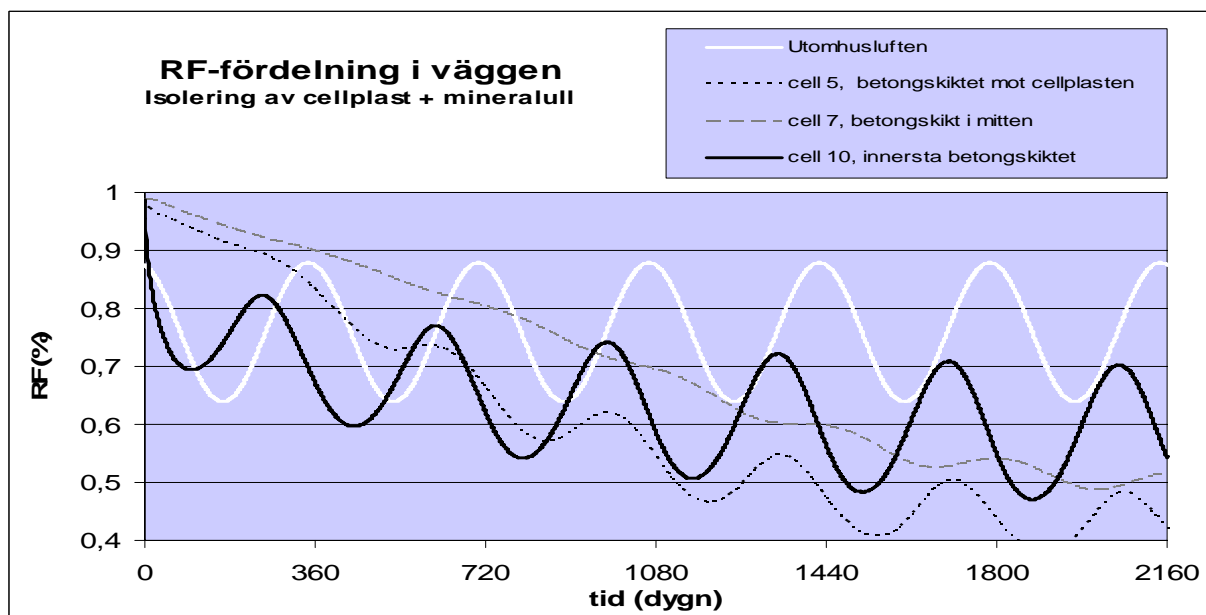
Beräkningarna visar att byggfukt i konstruktionerna har möjlighet att torka ut samt att inga fuktskador uppstår i väggarna till följd av ångtransport. I figurerna 4.26-4.28 nedan visas hur fuktfördelningen varierar under året i de studerade ytterväggskonstruktionerna. Utomhus är den relativa fuktigheten som lägst i maj och som högst i december medan temperaturen är som lägst i februari och som högst i juli. Detta ger att fukt transporteras in i ytterväggarna under sommaren och torkar under vintern. Genom att studera ånghaltsfördelningen i väggen vid olika tidpunkter kan riktning och storlek på ångtransporten i väggarna avgöras. För redovisning av ånghaltsfördelningen under för ett vinter- respektive sommarfall, se Appendix C3 där dessa redovisas tillsammans med fördelningen av den relativa fuktigheten, temperaturen och vattenhalten för de olika ytterväggskonstruktionerna.

I Figur 4.26 nedan visas hur den relativa fukthalten i betongväggen varierar över året för en ytterväggskonstruktion utvändigt isolerad med 200 mm mineralull och med en ventilerad fasad, t ex skivelementfasad. Ur figuren, där beräkningar för fem år efter gjutning visas, kan utläsas att det inte är några problem för byggfukten i betongväggen att torka ut. Själva uttorkningsförloppet kan i verkligheten skilja sig från det i figuren visade till följd av annorlunda materialegenskaper hos nygjuten betong. I figuren visas dessutom att årssvängningarna av den relativa fuktigheten i väggen ligger på acceptabla nivåer. I beräkningarna motsvarar dygn 0, 360, 720 osv. fuktillståndet vid årsskiftet. Den relativa fuktigheten utomhus och i mitten av betongen är som störst ungefär vid denna tid på året.



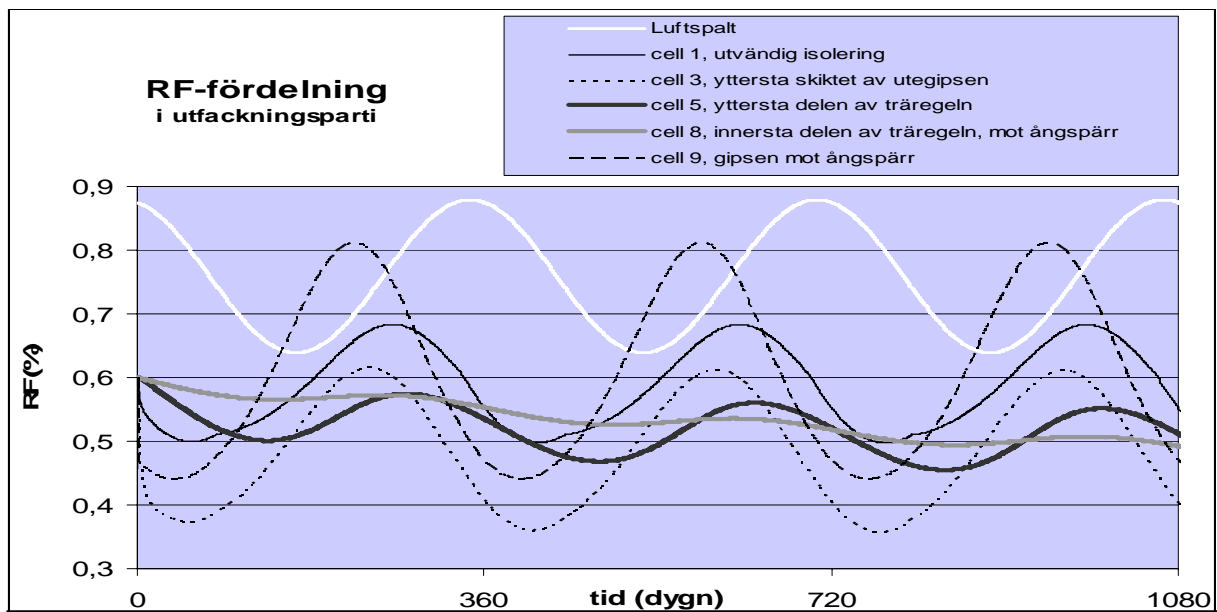
Figur 4.26 Årsvängningar av den relativa fuktigheten i en betongyttervägg, utvändigt isolerad med 200 mm mineralull och med en ventilerad luftspalt mellan fasadbeklädnad och isolering.

I Figur 4.27 nedan visas hur den relativa fukthalten i betongväggen varierar över året för en ytterväggskonstruktion utvändigt isolerad med 150 mm cellplast följt av 50 mm mineralull belagd med tunnputs. Ur figuren, där beräkningar för fem år efter gjutning, kan utläsas att det inte är några problem för byggfukten i betongväggen att torka ut. Själva uttorkningsförloppet kan i verkligheten skilja sig från det i figuren visade, till följd av annorlunda materialegenskaper hos nygjuten betong. I figuren visas dessutom att årsvängningarna av den relativa fuktigheten i väggen ligger på acceptabla nivåer. Precis som i figuren ovan startar beräkningarna vid årsskiftet.



Figur 4.27 Årsvängningar av den relativa fuktigheten i en betongyttervägg, utvändigt isolerad med 150 mm cellplast och 50 mm putsbärande mineralull.

I Figur 4.28 nedan visas hur den relativa fuktigheten varierar över tre år i ett vertikalt snitt genom utfackningspartiet igenom en träregel i detta. I beräkningarna har beklädnaden försumrats och resultatet anses ungefär motsvara konstruktionen med en utvändigfasad bestående av en ventilerad skivelementfasad eller av en enstegstätad tunnputsfasad. Ur figuren kan utläsas att det inte är några problem för eventuell byggfukt i lättväggen att torka ut. I figuren visas dessutom att årssvängningarna av den relativa fuktigheten i väggen ligger på acceptabla nivåer. Precis som i de två tidigare figurerna motsvarar dygn 0, 360, 720 osv. årsskiftena.



Figur 4.28 Årsvängningar av den relativa fuktigheten i en utfackningsvägg utvändigt isolerad med 50 mm mineralull. Den utvändiga fasaden kan t ex bestå av en ventilerad skivelementfasad eller en enstegstätad tunnputsfasad.

4.6.4 Beständighet

En konstruktions beständighet beror på dess motståndskraft mot kemiska, fysikaliska, biologiska och strålningsangrepp. Förutom materialegenskaperna påverkar konstruktionsutformningen och det geografiska läget hur beständig en konstruktion är.

Kemiska angrepp

Kemiska angrepp kan få mycket snabba förlopp genom synergiverkan av material vid vissa materialkombinationer. Därför bör följder av materialkombinationer alltid kontrolleras. Kemiska angrepp uppstår oftast i samband med att material kommer i kontakt med vatten. Vatten kan lösa ut ämnen från materialet eller i fallet med metaller, få materialet att brytas ner genom korrosion. Vid innehåll av salter och föroreningar i vattnet ökar risken för kemisk nedbrytning av det material som vattnet kommer i kontakt med. Den kemiska nedbrytningen av ett material sker främst på materialytan. Till följd av detta bryts ett poröst material lättare ner kemiskt eftersom större materialyta kan exponeras för vatten (Burström 2001). Betongväggarna i den aktuella ytterväggskonstruktionen är skyddade från fritt vatten av isoleringen och risken för kemisk nedbrytning av betongen bör därmed vara minimal.

Eftersom betongen hålls varm av den utvändiga isoleringen, finns inte heller någon risk för frostsprängning i betongen om fukthalten i betongen skulle bli hög.

De olika beklädnadsskivorna kan, om de inte är vattenavvisande, brytas ner genom erosion av materialet i närheten av fogar. Detta eftersom vattenavrinningen vid vissa typer av fasadutformningar koncentreras till ett fåtal fogar där vattenströmningen då blir stor vid nederbörd.

Exempel på vanliga kemiska angrepp är korrosion av metall. Tillgång på fukt och syre är nödvändigt för att korrosion ska kunna uppstå och därför är det viktigt att utforma en konstruktion så att vatten och smuts som kan hålla kvar vattnet lätt kan rinna av samt att undvika en konstruktion med springor som suger in och håller kvar vatten. I luft kan fukten i luften räcka för att korrosion ska kunna ske. Korrosion kan i regel ske ner till en relativ fuktighet i luften på 60 % och vid en nersmutsad yta i vissa fall vid ännu lägre fuktighet (Burström 2001). För att minska risken för att stål rostar, kan metallen korrosionskyddas genom att ytan beläggs med en skyddande film. Filmen kan skapas genom rostskyddsmålning, genom legeringar som gör stålet mindre rost känsligt eller genom beläggning av stålet med en mindre korrosionsbenägen metall.

Metaller av olika typer i kontakt med varandra kan ge upphov till elektrokemiska angrepp när metallerna med hjälp av vatten och salter bildar galvaniska element. För att undvika galvanisk korrosion bör därför samma typ av metall användas på alla ställen i en konstruktion eller bör metallerna isoleras elektriskt från varandra samt hållas torra. Ett galvaniskt element innebär att elektroner från den mindre ädla metallen vandrar över till den ädla metallen och på så sätt skapar en nedbrytning i form av oxidation av den förstnämnda (Nationalencyklopedin 2007). Om den mindre ädla ytan är liten i förhållande till den mer ädla ytan sker en koncentrerad omfattande kemisk nedbrytning av den mindre ädla metallen (Burström 2001). Detta innebär att kombinationen av olika metaller är särskilt olämplig om den ädlare ytan är mycket större än den mindre ädla. På motsvarande sätt kan galvaniska element uppstå vid skador i en metall belagd med en annan metall. Detta medför att koncentrerad korrosion uppkommer vid skador i ett ytskikt av en ädlare metall än den belagda, medan skadan självläker vid skador i ett ytskikt av en mindre ädel metall än den belagda.

Aluminium har ett naturligt skyddande oxidskikt som kan förstöras i kontakt med betong eller med mer ädla metaller. Vid kontakt mellan aluminium och ädlare metaller, framförallt koppar kan därmed galvanisk korrosion uppstå. Zink är mindre ädelt än aluminium vilket innebär att galvaniserat stål därför oftast är acceptabelt att kombinera med aluminium. Eftersom aluminium är mindre ädelt än stål, och rostfritt stål, bör galvanisk korrosion kunna uppstå i kontakt mellan dessa metaller.

Aluminiumnitar används i det studerade skivelementfasadsystemet till både beklädnadsinfästning och infästning av den vertikala aluminiumprofilen till konsolen i rostfritt stål. Risken finns därmed att det skapas ett galvaniskt element mellan aluminiumnitarna och stålkonsolen. Eftersom anliggningsytan av aluminiumet mot stålet är väldigt lite i förhållandet till ytan på stålkonsolen, borde risken för att aluminiumet korroderas av stålet vara liten. Detta bör dock kontrolleras innan systemet godkänns.

Från ovanstående text kan slutsatsen dras att det för det aktuella infästningssystemet eventuellt kan förekomma korrosionsproblem på niten vid stålkonsolen om inte dessa två material isoleras elektriskt från varandra. I den övriga konstruktionen bör det inte föreligga någon risk för korrosionsskador. Även sockellister, fog- och hörnprofiler är i aluminium och

bör därför inte ligga i riskzonen för kemisk nedbrytning. Beklädnadsinfästningen som består av pulverlackerat rostfritt stål har också ett gott korrosionsmotstånd då de har dubbelt skydd i form av både ett skyddande färgskikt och en oxidskiktbildande legering.

Fysikaliska angrepp

Nedbrytning av ett material till följd av fysikaliska angrepp sker främst på grund av fuktinträngning i material som ger upphov till problem som frostsprängning och saltsprängning. Dessa problem förekommer främst hos keramiska material och stenmaterial men även hos puts.

Andra skador till följd av fysikaliska belastningar är sprickbildning orsakade av skillnader i temperatur- och fuktbelastningar från omgivningen. Detta är framförallt vanligt när material som är fästa till varandra har stora skillnader i fukt- och temperaturrörelser. Vid putsade fasader uppstår ofta sprickor i putsen av just den anledningen att putsens fukt- och värmeegenskaper skiljer sig mycket från isoleringens. Skivelementbeklädnaderna har bättre möjlighet till rörelse i materialen eftersom enbart vissa beklädnadsinfästningar är helt fixerade. Den övriga infästningarna är glidpunkter som tillåter några millimeters rörelse, vilket tillsammans med fogen, på cirka 8-12 mm mellan skivelementen, minskar risken för sprickbildning i fasaden till följd av klimatväxlingar.

Där de, i fasadsystemet, ingående materialens egenskaper med avseende på vattenabsorption, frost, samt fukt- och värmeutvidgning inte är kontrollerade, bör detta göras i laboratorieförsök för att försäkra sig om att materialen har önskad livslängd.

Biologiska angrepp

Biologiska angrepp i form av påväxt av biologiska mikro- och makroorganismer har behandlats tidigare, i kapitlet om fuktsäkerhet, och diskuteras därför inte här. Biologisk påväxt är främst ett problem med avseende på hälsa och estetik. Fasadens funktion kan dock påverkas om materialet angrips av röta som bryter ner materialet. Risken för att detta ska ske i de aktuella fasadkonstruktionerna bedöms vara minimal. Om brister i anslutningar eller annat utförande fel uppstår finns en liten risk att träreglarna i utfackningspartiet kan drabbas av röta eftersom dessa har en gynnsam temperatur för detta. En relativ fuktighet på över 70 % krävs under en lång period för att detta ska kunna ske.

På fasadytor kan ofta svampangrepp och algangrepp förekomma. Dessa anses inte påverka funktionen och behandlas därför under Estetisk livslängd nedan.

Strålningsangrepp

Ultraviolett (UV) strålning påverkar endast organiska material (Burström 2001). Ett organiskt material är ett material som innehåller kol, till skillnad från oorganiskt material som t ex berggrund och metaller. Strålningen gör materialen sprödare och kan därmed försämra konstruktionens hållfasthet. Dessutom uppstår ofta färgförändringar till följd av UV-strålning I fasadkonstruktionen är det främst beklädnadsytor och fogprofiler som måste vara UV-beständiga. Enligt Hydro Building Systems (2007) är pulverlackering av aluminiumprofiler en metod som har god slitstyrka och UV-tålighet.

4.6.5 Estetik

En djupare studie över de estetiska möjligheterna vid utformning av industriella fasader till NCC Kompletthuset finns i det parallellt skrivna examensarbetet ”*Varierat fasaduttryck på industriellt utvecklade flerbostadshus*” av Marie Westerlund (2007).

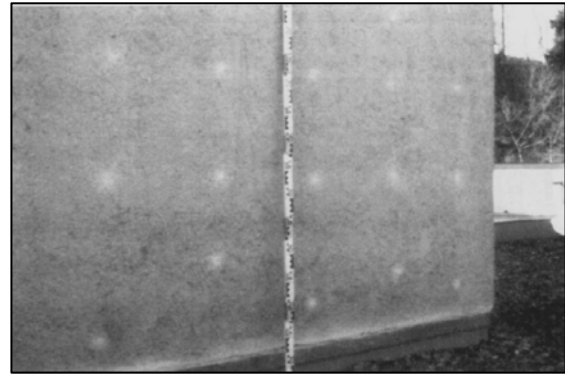
Fasaders estetiska livslängd kan, som nämndes i stycket ovan, påverkas negativt av solbestrålning, men även fuktbelastning kan ha en negativ inverkan på fasadutseendet. Regn kan medföra att fasaden nedsmutsas ojämnt. På keramiska material och stenmaterial kan fukt orsaka saltutfällningar och vid en relativ fuktighet större än 80 % i betong finns risk för att kalkutfällningar. Dessa fenomen kan minskas genom att beklädnaden behandlas med vattenavvisande impregnering, dvs. hydrofobas.

På många fasadmaterier, t ex puts, kan missfärgningar lätt uppstå till följd av organisk påväxt som uppkommer om fasadytan är blöt under längre perioder. Kondens på fasadytan uppkommer ofta vid fasader med dålig värmekapacitet som är oskyddade mot nattutstrålning och på fasadpartier som är skuggade av t ex träd och buskar. Nattutstrålningen innebär att fasadytan kyls genom ett värmestrålningsutbyte mellan fasaden och atmosfären. Detta innebär att fasadytan kan anta en temperatur som är lägre än utomhusluften. Om den antagna yttemperaturen är lägre än dagpunkten för utomhusluften bildas kondens på fasadytan. Denna kondens kan skapa förutsättningar för påväxt av svampar och alger. Algpåväxt kan inte undvikas på en fuktig yta, eftersom alger inte behöver tillgång till näring från något organiskt ämne för att kunna växa. Svamp- och algpåväxt på fasadytan borde däremot kunna undvikas genom att ta bort tillgången på näring genom att hålla fasaden ren och undvika organiska ämnen i putsen. Håkan Nyberg från företaget Sporium uttalar sig om sina erfarenheter i Sydsvenskan (Håkansson 2007) angående algpåväxten på putsfasader: ”*Blanka ytor drabbas mindre än skrovliga, liksom mörka hus mindre än ljusa. Det brukar också växa mer på husets norrsida som är kallare*”. Från detta kan slutsatsen dras att putsytans emissivitet, strålningsfaktor, samt väderstreckorienteringen av fasaden har betydelse för svamp- och algpåväxtens storlek.

Eftersom det tunna putsskiktet och den bakomliggande putsbärande isoleringen har mycket låg värmekapacitet uppkommer ofta ytkondens som kan medföra biologisk påväxt på tunnputsfasader. Vid genomföringar i isoleringen, orsakade av exempelvis utstickande bjälklag eller isoleringsinfästningar, kommer det att bildas köldbryggor i ytterväggskonstruktionen som höjer temperaturen på ytan lokalt. På dessa lokala fläckar med högre temperatur bildas ingen ytkondens, vilket medför att fasaden efter en tid kommer att bli fläckig då påväxt av alger och svampar sker överallt utom vid köldbryggorna. Observera att det på fasaden i Figur 4.29 nedan, inte har skett någon påväxt vid köldbryggorna orsakade av bjälklagen samt på de fasadområden som skyddas mot nattutstrålning av det utstickande taket. I Figur 4.30 nedan syns det tydligt var isoleringsinfästningarna är placerade då dessa fasadområden, till följd av värmeförlusten inifrån, inte har drabbats av biologisk påväxt.



Figur 4.29 Påväxt av rödalger på en putsfasad orsakad av ytkondens. Påväxt sker inte vid köldbryggor och fasadytor som är skyddad mot nattutstrålning (Lenz 2004²).

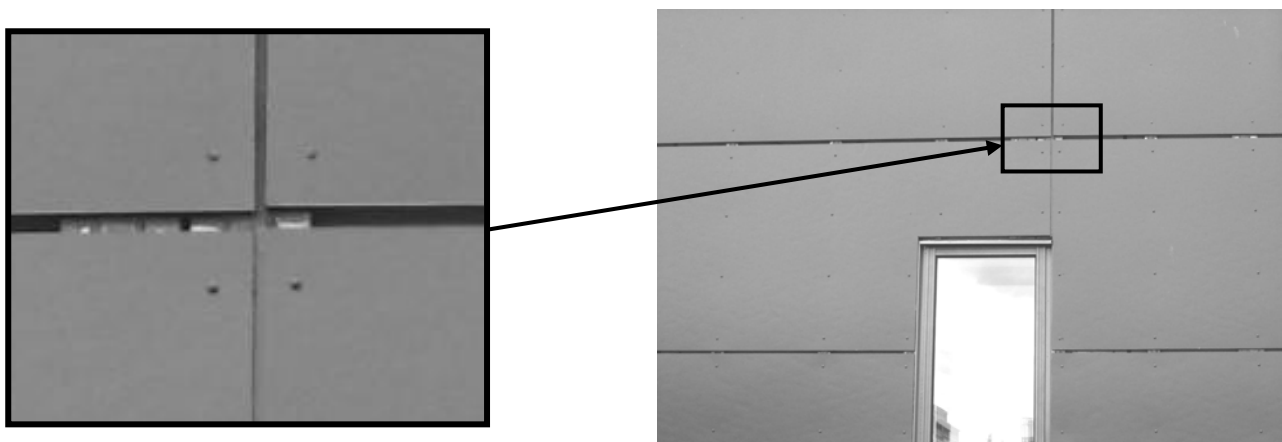


Figur 4.30 Ljusare fläckar på en putsad fasadyta till följd av frånvaro av biologisk påväxt på fasaden vid köldbryggor i ytterväggen där ytkondens inte förekommer (Lenz 2004¹).

En skivelementfasads helhetsintryck påverkas av design, utförandenoggrannhet, infästningar, fogar och de ingående materialens kvalitet. Det är därför svårt att avgöra helhetsintrycket bara utifrån säljande produktinformation. Det går att utforma spännande fasader med ett skivelements-system men tyvärr läggs det ofta inte tillräckligt stora resurser på arkitektens utformning. Om arkitekten projekterar fasaden i ett tidigt stadium och arbetar mycket med byggnadens proportioner och balkongers och fönsters linjespel kan fasaden få ett helhetsintryck som passar många kunder. I examensarbetet "Varierat fasaduttryck på industriellt utvecklade flerbostadshus" av Marie Westerlund ges förslag på utformning av en skivelementfasad till ett NCC Kompletthus.

Med en industriellt tillverkad fasad kan kvaliteten på fasaden bli väldigt hög i och med den stora måttoggrannheten och väderskyddade förvaringen. Problemet med många industriellt tillverkade skivelementfasader är att de appliceras på traditionellt byggda bostäder ute på byggplatsen. När byggnaden platstillverkas och har sämre toleranser än fasaden kan fasadelementen behöva justeras och kapas på plats. Då blir genast fogar och elementkanter ojämna och fasaden får ett sämre helhetsintryck. Ännu sämre blir det om fasaden monteras under oergonomiska arbetsförhållanden i en smutsig miljö och dålig väderlek. Dessa problem borde kunna undvikas med det aktuella byggsystemet som är industriellt tillverkat med snäva tillverknings-toleranser. Merparten av fasaden monteras under goda arbetsförhållanden och fasaden är väderskyddad under tillverkning, transport och montage. I Figur 4.31 nedan visas exempel på en dåligt utförd fasadmontering resulterande i slarviga fogar och synlig bakomliggande konstruktion.

² Lenz, K. (2004): Microorganismenon facades - reasons, cosequences and measures. Presentation from IEA Annex 41 meeting in Glasgow 2004. Fraunhofer-Gesellschaft, Munich, Germany



Figur 4.31 Slarvigt utförd skivelementfasad på TV-huset i Lundbyhamnen, Göteborg. Fasaden har ojämna skarvar samt synlig bakomliggande konstruktion (Flodberg & Lundberg 2007).

Fasadsystemet bör granskas i verkligheten innan det tas i bruk. Om det inte finns lättillgängliga referensbyggnader för alla beklädnader i systemet bör åtminstone provbitar beställas. Erfarenheter kan bytas med leverantör och byggföretag som använt fasadsystemet tidigare.

Skivelementfasaden har en mycket större uttrycksvariation än putsfasaden. I värderingen har det förutsatts att alla beklädnader i systemet kommer att finnas med i byggsystemets fasadsortimentet. Det kan hända att några av beklädnaderna förkastas när de granskas i verkligheten. I så fall stryks de ur sortimentet och då kan uttrycksvariationen försämrats. Det finns samtidigt en möjlighet att fler beklädnader kan tillföras sortimentet och då förbättras uttrycksvariationen. Det bör undersökas om beklädnader som tillhandahålls av andra leverantörer på marknaden kan fungera för det studerade infästningssystemet. Det borde även ligga i det aktuella företags egenintresse att själva undersöka möjligheten till att utöka sitt sortiment utifrån NCCs önskemål.

4.6.6 Flexibilitet och industrialisering

Skivelementfasaden är inte lika flexibel och parameteriserbar som putsfasaden eftersom beklädnadselementen begränsas i storlek och fasadförankringarnas läge enbart är parameteriserade i en riktning. Det bör gå att ställa krav på leverantören att beklädnadselementen kan tillverkas i vilken storlek som helst inom den maximala storleken. Om så är fallet, bör undersökas närmre. Dessutom borde det analyseras huruvida det går att hitta ett optimalt infästningsavstånd som passar på samtliga NCC Kompletthus och samtidigt som hållfasthetskraven uppfylls.

Skivelementfasadens komponenter är helt industriellt producerade till skillnad från putsfasaden med delvis platstillverkad beklädnad. En förutsättning för att industrialiseringsgraden ska öka för skivelementfasaden är att komponenterna även ska kunna måttanpassas industriellt så att endast montering sker i ytterväggsproduktionen.

4.6.7 Resurseffektivitet

Både putsfasaden och skivelementfasaden kräver ganska många arbetsmoment vid montering. För ett industriellt byggsystem är det viktigt att resurserna på montageplatsen minskar. I dagsläget sker hela uppförandet av putsfasaden på montageplats. Det är tänkbart att en del moment kan förberedas redan i fabrik enligt följande modell:

Moment vid putsfasadsproduktion, i fabrik:

1. Startlist monteras på väggelementen till de våningar där denna är nödvändig.
2. Förstärkning och lister monteras vid hörn och öppningar mitt på väggelementen.
3. Förborrning för expanderspikarna i väggelementen.
4. Montering av putsbärande isolering med expansionsspik. Isolering lämnas vid elementkanterna.

Moment vid putsfasadsproduktion, på montageplats efter montering av väggelement:

5. Förborrning för montering av putsbärande isolering längs elementfogarna.
6. Montering av kompletterande putsbärande isolering längs elementfogarna.
7. Komplettering med förstärkningar och lister längs elementfogarna.
8. Applicering av grovputs och armerande putsnät.
9. Applicering av ytputs.

De stora nackdelarna med en putsfasad är att det alltid finns ett behov av byggnadsställning på montageplatsen samt att monteringshallen måste värmas upp vid putsning i vinterväderlek.

Skivelementfasaden kan nästan fullt ut monteras i fabrik och behöver ingen byggnadsställning på montageplatsen. Ändå krävs det fortfarande rätt omfattande kompletterande arbetsmoment på montageplatsen. Totalt sett innebär skivelementfasaden fler arbetsmoment än vad putsfasaden gör. Större delen av resurserna läggs dock på fabriksmonteringen.

Moment vid skivelementfasadproduktion, i fabrik:

1. Utsättning och förborrning i väggelement för montering av bärande konsoler och mineralullsisolering.
2. Konsoler förankras i väggelement med expanderbult.
3. Mineralullsisolering fästs med expansionsspik.
4. Vertikal T-profil förborras (utanför vägglina) och fästs i konsol med popnit. Kan justeras i lod innan den nitas fast.
5. Självhäftande tätningssremsa fästs på vertikal profil.
6. (Eventuell fogprofil förborras (utanför vägglina) och fästs till bärprofil med skruv.)
7. Ventilerande sockelprofil fästs i väggelementen till bottenvåningen.
8. Beklädnadselement förborras (utanför vägglina) och fästs till bärprofil med skruv.

Moment vid skivelementfasadproduktion, på montageplats efter montering av väggelement:

9. Montering av vindtät isolering längs väggelementfogarna.
10. Montering av hörnprofiler och horisontella foglister.
11. Kompletteringsmontering av beklädnadselement längs väggelementfogarna.

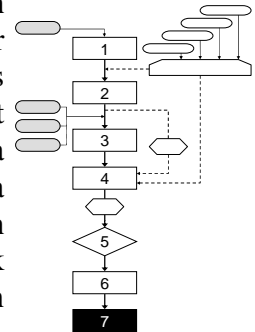
Skivelementfasaden är industriellt tillverkad, men den är däremot inte helt industriellt monterad då tätning av skarvar i isoleringen och i fasaden måste ske på montageplatsen. Det bör undersökas om det är möjligt att montera hela fasaden i fabrik utan att monteringen av

väggelementen försvåras orimligt mycket av isolering och beklädnad som sticker ut utanför väggelementkanterna.

Troligtvis går det att utveckla någon programvara som kan effektivisera resursåtgången vid projekteringen av skivelementfasaden.

4.7 Steg 7: Resultatsammanställning och utvecklingsbehov

Analysen är av olika skäl inte fullständigt utförd i denna fallstudie och därför går det i nuläget inte att fastställa att skivelementfasaden uppfyller alla krav. En del utredningar kvarstår att göra innan fasaden kan användas på ett NCC Kompletthus. Skivelementfasaden har emellertid potential att fungera på det aktuella byggsystemet. En rekommendation är att hela fasadsystemet bör testas och godkännas som produkt av Sveriges tekniska forskningsinstitut. Fördelen med industriellt byggsystem är att det hela tiden produktutvecklas. Om skivelementfasaden utreds vidare och sedan tas i bruk kommer den hela tiden att utvecklas ihop med byggsystemet och den framtida produkten bör bara bli bättre och mer lönsam med tiden.



Grundförutsättningar

Grundförutsättningarna bedöms vara fortsatt uppfyllda även efter ett byte av fasadlösning till den valda skivelementfasadlösningen. Fasadsystemets beklädnader, samt systemet som helhet, bör brandtestas och godkännas av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Fasadsystemskomponenternas egenskaper bör godkännas enligt BASTA eller liknande pålitligt miljöbedömningssystem.

Funktion

Funktionen blir överlag bättre vid byte av fasad från dagens enstegstätade tunnputsfasad till den granskade skivelementfasaden. Framförallt fuktsäkerheten förbättras. Beständigheten beror på vilka beklädnader som ska användas som alternativ. I Tabell 4.3 nedan beskrivs funktionsskillnader vid ett sådant fasadbyte.

Tabell 4.3 Skillnader i funktion vid analyserat fasadbyte.

	Resultat från analys	Utvecklingsbehov
Termisk prestanda	Förbättrad till följd av bättre isolering. $U_{\text{yttervägg}}=0,163 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	Beräkning av den specifika energianvändningen och den genomsnittliga genomgångskoefficienten, U_m , måste göras för hela klimatskalet. Den färdiga byggnaden ska provtryckas för att kontrollera lufttäteten.
Värmeisolering	Isolerförmågan är bättre för vald isolering. Samma isolertjocklek är möjligt.	
Köldbryggor	Ökade köldbryggor till följd av fasadsystemets förankringar. Värmeflödet ökar med 3 %.	
Lufttätethet	Den vindtätade isoleringen som täcker väggelementfogarna ger att lufttäteten enbart försämras marginellt.	

Fuktsäkerhet	Förbättrad till följd av införandet av en ventilerad och dränerad luftspalt.	Skivelementfasaden bör slagregnstestas av Sveriges tekniska forskningsinstitut.
Vatteninträngning	Minskad risk för vatteninträngning i väggen då nederbörd stoppas av luftspalten och infästningarna inte leder vatten vidare in i väggkonstruktionen.	
Kritiska fuktillstånd	Inga organiska material tillkommer bortsett från bindemedel i och eventuell smuts på mineralull. $RF_{kritiskt}$ överskrids inte för något material.	
Uttorkningsmöjlighet	Luftspalten ger bättre uttorkningsmöjligheter för väggen då uttorkning utåt kan ske i snabbare takt.	
Beständighet	Något bättre till följd av minskad risk för sprickbildning i fasadbeklädnaden.	Kontroll bör utföras av att de utländska beständighetstester som beklädnaderna har godkänts enligt, uppfyller kraven på beklädnader enligt EOTA eller svensk standard. Om inte skall sådana tester utföras. Infästningssystemet bör kontrolleras så att risk för galvanisk korrosion inte föreligger.
Kemiska angrepp	Risk för ökad erodering av beklädnad då vattenavrinningen koncentreras till beklädnadsfogar. Ev. korrosionsproblem på niten vid stålkonsole	
Fysikaliska angrepp	Minskad risk för sprickbildning orsakad av temp- och fuktrörelser samt frostsprängning.	
Biologiska angrepp	Mindre risk för röta på träreglar i utfackningsparti.	
Strålningsangrepp	Bättre färgbeständighet hos beklädnader vid UV-strålning.	

Estetik

Vid byte till skivelementfasad ökar uttrycksvariationen och överlag den estetiska livslängden. Helhetsintrycket beror till stor del på arbetsutförandet men kan generellt sett fås lika bra. I Tabell 4.4 nedan beskrivs för- och nackdelar med byte från tunnputsfasad till skivelementfasad.

Tabell 4.4 Skillnader i estetiska egenskaper vid analyserat fasadbyte.

	Resultat från analys	Utvecklingsbehov
Estetisk livslängd	Generellt något bättre än för putsfasaden.	Fasader som funnits uppförda en tid bör granskas i verkligheten., så att beständighets- och utförandeproblem kan upptäckas. Undersökningar bör eventuellt göras bland arkitekter och "vanligt folk" för att ta reda på vad som uppfattas som positivt och negativt med utseendet på skivelementfasader.
Helhetsintryck	Beror på utförandet och val av beklädnad. Överlag lika bra som för putsfasader.	
Uttrycksvariation	Mycket större möjlighet till variation i mönster, struktur, material m.m. Möjlighet till kombinationer av olika beklädnader.	

Flexibilitet & Industrialisering

Vid byte från en putsfasad till en skivelementfasad försämras flexibiliteten samtidigt som industrialiseringsgraden ökar. I Tabell 4.5 nedan beskrivs skillnader i flexibilitet, parameteriserbarhet och industrialiseringsgrad vid det studerade fasadbytet.

Tabell 4.5 Skillnader i flexibilitet och industrialisering vid analyserat fasadbyte.

	Resultat från analys	Utvecklingsbehov
Flexibilitet	Försämrade flexibilitet till följd av fler komponenter i fasadsystemet vars gränssnitt måste passa till varandra. Täta fasadförankringar minskar flexibiliteten.	Undersöka om det finns ett optimalt infästningsavstånd som kan appliceras på de flesta NCC Kompletthusen. Undersöka om det är möjligt att montera all isolering och beklädnad i fabrik och låta överlappande delar sticka ut från väggelementkanterna.
Parameteriserbarhet	Försämrade parameteriserbarhet då fasadförankringarna bara är parameteriserade i vertikalled medan byggsystemet är parameteriserat i horisontalled.	
Industrialiseringsgrad	Mycket bättre till följd av ökad prefabricering. Fortfarande behövs fler momenten flyttas från montageplats till fabrik.	

Resurseffektivitet

Resursanvändandet flyttas vid det studerade fasadbytet, som brukligt är vid industrialisering, från att utnyttja mest resurser på montageplatsen till att kräva mer resurser i projekteringsskedet. Sammantaget blir dessutom det totala resursanvändandet antagligen mindre vid användandet av en skivelementfasad och den totala byggtiden borde kunna minskas. I Tabell 4.6 nedan beskrivs skillnader i resurseffektivitet efter fasadsystemsbytet.

Tabell 4.6 Skillnader i resurseffektivitet vid analyserat fasadbyte.

	Resultat från analys	Utvecklingsbehov
Resurseffektivitet på montageplats	Väsentligt mindre tidsåtgång och behov av utrustning.	Undersöka möjligheten till ökad automatisering finns för att minska tidsåtgången.
Resurseffektivitet i fabrik	Fasadtillverkningen ökar tidsåtgången, plats-, arbetskrafts- och utrustningsåtgången i fabrik. Momenten är okomplicerade men många	Utveckla infästningssystemet så att det går att måttanpassa och förborra komponenterna redan hos tillverkare eller utanför vägglinan.
Resurseffektivitet vid projektering	Kräver mer resurser av både konstruktör och arkitekt då det är fler parametrar att ta hänsyn till samtidigt som möjligheterna till varierad utformning inte har begränsas.	Utveckla en dataprogramvara som kan underlätta projekteringen av fasaden både för konstruktör och arkitekt.

5 Diskussion

Utgångspunkten för detta arbete var att utföra en analys av vad konsekvenserna blir vid byte av en platsbyggd fasad till en industriellt tillverkat fasad på ett befintligt industriellt byggsystem. För att underlätta konsekvensanalysen av ett fasadbyte, utvecklades en metodik för att värdera ett fasadsystems applicerbarhet på ett befintligt industriellt byggsystem. Tanken med metodiken har varit att den ska kunna användas för att göra ett välgrundat val av fasadlösning genom jämförelse av olika fasadalternativ.

Bedömningen av ett fasadsystem försvåras av att byggsystemets väggelement samverkar med fasaden och bildar en komplex och svåröverblickbar helhet som samfällt ska uppfylla den rad av krav och önskemål som sätts upp. Det går därför inte att bedöma fasaden för sig, oberoende av byggnaden. Kraven och önskemålen på byggnadens egenskaper är dessutom olika prioriterade för olika byggföretag varför det är viktigt att det i metodiken finns möjlighet till att vikta kraven utifrån aktuella prioriteringar. I metodiken viktas kraven genom att en målbild sätts upp för aktuellt byggsystem. Värderingsresultatet jämförs med denna målbild grafiskt, så att det enkelt syns vilka egenskaper som lever upp till byggföretagets önskemål och vilka egenskaper som måste förbättras. För att metodiken inte skulle bli alltför komplex avgränsades metodikens tillämpningsområde till att enbart gälla flerbostadshus med bärande betongytterväggar. Tanken är dessutom att värderingen ska bygga på att stommen är parameteriserad och att inskränkningar i denna parameterisering ska undvikas.

5.1 Metodikens användbarhet och relevans

Målet vid framtagningen av metodiken var från början att den skulle kunna användas för att göra ett detaljerat fasadsystemsval, det vill säga resultera i ett leverantörsväl. Vid tillämpningen av metodiken i fallstudien visade det sig att det var svårt att urskilja några större skillnader mellan olika fasadsystem inom samma huvudtyp av fasader beroende på att betygskriterierna var för allmänt hållna för att fungera för alla tänkbara industriella fasader. Tydliga skillnader kunde däremot utläsas mellan de olika typerna av fasader och metodiken kunde därför användas för att välja en lämplig huvudtyp av fasad till det studerade byggsystemet.

Metodiken kan, förutom för val mellan flera olika fasadalternativ, användas för att påträffa risker, problemområden och utvecklingsbehov för den fasadlösning som eventuellt redan används till byggsystemet. Dessutom är det ingen nödvändighet att jämföra flera olika fasadalternativ när ett val av fasad ska göras. Metodiken kan istället användas för att enbart kontrollera om ett specifikt fasadalternativ uppfyller den utsatta målsättningen.

Genom att använda resultatdiagrammet kontinuerligt under utvecklingen av bygg- och fasadsystem, kan framsteg och utvecklingsbehov enkelt övervakas genom fortlöpande uppdateringar av figuren. Egenskaperna som visas i resultatdiagrammet är viktiga egenskaper för ett industriellt byggsystem överlag och inte bara för ett fasadsystem. Därför kan resultatdiagrammet eventuellt vara ett bra verktyg för övrig vidareutveckling av det industriella byggsystemet eller vid framtagning av ett nytt sådant.

5.2 Värderingsverktygens lämplighet

De värderingsverktyg som tagits fram som hjälpmedel i metodiken verkar överlag fungerar bra. Vissa tveksamheter i hur utformningen av betygskriterierna bör ske finns dock.

Värderingskategorier

De krav som ställs i värderingskategorierna och som används som grund för värderingen av fasadsystem är viktiga av olika anledningar. Grundförutsättningskraven och kraven på funktion är absoluta krav som regleras av lagar och föreskrifter. Övriga krav är mer av betydelse för byggföretaget för att ett fasadsystem inte ska begränsa ett industriellt byggsystems möjlighet till framgång. Kraven har satts efter en bedömning av vad som borde vara miniminivån för att ett industriellt byggsystem ska lyckas på marknaden och därigenom vara lönsamt.

Indelningen i fyra huvudkategorier som sedan i sin tur är indelade i tre underkategorier fungerar generellt sett bra. Grupperingen av egenskaper till ett fåtal kategorier ger en bättre översikt av värderingsresultatet. I vissa fall finns dock behovet av att tydligare se vilka brister och fördelar som påträffats vid granskningen av de för värderingskategorin ingående bedömningspunkterna. Konsekvenserna av ett utökande av värderingskategorierna eller möjligheten till att på något sätt visa egenskaperna i de olika bedömningspunkterna, bör undersökas för att se om detta ger tydligare skillnader och därmed ett bättre värderingsresultat.

Betygssystem

Utgångspunkten vid val av betygsnivåer till värderingen var att även fasader som i några enstaka kategorier inte uppfyller de uppställda kraven ska kunna utvärderas, om systemet har potential att utvecklas till att bli ett godkänt fasadalternativ. För att få en tillräcklig spridning mellan resultaten vid värdering av flera fasadsystem valdes ett betygssystem med två överbetyg. Det högsta överbetyget motsvaras av att inget behov av vidareutveckling av fasadsystemet finns inom den bedömningspunkten. Det andra överbetyget motsvarar en nivå som är bättre än ställda krav, men där vidareutveckling av systemet eller val av en annan fasadlösning skulle kunna ge en ännu bättre prestanda. Dessa behov av betygsnivåer resulterade i en femgradig betygsskala där det lägsta betyget, 0 poäng, innebär att det inte finns något som tyder på att systemet skulle kunna uppfylla aktuellt krav. Anledningen till att betygssområdet har bestämts till 0-4 poäng istället för det mer vedertagna 1-5 poäng, är att det bedömdes ge felaktiga signaler om ett fasadsystem får poäng i en värderingskategori där det inte finns någon möjlighet att förbättra systemet så att kraven uppfylls. Det aktuella betygssystemet kan istället relateras till det betygssystem som används i grundskolan och gymnasiet idag. Betygen 1-4 poäng skulle då motsvara IG, G, VG och MVG. Skillnaden mellan de två betygssystemen är att metodikens 0 poäng innebär att det värderade systemet förkastas medan motsvarande ”streck” i skolan betyder att det inte finns tillräckligt underlag för att betygssätta eleven men eleven ”förkastas” inte utan får fler chanser att uppnå betyget godkänt.

Betygssystemet bedöms ha tillräckligt många nivåer för att ge nog bra spridning samtidigt som nivåerna är tillräckligt få för att värderingen inte ska bli alltför komplicerad.

Betygssystemet bedöms även vara tydligt trots att beteckningarna på betygsnivåerna inte är vedertagna.

Betygskriterier

Som tidigare nämnts i detta kapitel var de betygskriterier som användes vid fallstudien för vaga för att de skulle ge tillräckligt stor skillnad mellan olika leverantörers fasadsystem vid värdering av fasadsystem av samma typ. Samtidigt upplevdes vissa kriterier vid fallstudien som alltför specifika då de i vissa fall begränsade möjligheterna att sätta det betyg som rent intuitivt kändes rätt för fasadsystemet i en viss kategori. Till exempel får ett fasadsystem utan luftspalt, med de i Appendix A beskrivna betygskriterierna, alltid maximalt 1 poäng i bedömningskategorin fuktsäkerhet. Fasaden blir därmed aldrig godkänd även om det kan konstateras att systemet fungerar med avseende på fukt i verkligheten.

Värderingen av ett fasadsystem tar relativt lång tid och kräver mycket arbete från den person som ska utföra den. Till stor del beror detta på att det är svårt och tidskrävande att formulera betygskriterier som ”slår” rättvist i värderingen av fasadsystem. Även användningen av betygskriterierna vid betygsättningen tar lång tid då det är många bedömningspunkter som ska kontrolleras.

För att få en mindre tidskrävande värdering kan en lösning vara att överge betygskriterierna och istället gå på ”magkänsla” vid värdering. Risken är dock att uppfattningen av hur bra kraven uppfylls i vissa fall inte stämmer med hur väl de faktiskt uppfylls i verkligheten. För att få en korrekt värdering, med betygsättning baserad på den spontana uppfattningen av hur väl ett betyg uppfylls, bör värderingen utföras av ett flertal områdeskunniga personer. Om deras betyg stämmer relativt väl överens kan värderingen eventuellt anses vara tillförlitlig. Fördelen med att använda sig av förbestämda betygskriterier är att det, i de fall där ”magkänslan” skiljer sig från betygskriterierna, går att upptäcka brister med fasadsystemet som inte hade upptäckts om bara ren intuition använts.

Resultatdiagram

Den framtagna metodikens styrka ligger i redovisningen av värderingsresultatet. Tack vare att både målsättning och betygsättning illustreras grafiskt i ett resultatdiagram är värderingsresultatet lättolkat och det är enkelt att se hur väl målen uppfylls samt i vilka områden fasadsystemets styrka respektive svaghet i ligger. I diagrammet är värderingskategorierna placerade i en ordning som gör att de kategorier som hör ihop ligger intill varandra. Följden av detta blir att tendenser och kritiska områden lätt kan identifieras. Var tyngdpunkten ligger i ett fasadsystems betyg kan lätt jämföras med den önskade tyngdpunkten som bestämts i målsättningen. Att målbilden blir riktigt gjord är därmed mycket viktigt eftersom denna fungerar som viktning och på så sätt helt avgör resultatet av värderingen.

Med hjälp av resultatbilden kan det enkelt konstateras inom vilka områden fokus för vidareutveckling bör ligga för att erhålla en bättre prestanda hos ytterväggen. Resultatdiagrammet underlättar även jämförelsen mellan olika system då det är lätt att tolka värderingsresultatet och se vilka egenskaper som fås för det system som väljs. Resultatdiagrammet är tydligt och lättkommunicerat, även för personer som ser det för första gången.

En nackdel med resultatdiagrammet är att det inte syns i värderingsresultatet om ett fasadsystem uppnår ett väldigt högt betyg på alla bedömningspunkter utom en i en kategori. Denna ensamma punkt avgör då fasadsystemets slutbetyg i den kategorin. Om en betygsättning grundad på medelbetyg istället hade valts, skulle de punkter med högre betyg inom kategorin ha fått genomslag och resulterat i en bättre resultatbild. En sådan variant av betygsättning valdes bort för att vara på säker sida. Med det aktuella betygssystemet undviks risken för att ett fasadsystem väljs som har brister i en bedömningspunkt som kan få allvarliga konsekvenser. Om ett system blir godkänt i värderingen efter den nuvarande betygsättningsprincipen, blir de eventuella bättre egenskaperna som inte syns i resultatbilden en positiv bonus.

5.3 Metodikens precision

Som nämnts ovan är ett fasadsystems lämplighet helt beroende av bakomliggande konstruktion i ytterväggen eftersom fasad och stomme samverkar i en byggnad. Därmed är det av största vikt att den person som ska värdera fasadsystemet har god kännedom om både byggsystemets och fasadsystemets egenskaper och begränsningar.

Avsikten vid framtagningen av metodiken var att den skulle kunna tillämpas av en person i byggbranschen med åtminstone ytliga kunskaper inom de områden på vilka värderingen görs och med goda kunskaper om aktuellt byggsystem. Om denna föresats har lyckats kan diskuteras. En risk finns att förkunskaperna hos folk i branschen har överskattats och att metodiken ställer för höga krav på kunskaper inom ett mycket brett område. En viss djupare kunskap kan krävas inom byggnadsfysik, byggnadsteknik och konstruktion, för att utvärderingen ska bli korrekt. Förhoppningen är att det kan räcka med att personen som ska värdera fasadsystemet läser denna rapport och därmed görs uppmärksam på problem och viktiga aspekter att beakta vid värdering. Betygskriterierna som har använts i fallstudien i rapporten är enkelt skrivna och bifogade till rapporten för att kunna användas som stöd och tips vid en värdering av fasadsystem för en person som endast är insatt i byggsystemet. Beskrivningen och sammanställningen av olika fasadsystem som finns i rapporten kan, förutom att öka kunskapen om fasadtyperna, minska tidsåtgången vid värderingen då mycket av denna information förväntas kunna användas som underlag. Det finns också en möjlighet att låta olika personer fokusera på olika områden i värderingen och värdera samtliga fasadalternativ inom det egna kunskapsområdet. Det kan dock bli problem när de olika områdena jämförs i ett gemensamt resultat för ett fasadalternativ eftersom personerna kan vara olika insatta i byggsystemet eller uppfatta betygstegen på skilda sätt.

Att värderingen blir subjektiv går aldrig att komma ifrån. Bedömningen blir en tolkning av den tillgängliga informationen och betygskriterierna. Därför är det viktigt att en och samma person betygsätter samtliga fasadsystem som ska ingå i värderingen för att dessa ska kunna jämföras med varandra. Om värderingen ska göras om efter en tid, för att nya fasadalternativ uppkommit eller för att byggsystemet utvecklats, kan inte gamla värderingar användas och jämföras med nya värderingar som en tidsbesparande åtgärd.

Något som är svårt att värdera är de fördelar som kan bli resultatet av att ett samarbete med en fasadleverantör löper under lång tid. Vid ett sådant avtal finns det ofta stora möjligheter att påverka tillverkaren så att denne kan utveckla sitt fasadsystem utifrån aktuella önskemål. På så sätt kan ett optimalt fasadsystem för byggsystemet utvecklas. Detta är en av de stora fördelarna med industriellt byggande framför det traditionella. Eftersom samma grundsystem

används för en mängd hus kan produkten, dvs. husen, hela tiden vidareutvecklas och förbättras samtidigt som risken för konstruktions- och utförandefel minskar och lönsamheten ökar.

Ett av de största problemen vid värdering av ett existerande industriellt fasadsystem är att det är svårt att få tag på tillräcklig information om systemet för att kunna göra en korrekt bedömning. Informationen från produktbroschyrer är ofta bristfällig och det är svårt att bedöma dess tillförlitlighet. Alltför ofta saknas tillfredställande detaljritningar. Det enklaste sättet för att få ordentlig produktinformation om ett fasadsystem är vanligtvis att kontakta tillverkaren. Fasadkomponenterna tillverkas i många fall utanför Sverige och de svenska distributörerna av komponenter och systemlösningar har i många fall inte samma kunskaper som tillverkaren. Dessutom innebär det faktum att systemen inte ursprungligen är svenska att majoriteten av de funktionstester som utförts är gjorda utanför Sverige där andra standarder och certifieringar gäller. Att översätta testresultaten till motsvarande svenska standarder kan vara tidskrävande och svårt. Ytterligare en konsekvens av att systemen är importerade är att en stor del av produktinformationen som går att få tag på är skriven på främmande språk. En del kunskap och information kan förloras vid översättningen. Att enbart basera en värdering av ett fasadsystem på produktinformation kan ge ett resultat som inte helt stämmer överens med verkligheten. För att få en mer korrekt bild av fasadsystemen som ska värderas bör dessa studeras i verkligheten, monterade på byggnader i drift, eller byggas upp på fullskaliga provväggar för att kunna granskas närmre. Efter en sådan granskning och studie av verkligheten bör det vara lättare att betygsätta fasaden inom exempelvis estetik.

Ett annat problem med val av fasadsystem utifrån jämförelse av målbild med resultatbild är att grundförutsättningarna inte syns i resultatdiagrammet. I den gjorda fallstudien innebar tveksamheter i grundförutsättningarna att den fasadtyp valdes som bara fick det tredje bästa resultatet vid jämförelse med målbilden. Tveksamheterna hos de ”bättre” fasadsystemen berodde på osäkerheten i om systemen skulle kunna appliceras på det aktuella byggsystemet utan att detta skulle behöva genomgå alltför stora förändringar. En person med bättre kunskaper om det studerade byggsystemet hade kanske dragit andra slutsatser angående grundförutsättningarna. Detta stödjer det tidigare påståendet om vikten av att ha djupa kunskaper om byggsystemet vid värdering av fasadsystemsalternativens applicerbarhet. Brister i kunskaper om konstruktions- och branddimensionering bidrog också till tveksamheter i fallstudien angående bedömningen av huruvida grundförutsättningarna var uppfyllda. Detta poängterar på nytt vikten av att ”rätt” person genomför värderingen.

Metodikerna bygger egentligen på att de fasadsystem som inte uppfyller grundförutsättningarna ska förkastas med en gång. Trots detta är verkligheten, såsom fallstudien visade, sådan att det kan finnas tveksamheter kring om grundförutsättningarna uppfylls eller inte. Det kan vid dessa tillfällen vara aktuellt att bedöma ett fasadsystem trots de förmodade bristerna i grundförutsättningarna. Ett sådant fasadsystem, där det råder tveksamheter, kan få ett väldigt bra värderingsresultat och det kan vara värt att till exempel modifiera byggsystemet så att grundförutsättningarna uppfylls vid applicering av detta fasadsystem. På så sätt blir slutprodukten bättre samtidigt som resurserna, för att införa fasadsystemet, inte nödvändigtvis behöver bli större eftersom inga resurser i så fall behöver läggas på att förbättra fasadsystemet.

5.4 Resultat från fallstudien

I det metodsteg där en mer noggrann analys görs av det valda fasadsystemet beror omfattning och fokus på denna på företagets målsättning. Vissa grundläggande byggnadstekniska analyser måste alltid genomföras för att kontrollera att lagstadgade krav uppfylls. I den aktuella fallstudien hade byggföretaget en uttalad målsättning om att kunna erbjuda kunden bostäder med högre byggnadsteknisk och estetisk kvalitet, än övriga företag på marknaden. För att kunna garantera detta var det därför viktigt att noggrannare analysera funktionen och estetiken i det aktuella fallet. Funktionen har analyserats i denna rapport och estetiken i det parallellt skrivna examensarbetet ”*Varierat fasaduttryck på industriellt utvecklade flerbostadshus*” av Marie Westerlund (2007). För egen vinnings skull kan det vara klokt av byggföretaget att, innan ett fasadsystem införlivas i byggsystemet, utföra exempelvis en analys av kostnadsaspekter samt av produktionstekniska konsekvenser. I denna rapport ges endast ett fåtal förslag på sådana fortsatta analyser.

Fallstudien i rapporten lyfter fram möjligheter och begränsningar hos olika industriella fasadsystem. Några var väntade och andra är mer förvånande.

Putsfasadens stora fördel är att den är flexibel och parameteriserbar och inte påverkar byggsystemet eller inskränker på dess parameteriserbarhet. Den stora nackdelen med en putsfasad till ett industriellt byggsystem är självklart att den har låg industrialiseringsgrad, delvis för att putsytan aldrig kommer att tillverkas industriellt, och att den kräver stora resurser på montageplatsen. Detta var väntat men vad som var oväntat var att även om systemet industrialiseras så att allt utom själva skarvtätningen och putsningen görs i fabrik kräver fasaden fortfarande alldeles för stora resurser på montageplatsen. En annan stor nackdel med putsfasaden är att den är enstegstättad och kan ha svårighet att torka ut. Detta problem inom fuktsäkerheten kan åtgärdas genom att putsen appliceras på beklädnadsskivor med ventilerad luftspalt bakom.

En fasad av **skivelement** har stora uttrycksmöjligheter och en mängd beklädnader i olika material kan varieras på samma infästningssystem. Separata beklädnadsskivor kan dessutom enkelt bytas ut vid behov. Ytterligare en fördel med skivelementfasader är att fasadsystemet har låg vikt och därmed inte ger någon betydande påverkan på byggsystemet i form av ökade belastningar på stommen. Till skivelementfasadens nackdel hör att infästningarna måste sitta relativt tätt och att flexibiliteten och parameteriserbarheten är något låst. Det resultat som förvånar är att industrialiseringsgraden och resurseffektiviteten på montageplats inte får så bra betyg trots att systemets alla ingående komponenter är förtillverkade och kan måttanpassas hos tillverkaren. Anledningen är att fasadsystemet kräver många olika infästningar och arbetsmoment i fabriken och en del kompletteringsmoment på montageplatsen. Med bättre kunskaper om byggsystemet och produktionssystemet är det möjligt att säga om även de kompletterande arbetsmomenten kan förläggas till fabriken.

Betongfasaden är en mycket lämplig fasad till ett industriellt byggsystem. Systemet kräver få infästningar och elementen kan tillverkas i stora sjok som kan överlappa byggsystemets väggfogar. Uttrycksvariationen i fasaden visade sig vara väldigt rik, vilket förvånade något. En betongfasad kommer dock alltid att vara väldigt tung och otymplig att hantera. Det är tveksamt om något byggsystem kan börja använda en betongfasad utan att först behöva förstärka byggnadens stomme.

Sandwichfasaden är inte aktuell att applicera på ett befintligt byggsystem utan måste integreras från starten i framtagandet av ett industriellt byggsystem. Fördelen med en

sandwichfasad är att ytterväggselementen kan göras helt kompletta i fabrik med fasad och invändiga ytskikt. Ändå får inte sandwichfasaden högsta betyg i industrialiseringsgrad enligt värderingen. Det beror på att själva beklädnaden tillverkas i ytterväggsproduktionen och att fasadfogarna måste tätas på montageplatsen. En annan nackdel med en sandwichfasad är att väggarnas fogplacering syns i fasaden. En stor nackdel med både betongbeklädnadselement och sandwichelement är att de generellt har dåligt anseende hos framförallt arkitekter. Fogarna i betongfasader anses ofta stycka upp byggnaden för mycket och fasaden som helhet betraktas som en lösning som ger byggnaden ett alltför tungt intryck. Det finns dock en mängd exempel på betongfasader med god arkitektur.

6 Slutsats

Metodiken verkar överlag fungera bra men ett problem ligger i formuleringen av betygskriterierna där det är svårt att hitta en lagom nivå på konkretiseringen. Vid tillämpningen av metodiken, med hjälp av de betygskriterier som finns bifogade till denna rapport, visade fallstudien att försöket att formulera betygskriterierna så att dessa kunde användas vid värdering av alla olika typer av industriella fasader, gav betygskriterier som var alltför vaga. Följden vid värderingen blev att betygskriterierna inte gav tillräckligt stor skillnad i värderingsresultat mellan olika fasadssystem inom samma huvudtyp av fasader. Betygskriterierna kunde därför inte användas för att göra ett val av fasadsystemsleverantör. Däremot skiljer sig de olika fasadtyperna så pass mycket från varandra att det ger utslag i värderingen och påtagliga resultatskillnader syns i resultatdiagrammet. Hur väl målsättningen uppfylls kan därmed tydligt utläsas när målbild och värderingsbetyg jämförs. Detta ger slutsatsen att de aktuella betygskriterierna kan användas för val av fasadtyp men inte för ett mer detaljerat val av fasadssystem. Metodiken borde fortfarande gå att använda för att göra ett val av fasadsystemsleverantör inom en och samma fasadtyp. Betygskriterierna måste då formuleras om så att de blir mer konkreta och ger större skillnader i värderingen, men det kan vara svårt att bestämma bedömningsgrunder som är relevanta och korrekta. För att betygskriterierna ska bli rättvisa och ge ett riktigt resultat vid tillämpning måste kunskapen om fasadsystemen samt medvetenheten om eventuella problemområden med fasader vara omfattande. Om mer detaljerade betygskriterier formuleras utifrån en bestämd fasadtyp kommer möjligheten att använda metodiken för värdering av andra fasadtyper att försvinna.

Eventuellt är nyttan av att kunna använda värderingsmetodiken för mer detaljerade fasadsystemsval liten. Valet av fasadssystem bygger i många fall på faktorer som inte tas med i värderingen och som är svåra att bedöma på ett tidigt stadium. En idé kan vara att använda den framtagna metodiken för att hitta viken huvudtyp av fasad som är mest lämpad för det aktuella byggsystemet och att därefter välja ett leverantörsspecifikt fasadssystem utifrån diskussioner med tillverkarna. Genom ett fungerande samarbete med fasadtillverkaren kan fördelar som mängdrabatt, leveranssäkerhet, specialanpassade lösningar etc. spela en avgörande roll för om fasadsystemet är ett bra alternativ för byggsystemet eller inte.

Metodstegen, egenskapskraven, betygssystemet och resultatdiagrammet är väl fungerande verktyg för värdering av fasadssystem. För att slippa ifrån de problematiska betygskriterierna, vilka ger en komplicerad och tidskrävande värdering, kan ovan nämnda verktyg istället användas för att sätta betygen utifrån den spontana uppfattningen av ett fasadsystems egenskaper. Det verktyg som betygskriterierna utgör byts då ut mot ren "magkänsla". En sådan typ av värdering, utifrån den spontana uppfattningen av ett system, skulle spara mycket tid. Risken finns dock att vissa system omedvetet skulle favoriseras framför andra samt att vissa fel och brister hos fasadssystem inte skulle upptäckas. En slutsats från diskussionen kring betygskriterierna är att ju konkretare kriterierna formuleras desto mer begränsad blir möjligheten att sätta betyg efter "magkänsla". Användningen av den aktuella och mer tidskrävande metodiken, där betygskriterier används i värderingen, kan dock vara värd den extra tid den tar i anspråk eftersom brister och möjligheter hos ett fasadssystem kan upptäckas i ett tidigt skede. Att lägga ner mer resurser i ett tidigt stadium i utvecklingen kan spara mycket kostnader i slutändan då dyra misstag slipper rättas till i efterhand.

I diskussionen i Kapitel 5 ovan konstateras, att den stora styrkan i den framtagna metodiken ligger i den illustrativa redovisningen av värderingsresultatet. Resultatdiagrammet är lätt att tyda och kan med fördel användas för att kommunicera värderingsresultatet med en person

som inte är insatt i värderingen. Tack vare att starka och svaga områden lätt kan utläsas i diagrammet kan välgrundade val göras med hänsyn till rådande prioriteringar. Områden som behöver vidareutvecklas kan lätt identifieras. Genom att använda resultatdiagrammet kontinuerligt under utvecklingen av bygg- och fasadsystem, kan framsteg och utvecklingsbehov enkelt övervakas genom fortlöpande uppdateringar av figuren.

Samverkan mellan fasaden och den övriga konstruktionen av byggnaden är mycket komplex. Därför skulle utvecklingen av ett industriellt fasadsystem kunna underlättas om tankarna på hur fasad- och byggsystem ska samverka finns med redan vid utvecklingen av byggsystemet. Det stora problemet vid appliceringen av en industriell fasad på ett befintligt byggsystem är att hitta lämpliga områden för infästningen av fasaden som fungerar oavsett byggnadens och fasadens utformning. Om tankarna på detta finns med redan vid utvecklingen av byggsystemet skulle områden i väggelementen kunna "reserveras" för fasadinfästningar redan i ett tidigt stadium. Eftersom de flesta industriella byggsystem för flerbostadshus är låsta i höjdd, till följd av en konstant våningshöjd, borde sådana områden vara möjliga att hitta i ovan och underkant av ett väggelement.

Om ett fasadsystem som inte är parameteriserbart i någon riktning önskas användas, är det nästintill nödvändigt att tillverka en fasad som är helt fristående från den övriga byggnaden. Detta kan uppnås med en traditionell, platsbyggd fasad som alltid blir projektunik eller genom en lösning där fasaden produceras industriellt men till stor del fungerar helt fristående från byggnaden. Att hitta en lösning för det sistnämnda alternativet kan konstruktionsmässigt vara problematiskt samt kräva mycket resurser vid projekteringen då projektunika fasadlösningar skulle behövas i de flesta fall. Industrialiseringsgraden skulle trots detta antagligen kunna hållas relativt hög då komponenterna till fasaden fortfarande skulle kunna vara standardiserade.

Fallstudien visade att den fasad som har bäst egenskaper för att appliceras på ett industriellt byggsystem är en fasad med beklädnadselement i betong. Förutsättningen är att byggsystemet är dimensionerat för att bära en så tung fasad. Ett alternativ till de tunga beklädnadselementen skulle kunna vara fiberarmerade betongskivor som kan gjutas betydligt tunnare och lättare eftersom de skrymmande, vanliga armeringsjärnen då undviks. Det är dock tveksamt om det går att skapa så många olika estetiska uttryck i en tunn skiva med stort innehåll av fibrer, som det går att göra i ett vanligt betongelement med tjockt täckskikt.

7 Förslag på fortsatta studier

Metodiken för värdering av fasader till industriella byggsystem är än så länge endast prövad av författarna till den här rapporten. Det förekommer alltid brister och tvivelaktigheter med en metodik i begynnelsestadiet. En föreslagen metodik behöver prövas, utvärderas och förbättras innan den kan etableras som en vedertagen metodik.

Metodiken behöver testas av ett antal personer som inte känner till metodiken sedan innan. Samma fasadsystem som värderas i fallstudien bör värderas av testpersonerna och resultaten bör jämföras med resultaten i fallstudien. Det räcker inte att testa metodiken för endast ett fasadsystemsalternativ eftersom just det fasadsystemet kanske inte ger en rättvisande spridning från fallstudien. Om metodiken testas av flera personer på flera fasadsystem bör de olika spridningsbilderna kunna matchas så att metodikens brister kan bestämmas och förbättras. Det vore intressant att låta personer med olika bakgrund och förkunskaper testa metodiken för att se om de tillämpar metodiken på olika sätt. Ett sådant test skulle kunna leda till att det står klart vilka förkunskaper som behövs för att kunna använda den föreslagna metodiken.

I Sverige finns väldigt lite information att hämta om industriellt producerade fasader i allmänhet och om skivelementfasader i synnerhet. Utifrån att ha läst produktinformation från distributörer av skivelementfasader har slutsatsen dragits att det borde gå att skapa en mängd olika fasaduttryck med hjälp av skivelementfasader. De referensobjekt som finns i Sverige i dag är generellt sett antingen impopulära eternitfasader från efterkrigstiden eller nybyggda skivelementfasader som är mörkgråa, vita eller svarta och därmed mycket diskreta. Skivelementfasader som fasadlösning för hela fasader på flerbostadshus är inte heller vanligt i dagsläget. Både en mer djupgående teknisk studie av skivelementfasader samt en studie med fokus på gestaltning med skivelementfasader på flerbostadshus efterlyses. I studierna kan en opartisk analys över skivelementens funktion och beständighet utföras respektive förslag ges på möjliga fasadutformningar. Det vore även intressant med en studie av vad folk i allmänhet anser är en tilltalande fasad. Någon sådan undersökning, utförd i modern tid, har inte hittats vid litteratursökningen.

8 Referenser

Tryckta skrifter:

- Adler, P. (2005): *Bygga industrialiserat*, Wallin & Dalholm Boktryckeri AB, Lund
- Boverket (2006a): *Bostäder byggda med volymelement*. Boverket, Karlskrona. ISBN 91-7147-940-6
- Boverket (2006b), *Regelsamling för byggande - Boverkets byggregler, BBR*. Boverket, Byggavdelningen, Karlskrona. ISBN 91-7147-960-0
- Burström, P.-G. (2001): *Byggnadsmaterial - Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-01176-8
- Carlstedt-Sylwan, J. (2000): *Hållbara val*, Sveriges Byggindustrier
- Ekholm, A. m.fl. (2005): *Industriellt byggande är mer än bara prefabricering*. Tidningen Bygg och teknik nr 2/05, Stockholm
- Fallqvist, K. & Klippberg, A. (2005): *Brandskydd i Boverkets byggregler BBR 11*, 2006, Svenska Brandskyddsföreningen
- Gunterberg-Ädelqvist, Y. & Runberger, J. (2006): *Volymelement i bostadsarkitekturen*. Arkus, Stockholm. ISBN 91-97362-5-4
- Hassanzadeh, M. (2004): *Sprickbildning i puts på isolering – Undersökning av grundläggande mekanismer*. Rapport TVBM-3117, Avdelningen för Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola
- Hedenblad, G. (1999): *Fuktsäkerhet i byggnader - Materialdata för fuktberäkningar*. Rapport T19:1996, Byggforskningsrådet, Stockholm
- Hertzell, T. (1996): *Betongens yta*. Byggforskningsrådet, AB Svensk Byggtjänst, Solna. Tredje upplagan. ISBN 91-540-5736-1
- IVF (2007): *Effektivt byggande – Utmana dina processer!*. IVF Industriforskning och utveckling AB, Mölndal. ISBN 978-91-89158-82-2
- Johannesson, P. & Hamberg, E. (2006): *Bilaga 15-Brandskyddsdocumentation, 2141 Tehuset*. Västfastigheter
- Johansson, C. (2000): *Värmeavgivning från golvvärmesystem*. SP AR 2000:09, Energiteknik, Borås
- Johansson, P. (2006): *Mikroorganismer i byggnader - En kunskapsöversikt*. SP Rapport 2006:22. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
- Johansson, P. m.fl. (2005), *Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial - kunskapsammanfattning*. SP Rapport 2005:11. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås. ISBN 91-85303-442-9
- Johansson, P. & Nilsson, L.-O. (2006): *Vatteninsugning i Betong - Laboratorieundersökningar, fältmätningar, beräkningar och modeller*. Rapport TVBM-3134, Avdelningen för Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Bilaga 1- Datorverktyget KFX03

Lindunger, U. & Stark, E. (2004): *Stål och Aluminium - En jämförelse av materialegenskaper, LCI och återvinning*. Examensarbete, Rapport nr D 812, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm. ISSN 0280-249X

Nevander, L.-E. & Elmarsson, B. (1994): *Fukthandbok - Praktik och teori*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm. Andra, reviderade utgåvan. ISBN 91-7332-716-6

Petersson, B.-Å. (2004): *Tillämpad byggnadsfysik*. Studentlitteratur, Lund. Andra upplagan. ISBN 91-44-03706-6

Samuelsson I. & Wånggren B. (2002): *Fukt- och mögelskador i Hammarby Sjöstad*. SP Rapport 2002:15, Borås

Tidningsartiklar:

Håkansson, S. (2007): Därför trivs algerna på tunn puts, *Sydsvenskan* 2007-08-26

Sandberg, P. (2007): Byggexperter dryftade fuktskadade fasader, *Dagens Nyheter* 2007-05-31

Internet:

Basta (2007): Databassökning. Hämtat 2007-10-24 från <<http://www.bastaonline.se>>

Betongvaruindustrin (2007): *Inga mögelproblem i ytterväggar av betong*. Hämtat 2007-11-06 från <<http://www.byggamedprefab.se>>

Betongvaruindustrin (2005): *Bygga med prefab - Väggar och fogar*. Hämtat 2007-06-15 från <<http://www.byggamedprefab.se>>

Hydro Building Systems: *Aluminium – Egenskaper, Ytbehandling & Korrosion*. Hämtat 2007-10-18 från <http://www.metallfasader.se/prodblad/ytbe_korro.pdf>

Nationalencyklopedin (2007): Information. Hämtat 2007-11-06 från <<http://www.ne.se>>

NCC AB (2007): *Så arbetar vi – Industriellt byggande*. Hämtat 2007-10-25 från <http://www.ncc.se/templates/GenericPage____6636.aspx>

Sundolitt: Information. Hämtat 2007-11-09 från <<http://www.sundolitt.se>>

Svenska Fogbranschens Riksförbund (rev. 2004a): *Renovering av fogar i fasader*. SFR-Rekommendation nr 4. Hämtat 2007-10-04 från <<http://www.sfr.nu>>

Personreferenser:

Pruijssers Sander (2007). Produktchef, Ivarsson Sverige AB

Wester Marcus (2007-10-01). Konstruktör, NCC Teknik AB

Produkt- och företagsinformation:

Halfen-Deha: Technische information SPA 04. Hämtat 2007-10-02 från <<http://www.halfen-deha.se>>

Maxit AB (2006): *Serpo Fasadsystem EF - System och arbetsanvisning*. Intern information NCC Komponent AB

Ivarsson & Co. A/S: Information. Hämtat 2007-10-22 från <<http://www.ivarsson.dk>>

Paroc AB: Information. Hämtat 2007-10-22 från <<http://www.paroc.se>>

9 Litteratur

Tryckta skrifter:

- Apleberger, L. m.fl. (2007): *Byggandets industrialisering – Nulägesbeskrivning*. FoU-Väst Rapport 0701, Sveriges Byggindustrier, Göteborg
- Hagentoft, C.-E. (2001): *Introduction to Building Physics*. Studentlitteratur, Lund.
ISBN 91-44-01896-7
- Hertzog, T. m.fl. (2004): *Façade Construction Manual*. Birkhäuser – Publisher for Architecture. Basel, Switzerland
- Jerling, A. m.fl. (1983): *Fogar mellan fasadelement av typ beklädnadsskivor*. Chalmers Tekniska Högskola. Avdelningen för Byggnadskonstruktion 1983:1, Göteborg
- Yverås, V. (2002): *Funktionsindikatorer – Ett verktyg för bedömning av tekniska lösningar*. FoU-Väst Rapport 0203, Sveriges Byggindustrier, Göteborg

Internet:

- Betongelementforeningen (2004): *Betongelementer fasader*. Betongelementforeningen, Oslo, Norge. Hämtat 2007-07-11 från
<<http://www.betongelement.no/uploadedFiles/Bibliotek/Fasadespublikasjonen.pdf>>
- Svenska Fogbranschens Riksförbund (rev. 2004b): *Fogning mellan fasadelement av betong*. SFR-Rekommendation nr 1. Hämtat 2007-10-04 från <<http://www.sfr.nu>>

Produkt- och företagsinformation:

- Dansk Eternit Holding A/S : Information. Hämtat 2007-10-04 från <<http://www.deh.dk>>
- Eternit AG: Information. Hämtat 2007-10-03 från <<http://www.eternit.ch>>
- Eternit S.A.: *Façade: Plaques de façade de grand format sur Ventisol-Alu. Directives d'application*. Hämtat 2007-10-25 från <<http://www.eternit.be>>
- Etex Group: Information, hämtat 2007-10-03 från <<http://www.etexgroup.com>>
- FunderMax: Information, hämtat 2007-10-04 från <<http://www.fundermax.at>>
- Halfen-Deha: Technical information FB 04-E. Hämtat 2007-10-02 från
<<http://www.halfen-deha.se>>
- Halfen-Deha: Technical information MVA 04-E. Hämtat 2007-10-02 från
<<http://www.halfen-deha.se>>
- Ivarsson Sverige AB: Information. Hämtat 2007-10-03 från <<http://ivarssonsverige.se>>
- Marmoroc AB: Information. Hämtat 2007-10-04 från <<http://www.marmoroc.se>>
- Promonord AB: Information. Hämtat 2007-10-03 från <<http://www.promonord.com>>
- Sika (2005): *Tekniskt datablad Sikaflex-HP1*. Hämtat 2007-10-10 från
<<http://www.isolett.se/Pdf/Sikaflex-HP1.pdf>>
- Tepro Byggmaterial AB: Information hämtat 2007-10-04 från <<http://www.tepro.se>>

Appendix A – Betygskriterier

Appendix A - Betygskriterier

Betygskriterierna nedan gäller för bedömning av fasadsystem monterat på aktuellt byggsystem, dvs. ett industriellt byggsystem med parameteriserad betongstomme.

Poängen betyder följande:

4p	Toppbetyg	(toppen!)
3p	Bättre egenskaper än ställda krav	(bra!)
2p	Ställda krav uppfylls	(okej!)
1p	Potential att förändras så att ställda krav uppfylls	(kanske!)
0p	Ställda krav uppfylls inte.	(nej!)

Inga kriterier finns för nivåerna 0p och 1p. Betygen motsvarar för alla kategorier att:

1p: Fasadsystemet kräver enklare förändringar för att samtliga bedömningspunkter på 2p-nivån ska kunna uppnås.

0p: Alltför omfattande förändringar av fasadsystemet och/eller byggsystemet krävs för att samtliga punkter på 2p-nivån ska kunna uppfyllas.

Funktion

Termisk prestanda

4p

- **Värmeisolering**

Fasadsystemet begränsar inte möjlig isoleringstjocklek eller användning av önskad isoleringssort i ytterväggskonstruktionen.

- **Köldbryggor**

Köldbryggor orsakade av fasadsystemet utgörs endast av små punktformiga genombrytningar i isoleringen. Om förankringarna in i väggelementen sitter tätt, så har fasadinfästningssystemet någon form av köldbrytare vid dessa samt vid anslutningsytan mot betongen om denna är stor.

- **Lufttäthet**

Fogar mellan fasadelement är täta. Vid förekomst av genomgående fogar mellan väggelement är dessa helt lufttäta.

3p

- **Värmeisolering**

Fasadsystemet kan begränsa möjlig isolertjocklek i ytterväggskonstruktionen något men det går fortfarande att skapa en energisnål byggnad.

- **Köldbryggor**

Köldbryggor orsakade av fasadsystemet utgörs endast av punktformiga genombrytningar i isoleringen. Om förankringarna in i väggelementen sitter tätt, så har fasadinfästningssystemet någon form av köldbrytare vid dessa.

- **Lufttäthet**

Antingen så är fogarna mellan väggelementen inte genomgående, dvs. skarvar i isolering och skarvar i betong ligger ej på samma ställe, eller så är genomgående fogar mellan (ytter)väggelementen helt lufttäta.

2p

- **Värmeisolering**
Fasadsystemet kan begränsa möjlig isolertjocklek i ytterväggskonstruktionen men det finns fortfarande möjlighet att skapa en tillräckligt värmeisolerad byggnad.
- **Köldbryggor**
Köldbryggor orsakade av fasadsystemet utgörs av punktformiga eller dåligt ledande linjära genombrytningar i isoleringsskiktet. Om anslutningsytan mot betongväggen saknar köldbrytare är dess area mycket liten i förhållande till hela väggarean.
- **Lufttäthet**
Antingen så är fogarna mellan väggelementen inte genomgående, dvs. skarvar i isolering och skarvar i betong ligger ej på samma ställe, eller så är genomgående fogar mellan (ytter)väggelementen helt lufttäta.

Fuktsäkerhet

4p

- **Uttorkning**
Fukt i ytterväggskonstruktionen har lätt att torka ut.
- **Fuktinträngning**
Minimal risk för fuktinträngning i ytterväggskonstruktionen. Fogar mellan fasadelement är täta. Fukt kan inte ledas in i ytterväggskonstruktionen via fogar eller fasadinfästningar.
- **Kondens**
Ingen risk för kondens, till följd av köldbryggor eller bristfällig fasadkonstruktion, förekommer i ytterväggskonstruktionen.
- **Organiskt material**
Organiska material förekommer inte i fasadsystemet. Partier med organiska material i ytterväggskonstruktionen riskerar inte att utsättas för en fuktbelastning som kan orsaka påväxt av biologiska organismer och nedbrytning.

3p

- **Uttorkning**
Fukt i ytterväggskonstruktionen kan torka ut.
- **Fuktinträngning**
Fukt kan riskera att tränga in genom fasadbeklädnad och/eller fogar. Fasadsystemet är konstruerat med luftspalt och fukt som tränger in leds bort innan den når materialen bakom luftspalten. Fukt kan inte ledas vidare in i väggelementen via fasadinfästningar.
- **Kondens**
Ingen risk för kondens som kan försämra byggnadens funktion förekommer i ytterväggskonstruktionen till följd av köldbryggor eller bristfällig fasadkonstruktion.
- **Organiskt material**
Organiska material kan förekomma i fasadbeklädnaden men inte någon annan stans i fasadsystemet. Brister i ytbehandlingen kan medföra påväxt av biologiska organismer vilket kan ge upphov till nedbrytning av fasadbeklädnaden. Partier med organiska material i ytterväggskonstruktionen riskerar inte att utsättas för en fuktbelastning som kan orsaka påväxt av biologiska organismer och nedbrytning.

2p

- **Uttorkning**
Fukt i ytterväggskonstruktionen har möjlighet att torka ut i åtminstone en riktning.

- **Fuktinträngning**
Fukt kan riskera att tränga in genom fasadbeklädnad och/eller fogar. Fasadsystemet är konstruerat med luftspalt och fukt kan inte ledas vidare in i väggelementet via fasadinfästningar.
- **Kondens**
Ingen risk för kondens som kan försämra byggnadens funktion förekommer i ytterväggkonstruktionen till följd av köldbryggor eller bristfällig fasadkonstruktion.
- **Organiskt material**
Organiska material kan förekomma i fasadsystemet. Felaktigt fasaduppförande kan riskera att medföra påväxt av biologiska organismer vilket kan ge upphov till nedbrytning av fasadsystemet. Partier med organiska material i ytterväggkonstruktionen riskerar inte att utsättas för en fuktbelastning som kan orsaka påväxt av biologiska organismer och nedbrytning.

Beständighet

4p

- **Motståndskraft**
Fasadsystemets ingående komponenter är beständiga mot fukt, temperaturrörelser, frost, kemisk/biologisk nedbrytning och förväntade markrörelser. Fasadens hållfasthet och byggnadens fysikaliska egenskaper försämras inte under fasadens livslängd även om fasadbeklädnad, fogar samt infästningssystem skulle utvidgas, krympa, spricka eller bukta något.
- **Teknisk livslängd**
Fasadsystemets tekniska livslängd är beräknad till längre än 50 år förutsatt att det underhålls enligt föreskrift.
- **Ömtålighet**
Fasadsystemet är beständigt under transport, montering och i drift. Fasadsystemet är motståndskraftigt vid sannolik mekanisk påfrestning. Fasadbeklädnaden har ett slitstarkt ytskikt och ett tåligt kärnmaterial. Repor eller annan form av genombrytning av ytskiktet leder inte till följdskador.
- **Underhåll**
Fasadsystemet är i princip underhållsfritt under dess livslängd. Fasadbeklädnad och eventuella fogprofiler behöver inte ytbehandlas efter montering. Fasadsystemet tål rengöring med högtryckstvätt och lösningsmedel. Det går att byta ut separata fasadelement vid eventuell skada.

3p

- **Motståndskraft**
Fasadsystemets ingående komponenter är beständiga mot fukt, temperaturrörelser, frost, kemisk/biologisk nedbrytning och förväntade markrörelser. Fasadens hållfasthet och byggnadens fysikaliska egenskaper försämras inte under fasadens livslängd även om fasadbeklädnaden och infästningssystemet skulle utvidgas, krympa, spricka eller bukta något. Vid täta fogar kan dessa vid något tillfälle behöva behandlas, repareras eller bytas ut för att byggnadens fysikaliska egenskaper inte ska försämras.
- **Teknisk livslängd**
Fasadsystemets tekniska livslängd är beräknad till 50 år förutsatt att det underhålls enligt föreskrift.

- **Ömtålighet**

Fasadsystemet är tåligt under transport, montering och i drift. Fasadsystemet är motståndskraftigt vid sannolik mekanisk påfrestning. Fasadbeklädnaden har ett tåligt kärnmaterial. Repor eller annan form av genombrytning av ytskiktet leder inte till följdskador.

- **Underhåll**

Fasadsystemet kräver minimalt underhåll under dess livslängd. Fasadbeklädnad kan behöva reparationsunderhållas lokalt med ett nytt ytskikt efter skada eller efter klottersanering. Fogar kan behöva repareras efter viss tid. Fasadsystemet tål rengöring med lösningsmedel och högtryckstvätt. Det går att byta ut eller att reparera fasadelement vid eventuell skada.

2p

- **Motståndskraft**

Fasadinfästningarna är beständiga mot fukt, temperaturrelater, frost, kemisk/biologisk nedbrytning och förväntade markrörelser. Fogar samt små lokala delar av beklädnaden kan behöva behandlas, repareras eller bytas ut efter en tid för att fasadens hållfasthet och byggnadens fysikaliska egenskaper inte ska försämrans.

- **Teknisk livslängd**

Fasadsystemets tekniska livslängd är lika lång som livslängden för byggnadens fönsterpartier förutsatt att det underhålls enligt föreskrift.

- **Ömtålighet**

Fasadsystemet är tåligt under drift men kan behöva hanteras varsamt under transport och montering om det monteras på väggelementen redan i fabrik. Fasadsystemet kan behöva kompletteras med en stöttålig sockel på bottenvåningen. Om skador till följd av repor eller annan form av genombrytning i ytskiktet skulle uppstå kan fasaden behöva repareras eller delvis bytas ut.

- **Underhåll**

Fasadsystemet kräver ett visst underhåll. Fogar och fasadbeklädnad kan behöva repareras och ytbehandlas efter viss tid. Fasadsystemet tål rengöring. Det går att byta ut eller att reparera fasadelement vid eventuell skada.

Estetik

Estetisk livslängd

4p

- **Färgstabilitet**

Fasadbeklädnad och fogar är färgstabila dvs. mörknar/bleknar inte eller blir fläckiga vid påfrestningar från omgivande klimat. Färgförändring är accepterad om den är önskvärd och förväntad. Fasadbeklädnaden består av ett homogent genomfärgat material vilket förhindrar att material med annan färg syns vid skada på beklädnadsytan.

- **Formbeständighet**

Fasadelement och fogar är formbeständiga vilket innebär att det till följd av klimat- och deformationsbelastningar inte förekommer några iögonfallande formförändringar. Formförändring vid sannolik mekanisk påverkan är reversibel.

- **Ömtålighet**

Risken för sprickbildning och skador i fasaden är minimal. Eventuellt uppkomna sprickor och skador får inga följdskador som riskerar att försämra fasadutseendet. Risken för flagning av ytbehandling på fasadbeklädnad och stängda fogar är obefintlig.

- **Underhåll**

Minimalt underhåll krävs för att bevara fasadens estetiska kvalitet. Fasaden har ett ytskikt som är vattenavvisande och som underlättar borttagning av klotter, alger, smuts, föroreningar och dyl. Ytbehandlingen behöver inte förnyas efter rengöring och fungerar under hela byggnadens livslängd. Ytstruktur och material utgör en dålig grogrund för påväxt av biologiska organismer. Risken för uppkomst av rinnmärken och utfällningar är låg. Fasadelement går lätt att byta ut separat.

3p

- **Färgstabilitet**

Fasadbeklädnad och fogar är färgstabila dvs. mörknar/bleknar inte eller blir fläckiga vid påfrestningar från omgivande klimat. Färgförändring är accepterad om den är förväntad och inte sker fläckvis.

- **Formbeständighet**

Fasadelement är formbeständiga vilket innebär att det till följd av klimat- och deformationsbelastningar inte förekommer några iögonfallande formförändringar. Formförändring vid liten mekanisk påverkan är obetydlig eller reversibel.

- **Ömtålighet**

Risken för sprickbildning och skador i fasaden är liten. Eventuellt uppkomna sprickor och skador får inga följdskador, som riskerar att försämra fasadutseendet, om reparation sker inom rimlig tid. Risken för flagnings- eller skador i ytbehandling på fasadbeklädnad och stängda fogar är liten.

- **Underhåll**

Litet underhåll krävs för att bevara fasadens estetiska kvalitet. Fasaden har ett ytskikt som är vattenavvisande eller ett ytskikt med struktur som fördelar och till viss del maskerar smutsen. Fasaden är lätt att rengöra. Risken för uppkomst av rinnmärken och utfällningar är låg. Påväxt av biologiska organismer som kan förekomma på beklädnadsytan går lätt att tvätta bort. Vid eventuell skada är det möjligt att byta ut separata fasadelement eller att laga skadan så att den inte syns.

2p

- **Färgstabilitet**

Förväntad färgförändring i fasadbeklädnaden är accepterad.

- **Formbeständighet**

Formförändringar av fasadelement, till följd av klimat- och deformationsbelastningar samt små mekaniska påfrestningar, är reversibla.

- **Ömtålighet**

Sprickbildning och skador i fasaden kan förekomma. Eventuellt uppkomna sprickor och skador får inga följdskador, som riskerar att försämra fasadutseendet, om reparation sker inom rimlig tid.

- **Underhåll**

Visst underhåll kan krävas för att bevara fasadens estetiska kvalitet. Fasaden har ett ytskikt som är som är möjligt att rengöra. Ytskikten kan behöva förnyas med rimligt tidsmellanrum.

Helhetsintryck

4p

- **Karaktär**

Det finns potential att skapa både ett unikt utseende på fasaden och ett som kan förhålla sig till de flesta detaljplaner. Fasadsystemet möjliggör en fasaddesign som kan anpassas efter förändringar i byggnadsstil.

- **Kvalitet**

Fasaden ger ett gediget intryck oavsett på vilket avstånd den betraktas. Fasaden kan utformas så att det inte upptäcks att fasaden är industriellt producerad förrän eventuellt vid närmare granskning. Vid nederbörd uppkommer ingen färgskiftning i fasaden.

- **Fasadbeklädnad**

Om fasadbeklädnaden är förtillverkad kan den tillverkas i rätt format eller kapas så att kanterna vid fasadanslutningar och fasadavslut inte skiljer sig från kanterna mellan beklädnadselement. Flisor i beklädnadsytan uppkommer inte om kanterna måste kapas. Beklädnadskanter och utsparningar kan utföras i valfri form. Kulöravvikelse i fasadbeklädnad mellan olika leveranser är försumbar.

- **Fasadfogar**

Vid fogar mellan fasadelementen är dessa jämnstora och räta. Fogarna möjliggör fasadutformningar både med fogar som smälter in i fasaden och med fogar som skapar ett estetiskt mervärde till fasaduttrycket genom att bli en del av fasaddesignen. Vid öppna fogar har alla synliga ytor på fasadelementet samma ytskikt. Konstruktionen som syns i den öppna fogen har ett enhetligt utseende. Det går inte att urskilja fasadinfästningssystemets olika delar.

- **Fasadinfästningar**

Fasadelementen kan fästas med dolda infästningar.

3p

- **Karaktär**

Det finns potential att skapa både ett unikt utseende på fasaden och ett som kan förhålla sig till ett stort antal detaljplaner för tätortsmiljö.

- **Kvalitet**

Fasaden ger ett rejält intryck oavsett på vilket avstånd den betraktas. Vid nederbörd kan färgskiftning uppkomma. Denna färgskiftning påverkar endast fasadens utseende tillfälligt.

- **Fasadbeklädnad**

Om fasadbeklädnaden är förtillverkad kan den tillverkas i rätt format eller kapas så att kanterna vid fasadanslutningar och fasadavslut inte skiljer sig från kanterna mellan beklädnadselement. Eventuella flisor i beklädnadsytan som uppstår vid kapning av kanter upptäcks inte förrän vid närmare granskning. Kanterna på beklädnadselementen behöver inte vara rakt horisontella eller vertikala.

- **Fasadfogar**

Vid fogar mellan fasadelementen är dessa jämnstora, räta och har, om de inte kan smälta in i fasaden, möjlighet att skapa ett estetiskt mervärde till fasaduttrycket genom att bli en del av fasaddesignen. I öppna fogar har fasadelementkanterna en yta med gediget utseende. Konstruktionen som syns i öppna fogar har ett enhetligt utseende.

- **Fasadinfästningar**

Fasadelementen kan fästas med diskreta infästningar. Det går att använda fasadinfästningar som matchar fasadbeklädnaden.

2p

- **Karaktär**

Det går att skapa ett utseende på fasaden som kan förhålla sig till ett stort antal detaljplaner för tätortsmiljö.

- **Kvalitet**

Fasaden ger ett gediget intryck när den betraktas på avstånd. Vid nederbörd kan färgskiftning uppkomma. Denna färgskiftning påverkar endast fasadens utseende tillfälligt.

- **Fasadbeklädnad**
Bristfälligt utseende på fasadelementkanterna vid fasadanslutningar och fasadavslut kan döljas med hjälp av lister.
- **Fasadfogar**
Vid fogar mellan fasadelementen är dessa jämnstora och räta. Fogarna eller konstruktionen som syns i öppna fogar har ett enhetligt utseende.
- **Fasadinfästningar**
Om fasadelementen har synliga infästningar ska dessa ge ett gediget intryck och kunna matcha fasadbeklädnaden.

Uttrycksvariation

4p

- **Utformning**
De flesta gestaltningsidéer kan förverkligas med hjälp av fasadsystemet. Fasadutseendet påverkas inte av vart fogarna mellan väggelementen är belägna. Fasadelementen kan fås i en mängd olika storlekar och proportioner. Möjlighet finns att få våningshöga fasadelement. Fasaduttryck som ger intryck av varierande fasadbeklädnadsorientering är möjligt. Beklädnadskanter behöver inte göras rakt horisontella eller vertikala.
- **Fasadbeklädnad**
Fasadbeklädnaden finns i eller kan påminna om en mängd olika ytmaterial som t.ex. trä, tegel, sten och puts. Fasadbeklädnaden finns i ett stort utbud av färg, finish och struktur.
- **Fasadfogar**
Vid fogar mellan fasadelementen kan dessa utformas så att de både kan smälta in i fasaden och synas tydligt om det är önskvärt. Tätade fogar kan utföras i olika färger. Otätade fogar kan fås i olika varianter som t.ex. öppna, överlappande eller stängda fogar. Vid stängda fogar finns olika utformning och färg på fogprofiler att välja mellan.
- **Fasadinfästningar**
Möjlighet till dold infästning av fasadelement finns. Vid synlig fasadinfästning kan infästningen fås i flera färger. Val kan göras mellan beklädnadsinfästningar som smälter in i fasadbeklädnaden eller beklädnadsinfästningar som blir en del av fasaddesignen.

3p

- **Utformning**
Fasadelementen kan fås i ett flertal olika storlekar och proportioner. Möjlighet finns att få våningshöga fasadelement. Fasaduttryck som ger intryck av varierande fasadbeklädnadsorientering är möjligt. Beklädnadskanter behöver inte göras rakt horisontella eller vertikala.
- **Fasadbeklädnad**
Fasadbeklädnaden finns i eller kan påminna om ett antal olika ytmaterial som t.ex. trä, tegel, sten och puts. Fasadbeklädnaden finns i olika alternativ av färg, finish och struktur.
- **Fasadfogar**
Vid fogar mellan fasadelementen kan dessa utformas så att de både kan vara diskreta och synas tydligt om det är önskvärt. Vid stängda fogar finns olika färg på fogprofiler att välja mellan.
- **Fasadinfästningar**
Vid synlig fasadinfästning kan infästningen fås i flera färger och former. Val kan göras mellan beklädnadsinfästningar som smälter in i fasadbeklädnaden eller beklädnadsinfästningar som blir en del av fasaddesignen.

2p

- **Utformning**
Fasadelementen kan fås i olika storlekar.
- **Fasadbeklädnad**
Fasadbeklädnaden finns i flera olika alternativ av färg, finish eller struktur.
- **Fasadfogar**
Vid fogar mellan fasadelementen kan dessa utformas så att de antingen är diskreta eller syns tydligt och är önskvärda.
- **Fasadinfästningar**
Fasadinfästningar kan smälta in i fasaden.

Flexibilitet & Industrialisering

Flexibilitet

4p

- **Fasadbeklädnad**
Fasadbeklädnaden kan varieras nästintill fritt i storlek i både vertikal- och horisontalriktning. Fasadbeklädnadselementen kan tillverkas i storlek som motsvarar största möjliga transporterbara storlek. Det är möjligt att utforma beklädnadselement med kanter som inte är rätvinkliga.
- **Fasadinfästningar**
Infästningssystemet fungerar för alla ingående fasadbeklädnader i fasadsystemet. Placering och montering av fasadinfästningar kompliceras inte av variationer i väggelementets storlek och form, samt förekomsten av ståldetaljer, utfackningspartier och installationer i väggelementen.
- **Gränssnitt**
De i fasadsystemet ingående fasadbeklädnaderna kan användas på samma fasad oavsett beklädnadsyta, storlek och proportioner. Stående och liggande fasadelement kan monteras intill varandra, med bibehållen funktion, om detta är nödvändigt för att kunna skapa ett fasaduttryck som ger intryck av varierande fasadbeklädnadsorientering.
Fasadelementen kan tillverkas i eller kapas till en form som förenklar fasadanslutningar till andra byggnadsdelar och till genomföringar i fasaden. Fasadsystemet kan bytas ut helt eller delvis mot en platsbyggd fasad utan att byggsystemet i övrigt påverkas. Fasadsystemet möjliggör att den totala tjockleken på ytterväggskonstruktionen kan hållas konstant även när fasaden platsbyggs.
- **Toleranser**
Fasadsystemet påverkas inte av måttavvikelser i byggsystemet och toleranser hos ingående komponenter. Alternativt så finns fogar mellan fasadelement som är tillräckligt breda för att ta upp materialdeformationer och måttavvikelser inom toleranser för tillverkning, utsättning och montering. Infästningssystemet är justerbart vid montering.

3p

- **Fasadbeklädnad**
Fasadbeklädnaden kan varieras nästintill fritt i storlek i både vertikal- och horisontalriktning. Fasadbeklädnadselementen har en maximal storlek som möjliggör väningshöga element. Det är möjligt att utforma beklädnadselement med kanter som inte är rätvinkliga.

- **Fasadinfästningar**

Infästningssystemet fungerar för alla ingående fasadbeklädnader i fasadsystemet. Placering och montering av fasadinfästningar kan kompliceras av variationer i väggelementets storlek samt förekomsten av ståldetaljer, utfackningspartier och installationer i väggelementen.

- **Gränssnitt**

De i fasadsystemet ingående fasadbeklädnaderna kan användas på samma fasad oavsett beklädnadsyta, storlek och proportioner. Stående och liggande fasadelement kan monteras intill varandra, med bibehållen funktion, om detta är nödvändigt för att kunna skapa ett fasaduttryck som ger intryck av varierande fasadbeklädnadsorientering.

Fasadelementen kan tillverkas i eller kapas till en form som förenklar fasadanslutningar till andra byggnadsdelar och till genomföringar i fasaden. Byggsystemet påverkas obetydligt om fasadsystemet byts ut helt eller delvis mot vissa typer av platsbyggda fasader.

Fasadsystemet möjliggör att den totala tjockleken på ytterväggskonstruktionen kan hållas konstant även när fasaden platsbyggs.

- **Toleranser**

Fasadsystemet påverkas inte av måttavvikelser i byggsystemet och toleranser hos ingående komponenter. Alternativt så finns fogar mellan fasadelement som är tillräckligt breda för att ta upp materialdeformationer och måttavvikelser inom toleranser för tillverkning, utsättning och montering. Viss justering av infästningssystemet vid montering är möjligt.

2p

- **Fasadbeklädnad**

Fasadbeklädnadselementen kan varieras i storlek i en riktning.

- **Fasadinfästningar**

Infästningssystemet fungerar för alla ingående fasadbeklädnader i fasadsystemet.

Placering och montering av fasadinfästningar kan kompliceras av variationer i väggelementets storlek och form, samt förekomsten av ståldetaljer, utfackningspartier och installationer i väggelementen.

- **Gränssnitt**

Fasadelementen kan tillverkas i eller kapas till en form som möjliggör anslutningar av fasaden till genomföringar och andra delar av klimatskalet. Fasadsystemet möjliggör att den totala tjockleken på ytterväggskonstruktionen kan hållas konstant.

- **Toleranser**

Fasadsystemet påverkas inte av måttavvikelser i byggsystemet och toleranser hos ingående komponenter. Alternativt så finns fogar mellan fasadelement som är tillräckligt breda för att ta upp materialdeformationer och måttavvikelser inom toleranser för tillverkning, utsättning och montering.

Parameteriserbarhet

4p

- **Fasadbeklädnad**

Beklädnadselementens mått är, upp till åtminstone maximalt transporterbar storlek, parameteriserbara i både horisontal- och vertikalled. Måtten på fasadbeklädnadselementen beror inte på väggelementens storlek eller fasadförankringarnas placering.

- **Fasadinfästningar**

Fasadinfästningssystemet är parameteriserbart i både horisontal- och vertikalled.

Alternativt är fasadförankringarnas placeringar i väggelementen låsta och fungerar oavsett väggelement- och fasadelementstorlek.

3p

- **Fasadbeklädnad**

Beklädnadselementens mått är, upp till beklädnadselementens maximala storlek, parameteriserbara i horisontalled. Om det vertikala måttet inte är parameteriserbart så finns beklädnadselementen i, eller kan kapas till, modulmått som passar in på både våningshöjd och fält ovan och under öppningar för aktuellt byggsystem. Fasadförankringarnas placering påverkar inte måtten på beklädnadselementen i mer än en riktning.

- **Fasadinfästningar**

Fasadförankringarna och beklädnadsinfästningarna kan behöva ligga i samma linje i antingen vertikal- eller horisontalled. Längs denna linje är de helt parameteriserbara.

2p

- **Fasadbeklädnad**

Om det vertikala måttet inte är parameteriserbart så finns beklädnadselementen i eller kan kapas till modulmått som passar in på både våningshöjd och fält ovan och under öppningar för aktuellt byggsystem. I horisontalled kan beklädnadselement måttanpassas så att de passar väggelementen och dess öppningar.

- **Fasadinfästningar**

Fasadförankringarna kan behöva ligga i samma linje i antingen vertikal- eller horisontalled. Beklädnadsinfästningarna kan behöva ligga i samma linje i antingen vertikal- eller horisontalled. Längs dessa linjer så är inbördes avstånd parameteriserbara eller så passar modulmåtten väggelementen och dess öppningar.

Industrialiseringsgrad

4p

- **Komponenter**

Fasadkomponenterna har hög standardiseringsgrad. Tillverkning och anpassning av fasadbeklädnad, fasadinfästningssystem och fogkomponenter sker utanför ytterväggsproduktionen.

- **Montage**

Fasaduppförandet kräver maximalt ett arbetsmoment på montageplatsen. Sammankopplingen av fasadsystemets olika komponenter är okomplicerad. Även fasadanslutningar, anslutningen av fasadelement till varandra samt förankringen av fasadsystem till väggelement är enkel.

3p

- **Komponenter**

Fasadkomponenterna har hög standardiseringsgrad. Tillverkning av fasadinfästningssystem och fogkomponenter sker utanför ytterväggsproduktionen. Fasadbeklädnaden tillverkas och måttanpassas industriellt.

- **Montage**

Infästningssystemet är färdigmonterat och kräver, på montageplatsen, som mest ett sammankopplingssteg. Maximalt ett fogningsmoment eller fogning i endast en riktning krävs på montageplatsen. Arbetet med sammankoppling av fasadsystemets olika komponenter har en enkel princip. Även fasadanslutningar, anslutningen av fasadelement till varandra samt förankringen av fasadsystem till väggelement är enkel.

2p

- **Komponenter**

Fasadkomponenterna är till viss del standardiserade. Tillverkning av fasadbeklädnad, fasadinfästningssystem och fogkomponenter sker till stor del industriellt. Anpassningen av fasadsystemets delar kan till viss del ske på montageplatsen.

- **Montage**

Infästningssystemet är färdigmonterat men kan behöva kompletteras på montageplatsen. Tätning av isolering, kompletteringsmontering av beklädnadselement samt tätning av fasadanslutningar och anslutningar mellan beklädnadselement kan behöva utföras på montageplatsen. Fasadanslutningar, anslutningen av fasadelement till varandra samt förankringen av fasadsystem till väggelement är enkel.

Resurseffektivitet

Resurseffektivitet på montageplats

4p

- **Arbetsmoment**

Ett ytterväggselement monteras i ett lyft och sammanfogningen av fasadelementen är enkel. Den totala monterings tiden för byggnaden förlängs inte på grund av fasaduppförandet. Fasadytskiktet behöver inte efterbehandlas på montageplatsen. Ingen extra personal eller utomstående aktör fordras på montageplatsen för att färdigställa fasaden.

- **Utrustning**

Färdigställandet av fasaden kräver ingen byggnadsställning eller särskild personliftanordning. Fasadmonteringen förlänger inte användandet av väderskydd.

- **Materialspill**

Obetydligt materialspill förekommer eftersom ingen fasadtillverkning sker på montageplatsen.

- **Utrymmesbehov**

Utrymmesbehovet på montageplatsen påverkas inte av fasaduppförandet. Det krävs inget utplag för fasadkomponenter, byggnadsställning eller särskild lyftanordning enbart för fasadmonteringen.

- **Störningar**

Det uppstår ingen flaskhals vid ytterväggsmonteringen till följd av förlängd monterings tid orsakad av fasadsystemet. Risk för omtag pga. utförandefel eller att det uppstår skador på fasaden vid monteringen är minimal.

3p

- **Arbetsmoment**

Fasadsystemet är lättmonterat och kräver, sammanlagt för hela byggnaden, endast ett litet kompletteringsarbete på montageplatsen. Sammanfogningen av fasadelementen är enkel. Den totala monterings tiden för byggnaden förlängs endast marginellt pga. fasaduppförandet. Fasadytskiktet behöver inte efterbehandlas på montageplatsen. Ingen utomstående aktör fordras på montageplatsen för att färdigställa fasaden.

- **Utrustning**

Någon typ av personliftanordning kan behövas för färdigställandet av fasaden. Byggnadsställning krävs inte för fasadmontering. Fasadmonteringen förlänger användandet av väderskydd endast marginellt.

- **Materialspill**

Tack vare hög förtillverkningsgrad av fasaden är mängden materialspill på montageplatsen liten.

- **Utrymmesbehov**

Utrymmesbehovet på montageplatsen påverkas marginellt av fasaduppförandet. Tillfälliga upplag för små fasadkomponenter kan behövas. Fasadmonteringen kräver litet fritt utrymme runt huset.

- **Störningar**

De förmonterade delarna av fasadsystemet orsakar inga flaskhalsar i ytterväggsmonteringen men kan förlänga monteringstiden något. Risk för utförandefel eller att det uppstår skador på fasaden vid monteringen är låg. Vid fel eller skada är risken för tidskrävande omtag som förlänger den totala monteringstiden för byggnaden låg.

2p

- **Arbetsmoment**

Slutmonteringen av fasadsystemet samt eventuell tätning av isolering eller fogar mellan fasadelement är okomplicerad och snabb. Rengöring av fasadytskiktet kan behövas efter fasadens färdigställande.

- **Utrustning**

Någon typ av personliftanordning kan behövas för färdigställandet av fasaden. Byggnadsställning är inte nödvändig för fasadmontering. Användandet av väderskydd är kortare än för en platsbyggd fasad på samma byggnad.

- **Materialspill**

Tack vare hög förtillverkningsgrad av fasadens ingående komponenter är mängden materialspill på montageplatsen mindre än vid uppförandet av en likvärdig platsbyggd fasad.

- **Utrymmesbehov**

Tillfälliga upplag för fasadkomponenter kan behövas.

- **Störningar**

De förmonterade delarna av fasadsystemet orsakar inga flaskhalsar i ytterväggsmonteringen men kan förlänga monteringstiden. Risk för utförandefel vid montering är låg.

Resurseffektivitet i fabrik

4p

- **Arbetsmoment**

Fasadsystemet kräver få och okomplicerade arbetsmoment i fabrik. Momenten har hög automatiseringspotential och inget av dem kräver mer än en person. Tillverkning, måttanpassning och eventuell förborring av fasadsystemets komponenter sker utanför ytterväggsproduktionen.

- **Utrustning**

Sammanfogning av fasadsystemets komponenter samt förankring av fasaden till väggelement är okomplicerad och kräver endast en typ av fästdon i fabrik vilket innebär att endast en maskin eller ett verktyg behövs. En hög förtillverkningsgrad av fasadsystemkomponenterna ger ett litet behov av maskiner och verktyg i fabrik. Fasaduppförandet kräver ingen speciell lyftanordning.

- **Materialspill**

Materialspillet vid fasaduppförandet är minimalt till följd av att tillverkning och måttanpassning av fasadkomponenter sker utanför ytterväggsproduktionen.

- **Utrymmesbehov**

Fasaduppförandet kräver ingen eller liten monteringsyta i fabrik. Utrymmesbehovet för lagring av komponenter till fasadsystemet är minimalt.

- **Störningar**

Fasadsystemet är lättmonterat och risken för utförandefel vid montering är låg. Inget av monteringsstegen är så tidskrävande att det innebär en flaskhals i ytterväggsproduktionen som skapar onödig väntan för maskiner och personal.

3p

- **Arbetsmoment**

Fasadsystemets arbetsmoment i fabrik är okomplicerade och rimligt många i förhållande till den övriga fabriksproduktionen. Tidskrävande moment går att automatisera. Inget arbetsmoment i fabrik kräver mer än två personer. Tillverkning och måttanpassning av fasadsystemets komponenter kan ske utanför ytterväggsproduktionen.

- **Utrustning**

Sammanfogning av fasadsystemets komponenter och förankring av fasaden till väggelement kräver maximalt två olika typer av fästdon i fabrik vilket innebär att ett fåtal maskiner och verktyg behövs. Eftersom tillverkning och anpassning sker utanför ytterväggsproduktionen behövs inga maskiner eller verktyg till detta i fabrik. Fasaduppförandet kräver ingen speciell lyftanordning.

- **Materialspill**

Materialspillet vid fasaduppförandet är minimalt till följd av att tillverkning och måttanpassning av fasadkomponenter sker utanför ytterväggsproduktionen.

- **Utrymmesbehov**

Fasaduppförandet kräver en rimlig monterings- och förvaringsyta i fabrik i förhållande till resten av väggproduktionen. Komponenter till fasadinfästningssystemet kan kräva kontinuerligt lagerutrymme i fabriken.

- **Störningar**

Fasadsystemet är lättmonterat och risken för utförandefel vid montering är låg. Inget av monteringsstegen är så tidskrävande att det innebär en flaskhals i ytterväggsproduktionen som skapar onödig väntan för maskiner och personal.

2p

- **Arbetsmoment**

Fasadsystemets arbetsmoment i fabrik är okomplicerade eller rimligt många i förhållande till övrig fabriksproduktion. Åtminstone något av momenten går att automatisera och inget arbetsmoment kräver mer än två personer. Tillverkning av komponenter till fasadens infästningssystem kan ske utanför ytterväggsproduktionen.

- **Utrustning**

Sammanfogning av fasadsystemets komponenter kräver maximalt två olika fästdon medan förankring av fasaden till väggelement kan kräva en annan typ av fästdon. Maskiner för kapning och förborring eller utrustning för ytbeklädnadsframställning kan behövas i fabrik.

- **Materialspill**

Materialspillet vid fasaduppförandet är rimligt stort till följd av att tillverkning av komponenter till infästningssystemet sker utanför ytterväggsproduktionen.

- **Utrymmesbehov**

Om fasaduppförandet och fasadsystemets ingående komponenter kräver stort utrymme i fabrik så är utrymmesbehovet välmotiverat och medför ett mervärde för byggsystemet.

- **Störningar**

Viss risk för utförandefel vid fasaduppförande i fabrik kan förekomma. Dessa är lätt-åtgärdade. Något monteringssteg kan vara mer tidskrävande än andra och utgöra risk för flaskhals i ytterväggsproduktionen om det inte förutses och planeras för i god tid.

Resurseffektivitet i projektering

4p

- **Konstruktion**

Fasadsystemets komponenter har konstanta dimensioner som är bestämda utifrån dimensionerande laster för maximal fasadelementstorlek, byggnadshöjd och vindstyrka. Placeringen av fasadförankringar och fasadinfästningar har antingen ett förutbestämt läge som fungerar för samtliga väggelement eller så är placeringen variabel och oberoende av ståldetaljer, utfackningspartier och installationer i väggelementen. Fasadsystemet kan bytas ut mot vissa typer av platsbyggda fasader där så önskas utan att projekteringen av väggelementen eller det aktuella fasadsystemet behöver förändras. Fasadsystemet möjliggör att den totala tjockleken på väggelementen hålls konstant oavsett byggnadshöjd och fasadutseende.

- **Arkitektur**

Arkitekten behöver inte anpassa fasadutformningen efter fogarna mellan väggelementen. Antingen finns det väldigt många möjligheter med få begränsningar eller få möjligheter med tydliga begränsningar vid utformning av fasaden. Fasadsystemet är parameteriserbart.

3p

- **Konstruktion**

Fasadsystemets komponenter har konstanta dimensioner som är bestämda utifrån dimensionerande laster för maximal fasadelementstorlek, byggnadshöjd och vindstyrka. Placeringen av fasadförankringar och fasadinfästningar har ett förutbestämt maximalt centrumavstånd. Avståndet mellan förankringarna kan behöva minskas för att anpassas efter ståldetaljer, utfackningspartier och installationer i väggelementen. Infästningssystemet kan justeras efter förankringarnas lägen. Fasadsystemet kan bytas ut mot vissa typer av platsbyggda fasader där så önskas utan att projekteringen av väggelementen eller det aktuella fasadsystemet behöver förändras. Fasadsystemet möjliggör att den totala tjockleken på väggelementen hålls konstant oavsett byggnadshöjd och fasadutseende.

- **Arkitektur**

Fasadsystemet innebär tydliga förutsättningar och begränsningar för arkitekten vid fasadgestaltning. Appliceringen av fasadsystemet försvåras inte på grund av väggelementens placeringar och mått.

2p

- **Konstruktion**

Fasadsystemets komponenter har ett antal standarddimensioner som för varje projekt väljs utifrån dimensionerande laster för maximal fasadelementstorlek, byggnadshöjd och vindstyrka. Beklädnadsinfästningen har ett förutbestämt läge i fasadelementet vilket innebär att fasadelementen och dess infästningssystem måste anpassas efter fasadförankringens möjliga placeringar i väggelementen. Alternativt så har placeringen av fasadförankringar och fasadinfästningar ett förutbestämt maximalt centrumavstånd. Avståndet mellan förankringarna kan i detta fall minskas för att anpassas efter ståldetaljer, utfackningspartier och installationer i väggelementen förutsatt att infästningssystemet kan justeras efter förankringarnas lägen. Fasadsystemet kan bytas ut mot vissa typer av platsbyggda fasader där så önskas utan att projekteringen av väggelementen eller det aktuella fasadsystemet behöver förändras. Fasadsystemet möjliggör att den totala tjockleken på väggelementen hålls konstant oavsett byggnadshöjd och fasadutseende.

- **Arkitektur**

Fasadsystemet innebär tydliga förutsättningar och begränsningar för arkitekten vid fasadgestaltning.

Appendix B – Betygsmotivering

Appendix B1 - Betygsmotivering Puts

Fasadsystem:

Systemet är en tunnputsfasad utan luftspalt. För värdering väljs NCC Kompletts aktuella tunnputssystem Serpo Fasadsystem EF.

Infästningssystem:

Putsbäraren fästs till betong med en expansionsspik med nylonöverdrag.

Fasadbeklädnad:

Beklädnaden består av en 50 mm tjock putsbärare av mineralull som monteras på montageplatsen utanpå den 150 mm tjocka cellplastisoleringen. Hörn och öppningar i fasaden förstärks med ett extra glasfibernet i putsbruk. Hela putsbäraren armeras med glasfibernet innan putsbruk och därefter infärgad ytputs (dispersionsputs) appliceras. Fasadsystemet kräver användande av byggnadsställning och i vinterklimat måste montageplatsen värmas upp.

Grundförutsättningar

Påverkan på byggsystem: OK

Dagens byggsystem använder redan fasaden så det blir ingen påverkan. Om fasaduppförandet ska utvecklas och bli mer industriellt med montering av putsbärare i fabrik så påverkas inte byggsystemet men vägglinan får läggas om.

Hållfasthet: OK

Serpo Fasadsystem EF uppfyller krav på hållfasthet förutsatt att monteringsanvisningar följs och rätt expansionsspik i rätt mängd används.

Brandsäkerhet: OK

Cellplastisoleringen är brännbar men den skyddas dels av en obrännbar mineralullsskiva som tätas ordentligt och dels av ett obrännbart putslager.

Ämnesinnehåll: OK

Hela Serpo Fasadsystem EF uppfyller BASTA-systemets egenskapskriterier.

Funktion

Termisk prestanda: 4p

- **Värmeisolering:** Ingen begränsning på isolertjocklek. Önskat isoleringsval (dagens) fungerar. → 4p
- **Köldbryggor:** Expansionsspik genombryter isoleringen punkformigt. Spikens skalle har nylonöverdrag vilket minskar köldbryggor. → 4p
- **Lufttäthet:** Inga genomgående fogar i ytterväggen. Isoleringen överlappar fogarna mellan väggelementen. Inga fogar i fasadbeklädnaden. → 4p

Fuktsäkerhet: 1p

- **Uttorkning:** Fasaden saknar ventilerad luftspalt. Dålig möjlighet till uttorkning pga. av cellplasten och betongens ångtäthet (uttorkning i en riktning). Ingen inbyggd fukt tack vare väderskydd. Utfackningspartierna med träregelkonstruktion och fuktspärr är en riskkonstruktion men förutsätts vara ordentligt utförda. → 2p

- **Fuktinträngning:** Fukt riskerar att tränga in genom fasadbeklädnaden. Via infästningar och dåligt utförda anslutningar kan fukt ledas in i konstruktionen. Fukten som tränger in kan inte ventileras bort i luftspalt. → 1p
- **Kondens:** Kondens på tunnputsens riskerar att uppkomma till följd av nattutstrålning och välisolerade väggar men detta påverkar inte fasadfunktionen. → 3p
- **Organiskt material:** Organiska bindemedel/tillsatser kan förekomma i putsen/färgen. Organiska material i utfackningsväggar riskerar inte att utsättas för hög fuktbelastning om putsuppförandet är ordentligt utfört. → 2p

Beständighet: 2p

- **Motståndskraft:** Fasadinfästningar är beständiga. Risk för frostsprängning i fasadbeklädnaden. Beklädnaden kan behöva repareras lokalt för att funktionen ska bibehållas. → 2p
- **Teknisk livslängd:** mer än 50 år vid föreskrivet underhåll. → 4p
- **Ömtålighet:** Kräver stöttålig sockel på bottenvåning för att fasaden ska vara tålig under drift. Skador i beklädnaden måste repareras för att funktionen ska bibehållas. → 2p
- **Underhåll:** Putsen tål högtryckstvätt med varmt vatten samt tvätt med alg- och mögeltvätt. Fasaden behöver reparationsunderhållas lokalt efter skada. → 2p

Estetik

Estetisk livslängd: 2p

- **Färgstabilitet:** Färgförändring (putsens bleks med tiden) är förväntad och accepterad. → 2p
- **Formbeständighet:** Inga iögonfallande formförändringar. Klarar små mekaniska påfrestningar. → 3p
- **Ömtålighet:** Stor risk för sprickbildning pga. att putsen krymper med tiden. Om putsen repareras inom rimlig tid så är risken för följskador liten. → 2p
- **Underhåll:** Visst underhållsbehov. Möjlig att rengöra. Ytskikt kan behöva förnyas bl.a. till följd av att kondens på tunnputsens riskerar att uppkomma pga. nattutstrålning och välisolerade väggar vilket orsakar svamp- och mögel- och algpåväxt på delar av fasaden → 2p

Helhetsintryck: 3p

- **Karaktär:** Unikt utseende möjligt m.h.a. färgfält och kombination med fönstersättning. Passar in i stort antal stadsplaner. → 3p
- **Kvalitet:** Gediget intryck oavsett avstånd. Tillfällig färgskiftning vid nederbörd. → 3p
- **Fasadbeklädnad:** Beklädnaden kan tillverkas i valfri form. Utsparningar kan utföras i valfri form. → 4p
- **Fasadfogar:** Inga synliga fogar. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Dolda infästningar. → 4p

Uttrycksvariation: 2p

- **Utformning:** Många gestaltningsidéer kan inte förverkligas med en putsfasad. Fasadutformning är oberoende av väggelementens skarvar. Beklädnadskanter kan ha valfri form. → 3p
- **Fasadbeklädnad:** Putsen kan fås i olika färg, finish och struktur. → 2p
- **Fasadfogar:** Inga synliga fasadfogar. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Dolda infästningar. → 4p

Flexibilitet & industrialisering

Flexibilitet: 4p

- **Fasadbeklädnad:** Kan fås i valfri storlek och form. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Flexibel placering av infästningar. → 4p
- **Gränssnitt:** Anslutningar utan begränsningar. → 4p
- **Toleranser:** Fasaden påverkas inte av måttavvikelser i byggsystemet. Systemet tolererar normala fukt- och temperaturrelaterade. Justerbart infästningssystem. → 4p

Parameteriserbarhet: 4p

- **Fasadbeklädnad:** Parameteriserbar i horisontal- och vertikalled. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Parameteriserbara i horisontal- och vertikalled. Inga absoluta placeringar av förankringar. → 4p

Industrialiseringsgrad: 1p

- **Komponenter:** Infästningskomponenter är standardiserade. Tillverkning av infästningskomponenter och en stor del av beklädnaden (putsbärare och glasfibernät) sker utanför egen produktion. All måttanpassning av fasadbeklädnaden sker på montageplats. Systemet kan utvecklas så att en del av beklädnaden kan måttanpassas i fabrik. → 1p
- **Montage:** Systemet kan utvecklas så att putsbärare och förstärkningar kring fönster och dörrar monteras i fabrik. Sammanfogning, anslutning och förankring är enkelt. → 1p

Resurseffektivitet

Resurseffektivitet på montageplats: 0p

- **Arbetsmoment:** Hela fasadmonteringen sker på montageplats men är relativt okopierad. Om putsbärare och förstärkningar kring fönster och dörrar monteras i fabrik kan den totala byggtiden minskas. → 1p
- **Utrustning:** Även om en del av beklädnaden skulle monteras i fabrik så måste själva putsmomentet fortfarande ske på montageplats. Putsmomentet kräver byggnadsställning och uppvärmning på montageplats under vissa väderförhållanden. Användningen av väderskydd förlängs markant. → 0p
- **Materialspill:** Om putsbärare monteras i fabrik kan materialspillet minskas. → 1p

- **Utrymmesbehov:** Tillfälliga upplag för fasadkomponenter behövs. → 2p
- **Störningar:** Ingen flaskhals uppstår vid ytterväggsmonteringen pga fasadmonteringen. Låg risk för omtag orsakat av utförandefel eller skador vid fasadmontering. → 4p

Resurseffektivitet i fabrik: 4p (Ingen fasadmontering i fabrik)

Resurseffektivitet vid projektering: 4p

- **Konstruktion:** Konstruktören behöver inte projektera fasaden för varje projekt. Infästningssystemet är färdigdimensionerat och förankringsplaceringen är variabel. Tjockleken på ytterväggskonstruktionen är oberoende av byggnadshöjd. → 4p
- **Arkitektur:** Ingen anpassning efter fogar mellan väggelement. Få möjligheter med tydliga begränsningar vid fasadutformningen. Parameteriserbart fasadsystem. → 4p

Appendix B2 – Betygsmotivering Skivelement

Fasadsystem:

För värdering väljs ett infästningssystem från Ivarsson. Skivelementen monterade på underkonstruktion av metall med en 20-40mm ventilerad luftspalt bakom fasaden. 200 mm isolering är möjlig. Fasadsystemet erhåller öppna, stängda eller överlappande fogar samt synlig eller dold infästning beroende på beklädnadstyp.

Infästningssystem:

Infästningssystemet består av aluminiumkonsoler med köldbrytare förankrade i betongväggen med lämplig betongskruv, t ex ”fransk” skruv. Vertikala bärprofiler i aluminium monteras på konsolerna och kan justeras något i vertikalled innan de fästs med popnitar i aluminium. På bärprofilen monteras ett tätningband i EPDM-gummi och eventuella fogprofiler kläms fast. Fogprofiler i aluminium i två varianter samt i färgerna svart, vit eller blank. Hörnlistor i tre varianter i valfri kulör eller blank. Rostfri skruv för synlig infästning i valfri kulör eller blank. Cc 400-600 beroende på byggnadshöjd och skivformat.

Fasadbeklädnad:

Lamina

Högtryckslaminat med väderskyddsfilm. Kärnmaterial av F-kvalitet (~bakelit). 70 olika kulörer samt ett antal träimitationer. Minsta öppna fogbredd 8 mm. Största format 4100x1850 mm. Tjocklek 6, 8 eller 10 mm.

Terracotta

Skärmtegel i naturfärgad bränd lera med 10 standardkulörer (genomfärgad). Slät eller profilerad. 7 standardformat som endast kan kapas i horisontalled. Monteras genom att klickas fast på en särskild horisontell fogprofil (cc 400 mm) med aluminiumbeslag. Öppen vertikal fogbredd 12 mm.

Kvartsi

Fasadskiva i **naturstensbelagd glasfiberarmerad polyester**. Stenbelägningen finns i 10 färger och i 3 olika stenstorlekar. Minsta öppna fogbredd 5 mm. Max cc 300 mm. Största format 1195x3500 mm. Tjocklek 6-20 mm.

Ivarboard

Fasadskiva i **genomfärgad fibercement** utan ytbehandling. 7 olika kulörer. Kan monteras kant i kant eller på klink eller ”1 på 2”. Synlig infästning. Minsta öppna fogbredd 5 mm. Största format 1195x3050 mm. Tjocklek 6-20 mm.

Ivarpanel

Träpanelsimitation i fibercement. Skivorna har trästruktur. Målas vid tillverkning i valfri kulör. Monteras liggande på klink (överlappande) med dold infästning och en öppen vertikal fogbredd 2mm. Vid byggnadshöjd mer än 20 m krävs synlig infästning. Kan även monteras stående som ”1 på 2” på horisontella sekundärprofiler, då med synlig infästning. Största panellängd 3600 mm. Tjocklek 10 mm.

Glasal

Fasadskiva i **fibercement med mineralisk emaljerad yta** (hård och blank) i 15 standardkulörer. Synlig infästning. Minsta öppna fogbredd 5 mm. Största format 1240x3070 mm. Tjocklek 5 och 7,5 mm.

Frontline Natura/Structura

Fasadskiva i **genomfärgad fibercement** med slät/kornig yta. 42 kulörer. Synlig infästning eller dold. Minsta öppna fogbredd 5 mm. Största format 3100x1250 mm. Tjocklek 8 och 12 mm. Kanternas måste renskåras 15 mm och impregneras (gäller även borrhål).

Ivarit BlueClad (RendCo)

Putsbärande fasadskiva i kalciumsilikat och cellulosa-fibrer. Slagfast och diffusionsöppen. Tunn vattenavvisande primer på bägge sidor. Obegränsad bygghöjd. Största format 1200x2400 mm. Tjocklek 10 mm. Monteras ”kant i kant”, fogbredd max 5 mm. Måste förborras.

Fasadsystemets delar kan levereras måttanpassade till fabrik. Montering av konsoler, bärprofiler, isolering och majoriteten av fasadbeklädnaden antas kunna utföras i fabrik. Förborring görs i fabrik men kan utföras utanför ytterväggsproduktionen. På montageplats kompletteras fasaden med isolering och fasadbeklädnad längs väggelementfogarna.

Grundförutsättningar

Påverkan på byggsystem: OK

Fasadsystemet påverkar dagens byggsystem endast i ett initialt skede. Fönsterprojekteringen behöver göras om pga. av ökad ytterväggstjocklek i och med ventilerad luftspalt bakom fasad. Vägglinan behöver läggas om i och med att infästningssystem och en stor del av beklädnaden ska monteras i fabrik. Isoleringen behöver fästas in på annat sätt än att limmas vare sig cellplast med mineritskiva eller stenullsskivor används.

Hållfasthet: OK

Infästningssystemet klarar enligt tillverkare en byggnadshöjd på mer än 27m (8 vån) med ett centrumavstånd mellan vertikala infästningar på max 400 mm.

Majoriteten av beklädnadselementen klarar en byggnadshöjd högre än 27m.

Ivarpanel klarar enligt tillverkare en byggnadshöjd på över 27 m i inland och 20 m vid kust. För en byggnadshöjd på 27 m vid kust krävs en ny dimensionering av infästningsavstånd.

Brandsäkerhet: OK

Fasadkonstruktionen är brandsäker och beklädnadselementen är obrännbara enligt olika tester och normer. Som isolering används antingen en obrännbar mineralullsisolering eller en cellplast med utanpåliggande mineritskiva som måste tätas ordentligt.

Lamina är brännbart material men ytskikt i klass II enligt EN 13501-1, Euroclass B-s2, d0

Frontline, BluClad är obrännbara enligt EN 13501, Euroclass A2-s1-d0

Terracotta är obrännbar enligt DIN 4102

Kvartsi är obrännbar enligt DS 1065-1, klass A

Ivarboard är obrännbar enligt DS-1057-1, NT Fire 001 och ISO 1182

Ivarpanel Fibercement är ett obrännbart material klass A enligt EN 12467

Glasal är obrännbar enligt DS-1057

Ämnesinnehåll: OK

Liknande cementbaserade skivor uppfyller BASTA-systemets egenskapskriterier. Aluminium uppfyller BASTA-systemets egenskapskriterier.

Funktion

Termisk prestanda: 3p

- **Värmeisolering:** Fasadsystemet tillåter en maximal isoleringstjocklek på 200 mm. → 3p
- **Köldbryggor:** Infästningssystemets konsoler och isoleringens infästningar genombryter isoleringen punktförmigt. Termobricka mellan konsol och betongvägg och plastplugg och plastbricka vid isoleringsinfästning minskar köldbryggor. → 3p
- **Lufttäthet:** Fasadsystemet monteras utan genomgående fogar i ytterväggen. Isoleringsskarvar ligger ej vid fogar mellan väggelement. Öppna eller stängda fogar i fasadbeklädnaden. → 3p

Fuktsäkerhet: 3p

- **Uttorkning:** Ventilerad luftspalt så fukt har lätt att torka ut. → 4p
- **Fuktrinrängning:** Luftspalt bakom fasadbeklädnader samt utformning av bärprofiler och gummitätning hindrar inträngd fukt att ta sig vidare in i väggelementet. Majoriteten av beklädnaderna har öppna eller stängda fogar. → 3p. BluClad har täta fogar. → 4p
- **Kondens:** Infästningssystemet medför ingen kondensrisk i ytterväggskonstruktionen. Konsolerna i rostfritt stål ger liten värmeledning i bärsystemet. Förankringen till betongen ligger innanför all isolering och är varm. → 4p
- **Organiskt material:** Inget organiskt material förekommer i infästningssystemet. I vissa beklädnader förekommer organiska fibrer, samtliga fibercementskivor och Majoriteten av beklädnadselementen innehåller fibercement som består av organiska fibrer. Fibercementskivorna är röttåliga. → 3p. Lamina, Kvartsi, Terracotta innehåller inga organiska material → 4p

Beständighet: 2p (Lamina och Kvartsi 3p)

- **Motståndskraft:** Infästningssystemet i aluminium och rostfritt stål är beständigt mot fukt, temperaturrelater, frost, kemisk/biologisk nedbrytning och förväntade markrörelser. → 4p
Lamina har högt ångmotstånd och obefintlig kapillärsugningsförmåga. Beklädnaden är värme- och frost-okänslig, kemisk beständig och har ett UV-beständigt ytskikt. → 4p
Terracotta är UV-beständig och tack vare sin höga densitet resistent mot luftföroreningar och biologisk nedbrytning och frostsprängning. → 4p
Kvartsi klarar extrema väderförhållanden, är frostsäker och påverkas inte av fukt samt är kemiskt och biologiskt beständig. → 4p
Ivarboard, Ivarpanel, Glasal, Frontline i fibercement buffrar fukt och är därför inte helt fukt- och frostbeständiga. → 2p
BluClad med tunnputs tar upp fukt och det finns risk för frostsprängning i fasadbeklädnaden. → 2p
- **Teknisk livslängd:** Infästningssystemets tekniska livslängd är bestämd till längre än 50 år förutsatt att monteras bakom en skyddande beklädnad enligt anvisning. → 4p
Majoriteten av beklädnadselementen har en teknisk livslängd som är bestämd till ungefär 50 år. → 3p
Terracotta's tekniska livslängd är bestämd till längre än 50 år. → 4p

BluClad's tekniska livslängd bestäms av tunnputsens och är längre än 50 år vid föreskrivet underhåll. → 4p

- **Ömtålighet:** Infästningssystemet är beständigt under montering, transport och drift förutsatt att det är monterat enligt anvisning. → 4p
Lamina har ett slagåligt kärnmaterial och ett reptåligt och slitstarkt ytskikt. → 4p
Terracotta är ett tåligt material både under transport, montering och i drift. Repor i beklädnaden leder inte till följskador. → 4p
Kvartsi har ett slagåligt kärnmaterial och ett reptåligt och slitstarkt ytskikt av natursten. → 4p
Ivarboard kan behöva hanteras varsamt under transport och montering eftersom hörn kan slås av om skivorna tappas i marken. Fasadskivan behöver inget ytskikt. → 2p
Ivarpanel, Glasal, Frontline kan behöva hanteras varsamt under transport och montering eftersom hörn kan slås av om skivorna tappas i marken. Ytskikten kan behöva repareras om de genombryts. → 2p
BluClad med tunnputs kräver stöttålig sockel på bottenvåning. Skador i putsen måste repareras. → 2p.
- **Underhåll:** Infästningssystemet behöver inte underhållas under fasadens livslängd förutsatt att fasaden är monterad enligt anvisning. → 4p
Lamina, Glasal är lätta att rengöra och tål högtryckstvätt och lösningsmedel. Det krävs ingen efterbehandling eller något underhåll av ytskikt efter montering. Separata fasadelement kan bytas ut. → 4p
Terracotta tål rengöring med vatten och ättiksprit. Klotter kan inte tvättas bort. Det är lätt att byta ut separata stenar. → 2p
Kvartsi är lätt att rengöra och tål högtryckstvätt och lösningsmedel. Det krävs ingen efterbehandling eller något underhåll av ytskikt efter montering. Mindre skador kan repareras och separata fasadelement kan bytas ut. → 4p
Ivarboard har inget ytskikt som behöver underhållas utan ska åldras naturligt. Rengöring sker med såpa och mildare algborttagningsmedel. Separata fasadelement kan bytas ut. → 2p
Ivarpanel behöver målas om med reparationsfärg om genombrytningar av ytskiktet sker. Rengöring sker med såpa och mildare algborttagningsmedel. → 2p
Frontline måste impregneras vid kanter och borrhål under montage. Rengöring sker med såpa och mildare algborttagningsmedel. Det går att tvätta med högtryckstvätt någon enstaka gång. Separata fasadelement kan bytas ut. → 3p
BluClad Tunnputsens tål mildare rengöring. Behöver reparationsunderhållas lokalt efter skada → 2p

Estetik

Estetisk livslängd: 2p (Lamina och Kvartsi 3p)

- **Färgstabilitet:** Fogprofiler kan blekas men inte fläckvis. → 3p
Lamina har laboratorietestad ljusåktighet, fasadbeklädnad inte genomfärgad. → 3p
Terracotta består av ett homogent genomfärgat material som är UV-beständigt och patineras med jämnhet. → 4p
Kvartsi är inte en genomfärgad och homogen skiva. Däremot består beklädnadsytan av krossad natursten som är genomfärgad. Fasadbeklädnaden är färgstabil. → 3p
Ivarboard består av ett homogent genomfärgat material men saknar ett skyddande ytskikt. Färgförändring är förväntad. → 2p
Ivarpanel är inte en genomfärgad och homogen skiva men dess ytskikt är färgstabil och vattenavvisande. → 3p
Glasal är inte en genomfärgad och homogen skiva men dess emaljerade ytskikt är starkt, färgstabil och vattenavvisande. → 3p
Frontline är en genomfärgad och homogen skiva med en UV-beständig akrylbeläggning. → 2p
BluClad Färgförändring i tunnputs är förväntad och accepterad. → 2p
- **Formbeständighet:** Systemet har fjädrande fogprofiler vars formförändring vid temperaturrörelser är reversibel. → 4p
Lamina är ett starkt material som får reversibla och icke iögonfallande formförändringar vid sannolik belastning. → 4p
Terracotta, Kvartsi är starka material som får obetydliga och icke iögonfallande formförändringar vid liten mekanisk påfrestning. → 3p
Ivarboard, Ivarpanel, Glasal, Frontline är fuktupptagande material som kan få reversibla formförändringar vid sannolik belastning. → 2p
BluClad med en ytbeklädnad av tunnputs får inga iögonfallande formförändringar vid små belastningar. → 3p
- **Ömtålighet:** Fasadsystemets fogprofiler och synliga fästdon är rostfria och pulverlackerade. Risken för färgflagnig och skador är liten. → 3p
Lamina är ett starkt material med minimal risk för sprickbildning och följdskador. → 4p
Terracotta är genomfärgat tegel utan särskilt ytskikt och det är därför ingen risk för färgflagnig i ytan. Risken för sprickbildning och följdskador i fasaden är liten. → 3p
Kvartsi är ett starkt material men det finns risk för att enstaka stenar i ytskiktet trillar av utan att det leder till följdskador. → 3p
Ivarboard är en genomfärgad fibercementskiva utan särskilt ytskikt och det är därför ingen risk för färgflagnig i ytan. Skador i fasaden kan uppstå men riskerar inte att få följdskador. → 2p
Ivarpanel har ett ytskikt som kan repas/skadas. Risken för följdskador är minimal. → 2p
Glasal har ett starkt ytskikt med liten risk för repor och följdskador. → 3p
Frontline är en genomfärgad fibercementskiva med impregnerande ytskikt. Det är ingen risk för färgflagnig i ytan. Skador i fasaden kan uppstå men riskerar inte att få följdskador. → 2p
BluClad med en ytbeklädnad av tunnputs har stor risk för sprickbildning. Om putsen repareras inom rimlig tid så är risken för följdskador liten. → 2p
- **Underhåll:** Infästningssystemet behöver inte underhållas under fasadens livslängd förutsatt att fasaden är monterad enligt anvisning. → 4p

Lamina har ett minimalt underhållsbehov. Fasadskivan har ett vattenavvisande ytskikt som är lätt att rengöra från klotter, alger, smuts mm. Ytbehandlingen behöver inte förnyas efter tvätt med lösningsmedel. Fasadytan utgör en dålig grogrund för biologiska organismer. Fasadelement kan bytas ut separat. → 4p

Terracotta har inget helt vattenavvisande ytskikt men stenarna har hög densitet och en slät och jämn yta som försvårar nedsmutsning och biologisk påväxt. Det finns risk för utfällningar och rinnmärken på fasaden. Det går att byta ut separata stenar. → 2p

Kvartsi har inget helt vattenavvisande ytskikt men dess struktur fördelar och maskerar smuts. Ytmaterialet utgör dålig grogrund för biologiska organismer. Fasaden är lätt att rengöra med högtryckstvätt. → 3p

Ivarboard saknar vattenavvisande ytskikt men det går att rengöra ytan. → 2p

Ivarpanel har ett vattenavvisande ytskikt som är lätt att rengöra. Ytskiktet behöver inte förnyas efter rengöring. Det är låg risk för utfällningar och rinnmärken. Om panelerna är monterade på klink så kan de inte bytas ut separat men de kan reparationsmålas. → 3p

Glasal har ett vattenavvisande och slitstarkt ytskikt som är lätt att rengöra från klotter och alger. Ytskiktet behöver inte förnyas efter rengöring. Den emaljerade ytan utgör en dålig grogrund för biologiska organismer. Det är låg risk för utfällningar och rinnmärken. Separata fasadbeklädnader kan bytas ut. → 4p

Frontline har ett vattenavvisande ytskikt som är lätt att rengöra. Ytskiktet behöver inte förnyas efter rengöring. Det är låg risk för utfällningar och rinnmärken. Separata fasadbeklädnader kan bytas ut. → 3p

BluClad med tunnputs har ett visst underhållsbehov. Putsen är möjlig att rengöra. Ytskikt kan behöva förnyas bl.a. till följd av att kondens på tunnputsens riskerar att uppkomma pga. nattutstrålning och välisolerade väggar vilket orsakar svamp- och mögel- och algpåväxt på delar av fasaden → 2p

Helhetsintryck: 3p (Ivarboard, Frontline, Terracotta 2p)

- **Karaktär:** Fasadsystemet har en stor estetisk variationsmöjlighet vad gäller olika beklädnader och fogprofiler. Det går att skapa både unika fasader och fasader som kan förhålla sig till de flesta stadsplaner (bl. a. fogfria putsfasader). Tack vare att fasaden kan se ut både som en trä- och putsfasad så kan den förmodligen följa med i förändringar i byggnadsstil. → 4p
- **Kvalitet:**
 - Lamina, Kvartsi, Glasal ger rejält intryck oavsett från vilket avstånd fasaden betraktas. Det syns att fasaden är industriellt producerad. Ingen färgskiftning vid nederbörd. → 3p
 - Terracotta ger ett rejält intryck oavsett från vilket avstånd fasaden betraktas. Det syns att fasaden är industriellt producerad. Tillfällig färgskiftning synlig vid nederbörd. → 3p
 - Ivarboard, Frontline ger ett gediget intryck när den betraktas från avstånd. Tillfällig färgskiftning syns i fasaden vid nederbörd. → 2p
 - Ivarpanel ger ett gediget intryck oavsett från vilket avstånd fasaden betraktas. Det syns inte att fasaden är industriellt producerad förrän vid närmare granskning. Ingen färgskiftning uppkommer vid nederbörd. → 4p
 - BluClad med tunnputs ger ett gediget intryck oavsett från vilket avstånd fasaden betraktas. Tillfällig färgskiftning uppkommer vid nederbörd. → 3p
- **Fasadbeklädnad:**

Lamina kan förtillverkas eller kapas snyggt till rätt format. Flisor vid kapning är ej tydliga. Sned kapning är möjligt. → 3p

Terracotta kan endast tillverkas i standardformat. Det uppstår flisor vid kapade kanter vid fasadavslut. Dessa kan döljas med lister. Mindre färgavvikelser mellan olika produktioner kan förekomma. → 2p

Kvartsi, Ivarboard, Frontline kan tillverkas i rätt storlek. Vid kapning upptäcks inte ojämnheter förrän vid närmare granskning och kapade kanter kan döljas med lister vid fasadavslut. Sned kapning är möjligt. Mindre färgavvikelser mellan olika produktioner kan förekomma. → 3p

Ivarpanel, Glasal kan tillverkas i rätt storlek. Vid kapning upptäcks inte ojämnheter förrän vid närmare granskning och kapade kanter kan döljas med lister vid fasadavslut. Sned kapning är möjligt. → 3p

BluClad med tunnputs kan tillverkas i valfri storlek och utsparningar kan utföras i valfri form. → 4p

- **Fasadfogar:** Fasadsystemets fogar är jämnstora och räta. I öppna vertikala fogar syns endast det svarta EPDM-bandet och foglister är möjliga i horisontella fogar. → 4p
Lamina, Kvartsi, Glasal har inte samma yta på elementkanter som på övrig synlig beklädnadsyta. Öppna vertikala fogar är gedigna, foglister möjliga i horisontella fogar. → 3p
Terracotta, Ivarboard, Ivarpanel, Frontline har samma ytskikt på alla synliga ytor på beklädnadselementet. → 4p
BluClad med tunnputs har inga synliga fogar. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Fasadsystemets synliga infästningar är diskreta och kan matcha fasadbeklädnaderna. → 3p
Terracotta, Ivarpanel, BluClad har dolda infästningar. → 4p

Uttrycksvariation: 4p

- **Utformning:** Fasadsystemet kan förverkliga de flesta gestaltningsidéer tack vare en mängd olika beklädnader som kan fås i ett flertal storlekar, proportioner och färger. Väggelementens fogplacering behöver inte synas i fasadutformningen. Det går att få våningshöga beklädnadselement. Alla fasadelement, utom Terracotta, kan monteras både stående och liggande. Sned kapning möjligt. → 4p
- **Fasadbeklädnad:** Fasadsystemets beklädnadselement kan påminna om en mängd olika ytmaterial som trä, tegel, sten, betong och puts. Fasadbeklädnaderna finns i ett stort utbud av färg, finish och struktur. → 4p
- **Fasadfogar:** Fasadsystemets fogar kan utföras öppna, överlappade, stängda eller täta (BluClad med puts). Fogprofiler för stängda fogar kan fås i åtminstone svart, vit och aluminium. Det finns tre varianter av hörnprofiler i valfri färg och två typer av lister till horisontalfogar. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Fasadinfästningarna kan döljas. Synliga infästningar kan fås i valfri färg och de kan både sticka ut och vara diskreta. → 4p

Flexibilitet & industrialisering

Flexibilitet: 3p (Ivarpanel 2p, Terracotta 1p)

- **Fasadbeklädnad:** Majoriteten av beklädnadselementen kan varieras nästintill fritt i storlek i både horisontell och vertikal riktning. Våningshöga fasadelement är möjligt. Icke rätvinkliga kanter är möjligt. → 3p
Terracotta har ett antal fasta modulmått. För att bli godkänd borde det vara möjligt att kunna beställa stenar i valfri bredd eller längd. → 1p
Ivarpanel kan variera fritt i storlek på längden men är låst på bredden. Icke rätvinkliga kanter är möjligt. → 2p
BluClad med tunnputs kan varieras fritt i storlek. Icke rätvinkliga kanter är möjligt. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Infästningssystemet fungerar för alla i fasadsystemet ingående beklädnader men Terracotta måste kompletteras med speciella infästningstillbehör. Placering av infästningar kompliceras till viss del av väggelementstorleken. Konsolerna som fästs till betongen är lätta att justera i en riktning. → 3p
- **Gränssnitt:** Majoriteten av fasadsystemets ingående beklädnadselement kan användas på samma fasad. Olika tjocklek på skivor ger att det kan behövas täckande lister vid anslutningarna eller justering av luftspaltens djup. På samma sätt kan fasadsystemet anslutas till en platsbyggd fasad. Stående och liggande element kan monteras intill varandra med bibehållen funktion. Fasadelementen kan kapas till en form som förenklar anslutningar till andra byggnadsdelar och till genomföringar i fasaden. → 4p
Terracotta kan endast monteras i en riktning eftersom stenarna har ventilerande kanaler i vertikalled. → 2p
- **Toleranser:** Fasadsystemet kan utformas med fogar som är tillräckligt breda för att ta upp materialdeformationer och måttavvikelser. Viss justering vid montering av infästningssystemet är möjligt. → 3p

Parameteriserbarhet: 3p (Terracotta 2p)

- **Fasadbeklädnad:** Majoriteten av beklädnadselementens mått är, upp till beklädnadselementens maximala storlek, parameteriserbara i både vertikal- och horisontalled. Fasadförankringarnas placering påverkar inte måtten på beklädnadselementen i vertikalled eftersom placeringen av de horisontella fogarna är oberoende av infästningssystemet. → 3p
Terracotta är inte parameteriserbart i någon riktning men stenarna finns i ett antal modulmått och de kan kapas så att de passar väggelementen och dess öppningar. → 2p
Ivarpanel är parameteriserbar i horisontalled upp till maximal panellängd. Panelerna kan kapas i vertikalled för att passa in på fält ovan och under öppningar i väggelementen. Fasadförankringarnas placering påverkar inte måtten på beklädnadselementen i vertikalled. → 3p
BluClad med tunnputs är parameteriserbar i horisontal- och vertikalled. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Fasadsystemets fasadförankringar och beklädnadsinfästningar måste ligga i samma linje i vertikalled. Längs denna linje är både fasadförankringar och beklädnadsinfästningarna helt parameteriserbara. → 3p

Industrialiseringsgrad: 2p

- **Komponenter:** Fasadsystemets komponenter har hög standardiseringsgrad. Tillverkning av fasadinfästningssystem och fogkomponenter sker utanför

ytterväggsproduktionen men anpassning sker i ytterväggsproduktionen och på montageplatsen.

Majoriteten av fasadbeklädnaderna förtillverkas och kan fås måttanpassade vid leverans från tillverkare. → 3p

BluClad med tunnputs. En del av beklädnaden är förtillverkad och kan fås måttanpassad. Putsmomentet kommer alltid att göras på montageplats. → 2p

- **Montage:** Fasadinfästningssystemet monteras på väggelementen i fabrik men behöver en del kompletteringsarbete på montageplatsen. Tätning av isolering, kompletteringsmontering av beklädnadselement samt tätning av fasadanslutningar och anslutningar mellan beklädnadselement kan behöva utföras på montageplatsen och är enkelt att utföra. → 2p

BluClad med tunnputs. Tätning och förstärkningar behöver kompletteras längs fogarna. Ytskiktet måste putsas på plats. → 2p

Resurseffektivitet

Resurseffektivitet på montageplats: 2p (BluClad 0p)

- **Arbetsmoment:** Fasaden behöver, efter montering av väggelementen, kompletteras med isolering och montering av beklädnadsskivor vid väggelementfogarna. Kompletteringen är okomplicerad och snabb. → 2p
BluClad med tunnputs kräver dels kompletteringsarbete med BluClad-elementen och dels putsning. → 0p
- **Utrustning:** Fasadsystemet kräver någon typ av personliftsanordning för färdigställandet av fasaden. Byggnadsställning krävs inte för fasadmontering och behovet av väderskydd förlängs endast marginellt. → 3p
BluClad med tunnputs kräver byggnadsställning, uppvärmning under vissa väderförhållanden. Användningen av väderskydd förlängs pga tidsåtgången för putsning. → 0p
- **Materialspill:** Mängden materialspill på montageplatsen är liten till följd av att förtillverkningsgraden av fasaden är hög och att måttanpassningen av de fasadbeklädnadselement och den isolering som monteras på montageplats kan ske i fabrik. → 3p
- **Utrymmesbehov:** Tillfälliga upplag för små mängder isolering och beklädnad behövs. Lift till montering kräver ett litet fritt utrymme runt huset. → 2p
- **Störningar:** Fasadsystemets förmonterade delar av orsakar inga flaskhalsar i ytterväggsmonteringen. Risk för utförandefel på montageplatsen är liten till följd av förarbetet i fabrik. Fasadbeklädnaden skadas inte vid vanliga istötningar under montering. Om ett fasadelement trots allt skulle skadas så kan de bytas ut i efterhand och förlänger därmed inte den totala monterings tiden. → 3p

Resurseffektivitet i fabrik: 2p

- **Arbetsmoment:** Fasadsystemets arbetsmoment i fabrik är okomplicerade men ganska många i antal. Utsättningen av infästningssystemet samt förborring av bärprofiler och fasadbeklädnadsskivor borde kunna automatiseras. Två personer kan krävas vid montering av stora beklädnadselement. Tillverkning av fasadsystemets komponenter görs inte i vägglinan. → 2p

- **Utrustning:** Expanderskruv används vid fasadförankring. Bärprofil fästs till konsol med popnitar och beklädnaden fäst till profilen med skruv och måste förborras. Detta innebär att två typer av fästdon, plus en typ till förankring, måste användas vid fasadmонтаget. Maskiner till förborring kan behövas. → 2p
- **Materialspill:** Om fasadkomponenterna levereras förtillverkade och måttanpassade blir materialspillet vid fasaduppförandet minimalt. → 3p
- **Utrymmesbehov:** Ett rimligt antal monteringsstationer krävs för fasaduppförandet i fabriken. Förvaringsytan som krävs för fasadkomponenter är skäligen och komponenter till fasadinfästningssystemet kan behöva kontinuerligt lagerutrymme i fabriken. → 3p
- **Störningar:** Till följd av de många monteringsstegen ökar risken för att något av dem blir fel utfört. Utförandefel är lättåtgärdade. → 2p

Resurseffektivitet vid projektering: 2p

- **Konstruktion:** Fasadsystemskomponenterna är färdigdimensionerade och placeringen av fasadförankringarna har ett bestämt maximalt centrumavstånd. Konsolerna, som är den delen av infästningssystemet som förankras till väggelementen, kan sättas tätare för att undvika att krocka med ståldetaljer, utfackningspartier och installationer i väggelementen. Resten av infästningssystemet kan justeras efter konsolernas placeringar. Fasadsystemet kan bytas ut mot en platsbyggd fasad som t.ex. puts. Ytterväggskonstruktionens totala tjocklek kan hållas konstant. → 3p
- **Arkitektur:**
Arkitekten har tydliga förutsättningar och begränsningar vid fasadgestaltning. Appliceringen av fasadsystemet försvåras på grund av att genomgående fogar måste undvikas vilket ger att fasadbeklädnadsfogarna inte får hamna framför en väggelementfog. → 2p
BluClad med tunnputs kräver, för arkitekten, ingen anpassning efter fogar mellan väggelement. Tydliga begränsningar och få alternativ vid fasadutformningen. Fasadbeklädnaden är parameteriserbar. → 4p

Appendix B3 – Betygsmotivering Betongbeklädnadselement

Fasadsystem:

Fasadsystemet består av betongbeklädnadselement som är infästa med fasadankare i rostfritt stål från Halfen-Deha. Systemet skapar en luftspalt mellan isoleringen och fasaden.

Infästningssystem:

Elementen förankras till betongvägg med två ankare, placerande i betongbeklädnadens övre hörn, dimensionerade utifrån den maximala fasadelementstorleken. Förankringens komponenter monteras i väggelement och beklädnadselement i fabrik. 4 horisontella distanser gjuts in i beklädnaden för att säkerställa plats för isolering och luftspalt. De vertikala fogarna fogas med fogmassa på montageplats. De horisontella fogarna utformas som en tröskel på beklädnadskanterna och tätas med tätningslist och isolering i fabrik.

Fasadbeklädnad:

Elementen beräknas ha en tjocklek på 100 mm och gjutas i en maximal storlek på 3,4x8 m (begränsas av lastbilarnas kapacitet). Betongbeklädnaden levereras till montageplats av tillverkare.

Betygen sätts under förutsättning att det är möjligt att beställa betongelement med stora variationer i form, mönster, ytstruktur och kulör. De beklädnadsvarianter som valts för värdering visas i Tabell B3.1 nedan.

Tabell B3.1 Alternativa beklädnadsytor på betongelement.

	Färg	Mönster	Struktur	Tillverkning	Ytskydd	
Alt 1	Infärgad betong	Omönstrad	Jämn	Gjuten mot slät form + slipad och polerad (Terazzo)	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusionsöppet permanent klotterskydd • Ej filmbildande vattenavvisande impregnering 	
Alt 2			Ojämn	Gjuten mot slät form, avjämnad, avdragen, brädriven, ströpplad, borstad, rollad eller filtad. + sandblästrad eller syratvättad		
Alt 3		Mönstrad	Jämn	Gjuten mot form, krattad eller spårad		
Alt 4			Ojämn	Gjuten mot form +sandblästrad eller syratvättad		
Alt 5	Fabriksmålad	Omönstrad	Jämn	Gjuten mot slät form + ev. stålglättad + ev. finrollad		<ul style="list-style-type: none"> • Diffusionsöppet permanent klotterskydd • Vattenbaserad täckande färg (akrylatlatexfärg kombinerat med siloxanimpregnering)
Alt 6			Ojämn	Avjämnad, avdragen, brädriven, ströpplad, borstad, rollad eller filtad		
Alt 7		Mönstrad	Jämn	Gjuten mot form, krattad eller spårad		
Alt 8			Ojämn	Gjuten mot strukturmatris och mönstermatris eller form med profiler		
Alt 9	Infärgad eller fabriksmålad betong	Belagd yta	-			

Grundförutsättningar

Påverkan på byggsystem: TVEKSAMT

Fasadsystemet påverkar dagens byggsystem endast i ett initialt skede. Fönsterprojekteringen behöver göras om pga. av ökad ytterväggstjocklek i och med ventilerad luftspalt bakom fasad.

Isoleringen behöver fästas in på annat sätt än att limmas vare sig cellplast med mineritskiva eller mineralullsisolering med vindskiva används.

Hållfasthet: TVEKSAMT

Förutsätter att fasadförankringen dimensioneras för största möjliga beklädnadselement. Tveksamt om förankringarna får tillräcklig vidhäftning i de bärande väggarna och om de bärande väggarna klarar bära den extra tyngden från fasaden. Fogmassan uppfyller krav på beständighet och rörelseupptagande förmåga i (bästa) klass F25 LM enligt SS-EN ISO 11600.

Brandsäkerhet: OK

Endast obrännbara material i ytterväggskonstruktionen (förutom fogarna) om den isoleras med mineralull. Förutsätter att inga brännbara material stöps in i beklädnadsytan.

Ämnesinnehåll: OK

Betong, syrafast rostfritt stål samt PUR-fogmassa från Sikaflex uppfyller BASTA-systemets egenskapskriterier. En förutsättning är att inget material som innehåller otillåtna ämnen gjuts in i beklädnadsytan.

Funktion

Termisk prestanda: 3p

- **Värmeisolering:** Isoleringen kan vara upptill ca 260 mm (upptill ca 320mm vid specialbeställning). Endast obrännbar isolering kan användas. → 3p
- **Köldbryggor:** Fasadinfästningarna sitter långt från varandra och utgör små punktformiga genombrytningar i isoleringen. Isoleringen fästs in med lämplig betongskruv lika tätt som putsbärare. Plastplugg och plastbricka i isoleringsinfästning minskar köldbryggor. → 4p
- **Lufttäthet:** Fogarna mellan väggelementen överlappas med isolering innan betongbeklädnaden monteras. → 4p

Fuktsäkerhet: 3p

- **Uttorkning:** Ventilerad luftspalt gör att fukt har lätt att torka ut. → 4p
- **Fuktinträngning:** Täta vertikala fogar i fasadbeklädnaden. Tröskelformade horisontella fogar. Om fukt tränger förbi tätningslist i horisontell fog så ventileras den bort i luftspalten. Fukt kan inte ledas in i ytterväggskonstruktionen via fasadinfästningar. → 3p
- **Kondens:** Liten risk för kondens i ytterväggskonstruktionen vid köldbryggor. Ingen risk för ytkondens på betongen eftersom den har god värmelagringsförmåga och inte blir kall vid nattutstrålning. → 4p
- **Organiskt material:** Inget organiskt material förekommer i fasadsystemet. Partier med organiska material i ytterväggskonstruktionen (utfackningspartier) riskerar inte att utsättas för en fuktbelastning som kan orsaka biologiska påväxt och nedbrytning. → 4p

Beständighet: 3p

- **Motståndskraft:** Fasadsystemskomponenterna är beständiga mot fukt, temperaturrelser, frost, kemisk/biologisk nedbrytning och förväntade markrörelser. Deformationerna i fasadsystemet är mycket små och fasadens tekniska egenskaper

försämras inte pga. av dessa under fasadens livslängd. Reparation av de tätade fogarna kan behövas någon gång under fasadens livslängd. Risk för kloridinträngning och karbonatisering som leder till armeringskorrosion kan undvikas genom användning av erforderligt betongtäcksikt och en betong med lågt vct. Ett lågt vct i kombination med inblandning av luft i betongen kan också eliminera risken för frostsprängning. → 3p

- **Teknisk livslängd:** Den armerade betongen har en teknisk livslängd på över 100 år under förutsättning att rätt vct och armeringstäcksikt väljs. Infästningarna består av syrafast och rostfritt stål som är helt och hållet ingjutna i betongen och då borde ha en livslängd på drygt 50 år. Fogarna underhålls enligt föreskrift och måste eventuellt bytas ut efter 25-30 år. → 4p
- **Ömtålighet:** Fasadbeklädnad och infästningssystem är tåligt och risken för skador under transport, montering eller i drift är minimal. Ytskiktet är slitstarkt och mycket svårt att repa. Kärnan av beklädnaden består av betong. Fasadsystemet är motståndskraftigt vid sannolik mekanisk påfrestning. → 4p
- **Underhåll:** Fasaden är i stort sett underhållsfri. Tvättning av fasaden med högtryckstvätt och lösningsmedel är möjligt för de flesta ytbehandlingar. Det går inte att byta ut fasadelement vid eventuell skada men elementen går att reparera. → 3p

Estetik

Estetisk livslängd: 2p

- **Färgstabilitet:** Förutsätter att betongbeklädnaden är rätt tillverkad så att missfärgningar inte uppstår till följd av felaktigt arbetsutförande.
Beklädnadsyta 1 & 3: Genomfärgad beklädnad (ca 4 cm). God färgbeständighet är möjlig att uppnå vid användning av oorganiskt, kalkäkta, alkali och UV-beständigt pigment. Risk för fläckar till följd av kalkutfällningar motverkas mha vattenavvisande impregnering på betongytan. Cementerodering riskerar att ge upphov till färgskiftningar på betongytan. Vid mönstrad yta ökar risken att få fläckvisa färgförändringar i form av rinnmärken. Dropp från stålplåtar riskerar att ge missfärgningar som är svåra att tvätta bort. →2p
Beklädnadsyta 2 & 4: Genomfärgad beklädnad (ca 4 cm). Cementhuden är borttagen vilket gör att färgskiftningar orsakade av cementerodering inte uppstår. Det finns risk för att rinnmärken uppstår på fasadytan. →3p
Beklädnadsyta 5-8: Ej genomfärgad. Akrylatbaserad färg är inte UV-beständig och bleknar med tiden. →2p
(Fasadbeklädnaden är mer UV-beständig om den målas med silikatfärg. →3p)
Beklädnadsyta 9: Färgbeständigheten beror helt på vad ytan är belagd med. → -
Fogar: Är inte UV-beständiga och kan färgförändras. →2p
- **Formbeständighet:** Fasadelementen är formbeständiga. Obetydliga formförändringar kan uppstå vid liten mekanisk påverkan. Fogarna är elastiska och formförändring vid liten mekanisk påverkan är reversibel. → 3p
- **Ömtålighet:** Vid korrekt dimensionering och ett noggrant arbetsutförande är sprick- och skaderisken i betongen liten. Det tar lång tid innan eventuella sprickor kan leda till följdskador i form av armeringskorrosion med spjälkning som följd. Sprickorna kan därför repareras i tid för att undvika följdskador som försämrar utseendet. Risken för flagning av eller skador i ytbehandling på fasadbeklädnad beror på ytmaterial och

arbetsutförande. Förutsätter att endast lämpliga arbetsmetoder används och att beklädnaden behandlas i inomhusklimat. Fogmassan är väldigt elastisk vilket minskar risken för sprickor i fogarna. Eventuella sprickor i fogarna leder inte till följdskador som påverkar fasadutseendet. → 3p

- **Underhåll:**

Beklädnad 1 & 3: Beklädnadsytan görs vattenavvisande med hjälp av impregnering. Ytan är relativt lätt att rengöra och regntvättas till viss del. Klotterskyddet underlättar klottersanering. Rinnmärken kan uppstå pga ojämn erosion av cementhuden. Vissa mönster kan bidra till att nedsmutsningen blir ojämn och vattendroppar från plåtdetaljer riskerar att orsaka svår borttagna fläckar. Påväxt av alger och mossa kan uppstå efter lång tid men stör inte utseendet och går att tvätta bort om det önskas.

Uppkomna skador går att laga så att de blir svårupptäckta. →2p

Beklädnad 2 & 4: Har samma egenskaper som 1 & 3 bortsett från att erosion av cementhuden inte riskera att uppstå eftersom denna tas bort i fabrik. →3p

Beklädnad 5-8: Akrylatlatexfärgen kombinerat med siloxanimpregnering av betongytan gör beklädnadsytan mycket vattenavvisande. Ytan är relativt lätt att rengöra och regntvättas till viss del. Klotterskyddet underlättar klottersanering. Risk för rinnmärken kan förekomma vid vissa fasadmönster som ger en ojämn regntvättning. Färgens livslängd är 20-30 år. →2p

Beklädnad 9: Underhållsbehovet beror helt på vad ytan är belagd med. → -

Helhetsintryck: 3p

- **Karaktär:** Det finns potential att skapa både ett unikt utseende på fasaden och ett som kan förhålla sig till de flesta detaljplaner. Fasadsystemet möjliggör en fasaddesign som kan anpassas efter förändringar i byggnadsstil. →4p
- **Kvalitet:** Fasaden ger ett gediget intryck oavsett på vilket avstånd den betraktas. Påverkan vid nederbörd är obefintlig eller tillfällig. →3p
- **Fasadbeklädnad:** Beklädnaden kan tillverkas i format som möjliggör att fasadanslutningar och fasadavslut ser likadana ut som fogarna mellan beklädnadselement. Beklädnadskanter och utsparningar kan tillverkas i valfri form. Kulöravvikelse i fasadbeklädnad mellan olika leveranser är försumbar vid korrekt tillverkning. →4p
- **Fasadfogar:** Beklädnad 1,2,5 & 6: Fogarna mellan fasadelementen är jämnstora, räta och kan ge mervärde till fasaden. Det går ej att urskilja fasadinfästningssystemets delar. →3p
Beklädnad 3,4, 7,8 & 9: Fogarna mellan fasadelementen är jämnstora, räta och kan ge mervärde till fasaden eller fås att smälta in i mönstret på fasadbeklädnaden. Det går inte att urskilja fasadinfästningssystemets olika delar. →4p
- **Fasadinfästningar:** Fasadelementen fästs med dolda infästningar. →4p

Uttrycksvariation: 4p

- **Utformning:** De flesta gestaltungsidéer kan förverkligas med hjälp av fasadsystemet. Utformning av fasaden behöver inte koordineras med väggelementen vilket innebär att fasadutformningen inte påverkas av vart fogarna mellan väggelementen är belägna. Fasadelementen kan fås i nästintill alla former och storlekar och begränsas enbart av transporterbarheten. →4p

- **Fasadbeklädnad:** Fasadbeklädnaden kan utformas och behandlas så att den påminner om en mängd olika ytmaterial som t.ex. trä, tegel, sten och puts. Fasadbeklädnaden finns i ett stort utbud av färg, finish och struktur. →4p
- **Fasadfogar:** Fogar mellan fasadelementen kan utformas så att de både kan smälta in i fasaden (med hjälp av reliefer, skarvplacering och fönstersättning) och synas tydligt. Fogarna kan utföras i olika färger. →4p
- **Fasadinfästningar:** Fasadelementen har dold infästning. →4p

Flexibilitet & industrialisering

Flexibilitet: 3p

- **Fasadbeklädnad:** Beklädnaden kan tillverkas nästintill fritt i storlek i både horisontell och vertikal riktning. Beklädnadselementstorleken begränsas av transportmöjligheterna. Fasadbeklädnadselementen kan tillverkas med kanter som inte är rätvinkliga → 4p
- **Fasadinfästningar:** Infästningssystemet fungerar för alla beklädnadsdimensioner och beklädnadsytor i systemet. Placering av infästningar kompliceras inte av variationer i storlek på beklädnadselement samt förekomsten av ståldetaljer, utfackningspartier och installationer i väggelementen. Vid beklädnadselement med kanter som inte är rätvinkliga, försvåras placering och montering av infästningar för dessa element. →3p
- **Gränssnitt:** Olika storlekar, ytor och proportioner på beklädnadselement kan användas på samma fasad. Beklädnadselement kan tillverkas så att de ger intryck av stående och liggande element intill varandra. Beklädnadselementen kan tillverkas i nästintill valfri form vilket förenklar anslutningar. Anslutningarnas enkelhet kan dock försämrans av infästningssystemet. Till följd av beklädnadens tjocklek kan det vara svårt att applicera en platsbyggd fasad på hela eller delar av fasaden. För att kompensera betongbeklädnadens tjocklek så måste platsbyggda partier ha en fasadbeklädnad med tjocklek motsvarande betongbeklädnaden eller så måste extra isolering monteras för att utjämna skillnader i tjocklek. → 3p
- **Toleranser:** Tillverknings tolerans, temperaturrörelser och fuktutvidgning bör gå att få lika som för väggelementen. Fogbredden mellan beklädnadselementen är tillräckligt stor för att ta upp måttavvikelse. Fasadförankringen är justerbar i vertikalled ± 25 mm, beklädnadsinfästningen är justerbar i horisontalled ± 25 mm. Distanserna är justerbara i djupled ± 20 mm →4p

Parameteriserbarhet: 4p

- **Fasadbeklädnad:** Upp till maximal transporterbar storlek är beklädnadselementens mått parameteriserbara i både horisontal- och vertikalled. Beklädnadselementens storlek beror inte på väggelementens storlek. Fasadförankringarna placeras alltid i de övre hörnen på beklädnadselementet och påverkar därför inte beklädnadselementstorleken. → 4p
- **Fasadinfästningar:** Fasadförankringarnas lägen i fasadelement och väggelement är parameteriserbara med den begränsningen att de två förankringarna naturligtvis måste skapa jämvikt i beklädnaden och ligga på samma inbördes avstånd i väggelement som i fasadelement. → 4p

Industrialiseringsgrad: 3p

- **Komponenter:** Fasadens delar förtillverkas och måttanpassas i fabrik. Tillverkning och anpassning av fasadbeklädnad och fasadinfästningssystem sker utanför ytterväggsproduktionen. Fasadinfästningarna är helt standardiserade och tillverkningen av beklädnaden är standardiserad. → 4p
- **Montage:** Infästningssystemet gjuts in i beklädnads- och väggelement i fabrik. På montageplatsen krävs endast ett enkelt sammankopplingssteg där beklädnaden förankras till väggelementen. Fasadanslutningar och anslutningen av fasadelement till varandra är okomplicerade. Isoleringen måste kompletteras vid väggelementfogarna på montageplatsen. Bottningslist och fogmassa appliceras i beklädnadselementens vertikala fogar på montageplatsen. → 3p

Resurseffektivitet

Resurseffektivitet på montageplats: 3p

- **Arbetsmoment:** Ett beklädnadselement monteras i ett lyft och endast de två fasadankarnas ingjutna delar behöver sammankopplas på montageplatsen. Denna sammankoppling är enkel och ger kortare byggtid än en platsbygg fasad. Innan fasaden monteras så måste isoleringen tätas i väggelementfogarna. Fasadytskiktet är färdigt vid leverans till montageplatsen. Fogning mellan beklädnadselementen görs på montageplatsen. Fogningen sker endast i de vertikala fogarna och antas kunna utföras av de egna montörerna om dessa specialutbildas innan. → 3p
- **Utrustning:** Färdigställandet av fasaden kräver inte byggnadsställning men väl någon typ av personliftsanordning vid fogning. → 3p
- **Materialspill:** Fasaden orsakar endast obetydligt materialspill i form av rester från fogning och kompletteringsisolering. → 4p
- **Utrymmesbehov:** På montageplatsen behövs visst fritt utrymme runt huset till följd av utrymmesbehov för personlift till fogningen. → 3p
- **Störningar:** De förmonterade delarna av fasadsystemet orsakar inga flaskhalsar i ytterväggsmonteringen. Risk för utförandefel och skador på fasaden vid monteringen är låg. → 4p

Resurseffektivitet i fabrik: 4p

- **Arbetsmoment:** De enda arbetsmomenten relaterade till fasadtillverkningen som sker i fabrik är ingjutning av en del av infästningssystemet i väggelementen och infästning av isoleringen. Momenten är enkla och kräver max 1 person. → 4p
- **Utrustning:** Ingen speciell utrustning krävs i fabriken för fasaduppförandet. → 4p
- **Materialspill:** I fabriken uppkommer inget materialspill från fasadtillverkningen. → 4p
- **Utrymmesbehov:** Fasaduppförandet kräver ingen yta i fabrik för montering eller tillverkning. Liten yta för lagring av ingjutningsgodis till infästningssystemet krävs. → 4p
- **Störningar:** Risken för utförandefel vid ingjutning av infästningskomponenten är låg och påverkar tiden för väggproduktionen minimalt. → 4p

Resurseffektivitet vid projektering: 2p

- **Konstruktion:** Fasadsystemskomponenterna är färdigdimensionerade och förankringarna är alltid placerade i de övre hörnen på fasadelementet vilket innebär att fasadelementstorleken måste anpassas efter fasadförankringens möjliga placeringar i väggelementen. Fasadsystemet kan bytas ut mot en tjock platsbyggd fasad i form av t ex en tegelfasad eller en tunnare fasad där skillnaden i tjocklek kompenseras med extra isolering. Beklädnadselementen har samma tjocklek oavsett byggnadsutförning. → 2p
- **Arkitektur:** Arkitekten behöver inte anpassa fasadutförningen efter fogarna mellan väggelementen eftersom beklädnadselementens storlek inte beror på väggelementen. Måtten på beklädnadselementen är helt parameteriserbara inom begränsningarna för maximal storlek. → 4p

Appendix B4 - Betygsmotivering Sandwichelement

Fasadsystem:

Sandwichsystemet består av ett bärande betongelement och ett fasadelement i betong som gjuts ihop i fabrik med 200 mm cellplastisolering mellan.

Infästningssystem:

Gjutningen sker i liggande form och infästningen består av bärankare och byglar i syrafast och rostfritt stål. Det finns ingen luftspalt mellan fasadelementet och isoleringen men de vertikala fogarna utformas med en luftningskanal. De vertikala fogarna fogas med fogmassa på montageplats. De horisontella fogarna utformas som en tröskel på beklädnadskanterna och tätas med tätningslist och isolering i fabrik.

Fasadbeklädnad:

Elementen beräknas ha en tjocklek på 70 mm och gjuts alltid i väggelementsstorlek (maximalt 6 m långa för att undvika skador i fasadelementet vid stora temperaturrörelser). Gjutningen måste ske i egen fabrik och fabriken kapacitet begränsar utformningsmöjligheterna. Antar att det är möjligt att formge fasadbeklädnaden med samma estetiska uttryck som betongbeklädnadselementen (se alternativen i Tabell B4.1 nedan). Antalet variationer i mönster, ytor och färg begränsas dock till ett antal ”årsmodeller”. Utbudet kan bytas ut efterhand som kunder och arkitekter önskar så.

Tabell B4.1 Beklädnadsalternativ för sandwich element

	Färg	Mönster	Struktur	Tillverkning	Ytskydd
Alt 1	Infärgad betong	Omönstrad	Jämn	Gjuten mot slät form + slipad och polerad (Terazzo)	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusionsöppet permanent klotterskydd • Ej filmbildande vattenavvisande impregnering
Alt 2			Ojämn	Gjuten mot slät form, avjämnad, avdragen, brädriven, ströpplad, borstad, rollad eller filtad. + sandblästrad eller syratvättad	
Alt 3		Mönstrad	Jämn	Gjuten mot form, krattad eller spårad	
Alt 4			Ojämn	Gjuten mot form +sandblästrad eller syratvättad	
Alt 5	Fabriks-målad	Omönstrad	Jämn	Gjuten mot slät form + ev. stålglättad + ev. finrollad	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusionsöppet permanent klotterskydd • Vattenbaserad täckande färg (akrylatlatexfärg kombinerat med siloxanimpregnering)
Alt 6			Ojämn	Avjämnad, avdragen, brädriven, ströpplad, borstad, rollad eller filtad	
Alt 7		Mönstrad	Jämn	Gjuten mot form, krattad eller spårad	
Alt 8			Ojämn	Gjuten mot strukturmatris och mönstermatris eller form med profiler	
Alt 9	Infärgad eller fabriks-målad betong	Belagd yta	-		

Grundförutsättningar

Påverkan på byggsystem: Ej OK

Fasadsystemet med sandwichelement påverkar det aktuella byggsystemet i allt för stor grad. De stående gjutformarna i fabriken måste bytas ut mot liggande. Vidare går det inte att använda dagens system med utfackningspartier om fasadelementet ska täcka utfackningspartiet under fönsteröppningarna.

Olika hjälpmedel för utsmyckning av beklädnadselement måste förvaras i fabriken. Arbetsmiljön kan försämrats beroende på hur man efterbehandlar betongytan.

I betygsättningen utgår det från att byggsystemet ändras så att väggarna gjuts i liggande form och att inga utfackningspartier finns utan ursparningar gjuts för fönster och dörrar. Alternativt så byggs utfackningspartier in på plats i fabrik. De kan inte prefabriceras och de kräver en egen fasadlösning.

Hållfasthet: OK

Förankringssystem och armering förutsätts vara dimensionerade för aktuell fasads vindlaster. Fogmassan uppfyller krav på beständighet och rörelseupptagande förmåga i (bästa) klass F25 LM enligt SS-EN ISO 11600. Det aktuella bärande systemet måste kontrolleras så att det klarar den tyngre fasaden.

Brandsäkerhet: OK

Betongen och infästningssystemet är obrännbart. Cellplastisoleringen är brännbar men konstruktionen uppfyller krav för en BR1-byggnad eftersom den skyddas av en betongbeklädnad på utsidan vilket uppfyller en täthet på lägst EI 30. Isoleringen är dessutom ingjuten från fabrik vilket gör att konstruktionen är extra tät och ingen luftspalt finns intill isoleringen. Vid varje bjälklag bryts cellplasten bakom fasaden av med en brandtätning. Vägghkonstruktionen är brandtätad från insidan med en täthet på EI 60 (uppgift från NCC).

En förutsättning är att endast, ur brandsynpunkt godkända, ytmaterial stöps in på beklädnadsytan.

Ämnesinnehåll: OK

Betong, syrafast rostfritt stål samt PUR-fogmassa från Sikaflex uppfyller BASTA-systemets egenskapskriterier. En förutsättning är att inget material som innehåller otillåtna ämnen gjuts in i beklädnadsytan.

Funktion

Termisk prestanda: 3p

- **Värmeisolering:** Ingen egentlig begränsning på isolertjocklek. Cellplastisolering önskvärd och möjlig. → 4p
- **Köldbryggor:** Punktformiga genombrytningar i isoleringen både av bärarkare och byglar i rostfritt stål. Inga köldbrytare i infästningssystemet men det är glest mellan förankringarna (cc ca 1,2 m). Totala ytan av köldbrytare är liten i förhållande till hela väggarean. → 4p
- **Lufttäthet:** Horisontella fogar är inte genomgående utan isoleringen och beklädnaden sticker upp från väggelementet och överlappar väggskarven en aning. Fogarna är lufttätade från insidan men endast med tätningslister och inte fogmassa med god vidhäftning. Vertikala fogar är genomgående men lufttätade både från insidan med tätningslister och isolering och i fasaden med fogmassa. Fogens värmeisolerande förmåga är minst lika bra som väggen i övrigt. → 3p

Fuktsäkerhet: 2p

- **Uttorkning:** Fasaden har en dränerings- och luftningskanal bakom regnskyddet i den vertikala fogen. Inträngd fukt i yttervägghkonstruktionen har möjlighet att torka ut i mer än en riktning men det tar tid. → 3p

- **Fuktinträngning:** Täta vertikala fogar i fasadbeklädnaden. Tröskelformade horisontella fogar. Om fukt tränger förbi tätningslist i horisontell fog så kan de nå cellplastisoleringen i ytterväggskonstruktionen innan den leds bort. Risken för att fukt leds vidare in i ytterväggskonstruktionen är mycket liten eftersom de horisontella fogarna i fasaden och isoleringen inte är genomgående. → 2p
- **Kondens:** Ingen risk för kondens i ytterväggskonstruktionen vid köldbryggor. Infästningssystem i dåligt ledande rostfritt material. Ingen risk för ytkondens på betongen eftersom den har god värmelagringsförmåga. → 4p
- **Organiskt material:** Organiska material förekommer inte i fasadsystemet. Partier med organiska material i ytterväggskonstruktionen (utfackningspartier) riskerar inte att utsättas för en fuktbelastning som kan orsaka påväxt av biologiska organismer och nedbrytning. → 4p

Beständighet: 3p

- **Motståndskraft:** Fasadsystemskomponenterna är beständiga mot fukt, temperaturrörelser, frost, kemisk/biologisk nedbrytning och förväntade markrörelser. Deformationerna i fasadsystemet är mycket små och fasadens tekniska egenskaper försämras inte pga. av dessa under fasadens livslängd. Reparation av de tätade fogarna kan behövas någon gång under fasadens livslängd. Risk för kloridinträngning och karbonatisering som leder till armeringskorrosion kan undvikas genom användning av erforderligt betongtäcksikt och en betong med lågt vct. Ett lågt vct i kombination med inblandning av luft i betongen kan också eliminera risken för frostsprängning. → 3p
- **Teknisk livslängd:** Den armerade betongen har en teknisk livslängd på över 100 år under förutsättning att korrekt vct och armeringstäcksikt väljs. Infästningarna består av syrafast och rostfritt stål som är ingjutna i betongen och då borde ha en livslängd på drygt 50 år. Fogarna underhålls enligt föreskrift och måste eventuellt bytas ut efter 25-30 år. → 4p
- **Ömtålighet:** Fasadsystemet är beständigt under transport, montering och i drift. Fasadsystemet är motståndskraftigt vid sannolik mekanisk påfrestning. Betongen är slitstarkt och det är ingen risk för repor i ytskiktet. → 4p
- **Underhåll:** Fasaden är i stort sett underhållsfri. Tvättning av fasaden med högtryckstvätt och lösningsmedel är möjligt för de flesta ytbehandlingar. Det går inte att byta ut fasadelement vid eventuell skada men elementen går att reparera. Fogmassa kan behöva repareras efter viss tid. → 3p

Estetik

Estetisk livslängd: 2p

- **Färgstabilitet:** Förutsätter att betongbeklädnaden är rätt tillverkad så att missfärgningar inte uppstår till följd av felaktigt arbetsutförande. Beklädnadsyta 1 & 3: Genomfärgad beklädnad (ca 4 cm). God färgbeständighet är möjlig att uppnå vid användning av oorganiskt, kalkäkta, alkali och UV-beständigt pigment. Risk för fläckar till följd av kalkutfällningar motverkas mha vattenavvisande impregnering på betongytan. Cementerodering riskerar att ge upphov till färgskiftningar på betongytan. Vid mönstrad yta ökar risken att få fläckvisa

färgförändringar i form av rinnmärken. Dropp från stålplåtar riskerar att ge missfärgningar som är svåra att tvätta bort. →2p

Beklädnadsyta 2 & 4: Genomfärgad beklädnad (ca 4 cm). Cementhuden är borttagen vilket gör att färgskiftningar orsakade av cementerodering inte uppstår. Det finns risk för att rinnmärken uppstår på fasadytan. →3p

Beklädnadsyta 5-8: Ej genomfärgad. Akrylatbaserad färg är inte UV-beständig och bleknar med tiden. →2p

(Fasadbeklädnaden är mer UV-beständig om den målas med silikatfärg. →3p)

Beklädnadsyta 9: Färgbeständigheten beror helt på vad ytan är belagd med. → -

Fogar: Är inte UV-beständiga och kan färgförändras. →2p

- **Formbeständighet:** Fasadelementen är formbeständiga. Obetydliga formförändringar kan uppstå vid liten mekanisk påverkan. Fogarna är elastiska och formförändring vid liten mekanisk påverkan är reversibel. → 3p
- **Ömtålighet:** Vid korrekt dimensionering och ett noggrant arbetsutförande är sprick- och skaderisken i betongen liten. Det tar lång tid innan eventuella sprickor kan leda till följdskador i form av armeringskorrosion med spjälkning som följd. Sprickorna kan därför repareras i tid för att undvika följdskador som försämrar utseendet. Risken för flagning av eller skador i ytbehandling på fasadbeklädnad beror på ytmaterial och arbetsutförande. Förutsätter att endast lämpliga arbetsmetoder används och att beklädnaden behandlas i inomhusklimat. Fogmassan är väldigt elastisk vilket minskar risken för sprickor i fogarna. Eventuella sprickor i fogarna leder inte till följdskador som påverkar fasadutseendet. → 3p
- **Underhåll:** Beklädnad 1 & 3: Beklädnadsytan görs vattenavvisande med hjälp av impregnering. Ytan är relativt lätt att rengöra och regntvättas till viss del. Klotterskyddet underlättar klottersanering. Rinnmärken kan uppstå pga ojämn erodering av cementhuden. Vissa mönster kan bidra till att nedsmutsningen blir ojämn och vattendroppar från plåtdetaljer riskerar att orsaka svår borttagna fläckar. Påväxt av alger och mossor kan uppstå efter lång tid men stör inte utseendet och går att tvätta bort om det önskas. Uppkomna skador går att laga så att de blir svårupptäckta. →2p
Beklädnad 2 & 4: Har samma egenskaper som 1 & 3 bortsett från att erodering av cementhuden inte riskera att uppstå eftersom denna tas bort i fabrik. →3p
Beklädnad 5-8: Akrylatlatexfärgen kombinerat med siloxanimprenering av betongytan gör beklädnadsytan mycket vattenavvisande. Ytan är relativt lätt att rengöra och regntvättas till viss del. Klotterskyddet underlättar klottersanering. Risk för rinnmärken kan förekomma vid vissa fasadmönster som ger en ojämn regntvättning. Färgens livslängd är 20-30 år. →2p
Beklädnad 9: Underhållsbehovet beror helt på vad ytan är belagd med. → -

Helhetsintryck: 3p

- **Karaktär:** Det finns potential att skapa både ett unikt utseende på fasaden och ett som kan förhålla sig till de flesta detaljplaner. Fasadsystemet möjliggör en fasaddesign som kan anpassas efter förändringar i byggnadsstil. →4p
- **Kvalitet:** Fasaden ger ett gediget intryck oavsett på vilket avstånd den betraktas. Påverkan vid nederbörd är obefintlig eller tillfällig. →3p
- **Fasadbeklädnad:** Fasadbeklädnaden kan tillverkas i format som möjliggör att fasadanslutningar och fasadavslut ser likadana ut som i fogarna mellan beklädnadselement. Beklädnadskanter och utsparningar kan tillverkas i valfri form.

Kulöravvikelse i fasadbeklädnad mellan olika leveranser är försumbar om tillverkningen sker korrekt. →4p

- **Fasadfogar:**

Beklädnad 1,2,5 & 6: Fogarna mellan fasadelementen är jämnstora, räta och kan ge mervärde till fasaden. Det går inte att urskilja fasadinfästningssystemets olika delar. →3p

Beklädnad 3,4, 7,8 & 9: Fogarna mellan fasadelementen är jämnstora, räta och kan ge mervärde till fasaden eller fås att smälta in i mönstret på fasadbeklädnaden. Det går inte att urskilja fasadinfästningssystemets olika delar. →4p

- **Fasadinfästningar:** Fasadelementen fästs med dolda infästningar. →4p

Uttrycksvariation: 3p

- **Utformning:** Utformning av fasaden behöver koordineras med väggelementen. Fasadelementen kan alltid och endast fås i väggelementstorlek (max 6 m långa). Fasadelementen måste alltid vara våningshöga. Det finns inget behov av att kombinera liggande och stående element eftersom ett sådant uttryck går att skapa i betongytan. Fasadelementens kanter behöver inte vara rätvinkliga. → 3p
- **Fasadbeklädnad:** Fasadbeklädnaden kan utformas med valfri färg, mönster och ytmaterial eftersom erforderliga tillbehör kan beställas till fabriken för varje nytt projekt. Ytbehandlingen blir begränsad till ett antal ”årsmodeller” eftersom inte alla verktyg för behandling kan tillhandahållas i fabriken. →3p
- **Fasadfogar:** Fogar mellan fasadelementen kan utformas så att de både kan smälta in i fasaden (med hjälp av reliefer, skarvplacering och fönstersättning) och synas tydligt. Fogarna kan utföras i olika färger. →4p
- **Fasadinfästningar:** Fasadelementen har dold infästning. →4p

Flexibilitet & industrialisering

Flexibilitet: 3p

- **Fasadbeklädnad:** Beklädnadens storlek begränsas endast av väggelementsstorlek och en maximal längs på 6 m. Våningshöga fasadelement är möjliga. Fasadbeklädnadselementen kan tillverkas med kanter som inte är rätvinkliga. → 3p
- **Fasadinfästningar:** Infästningssystemet fungerar för alla beklädnader i systemet. Placering av infästningar kompliceras inte av väggelementsutformningen eller förekomst av ståldetaljer, utfackningspartier eller installationer. → 4p
- **Gränssnitt:** Beklädnadsyta, storlek och proportioner kan varieras på fasaden. Inget behov av att kombinera liggande och stående element eftersom ett sådant uttryck går att skapa i betongytan. Fasadelementen kan tillverkas i en storlek och form som förenklar anslutningar till andra byggnadsdelar och till genomföringar. Tjockleken på ytterväggskonstruktionen kan hållas konstant (om än ganska tjock) och kan helt eller delvis bytas ut mot vissa typer av platsbyggda fasader. → 3p
- **Toleranser:** Fogarna kan utformas så att dessa kan ta upp tolererade måttavvikelser. Viss justering vid montering möjlig →3p

Parameteriserbarhet: 3p

- **Fasadbeklädnad:** Beklädnadselementen är parameteriserbara men måste alltid anpassas till väggelementens storlek. Beklädnadselementen gjuts så att de passar in på

fält runt öppningar i både vertikal- och horisontalled. Elementstorleken påverkas inte av fasadförankringarnas placeringar. → 3p

- **Fasadinfästningar:** Infästningssystemet är parameteriserbart i horisontal- och vertikalled. → 4p

Industrialiseringsgrad: 3p

- **Komponenter:** Komponenterna och tillverkningen har hög standardiseringsgrad. Tillverkning av infästningssystem och fogmassa sker utanför den egna produktionen. Tillverkning av fasadbeklädnad och viss anpassning av infästningssystem sker i ytterväggsproduktionen. → 3p
- **Montage:** Hela fasaden, utom tätning av anslutningar mellan beklädnadselement i vertikalled, färdigställs i fabrik. Fogning med bottningslist och fogmassa görs på montageplats. Arbetet med sammankoppling av fasadsystemets komponenter, i form av montering av förankringssystem och gjutning, sker rationellt och i fabrik vilket innebär att fasadförankringen kan anses vara enkel. Även fasadanslutningar och anslutningar mellan fasadelement är enkel. → 3p

Resurseffektivitet

Resurseffektivitet på montageplats: 3p

- **Arbetsmoment:** Ett ytterväggselement monteras i ett lyft. Applicering av bottningslist och fogmassa mellan fasadelement är enkel. Fasadytskiktet behöver inte efterbehandlas på montageplatsen. Ingen extra personal eller utomstående aktör fordras på montageplatsen för att färdigställa fasaden. → 4p
- **Utrustning:** Någon typ av personliftanordning krävs för fogningsmomentet. Byggnadsställning behövs inte till fasadmontering. → 3p
- **Materialspill:** Obetydligt materialspill på montageplatsen eftersom endast fogning sker. → 4p
- **Utrymmesbehov:** Tillfälliga upplag för fogtillbehör kan behövas. Fasadmonteringen kräver litet fritt utrymme runt huset för personliftanordningen. → 3p
- **Störningar:** Fasadsystemet orsakar ingen förlängd monterings- eller utförandefel eller att det uppstår skador på fasaden vid monteringen är låg. → 4p

Resurseffektivitet i fabrik: 2p

- **Arbetsmoment:** Fasadtillverkning och montering av infästningssystem sker i vägglinan. Tillverkningen kräver många arbetsmoment men är hyfsat okomplicerad. Åtminstone betongtillverkningen borde gå att automatisera och inget arbetsmoment kräver mer än två personer. Tillverkning av armering och fasadförankringar sker utanför ytterväggsproduktionen. → 2p
- **Utrustning:** Sammanfogning av armering och fasadförankringar kräver maximalt två olika fästdon. Utrustning för behandling av ytbeklädnad behövs i fabrik. → 2p
- **Materialspill:** Vid fasadtillverkningen uppkommer spill från gjutningen och en del från formar och färger. Tillverkning av komponenter till infästningssystemet sker utanför ytterväggsproduktionen. → 2p

- **Utrymmesbehov:** Delar och utrustning till fasadtillverkningen behöver förvaras i fabrik i varje projekt. Komponenter till fasadinfästningssystemet samt eventuella efterbehandlingstillbehör kan kräva kontinuerligt lagerutrymme i fabriken. De olika momenten i fasaduppförandet kräver stort utrymme (många stationer och liggande gjutformar) men det är okej eftersom sandwichfasader är industriellt producerade och uppfyller målet att eliminera moment på montageplatsen . → 2p
- **Störningar:** Risken för utförandefel vid fasadtillverkning är låg. Gjutning, härdning och efterbehandling är tidskrävande moment och kan utgöra risk för flaskhals om de inte förutses och planeras för i god tid. → 2p

Resurseffektivitet vid projektering: 3p

- **Konstruktion:** Oavsett projekt så är förankringar och infästningar färdigdimensionerade och placeringen är variabel. Väggtjockleken är konstant. Fasaden kan bytas ut mot platsbyggda fasader om dessa görs lite tjockare med tilläggsisolering. → 4p
- **Arkitektur:** Fasadutformningen måste anpassas efter fogarna mellan väggelementen men dessa försvårar inte fasadsystemets applicerbarhet. Arkitekten har många möjligheter vid utformning av beklädnadsytan men också tydliga begränsningar i och med att fasadelementens fogar ligger i samma läge som väggelementens fogar. → 3p

Appendix C – Beräkningar till analys

Appendix C1 - U-värden

För att beräkna värmegenomgångskoefficienten för väggarna för de två olika fasadalternativen görs en handberäkning enligt följande Ekvation C1.1 nedan.

$$U = \frac{1}{\sum R} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad \text{där } R = \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (\text{C1.1})$$

U = Värmegenomgångskoefficient (W/m²K)
R = Värmeövergångsmotstånd (m²K/W)
d = Materialtjocklek (m)
λ = Värmeledningsförmåga (W/mK)

De inre och yttre värmeövergångsmotstånden sätts till (Petersson 2004):

R_{si} = 0,13 (m²K/W)
R_{se} = 0,04 (m²K/W)

Putsfasad

Materialdata för väggen med putsfasad kommer från Wester (2007) och gäller för de material som ingår i dagens ytterväggselement hos NCC Komplet (se Tabell C1.1).

Tabell C1.1 Materialdata för dagens ytterväggar med putsfasad

Material	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Betong	0,14	1,7	0,08
Cellplast	0,15	0,038	3,95
Stenull	0,05	0,037	1,35
Puts	0,01	1,0	0,01

Resultat: U = 0,180 W/m²K

Skivelementfasad

Materialdata för isoleringen i väggen med skivelementfasad är hämtad från produktinformation över en lämplig ytterväggisolerings med vindskydd (Paroc 2007), se Tabell C1.2 nedan. Luftspalten antas vara så väl isolerad att utomhusklimat råder i den och eventuellt värmeövergångsmotstånd i fasaden försummas.

Tabell C1.2 Materialdata för skivelementfasad

Material	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Betong	0,14	1,7	0,08
Mineralull	0,15	0,034	4,41
Vindskiva	0,05	0,034	1,47

Resultat: U = 0,163 W/m²K

Resultat

Enligt beräkningen är U-värdet bättre i väggen med skivelementfasad än putskonstruktionen. Enda orsaken är att bättre isoleringsskivor valts i det fallet. Om samma isoleringsförmåga väljs i putskonstruktionen kommer de båda ytterväggarna få samma U-värde. Observera att U-värdena är räknade genom ett snitt som helt saknar köldbryggor i form av fasadförankringar och anslutningar till andra byggnadsdelar.

Appendix C2 - Köldbryggor med HEAT2

I detta appendix görs beräkningen av storleken på köldbryggorna genom stålkonsolerna till skivelementens infästningssystem. Det sökta resultatet är det tillskott till väggens värmeövergångskoefficient (U-värde) som konsolerna orsakar.

Beräkningen är stationär och görs i HEAT2 (7.0 light version). HEAT2 är ett simuleringsprogram som beräknar ett tvådimensionellt värmefflöde genom en konstruktion enligt metoden med finita differenser. Det är även möjligt att utföra transienta beräkningar i HEAT2 men det är inte nödvändigt för den här uppgiften. Programmet är utvecklat vid Lunds Tekniska Högskola av Thomas Blomberg och ska enligt Thomas Blomberg uppfylla de krav på beräkningsprogram som ställs i ISO 10211-1 (Johansson 2000, s9). Geometrin av konstruktionen ritas i programmet och de ingående materialens egenskaper anges. Därefter bestäms randvillkor och programmet utför en stationär beräkning av värmefflödet, dvs. tills jämvikt inställt sig. Resultatet visas som en figur över isotermer och värmefflödesriktningar. Resultatet ges även i siffror som medelflöde per ytenhet eller längdenhet.

Simulering

Konsolerna är förankrade med ett inbördes avstånd på ca 500 mm både i vertikal- och horisontalled vilket innebär att det på varje kvadratmeter vägg finns 5 konsoler.

Konsolerna är i rostfritt stål med en godstjocklek på ca 3 mm. Varje konsol är "L-formad" med en bredd på ca 50 mm och en längd som motsvarar isoleringens tjocklek, dvs. 200 mm (se Figur C2.1). Höjden på konsolen syns inte i figuren men den är ca 70 mm. Konsolstorleken är mätt från detaljritning (Ivarsson 2007).

Materialdata:

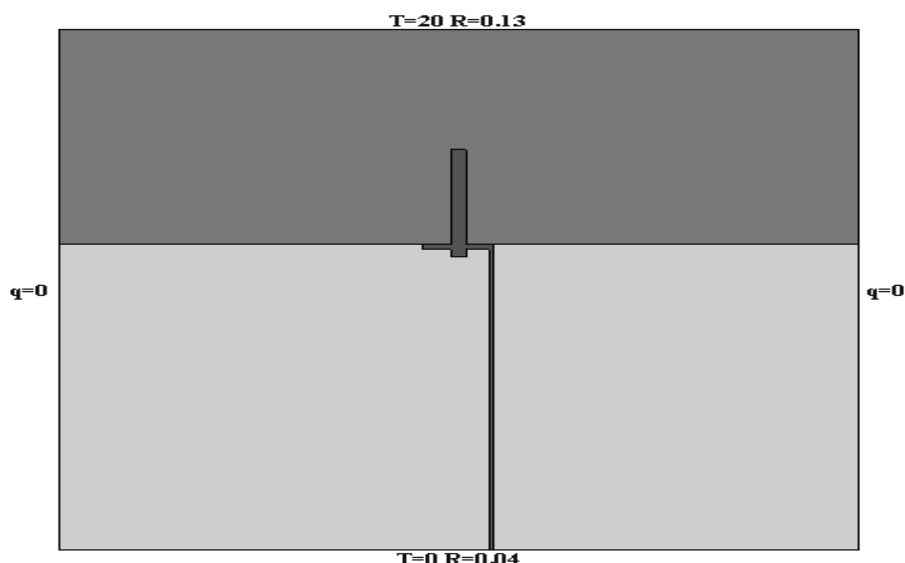
Betong	140 mm	$\lambda = 1,7 \text{ W/m}$
Mineralull	200 mm	$\lambda = 0,034 \text{ W/m}$
Rostfritt stål	200 mm	$\lambda = 17 \text{ W/m}$

I beräkningen sätts inomhustemperaturen till 20 °C och utomhustemperaturen till 0 °C. Exakt vilken temperatur som ansätts spelar ingen roll för det slutgiltiga U-värdet eftersom dess storlek anges per Kelvin. Inre och yttre värmeförvägningssmotstånd mellan luft och väggyta antas vara normala R_{si} och R_{se} (Petersson 2004). Luftspalten mellan isoleringen och fasaden antas vara väl ventilerad så att utomhusklimat råder i den och därför behöver inte fasaden ritas in i figuren. För att endast få med flödet från insida vägg till utsida vägg sätts flödet längs ränderna längs kanterna av snittet till 0 W/m².

Randvillkor:

1. Luftspalt	$T_{const} = 0 \text{ °C},$	$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
2. Vägg	$Q_{const} = 0 \text{ W/m}^2$	
3. Insida vägg	$T_{const} = 20 \text{ °C},$	$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
4. Vägg	$Q_{const} = 0 \text{ W/m}^2$	

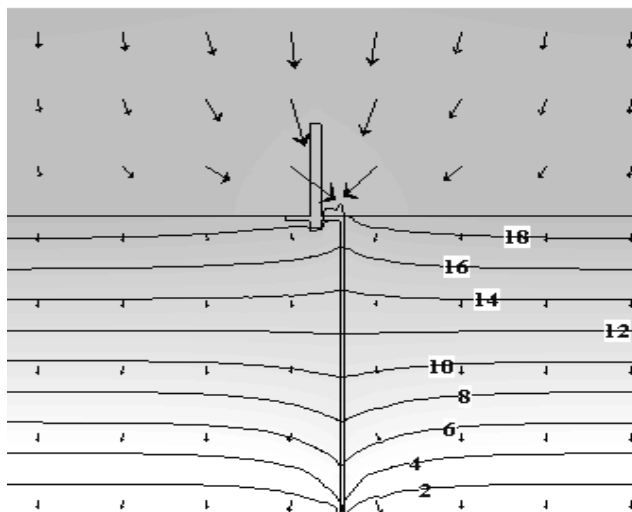
För att jämföra köldbryggan genom konsolen med det normala värmefflödet genom väggen så ritas även ett väggssnitt utan konsol i HEAT2. Randvillkor och materialdata för betongen och mineralullen är samma som ovan.



Figur C2.1 Väggdetalj med konsol, sedd ovanifrån

Resultat

I Figur C2.2 nedan visas resultatet från simuleringen som temperaturfördelningen i väggen vid stationära förhållanden. Utomhustemperaturen är 0 °C och isotermerna visar temperaturfördelningen från utsida till insida vägg där det är 20 °C varmt. Pilarna i figuren visar värmeflödets storlek och riktning.



Figur C2.2 Flödesriktningar och isotermer.

Simuleringen i HEAT2 ger ett genomsnittligt värmeflöde per ytenhet längs konsolkanten mot luftspalten med utomhusklimat, se Tabell C2.1. Utifrån resultatet beräknas det totala värmeflödet genom konsolernas tvärsnittsarea (3x70 mm). Det genomsnittliga U-värdet genom konsolerna beräknas per kvadratmeter vägg (5 konsoler/m²) enligt Ekvation C2.1 nedan. Även storleken på värmeflödet genom ett vanligt väggsnitt utan konsoler beräknas per kvadratmeter vägg, se beräkningsresultat i Tabell C2.1 nedan.

$$U = \frac{Q}{A \times \Delta T} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (\text{C2.1})$$

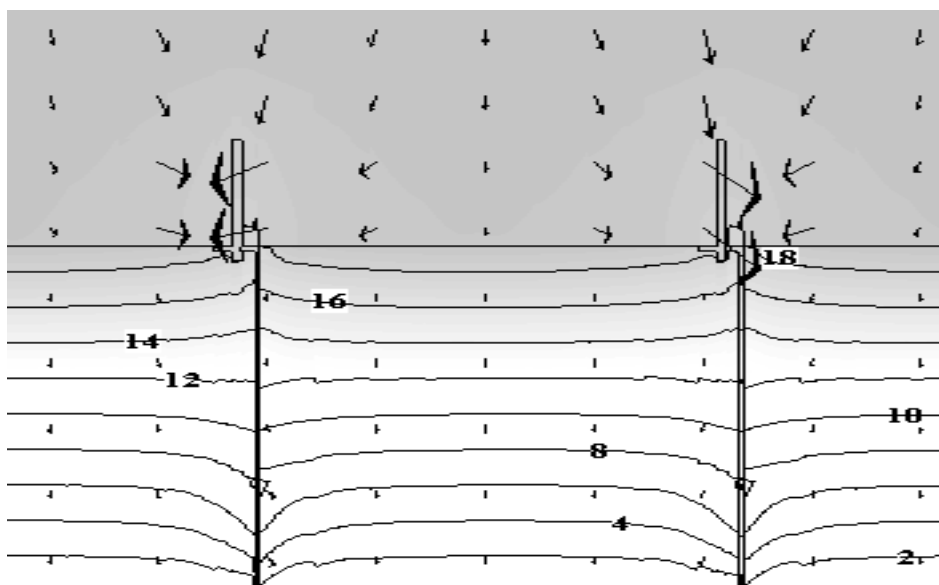
U = Värmeöverföringskoefficient (W/m²K)
 Q = Värmeväxlingsflöde (W)
 A = Tvärsnittsarea (m²)
 ΔT = Temperaturdifferens (K)

Tabell C2.1 Resultat från HEAT och beräkning av U

	Q HEAT (W/m ²)	A (m ² /st)	Antal (st/m ² vägg)	A (m ² /m ² vägg)	Q (W)	Avvägg (m ²)	ΔT (K)	U (W/m ² K)
Vägg	3,259			0,999	3,255	1	20	0,163
Konsol	95,633	0,00021	5	0,001	0,100	1	20	0,005

Den genomsnittliga värmeöverföringskoefficienten genom konsolerna är 0,005 W/m²K. Det vanliga U-värdet genom ett väggsnitt utan konsoler och utan infästningar för isolering är 0,163 W/m²K. U-värdet genom konsolerna innebär en extra köldbrygga som är ca 3 % större än det vanliga U-värdet.

Ännu en simulering har gjorts i HEAT2 för att kontrollera att konsolerna inte sitter så tätt att de påverkas av varandras värmeväxlingsflöde. Ett väggsnitt med två konsoler på 500 mm avstånd ritas i HEAT2. Figur C2.3 visar temperaturfördelningen och värmeväxlingsflödet för två konsoler.



Figur C2.3 Samspelet mellan två konsoler

På värmeväxlingsflödespilarna och isothermerna syns det tydligt att området mitt emellan de två konsolerna är opåverkat. Värmeväxlingsflödet genom konsolerna blir ytterst lite större än för exempelvis med en konsol. Det genomsnittliga U-värdet genom konsolen är fortfarande 0,005 W/m²K.

Bilaga C3 – Fukttransport med KFX03

Endimensionella icke stationära fuktberäkningarna har gjorts på ytterväggskonstruktionen för att kontrollera att de kritiska fuktillstånden inte uppnås någonstans i ytterväggen vid en konstruktion med något av de analyserade fasadsystemsalternativen, skivelementfasad med ventilerad luftspalt eller platsbyggd enstegstätad tunnputsfasad.

Beräkningsverktyget som har använts för att utföra fuktberäkningarna heter KFX03 och är baserat på finita differensmetoden. Väggkonstruktionen delas i beräkningarna in i 10 beräkningsceller.

Beräkningarna som efter inmatning av indata görs av programmet baseras på vedertagna ekvationer för fuktberäkning. Fukttransporten in eller ut ur en beräkningscell beräknas enligt Ekvationen C3.1 nedan där δ är materialets ånggenomsläpplighet [m^2/s] som i sin tur är en funktion av den relativa fuktigheten [%] i materialet. I Ekvation C3.1 står Δx [m] för celltjockleken medan Δv [$kg/(m^2 \cdot s)$] är skillnaden i ånghalten mellan cellens båda sidor. Det är skillnaden i ånghalt i väggkonstruktionen som är drivkraften för ångtransporten. Fukt från en cell med högre ånghalt vill ta sig till en cell med lägre ånghalt. Om Δv är noll i alla celler sker ingen fukttransport. Ånghalten i ett material beror på den rådande temperaturens, T [$^{\circ}C$], mätnadsånghalt v_s [kg/m^3] och aktuell relativ fuktighet i materialet, RF [%], och beräknas enligt Ekvation C3.2.

$$g = \delta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x} \left[\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right] \quad (C3.1)$$

$$v = \frac{\varphi}{v_s(T)} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \Leftrightarrow \varphi = v \cdot v_s(T) [-] \Rightarrow \varphi \cdot 100 = RF \quad [\%] \quad (C3.2)$$

Datorverktyget KFX har utvecklats på ”Avdelningen för Byggnadsteknologi” vid ”Institutionen för Bygg- och miljöteknik” vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Programmet har funnits sedan 80-talet och den senaste uppdateringen av programmet, KFX03, gjordes av Mats Rodhe 2002 och innebär att materialegenskaperna kan anges som funktioner av den relativa fuktigheten samt att randvillkoren i beräkningarna nu kan anges enligt ytterligare ett alternativ. För en mer utförlig beskrivning av KFX se Johansson & Nilsson (2006).

Indata:

För att kontrollera de kritiska fuktillstånden har fuktberäkningarna gjorts för de tre olika beräkningsfall.

- **Beräkningsfall 1:** Motsvarar en ytterväggskonstruktion bestående av en bärande Komplet-tyttervägg i betong med utvändigt isolering och en ventilerad skivelementfasad. I Figur C3.1 nedan visas den indata som använts vid beräkningarna i KFX03.
- **Beräkningsfall 2:** Motsvarar en ytterväggskonstruktion bestående av en bärande Komplet-tyttervägg i betong med en enstegstätad tunnputsfasad, dvs dagens fasadlösning på Komplet-husen. I Figur C3.2 nedan visas den indata som använts vid beräkningarna i KFX03.
- **Beräkningsfall 3:** Motsvarar en ytterväggskonstruktion bestående av ett utfackningsparti i en Komplet-tyttervägg med antingen en ventilerad skivelementfasad eller en enstegstätad putsfasad utanpå. Utfackningspartiet är av såkallad lättbyggnadstyp. Det vill säga har en kärna av träreglar med mellanliggande isolering som skyddas av skivmaterial vid in och utsida av konstruktionen. I Figur C3.3 nedan visas den indata som använts vid beräkningarna i KFX03.

Under rubriken ”Materialdata och konstruktionsutförning” samt ”Klimatdata” nedan ges utförligare förklaring av bakgrunden till indata.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1																										
2				I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II											
3	Material			Mineralull	Mineralull	Mineralull	Mineralull	Betong	Betong	Betong	Betong	Betong	Betong	Betong												
4	We ₆₀	[kg/m ³]		0,25	0,25	0,25	0,25	59,5	59,5	59,5	59,5	59,5	59,5	59,5												
5	We ₁₀₀	[kg/m ³]		1	1	1	1	130	130	130	130	130	130	130												
6	We _{max}	[kg/m ³]		980	980	980	980	180	180	180	180	180	180	180												
7	a, formfaktor			6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6												
8	δ ₀	[m ² /s]		1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07												
9	δ ₉₅	[m ² /s]		1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06												
10	δ ₁₀₀	[m ² /s]		1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05												
11	λ	[W/mK]		0,04	0,04	0,04	0,04	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70												
12	Elementtjocklek	[m]		0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233												
13	W, initialt	[kg/m ³]		0,2	0,2	0,2	0,2	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0												
14	R	[m ² K/W]		4,00E-02																					1,30E-01	
15	Z	[s/m]		6,00E+01																						3,60E+02
16																										
17				Sida I				Sida II																		
18				alt. 1				alt. 2																		
19	T _{medel}	[°C]		6,2				T _{II}	[°C]				20													
20	T _{amplitud}	[°C]		10,65	0			Max RF _{II}					95%													
21	T _{fas} (för T _{min})	[dygn]		30	0			Δv = v _I - v _{II}	[kg/m ³]				0,004													
22	RF _{medel}			75,9%	0,0%																					
23	RF _{amplitud}			12,0%	0,0%																					
24	RF _{fas} (för RF _{min})	[dygn]		165	0																					
25	I _{medel}	[W/m ²]		0	0																					
26	I _{amplitud}	[W/m ²]		0	0																					
27	t _{fas} (för I _{min})	[dygn]		0	0																					
28																										

Figur C3.1 Indatablad i KFX03 för beräkningsfall 1.

		I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
Material		Mineralull	Cellplast	Cellplast	Cellplast	Btg K25	Btg K25	Btg K25	Btg K25	Btg K25	Btg K25	Btg K25	
We ₆₀	[kg/m ³]	0,25	1,4	1,4	1,4	59,5	59,5	59,5	59,5	59,5	59,5	59,5	
We ₁₀₀	[kg/m ³]	1	3	3	3	130	130	130	130	130	130	130	
We _{max}	[kg/m ³]	980	980	980	980	180	180	180	180	180	180	180	
a, formfaktor		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
δ ₀	[m ² /s]	1,50E-05	1,20E-06	1,20E-06	1,20E-06	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	
δ ₉₅	[m ² /s]	1,50E-05	1,20E-06	1,20E-06	1,20E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	
δ ₁₀₀	[m ² /s]	1,50E-05	1,20E-06	1,20E-06	1,20E-06	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	
λ	[W/mK]	0,04	0,04	0,04	0,04	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	
Elementtjocklek	[m]	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	
W, initieilt	[kg/m ³]		0,2	0,2	0,2	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	
R	[m ² K/W]	4,00E-02											1,30E-01
Z	[s/m]	6,00E+01											3,60E+02

	Sida I	alt. 1	Sida II	alt. 2		
T _{medel}	[°C]	6,2	T _{II}	[°C]	20	
T _{amplitud}	[°C]	10,65	0	Max RF _{II}	95%	
T _{fas (för T_{min})}	[dygn]	30	0	Δv = v _I - v _{II}	[kg/m ³]	0,004
RF _{medel}		75,9%	0,0%			
RF _{amplitud}		12,0%	0,0%			
RF _{fas (för RF_{min})}	[dygn]	165	0			
I _{medel}	[W/m ²]	0	0			
I _{amplitud}	[W/m ²]	0	0			
I _{fas (för I_{min})}	[dygn]	0	0			

Tid		
Period	[dygn]	360
Start i perioden	[dygn]	0
Tid per resultat	[tim]	24
Tid totalt	[dygn]	2160

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0,000	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	

Beräkna

Figur C3.2 Indatablad i KFX03 för beräkningsfall 2.

		I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
Material		Mineralull	Minerit	GU	GU	Trä	Trä	Trä	Trä	Trä	Gips	Gips	
We ₆₀	[kg/m ³]	0,25	80	5,5	5,5	56	56	56	56	56	4,3	4,3	
We ₁₀₀	[kg/m ³]	1	155	30	30	140	140	140	140	140	25	25	
We _{max}	[kg/m ³]	980	250	100	100	300	300	300	300	300	100	100	
a, formfaktor		6	6	9	9	6	6	6	6	6	6	8	
δ ₀	[m ² /s]	1,50E-05	3,00E-07	3,00E-06	3,00E-06	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	1,80E-07	3,00E-06	3,00E-06	
δ ₉₅	[m ² /s]	1,50E-05	6,60E-07	3,00E-06	3,00E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	7,20E-06	7,20E-06	
δ ₁₀₀	[m ² /s]	1,50E-05	7,50E-07	3,00E-06	3,00E-06	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	1,19E-05	9,50E-06	9,50E-06	
λ	[W/mK]	0,04	0,30	0,35	0,35	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,22	0,22	
Elementtjocklek	[m]	0,0500	0,0040	0,0065	0,0065	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0065	0,0065	
W, initieilt	[kg/m ³]		0,2	80,0	5,5	5,5	56,0	56,0	56,0	56,0	4,3	4,3	
R	[m ² K/W]	4,00E-02											1,30E-01
Z	[s/m]	6,00E+01								2,00E+06			3,60E+02

	Sida I	alt. 1	Sida II	alt. 2		
T _{medel}	[°C]	6,2	T _{II}	[°C]	20	
T _{amplitud}	[°C]	10,65	0	Max RF _{II}	95%	
T _{fas (för T_{min})}	[dygn]	30	0	Δv = v _I - v _{II}	[kg/m ³]	0,004
RF _{medel}		75,9%	0,0%			
RF _{amplitud}		12,0%	0,0%			
RF _{fas (för RF_{min})}	[dygn]	165	0			
I _{medel}	[W/m ²]	0	0			
I _{amplitud}	[W/m ²]	0	0			
I _{fas (för I_{min})}	[dygn]	0	0			

Tid		
Period	[dygn]	360
Start i perioden	[dygn]	0
Tid per resultat	[tim]	24
Tid totalt	[dygn]	2160

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0,000	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250				

Beräkna

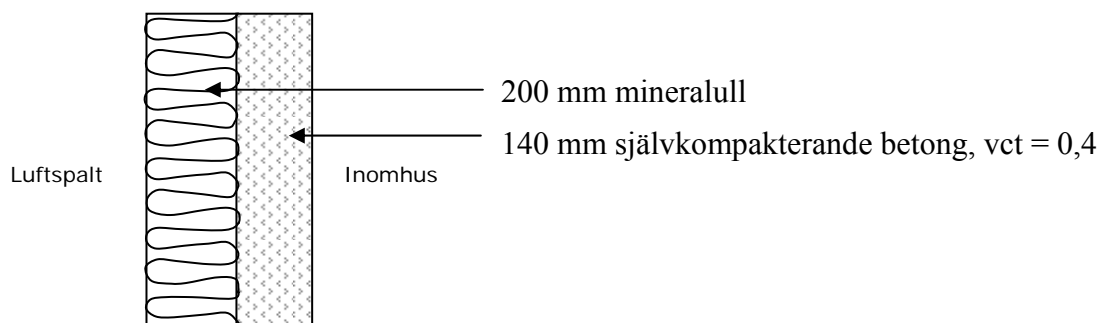
Figur C3.3 Indatablad i KFX03 för beräkningsfall 3.

Materialdata och konstruktionsuppbyggnad:

Byggfukten tas hänsyn till i beräkningarna med hjälp av inmatning av värde på den initiala vattenhalten (rad 13 i indatabladet). I betongen har byggfukten, $w_{\text{intitiellt}}$, satts till 125 kg/m^3 vilken enligt Nevander & Elmarsson (1994, s493) är den aktuella vattenhalten vid inbyggnad av betongen med vattencementhalt 0,4. Den initiala fukthalten i övriga material motsvarar en relativ fuktighet på omkring 60 %.

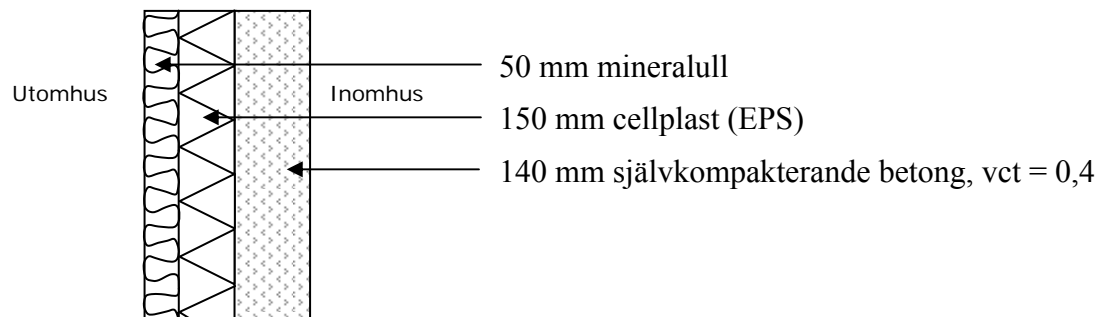
Värden på värmeledningsförmåga, λ , som har används som indata i beräkningarna är, med undantag för mineriten, hämtade från materialdatatabeller i Peterson (2004). Mineritens värmeledningsförmåga i beräkningarna är baserade på tillverkares uppgift om värmeledningsförmågan (Ivarsson 2007). De sorptionskurvor och värden på ånggenomsläpplighet som har använts i beräkningarna är tagna från Hedenblad (1999).

Figur C3.4 nedan visar en modell av den antagna konstruktionsuppbyggnaden vid KFX03-beräkningarna för beräkningsfall 1; en bärande NCC Komplettyttervägg med en ventilerad skivelementfasad. Beklädnadens påverkan av klimatet i luft har försumrats. I verkligheten kommer klimatbelastningen på fasadbeklädnaden i form av nederbörd och solbestralning påverka klimatet i luftspalten. Luftspalten antas dock vara så pass väl ventilerad att klimatet i denna, som en approximation vid beräkningarna, kan sättas till detsamma som rådande utomhusklimat. Denna förenkling innebär att beräkningarna är gjorda för en vägg enligt Figur C3.4. Vid betongytan råder inomhusklimat, medan utomhusklimat råder vid isoleringsytan.



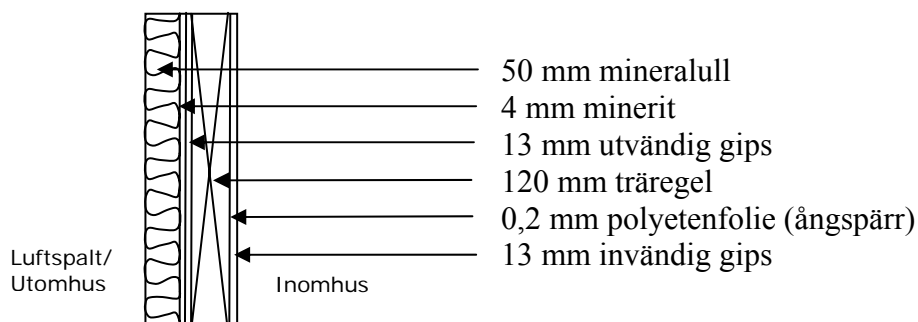
Figur C3.4 Modell av beräkningsfall 1.

Figur C3.4 nedan visar en modell av den antagna konstruktionsuppbyggnaden för beräkningsfall 2; en bärande NCC Komplettyttervägg med en enstegstättad tunnputsfasad, dvs. dagens fasadlösning. Eftersom putsen är väldigt tunn försummas den i beräkningarna.



Figur C3.4 Modell av beräkningsfall 2.

Figur C3.5 nedan visar en modell av den antagna konstruktionsuppbyggnaden för beräkningsfall 3; ett utfackningsparti i en NCC Komplettyttervägg med antingen en ventilerad skivelementfasad eller en enstegstättad putsfasad utanpå.



Figur C3.5 Modell av beräkningsfall 3.

Klimatdata:

I beräkningarna som görs i KFX03 antas att den uteluftsventilerade luftspalten har hög luftomsättning och att klimatet i luftspalten därför approximativt kan sättas till samma som utomhusklimatet. Klimatet på utsidan av väggkonstruktionerna är likadant i alla tre beräkningsfall och framtagna enligt beskrivningen i texten nedan.

De klimatdata som har använts i beräkningarna är baserad på månadsmedelvärden för Västerås från SMHI (Petersson 2004). Västeråsklimatet har valts eftersom NCC Komplet-fabriken ligger i Hallstahammar strax utanför Västerås och husen i första hand levereras till närområdet.

Vid beräkningar av periodiska fukt- och värmesvängningar måste årsmedelvärdet och amplituden på årssvängningarna beräknas. De beräknas enligt ekvationerna C3.3–C3.6 nedan, där T betecknar temperaturen och RF den relativa fuktigheten.

$$T_{\text{årsmedel}} = \frac{(T_{\text{max månadsmedel}} + T_{\text{min månadsmedel}})}{2} = \frac{(17,2 + (-4,1))}{2} = 6,55 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (\text{C3.3})$$

$$T_{\text{årsamplitud}} = \frac{(T_{\text{max månadsmedel}} - T_{\text{min månadsmedel}})}{2} = \frac{(17,2 - (-4,1))}{2} = 10,65 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (\text{C3.4})$$

$$RF_{\text{årsmedel}} = \frac{(RF_{\text{max månadsmedel}} + RF_{\text{min månadsmedel}})}{2} = \frac{(86 + 62)}{2} = 74 \text{ [%]} \quad (\text{C3.5})$$

$$RF_{\text{årsamplitud}} = \frac{(RF_{\text{max månadsmedel}} - RF_{\text{min månadsmedel}})}{2} = \frac{(86 - 62)}{2} = 12 \text{ [%]} \quad (\text{C3.6})$$

Vid beräkning med dessa värden blir värdet på den relativa fuktigheten i det omgivande klimatet för lågt och därmed också värdet på den absoluta fuktigheten. Årsmedelvärdet för temperaturen har därför justeras ner till 6,2°C som bättre motsvarar det verkliga årsmedelvärdet på 5,9°C. Även den relativa fuktigheten har justerats i KFX03-beräkningarna och satts till 75,9% som är lika med medelvärde av alla månadsmedelvärdena. I Tabell C3.1 nedan, visas i de skuggade rutorna, vad de ovan beskrivna indata har gett för approximerade månadsmedelvärden på temperatur (T), relativfuktighet (RF) och absolut ånghalt (v). De oskuggade rutorna i Tabell C3.1 visar månadsmedelvärdena på klimatet enligt litteraturen (Petersson 2004). I beräkningarna har den årslägst temperaturen antagits infalla i månadsskiftet januari/februari medan den årslägst relativa fuktigheten beräknas infalla i mitten på maj. Se angivna värden för T_{fas} och RF_{fas} i cell D21 och D24 i indatablad för KFX03-beräkningar i Figur C3.1-C3.3 ovan. Temperaturen inomhus har i beräkningarna antagits ligga konstant på 20°C och fuktillskottet inomhus antas vara 4g/m³, vilket är det normala för bostäder enligt Petersson (2004). Detta fuktillskott ger att den absoluta ånghalten

inomhus är 4 g/m³ högre än den utomhus. I Tabell C3.1 nedan kan den simulerade relativa fuktigheten inomhus utläsas ur kolumnen längst till höger.

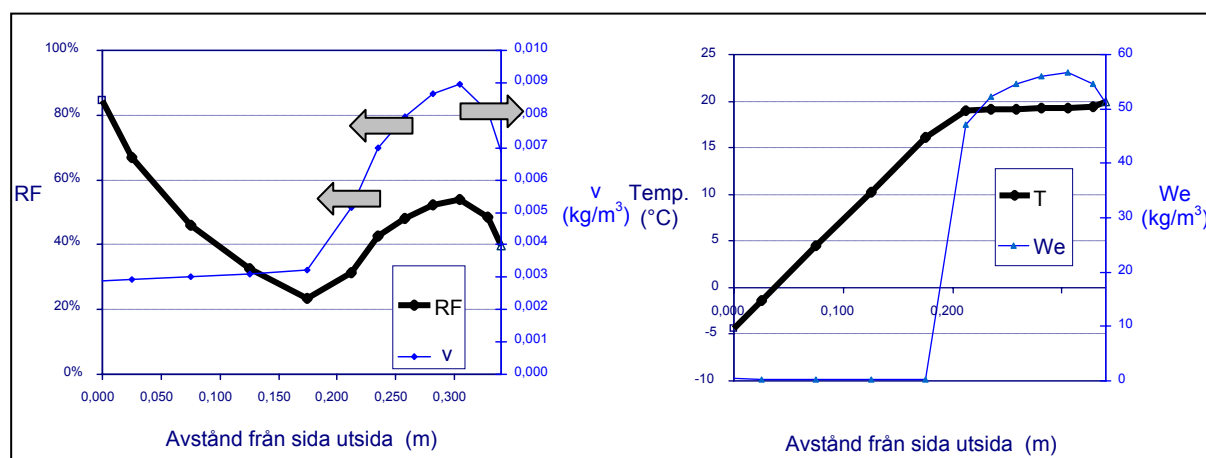
Tabell C3.1. Presentation av använda klimatdata i KFX03-beräkningar samt månadsmedelvärden enligt Petersson (2004).

	T [°C] Beräkning	T [°C] Klimatdata	RF _{ute} [%] Beräkning	RF _{ute} [%] Jämförelse	v [g/m ³] Beräkning	v [g/m ³] Jämförelse	RF _{inne} [%]
Jan	-4,0	-4,1	86,2%	84,0%	3,0	2,9	40,8%
Feb	-3,9	-4,1	81,7%	82,0%	2,9	2,9	39,9%
Mar	-1,2	-1,4	75,8%	74,0%	3,4	3,2	42,5%
Apr	3,6	4,1	69,9%	66,0%	4,3	4,2	48,2%
Maj	9,0	10,1	65,6%	62,0%	5,8	5,9	56,8%
Jun	13,7	14,6	64,0%	64,0%	7,6	8,1	67,2%
Jul	16,4	17,2	65,7%	69,0%	9,2	10,1	76,2%
Aug	16,3	15,8	70,1%	74,0%	9,7	10	79,6%
Sep	13,6	11,3	76,0%	81,0%	8,9	8,3	74,9%
Okt	8,8	6,3	81,9%	83,0%	7,2	6,1	64,6%
Nov	3,4	1,9	86,2%	86,0%	5,3	4,7	53,7%
Dec	-1,4	-1,0	87,8%	86,0%	3,8	3,9	45,3%
Medel:	6,2	5,9	75,9%	75,9%	5,9	5,9	57,5%

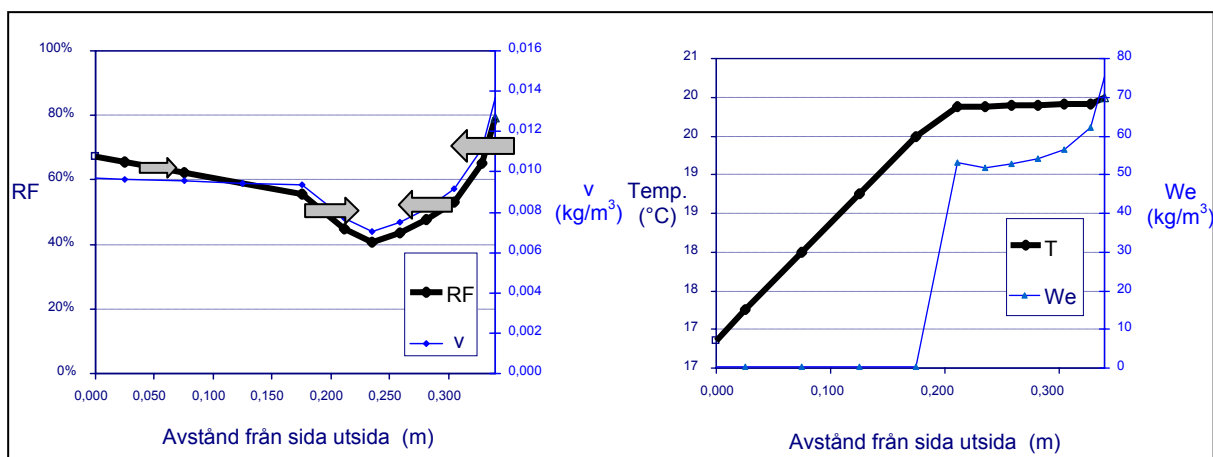
Beräkningsresultat

Strävan efter utjämning av skillnader i ånghalt är, som nämndes i början av kapitlet, drivkraft för ångtransport. Fukt transporteras genom diffusion från ett material eller från luft med högre ånghalt till ett material eller till luft med lägre ånghalt. Om skillnaden i ånghalt är liten är fukttransporten liten.

I Figur C3.6 och Figur C3.7 nedan visas ånghaltsfördelningen, v, i en yttervägg enligt aktuellt byggsystems uppbyggnad vid fallet med en ventilerad luftspalt. Pilarna i figuren visar fukttransportriktningen. Kurvans lutning indikerar storleken på fukttransporten, ju brantare lutning desto större fukttransport. I Figur C3.6 som visar väggen vid vinterklimat, ses att väggen torkar både inåt och utåt. I Figur C3.7 som visar sommarfallet för samma vägg kan konstateras att fukt istället transporteras in i väggen. Figureerna bekräftar påståendet om att betongen hålls tempererad. Vattenhalten ligger omkring 50-60 kg/m³ under både sommar och vinter. Under vintern är vatteninnehållet störst i mitten av betongen medan vattenhalten under sommaren är högst vid insidan av väggen till följd av den höga relativa fuktigheten inomhus.

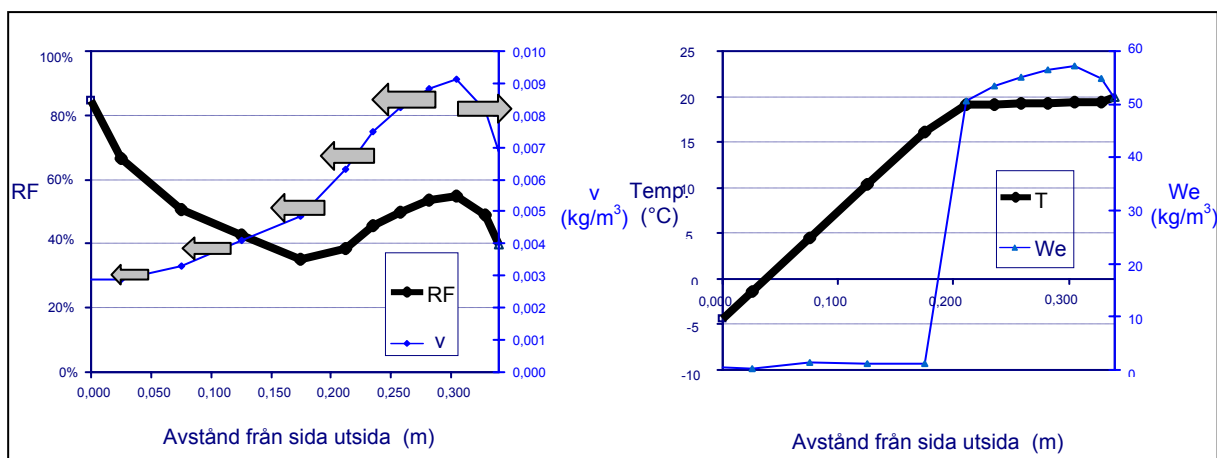


Figur C3.6 Förhållandet i ytterväggen efter uttorkad byggfukt. Vinterfallet för en ytterväggskonstruktion motsvarande den vid skivelement fasad. Till höger: Fukt-fördelningen, där pilarna visar ångtransportriktningen. Till vänster: Vattenhalt och temperatur.

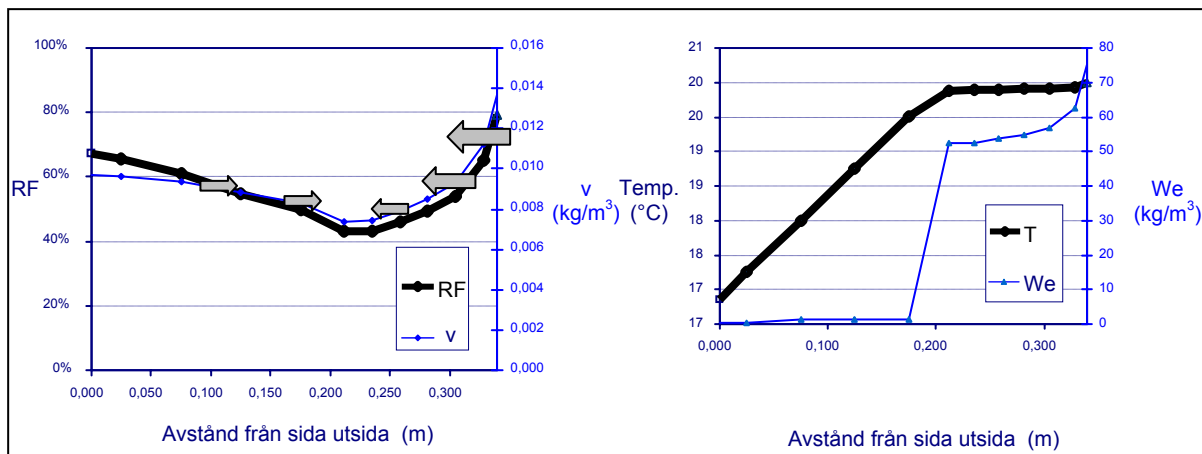


Figur C3.7 Förhållandet i ytterväggen efter uttorkad byggfukt. Sommarfallet för en ytterväggskonstruktion motsvarande den vid skivelement fasad. Till höger: Fuktfordelningen, där pilarna visar ångtransportriktningen. Till vänster: Vattenhalt och temperatur.

Fördelningen av ånghalt, relativfuktighet, temperatur och vattenhalt är ungefär densamma för betongvägen som istället isoleras med 150 mm cellplast kombinerat med 50 mm mineralull. Lutningen på kurvorna är något annorlunda, främst pga. av att cellplasten tillskillnad från mineralullen kan innehålla en liten mängd vatten. Diagram med fördelningar av ånghalt, relativfuktighet, temperatur och vattenhalt, för vinterfallet respektive sommarfallet, kan ses i Figur C3.8 samt Figur C3.9 nedan för betongvägg isolerad med cellplast i kombination med mineralull.

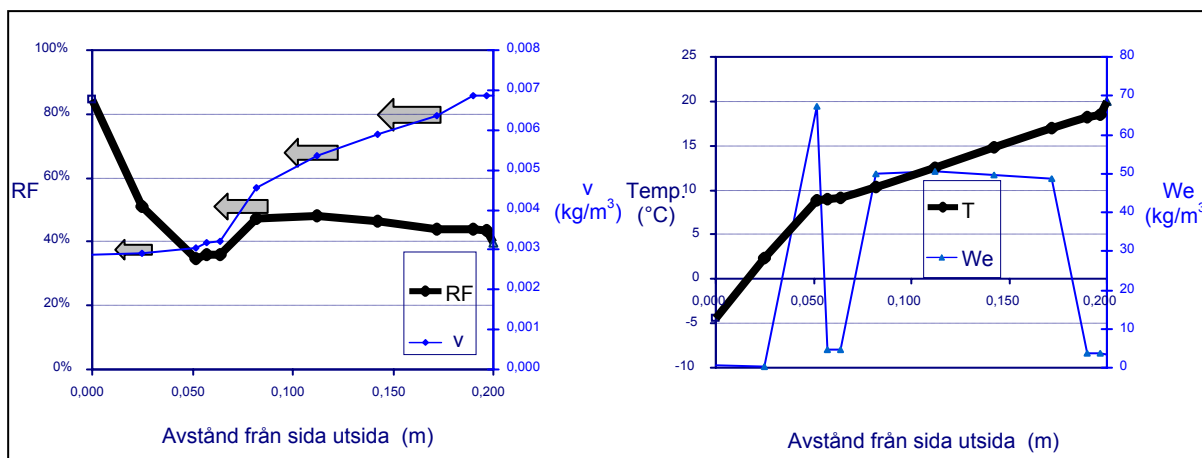


Figur C3.8 Förhållandet i ytterväggen efter uttorkad byggfukt. Vinterfallet för en ytterväggskonstruktion motsvarande en enstegstätad putsfasad. Till höger: Fuktfordelningen, där pilarna visar ångtransportriktningen. Till vänster: Vattenhalt och temperatur.

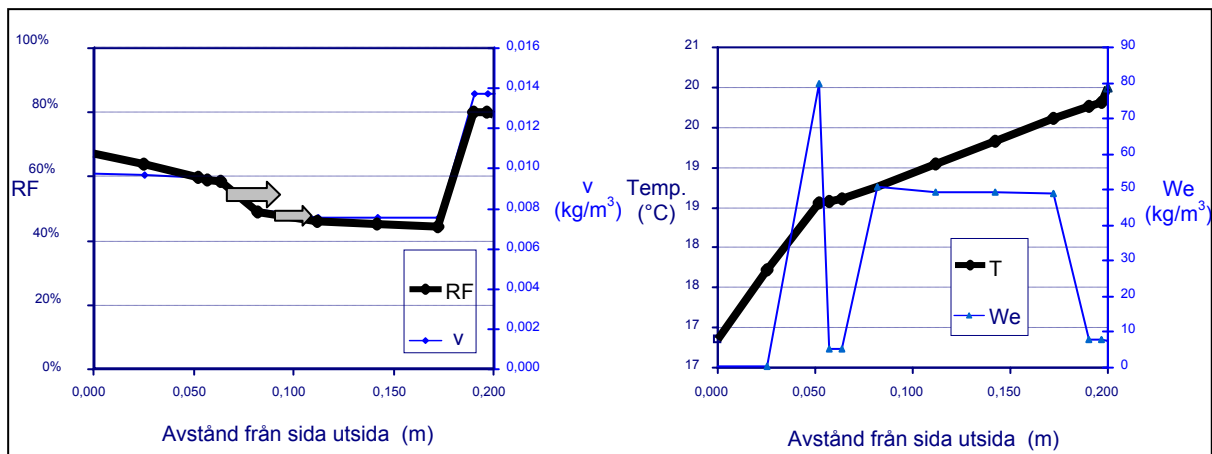


Figur C3.9 Förhållandet i ytterväggen efter uttorkad byggfukt. Sommarfallet för en yttväggskonstruktion motsvarande en enstegstätad putsfasad. Till höger: Fuktfördelningen där pilarna visar ångtransportriktningen. Till vänster: Vattenhalt och temperatur.

I utfackningspartiet kan väggen bara torka utåt. Detta sker under vintern, se Figur C3.10 nedan. På sommaren transporteras en liten mängd fukt in från utomhusluften. Fukt från inomhus luften skulle enligt ånghaltsskillnaden i Figur C3.11 ha transporterats in i väggkonstruktionen om den inte hade hindrats av ångspärren bakom den invändiga gipsskivan. Till höger i Figur C3.10 kan utläsas att temperaturskillnaden i utfackningspartierna träreglar är cirka 10 °C för vinterfallet.



Figur C3.10 Förhållandet i ytterväggen efter uttorkad byggfukt. Vinterfallet för en utfackningsvägg. Till höger: Fuktfördelningen där pilarna visar ångtransportriktningen. Till vänster: Vattenhalt och temperatur.



Figur C3.11 Förhållandet i ytterväggen efter uttorkad byggfukt. Sommarfallet för en utfackningsvägg. Till höger: Fuktfordelningen där pilarna visar ångtransportriktningen. Ångtransporten inifrån förhindras av ångspärren. Till vänster: Vattenhalt och temperatur.

Tillförlitlighet

De gjorda fuktberäkningarna innehåller många förenklingar och approximationer. Till exempel har ingen hänsyn till fuktbelastning av nederbörd, solstrålning, nattutstrålning eller vindpåverkan tagits. Dessutom är utomhusklimatet i simuleringarna baserat på ett medelår och klimatbelastningarna som konstruktionen verkligen kommer att utsättas kan därför skilja sig något från det i beräkningarna antagna. Klimatdatan innehåller förutom de ovan nämnda begränsningarna, brister i form av att inga konsekvenser av extremvärden kommer med vid användning av medelvärden.

Felet till följd av detta blir större vid beräkningarna på utfackningspartiet eftersom denna konstruktion har sämre värme- och fuktbufferingsförmåga. Enligt Nevander & Elmarsson (1994) är det acceptabelt att använda månadsmedelvärden vid beräkningar på tunga konstruktioner.

Materialdatan som har använts är approximationer och medelvärden baserade på data från laborationstester av provbitar av material. Materialegenskaper kan skilja sig mellan olika fabriker och de använda värdena bör därför kontrolleras mot dem som kommer att användas i konstruktionen.

Ytterligare en brist i beräkningarna är att de enbart är tvådimensionella. Detta innebär att det inte går att beräkna konsekvenserna av att ytterväggen inte är homogen i ett vertikalsnitt, som är fallet med lättväggen i utfackningspartiet och köldbryggorna som orsakas av infästningssystemet vid en ytterväggskonstruktion med skivelementfasad.

De gjorda beräkningarna visar dock att det finns en sådan marginal upp till kritiskt relativfuktighet att dessa felaktigheter inte borde ha någon betydelse.